

راهکارهای معماری پدافند غیرعامل در ساختمان‌های مسکونی، اداری و تجاری



تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۴/۲۳
Publish Date : 2026/7/14



عنوان: راهکارهای معماری پدافند غیرعامل در ساختمان‌های مسکونی، اداری و تجاری
تهیه و تدوین کنندگان (Authors): محمدمهدی مولائی (هیئت علمی دانشگاه بوعلی سینا)، عرفان نورانی جدایا (گروه مدیریت و برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای)
واژه‌های کلیدی: پدافند غیرعامل، ساختمان، حوادث و بحران، آتش‌سوزی، انفجار
ناشر: مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی

DOI: <https://doi.org/10.22034/mrc.report.21687>

Permanent Link:

Publisher : Islamic Parliament Research Center of Iran

عنوان: راهکارهای معماری پدافند غیرعامل در ساختمان‌های مسکونی، اداری و تجاری

نوع گزارش: طرح □ لایحه □، نظارتی □، راهبردی ■، پیش‌نویس قانونی □

نام دفتر: مطالعات زیربنایی (گروه مدیریت و برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای)

مدیر مطالعه: علی فرمان

اظهار نظر کنندگان: مسعود فراهانی (دفتر مطالعات اجتماعی)، محمدحسین معماریان

(دفتر مطالعات بخش عمومی)، سیدمحسن علوی‌منش (دفتر مطالعات اقتصادی) و هنگامه

البرزی سبیک (دفتر مطالعات سیاسی)

ناظران علمی: حبیب‌اله ظفریان، میثم پیله‌فروش

گرافیک و صفحه‌آرایی: حمیده سادات وفایی

تاریخ شروع مطالعه: ۱۴۰۴/۰۴/۲۴



فهرست مطالب

۷	چکیده
۸	خلاصه مدیریتی
۱۲	۱. مقدمه
۱۳	۱-۱. تقویت مشارکت مردمی و تاب آوری اجتماعی
۱۴	۲. پیشینه پژوهش
۱۴	۲-۱. سوابق مطالعاتی در مرکز پژوهش های مجلس شورای اسلامی
۱۷	۲-۲. سوابق تقنینی موضوع پژوهش
۲۰	۳. مفاهیم طراحی ایمن در معماری
۲۰	۳-۱. ایمنی سازه ای و پایداری ساختمان
۲۰	۳-۲. ایمنی در برابر آتش سوزی
۲۱	۳-۳. طراحی براساس ارگونومی و ایمنی افراد
۲۱	۳-۴. ایمنی تأسیسات و تجهیزات ساختمان
۲۲	۳-۵. هماهنگی با استانداردها و کدهای ایمنی
۲۳	۴. تحلیل آسیب پذیری و راهکارهای معماری پدافند غیرعامل در ساختمان ها
۲۴	۴-۱. تحلیل آسیب پذیری در ساختمان های مسکونی
۳۴	۴-۲. تحلیل آسیب پذیری در ساختمان های اداری
۴۴	۴-۳. تحلیل آسیب پذیری در ساختمان های تجاری
۵۲	۴-۴. جدول های تطبیقی و نمودارهای فنی
۵۴	۵. راهکارهای معماری پدافند غیرعامل در مقاوم سازی ساختمان ها
۵۴	۵-۱. راهکارهای طراحی معماری برای ساختمان های مسکونی
۵۹	۵-۲. راهکارهای طراحی معماری برای ساختمان های اداری
۶۴	۵-۳. راهکارهای طراحی معماری برای ساختمان های تجاری
۶۸	۶. ارائه چک لیست های طراحی براساس تهدیدات مختلف برای هر کاربری
۶۸	۶-۱. چک لیست طراحی (با تمرکز بر انفجار، آتش سوزی و کنترل نفوذ) برای ساختمان های مسکونی
۷۰	۶-۲. چک لیست طراحی (با تمرکز بر انفجار، آتش سوزی و کنترل نفوذ) برای ساختمان های اداری
۷۲	۶-۳. چک لیست طراحی (با تمرکز بر انفجار، آتش سوزی و کنترل نفوذ) برای ساختمان های تجاری
۷۴	۷. جمع بندی و ارائه پیشنهاد های اجرایی برای نهادهای ذی ربط
۷۹	منابع و مآخذ

فهرست جداول

۸	جدول ۱. راهکارها و تمهیدات طراحی (ساختمان مسکونی)
۹	جدول ۲. راهکارها و تمهیدات طراحی (ساختمان اداری)
۱۰	جدول ۳. راهکارها و تمهیدات طراحی (ساختمان تجاری / مرکز خرید)
۵۳	جدول ۴. مقایسه اجمالی راهکارهای طراحی پدافند غیرعامل در ساختمان های مسکونی، اداری و تجاری

فهرست اشکال

شکل ۱. طراحی ایمن در معماری.....	۲۳
شکل ۲. آتش سوزی در برج گرنفل (Grenfell Tower) در لندن (۲۰۱۷).....	۲۴
شکل ۳. استفاده از سطح وسیع شیشه در یک فضای مسکونی بدون استفاده از شیشه سکوریت لمینیت شده و اتصالات قوی قاب پنجره به دیوار.....	۲۵
شکل ۴. متمرکز بودن قرارگیری بلوک های ساختمانی در کنار هم می تواند در زمان حادثه خسارات را افزایش دهد.....	۲۶
شکل ۵. در رونان پوینت (Ronan Point) در لندن (۱۹۶۸)، دیوارهای پیش ساخته ضعیف و بدون اتصالات محکم، منجر به فروپاشی پیش رونده پس از انفجار گاز.....	۲۶
شکل ۶. فرم L شکل مجتمع مسکونی که در شرایط انفجار می تواند نیروها را به سمت داخل متمرکز کرده و شدت خسارات را بیشتر نماید.....	۲۷
شکل ۷. سقف پیش تنیده که می تواند رفتار ترد و شکننده ای در برابر بارهای دینامیک داشته باشند.....	۲۸
شکل ۸. انفجار دستگاه تهویه مطبوع روی بام؛ نمونه ای خطرناک از عدم محافظت یا محصور بودن تجهیزات بام در برابر حوادث برقی یا انفجار.....	۳۰
شکل ۹. آتزیوم بدون پوشش یا سیستم کنترل دود: نمونه ای از خطر گسترده شدن دود و نیاز به تقسیم بندی و زون بندی در پلان ساختمان.....	۳۱
شکل ۱۰. تصویر پارکینگی که نه سیستم اطفای حریق دارد و نه تجهیزات ایمنی پایه (نمونه خطرناک برای سناریوهای انفجار/آتش).....	۳۲
شکل ۱۱. خلاصه تحلیل آسیب پذیری در ساختمان های مسکونی.....	۳۴
شکل ۱۲. نمای شیشه ای یک ساختمان پس از انفجار بیروت - مثالی واقعی از آسیب پذیری نماهای شیشه ای در مقابل موج انفجار و ضرورت استفاده از مصالح مقاوم.....	۳۵
شکل ۱۳. استفاده از شیشه های معمولی به جای شیشه لمینیت شده و مسلح در بناهای مهم اداری منجر به فرو ریختن بخشی از نمای ساختمان در اثر انفجار شده است (جنگ ۱۲ روزه).....	۳۶
شکل ۱۴. تصویری از دفتر با پلان کاملاً باز که نشان می دهد جداسازی فضایی برای کنترل انتشار موج یا محدود کردن آثار حادثه وجود ندارد [۳۷].....	۳۷
شکل ۱۵. تصویری از واحدهای تهویه روی بام که نزدیک لبه نصب شده اند.....	۳۸
شکل ۱۶. آتش گسترده در تجهیزات سروری - نمادی از احتمال فروپاشی تأسیسات در نبود پوشش محافظ و سیستم های حفاظتی.....	۳۹
شکل ۱۷. ریزش بخشی از پارکینگ در منهتن، نیویورک که نمایانگر خطر بالقوه طراحی نامناسب یا ضعف سازه ای در فضاهای زیرزمینی بر جمعیت؛ ضرورت اعمال تمهیدات مقاوم سازی و طراحی پایدار مشخص است.....	۴۲
شکل ۱۸. پارکینگ آسیب دیده از آتش/فاجعه - نشان دهنده لزوم سیستم های اسپرینکلر، تهویه دود قوی و مسیرهای خروج ایمن در پارکینگ ها.....	۴۳
شکل ۱۹. خلاصه تحلیل آسیب پذیری در ساختمان های اداری.....	۴۴
شکل ۲۰. شیشه ویتترین کامل شکسته و در کف ریزش کرده - نشان دهنده خطر جدی در صورت استفاده از شیشه معمولی (نه لمینیت).....	۴۵
شکل ۲۱. عدم اتصال مناسب سنگ ساختمان و تابلوی بانک در یک بنای اداری - تجاری منجر به پرتاب مصالح و الحاقات ساختمان به فضای پیاده رو در اثر انفجار شده است (جنگ ۱۲ روزه).....	۴۶
شکل ۲۲. واحدهای تهویه مطبوع و چیلرهای بامی و سلول های خورشیدی نصب شده بدون محافظت واضح.....	۴۷
شکل ۲۳. نورگیرهای سقفی در عمل ممکن است آسیب پذیر باشند و اگر لمینیت یا محافظ نداشته باشند تبدیل به منبع خرده شیشه شوند.....	۴۸
شکل ۲۴. تهویه مطبوع بام و تأسیساتی که مهار ضعیف دارند و نشان می دهد تجهیزات بام باید ساسی/انکر مناسب داشته باشند.....	۴۹
شکل ۲۵. چگونه در خروجی یا مسیر فرار می تواند توسط انبار، کارتن یا قفل مسدود شود.....	۵۰
شکل ۲۶. دود سنگین از دهانه های پارکینگ؛ نشانه های ضعف در کنترل دود/تهویه اضطراری و احتمال کمبود اطفای خودکار در مبدأ حریق.....	۵۱
شکل ۲۷. خلاصه تحلیل آسیب پذیری در ساختمان های تجاری.....	۵۲
شکل ۲۸. خلاصه راهکارهای طراحی معماری برای ساختمان های مسکونی.....	۵۸
شکل ۲۹. خلاصه راهکارهای طراحی معماری برای ساختمان های اداری.....	۶۳
شکل ۳۰. خلاصه راهکارهای طراحی معماری برای ساختمان های تجاری.....	۶۸



راهکارهای معماری پدافند غیرعامل در ساختمان‌های مسکونی، اداری و تجاری

چکیده



با گسترش شهرنشینی و تبعات ناشی از آن، میزان آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهری در برابر تهدیدات مختلف به‌طور چشمگیری فزونی یافته؛ در چنین بستری، رخدادهایی نظیر حملات نظامی، اقدامات تروریستی، انفجارها و آتش‌سوزی‌های گسترده، پیامدهای جانی و مالی سنگینی بر بناها و بهره‌برداران آنها تحمیل می‌کند. تجارب حاصل از جنگ‌ها و بحران‌های معاصر، به‌ویژه جنگ تحمیلی ۱۲ روزه و جنگ تحمیلی رمضان، مؤید آن است که حتی فضاهای مسکونی نیز از دامنه تهدیدات مصون نیستند و حملات هوایی و موشکی در این منازعات، خسارات قابل توجهی به کاربری‌های شهری مختلف وارد کرده است. با وجود مقاومت سلحشورانه مردم و نیروهای مسلح، این پایداری ملی نباید به غفلت از ملاحظات پدافند غیرعامل در طراحی و نوسازی بناها بینجامد؛ لذا توجه نظام‌مند به اصول و الزامات پدافند غیرعامل در فرایند طراحی، ساخت، بهره‌برداری و بازسازی ساختمان‌ها، ضرورتی انکارناپذیر قلمداد می‌شود. پژوهش‌های بین‌المللی نیز نشان داده‌اند که تمهیداتی همچون مقاوم‌سازی نما، طراحی ضدانفجار و پیش‌بینی فضاهای امن می‌تواند سهم مهمی در کاهش تلفات انسانی و خسارت‌های اقتصادی داشته باشد. پژوهش حاضر با هدف شناسایی و تبیین راهبردهای معماری پدافند غیرعامل برای ارتقای ایمنی و تاب‌آوری ساختمان‌ها در برابر تهدیدات انسان‌ساخت انجام شده است. روش تحقیق بر مطالعه تطبیقی ضوابط کشورهای پیشرو و مقایسه آنها با مقررات ملی ساختمان ایران، به‌ویژه مبحث ۲۱ استوار است. یافته‌ها بیانگر آن است که به‌کارگیری لایه‌های حفاظتی، مصالح مقاوم، فضاهای امن، مسیرهای فرار کارآمد و نظام کنترل دسترسی، نقشی مؤثر در کاهش خسارات دارد. بر این اساس، پیشنهادهایی برای اصلاح مقررات و بومی‌سازی دستورالعمل‌های طراحی ارائه شده است.



خلاصه مدیریتی

■ بیان / شرح مسئله

پدافند غیرعامل طبق ماده (۲) اساسنامه سازمان پدافند غیرعامل کشور، مجموعه‌ای از تدابیر، سیاست‌ها، برنامه‌ها و اقدامات غیرمسلحانه است که با رویکرد مدیریت پیشگیرانه موجب افزایش بازدارندگی، کاهش آسیب‌پذیری، تداوم فعالیت‌های ضروری، ارتقای پایداری ملی، مصون‌سازی زیرساخت‌های حیاتی و تسهیل مدیریت بحران در برابر تهدیدات مختلف از جمله حملات نظامی و سلاح‌های نامتعارف (هسته‌ای، شیمیایی، زیستی و سایبری) می‌گردد. در این پژوهش اما تمرکز بر بخش معماری و شهرسازی پدافند غیرعامل است؛ یعنی مجموعه اقداماتی غیرنظامی در طراحی ساختمان‌ها و محیط شهری که با ایجاد لایه‌های محافظتی در خود بنا (مانند فرم مناسب، مصالح مقاوم و فضاها امن) و پیرامون آن (مانند فاصله ایمن از معابر و موانع پیرامونی) بدون اتکا به اقدامات نظامی، موجب کاهش آسیب‌پذیری و افزایش ایمنی ساکنان و کاربران می‌شود. به بیان دیگر، طراحی معماری ایمن و تقویت پایداری سازه‌های ساختمان‌ها نقشی تعیین‌کننده در حفظ جان شهروندان و سرمایه‌های شهری در شرایط حمله و حادثه دارد. این رویکرد پیشگیرانه با هزینه‌ای به مراتب کمتر از بازسازی پس از سانحه، می‌تواند از بروز خسارات سنگین جلوگیری کند و تداوم خدمات حیاتی را در شرایط بحران ممکن سازد.

با وجود این اهمیت، بسیاری از ساختمان‌های موجود در ایران (به ویژه ساختمان‌های دولتی و عمومی) بدون رعایت کافی اصول پدافند غیرعامل طراحی و احداث شده‌اند که در شرایط بحرانی می‌تواند به آسیب‌پذیری جدی منتهی شود. مبحث ۲۱ مقررات ملی ساختمان که به پدافند غیرعامل اختصاص یافته، چارچوب اولیه‌ای برای مقاوم‌سازی ساختمان‌ها در برابر تهدیدات انسان‌ساخت ارائه کرده است. با این حال اجرای دقیق این مقررات در عمل با چالش‌هایی همراه بوده و کاستی‌هایی در پوشش تمامی مخاطرات و الزام‌آوری آن مشاهده می‌شود. مقررات فعلی عمدتاً برای ساختمان‌های نوساز در برابر بار انفجار تدوین شده و ساختمان‌های موجود را در بر نمی‌گیرد؛ ضمن اینکه تهدیدات مبنای آن محدود به حملات هوایی متعارف است و انواع نوظهور (حمله شیمیایی، میکروبی، سایبری، پهبادی و امثال آن) صراحتاً از شمول مقررات خارج مانده‌اند. در نتیجه شکافی بین سطح تهدیدات بالقوه و میزان آمادگی معماری ساختمان‌های کشور وجود دارد و ارتقای آیین‌نامه‌ها و نظارت بر اجرای آنها در عین توجه به ملاحظات اقتصادی، برای ایمن‌سازی ساخت‌وسازها در برابر انواع تهدیدات اجتناب‌ناپذیر است.

■ نقطه نظرات / یافته‌های کلیدی

آسیب‌پذیری معماری و نقاط ضعف ساختمان‌ها در سه کاربری مسکونی، اداری و تجاری در برابر تهدیدات انسان‌ساخت و طبیعی مورد بررسی قرار گرفته و پیشنهادهایی به صورت چک‌لیست برای رعایت در این ساختمان‌ها ارائه شده است.

الف) چک‌لیست طراحی ساختمان‌های مسکونی در برابر تهدیدات

جدول ۱. راهکارها و تمهیدات طراحی (ساختمان مسکونی)

نوع تهدید	راهکارها و تمهیدات طراحی (ساختمان مسکونی)
انفجار (بمب)	■ پلان ساختمانی متراکم و بدون تورفتگی‌های عمیق؛ پرهیز از شکل U و L ■ افزایش فاصله ساختمان از خیابان (حیاط جلو) ■ استفاده از دیوارهای محوطه و جان‌پناه‌های سخت در جلوی بنا ■ تقویت سازه‌ای ستون‌ها و دیوارهای پیرامونی (ژاکت بتنی/ فولادی) ■ پنجره‌های لمینیت با قاب مهارشده؛ کرکره محافظ برای شیشه‌های بزرگ ■ طراحی پیلوتی باز در صورت امکان برای تخلیه موج انفجار [۱، ۲]

نوع تهدید	راهکارها و تمهیدات طراحی (ساختمان مسکونی)
حمله تروریستی	- کنترل دسترسی ورودی ساختمان (درب ضدسرقت، دوربین، آیفون تصویری) - تعبیه اتاق امن خانوادگی با درب مستحکم برای پناه در حملات - نورپردازی و دید مناسب در محوطه برای کاهش نقاط کور - طراحی حصار یا دیوار محافظ پیرامون خانه‌های ویلایی - استفاده از قفل‌های امنیتی برای پشت‌بام و ورودی‌های ثانویه
آتش‌سوزی	- دو مسیر خروج مجزا (راه‌پله‌های دور از هم) - راه‌پله محصور با دیوار و درب ضدحریق (۲ ساعت مقاومت) - نصب سیستم اعلام حریق (دتکتورهای دود/حرارت در کلیه فضاها) - پیش‌بینی سیستم اطفای حریق (سیستم آب‌افشان (اسپرنکلر) خودکار اسپرینکلر خودکار حداقل در پارکینگ) - استفاده از مصالح کندسوز در نازک‌کاری داخلی (پرهیز از چوب زیاد) [۳]
زلزله	- پلان ساختمانی متقارن و منظم؛ اجتناب از اختلاف سطح و پیچیدگی زیاد - سیستم سازه‌ای مقاوم لرزه‌ای (دیوار برشی/قاب خمشی شکل‌پذیر) - مهاربندی صحیح دیوارهای غیرسازه‌ای و نما (جلوگیری از ریزش) - تأمین اتصالات پیوسته بین عناصر سازه (سقف به دیوار، دیوار به شالوده) - نصب شیر قطع خودکار گاز و قطع‌کننده‌های برق اضطراری

مأخذ: نگارندگان بر پایه اطلاعات پژوهش.

ب) چک‌لیست طراحی ساختمان‌های اداری در برابر تهدیدات

جدول ۲. راهکارها و تمهیدات طراحی (ساختمان اداری)

نوع تهدید	راهکارها و تمهیدات طراحی (ساختمان اداری)
انفجار (بمب)	- ایجاد فاصله امنیتی (میدان) جلوی بنا؛ ارتفاع دادن طبقه همکف - پرهیز از نماهای مقعر و پلان‌های با گوشه داخلی عمیق - استفاده از دیوارهای پرده‌ای ضدانفجار یا نماهای دوپوسته محافظ - تقویت اتصالات سازه برای جلوگیری از فروریزش پیش‌رونده - طراحی لابی ورودی به‌صورت فضای ضربه‌گیر با دیوار مستحکم [۴،۵]
حمله تروریستی	- ورودی کنترل‌شده: گیت بازرسی، دوربین مداربسته، حراست مستقر - زون‌بندی داخلی: جداسازی بخش عمومی (مراجعین) از بخش‌های حساس - درهای دسترسی با قفل کارتی/بیومتریک برای اتاق‌های مهم - پیش‌بینی اتاق امن مدیریت بحران (مرکز کنترل) در ساختمان - تعبیه سیستم‌های اعلان اضطراری (پخش پیام تخلیه/هشدار حمله)
آتش‌سوزی	- حداقل دو راه‌پله خروج عریض، مجهز به فشار مثبت جهت ممانعت از دود - آسانسور آتش‌نشانی/اضطراری با برق اضطراری برای تخلیه افراد ناتوان - سیستم اسپرینکلر خودکار در کلیه طبقات اداری (الزامی براساس کد) - درهای ضدحریق خودبسته بین بخش‌های مختلف (تفکیک حریق) - آموزش دوره‌ای کارکنان و برگزاری مانورهای تخلیه اضطراری [۳]



نوع تهدید	راهکارها و تمهیدات طراحی (ساختمان اداری)
زلزله	- طراحی سازه با ضریب اهمیت بالا؛ استفاده از سیستم دوگانه (قاب و دیوار برشی) - ستون‌ها و اتصالات با جزئیات ویژه برای تحمل بار جانبی و ضربه ناگهانی - مهار تجهیزات سنگین (رک‌های سرور، کابینت‌ها) به سازه ساختمان - محل‌های کار بدون سقف کاذب سنگین بالای سر پرسنل (کاهش خطر سقوط) - داشتن طرح تدویم کسب‌وکار پسازلزله (محل‌های کاری جایگزین و پشتیبانی برای اطلاعات) [۵]

ج) چک‌لیست طراحی ساختمان‌های تجاری در برابر تهدیدات

جدول ۳. راهکارها و تمهیدات طراحی (ساختمان تجاری/مرکز خرید)

نوع تهدید	راهکارها و تمهیدات طراحی (ساختمان تجاری/مرکز خرید)
انفجار (بمب)	- جداسازی پارکینگ از بنای اصلی یا تقویت شدید جداکننده‌های بین آنها - نصب بولارد و موانع در اطراف ورودی‌ها برای ممانعت از حمله خودرویی - بخش‌بندی فضاهای بزرگ با عناصر ساختاری یا شیشه‌های مستحکم جهت محاصره موج انفجار - شیشه‌های ویتترین لمینیت با کرکره فولادی محافظ - ستون‌ها و سازه سقف تقویت‌شده و پنهان (عدم دسترسی مستقیم مهاجم) [۶]
حمله تروریستی	- کنترل ورودی‌ها؛ امکان نصب گیت بازرسی (فلزیاب/XRay) در طراحی پیش‌بینی شود. - سیستم دوربین مداربسته سراسری با مرکز مانیتورینگ ۲۴ ساعته - خروجی‌های اضطراری متعدد برای جلوگیری از تجمع جمعیت در یک نقطه - طراحی امکان پوشش بخش‌های داخلی توسط کرکره/درب در سناریوی تیرانداز فعال (مثلاً بستن فوری مغازه‌ها) - آموزش پرسنل فروشگاه‌ها برای پناه‌گیری و هدایت مشتریان در حملات
آتش‌سوزی	- تفکیک مجموعه به زون‌های حریق مجزا با دیوارها/درب‌های ضدحریق - سیستم اعلام و اطفای حریق خودکار گسترده (شامل اسپرینکلر در تمام بخش‌ها) - تخلیه دود مکانیکی در فضاهای وسیع (نصب فن‌های دودکش در سقف آتریوم) - چندین راه‌پله خروج عریض در اطراف بنا و راه‌های خروج مستقیم از هر فروشگاه به بیرون - تهویه اضطراری پارکینگ و نصب سنسور مونوکسید کربن و حرارت برای جلوگیری از آتش‌سوزی خودروها [۳]
زلزله	- استفاده از جداگرهای لرزه‌ای در پی ساختمان‌های بزرگ برای کاهش انتقال ارتعاش (در صورت امکان مالی) - تعبیه مهاربندهای اضافی یا دیوارهای برشی اطراف فضاهای بزرگ (سالن‌ها) - طراحی سقف کاذب و المان‌های دکوراتیو با مهار دویل (عدم سقوط در زلزله) - محل تجمع امن در محوطه باز بیرون ساختمان برای تخلیه مشتریان پس از زلزله - بررسی سناریوهای ازدحام بعد از زلزله و طراحی خروجی‌ها برای تخلیه سریع جمعیت

■ پیشنهاد راهکارهای تقنینی، نظارتی یا سیاستی

با توجه به نتایج به دست آمده، اقدامات زیر برای ارتقای تاب‌آوری معماری شهری در برابر تهدیدات انسان‌ساخت پیشنهاد می‌شود:

۱. اصلاح و تکمیل مقررات ملی ساختمان (مبحث ۲۱ پدافند غیرعامل)

بازنگری جامع مبحث ۲۱ مقررات ملی ساختمان با هدف پوشش کاستی‌های آن ضرورتی انکارناپذیر است. مقررات فعلی صرفاً ضوابط حداقلی برای طراحی ساختمان‌های نوساز در برابر انفجارهای متعارف ارائه کرده و بسیاری از جنبه‌ها را فروگذار کرده است. نخست، گسترش دامنه شمول مقررات ضروری است؛ آیین‌نامه کنونی ساختمان‌های موجود را دربر نمی‌گیرد و شایسته است به‌منظور ارتقای ایمنی سازه‌های موجود، دستورالعمل‌های مکمل تدوین گردد. دوم، تنوع‌بخشی به انواع تهدیدات تحت پوشش لازم است. در ویرایش فعلی، تهدید مبنا حمله هوایی و انفجار متعارف است و تهدیدات نوین مانند حملات شیمیایی، میکروبی، هسته‌ای، سایبری و پهپادی صراحتاً لحاظ نشده‌اند. با توجه به تحول ماهیت تهدیدات در سال‌های اخیر، باید در ویرایش جدید مبحث ۲۱، این موارد نیز اضافه گردد یا به‌صورت پیوست‌های تخصصی ضمیمه شود. سوم، صراحت و الزام‌آوری بیشتر ضوابط ضرورت دارد؛ به‌خصوص برای ساختمان‌های با اهمیت عمومی (متوسط و زیاد) که ممکن است تاکنون به دلیل ضعف نظارت کمتر به این مباحث توجه شده باشد. تدوین بندهای اجرایی شفاف که عدم رعایت نکات ایمنی پدافندی را تخلف محسوب کند، به ارتقای بازدارندگی مقررات کمک می‌کند. چهارم، سازوکار نظارت و اجرای مقررات باید تقویت شود؛ به‌ویژه نقش دستگاه‌های مسئول (شهرداری‌ها، سازمان نظام‌مهندسی، سازمان پدافند غیرعامل) در تضمین اجرای الزامات پدافندی باید به روشنی تعریف گردد و هماهنگی بین این نهادها افزایش یابد. مجموع این اقدامات در بازبینی مبحث ۲۱ مقررات ملی ساختمان، همراه با بهره‌گیری از تجربیات بین‌المللی جدید و در نظر گرفتن اقتصاد ساخت و ساز کشور گام اساسی در ارتقای ایمنی ساخت‌وساز کشور خواهد بود.

۲. افزایش نقش نظارتی شهرداری‌ها و سازمان نظام‌مهندسی

اجرای مؤثر اصول پدافند غیرعامل نیازمند همکاری نزدیک نهادهای اجرایی و حرفه‌ای حوزه ساختمان است. شهرداری‌ها به‌عنوان متولی صدور پروانه ساختمانی و کنترل پروژه‌ها، نقش کلیدی در اعمال مقررات بر عهده دارند. پیشنهاد می‌شود رعایت الزامات پدافند غیرعامل جزو شروط صدور پروانه و پایان کار به صراحت قید شود. برای مثال، شهرداری‌ها می‌توانند اخذ تأییدیه سازمان پدافند غیرعامل را برای طراحی ساختمان‌های مهم یا بلندمرتبه الزامی نمایند. همچنین حضور کارشناسان پدافند غیرعامل در کمیسیون‌های معماری و شهرسازی شهرداری توصیه می‌شود تا طرح‌های بزرگ (نظیر مجتمع‌های چندبلوک مسکونی یا مراکز تجاری بزرگ) پیش از صدور مجوز از نظر ایمنی و دفاع غیرعامل بررسی و اصلاح شوند. شهرداری‌ها می‌توانند با تهیه چک‌لیست‌های نظارتی ویژه پدافند غیرعامل برای بازرسان خود (شامل مواردی چون تعداد و عرض خروجی‌ها، وجود فضای امن، نوع اتصالات شیشه‌ها و ...) اطمینان حاصل کنند که ضوابط ایمنی در حین اجرا رعایت می‌شود. ایجاد مشوق‌های اقتصادی نیز ابزاری تشویقی برای ارتقای ایمنی است؛ برای نمونه، کاهش عوارض شهری برای ساختمان‌هایی که فراتر از الزامات پایه‌ای ایمن ساخته شوند، سازندگان را به رعایت بیشتر ضوابط ترغیب می‌کند. همچنین سازمان نظام‌مهندسی ساختمان به‌عنوان نهاد حرفه‌ای ناظر بر طراحان و مجریان، باید اجرای صحیح مبحث ۲۱ را توسط اعضای خود مطالبه و تضمین کند. پیشنهاد می‌شود این سازمان در چک‌لیست‌های کنترل نقشه و مرحله اجرای خود، بند ویژه‌ای برای ملاحظات پدافند غیرعامل بیفزاید و بر وجود تأییدیه‌های مربوطه در نقشه‌ها و محاسبات نظارت نماید. همچنین برگزاری دوره‌های آموزشی ضمن خدمت برای مهندسان طراح و ناظر در زمینه طراحی ایمن، به نهادینه شدن مفاهیم پدافند غیرعامل در جامعه مهندسی کمک خواهد کرد. در نهایت، هماهنگی بین شهرداری، نظام‌مهندسی و شورای عالی شهرسازی با پشتیبانی قوی حاکمیتی می‌تواند تضمین کند اصول پدافند غیرعامل از مرحله طراحی تا اجرای ساختمان به‌درستی اعمال شوند.

۳. مقاوم‌سازی ساختمان‌های موجود و ترویج طراحی ایمن در پروژه‌های جدید

با توجه به تعداد بالای ساختمان‌های موجود که فاقد ملاحظات پدافند غیرعامل هستند، باید برنامه‌ای مرحله‌ای و اولویت‌دار برای ایمن‌سازی



آنها تدوین شود. گام نخست، شناسایی ساختمان‌های حساس و پرمخاطره از نظر کاربری یا جمعیت است؛ برای مثال بیمارستان‌ها، مدارس، برج‌های بلندمرتبه مسکونی/اداری، ادارات دولتی مهم و تأسیسات حیاتی شهری باید در اولویت ارزیابی آسیب‌پذیری قرار گیرند. پس از شناسایی، برای هر کدام برنامه ارتقای ایمنی متناسب تهیه شود. یک راهبرد عملی، اتخاذ رویکرد بهسازی تدریجی است؛ بدین صورت که اقدامات حفاظتی طی فرایند اصلاحات دوره‌ای انجام شوند تا هزینه و اختلال حداقلی داشته باشند. به عنوان نمونه، هنگام تعویض شیشه‌های قدیمی یک ساختمان اداری از شیشه لمینیت مقاوم یا پوشش ایمنی استفاده شود، یا در زمان بازسازی داخلی یک مجتمع، بخشی از زیرزمین آن با دیوارها و سقف تقویت شده به اتاق امن تبدیل گردد. این رویکرد که در اسناد فنی به «محافظت تدریجی سازه‌های موجود» موسوم است، امکان ارتقای ایمنی را با حداقل هزینه اضافی فراهم می‌کند. علاوه بر آن، اجرای یک سری اقدامات فوری و کم‌هزینه می‌تواند ریسک ساختمان‌های موجود را به سرعت کاهش دهد. برای مثال نصب لایه‌های ضدترکش روی شیشه‌های ساختمان‌های مهم، تجهیز درهای خروج به درب‌های فولادی مقاوم و ایجاد موانع فیزیکی (گلدان‌های بتنی، نرده‌های محافظ) در پیرامون ساختمان جهت افزایش فاصله خودروهایی مشکوک، از جمله این اقدامات کوتاه‌مدت است که به سرعت قابل اجرا هستند. در مجموع، اولویت در بهسازی ساختمان‌های موجود با حفاظت از جان انسان‌هاست؛ ابتدا باید اجزای غیرسازه‌ای ناپایدار که ممکن است بر افراد فرو بریزند مقاوم‌سازی شوند، مسیرهای خروجی ایمن‌سازی و عاری از انسداد گردند و فضاهای امن موقت برای پناه‌گیری ایجاد شود. سپس در مراحل بعدی می‌توان به تقویت کلی سازه (اتصالات، ستون‌ها، دیوارها) و نما در برابر انفجار و آتش پرداخت.

در پایان، اجرای مؤثر این پیشنهادها نیازمند عزم مدیریتی جدی و ارتقای آگاهی عمومی و حرفه‌ای در زمینه ایمنی است. تجربه‌ها نشان داده در شرایط عادی ممکن است برخی الزامات پدافندی کم‌اهمیت یا پرهزینه پنداشته شوند، اما در هنگام بحران همین الزامات تضمین‌کننده حفظ جان و سرمایه‌های جامعه خواهند بود. رعایت اصول پدافند غیرعامل در معماری، یک سرمایه‌گذاری برای آینده‌ای امن‌تر است که پایداری شهری و حفاظت از شهروندان در روزهای سخت را به ارمغان خواهد آورد.

۱. مقدمه

امروزه با گسترش شهرنشینی و افزایش زیرساخت‌های حساس، ساختمان‌های مسکونی، اداری و تجاری بیش‌ازپیش در معرض انواع تهدیدات انسانی قرار گرفته‌اند. تهدیداتی نظیر حملات نظامی، اقدامات تروریستی، انفجارهای عمدی یا تصادفی و حوادث آتش‌سوزی می‌توانند خسارات گسترده جانی و مالی به ساختمان‌ها وارد کنند. تجربه جنگ‌ها و بحران‌های اخیر نشان داده که حتی مناطق مسکونی از گزند تعرض دشمن مصون نیستند [۷]. با این حال، توسعه سریع شهرها و ساخت‌وسازها لزوماً همگام با الزامات ایمنی و دفاعی پیش‌رفته؛ به‌طوری‌که روند فزاینده ساخت سکونتگاه‌ها با ضروریات دفاع غیرعامل انطباق کامل نداشته است. این امر لزوم پژوهشی جامع در مورد به‌کارگیری راهکارهای معماری پدافند غیرعامل را آشکار می‌سازد. پدافند غیرعامل مجموعه‌ای از تمهیدات غیرنظامی در طراحی و برنامه‌ریزی است که به‌کارگیری آنها می‌تواند بازدارندگی را افزایش داده و آسیب‌پذیری ساختمان‌ها و شهرها را در برابر تهدیدات کاهش دهد [۸]. بهره‌گیری از این رویکرد معماری، با ایجاد لایه‌های محافظتی در خود ساختمان (نظیر فرم مناسب، مصالح مقاوم، فضاهای امن و ...) و در سایت پیرامونی آن (مانند فاصله ایمن از معابر، موانع پیرامونی و ...) قادر است خسارات ناشی از انفجارها، حملات و آتش‌سوزی‌ها را به حداقل برساند. مسئله اساسی این پژوهش، یافتن مؤثرترین راهکارهای معماری پدافند غیرعامل برای حفاظت از ساختمان‌های شهری (مسکونی، اداری، تجاری) در برابر این قبیل تهدیدات انسان‌ساخت (مانند انفجارها، حملات تروریستی و آتش‌سوزی‌های عمدی) و حوادث طبیعی یا غیرمترقبه است. به بیان دیگر، پرسش این است که چگونه می‌توان از طریق معماری و طراحی ساختمان، بدون اتکا به اقدامات نظامی فعال، ایمنی و تاب‌آوری سازه‌ها و ساکنین را در شرایط حملات و حوادث بهبود داد؟ در غیاب چنین تدابیری، وقوع یک

انفجار یا حمله می‌تواند به فروپاشی پیش‌رونده ساختمان‌ها، تلفات گسترده جانی و از کار افتادن عملکردهای حیاتی شهری بینجامد. از این رو، بیان مسئله بر شکاف موجود بین سطح تهدیدات بالقوه و میزان آمادگی معماری ساختمان‌ها برای مقابله با آنها تمرکز دارد. این پژوهش تلاش می‌کند با بررسی استانداردها و تجربیات داخلی و بین‌المللی، چارچوبی برای کاهش آسیب‌پذیری ساختمان‌ها در برابر تهدیدات یادشده ارائه دهد.

با توجه به قرارگیری کشورمان در منطقه پر آشوب غرب آسیا و تجارب اخیر، به‌ویژه جنگ ۱۲ روزه و جنگ تحمیلی سوم که در جریان آن بسیاری از ساختمان‌های نظامی و غیرنظامی کشور آسیب دید، ضرورت پیشگامی در این حوزه بیش از پیش احساس می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که علت عمده بخشی از این خسارات، عدم رعایت و به کارگیری اصول پدافند غیرعامل در طراحی و ساخت این سازه‌ها بوده؛ امری که اهمیت توجه به ملاحظات دفاع غیرعامل در برنامه‌ریزی، طراحی و اجرای ساختمان‌ها را دوچندان می‌سازد. همچنین باید اضافه کرد که ضمن تلاش برای تقویت پایداری سازه‌ای و کاهش آسیب‌پذیری فیزیکی ساختمان‌ها، باید ملاحظات انسان‌محور و جنبه‌های اجتماعی نیز در نظر گرفته شوند تا اقدامات پدافند غیرعامل در کنار ارتقای ایمنی، به بهبود کیفیت محیط شهری و تقویت مشارکت شهروندان و تاب‌آوری اجتماعی منجر شوند.

در این پژوهش از ابزار هوش مصنوعی ChatGPT صرفاً جهت کمک به ویرایش/ترجمه و تلخیص از منابعی که پژوهشگر در اختیار نرم‌افزار قرار داده استفاده شده و هیچ یک از تحلیل‌ها و توصیه‌ها مبتنی بر محتوای تولید شده توسط هوش مصنوعی نیست.

۱-۱. تقویت مشارکت مردمی و تاب‌آوری اجتماعی

تحکیم سرمایه اجتماعی و مشارکت جمعی از ارکان اصلی افزایش تاب‌آوری ملی محسوب می‌شود. مشارکت فعال شهروندان در برنامه‌های آمادگی، با تقویت شبکه‌های حمایتی و ایجاد همدلی اجتماعی، توان جامعه را در مقابله با بحران‌ها ارتقا می‌دهد. از دیدگاه پدافند غیرعامل، اثربخشی برنامه‌های دفاع غیرمسلحانه متکی به مشارکت عمومی و بهره‌گیری از ظرفیت‌های مردمی است. به عنوان مثال، آموزش‌های همگانی و ساماندهی نیروهای داوطلب، سرمایه اجتماعی را به عامل بازدارنده قدرتمندی در برابر تهدیدات تبدیل می‌کند. ادغام تلاش‌های رسمی با فرایندهای مردمی، بستر لازم برای پایداری بیشتر جامعه و کاهش آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها را فراهم می‌کند. در این چارچوب، ایجاد سازوکارهای تشویقی برای فعالیت‌های داوطلبانه و آموزش عمومی (مانند کارگاه‌های محله‌ای و آموزش در مدارس) نقشی کلیدی در تقویت تاب‌آوری اجتماعی دارد و مانع تمرکز آسیب‌ها بر یک بخش معین از جامعه خواهد شد. از منظر اجتماعی، مطالعات و دستورالعمل‌های جدید سی.پی.تی.ای.دی (پیشگیری از جرم از طریق طراحی محیطی) فضای شهری را صرفاً یک مسئله فیزیکی نمی‌دانند، بلکه به آن به عنوان موجودیتی اجتماعی و زنده می‌نگرند. در این رویکردها، علاوه بر کاهش فرصت‌های جرم، باید حس اجتماع در میان ساکنان تقویت شود تا کنترل محله‌ای شکل گیرد [۹]. در واقع، مفهوم نسل دوم پیشگیری از جرم از طریق طراحی محیطی به مسائل اجتماعی متمایل شده تا عدم تعادل ناشی از تمرکز صرف بر عناصر سخت‌افزاری را جبران کند. از این منظر، امنیت شهری در کنار حفاظت فیزیکی، با ارتقای کیفیت زندگی، تعاملات اجتماعی و پایداری فضا پیوند دارد. برای نمونه، یک سند راهبردی «پیشگیری از جرم از طریق طراحی محیطی» شامل اهدافی چون کاهش جرم و ترس، تشویق به تعامل اجتماعی و رفع دغدغه‌های کیفیت زندگی شهروندان نیز هست [۱۰]. برعکس، تأکید صرف بر اقدامات سخت‌افزاری و حصارسازی می‌تواند فضایی قلعه مانند ایجاد کند؛ همان‌طور که کارشناسان پیشگیری از جرم هشدار می‌دهند امنیت بیش از حد، ذهنیت قلعه‌ای پدید می‌آورد و طراحی محیطی باید هم‌زمان با کاهش جرم، ملاک‌های زیبایی‌شناختی را نیز حفظ کند [۱۱].

راهکارهای نوین «پیشگیری از جرم از طریق طراحی محیطی» امنیت را محصول تلاش مشترک جامعه می‌دانند نه تحمیل یک‌جانبه



از مسائل سخت‌افزاری. در عمل نیز برنامه‌های موفق نوین پیشگیری از جرم از طریق طراحی محیطی نیاز به تشکیل تیم‌های چندرشته‌ای دارند که از ساکنان محلی، کسبه، برنامه‌ریزان و نهادهای دولتی تشکیل شده و به صورت مشترک مسائل محله را تعریف و راهکار مناسب را اجرا و ارزیابی می‌کنند. چنین مشارکتی حس تعلق و مسئولیت‌پذیری ساکنان را تقویت می‌کند و به تقویت نظارت طبیعی و خودنظارتی محلی می‌انجامد [۱۲]. فضاهای عمومی باید زمینه تعامل اجتماعی و زندگی جمعی باشند. استانداردهای بین‌المللی طراحی ایمن تأکید می‌کنند که حتی در شرایط تهدید، فضاهای شهری باید پذیرای مردم، پویا و فعال باقی بمانند. از این رو، حفاظت نباید مانع دسترسی آزاد و تحرک شهروندان شود. کارشناسان امنیت شهری توصیه می‌کنند که تدابیر حفاظتی به صورت نامحسوس در نما و مبلمان شهری گنجانده شود تا ضمن تأمین امنیت، متناسب با بافت فرهنگی و کارکرد اصلی مکان باشد. چنانچه کنترل‌های شدید (مانند کنترل در ورودی مراکز خرید) اگر بدون رعایت جنبه‌های اجتماعی اجرا شوند، منجر به صفوف طولانی، احساس بدبینی و ناامنی در فضا می‌شوند و کارکردهای اقتصادی و اجتماعی فضا را مختل می‌سازند. علاوه بر مطالب بیان شده طراحی تدابیر امنیتی باید متناسب و خوشایند باشد. دستورالعمل‌های پیشگیری از جرم بر لزوم تعادل میان امنیت و زیبایی‌شناسی تأکید کرده و می‌گویند امنیت بیش از حد ذهنیت قلعه‌ای به وجود می‌آورد؛ بنابراین طراحی محیطی باید ضمن کاهش فرصت جرم، معیارهای زیبایی معماری را نیز پاس دارد. در عمل، به جای دیوارها و سازه‌های خشک بتنی، از عناصر چندمنظوره و ظریف مانند مبلمان مقاوم خیابانی، گلدان‌های بزرگ بتن آرمه یا طراحی منظر استفاده می‌شود که هم نقش حفاظتی دارند و هم کیفیت بصری و کارکرد اجتماعی فضا را حفظ می‌کنند. این رویکردهای یکپارچه ضمن تضمین امنیت، از نامطلوب و هراس‌انگیز شدن محیط جلوگیری کرده و جلوه شهری سازگار با نیازهای زندگی روزمره را تضمین می‌کنند [۱۱].

در نهایت می‌توان گفت که مطالعات و دستورالعمل‌های بین‌المللی در حوزه پدافند غیرعامل، بر ادغام ابعاد انسانی، مشارکت جمعی و بهبود کیفیت زندگی در طراحی فضاهای شهری تأکید دارند. این منابع نشان می‌دهند که رویکرد پایداری در پدافند غیرعامل باید انسان‌محور بوده و استفاده از تدابیر حفاظتی را در چارچوب تقویت انسجام اجتماعی، مشارکت شهروندان و معیارهای زیبایی‌شناختی شهری بازتعریف کند.

۲. پیشینه پژوهش



۲-۱. سوابق مطالعاتی در مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی

گزارش «بررسی وضعیت آسیب‌پذیری ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها در برابر مخاطرات طبیعی» (شماره مسلسل ۲۰۶۸۵) با هدف ارزیابی آسیب‌پذیری شهری در برابر مخاطرات طبیعی انجام شده که در آن به تحلیل عوامل مؤثر بر کاهش یا تشدید آسیب‌پذیری در ابعاد مختلف و امتیازدهی براساس وضعیت معیارهای ذیل هر بُعد و همچنین ارائه راهکارهای کاهش آسیب‌پذیری پرداخته شده است. نویسنده توضیح می‌دهد که عوامل مختلفی از جمله مؤلفه‌های شهرسازی، مشخصات منطقه‌ای، وضعیت زیرساخت‌ها، سطح دسترسی و شرایط اجتماعی و اقتصادی به طور مستقیم در میزان آسیب‌پذیری شهرها تأثیرگذار هستند و براساس نتایج پژوهش، ابعاد کالبدی، محیطی، زیرساختی و دسترسی به دلیل تأثیر مستقیم بر شدت و گستردگی آسیب ناشی از مخاطرات از اهمیت بیشتری برخوردارند. رویکرد به کار گرفته شده در پژوهش، امکان شناسایی دقیق‌تر نقاط ضعف شهری را فراهم کرده و به برنامه‌ریزان و مدیران شهری ابزارهای کاربردی برای طراحی و اجرای راهبردهای کاهش خطر و افزایش پایداری شهری ارائه می‌دهد. در نهایت توضیح می‌دهد که افزایش تاب‌آوری شهری منوط به شناسایی دقیق ابعاد مختلف آسیب‌پذیری، تدوین سیاست‌های عملیاتی و اتخاذ راهکارهای پیشگیرانه است و به این منظور مجموعه‌ای از راهکارها برای کاهش آسیب‌پذیری با هدف بهبود وضعیت مدیریت بحران و کاهش خسارات احتمالی پیشنهاد شده است.

گزارش «اظهار نظر کارشناسی در خصوص تعیین تکلیف ساختمان‌های نایمن (موضوع بند «ج» ماده (۵۲) قانون برنامه هفتم پیشرفت

و بند «۱۴» ماده (۵۵) [قانون شهرداری](#)» (شماره مسلسل ۲۰۲۹۶) نیز حفظ و ارتقای ایمنی ساختمان‌ها را یکی از مسائل حیاتی در حوزه مدیریت شهری معرفی کرده که غفلت از آن می‌تواند حوادث فاجعه باری همچون فاجعه پلاسکو و متروپل به دنبال داشته باشد. ایمنی ساختمان علاوه بر رعایت دقیق مقررات ساخت و ساز مستلزم توجه کافی به بهره‌برداری و نگهداشت صحیح ساختمان مطابق قواعد و دستورالعمل‌هاست. ضعف در اجرای قوانین موجود، فقدان سازوکارهای نظارتی منسجم و عدم توجه به استانداردهای ایمنی و اصول نگهداشت ساختمان، استفاده از مصالح بی‌کیفیت، ضعف و فقدان سیستم‌های اعلام و اطفای حریق مناسب و عدم پایش دوره‌ای ساختمان‌ها از جمله عوامل بروز و افزایش ریسک نایمنی است. این گزارش ضمن بررسی جامع وضعیت ساختمان‌های نایمن در کشور به‌ویژه در پایتخت، ضعف‌های موجود در حوزه‌های فنی و مدیریتی را شناسایی کرده و با نگاهی جامع به وضعیت ایمنی ساختمان‌های کشور، به ارائه راهکارهای تقنینی، نظارتی و اجرایی پرداخته است. از اقدامات مهم در این زمینه آسیب‌شناسی قوانین و مقررات موجود و تدوین یا بازبینی آیین‌نامه‌ها و استانداردهای مرتبط است که غالباً پس از بروز حوادث طبیعی یا رویدادهای غیرمترقبه صورت می‌گیرد. علاوه بر این، راهکارهای دیگری از جمله تقویت سیستم‌های نظارتی، نگهداشت صحیح، پایش مستمر و اقدامات فوری برای ایمن‌سازی ساختمان‌های پرخطر، تأمین منابع مالی کافی، جرم‌انگاری نگهداری و حفظ شرایط نایمن و افزایش آگاهی عمومی از خطرات نایمنی پیشنهاد می‌شود.

ابهام در تحقق اهداف [قانون مدیریت بحران](#)، خلأ اطلاعاتی در مورد عملکرد دستگاه‌ها در امر بازسازی و عدم آسیب‌شناسی وضع موجود، عللی بودند که پژوهشگران مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی را به تدوین «گزارش نظارتی - ارزیابی وضعیت بازسازی و نوسازی ساختمان‌ها و مناطق آسیب‌دیده از سوانح طبیعی؛ درس آموخته‌ها و ارائه پیشنهادات راهبردی» (شماره مسلسل ۱۹۳۹۷) واداشت. این پژوهش، توسعه یک کشور را در ارتباطی پیچیده با مخاطرات و سوانح آن و پیامدهای ناشی از مخاطرات طبیعی و انسان‌ساخت را دارای تأثیرات سو و اختلال‌گر بر رشد و توسعه اقتصادی و اجتماعی جامعه می‌داند؛ لذا مدیریت بحران در حوزه‌های پیشگیری، آمادگی و بازسازی را از جمله اقدامات در اصلاح و تسریع برنامه‌های توسعه و استفاده بهینه از منابع تأثیرگذار به حساب می‌آورد. پژوهشگر توضیح می‌دهد که توجه ویژه به اقدامات پیشگیرانه و آمادگی مقابله با بحران به جهت کاهش حجم خسارات جانی و مالی وارده و در نتیجه کاهش هزینه‌های بازسازی بسیار حائز اهمیت است. در ادامه راهکارهایی در مقابله با معضلات کنونی از جمله عدم پرداخت به موقع اعتبارات (سالیانه حدود ۳۰ درصد)، ضعف مدیریتی در برنامه‌ریزی صحیح و تسریع در عملیات بازسازی و عدم توجه به اولویت‌بندی صحیح اعتبارات در پروژه‌های بازسازی به‌عنوان موانع پیشبرد اهداف برنامه بازسازی و بازتوانی پیشنهاد شده است. همچنین ضمن یادآوری تکلیف سازمان مدیریت بحران کشور در ارائه گزارش عملکرد سالیانه کلیه دستگاه‌های مشمول قانون مدیریت بحران، بیان می‌کند که این سازمان شاخص‌های ارزیابی عملکرد این دستگاه‌ها را در دو محور «نظام پایش و ارزیابی» و «شاخص‌های عملکرد مدیریت بحران» تدوین کرده که تاکنون به تصویب و بهره‌برداری نرسید؛ لذا گزارش، به ارزیابی عملکرد دولت در این زمینه براساس اعتبارات تخصیصی و اقدامات بازسازی انجام شده به تفکیک استانی پرداخته است. گزارش «ساختمان متروپل؛ ریشه‌های پیدایش و رهنمون‌هایی برای پیشگیری از تکرار» (شماره مسلسل ۱۹۲۶۶) با تمرکز بر واقعه فروریژش ساختمان متروپل در آبادان در خرداد ۱۴۰۱، توضیح می‌دهد که براساس شواهد، این سانحه ناشی از بار مرده (یعنی وزن خود ساختمان) بوده، در حالی که عموم دغدغه سیستم مهندسی کشور در پروژه‌های ساختمانی، بیشتر بر سایر بارهای وارد بر ساختمان متمرکز است. ریزش متروپل به دلیل بار مرده، به این معناست که اساساً این ساختمان، دارای بحران در تعریف، شکل‌گیری و عدم نظارت صحیح در انجام پروژه است، از این رو به نظر می‌رسد که در یک تحلیل فراتر از مطالعات صورت گرفته، ریشه‌های رخداد را در ورای نظام مسئولیت ساخت و ساز مشاهده می‌شود. به عبارت دیگر، عوامل پیدایش واقعه‌ای به مانند متروپل، صرفاً منوط و منحصر در همین پروژه نیست، بلکه مجموعه‌ای از رخدادها و تعارضات در سطح تقنین و اجرایی کشور وجود دارد که برهمکنش آنها، موجب رویداد تلخ متروپل آبادان می‌شود. لذا فارغ از اینکه مسبب و مسئول بروز این بحران چه شخص یا اشخاصی است، این گزارش با یک دید فراتحلیل در پی واکاوی عوامل پیدایش و سپس بیان نظام مسئولیت و چالش‌های پیرامون آن است تا به لحاظ سیستماتیک زمینه وقوع وقایع مشابه، کمینه گردد و پیشنهادهایی در حوزه

اجرایی، تقنین و نظارتی عرضه شود.

تحقیق دیگری با عنوان «مقررات ملی ساختمان کشور لزوم تغییر نگاه به مفاهیم انرژی، نگهداری و حریق» (شماره مسلسل ۱۸۸۴۳)، با تمرکز بر آیین‌نامه‌های ساختمانی صورت گرفته و بیان می‌کند این اسناد به‌منظور تأمین ایمنی، ارتقای بهره‌وری، تأمین رفاه، بهداشت و صرفه اقتصادی در حوزه‌های مهندسی تدوین می‌شوند. قوانین ساختمانی که معمولاً به‌طور رسمی از طرف مراجع ذیصلاح تصویب و ابلاغ می‌گردد مهندسان و دست‌اندرکاران پروژه‌های عمرانی را موظف می‌کند که طبق اصول مهندسی مندرج در آن طراحی، محاسبات، اجرا و نگهداری بناها را انجام دهند. این آیین‌نامه‌ها و قوانین با توجه به شرایط خاص و نیازهای هر کشور و براساس تحقیقات گسترده در سطح ملی و بین‌المللی تهیه، تدوین و در فواصل زمانی مناسب، مورد بازبینی قرار می‌گیرند. از جمله اهداف مهم در بازبینی آیین‌نامه‌ها، به‌روزرسانی استفاده بهینه از مصالح، بهبود متعارف سطح ایمنی طرح و در نظر گرفتن مفاهیم و تکنولوژی‌های نوین است. با توجه به اهمیت مفاهیم انرژی، نگهداری و حریق در صنعت ساختمان، این گزارش با بهره‌گیری از نظرات اساتید و محققان مرتبط، نقدها و پیشنهادهایی برای افزایش کارآمدی مباحث مقررات ملی، از جمله مباحث نوزدهم و بیست‌ودوم و همچنین پیش‌نویس مبحث بیست‌وسوم مقررات ملی ساختمان ارائه کرده است.

در گزارش دیگری با عنوان «مقررات ملی ساختمان کشور؛ جایگاه، شرایط تدوین و ترویج (ویرایش دوم)» (شماره مسلسل ۱۷۵۸۶)، نویسنده به تبیین این نکته می‌پردازد که آیین‌نامه‌های ساختمانی با هدف تأمین ایمنی، ارتقای بهره‌وری، فراهم‌سازی آسایش و بهداشت و نیز تحقق صرفه اقتصادی در عرصه‌های مختلف مهندسی تدوین می‌شوند. این مجموعه قوانین، متخصصان حوزه‌های عمرانی را ملزم می‌سازند تا طراحی، محاسبه، اجرا و نگهداری سازه‌ها را بر پایه اصول فنی و معیارهای مهندسی مصرح در آنها انجام دهند. این آیین‌نامه‌ها و ضوابط، متناسب با ویژگی‌ها و نیازهای خاص هر کشور و با اتکا بر یافته‌های پژوهشی گسترده در سطح ملی و بین‌المللی تهیه می‌شوند و در دوره‌های زمانی معین، مورد بازنگری و اصلاح قرار می‌گیرند. یکی از اهداف اساسی این بازبینی‌ها، روزآمدسازی روش‌های استفاده بهینه از مصالح و هم‌زمان افزایش سطح ایمنی طرح‌هاست. در این گزارش پس از مروری کوتاه بر تاریخچه و وضعیت کنونی آیین‌نامه‌های ساختمانی در جهان، پیشینه شکل‌گیری مباحث بیست‌ودوگانه مقررات ملی ساختمان بررسی می‌شود. سپس با اتکا بر دیدگاه‌های استادان دانشگاه، پژوهشگران مرتبط و سازمان‌های نظام‌مهندسی، مجموعه‌ای از نقدها و پیشنهادهای از جمله تناقض‌های مابین مباحث مختلف، عدم استفاده گسترده از نتایج تحقیقات دانشگاهی داخلی در تدوین مباحث و پیش‌بینی زمان مناسب و کافی برای ارزیابی و اظهار نظر و تعیین مدت‌زمان انتقالی برای کاربرد و ویرایش‌های جدید مبحث ۲۲ گانه مقررات ملی جهت افزایش کارآمدی مقررات ملی مطرح شده است.

گزارش «اظهار نظر کارشناسی درباره مبحث ۲۲ گانه مقررات ملی ساختمان» (شماره مسلسل ۱۷۴۵۰) آیین‌نامه‌های ساختمانی را مجموعه‌ای از ضوابط و اصول معرفی می‌کند که با توجه به شرایط اقلیمی، نیازهای هر کشور و براساس تحقیقات گسترده انجام شده در سطح ملی در فواصل زمانی مناسب، مورد بازبینی قرار می‌گیرند. از جمله اهداف مهم در بازبینی آیین‌نامه‌ها، افزایش کاربری ضوابط مربوطه در مراحل عملیاتی، تأمین ایمنی مناسب و اقتصادی کردن طرح‌هاست که در این گزارش ابتدا بررسی اجمالی در خصوص تاریخچه و وضعیت موجود آیین‌نامه‌های ساختمانی در دنیا صورت گرفته و پس از ذکر پیشینه‌ای از تدوین مبحث ۲۲ گانه مقررات ملی ساختمان در کشور، جهت افزایش کارآمدی مقررات وضع شده متناسب با نیازهای جامعه و همچنین برطرف کردن نقایص آن، با بهره‌گیری از نظرات گسترده اساتید، محققان مرتبط و سازمان‌های نظام‌مهندسی، نقدها و پیشنهادهایی مطرح شده است. از جمله مواردی که در این گزارش به آن اشاره شده عبارت‌اند از فرایند به‌روزرسانی مقررات ملی ساختمان براساس نیازهای ملی، آمایشی و منطقه‌ای، تهیه ضمائم جهت ذکر مراجع و تفسیر بندها و ضوابط مباحث مقررات، هماهنگی مقررات ملی با سایر استانداردهای موجود در کشور با هدف افزایش جامعیت مباحث مقررات ملی ساختمان، ایجاد بندها و ضوابط مربوط به ایمنی و مشخصات کنترلی سازه‌های موجود، بررسی ضوابط زیست‌محیطی مرتبط با فعالیت‌های عمرانی، تدوین دستورالعمل‌هایی در جهت ترویج استفاده از مباحث مقررات ملی ساختمان، برنامه‌ریزی جهت استفاده گسترده از نتایج تحقیقات دانشگاهی در تدوین قوانین مباحث، پیش‌بینی زمان مناسب و کافی برای ارزیابی و اظهار نظر در خصوص ویرایش‌های جدید مبحث ۲۲ گانه مقررات ملی.

گزارش «بررسی حادثه ساختمان پلاسکو با تأکید بر مدیریت بحران» (شماره مسلسل ۱۵۴۲۲) نیز ابتدا توضیح مختصری از ساختمان پلاسکو از منظر ساخت، کارکرد و بروز حادثه آتش‌سوزی در آن ارائه داده و سپس به شرح قوانین و مقررات حاکم و مرتبط با موضوع می‌پردازد که در ازای تحقق آنها، تکالیفی نیز برعهده دستگاه‌ها و اشخاص تبیین شده است. بررسی عملکرد و ایفای نقش دستگاه‌ها و اشخاص و همچنین سهم هر یک از آنها نسبت به مسئولیت ناشی از حادثه، موضوعی است که در این گزارش بدان پرداخته شده است.

۲-۲. سوابق تقنینی موضوع پژوهش

در این بخش قوانین و مقررات مرتبط با موضوع پژوهش به اختصار مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

الف) اصل (۲۲) قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران

حیثیت، جان، مال، حقوق، مسکن و شغل اشخاص از تعرض مصون است مگر در مواردی که قانون تجویز کند.

ب) اصل (۲۹) قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران

بر خورداري از تأمین اجتماعی از نظر بازنشستگی، بیکاری، پیری، از کارافتادگی، بی‌سرپرستی، در راه ماندگی، حوادث و سوانح، نیاز به خدمات بهداشتی درمانی و مراقبت‌های پزشکی به‌صورت بیمه و غیره، حقی است همگانی. دولت موظف است طبق قوانین از محل درآمدهای عمومی و درآمدهای حاصل از مشارکت مردم، خدمات و حمایت‌های مالی فوق را برای یک‌یک افراد کشور تأمین کند.

ج) قانون برنامه پنج‌ساله هفتم پیشرفت جمهوری اسلامی ایران

بند «ح» ماده (۷۰): در راستای مدیریت خطر حوادث و بلایا، دولت با همکاری نهادهای ذی‌ربط مکلف است با اولویت اقدامات ناظر به پیشگیری، کاهش آسیب و آمادگی، افزایش تاب‌آوری و تأمین منابع پایدار برای مقابله با حوادث و بلایا نسبت به تدوین اقدامات اجرایی مناسب اقدام کند. همچنین با توجه به لزوم مقاوم‌سازی و ایمن‌سازی لرزه‌ای، مقابله با آتش‌سوزی و اهمیت ارتقای تاب‌آوری و تعمیر اساسی سامانه (سیستم)‌های تأسیسات مکانیکی، برقی و رایانیکی (سایبری) بیمارستان‌ها، مراکز بهداشتی-درمانی دولتی و پایگاه‌های فوریت‌های پزشکی پیش‌بیمارستانی، طرح ایمن‌سازی و ارتقای تاب‌آوری بیمارستان‌ها و مراکز بهداشتی-درمانی کشور در سال‌های برنامه به مرحله اجرا درمی‌آید.

بند «ج» ماده (۱۰۳): در اجرای بند «۲۴» سیاست‌های کلی برنامه پنج‌ساله هفتم و به‌منظور تقویت زیرساخت‌ها و بهینه‌سازی سازوکارهای عمومی و دستگاهی برای مصون‌سازی و ارتقای تاب‌آوری و کاهش آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها و سرمایه‌های ملی، صیانت و حفاظت از منافع ملی و مردم در قبال تهدیدات متصور اعم از رایانیکی (سایبری)، زیستی، شیمیایی و پرتوی، الکترومغناطیس و نظامی با اولویت پدافند غیرعامل، کلیه دستگاه‌های اجرایی ملی و استانی مکلف‌اند در راستای پیشگیری از وقوع حوادث غیرمترقبه و ناگوار و کاهش آسیب‌پذیری و پیامدهای ناشی از آن در ساختمان‌ها و تأسیسات زیربنایی کشور و افزایش توان بازدارندگی و تاب‌آوری زیرساخت‌ها با الزام و اولویت انجام معاینه فنی ساختمان‌های حیاتی، حساس و مهم کشور به‌صورت سالیانه و تهیه گزارش از وضعیت ایمنی توسط شرکت‌های واجد صلاحیت و دارای سابقه فعالیت مرتبط و دارای مجوز از مراجع ذی‌صلاح نظیر سازمان مدیریت بحران کشور، سازمان پدافند غیرعامل کشور و سازمان ملی استاندارد ایران اقدام نمایند و وزارت کشور مکلف است گزارش عملکرد خود را سالیانه به مجلس ارسال نماید.

د) سیاست‌های کلی نظام در امور «پدافند غیرعامل» (ابلاغی ۱۳۸۹/۱۱/۲۹)

۱. تأکید بر پدافند غیرعامل که عبارت است از مجموعه اقدامات غیرمسلحانه که موجب افزایش بازدارندگی، کاهش آسیب‌پذیری، تداوم فعالیت‌های ضروری، ارتقای پایداری ملی و تسهیل مدیریت بحران در مقابل تهدیدات و اقدامات نظامی دشمن می‌گردد.

۲. رعایت اصول و ضوابط پدافند غیرعامل از قبیل انتخاب عرصه ایمن، پراکنده‌سازی یا تجمع حسب مورد، حساسیت‌زدایی، اختفا، استتار، فریب دشمن و ایمن‌سازی نسبت به مراکز جمعیتی و حائز اهمیت به‌ویژه در طرح‌های آمایش سرزمینی و طرح‌های توسعه آینده کشور.

۳. طبقه‌بندی مراکز، اماکن و تأسیسات حائز اهمیت به حیاتی، حساس و مهم و روزآمد کردن آن در صورت لزوم.

۴. تهیه و اجرای طرح‌های پدافند غیرعامل (با رعایت اصل هزینه-فایده) در مورد مراکز، اماکن و تأسیسات حائز اهمیت نظامی و غیرنظامی) موجود و در دست اجرا براساس اولویت‌بندی و امکانات حداکثر تا پایان برنامه ششم و تأمین اعتبار مورد نیاز.
۵. تهیه طرح جامع پدافند غیرعامل در برابر سلاح‌های غیرمتعارف نظیر هسته‌ای، میکروبی و شیمیایی.
۶. دو یا چندمنظوره کردن مستحدثات، تأسیسات و شبکه‌های ارتباطی و مواصلاتی در جهت بهره‌گیری پدافندی از طرح‌های عمرانی و به‌ویژه در مناطق مرزی و حساس کشور.
۷. فرهنگ‌سازی و آموزش عمومی در زمینه به‌کارگیری اصول و ضوابط پدافند غیرعامل در بخش دولتی و غیردولتی، پیش‌بینی مواد درسی در سطوح مختلف آموزشی و توسعه تحقیقات در زمینه پدافند غیرعامل.
۸. رعایت طبقه‌بندی اطلاعات طرح‌های پدافند غیرعامل.
۹. ممانعت از ایجاد تأسیسات پرخطر در مراکز جمعیتی و بیرون بردن این گونه تأسیسات از شهرها و پیش‌بینی تمهیدات ایمنی برای آن دسته از تأسیساتی که وجود آنها الزامی است و ممانعت از ایجاد مراکز جمعیتی در اطراف تأسیسات پرخطر با تعیین حریم لازم.
۱۰. حمایت لازم از توسعه فناوری و صنایع مرتبط مورد نیاز کشور در پدافند غیرعامل با تأکید بر طراحی و تولید داخلی.
۱۱. به‌کارگیری اصول و ضوابط پدافند غیرعامل در مقابله با تهدیدات نرم‌افزاری و الکترونیکی و سایر تهدیدات جدید دشمن به‌منظور حفظ و صیانت شبکه‌های اطلاع‌رسانی، مخابراتی و رایانه‌ای.
۱۲. پیش‌بینی سازوکار لازم برای تهیه طرح‌های مشترک ایمن‌سازی و ایجاد هماهنگی در سایر طرح‌ها و برنامه‌ها و مدیریت نهادهای مسئول، در دو حوزه پدافند غیرعامل و حوادث غیرمترقبه در جهت هم‌افزایی و کاهش هزینه‌ها.
۱۳. ایجاد مرکزی برای تدوین طراحی، برنامه‌ریزی و تصویب اصول و ضوابط، استانداردها، معیارها، مقررات و آیین‌نامه‌های فنی پدافند غیرعامل و پیگیری و نظارت بر اعمال آنها.

ه) قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان (مصوب ۱۳۷۴/۱۲/۲۲)

- ماده (۳۰):** شهرداری‌ها و مراجع صدور پروانه ساختمان، پروانه شهرک‌سازی و شهرسازی و سایر مجوزهای شروع عملیات ساختمان و کنترل و نظارت بر این گونه طرح‌ها در مناطق و شهرهای مشمول ماده (۴) این قانون برای صدور پروانه و سایر مجوزها تنها نقشه‌هایی را خواهند پذیرفت که توسط اشخاص حقیقی و حقوقی دارنده پروانه اشتغال به کار و در حدود صلاحیت مربوط امضا شده باشد و برای انجام فعالیت‌های کنترل و نظارت از خدمات این اشخاص در حدود صلاحیت مربوط استفاده نمایند.
- ماده (۳۳):** اصول و قواعد فنی که رعایت آنها در طراحی، محاسبه، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری ساختمان‌ها به‌منظور اطمینان از ایمنی، بهداشت، بهره‌دهی مناسب، آسایش و صرفه اقتصادی و ضروری است، به‌وسیله وزارت راه و شهرسازی تدوین خواهد شد. حوزه شمول این اصول و قواعد و ترتیب کنترل اجرای آنها و حدود اختیارات و وظایف سازمان‌های عهده‌دار کنترل و ترویج این اصول و قواعد در هر مبحث به‌موجب آیین‌نامه‌ای خواهد بود که به‌وسیله وزارتخانه‌های راه و شهرسازی و کشور تهیه و به تصویب هیئت وزیران خواهد رسید. مجموع اصول و قواعد فنی و آیین‌نامه کنترل و اجرای آنها مقررات ملی ساختمان را تشکیل می‌دهند. سازمان‌های استان می‌توانند متناسب با شرایط ویژه هر استان پیشنهاد تغییرات خاصی را در مقررات ملی ساختمان قابل اجرا در آن استان بدهند. این پیشنهادها پس از تأیید شورای فنی استان ذی‌ربط با تصویب وزارت راه و شهرسازی قابل اجرا خواهد بود.
- تبصره - مقررات ملی ساختمان متناسب با تغییر شرایط، هر سه سال یک بار مورد بازنگری قرار می‌گیرد و عنداللزوم با رعایت ترتیبات ۴ مندرج در این ماده قابل تجدیدنظر است.

- ماده (۳۴):** شهرداری‌ها و سایر مراجع صدور پروانه و کنترل و نظارت بر اجرای ساختمان و امور شهرسازی، مجریان ساختمان‌ها و تأسیسات دولتی و عمومی، صاحبان حرفه‌های مهندسی ساختمان و شهرسازی و مالکان و کارفرمایان در شهرها، شهرک‌ها و شهرستان‌ها و سایر نقاط واقع در حوزه شمول مقررات ملی ساختمان و ضوابط و مقررات شهرسازی مکلفاند مقررات ملی ساختمان را رعایت نمایند. عدم رعایت مقررات

یادشده و ضوابط و مقررات شهرسازی تخلف از این قانون محسوب می‌شود.

ماده (۳۵): مسئولیت نظارت عالیه بر اجرای ضوابط و مقررات شهرسازی و مقررات ملی ساختمان در طراحی و اجرای تمامی ساختمان‌ها و طرح‌های شهرسازی و عمرانی شهری که اجرای ضوابط و مقررات مزبور در مورد آنها الزامی است، بر عهده وزارت راه و شهرسازی خواهد بود. به منظور اعمال این نظارت مراجع و اشخاص یاد شده در ماده (۳۴) موظف‌اند در صورت درخواست حسب مورد اطلاعات و نقشه‌های فنی لازم را در اختیار وزارت راه و شهرسازی قرار دهند و در صورتی که وزارت یاد شده به تخلفی برخورد نماید، با ذکر دلایل و مستندات دستور اصلاح یا جلوگیری از ادامه کار را به مهندس مسئول نظارت و مرجع صدور پروانه ساختمانی ذی‌ربط ابلاغ نماید و تارفع تخلف، موضوع قابل پیگیری است. در اجرای این وظیفه کلیه مراجع ذی‌ربط موظف به همکاری می‌باشند.

و) قانون مدیریت بحران کشور (مصوب ۱۳۹۸/۰۵/۲۳)

بند «ش» ماده (۱۴): وزارت راه و شهرسازی، سازمان نظام مهندسی ساختمان، شهرداری‌ها و دهیاری‌ها موظف‌اند در اجرای قوانین و مقررات مربوط به مقاوم بودن ساختمان‌ها، استانداردهای سازمان را اعمال کنند.

جزء «۵» بند «ض» ماده (۱۴): وزارت راه و شهرسازی (مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی) موظف است ارزیابی ایمنی ساختمان‌های مهم و بلندمرتبه با کاربری‌های مختلف را با اولویت‌بندی کلان‌شهرها در برابر آتش‌سوزی، زلزله، فرونشست و فروریزش زمین انجام دهد.

ماده (۱۶): سازمان برنامه و بودجه کشور مکلف است، به منظور انجام اقدامات مربوط به پیشگیری و کاهش خطر و آمادگی در برابر بحران، ذیل امور اقتصادی در بودجه سنواتی، فصلی تحت عنوان «مدیریت بحران کشور» ایجاد کند و اعتبارات درج شده در فصول و برنامه‌های فعلی را در این فصل تجمیع کند. اعتبارات مورد نیاز دستگاه‌ها و نهادهای موضوع ماده (۲) این قانون ذیل برنامه‌های مشخصی در این فصل بنا به پیشنهاد وزارت کشور (سازمان مدیریت بحران) در لایحه بودجه سالیانه منظور می‌شود.

ماده (۱۷): دولت مکلف است به منظور پاسخ به حوادث و بحران‌ها، از اعتبارات موضوع بند «م» ماده (۲۸) قانون الحاق برخی مواد به قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت (۲) مصوب ۱۳۹۳/۱۲/۰۴، با رعایت بند مذکور استفاده کند. این اعتبار به محض وقوع حادثه، از طریق تنخواه خزانه و با تأیید سازمان برای پاسخ در چارچوب برنامه‌های آمادگی و پاسخ هزینه می‌شود. در صورت نیاز به اعتباری مازاد بر آن، دولت می‌تواند با تصویب هیئت وزیران اعتبار لازم را تخصیص دهد، مشروط بر اینکه حداکثر یک ماه پس از تخصیص اعتبار، فرآیند قانونی اصلاح بودجه را انجام دهد.

ماده (۱۹): دولت موظف است، بنا به پیشنهاد سازمان و به منظور انجام نوسازی و مقاوم‌سازی ساختمان‌های مسکونی شهری و روستایی، بازسازی مناطق خسارت‌دیده و بازتوانی افراد آسیب‌دیده از حوادث و سوانح، اعتبارات مورد نیاز را در قالب کمک‌های بلاعوض و مابه‌التفاوت سود و کارمزد تسهیلات بانکی از طریق ردیف‌های پیش‌بینی شده در بودجه سالیانه یا تنخواه خزانه موضوع بند «م» ماده (۲۸) قانون الحاق برخی مواد به قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت (۲) و با رعایت بند مذکور تأمین و پرداخت کند.

ز) مبحث ۲۱ مقررات ملی ساختمان

منظور از پدافند غیرعامل در مبحث ۲۱ حفظ جان و مال انسان در برابر حوادث، تهدیدات و استمرار فعالیت‌های اساسی و ضروری مردم، تضمین تداوم تأمین نیازهای حیاتی مردم (از قبیل آب، نان و غذا، پناهگاه، انرژی، ارتباطات، بهداشت و امنیت) و سهولت در اداره کشور در شرایط بروز تهدید و بحران ناشی از تجاوزات خارجی در مقابل حملات و اقدامات خصمانه و مخرب دشمن از طریق طرح‌ریزی و اجرای طرح‌های دفاع غیرعامل و کاهش آسیب‌پذیری نیروی انسانی و مستحذات و تأسیسات و تجهیزات حیاتی و حساس کشور می‌باشند. هدف از تهیه و تدوین مبحث بیست و یکم، تعیین حداقل ضوابط و مقررات جهت طرح و اجرای ساختمان‌ها در برابر آثار ناشی از تهدیدات نظامی و پیامدهای انفجاری ناشی از تهدیدات طبیعی و صنعتی است؛ بطوریکه با رعایت آن انتظار می‌رود ساختمان‌ها با درجه اهمیت مختلف در برابر تهدیدات مربوطه، ایستایی خود را حفظ نموده و خسارات سازه‌ای و تلفات جانی به حداقل برسد.

ح) مبحث ۲۲ مقررات ملی ساختمان

هدف از این مبحث، تعیین حداقل الزاماتی است که در طول عمر مفید ساختمان برای نگهداری از آن جهت تأمین ایمنی، بهداشت، آسایش



ساکنین، بهره‌دهی مناسب و جلوگیری از به هدر رفتن سرمایه، باید رعایت شوند. برای این منظور باید باز دیدهای ادواری مورد نیاز در کلیه بخش‌های معماری، سازه، تأسیسات برقی و تأسیسات مکانیکی ساختمان به عمل آید. رعایت مقررات این مبحث در نگهداری اجزا و قطعات معماری، سازه، تأسیسات برقی و تأسیسات مکانیکی و گازرسانی کلیه ساختمان‌های مشمول مجموعه مباحث مقررات ملی ساختمان اعم از ساختمان‌های موجود و ساختمان‌هایی که در آینده احداث خواهند شد، الزامی است. این مبحث ضوابط حداقلی را که رعایت آنها مشمول الزامات قانونی است، در موارد زیر مقرر می‌دارد:

- نگهداری اجزا و قطعات معماری،
- نگهداری اجزا و قطعات سازه،
- نگهداری اجزا و قطعات و عملکرد تأسیسات برقی،
- نگهداری اجزا و قطعات و عملکرد تأسیسات مکانیکی.

۳. مفاهیم طراحی ایمن در معماری

اصطلاح طراحی ایمن در معماری به رویکردی اطلاق می‌شود که ایمنی و سلامت کاربران را بنا بگذارد و کاهش خطرات بالقوه را از ابتدای فرایند طراحی مدنظر قرار می‌دهد. طراحی ایمن یک مفهوم جامع است که طیف وسیعی از ملاحظات را در بر می‌گیرد؛ از ایمنی سازه‌ای ساختمان گرفته (در برابر فروپاشی) تا ایمنی در برابر آتش‌سوزی، زلزله، باد، سرقت و سایر مخاطرات. در واقع طراحی ایمن زیرمجموعه‌ای از رویکردهای پدافند غیرعامل محسوب می‌شود که پیشگیری از حوادث و حفاظت از انسان را محور قرار می‌دهد. در ادامه به چند بعد مهم طراحی ایمن در معماری اشاره می‌شود.

۳-۱. ایمنی سازه‌ای و پایداری ساختمان

نخستین گام در طراحی ایمن، اطمینان از پایداری سازه تحت بارهای محتمل است. مهندس سازه باید بنا را طوری طراحی کند که نه تنها بارهای عادی (ثقلی و بهره‌برداری) بلکه بارهای استثنایی نظیر زلزله، انفجار یا ضربه را نیز تحمل نماید. برای مثال، آیین‌نامه‌های نوین ساختمانی الزام می‌کنند که طراحی سازه‌ای به نحوی باشد که از خرابی پیش‌رونده جلوگیری شود، یعنی خرابی یک ستون یا تیر منجر به ریزش زنجیره‌وار کل ساختمان نگردد. بدین منظور، روش‌هایی چون طراحی قاب‌های پیوسته، جزئیات آرماتورگذاری ویژه و تأمین چقرمگی آدر مصالح به کار گرفته می‌شود. همچنین در سازه‌های بلندمرتبه، سیستم‌های دوگانه مقاوم در برابر بار جانبی (مثل ترکیب قاب خمشی و دیوار برشی) طراحی می‌شود تا حتی در صورت آسیب یکی، دیگری پایداری را حفظ کند. ایمنی سازه‌ای شامل طراحی پی مناسب (برای جلوگیری از نشست یا واژگونی در خاک‌های سست)، پیش‌بینی درز انقطاع در ساختمان‌های مجاور (برای جلوگیری از ضربه زدن به یکدیگر در زلزله) و در نظر گرفتن ضریب اهمیت سازه (ساختمان‌های مهم با ضرایب اطمینان بالاتر) نیز می‌شود [۸]. هدف از این تمهیدات آن است که ساختمان در بدترین شرایط نیز فرو نریزد و فرصت تخلیه ایمن افراد فراهم باشد.

۳-۲. ایمنی در برابر آتش‌سوزی

طراحی ایمن در برابر آتش یکی از ارکان اساسی معماری امن است. چنان که مقررات آتش‌نشانی و کدهای بین‌المللی (مانند کد ایمنی

حریق)^۲ الزامات سخت‌گیرانه‌ای در این حوزه تأکید دارند. معمار باید ساختمان را طوری طراحی کند که احتمال وقوع آتش‌سوزی کاهش یافته و در صورت وقوع، آتش و دود به سرعت گسترش نیابند و ساکنان به سرعت و سالم تخلیه شوند. برخی مفاهیم کلیدی در این زمینه عبارت‌اند از:

۱. تفکیک‌بندی حریق^۱ که طی آن ساختمان به بخش‌های مجزا با دیوارها و سقف‌های مقاوم در برابر آتش تقسیم می‌شود تا آتش در یک بخش مهار شود.

۲. راه‌های خروج ایمن شامل راه‌پله‌ها و خروجی‌های اضطراری حفاظت شده با دیواره‌های ضدحریق و درهای خودبند، که مسیر فرار امنی برای ساکنان فراهم می‌کند.

۳. سیستم کشف و اعلام حریق و اطفای خودکار که آتش را در مراحل اولیه شناسایی و کنترل می‌کنند.

۴. انتخاب مصالح و اجزای ساختمانی کندسوز یا مقاوم در برابر آتش برای سازه، نما، کف‌ها و تأسیسات (به‌عنوان مثال استفاده از رنگ‌ها و پوشش‌های ضدحریق بر روی سازه فولادی جهت افزایش مقاومت آن در برابر حرارت). معمار در طراحی باید مسیرهای تخلیه را کوتاه و بدون پیچیدگی در نظر گیرد، ظرفیت مناسب برای خروج تعداد افراد پیش‌بینی کند و مکان پناه موقت در طبقات بلند طراحی کند.

به‌طور کلی، اهداف طراحی ایمن در برابر آتش را می‌توان در چهار مورد خلاصه کرد؛ تأمین ایمنی جان ساکنین، حفاظت از اموال، تداوم فعالیت‌های کسب‌وکار و حفظ داده‌ها و تجهیزات حیاتی [۱۳].

۳-۳. طراحی براساس ارگونومی و ایمنی افراد

معماری ایمن صرفاً به مقاومت در برابر حوادث بزرگ محدود نمی‌شود، بلکه ایمنی در مقیاس عملکرد روزمره را نیز شامل می‌شود. برای مثال، یک طراحی ایمن بایستی خطرات سقوط و لغزش را با تعبیه نرده‌های محافظ در راه‌پله‌ها و بالکن‌ها، استفاده از کف‌پوش‌های غیرلغزنده در معابر و روشنایی کافی در راهروها کاهش دهد. یا طراحی باید به گونه‌ای باشد که خطر برخورد وسایل نقلیه با ساختمان کاهش یابد (مانند تعبیه حفاظ یا حائل جلوی شیشه‌های همکف و ورودی‌ها). از منظر پیشگیری از جرم از طریق طراحی محیطی نیز، طراحی باید ایمنی کاربران را تأمین کند که در بخش بعدی مفصل‌تر به آن پرداخته خواهد شد. همچنین ایمنی در برابر خطاهای عملکردی مانند تداخل کاربری‌های ناسازگار (مثلاً انبار مواد سوختی در زیر فضای مسکونی) یا نکات بهداشتی (نور و تهویه کافی برای جلوگیری از رشد قارچ و بیماری) نیز جزء طراحی ایمن است. معمار باید در فاز برنامه‌ریزی، سناریوهای استفاده از فضا را تحلیل کرده و هر نقطه‌ای که می‌تواند برای کاربران خطرناک باشد (از جان‌پناه بام گرفته تا دسترسی به ماشین‌آلات تأسیساتی) را ایمن‌سازی کند [۱۴].

۳-۴. ایمنی تأسیسات و تجهیزات ساختمان

در طراحی ایمن، بخش تأسیسات مکانیکی و برقی ساختمان نیز اهمیت بالایی دارد. بسیاری از حوادث مانند آتش‌سوزی یا انفجار گاز از نقص در تأسیسات ناشی می‌شوند. لذا مهندس طراح باید سیستم‌های برق و مکانیک را با تجهیزات استاندارد و دارای حفاظت‌های لازم انتخاب کند؛ نصب فیوزها و قطع‌کننده‌های مناسب برای جلوگیری از اضافه‌بار و اتصال کوتاه، اجرای سامانه اتصال زمین (ارت) برای پیشگیری از برق‌گرفتگی و آتش‌سوزی، استفاده از لوله‌کشی گاز با شیرهای خودکار قطع در زلزله، تعبیه حسگرهای نشت گاز و دود، در نظر گرفتن تهویه اضطراری برای پارکینگ‌ها جهت خروج گازهای سمی و نصب مولدهای برق اضطراری برای حفظ روشنایی و عملکرد سیستم‌های ایمنی در هنگام قطع برق از این جمله هستند. تجهیزات حساس مانند دیزل ژنراتورها یا یو.پی.اس^۲ بهتر است در فضاهای حفاظت شده در برابر حریق و انفجار قرار گیرند تا در شرایط بحرانی فعال بمانند. همچنین معماری باید امکان دسترسی آسان آتش‌نشانان و تیم‌های امدادی به نقاط

1. Fire Compartmentation
2. Uninterruptible Power Supply (UPS)



مختلف ساختمان را فراهم کند (مثلاً وجود محوطه دسترسی خودرو و آتش‌نشانی، طراحی آسانسور آتش‌نشانی، سیستم خشک و تر هوزریل^۱ در برج‌ها و غیره) [۱۵].

۳-۵. هماهنگی با استانداردها و کدهای ایمنی

طراحی ایمن در عمل نمی‌تواند جدا از استانداردها باشد. در هر کشور مجموعه‌ای از مقررات ملی و استانداردهای بین‌المللی وجود دارند که حداقل الزامات ایمنی در طراحی و ساخت را تعیین می‌کنند. برای نمونه، در ایران مبحث ۳ مقررات ملی ساختمان به حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق اختصاص دارد و جزئیات کاملی برای خروج، مقاومت مصالح، سیستم‌های اعلام و اطفای الزام آور کرده است. مبحث ۲۱ مقررات ملی ساختمان نیز به‌طور خاص به الزامات پدافند غیرعامل می‌پردازد که بخش زیادی از آن با مفاهیم طراحی ایمن هم‌پوشانی دارد. این مبحث با هدف تأمین ایمنی و امنیت ملی، حداقل ضوابط طراحی سازه، معماری و تأسیسات ساختمان در برابر تهدیدات غیرطبیعی عمدی (انفجارها، حملات و خرابکاری‌ها) را مشخص می‌کند. رعایت این ضوابط، تضمین‌کننده سطحی از ایمنی است که انتظار می‌رود در صورت وقوع تهدید، سازه فرو نریزد و تلفات به حداقل برسد [۸]. در سطح بین‌المللی، استانداردهایی نظیر آی.بی.اس^۲ آمریکا، استانداردهای ان.اف.پی.ای^۳ (مانند ان.اف.پی.ای ۱۰۱ - برای ایمنی جانی در برابر حریق)، استانداردهای فِما/دی.اچ.اس^۴ آمریکا برای طراحی ساختمان‌های مقاوم در برابر انفجار و تروریسم (نظیر فِما ۴۲۷-۴۲۶) و استانداردهای ضد تروریسم برای ساختمان‌های وزارت دفاع آمریکا وجود دارند که هر یک راهنمای طراحان در حیطه‌ای از ایمنی هستند و معماران و مهندسان برای یک طراحی ایمن باید از این مراجع بهره بگیرند. به عنوان نمونه، راهنمای فِما ۴۲۶ روش‌های ارزیابی تهدید و کاهش آسیب‌پذیری ساختمان‌های تجاری را در برابر حملات تروریستی ارائه می‌دهد و تأکید می‌کند که طراحی امن شامل لایه‌های مختلف دفاعی است؛ از لایه سایت (مانند فاصله و موانع پیرامونی) گرفته تا لایه نمای ساختمان (مقاوم‌سازی در برابر انفجار) و لایه داخلی (جلوگیری از خرابی پیش‌رونده و حفاظت فضاهای حیاتی) [۵]. به گفته این راهنما، چهار راهبرد اصلی حفاظت فیزیکی برای ساختمان‌ها در برابر تهدیدات انفجاری عبارت‌اند از: ۱. ایجاد محیط امن پیرامون (حریم‌سازی و کنترل دسترسی)، ۲. کاهش خطرات ناشی از آوار نمای آسیب‌دیده، ۳. جلوگیری از فرو ریزش پیش‌رونده و ۴. جداسازی تهدیدات داخلی از فضاهای تحت اشغال. هر یک از این لایه‌ها باید به عنوان بخشی از یک استراتژی یکپارچه دفاعی در نظر گرفته شوند؛ برای مثال، موانع پیرامونی باعث افزایش فاصله امن می‌شوند تا بار ناشی از انفجار بر نما کاهش یابد و در عین حال یک نمای تقویت شده مانع از پرت شدن آوار به فضاهای داخلی می‌شود که از لایه بعدی پشتیبانی می‌کند. راهنمای فِما ۴۲۶ به صراحت فاصله امن را مهم‌ترین سد حفاظتی در برابر حملات انفجاری می‌داند. با توجه به عدم قطعیت در میزان و محل دقیق بار انفجاری، مؤثرترین راهکار حفاظت از یک ساختمان این است که ماده انفجاری تا حد ممکن از ساختمان دور نگاه داشته شود و حداکثر میزان فاصله ایجاد گردد. به عبارت دیگر، افزایش حداکثری عقب‌نشینی ساختمان از معابر، پارکینگ و مناطق تحت اشغال، نخستین و کلیدی‌ترین اقدام حفاظتی است. پس از اعمال این فاصله حداکثری، اقدامات دیگر همانند تقویت سازه و نما ممکن است در دستور کار قرار گیرند [۱۶].

در پایان می‌توان گفت که طراحی ایمن در معماری رویکردی است که مخاطرات را در مرحله طراحی شناسایی و برای آنها چاره‌اندیشی می‌کند. این رویکرد با پدافند غیرعامل هدف مشترکی دارد و آن پیشگیری از وقوع حوادث و کاهش آثار آن بر انسان و سازه است. نتیجه یک طراحی ایمن، ساختمانی است که کاربران آن با آرامش و اطمینان از ایمنی در آن زندگی و کار می‌کنند و در صورت بروز بحران، احتمال آسیب جدی به حداقل رسیده است. طراحی ایمن یک مسئولیت اخلاقی و حرفه‌ای برای مهندسان معمار و عمران است که در کنار جنبه‌های زیبایی‌شناسی و عملکردی، بایستی همواره مدنظر قرار گیرد.

1. Fire Hose Reel

2. International Building Code (IBC)

3. The National Fire Protection Association

4. Federal Emergency Management Agency (FEMA)/ Department of Homeland Security (DHS)

شکل ۱. طراحی ایمن در معماری



مأخذ: نگارندگان بر پایه اطلاعات گزارش.

۴. تحلیل آسیب‌پذیری و راهکارهای معماری پدافند غیرعامل در ساختمان‌ها

پدافند غیرعامل به مجموعه‌ای از اقدامات غیرنظامی گفته می‌شود که برای افزایش ایمنی و کاهش آسیب‌پذیری در برابر تهدیدهای مختلف به کار می‌روند. این تهدیدها می‌توانند طبیعی (مانند زلزله و سیل) یا غیرطبیعی (مانند انفجارها و حملات عمدی) باشند. تمرکز مقررات ملی ساختمان (مبحث ۲۱) بر تهدیدهای غیرطبیعی است و هدف آن کاهش خسارات و تلفات جانی در چنین شرایطی است [۸]. به بیان دیگر، ساختمان‌ها باید طوری طراحی شوند که در برابر حوادثی نظیر انفجار بمب یا حملات نظامی، از فروپاشی فاجعه‌بار و خسارات گسترده جلوگیری شود. بررسی‌ها نشان داده‌اند که در حملات تروریستی به ساختمان‌ها، عمده تلفات به دلیل فروریزش ساختمان رخ می‌دهد (برای مثال در انفجار سال ۱۹۹۵ ساختمان فدرال اکلاهوا، ۸۷ درصد تلفات مربوط به بخشی بود که کاملاً فرو ریخت). بنابراین ارتقای پایداری سازه‌ای و معماری بنا یکی از اصول اساسی پدافند غیرعامل است.

از سوی دیگر، اجزای غیرباربر ساختمان (مانند نماها، شیشه‌ها و تیغه‌ها) نیز می‌توانند در زمان انفجار تبدیل به عوامل مرگبار شوند. به عنوان نمونه، شیشه‌های شکسته نما بر اثر موج انفجار بیش از ۸۰٪ جراحات را در انفجارها موجب می‌شوند. از این رو، مقاوم‌سازی پوسته خارجی ساختمان و کاهش خطر ترکش شدن مصالح نما اهمیت ویژه‌ای دارد. به طور کلی طراحی معماری باید به صورتی باشد که با ایجاد لایه‌های دفاعی، از نفوذ و اثرگذاری مستقیم تهدیدات جلوگیری کرده و در صورت بروز حادثه نیز ساختمان بتواند عملکردهای حیاتی خود (مانند مسیرهای خروج، سیستم‌های اضطراری و ...) را حفظ کند [۱۷].

در این بخش، ابتدا به تحلیل آسیب‌پذیری ساختمان‌های مسکونی پرداخته و نقاط ضعف معماری آنها در برابر تهدیدات بررسی می‌شود. سپس وضعیت ساختمان‌های اداری و تجاری به تفکیک همین زیر موضوعات تحلیل خواهد شد. برای هر بخش، تهدیدهای محتمل و راهکارهای طراحی معماری به منظور کاهش خطرات ارائه می‌شود. در انتها نیز با ارائه جداول تطبیقی و نمودارهای فنی، راهکارهای پدافند غیرعامل در سه کاربری مختلف مقایسه و جمع‌بندی می‌شوند.

۴-۱. تحلیل آسیب‌پذیری در ساختمان‌های مسکونی

ساختمان‌های مسکونی محل سکونت و استراحت افراد هستند و باید به نحوی طراحی شوند که در شرایط بحران (مثلاً حملات نظامی یا انفجارهای تروریستی در مناطق شهری) حداقل خسارت جانی و مالی به ساکنین وارد شود. آسیب‌پذیری این ساختمان‌ها می‌تواند ناشی از ضعف در پوسته بیرونی، چیدمان پلان، اجزای سازه‌ای یا تأسیسات داخلی باشد. در ادامه هر یک از جنبه‌های معماری و سازه‌ای مؤثر در پدافند غیرعامل برای ساختمان‌های مسکونی بررسی و راهکارهای کاهش آسیب‌پذیری ارائه می‌شود.

۴-۱-۱. نماها و بازشوها

نما به عنوان پوسته خارجی ساختمان اولین بخش در معرض موج انفجار و ترکش‌هاست و از نظر ملاحظات پدافندی، «ضعیف‌ترین بخش ساختمان در برابر انفجار» محسوب می‌شود. موج انفجار می‌تواند به صورت موضعی باعث تخریب نما شود و سقوط نما و شیشه‌ها می‌تواند منجر به تلفات جانی شود. بنابراین مقاوم‌سازی نما و بازشوها در ساختمان‌های مسکونی اهمیت زیادی دارد. در ساختمان‌های متعارف مسکونی معمولاً بخشی از نمای بیرونی به صورت غیرسازه‌ای (نظیر نماهای سنگی یا آجری) اجرا می‌شود که در برابر انفجار اتصال محکمی به سازه ندارند. سنگ‌های نما اگر به روش خشک نصب شده و مهار مناسب نداشته باشند، در اثر موج انفجار جدا شده و به صورت ترکش عمل می‌کنند. بر این اساس مبحث ۲۱ مقررات ملی ساختمان توصیه می‌کند نما حتی الامکان ساده، صاف و بدون اجزای سنگین مهار نشده باشد. استفاده از نماهای پیوسته با اتصالات مکانیکی مستحکم یا نماهای یکپارچه (مانند بتن پیش ساخته مسلح) می‌تواند خطر ریزش موضعی را کاهش دهد [۸].

شکل ۲. آتش‌سوزی در برج گرنفل (Grenfell Tower) در لندن (۲۰۱۷) [۲۹]



توضیح: در این سانحه، نما با روکش قابل اشتعال پوشیده شده بود که باعث گسترش سریع آتش شد و اصول پدافند غیرعامل مانند استفاده از مصالح مقاوم در برابر آتش را نقض کرد. این نما منجر به تلفات بالا (۷۲ کشته) شد. در مورد بازشوها (درها و پنجره‌ها) نیز باید توجه داشت که شیشه‌های معمولی تحت فشار موج انفجار به قطعات تیز و پرتابه تبدیل می‌شوند و بخش اعظم جراحات انفجار ناشی از همین خرده‌شیشه‌هاست. راهکار پدافندی برای پنجره‌ها شامل کاهش سطح بازشوهای غیر ضروری، استفاده از شیشه‌های لمینیت (چند لایه با طلق میانی) یا شیشه‌های سکوریت به همراه لایه لمینیت است که در صورت شکست یکپارچگی خود را حفظ کرده و فرو نمی‌ریزند.

همچنین می‌توان از غشاهای ضد انفجار بر روی شیشه‌های موجود استفاده کرد که یک راهکار کم‌هزینه برای نگه داشتن خرده شیشه‌ها پس از شکست است. طبق ضوابط مبحث ۲۱، سطح پنجره‌ها در ساختمان‌های حساس باید تا حد امکان محدود باشد و شیشه‌ها حتماً از نوع لمینیت انتخاب شوند. قاب و اتصالات پنجره نیز باید مقاوم‌سازی شوند تا در چارچوب باقی بمانند. حوادث اخیر (جنگ ۱۲ روزه) نشان می‌دهد که یکی از بیشترین آسیب‌ها ناشی از باز شدن کامل و پرتاب پروفیل‌ها از بدنه ساختمان‌ها بوده، که علت آن اتصالات ضعیف پنجره‌های پی.وی.سی به سازه ساختمان است. این اتصالات معمولاً با چند پیچ ساده به داخل سنگ تأمین می‌شود و مقاومت لازم را در برابر امواج انفجار و نیروهای دینامیک شدید ندارند؛ بنابراین ضرورت دارد که اتصالات در و پنجره در مقررات ملی ساختمان و نحوه اجرای آن مورد بازبینی قرار گیرد. درهای ورودی ساختمان‌های مسکونی بهتر است دولایه و فلزی (یا چوبی با روکش فلزی) بوده و دارای چارچوب محکم در دل دیوار باشند تا در برابر موج انفجار یا فشار ناشی از آن از جای خود کنده نشوند. به‌طور خلاصه راهبرد اصلی در نما و بازشوهای ساختمان‌های مسکونی، کاهش خطر پرتاب شدن اجزا است؛ این امر با مصالح مقاوم و اتصالات محکم به دست می‌آید [۳].

شکل ۳. استفاده از سطح وسیع شیشه در یک فضای مسکونی بدون استفاده از شیشه سکوریت لمینیت شده و اتصالات قوی قاب پنجره به دیوار [۳۰]



۲-۱-۴. پلان معماری ساختمان

پلان معماری و فرم ساختمان مسکونی نقش مهمی در میزان آسیب‌پذیری آن در شرایط بحرانی دارد. ساختمان‌های با فرم‌های نامناسب ممکن است موج انفجار را در خود متمرکز کرده یا مسیر گسترش آتش و دود را تسهیل کنند. براساس دستورالعمل‌های پدافند غیرعامل، شکل کلی بنا اگر محدب یا مدور باشد بهتر از فرم [H] یا U شکل است، زیرا امواج انفجار را منحرف می‌کند و از تمرکز فشار در گوشه‌های فرورفته جلوگیری می‌کند. همچنین توصیه می‌شود که در طراحی از ایجاد فضاهای مقابل هم (مانند دو ورودی یا دو پنجره بزرگ دقیقاً روبه‌روی هم) پرهیز شود تا موج انفجار نتواند در امتداد آنها به راحتی به داخل نفوذ کند. به عنوان نمونه، اگر ورودی اصلی ساختمان در جبهه خیابان است، ورودی دیگر یا لابی پشتی نباید در امتداد مستقیم آن باشد. انحنای مختصر در نما یا شکست در امتداد راهروهای طولانی می‌تواند به کاهش شدت موج در داخل بنا کمک کند.

شکل ۴. متمرکز بودن قرارگیری بلوک‌های ساختمانی در کنار هم می‌تواند در زمان حادثه خسارات را افزایش دهد.



مأخذ: نگارندگان.

در مجتمع‌های مسکونی بزرگ، غیرمتمرکز کردن جانمایی ساختمان‌ها در سایت یک راهبرد پدافندی است. به جای تجمع تمامی بلوک‌ها در یک نقطه، پخش کردن ساختمان‌ها با فاصله مناسب باعث می‌شود در صورت وقوع انفجار در یک بخش، بخش‌های دیگر کمتر متأثر شوند. علاوه بر این، وجود حریم آوار در اطراف ساختمان‌های مسکونی پرجمعیت ضروری است؛ بدین معنی که فضای بازی به شکل محوطه یا معبر در مجاورت ساختمان پیش‌بینی شود تا در صورت فروریختن بخشی از سازه، آوار در آن فضا فرود آید و به ساختمان‌های مجاور آسیب نرساند. مبحث ۲۱ حداقل این فاصله ایمن (حریم آوار) را متناسب با ارتفاع ساختمان تعیین می‌کند (برای مثال، برای ساختمان‌های میان مرتبه ممکن است حدود ۵.۱ برابر ارتفاع بنا در نظر گرفته شود). این فضاهای باز علاوه بر کارکرد ایمنی، به عنوان محلی برای تجمع اضطراری ساکنین پس از حادثه نیز کاربرد دارند [۸].

شکل ۵. در رونان پوینت (Ronan Point) در لندن (۱۹۶۸)، دیوارهای پیش‌ساخته ضعیف و بدون اتصالات محکم، منجر به فروپاشی پیش‌رونده پس از انفجار گاز [۳۱]



طراحی داخلی پلان نیز باید به گونه‌ای باشد که قسمت‌های حیاتی ساختمان محافظت شده‌ترین مکان‌ها باشند. به‌طور مشخص، محل قرارگیری راه‌پله‌های فرار، چاه آسانسور و اتاق‌های تأسیسات بهتر است در نواحی میانی ساختمان (دور از نمای بیرونی) باشد تا در برابر انفجارهای بیرونی مصون‌تر بمانند. این هسته میانی علاوه بر ایفای نقش سازه‌ای (تحمل بارهای ثقیل و جانبی)، به‌عنوان یک پناهگاه نسبی برای ساکنین در مواقع بحرانی عمل می‌کند. همچنین تفکیک فضاها را هر واحد مسکونی با دیوارهای جداکننده مقاوم (دیوارهای حداقل نیمه‌باربر یا دارای مصالح بنایی مسلح) می‌تواند از گسترش موج انفجار یا آتش از یک واحد به واحدهای مجاور جلوگیری کند. مثلاً اگر در یک واحد انفجاری (ناشی از نشت گاز یا بمب دستی) رخ دهد، دیوارهای مقاوم پیرامونی آن واحد مانع سرایت خرابی به کل طبقه خواهند شد [۱۸].

یکی دیگر از ملاحظات پلان، تعداد و موقعیت ورودی‌ها و خروجی‌هاست. طبق دستورالعمل‌های ان.اف.پی.ای و نیز مبحث ۲۱، ساختمان‌های با تعداد ساکنین زیاد باید دست‌کم دو خروجی کاملاً مجزا داشته باشند. برای مجتمع‌های مسکونی بزرگ (مثلاً دارای چند بلوک یا بیش از چند ده واحد مسکونی) وجود دو ورودی از جهات مختلف سایت الزامی است. این موضوع کمک می‌کند در صورت مسدود شدن یک خروجی (بر اثر آوار یا آتش)، مسیر جایگزین برای خروج ساکنین فراهم باشد. همچنین راهروها و مسیرهای دسترسی داخلی باید کوتاه و بدون بن‌بست طولانی طراحی شوند تا افراد در نقاط کور به دام نیفتند. در مقررات ان.اف.پی.ای تأکید شده که طول مسیر دسترسی به خروج نباید از حدود معینی تجاوز کند (مثلاً حداکثر ۳۰ متر در ساختمان بدون اسپرینکلر) و راهروهای بن‌بست بیش از حد طولانی می‌توانند خطرناک باشند. رعایت این ضوابط در طراحی پلان مسکونی، ضمن تسهیل تخلیه اضطراری، احتمال گیر افتادن افراد در انفجار یا آتش‌سوزی را کاهش می‌دهد [۱۹].

شکل ۶. فرم U شکل مجتمع مسکونی که در شرایط انفجار می‌تواند نیروها را به سمت داخل متمرکز کرده و شدت خسارات را بیشتر نماید [۳۲]



۳-۴-۱. سقف و بام

سقف و بام ساختمان‌های مسکونی نیز در برابر برخی تهدیدها آسیب‌پذیرند. در صورت وقوع انفجار، به‌ویژه انفجار هوایی (مثلاً انفجار ناشی از اصابت ترکش یا راکت در نزدیکی بام)، فشار موج می‌تواند به سقف‌های بالا وارد شده و باعث خرابی آنها گردد. سقف‌های معمولی مسلح (بتنی یا تیرچه بلوک) تا حدی در برابر بارهای دینامیکی مقاومت دارند، اما سقف‌های پیش‌تنیده یا سازه‌های سبکی که برای بارهای ثقیل بهینه شده‌اند، ممکن است رفتار ترد داشته باشند و فروریزش ناگهانی نشان دهند. لذا برای سقف آخر (بام) و همچنین سقف‌های میانی مهم، بهتر است تمهیداتی جهت تحمل بار انفجار در نظر گرفته شود. استانداردهای طراحی بریتانیا توصیه می‌کنند اعضای سازه‌ای کلیدی

(نظیر ستون‌ها و سقف‌های اصلی) طوری طراحی شوند که فشار معادل ۳۴ کیلوپاسکال را بدون فروپاشی تحمل کنند. این سطح فشار برای بسیاری از انفجارهای متوسط در فاصله نه چندان دور مطرح است. بر این اساس می‌توان سقف بام را به‌عنوان عضو کلیدی در نظر گرفت و با میلگردگذاری اضافی یا ضخامت بیشتر بتن، مقاومت آن را افزایش داد تا در صورت انفجارهای نزدیک، به‌سرعت فرو نریزد [۵].

شکل ۷. سقف پیش‌تنیده که می‌تواند رفتار ترد و شکننده‌ای در برابر بارهای دینامیک داشته باشند [۳۳]



راهکار دیگر در طراحی بام برای تهدیدات شدید، استفاده از سقف‌های فداشونده است. به این صورت که یک سقف سبک و جداشونده بالای بام اصلی تعبیه شود که در برخورد مستقیم موج انفجار تخریب می‌شود و انرژی را مستهلک می‌کند، در حالی که سقف اصلی محافظت می‌گردد. این ایده بیشتر در ساختمان‌های بسیار حساس یا تأسیسات نظامی به کار می‌رود. در ساختمان‌های مسکونی متعارف، تأکید بیشتر بر تقویت سقف موجود و جزئیات اتصالات آن است.

علاوه بر سازه سقف، عناصر غیرسازه‌ای مربوط به بام نیز باید مورد توجه قرار گیرند. تجهیزات مستقر روی بام (مانند هواسازها، کولرها، آنتن‌ها و غیره) در صورت انفجار یا حتی باد شدید می‌توانند کنده شده و سقوط کنند. بنابراین باید مهار مناسب برای آنها پیش‌بینی شود. به‌طور مشابه، سقوط آوار از اجزای بام (مانند خرپشته، دودکش‌ها یا دیوارهای جان‌پناه) می‌تواند خطر ساز باشد. جان‌پناه‌های بام حتماً باید به‌صورت یکپارچه با سازه مهار شوند و ارتفاع و ضخامت کافی داشته باشند تا هم نقش حفاظتی در برابر سقوط افراد ایفا کنند و هم در برابر ضربه و فشار ناگهانی مقاومت کنند. استفاده از مصالح سبک اما مقاوم (مثلاً پانل‌های ساندویچی با لایه بتنی نازک مسلح) برای تیغه‌های روی بام می‌تواند خطر کلی را کاهش دهد، چرا که در صورت تخریب، جرم آوار کمتری ایجاد می‌کند [۲۰].

نکته مهم دیگر دسترسی به بام است. از منظر امنیتی، بام نباید به راحتی در دسترس عموم یا افراد نفوذی باشد. درچه‌ها یا درهای دسترسی به پشت‌بام می‌باید قفل شونده بوده و فقط توسط ساکنین مسئول یا مدیر ساختمان قابل باز شدن باشد. این موضوع مانع آن می‌شود که افراد متفرقه به بام راه یافته و اقدام به خرابکاری (مثلاً کارگذاری مواد خطرناک در محل ورودی هواسازها) کنند. همچنین در هنگام جنگ، بام

ساختمان می‌تواند هدف پرتابه‌های آتش‌زا یا مواد شیمیایی قرار گیرد؛ لذا تعبیه عایق‌های حرارتی غیرقابل اشتعال و حتی پوشش‌های مقاوم شیمیایی روی بام ساختمان‌های مهم مسکونی قابل توصیه است تا از نفوذ عوامل شیمیایی به داخل طبقات جلوگیری شود.

۴-۱-۴. سیستم تأسیسات و رایزرها

تأسیسات مکانیکی و برقی یک ساختمان مسکونی شریان‌های حیاتی آن به شمار می‌روند. آسیب به این سیستم‌ها در شرایط بحرانی می‌تواند هم ایمنی ساکنین را تهدید کند (مثلاً نشت گاز یا آتش‌سوزی) و هم عملکردهای ضروری (روشنایی اضطراری، سیستم اعلان خطر، تأمین آب اطفای حریق و ...) را مختل نماید. از این رو، مبحث ۲۱ فصل مجزایی را به کاهش آسیب‌پذیری تأسیسات و تداوم عملکرد آنها پس از انفجار اختصاص داده است. هدف اصلی این است که حتی در صورت وقوع انفجار یا حمله، سیستم‌های ضروری بتوانند به کار خود ادامه دهند یا حداقل ایمن شوند [۲۱].

نخست باید منابع خطر در تأسیسات شناسایی و کنترل شوند. در ساختمان‌های مسکونی، شبکه گاز شهری از مهم‌ترین خطرات است، چرا که نشت گاز می‌تواند باعث انفجار داخلی شدید شود. لذا لوله‌کشی گاز باید طبق مقررات با شیرهای خودکار قطع‌کن در زمان زلزله/انفجار تجهیز شود تا به محض وقوع ضربه شدید، جریان گاز قطع شود. همچنین مسیر لوله‌های گاز و سایر سیالات قابل اشتعال بهتر است از فضاهای عمومی و پرتردد دور باشد و در رایزرها و مجزای و محافظت شده عبور کند. توصیه می‌شود هیچ لوله یا رایزر تأسیساتی مهمی روی نمای خارجی ساختمان کار گذاشته نشود، چون در معرض مستقیم موج انفجار قرار دارد. طبق راهنمای فِما، اگر ناچار به عبور تأسیسات از دیوار بیرونی هستیم، باید آنها را با فاصله (حداقل ۱۵ سانتی‌متر) از پشت دیوار و روی یک دیوار مجزا یا شاسی مستقل نصب کنیم تا ارتعاشات و ترکش‌ها به آنها آسیب مستقیم نرساند [۲۲].

رایزرها و کانال‌های تأسیساتی عمودی که از طبقات عبور می‌کنند باید به صورت محفظه‌های مقاوم و کاملاً درزبندی شده طراحی شوند تا در صورت حریق یا انتشار دود و گازهای سمی، مانند دودکش عمل نکرده و آتش و دود را به طبقات دیگر منتقل نکنند. تعبیه دریچه‌های ضد دود و آتش خودکار در محل عبور کانال‌های تهویه از دیوارهای هر طبقه، مطابق الزامات ان.اف.پی.ای، یک راهکار استاندارد در این زمینه است که از انتشار دود در هنگام آتش‌سوزی جلوگیری می‌کند. این اقدام در سناریوهای پدافند غیرعامل نیز مفید است؛ مثلاً اگر مواد شیمیایی خطرناک به داخل ساختمان راه یابند، بستن فوری دمپ‌های تهویه می‌تواند از گردش آنها به کل بنا جلوگیری کند [۲۳].

در طراحی تأسیسات مکانیکی باید تهویه اضطراری برای مواقع حمله مد نظر قرار گیرد. برای مثال، اگر موج انفجار باعث شکسته شدن شیشه‌ها نشود (به دلیل استفاده از شیشه لمینیت مقاوم)، ممکن است دود حریق یا گرد و غبار انفجار در داخل ساختمان حبس شود. بنابراین لازم است دریچه‌های تخلیه دود و سیستم‌های فن تخلیه پیش‌بینی شوند تا پس از حادثه بتوان هوای داخل را پاکسازی کرد. همچنین می‌توان سنسورهایی برای تشخیص حملات شیمیایی/بیولوژیک در ورودی‌های هوای تازه نصب نمود که در صورت تشخیص عوامل خطرناک، سیستم تهویه را به حالت چرخش داخلی درآورند و از مکش هوای بیرون جلوگیری کند [۲۲].

شکل ۸. انفجار دستگاه تهویه مطبوع روی بام؛ نمونه‌ای خطرناک از عدم محافظت یا محصور بودن تجهیزات بام در برابر حوادث برقی یا انفجار [۳۴]



از منظر تأمین برق اضطراری، ساختمان‌های مسکونی باید مجهز به مولد برق اضطراری یا حداقل یو.پی.اس برای روشنایی راهروها، آسانسور (در حد تخلیه افراد گیر افتاده) و سیستم اعلان حریق باشند. طبق ضوابط پدافند غیرعامل، سامانه برق باید به گونه‌ای باشد که در شرایط بحران انرژی لازم برای سامانه‌های اطلاع‌رسانی و هشدار تأمین شود. تابلوهای برق اصلی و مرکز کنترل آسانسورها بهتر است در اتاقی واقع در طبقه همکف یا زیرزمین با دیوارهای مقاوم قرار گیرند تا در اثر انفجار احتمالی در فضای باز خیابان آسیب نبینند. همچنین فاصله توصیه می‌کند سیستم‌های حیاتی به صورت افزونه طراحی شوند؛ یعنی مثلاً دو رایزر برق از دو نقطه مجزا بالا بروند تا در صورت صدمه دیدن یکی، دیگری فعال باشد. همین‌طور کابل کشی تلفن و اینترنت اگر برای ایمنی ساکنین مهم است (مانند تماس با مراکز امدادی)، بهتر است مسیر پشتیبان داشته باشد یا از محافظ مکانیکی بهره‌مند شود.

در مجموع، راهبرد پدافندی در بخش تأسیسات ساختمان مسکونی را می‌توان در چند محور خلاصه کرد؛ محافظت فیزیکی اجزای تأسیسات (به وسیله جانمایی مناسب و پوشش‌های مقاوم)، جلوگیری از ایجاد یک نقطه آسیب‌پذیر با تأمین مسیرها یا تجهیزات پشتیبان و تداوم عملکرد حداقلی سیستم‌های اضطراری پس از وقوع حادثه. برای مثال، طراحی باید طوری باشد که حتی اگر بخشی از ساختمان آسیب دید، سیستم اعلام حریق و روشنایی اضطراری در سایر بخش‌ها همچنان کار کند و به تخلیه ایمن ساکنین کمک نماید.

۴-۱-۵. مشاعات و دسترسی‌ها

منظور از مشاعات و دسترسی‌ها در ساختمان مسکونی، فضاهایی نظیر راه‌پله‌ها، راهروهای عمومی، آسانسورها، لابی‌ها و خروجی‌های ساختمان است که تمامی ساکنین به صورت مشترک از آن استفاده می‌کنند. این فضاها در شرایط بحرانی نقش کلیدی در نجات جان افراد دارند، زیرا مسیرهای فرار و نقاط تجمع اضطراری را تشکیل می‌دهند. از این رو، باید به گونه‌ای طراحی شوند که در برابر حوادث مختلف عملکرد خود را حفظ کنند و ایمنی افراد را تأمین کنند.

راه‌پله‌های فرار مهم‌ترین مسیر خروج ساکنین در زمان حمله یا آتش‌سوزی هستند. مقررات *این.اف.پی.ای* ۱۰۱ و مبحث ۲۱ تصریح می‌کنند که حداقل دو راه‌پله خروج در ساختمان‌های چندطبقه ضروری است. این راه‌پله‌ها باید در دو انتهای ساختمان یا به صورت کاملاً دور از هم قرار داشته باشند تا یک حادثه منفرد هر دو را مسدود نکند. همچنین عرض پله‌ها باید کافی باشد (طبق مبحث ۲۱ حداقل ۱/۵ متر) تا ازدحام جمعیت موجب کندی تخلیه نشود. ارتفاع هر پله (ارتفاع قائمه) نیز نباید بیش از ۱۵ سانتی‌متر باشد تا افراد در حین عجله برای خروج کمتر زمین بخورند. علاوه بر اینها، راه‌پله‌های خروج باید درون دیوارهای مقاوم دود و حریق محصور شوند (معمولاً دیوارهای بتن آرمه یا بلوک‌های کاملاً پر شده) تا حتی اگر انفجار یا آتش‌سوزی در طبقات رخ دهد، مسیر پله تا مدت معینی پایدار و قابل استفاده بماند. درب‌های ورودی به راه‌پله نیز باید ضد حریق و خودبسته‌شونده بوده و ترجیحاً دارای مقاومتی در برابر فشار انفجار متوسط باشند (مثلاً درب فلزی توپر با چارچوب محکم).

شکل ۹. آثریوم بدون پوشش یا سیستم کنترل دود: نمونه‌ای از خطر گسترده شدن دود و نیاز به تقسیم‌بندی و زون‌بندی در پلان ساختمان [۳۵]



آسانسورها در شرایط اضطراری جنگی قابل استفاده برای فرار نیستند (و در آتش‌سوزی‌ها نیز منع استفاده دارند)، اما نکته مهم این است که چاه آسانسور نباید تبدیل به دودکشی برای حریق یا مسیر انتشار موج انفجار شود. برای این منظور، در بالای چاه آسانسور در پیچه تخلیه فشار و دود نصب می‌شود که هنگام افزایش فشار داخلی، به‌طور خودکار باز شده و از انباشته شدن فشار که می‌تواند به خرابی دیواره چاه منجر شود جلوگیری کند. همچنین ژنراتور برق اضطراری باید کابین آسانسور را در صورت قطع برق به نزدیک‌ترین طبقه منتقل کند تا افراد محبوس نشوند [۸].

در لابی‌ها و ورودی‌های ساختمان مسکونی، یکی از خطرات، تجمع جمعیت و ازدحام هنگام فرار است. لذا این فضاها باید به اندازه کافی بزرگ و عاری از موانع اضافی (مانند مبلمان زیاد یا گلدان‌های بزرگ) باشند تا تخلیه به سرعت انجام گیرد. درهای خروجی اصلی ساختمان باید در جهت خروج (بیرون) باز شوند و عرض آنها متناسب با حداکثر جمعیت ساکن طراحی شود (مثلاً حداقل دو لنگه ۱۱۰ سانتی‌متری برای ساختمان با ده‌ها خانوار). راهکار دیگر برای افزایش ایمنی ساکنین، پیش‌بینی فضای امن موقت در ساختمان است. مبحث ۲۱ توصیه می‌کند در هر طبقه یک فضای امن (جان‌پناه) وجود داشته باشد که سازه تقویت شده و دسترسی مجزا به بیرون داشته باشد. این فضا می‌تواند اتاقی بدون پنجره در میانه بنا یا نزدیک راه‌پله اضطراری باشد که دیوارها و سقف آن با بتن مسلح اجرا شده و یک خروجی اضطراری کوچک (مثلاً یک دریچه ۶۰×۸۰ سانتی‌متری) به بیرون یا به واحد مجاور دارد. ساکنین می‌توانند در صورت عدم امکان خروج از ساختمان، موقتاً به این فضا پناه ببرند تا نیروهای امدادی به کمکشان بیایند. چنین فضاهایی به‌ویژه برای سالمندان و کودکان که سرعت تخلیه کمتری دارند مفید است [۲].

علاوه بر طراحی فیزیکی، کنترل دسترسی به ساختمان نیز بخشی از پدافند غیرعامل در حوزه مشاعات است. بهتر است ورودی مجتمع‌های مسکونی به سیستم‌های نظارتی (دوربین مدار بسته) و درب‌های مجهز به قفل برقی متصل به آیفون تصویری مجهز باشد تا هر فردی نتواند به داخل ساختمان وارد شود. این موضوع خطر اقدامات خرابکارانه عمدی در داخل ساختمان (مانند جایگذاری بمب در راهروها) را کاهش می‌دهد. البته نباید مسیر خروج اضطراری را قفل کرد؛ راه‌حل، استفاده از قفل‌های ضربه‌ای بر روی درهای خروج است که از بیرون قفل‌اند اما افراد از داخل به‌سادگی با فشار می‌توانند خارج شوند.

۴-۱-۶. پارکینگ و فضاهای زیرزمینی

در بسیاری از ساختمان‌های مسکونی، پارکینگ یا انباری‌ها در طبقات زیرزمین قرار دارند. این فضاهای زیرزمینی به دلیل ماهیت محصورشان و نیز احتمال وجود خودروهای حامل سوخت یا مواد قابل انفجار، از حساس‌ترین بخش‌ها در سناریوهای تهدید به شمار می‌روند.

شکل ۱۰. تصویر پارکینگی که نه سیستم اطفای حریق دارد و نه تجهیزات ایمنی پایه (نمونه خطرناک برای سناریوهای انفجار / آتش) [۳۶]



یکی از خطرهای اصلی، بمب‌گذاری در خودرو است که در پارکینگ‌های زیرزمینی انجام می‌شود و با انفجار خود می‌توانند به ستون‌ها و دال‌های اطراف آسیب جدی بزنند. راهبرد اصلی پدافند غیرعامل در این زمینه، افزایش فاصله انفجار از سازه اصلی است. به عبارت دیگر، هرچه وسایل نقلیه مشکوک یا انفجاری بالقوه دورتر از اجزای سازه‌ای حیاتی پارکینگ نگه داشته شوند، خسارت کمتر خواهد بود. برای نیل به این هدف، اقداماتی نظیر نصب بولاردهای مقاوم در ورودی پارکینگ (جهت ممانعت از ورود خودروهای سنگین با سرعت بالا)، محدود کردن ارتفاع و ابعاد ورودی به گونه‌ای که کامیون‌های بزرگ نتوانند وارد شوند و اختصاص فضای پارکینگ فقط به ساکنین و ممانعت از پارکینگ عمومی در زیر ساختمان مسکونی به کار می‌رود [۴].

در ساختمان‌های حساس‌تر، ممکن است تصمیم بر این باشد که پارکینگ اصلاً در زیر ساختمان قرار نگیرد و در فضای باز و دور از سازه اصلی احداث شود. اما در بیشتر مجتمع‌های شهری این عملی نیست. لذا باید پارکینگ زیرزمینی را به شکل امن طراحی نمود. نخست طراحی سازه‌ای پارکینگ باید قادر به تحمل فشارهای انفجار متوسط باشد. ستون‌ها را می‌توان با ژاکت بتنی یا فولادی تقویت کرد تا در صورت انفجار خودرو، دچار گسیختگی نشوند یا حداقل تا زمان تخلیه ساختمان پایدار بمانند. سقف‌های بین طبقه پارکینگ و طبقات بالاتر نیز بهتر است با میلگرد اضافی طراحی شوند. برخی مراجع پیشنهاد می‌کنند اجزای بحرانی سازه پارکینگ (مثل ستون‌های مرکزی) برای تحمل فشار ۱ تا ۱۲ اتمسفر ارزیابی و تقویت شوند تا از فروپاشی پیش‌رونده ساختمان جلوگیری شود [۵].

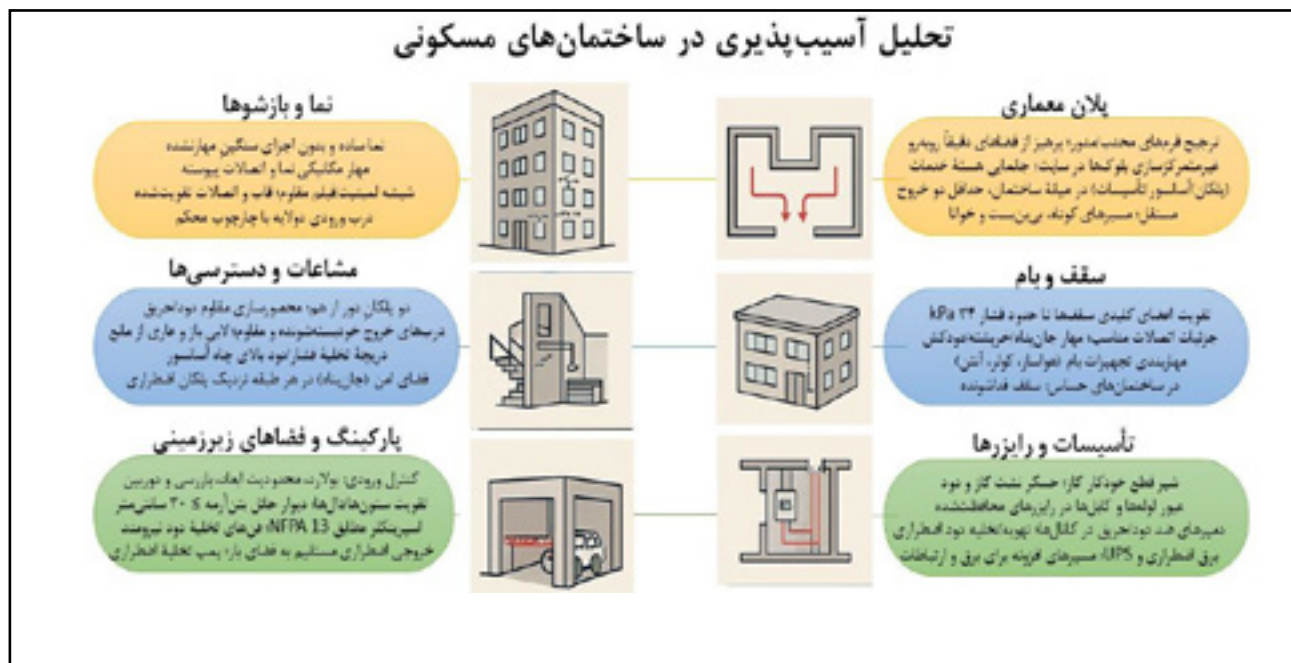
دیوارهای پیرامونی پارکینگ باید مقاومت کافی در برابر انفجار و آتش داشته باشند. استفاده از دیوارهای حائل بتن آرمه با ضخامت قابل توجه (مثلاً ۳۰ سانتی‌متر به بالا) می‌تواند ترکش‌ها و موج انفجار را تا حد زیادی مهار کند. همچنین توصیه می‌شود درب‌ها و کرکره‌های ورود و خروج پارکینگ، در مواقع اضطراری به سرعت بسته شوند تا موج انفجار به خارج یا بالعکس محدود شود. سیستم‌های سنسور شوک و فشار می‌توانند وجود یک انفجار را تشخیص داده و بلافاصله دستور بستن درهای اتوماتیک پارکینگ را بدهند.

سیستم اطفای حریق پارکینگ نیز بسیار حیاتی است. انفجار در پارکینگ معمولاً با حریق خودروها همراه می‌شود. وجود سیستم اسپرینکلر (آب‌فشان خودکار) مطابق استاندارد ان.اف.پی.ای ۱۳ در تمامی سطح پارکینگ لازم است که بلافاصله پس از آتش‌سوزی فعال شده و شعله‌ها را کنترل کند. علاوه بر آن، تأمین هوای تازه و تخلیه دود توسط فن‌های نیرومند پارکینگ باید در سناریوی انفجار هم فعال باقی بماند تا دود غلیظ ناشی از احتراق سوخت خودروها، جان ساکنین را تهدید نکند. پیش‌بینی خروجی‌های اضطراری از پارکینگ به فضای باز (غیر از مسیر رمپ اصلی) نیز ضروری است تا افرادی که در پارکینگ هستند یا نیروهای امدادی بتوانند بدون نیاز به رمپ سریعاً از محل خارج شوند یا وارد شوند [۲۰].

از منظر امنیتی، باید دسترسی به پارکینگ زیرزمینی کنترل شده باشد. حضور نگهبان یا دوربین در ورودی پارکینگ و بازرسی خودروهای ناآشنا یک اقدام بازدارنده است. نصب سیستم‌های تشخیص مواد منفجره (مانند حسگرهای شیمیایی) در مبادی ورودی می‌تواند هرگونه ماده مشکوک را قبل از ورود به زیر ساختمان شناسایی کند. به‌طور کلی، ترکیب مانع فیزیکی و کنترل نظارتی در ورودی پارکینگ بهترین دفاع در برابر حملات خودرویی است. همچنین باید درب‌های دسترسی به فضاهای تأسیساتی زیرزمین (مانند اتاق پمپ، اتاق برق) قفل شوند و فقط افراد مجاز امکان ورود داشته باشند، تا کسی نتواند با دستکاری سیستم‌ها (مثلاً قطع سیستم پمپ آب آتش‌نشانی) اثر حادثه را تشدید کند. با توجه به اینکه فضاهای زیرزمینی پایین‌تر از تراز زمین هستند، یکی دیگر از مخاطرات ممکن، نفوذ سیل یا آب به داخل آنها در شرایط بحران است. مثلاً ترکیدن لوله‌های آتش‌نشانی یا آب‌رسانی در اثر انفجار می‌تواند منجر به آب‌گرفتگی زیرزمین شود و راه‌های خروج را مسدود کند. بنابراین نصب پمپ‌های تخلیه اضطراری با برق اضطراری در پایین‌ترین تراز پارکینگ یک اقدام تکمیلی برای افزایش ایمنی است.

در مجموع، پارکینگ زیرزمینی در ساختمان مسکونی باید همچون یک جعبه مستحکم طراحی شود که انفجار داخلی را در خود نگه می‌دارد و مانع انتشار خرابی به سازه اصلی می‌شود، درعین حال راه‌های خروج ایمن و امکانات اطفای حریق کافی برای کاهش صدمات ساکنین فراهم می‌آورد.

شکل ۱۱. خلاصه تحلیل آسیب‌پذیری در ساختمان‌های مسکونی



مأخذ: نگارندگان بر پایه اطلاعات گزارش.

۴-۲. تحلیل آسیب‌پذیری در ساختمان‌های اداری

ساختمان‌های اداری به دلیل تجمع کارکنان و مراجعه‌کنندگان و همچنین احتمال قرار گرفتن برخی کارکردهای حساس (دولتی یا نظامی) در آنها، از دید پدافند غیرعامل اهمیت بسزایی دارند. تجربه نشان داده است که ساختمان‌های اداری در مراکز شهری می‌توانند هدف بمب‌گذاری یا حملات تروریستی قرار گیرند. از این رو، طراحی این ساختمان‌ها باید به گونه‌ای باشد که ضمن تأمین امنیت جانی افراد، از ایجاد اختلال جدی در عملکردهای اداری نیز جلوگیری شود. در ادامه، آسیب‌پذیری ساختمان‌های اداری در همان حوزه‌های قبلی مورد بررسی قرار می‌گیرد و تفاوت‌ها و تمهیدات خاص این نوع ساختمان نسبت به ساختمان‌های مسکونی تبیین می‌شود.

۴-۲-۱. نما و بازشوها

نما در ساختمان‌های اداری اغلب به دلیل ملاحظات زیبایی‌شناسی و تأمین نور طبیعی، دارای سطح شیشه‌ای وسیع‌تری نسبت به بناهای مسکونی است. بسیاری از برج‌های اداری مدرن با نمای شیشه‌ای سرتاسری^۱ ساخته می‌شوند که این امر آنها را در برابر موج انفجار بسیار آسیب‌پذیر می‌کند. همان‌طور که گفته شد، شیشه معمولی تحت انفجار خرد شده و چون مساحت این نماها زیاد است، خطر بالقوه جدی برای افرادی است که در داخل یا حتی بیرون ساختمان تردد می‌کنند. بنابراین استفاده از شیشه‌های ایمن در ساختمان اداری یک الزام اساسی است. تمامی شیشه‌های نما باید لمینیت شده باشند یا با لایه فیلم مقاوم تقویت شوند. علاوه بر خود شیشه، سیستم چسب و قاب‌بندی نما هم باید بتواند نیروی انفجار را تحمل کند. به کار بردن پروفیل‌های قوی‌تر و طراحی اتصالات لقمه‌ای که شیشه را محکم در برگیرند، مانع پرتاب شیشه به بیرون می‌شود. در برخی استانداردهای بین‌المللی، سطوح مختلفی از مقاومت نما در برابر انفجار تعریف شده است که در خصوص ساختمان‌های مهم اداری، رعایت این الزامات می‌تواند الزامی یا توصیه‌ای باشد.

1. Curtain Wall

شکل ۱۲. نمای شیشه‌ای یک ساختمان پس از انفجار بیروت - مثالی واقعی از آسیب‌پذیری نماهای شیشه‌ای در مقابل موج انفجار و ضرورت استفاده از مصالح مقاوم [۳۷]



علاوه بر شیشه، پانل‌های نما (مثل سنگ، آلومینیوم کامپوزیت، بتن نما و غیره) باید طوری مهار شوند که در اثر انفجار یا حتی زلزله از بدنه ساختمان جدا نشوند. برای ساختمان‌های اداری که ارتفاع بلندتری هم دارند، تمامی نماهای غیر شفاف باید با اتصالات مکانیکی (راد، بست و پیچ مهار) کاملاً مهار شوند [۲۲].

نکته دیگری که در ساختمان‌های اداری مطرح است، تفاوت اهمیت جبهه‌های مختلف نماست. معمولاً جبهه‌ای از ساختمان که به خیابان اصلی یا فضای عمومی باز مشرف است، بیشتر در معرض خطر انفجار خودرویی یا بمب‌گذاری قرار دارد. بنابراین می‌توان طراحی نما را در آن سمت محافظه کارانه‌تر انجام داد (مثلاً کاهش سطح شیشه در طبقات همکف و اول، استفاده از المان‌های بتنی در نما به عنوان سپر). برعکس، در قسمت‌هایی که کمتر در معرض دید و دسترس هستند (مانند نماهای عقبی یا مشرف به حیاط داخلی)، می‌توان سطوح بازشور را بیشتر در نظر گرفت. این طراحی غیر متقارن و اولویت‌دهی به تقویت بخشی از نما که تهدید بیشتری متوجه آن است، یکی از اصول پدافند غیرعامل در معماری است [۸].

شکل ۱۳. استفاده از شیشه‌های معمولی به جای شیشه لمینیت شده و مسلح در بناهای مهم اداری منجر به فرو ریختن بخشی از نمای ساختمان در اثر انفجار شده است (جنگ ۱۲ روزه) [۳۸]



ورودی‌های اصلی ساختمان اداری نیز جزو بازشوهای مهم نما هستند که باید مستحکم شوند. در ورودی سازمان‌ها معمولاً درهای شیشه‌ای یا اتوماتیک به کار می‌رود؛ توصیه می‌شود این درها از نوع ضد انفجار باشند یا حداقل لایه لمینیت روی شیشه داشته باشند. همچنین نصب قلاب و مهاربند مخفی در پشت درهای شیشه‌ای می‌تواند از پرت شدن ناگهانی آنها در اثر انفجار جلوگیری کند. به طور کلی، همانند ساختمان مسکونی، تلاش بر این است که نما و بازشوها در ساختمان اداری به نقطه ضعف تبدیل نشوند؛ زیرا در غیر این صورت موج انفجار به راحتی به داخل نفوذ کرده و علاوه بر تلفات جانی، تجهیزات و مدارک مهم اداری را نیز نابود می‌کند.

۴-۲-۲. پلان معماری ساختمان

ساختمان‌های اداری معمولاً دارای پلان آزادتر و فضاهای بزرگی مانند سالن‌های کاری، اتاق‌های ملاقات و لابی‌های گسترده هستند. این ماهیت باز، اگرچه برای انعطاف‌پذیری عملکردی مفید است، اما از دید پدافند غیرعامل می‌تواند مخاطره‌آمیز باشد زیرا موج انفجار یا آتش‌سوزی قادر است بدون مانع چندانی در فضا انتشار یابد. یکی از راهبردهای معماری برای کاستن از این مشکل، ایجاد بخش‌بندی فضایی است. به عنوان مثال، به جای یک سالن اداری بسیار بزرگ با ده‌ها کارمند، می‌توان فضا را با پارتیشن‌های سبک مقاوم به بخش‌های کوچک‌تر تقسیم کرد تا در صورت انفجار یک بسته مشکوک در بخشی از سالن، بخش‌های دیگر تا حدودی محافظت شوند. این پارتیشن‌ها می‌توانند تا زیر سقف امتداد یابند و حتی دارای لایه‌ای از فایبر گلاس یا فولاد نازک درون خود باشند تا جلوی ترکش‌ها را بگیرند [۲۰].

از منظر سازه، پلان ساختمان اداری باید استحکام و پیوستگی بالایی داشته باشد. وجود دهانه‌های بلند و حذف تعداد زیادی ستون برای ایجاد فضای باز، خطر فرو ریزش را در صورت آسیب دیدن یک المان افزایش می‌دهد. بر اساس استانداردهای بریتانیا و آیین‌نامه‌های بین‌المللی (فما، ان.اف.پی.ای)، ساختمان‌ها باید چنان طراحی شوند که با حذف هر ستون اصلی، کل سازه فرو نریزد. این الزام معمولاً با تعبیه کلاف‌ها و تیرهای پیوستگی در کف و بام محقق می‌شود که تمام ستون‌ها و دیوارها را در هر طبقه به هم متصل می‌کنند. در بریتانیا، مقررات ساخت

تأکید می‌کند تمامی المان‌های سازه‌ای توسط اتصالات کافی به یکدیگر بسته شوند تا در صورت انفجار موضعی و از دست رفتن یک قسمت، مسیرهای جایگزین برای تحمل بار فراهم شود. در طراحی پلان سازه‌ای یک ساختمان اداری بلند، این بدان معناست که ستون‌ها، دیوارهای برشی و تیرها همگی با وصله‌ها و میلگردهای پیوسته در شبکه‌ای یکپارچه عمل کنند و احتمالاً برخی اعضای بحرانی (مثل ستون‌های طبقه همکف) به صورت عضو کلیدی با ظرفیت اضافی طراحی شوند [۲].

شکل ۱۴. تصویری از دفتر با پلان کاملاً باز که نشان می‌دهد جداسازی فضایی برای کنترل انتشار موج یا محدود کردن آثار حادثه وجود ندارد [۳۷]



جنبه دیگری از پلان که باید لحاظ شود، تفکیک فضاهای پرخطر داخلی است. برای مثال، در یک ساختمان اداری، مکان‌هایی نظیر اتاق ژنراتور برق، بایگانی اسناد مهم، اتاق سرور و حتی آبدارخانه‌هایی که کپسول گاز دارند، همگی می‌توانند در هنگام حمله آسیب‌زا باشند (چه به خاطر مواد قابل اشتعال، چه ارزش اطلاعاتی بالا). بنابراین این فضاها را باید در پلان در نقاطی قرار داد که کمترین تأثیر را بر بقیه ساختمان بگذارند. ترجیح بر این است که این فضاهای مخاطره‌آمیز به پوسته خارجی ساختمان چسبیده باشند تا در صورت انفجار در آنها، فشار به بیرون تخلیه شود و ساختار اصلی کمتر آسیب ببیند. برای نمونه، اتاق دیزل ژنراتور اضطراری می‌تواند در طبقه همکف با دیوار خارجی واقع شود تا اگر منفجر شد، دیوار بیرونی به عنوان مسیر انفجار عمل کند و سازه داخلی سالم بماند.

همچنین مناطق پرتردد عمومی در بناهای اداری (مانند لابی ارباب رجوع یا سالن انتظار) را می‌توان با تدابیر تهویه‌ای و معماری جدا از بخش‌های اداری کارکنان طراحی کرد تا در صورت رخداد یک حمله انتحاری یا بمب‌گذاری در بخش مراجعین، پرسنل آسیب کمتری ببینند. به عنوان مثال، فضا پیشنهاد می‌کند لابی‌های ورودی و بخش پذیرش در ساختمان‌های اداری بزرگ، دارای سیستم تهویه مستقل باشند و با درهای خودکار کنترل‌شونده از بقیه دفاتر جدا شوند. در این صورت اگر ماده شیمیایی خطرناکی در لابی منتشر شد، می‌توان از سرایت آن به سایر طبقات جلوگیری کرد.

۳-۲-۴. سقف و بام

ساختمان اداری غالباً محلی برای تجهیزات مکانیکی (چیلرها، برج خنک‌کننده، آنتن‌های مخابراتی) و گاهی محل فرود بالگرد اضطراری (در ساختمان‌های بسیار بلند) است. آسیب‌پذیری بام این ساختمان‌ها نه تنها مربوط به خود سازه سقف، بلکه مربوط به تجهیزاتی است که روی آن نصب شده است. سقوط یا از کار افتادن تجهیزات بام می‌تواند عملکرد کل ساختمان را مختل کند (مثلاً از کار افتادن چیلرها سیستم سرمایش را قطع می‌کند یا تخریب آنتن‌ها ارتباط را مختل می‌سازد). بنابراین علاوه بر تقویت سازه سقف طبق توضیحات پیشین، باید تجهیزات بام در

برابر انفجار و ارتعاش مهار شده باشند. تمام دستگاه‌های سنگین باید روی شاسی‌های محکم پیچ و مهر شوند. کانال‌ها و دودکش‌های فلزی به سازه مهار گردند تا با یک ضربه کنده نشوند.

شکل ۱۵. تصویری از واحدهای تهویه روی بام که نزدیک لبه نصب شده‌اند [۳۹]



در برخی طراحی‌های پدافند غیرعامل، اطراف تجهیزات حیاتی روی بام دیواره‌های محافظ کوتاه قرار می‌دهند تا موج حاصل از انفجارهای نزدیک (مثلاً ناشی از موشک) مستقیماً به دستگاه نرسد و قدری منحرف شود. ارتفاع این دیواره‌ها معمولاً حدود ۱ متر یا بیشتر است و از جنس بتن مسلح یا ورق فولادی ضخیم است. همچنین مسئله دسترسی به بام در ساختمان اداری اهمیت بیشتری دارد؛ زیرا ممکن است مهاجمان از طریق پشت‌بام ساختمان را هدف قرار دهند یا وارد آن شوند. بام ساختمان‌های اداری بلند می‌تواند هدفی برای فرود غیرمجاز (مثلاً با هلیکوپتر یا پهپاد) باشد. برای کاهش این خطر، دستورالعمل‌های امنیتی شهری (مانند راهنمای نیویورک برای ساختمان‌های بلند) توصیه می‌کند که دسترسی به بام تنها محدود به افراد مجاز بوده و درب‌های پشت‌بام سیستم‌های هشداردهنده داشته باشند. نصب حسگر حرکت یا دوربین در بام نیز برای تشخیص به موقع هرگونه نفوذ از بالا مفید است [۴].

سازه سقف طبقات بالا در ساختمان اداری بلند باید بتواند در سناریوهای خاص بارهای غیرمتعارف را تاب آورد. به عنوان مثال، در صورت وقوع یک انفجار بزرگ در طبقه‌ای میانی، ممکن است بخشی از سازه بالای آن طبقه بدون تکیه‌گاه بماند. در چنین شرایطی سقف‌های بالاتر باید نقش تیر معکوس را ایفا کنند و نیروها را به المان‌های اطراف منتقل کنند (عملکرد قوسی/غشایی). برای این منظور، در پلان سازه‌ای برخی ساختمان‌های مهم، در سقف بام و چند طبقه بالایی خرپای محیطی یا دیافراگم بتنی قوی قرار می‌دهند که کل ساختمان را به صورت یک جعبه سه‌بعدی مستحکم یکپارچه می‌کند و جلوی فروپاشی کلی ساختمان را حتی اگر طبقه‌ای کاملاً تخریب شود، می‌گیرد [۵].

در مجموع، تمهیدات مربوط به سقف و بام در ساختمان اداری حول سه محور است؛ پایداری سازه‌ای سقف‌ها، حفاظت و مهارسازی تأسیسات بام و کنترل دسترسی به پشت‌بام. این اقدامات تضمین می‌کند که بام به نقطه ورود یا نقطه ضعف بدل نشود و ساختمان از بالا مصون بماند.

۴-۲-۴. سیستم تأسیسات و رایزرها

ساختمان‌های اداری معمولاً دارای سیستم‌های تأسیساتی گسترده‌تر و پیچیده‌تری نسبت به ساختمان‌های مسکونی‌اند. سیستم تهویه مطبوع مرکزی، شبکه رایانه‌ای، اتاق سرور، سیستم‌های کنترل تردد و اعلام حریق پیشرفته از جمله زیرساخت‌های حیاتی در ساختمان اداری هستند که هر کدام می‌توانند نقطه آسیب‌پذیری نیز باشند. تداوم کارکرد این سیستم‌ها پس از حمله برای حفظ جان افراد و نیز جلوگیری

از فلج شدن فعالیت‌های سازمانی اهمیت دارد.

یکی از مهم‌ترین ملاحظات، حفظ عملکرد سیستم تهویه و تخلیه دود است. در صورت بروز انفجار یا آتش‌سوزی، سیستم تهویه باید بتواند دود و هوای آلوده را از محیط خارج کند. اگر به علت مقاومت‌سازی نما شیشه‌ها نشکنند، خطر خفگی و دود گرفتگی افزایش می‌یابد. بنابراین وجود فن‌های فشار مثبت راه‌پله و فن‌های تخلیه دود در هر طبقه ضروری است. این فن‌ها باید به منبع برق اضطراری وصل باشند تا با قطع برق شبکه از کار نیفتند. افزون بر این، طراحی سیستم تهویه باید به گونه‌ای باشد که هر طبقه یا هر بخش مهم دارای زون مستقل باشد و دریچه‌های قطع اضطراری (دمپر) خودکار داشته باشد. اگر مواد شیمیایی یا بیولوژیک در یک طبقه رها شد، دمپرهای آن طبقه بسته شده و از انتشار آلاینده به دیگر طبقات ممانعت شود. حتی می‌توان سناریویی را در نظر گرفت که سیستم تهویه برخی طبقات به طور کامل خاموش شود و سیستم‌های تصفیه هوای محلی (مانند فیلترهای هپا)^۱ در فضاهای پناه کارکنان فعال گردد و تا زمان تخلیه، هوای پاک برایشان تأمین شود [۸].

اتاق‌های سرور و تجهیزات الکترونیکی حساس در ساختمان اداری نیازمند تدابیر حفاظتی ویژه هستند. این اتاق‌ها معمولاً به سیستم اعلان و اطفای حریق مستقل (مانند گاز اِف.ام.۲۰۰)^۲ مجهزند. از دید پدافند غیرعامل نیز بهتر است این فضاها در طبقات میانی و به دور از دیوارهای بیرونی واقع شوند. همچنین تأمین برق بدون وقفه (یو.پی.اس) برای سرورها لازم است تا حتی در صورت قطع برق یا نوسان ناشی از انفجار، سیستم‌های اطلاعاتی از دسترس خارج نشوند. رایزرهای ارتباطی (شامل کابل‌های دیتا و تلفن) باید دور از رایزرهای برق یا گاز و در داکت‌های مجزا عبور کنند تا خطر آتش‌سوزی یا تداخل کاهش یابد [۲۲].

شکل ۱۶. آتش گسترده در تجهیزات سروری - نمادی از احتمال فروپاشی تأسیسات در نبود پوشش محافظ و سیستم‌های حفاظتی [۴۰]



منابع تأمین برق اضطراری (مانند دیزل ژنراتورها و باتری‌ها) در ساختمان اداری حکم پشتیبان حیاتی را دارند و باید حفاظت بالایی داشته باشند. این تجهیزات معمولاً در پایین‌ترین طبقه یا پشت‌بام نصب می‌شوند؛ در هر دو حالت، باید با دیوارهای مستحکم محصور شوند و ورودی محدود داشته باشند. پیشنهاد می‌شود که سوخت دیزل ژنراتور در مخزن‌های کوچک متعدد نگهداری شود تا در صورت انفجار یکی، همه سوخت یکجا شعله‌ور نشود. همچنین طراحی سیستم برق باید قابلیت تفکیک بارهای غیر ضروری را داشته باشد؛ یعنی در شرایط بحران

1. High Efficiency Particulate (HEPA)
2. FM200



بتوان بخش‌های غیرمهم (مثلاً سیستم تهویه اتاق‌ها) را خاموش کرد و برق را به بخش‌های مهم (مانند روشنایی خروج و آسانسورها) اختصاص داد [۲۳].

سیستم‌های اعلان خطر و امنیتی (شامل دتکتورهای دود، آژیرها، دوربین‌ها، سیستم کنترل دسترسی) باید دارای مسیر ارتباطی پشتیبان باشند. به عنوان مثال، اگر سیستم اصلی هوشمند مدیریت ساختمان^۱ آسیب دید، یک پنل ساده‌تر باید بتواند آلام‌های حریق را فعال نگه دارد. سیم‌کشی این سیستم‌ها بهتر است در لوله‌های فلزی محافظت شده عبور کند تا در انفجار قطع نشود. سازمان‌های آمریکایی توصیه می‌کنند مرکز کنترل اضطراری جداگانه در ساختمان‌های مهم پیش‌بینی شود که اتصالات آن به سنسورها و تجهیزات ایمنی مجزا از مرکز کنترل اصلی باشد. بدین ترتیب اگر اتاق مانیتورینگ اصلی آسیب دید، این مرکز پشتیبان^۲ بتواند دوربین‌ها، سیستم اعلام خطر و غیره را کنترل کند [۴]. شبکه لوله‌کشی آب آتش‌نشانی (اسپرینکلرها و ریزرهای آتش) نیز باید در برابر انفجار مصون‌سازی شوند. وجود دو ریزر مجزا در دو سمت ساختمان که هر کدام به مخزن و پمپ جداگانه وصل‌اند، تضمین می‌کند اگر یکی آسیب دید، دیگری عمل کند. لوله‌های آتش‌نشانی بهتر است در داخل کف یا دیوارهای حفاظت شده عبور کنند و از سقف پارکینگ که در معرض انفجار خودرو است دور باشند. به طور خلاصه، تأسیسات در ساختمان اداری باید با در نظر داشتن دوام عملکرد در شرایط اضطراری طراحی شود. این موضوع شامل حفاظت فیزیکی اجزا، تفکیک شبکه‌ها، تأمین پشتیبان برای تجهیزات کلیدی و کنترل هوشمند وضعیت بحران است تا حتی پس از یک حادثه، ساختمان بتواند به صورت حداقلی به کار خود ادامه دهد یا حداقل تخلیه ایمن افراد را ممکن سازد.

۴-۲-۵. مشاعات و دسترسی‌ها

مشاعات در ساختمان‌های اداری شامل فضاهایی چون لابی ورودی، راهروهای طبقات، پلکان‌ها، آسانسورها و خروجی‌های اضطراری است. تفاوت مهم ساختمان اداری با مسکونی در این بخش، تعداد زیاد مراجعان و کارکنانی است که روزانه در آن تردد می‌کنند. همچنین احتمال تجمع افراد غریبه (مراجعان عمومی) در لابی‌ها و راهروها وجود دارد که کنترل امنیتی را چالش‌برانگیز می‌کند. بنابراین علاوه بر ملاحظات مشابه بخش مسکونی، ساختمان اداری به راهکارهای مدیریتی و معماری خاص برای حفاظت مشاعات نیاز دارد.

یکی از اصول پدافندی در ساختمان‌های اداری، تفکیک مسیرهای دسترسی عمومی و خصوصی است. به طور ایدئال، مراجعان بیرونی نباید دسترسی آزاد به تمام راهروهای طبقات داشته باشند. طراحی باید به نحوی باشد که مثلاً بخش خدمات مراجعین (پذیرش، اتاق انتظار) در نزدیکی ورودی اصلی متمرکز شود و دسترسی به دفاتر داخلی تنها از طریق گیت‌های کنترل یا کارت‌های شناسایی ممکن باشد. بسیاری از ادارات دولتی اکنون لابی‌های کنترل شده دارند که فرد مراجعه‌کننده پس از عبور از گیت امنیتی، تنها به طبقه مربوطه هدایت می‌شود. این گونه کنترل دسترسی فیزیکی مانع ورود عوامل خرابکار با مواد خطرناک به عمق ساختمان می‌شود.

راه‌پله‌ها و خروجی‌های اضطراری در ساختمان اداری اغلب باید پاسخ‌گوی جمعیت بیشتری باشند (طبقات شلوغ‌تر نسبت به مسکونی). از این رو، عرض راه‌پله‌ها حتی الامکان بزرگ‌تر در نظر گرفته می‌شود (مثلاً ۱/۵ متر یا بیشتر) و در ساختمان‌های مرتفع ممکن است هر طبقه به بیش از دو مسیر خروج متصل شود. متذکر می‌شود که برای ساختمان‌های با بیش از هزار نفر اشغال، ممکن است به سه یا چهار خروج ضرورت یابد. بنابراین در برج‌های اداری پرتراکم، وجود سه راه‌پله جداگانه بعید نیست. همچنین قانون «نصف فاصله قطری» باید رعایت شود؛ یعنی فاصله افقی بین دو خروج باید حداقل نصف قطر ساختمان باشد تا حادثه‌ای مثل آتش به طور هم‌زمان هر دو را درگیر نکند [۳].

آسانسورها در ادارات پر تعداد، نقش مهمی در حمل و نقل عمودی روزمره دارند، اما در شرایط اضطراری غالباً غیرفعال می‌شوند. با این وجود، ساختمان‌های بسیار بلند (بالای ۲۰ طبقه) طبق برخی آیین‌نامه‌ها نیازمند آسانسور اضطراری مقاوم در برابر آتش و انفجار برای تخلیه معلولین و مصدومان هستند. این آسانسور ویژه باید در چاله آسانسوری واقع شود که مقاومت بالایی داشته و سیستم برق اضطراری مجزا داشته باشد. برای مثال، استاندارد بین‌المللی ایزو ۱۸۸۷۰ توصیه می‌کند در ساختمان‌های بلند یک آسانسور امن برای تخلیه اضطراری در

1. BMS

2. Backup Control Center

نظر گرفته شود. در هر صورت، آسانسورها باید دارای سیستم برگشت به طبقه همکف در زمان آتش باشند و برق اضطراری به اندازه حرکت دادن حداقل یکی از کابین‌ها تأمین شود.

برخلاف دیدگاه قدیمی که بر استفاده نشدن از آسانسور در شرایط اضطراری تأکید دارد، نسخه‌های جدید این اف. پی. ای ۱۰۱ استفاده از آسانسورهای ویژه تخلیه^۱ را در شرایط بسیار خاص مجاز و توصیه می‌کنند. این استاندارد سیستم تخلیه آسانسور را سازوکاری تعریف می‌کند که شامل چاهک و موتورخانه محصور با مقاومت آتش است تا محافظت از کاربران آسانسور در برابر حریق فراهم شود و امکان استفاده ایمن از آسانسور برای فرار را بدهد. در بخشی از این استاندارد، الزامات دقیقی برای آسانسورهای ویژه تخلیه دیده شده؛ این آسانسورها باید دارای شفت و ماشین‌خانه مقاوم در برابر آتش باشند، در برابر ورود دود ایزوله شوند و با منابع برق اضطراری پشتیبانی شوند تا حتی پس از وقوع حریق نیز عملیاتی بمانند. بنابراین، برخلاف رویکردهای قدیمی، آسانسورها نباید به‌طور کامل برای فرار ممنوع فرض شوند؛ در ساختمان‌های بلند و مدرن، پیش‌بینی آسانسور تخلیه می‌تواند جان افراد کم‌توان را نجات دهد [۲۴].

فضاهای تجمع عمومی مانند سالن‌های کنفرانس یا آمفی‌تئاترهای داخل ساختمان اداری نیز نیازمند مسیر خروج کافی هستند. در طراحی این فضاها باید خروجی‌های مجزای مستقیم به پله‌های فرار یا فضای باز پیش‌بینی شود تا جمعیت زیادی که همزمان از سالن خارج می‌شوند به سرعت پراکنده شوند. درهای این سالن‌ها نیز باید دو لنگه و به سمت بیرون باز شو باشند تا در صورت هجوم جمعیت، گیر نکنند [۳]. از منظر مدیریت بحران، ساختمان اداری می‌تواند دارای اتاق فرماندهی بحران در داخل باشد (مثلاً در طبقه اول یا زیرزمین) که در آن دوربین‌ها، سیستم اعلام خطر و ارتباطات به بیرون متمرکز است. مکان این اتاق باید در جایی باشد که از مشاعات عمومی دور بوده و با یک خروجی مستقل به بیرون وصل شود تا نیروهای امدادی بتوانند به آن دسترسی داشته باشند و عملیات تخلیه و نجات را هدایت کنند.

۴-۲-۶. پارکینگ و فضاهای زیرزمینی

پارکینگ ساختمان‌های اداری، به ویژه ادارات واقع در مراکز شهر، معمولاً در طبقات زیرین بنا تعبیه می‌شود. این پارکینگ‌ها اغلب محل توقف خودروهای کارکنان و مراجعین است و به دلیل رفت و آمد روزانه، ریسک ورود خودروی بمب‌گذاری شده به آنها وجود دارد. سیاست کلی پدافند غیرعامل برای پارکینگ ادارات، منع ورود خودروهای عمومی به زیر ساختمان است. بسیاری از ادارات حساس دولتی در جهان، پارکینگ مراجعین را به فضای روباز خارج ساختمان منتقل کرده‌اند یا اساساً پارکینگ عمومی ندارند. اگر این امکان وجود ندارد، لازم است تدابیر سخت‌گیرانه امنیتی در ورودی پارکینگ اجرا شود؛ از جمله بازرسی زیر خودرو با آینه، استفاده از دستگاه‌های ایکس-ری برای صندوق ماشین‌های مشکوک و کنترل هویت رانندگان پیش از ورود.

شکل ۱۷. ریزش بخشی از پارکینگ در منهتن، نیویورک که نمایانگر خطر بالقوه طراحی نامناسب یا ضعف سازه‌ای در فضاهای زیرزمینی پرجمعیت؛ ضرورت اعمال تمهیدات مقاوم‌سازی و طراحی پایدار مشخص است [۴۱]



طراحی فیزیکی پارکینگ نیز باید به گونه‌ای باشد که در صورت وقوع انفجار، کمترین خسارت به ساختمان بالایی وارد شود. ایدئال آن است که پارکینگ از سازه ساختمان جدا باشد (مثلاً یک سازه بتنی مستقل در زیرزمین که ساختمان اصلی روی آن قرار نگرفته). در عمل، معمولاً ستون‌های پارکینگ، ستون‌های اصلی ساختمان را تشکیل می‌دهند. لذا تقویت این ستون‌ها اولویتی بالا دارد. همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد می‌توان دور ستون‌ها ژاکت فولادی یا کامپوزیتی اجرا کرد یا از بتن با مقاومت بالا در آنها استفاده نمود تا در برابر فشار انفجار مقاومت کنند. استفاده از ستون‌های با مقطع دایره‌ای یا چندوجهی نیز بهتر از ستون‌های مستطیلی است زیرا موج را بهتر منحرف می‌کنند و تمرکز تنش کمتری دارند [۸].

شکل ۱۸. پارکینگ آسیب‌دیده از آتش/فاجعه - نشان‌دهنده لزوم سیستم‌های اسپرینکلر، تهویه دود قوی و مسیرهای خروج ایمن در پارکینگ‌ها [۴۲]

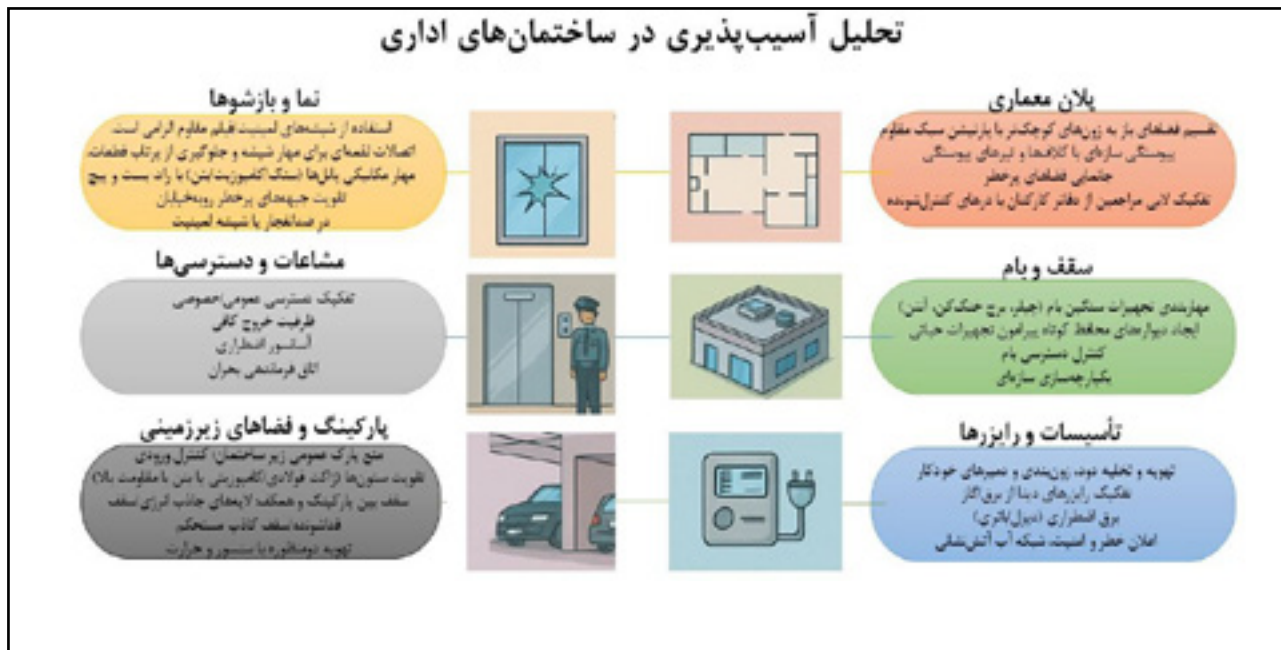


علاوه بر این، دیوارها و سقف پارکینگ باید نقش محفظه را ایفا کنند. سقف میان پارکینگ و طبقه همکف اداری، اگر با المان‌های جاذب انرژی (مانند ورق‌های فلزی چین‌دار یا لایه‌های مرکب) تقویت شود، می‌تواند به عنوان سقف فداشونده عمل کند و جلوی انتقال موج انفجار به طبقات اداری را بگیرد. برخی تحقیقات نشان داده‌اند که نصب یک سقف کاذب سبک ولی مستحکم در زیر سقف اصلی پارکینگ، انرژی انفجار را مستهلک کرده و از آسیب رسیدن به سقف اصلی جلوگیری می‌کند. البته این تمهید بیشتر در سازه‌های خیلی مهم مقرون به صرفه است. سیستم تهویه پارکینگ اداری باید دو منظوره باشد؛ هم تهویه معمولی برای گازهای آگروز و هم در مواقع حریق یا انفجار، تخلیه سریع دود. فن‌های تخلیه دود باید دارای سنسور مونوکسید کربن و حرارت باشند که به محض آتش‌سوزی فعال شوند. گاهی اوقات سناریوهایی پیش می‌آید که افراد بعد از انفجار به پارکینگ پناه می‌برند یا مسیر خروج از طریق پارکینگ است؛ در این شرایط وجود هوای سالم حیاتی است. لذا شاید تعبیه سیستم تهویه اضطراری با فیلتر (برای فیلتر ذرات ناشی از انفجار) در پارکینگ‌های بزرگ اداری مفید باشد.

چیدمان فضاها و تأسیساتی در زیرزمین نیز مهم است. اتاق‌های برق، ژنراتور، مخازن و امثالهم که در زیرزمین ساختمان اداری قرار دارند باید حتی‌الامکان با دیوارهای جداگانه از فضای پارکینگ تفکیک شوند تا موج انفجار یا آتش پارکینگ وارد آنها نشود. در واقع زیرزمین به بخش‌های کوچک‌تر با دیوارهای حائل زیاد تقسیم شود. همچنین می‌توان یک خروجی اضطراری مستقل از زیرزمین به سطح خیابان برای کارکنان تأسیسات در نظر گرفت.

در انتهای این بخش اشاره این نکته ضروری است که سطح پدافند غیرعامل به اهمیت کاربری بستگی دارد. براساس دسته‌بندی مبحث ۲۱، ساختمان‌های با اهمیت بیشتر (مثلاً ساختمان‌های دولتی مهم یا برج‌های بزرگ با جمعیت زیاد) باید سطوح بالاتری از محافظت را در پارکینگ و سایر بخش‌ها اعمال کنند. برای مثال، یک ساختمان اداری ۲۰ طبقه با هزار کارمند در رده ساختمان‌های با اهمیت زیاد طبقه‌بندی می‌شود و لازم است علاوه بر موارد فوق، به سیستم‌های کشف و خنثی‌سازی تهدید (مانند گیت‌های بازرسی ایکس-ری در ورودی، سنسورهای مواد منفجره در پارکینگ و حضور نیروهای حفاظتی) نیز مجهز باشد [۸].

شکل ۱۹. خلاصه تحلیل آسیب‌پذیری در ساختمان‌های اداری



مأخذ: نگارندگان بر پایه اطلاعات گزارش.

۴-۳. تحلیل آسیب‌پذیری در ساختمان‌های تجاری

ساختمان‌های تجاری شامل مراکز خرید، فروشگاه‌های بزرگ، مال‌ها و بازارهای سرپوشیده، بناهایی با کاربری سرگرمی و تجمع عمومی (سینماها، نمایشگاه‌ها) و مانند آن می‌باشند. این ساختمان‌ها به دلیل تجمع بسیار زیاد جمعیت و نیز ماهیت فضای باز و گسترده داخلی، در برابر حوادث عمدی و غیرعمدی بسیار حساس‌اند. برای نمونه، آتش‌سوزی در یک مرکز خرید شلوغ می‌تواند تلفات گسترده بر جای بگذارد یا انفجار یک بمب در یک پاساژ پرتردد علاوه بر خسارت مالی، به ازدحام و هراس جمعیت و احتمالاً تلفات منجر شود. لذا اصول پدافند غیرعامل در طراحی ساختمان‌های تجاری بر ایمنی ازدحام جمعیت و کنترل محدوده تأثیر حادثه متمرکز است. در این بخش، موارد آسیب‌پذیری این ساختمان‌ها و راهکارهای معماری کاهش خطر تشریح می‌شود.

۴-۳-۱. پارکینگ و فضاهای زیرزمینی

در ساختمان‌های تجاری (به‌ویژه فروشگاه‌ها و مال‌های بزرگ)، نما معمولاً ترکیبی از بخش‌های شفاف بزرگ (ویرترین فروشگاه‌ها) و بخش‌های تبلیغاتی (بیلبوردها، تابلوها) است. این موضوع یک چالش ایمنی ایجاد می‌کند؛ سطح شیشه‌ی زیاد به معنای خطر بالقوه بیشتر از بابت ترکش شیشه در انفجار است و عناصر تبلیغاتی متصل به نما اگر مهار نشوند، می‌توانند در طوفان یا انفجار سقوط کنند. راهبرد کلی مشابه قبل است، یعنی تمام شیشه‌های نمای فروشگاه‌ها باید از نوع امن (لمینیت یا مسلح) باشد و تابلوها و بیلبوردها با اتصالات مکانیکی قوی نصب شوند. حتی‌الامکان تابلوهای خیلی بزرگ نباید در ارتفاع زیاد روی نما قرار گیرند، یا در صورت لزوم باید سازه پشتیبان مستقل داشته باشند تا در زمان حادثه کنده نشوند [۴].

شکل ۲۰. شیشه‌ویترین کامل شکسته و در کف ریزش کرده - نشان‌دهنده خطر جدی در صورت استفاده از شیشه معمولی (نه لمینیت) [۴۳]



بسیاری از فروشگاه‌ها در ساعات تعطیلی کرکره یا درب‌های فلزی جلوی ویترین می‌بندند که این خود از دید پدافندی مفید است زیرا در صورت انفجار در بیرون، کرکره بسته می‌تواند مانند یک سپر جلوی شیشه عمل کند و جلوی ترکش شدن شیشه‌ها را بگیرد. لذا توصیه می‌شود ساختمان‌های تجاری مجهز به درب‌ها/کرکره‌های محافظ شبانه باشند که در مواقع هشدار امنیتی نیز بتوان آنها را بست. این کرکره‌ها ترجیحاً از نوع اتوماتیک با قابلیت بسته شدن سریع توسط مرکز کنترل باشند تا مثلاً اگر تهدید بمب گزارش شد، در عرض چند ثانیه تمامی بازشوهای بزرگ بسته شوند.

خروجی‌های اضطراری فروشگاه‌ها یکی دیگر از اجزای مهم نما هستند. هر فروشگاه بزرگ در مرکز خرید باید حداقل دو خروجی به راهروی عمومی یا بیرون داشته باشد. این خروجی‌ها که معمولاً درهای دو لنگه فلزی در عقب فروشگاه هستند، باید بدون مانع و همیشه باز (برای خروج از داخل) نگه داشته شوند. وجود درهای کافی با علائم خروج سبز رنگ در نماهای داخلی مراکز تجاری (مثلاً دیوارهای راهروهای مال) برای هدایت مردم ضروری است.

۲-۳-۴. پلان معماری ساختمان

پلان داخلی ساختمان تجاری غالباً به صورت یک یا چند فضای بزرگ و سالن باز طراحی می‌شود تا حداکثر انعطاف‌پذیری برای چیدمان فروشگاه‌ها یا غرفه‌ها وجود داشته باشد. این امر اگرچه از نظر معماری مطلوب است، اما در شرایط بحرانی مشکل‌آفرین می‌شود؛ چراکه یک حادثه (مثل آتش یا انفجار) می‌تواند به سرعت کل آن فضای بزرگ را در برگیرد. بنابراین اصل پدافندی در پلان این ساختمان‌ها ایجاد تقسیم‌بندی و مانع فیزیکی در فضاهای بزرگ است. برای مثال، در طراحی یک مرکز خرید چندطبقه، می‌توان هر طبقه را به دو بخش با یک دیوار مقاوم جداکننده تقسیم کرد و بین آنها درب‌های ضدحریق نصب کرد. بدین ترتیب اگر در نیمه اول اتفاقی افتاد، نیمه دوم تا مدت بیشتری ایمن می‌ماند و فرصت تخلیه دارد.

شکل ۲۱. عدم اتصال مناسب سنگ ساختمان و تابلوی بانک در یک بنای اداری - تجاری منجر به پرتاب مصالح و الحاقات ساختمان به فضای پیاده‌رو در اثر انفجار شده است (جنگ ۱۲ روزه) [۳۳]



یکی از ویژگی‌های معماری مال‌ها و بازارها، وجود آتریوم‌های مرکزی یا ووید بزرگ است که طبقات را به هم مرتبط می‌کند (جهت ایجاد دید و احساس وسعت فضا). این آتریوم‌ها از نظر ایمنی چالش برانگیزند زیرا آتش و دود را به سرعت بین طبقات منتشر می‌کنند. برای کاهش این خطر، در سیستم‌های مدرن، پرده‌های دود^۱ خودکاری در دور بازشوی‌های آتریوم نصب می‌کنند که هنگام حریق پایین آمده و آتریوم را محصور می‌کند تا دود به طبقات دیگر نرود. در سناریوی انفجار نیز همین پرده‌ها می‌توانند تا حدی جلوی موج را بگیرند. بنابراین تجهیز آتریوم به حائل‌های خودکار یک راهکار مفید است [۲۰]. استاندارد ان.اف.پی.ای ۱۰۱ مقررات جامع و سخت‌گیرانه‌ای برای آتریوم‌ها دارد؛ در صورت استفاده از جداره شیشه‌ای برای آتریوم، این استاندارد پیش‌بینی می‌کند که اسپرینکلرهای (آب‌فشان) در هر دو طرف دیوار شیشه‌ای (یا حداقل در یک طرف در صورت نبود راهروی مشجر) با فاصله ۴ تا ۱۲ اینچ از شیشه نصب شود تا در زمان فعال شدن سیستم، تمام سطح شیشه آب پاشیده شود. آتریوم‌ها نیازمند الزامات اضافی پیش‌گیرانه (مانند کنترل دود) هستند که هزینه و پیچیدگی طراحی را افزایش می‌دهد. از منظر سازه‌ای، ساختمان‌های تجاری بزرگ باید مانند ساختمان‌های اداری از پایداری در برابر خرابی موضعی برخوردار باشند. به خصوص که در این ساختمان‌ها ممکن است فاصله ستون‌ها زیاد باشد (برای ایجاد مغازه‌های بزرگ بدون ستون میانی). آیین‌نامه‌های ساختمانی توصیه می‌کنند کف‌ها و تیرهای طولی به نحوی مسلح شوند که در صورت حذف یک تکیه‌گاه، بتوانند به صورت طاق معکوس (طنابی) بار را تحمل کنند. برای این منظور، کف‌ها باید کلاف‌های محیطی قوی داشته باشند و اتصال تیرها به ستون‌ها از نوع گیردار یا نیمه‌گیردار باشد تا شکل خرابی کنترل شده باشد. در مجموع پلان معماری و سازه‌ای این بناها باید پیوستگی زیادی داشته باشد تا دچار خرابی پیش‌رونده نشود. توزیع کاربری‌ها در پلان مرکز تجاری نیز می‌تواند بر آسیب‌پذیری اثر بگذارد. بخش‌هایی مانند انبار کالاها، اتاق کنترل مرکز خرید، اتاق‌های ژنراتور و ترانس برق باید دور از قسمت‌های پراز دحام (فروشگاه‌ها و فود کورت‌ها) و در کناره‌ها یا زیرزمین باشند. به عنوان مثال، اگر انفجاری در اتاق ترانس برق رخ دهد، نباید مستقیماً به سالن فروش صدمه بزند؛ لذا این فضا را می‌توان بیرون از ساختمان اصلی، در یک اتاق پست مجزا ساخت. محل انباشت زباله‌ها و بارانداز تحویل کالا که بالقوه خطرناک‌اند (وجود زباله‌های قابل اشتعال، احتمال بمب‌گذاری در بسته تحویلی) بهتر است جدا از محل تجمع عمومی و در فضای باز یا طبقه همکف با دسترسی محدود باشند [۲۰].

۳-۴. سقف و بام

سقف و بام در ساختمان‌های تجاری نقش‌های مختلفی دارد، گاهی سقف آخر به عنوان محل پارکینگ یا فودکورت روباز استفاده می‌شود، یا تجهیزات تهویه بزرگ روی آن قرار دارد. برخی فروشگاه‌های بزرگ از نورگیرهای سقفی بهره می‌گیرند که نور طبیعی وارد کنند. هر یک از این موارد در تحلیل آسیب‌پذیری باید لحاظ شود.

سازه سقف‌های وسیع (مانند سقف سالن فروشگاه بزرگ یا تالار چندمنظوره) معمولاً از جنس خرپاهای فولادی یا تیرورق‌های با دهانه بلند است. این عناصر در برابر حرارت ناشی از آتش بسیار حساس‌اند و چنانچه محافظت نشده باشند، در مدت کوتاهی دچار خمش و فروپاشی می‌شوند. به همین دلیل، استانداردهای ان.ا.ف.پی.ای تأکید دارند که سازه‌های فلزی سقف در اماکن تجمعی حتماً با پوشش ضدحریق (مثلاً رنگ منبسط‌شونده ضد حریق^۱ یا پوشش بتنی) محافظت شوند. این امر در برابر انفجار نیز مفید است؛ چون پوشش ضدحریق تا حدی مانند گل‌گیر عمل کرده و از تماس مستقیم موج با فلز جلوگیری می‌کند، ضمن اینکه مانع پراکنده شدن ترکش‌های فلزی در اثر شکست عضو می‌شود [۵].

شکل ۲۲. واحدهای تهویه مطبوع و چیلرهای بامی و سلول‌های خورشیدی نصب‌شده بدون محافظت واضح [۴۴]



نورگیرهای شیشه‌ای سقفی که در بسیاری از مراکز خرید وجود دارند، در زمان انفجار می‌توانند به بارانی از خرده‌شیشه بر سر مردم تبدیل شوند. توصیه می‌شود این نورگیرها حتماً از شیشه لمینیت چندلایه ساخته شوند یا روی آنها توری محافظ نامرئی نصب شود تا در صورت شکست، قطعات شیشه سقوط نکنند. راهکار دیگر پرهیز از نورگیرهای خیلی بزرگ یکپارچه است؛ می‌توان به جای آن چندین نورگیر کوچک‌تر با فواصل مناسب داشت تا شکست یکی کل سقف را باز نکند.

اگر بام قابل استفاده عمومی است (مثلاً بام یک مال که رستوران روباز یا محل تجمع دارد)، باید خروجی‌های اضطراری کافی از بام به پایین در نظر گرفته شود. حداقل دو راه‌پله به بام باید برسد و ظرفیت آنها پاسخ‌گوی تعداد افرادی باشد که ممکن است در بام حضور داشته باشند. همچنین جان‌پناه بام در چنین مواردی باید بلندتر (مثلاً ۱/۵ متر) و مقاوم‌تر باشد تا هم جلوی سقوط افراد را بگیرد و هم پناه مختصری در برابر باد و موج ایجاد کند [۵].

1. Intumescent Paint

شکل ۲۳. نورگیرهای سقفی در عمل ممکن است آسیب‌پذیر باشند و اگر لمینیت یا محافظ نداشته باشند تبدیل به منبع خرده‌شیشه شوند [۴۵]



تجهیزات روی بام مراکز تجاری (شامل چیلرهای عظیم، هواسازهای سالن‌ها، ژنراتور برق اضطراری در برخی پروژه‌ها) باید همانند ساختمان اداری مهار شده و حتی‌المقدور در ساختاری محصور (مثل اتاقک تأسیسات) قرار گیرند. این کار دو فایده دارد؛ یکی اینکه تجهیزات از دید مهاجمان پنهان می‌مانند و کمتر آسیب می‌بینند، دیگر اینکه اگر انفجاری در آنها رخ داد (مثلاً انفجار مخزن سوخت دیزل ژنراتور)، اتاقک اطراف نقش حائل را دارد و از پرتاب ترکش به پایین جلوگیری می‌کند.

۴-۳-۴. سیستم تأسیسات و رایزرها

ساختمان‌های تجاری بزرگ از نظر تأسیساتی مشابه یا حتی پیچیده‌تر از ساختمان‌های اداری هستند. وجود سیستم‌های تهویه برای فضاهای جمعی، تجهیزات سرمایشی/گرمایشی پر قدرت، سیستم‌های اطفای حریق خودکار گسترده، شبکه‌های صوتی و تصویری (برای پخش اعلان‌ها یا موزیک) و غیره مشخصه این ساختمان‌هاست. در کنار همه اینها، سیستم مدیریت جمعیت نیز مطرح است؛ یعنی امکاناتی که کمک می‌کند در شرایط عادی و بحرانی جمعیت هدایت شود (مثل بلندگوهای اعلام، تابلوهای راهنما، دوربین‌های نظارتی).

در بعد پدافندی، تاب‌آوری این سیستم‌ها اهمیت دارد. سیستم صوتی اعلان حریق داخل یک مال باید روی برق اضطراری باشد تا در صورت قطع برق، همچنان پیام‌های راهنمایی خروج پخش شود. همچنین بلندگوهای متعدد و مقاوم در نقاط مختلف نصب شود تا حتی اگر بخشی سقوط کرد، باقی بخش‌ها کار کنند. به‌طور کلی، اصل افزونگی و پشتیبان که قبلاً ذکر شد، در اینجا هم صادق است؛ یعنی برای هر سیستم حیاتی (برق، آب، تهویه، اعلان حریق) مسیرها و تجهیزات پشتیبان در نظر گرفته شود [۴].

رایزرهای تأسیساتی عمودی در مراکز تجاری باید به تعداد کافی و دور از هم باشند. مثلاً اگر یک هسته پله‌برقی و آسانسور در وسط مجموعه است که همه کابل‌ها و لوله‌ها از آن عبور کرده، این یک نقطه آسیب‌پذیری متمرکز ایجاد می‌کند. بهتر است رایزرهای برق و دیتا از یک گوشه، رایزرهای مکانیک (آب و تهویه) از گوشه دیگر بالا بیایند تا انفجار یا آتش موضعی کل سیستم را از کار نیندازد. همان‌طور که فَمَا اشاره می‌کند، نباید تمام تخم‌مرغ‌ها در یک سبد گذاشته شود؛ توزیع تأسیسات در بخش‌های مختلف ساختمان ریسک را کاهش می‌دهد.

شکل ۲۴. تهویه مطبوع بام و تأسیساتی که مهار ضعیف دارند و نشان می‌دهد تجهیزات بام باید شاسی/انکر مناسب داشته باشند [۴۶]



شبکه اسپرینکلر^۱ و اطفای حریق مراکز تجاری باید کاملاً زون‌بندی و مقاوم باشند. اگر مخزن آب و پمپ آتش‌نشانی در طبقه منفی یک است، یک پمپ رزرو هم در طبقه بالا یا در گوشه دیگری تعبیه شود که لوله‌جداگانه‌ای به طبقات ببرد. این گونه اگر انفجاری در پارکینگ پمپ اصلی را از کار انداخت، پمپ دوم همچنان کار خواهد کرد. همچنین شیرهای کنترلی هر طبقه در کمد های حریق مقاوم قرار گیرد تا آسیب نبینند.

سیستم‌های برق نیز باید با در نظر داشتن خطرات مراکز تجاری طراحی شوند. به دلیل مصرف زیاد برق در این اماکن، ترانسفورمرهای پر ظرفیتی در آنها استفاده می‌شود که در صورت انفجار (به علت اتصال کوتاه یا حمله) می‌توانند مخرب باشند. لذا محل نصب ترانس‌ها در فضایی با تهویه انفجاری^۲ باشد تا فشار حاصل از انفجارشان به بیرون هدایت شود و به سازه آسیب نرزد [۴].

مدیریت دود در زمان آتش‌سوزی یا انفجار از وظایف مهم تأسیسات مکانیکی این ساختمان‌هاست. سیستم کنترل دود باید مناطق مختلف را پایش کند و فن‌ها و دریچه‌ها را به ترتیبی کنترل کند که دود به سمت خروجی هدایت و تخلیه شود، نه اینکه در سالن‌ها پخش شود. برای این کار، سناریوهای از پیش برنامه‌ریزی شده در سامانه بی.ام.اس^۳ تعریف می‌شود.

۵-۳-۴. مشاعات و دسترسی‌ها

مشاعات در ساختمان‌های تجاری معمولاً قسمت اعظم فضاهای عمومی را تشکیل می‌دهند؛ راهروهای عریض فروشگاه‌ها، پله‌برقی‌ها، آسانسورها، محوطه غذاخوری (فود کورت)، سالن‌های سینما و مانند آن. در این فضاها به‌طور معمول ازدحام جمعیت بالاست و در زمان بحران، مدیریت خروج جمعیت چالش اساسی خواهد بود. بنابراین طراحی باید دو هدف جلوگیری از وحشت جمعی و تسهیل تخلیه سریع را تأمین کند [۱۹].

از نظر معماری، تعدد و وضوح مسیرهای خروج مهم‌ترین عامل کاهش زمان تخلیه است. هر طبقه از مرکز خرید باید چندین خروجی به

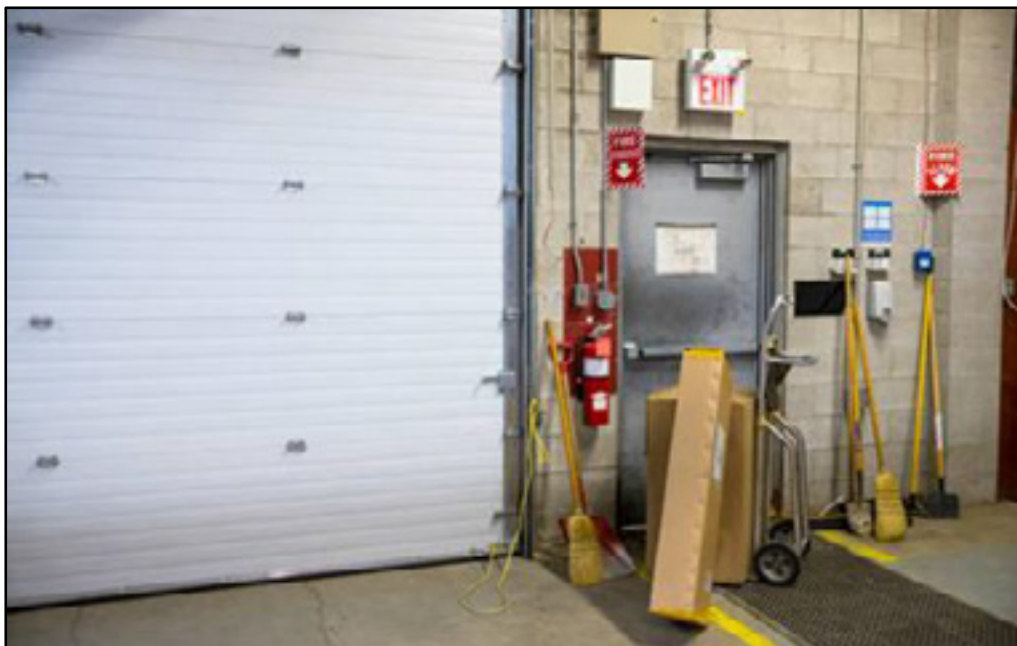
۱. سامانه اطفای حریق خودکار مبتنی بر آب یا کف که در سقف یا دیوارها نصب می‌شود و در صورت تشخیص حرارت یا دود، به‌طور خودکار فعال شده و آتش را مهار می‌کند.

2. Explosion Venting

3. Building Management System (BMS)

بیرون (در سطح خیابان یا حیاط‌های پیرامونی) داشته باشد که با تابلوهای بزرگ مشخص شده‌اند. راهروهای اصلی باید به این خروجی‌ها هدایت شوند و هیچ فضای بن‌بستی که جمعیت در آن گرفتار شوند وجود نداشته باشد. براساس دستورالعمل‌های ایمنی، مسیر خروج نباید از داخل مغازه‌ها یا فضاهای پرخطر عبور کند. به عبارت دیگر، خروج باید مستقیم به یک راهروی ایمن و سپس به خارج باشد. در پلان مراکز تجاری بزرگ، معمولاً هر ۳۰ متر یک درب خروج اضطراری تعبیه می‌شود

شکل ۲۵. چگونه در خروجی یا مسیر فرار می‌تواند توسط انبار، کارتن یا قفل مسدود شود [۴۷]



عرض راهروها و درب‌ها فاکتور بحرانی دیگر است. استانداردهای بین‌المللی مانند فِما حداقل عرض را بر حسب تعداد افراد تعیین می‌کنند. برای مثال برای ۵۰۰ نفر، حداقل عرض خروجی مجموعاً ۲۱۰ سانتی‌متر توصیه شده است. معمار باید پیش‌بینی کند که در ساعات اوج (مثلاً مراسم افتتاحیه فروشگاه یا تعطیلات) چه تعداد نفر در هر قسمت ساختمان هستند و متناسب با آن، ظرفیت خروج را تأمین کند [۱۹].

پلکان‌های فرار در ساختمان تجاری اگر چندطبقه باشد، مثل اداری باید چندگانه و دور از هم باشد. اما یک نکته اضافه است و آن اینکه در زمان پیک جمعیت، ممکن است افراد ناآشنا با محل هجوم بیاورند و خطر ازدحام در پاگردها پیش بیاید. برای جلوگیری، پلکان‌ها نباید دقیقاً کنار هم یا در یک هسته باشند و خروجی آنها هم نباید به یک فضای محصور محدود منتهی شود. بلکه هر کدام بهتر است به نقاط متفاوت بیرون ساختمان هدایت شوند تا جمعیت پراکنده شود.

تدابیر کنترلی هم در مشاعات مهم‌اند. حضور نیروهای انتظامی یا نگهبان در ورودی‌ها و مشاعات می‌تواند تا حدی بازدارنده رفتارهای خطرناک باشد. همچنین وجود دوربین‌های مداربسته به مرکز امنیت امکان می‌دهد که در صورت شروع یک ناآرامی یا رفتار مشکوک (مثل رها کردن بسته در راهرو) سریعاً اقدام کند. این عملکردها مکمل اقدامات معماری هستند.

۴-۳-۶. پارکینگ و فضاهای زیرزمینی

پارکینگ ساختمان‌های تجاری به‌ویژه مال‌های بزرگ، معمولاً فضای گسترده‌ای در زیر بنا یا مجاور آن است که ظرفیت صدها خودرو را دارد. چنین پارکینگ بزرگی ذاتاً ریسک انفجار و آتش‌سوزی قابل ملاحظه‌ای دارد؛ چراکه تعداد زیادی خودرو (هر یک با باک بنزین) نزدیک هم

قرار گرفته‌اند و احتمال یک واکنش زنجیره‌ای وجود دارد. سناریوی خطرناک می‌تواند چنین باشد؛ انفجار یک خودروی بمب‌گذاری شده در طبقه اول پارکینگ و شعله‌ور شدن ده‌ها خودروی اطراف که دود و حرارت عظیمی تولید کند. طراحی باید به گونه‌ای باشد که حتی در این سناریوی شدید، سازه پارکینگ حداقل برای مدت معینی پایدار بماند تا مردم بتوانند فرار کنند و آتش‌نشانی اقدام کند.

شکل ۲۶. دودسنگین از دهانه‌های پارکینگ؛ نشانه‌های ضعف در کنترل دود/تهویه اضطراری و احتمال کمبود اطفای خودکار در مبدأ حریق [۴۸]



برای ایستایی سازه‌ای، همان تمهیدات قبل کاربرد دارد؛ ستون‌های قوی و نزدیک به هم (فاصله ستون‌گذاری کوچک می‌تواند کمک کند انرژی بین اعضا تقسیم شود)، مهاربندهای بتنی میان آنها برای محدود کردن تغییر شکل، سقف‌های ضخیم‌تر از حد عادی. طراحی به کمک نرم‌افزارهای تخصصی می‌تواند توزیع فشار انفجار را شبیه‌سازی کرده و بحرانی‌ترین اعضا را مشخص کند تا تقویت شوند. برخی استانداردها الزام می‌کنند که سازه پارکینگ خود ایستا باشد؛ یعنی ریزش آن به ساختمان بالایی سرایت نکند. اگر بودجه اجازه دهد می‌توان درز انقطاعی میان سقف پارکینگ و ساختمان اصلی قرار داد که انتقال ارتعاشات را کم کند.

از منظر تأسیسات ایمنی، اعلام و اطفای حریق پارکینگ فوق‌العاده مهم است. باید آشکارسازهای حرارت و دود با چگالی بالا در تمام بخش‌های پارکینگ نصب شود تا هر آتش کوچکی بلافاصله شناسایی شود. شبکه اسپرینکلر با تراکم پوشش بالا، سریعاً وارد عمل شود. همچنین سامانه‌های مه‌پاش یا فوم در پارکینگ‌های خیلی حساس نصب می‌شود که می‌تواند روی شعله بنزین را بپوشاند و خفه کند. برای تخلیه دود، فن‌های بزرگ جت فن در سقف پارکینگ کار گذاشته می‌شود که دود غلیظ را به سمت خروجی‌ها هدایت کنند. اینها باید حتماً با برق پشتیبان کار کنند.

مسیرهای خروج انسان‌ها از پارکینگ نکته‌ای است که گاه مغفول می‌ماند. افراد حاضر در پارکینگ در زمان انفجار یا آتش ممکن است به سمت همان رمپ ورودی که آمده‌اند برگردند. ولی اگر رمپ پر از دود یا آتش باشد چه؟ لذا علاوه بر رمپ، راه‌پله‌های خروج مجزا در گوشه‌های پارکینگ ضروری است (حداقل دو راه‌پله در دو انتها). این راه‌پله‌ها مستقیم به بیرون بنا (سطح خیابان) راه داشته باشند و درب آنها نیز ضد حریق باشد.

پایش امنیتی پارکینگ مرکز تجاری نیز یک چالش است چون مراجعین زیادی خودرو وارد می‌کنند. نصب دوربین‌های خواندن پلاک می‌تواند خودروهای لیست سیاه را شناسایی کند. به علاوه، حضور پرسنل حراست در ورودی و گشت‌زنی در داخل پارکینگ‌ها عامل کشف به موقع تهدیدات است. بسیاری از مراکز خرید بزرگ دنیا سگ‌های آموزش دیده بمب‌یاب را در پارکینگ‌ها به کار می‌گیرند تا ماشین‌های مشکوک را بو بکشند.

در مجموع، پارکینگ یک مرکز تجاری باید مانند یک سنگر ایمن زیرزمینی طراحی شود که انفجار احتمالی را در خود جذب و خنثی کند و راه‌های فرار انسان‌ها کاملاً ایمن و مجزا باشد. از آنجا که احتمال وقوع حادثه در این فضا بیشتر از سایر قسمت‌هاست (به دلیل عدم کنترل کامل روی مراجعین)، سرمایه‌گذاری بیشتر در ایمن‌سازی آن کاملاً توجیه‌پذیر است.

شکل ۲۷. خلاصه تحلیل آسیب‌پذیری در ساختمان‌های تجاری



مأخذ: نگارندگان بر پایه اطلاعات گزارش.

۴-۴. جدول‌های تطبیقی و نمودارهای فنی

به منظور مقایسه بهتر راهکارهای پدافند غیرعامل در سه نوع کاربری مورد بحث (مسکونی، اداری، تجاری)، در این بخش به صورت تطبیقی تفاوت‌ها و شباهت‌های رویکردها را مرور می‌کنیم. جدول زیر به صورت خلاصه، برخی راهکارهای کلیدی طراحی را در هر سه گروه ساختمان نشان می‌دهد:

جدول ۴. مقایسه اجمالی راهکارهای طراحی پدافند غیرعامل در ساختمان‌های مسکونی، اداری و تجاری

موضوع / جزئیات	مسکونی	اداری	تجاری
نما و بازشوها	نما غالباً مصالح بتابی؛ کاهش بازشوها؛ شیشه لمینیت برای پنجره‌های بزرگ؛ پیش‌بینی حفاظ برای ورودی‌ها [۴]	نماهای شیشه‌ای گسترده؛ نیازمند شیشه لمینیت/ضدانفجار؛ تقویت اتصالات نما؛ جداسازی جبهه‌های پرخطر [۲۲]	ویترین‌های شیشه‌ای وسیع؛ لمینیت یا کرکره محافظ؛ مهار امن تابلوها و المان‌های نما (عدم سقوط) [۸]
پلان و فرم بنا	بلوک‌های پراکنده در سایت؛ فرم ساده و محدب (دوری از تورفتگی زیاد)؛ راهروهای کوتاه؛ دو خروجی برای مجتمع‌های بزرگ [۸]	پلان‌های باز نیازمند پارتیشن مقاوم؛ سازه با قابلیت تحمل خرابی موضعی (کلاف‌بندی قوی)؛ جداسازی لابی مراجعین از دفاتر داخلی؛ حداقل دو یا سه خروجی [۲۰]	سالن‌های بسیار باز؛ نیازمند تقسیم به بخش‌های مجزا با درهای خودکار؛ آتریوم‌ها با پرده دود؛ سازه دارای سیستم مهار جانبی قوی برای جلوگیری از پیش‌رونده؛ خروجی‌های متعدد در هر طبقه
سقف و سازه بام	سقف آخر تقویت‌شده (عضو کلیدی)؛ اجتناب از المان‌های بلند نما روی بام؛ مهار کولرها و تجهیزات؛ دسترسی محدود به بام [۲۰]	بام حاوی تأسیسات اصلی؛ دیوارهای محافظ پیرامون تجهیزات حساس؛ احتمالاً پد بالگرد (در ساختمان‌های بسیار بلند)؛ نیازمند طراحی ویژه؛ سازه بام یکپارچه برای پخش بار انفجار [۵]	بام ممکن است فضای تجمع (رستوران) باشد؛ نیازمند ایمنی هندسی (جان‌پناه بلند، خروجی کافی)؛ نورگیرهای سقفی لمینیت؛ سازه‌های خرابایی با پوشش ضدحریق در سالن‌های وسیع [۲۵]
تأسیسات و رایزرها	سیستم گاز با شیر اضطراری؛ رایزرها در شفت‌های مقاوم؛ برق اضطراری برای آسانسور و روشنایی؛ تهویه با دمپر قطع اضطراری [۲]	سیستم تهویه مطبوع منطقه‌بندی‌شده (مهار انتشار دود/گاز)؛ برق اضطراری پر ظرفیت (پشتیبانی سیستم‌ها)؛ اتاق سرور امن با اطفای ویژه؛ دو مسیر رایزر حیاتی برای پشتیبانی [۲۲]	تأسیسات گسترده؛ سیستم صوتی-تصویری هشدار متصل به یو.پی.اس؛ شبکه اسپرینکلر چندبخشی با پمپ‌های رزرو؛ رایزرهای توزیع‌شده در کل بنا (کاهش تمرکز)؛ فن‌های تخلیه دود پر قدرت [۴]
مشاعات و خروج	دو راه‌پله دور از هم؛ راه‌پله‌ها محصور و مقاوم؛ لابی ساده و بدون ازدحام؛ فضای امن هر طبقه (جان‌پناه)؛ کنترل دسترسی ورودی (آیفون، دوربین) [۳]	حداقل دو یا سه راه‌پله بسته به ارتفاع؛ گیت‌های کنترل تردد در لابی؛ آسانسور آتش‌نشانی در برج‌های بلند؛ محل فرماندهی بحران داخلی؛ علائم راهنما و روشنایی اضطراری در تمام مسیرها [۳]	خروجی‌های متعدد و عریض در هر طبقه به بیرون؛ راهروهای وسیع بدون بن‌بست؛ پلکان‌های اضافه برای جمعیت زیاد؛ تفکیک مسیر خروج کارکنان از مشتریان در اماکن خیلی شلوغ؛ امکانات هدایت جمعیت (تابلو، بلندگو).



موضوع / جزئیات	مسکونی	اداری	تجاری
پارکینگ و زیرزمین	ظرفیت محدود (فقط ساکنین)؛ کنترل ورودی دستی؛ ستون‌ها و دیوارهای مستحکم؛ درز انقطاع از سازه اصلی در صورت امکان؛ سیستم اطفای خودکار حداقلی (اسپرینکلر)؛ تهویه معمولی [۲۰]	ظرفیت متوسط (کارکنان)؛ کنترل ورودی با بازرسی امنیتی؛ ستون‌های ژاکت‌شده؛ دیوارهای ضخیم پیرامونی؛ اسپرینکلر + فن دود؛ دو خروجی نفر بر از زیرزمین؛ حفاظت از اتاق ژنراتور / ترانس در برابر انفجار [۵]	ظرفیت زیاد (عمومی)؛ کنترل ورودی بسیار سخت‌گیرانه (دوربین، گیت، سگ‌های بمب‌یاب)؛ سازه فوق‌العاده قوی یا جدا از ساختمان؛ اسپرینکلر پرتراکم + مه‌پاش؛ جت‌فن‌های تخلیه دود پر قدرت؛ چندین راه‌پله خروج؛ سیستم اعلان خطر صوتی در پارکینگ.

همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود، برخی اصول کلی بین همه ساختمان‌ها مشترک است؛ مثلاً مقاوم‌سازی نما و شیشه‌ها، تأمین خروجی‌های اضطراری متعدد، پایداری سازه‌ای در برابر فروپاشی موضعی و حفاظت تأسیسات حیاتی. در عین حال، شدت و نحوه به کارگیری این تمهیدات بر اساس کاربری بنا تغییر می‌کند. ساختمان تجاری به دلیل تراکم جمعیت، بیشترین تمهیدات را در بخش خروجی‌ها و مدیریت دود و حریق می‌طلبد. ساختمان اداری با توجه به امکان هدف قرار گرفتن مستقیم، نیازمند نمای مقاوم‌تر و کنترل ورودی جدی‌تر است. ساختمان مسکونی نیز با اینکه تجمع جمعیت کمتری دارد، باید حفاظت شود زیرا افراد در حالت استراحت و غافلگیر در آن قرار دارند و توان واکنش سریعی ندارند. به بیان دیگر، اولویت در مسکونی حفظ جان ساکنین با حداکثر سادگی راهکارها، در اداری حفاظت افراد و تداوم عملکرد سازمانی، و در تجاری جلوگیری از تلفات جمعی در ازدحام است.

۵. راهکارهای معماری پدافند غیرعامل در مقاوم‌سازی ساختمان‌ها

در این بخش به راهکارهای طراحی معماری مبتنی بر اصول پدافند غیرعامل برای مقاوم‌سازی سه نوع کاربری ساختمانی مسکونی، اداری و تجاری پرداخته می‌شود. این راهکارها شامل طراحی پلان‌های مقاوم، استفاده از مصالح و سیستم‌های سازه‌ای ایمن، طراحی فضاهای پناهگاهی و مسیرهای فرار اضطراری، و ایمنی در سیستم‌های تأسیساتی است. همچنین برای هر کاربری، چک‌لیست‌های طراحی در برابر انواع تهدید (انفجار، تروریسم، حریق و زلزله) ارائه و یک الگوی مفهومی کلی برای طراحی ساختمان‌های مقاوم براساس اصول پدافند غیرعامل به شکل شماتیک تبیین خواهد شد. شایان ذکر است تمامی این مطالب براساس مراجع معتبر داخلی (از جمله مبحث ۲۱ مقررات ملی ساختمان و اسناد سازمان پدافند غیرعامل) و مراجع معتبر بین‌المللی است. هدف آن است که با به کارگیری این اصول و ضوابط در طراحی معماری، بتوان پایداری و ایمنی ساختمان‌ها را در برابر تهدیدات گوناگون به نحو چشمگیری ارتقا داد [۲۶].

۵-۱. راهکارهای طراحی معماری برای ساختمان‌های مسکونی

۵-۱-۱. طراحی پلان مقاوم (چیدمان و سازمان‌دهی فضاها)

نخستین گام در مقاوم‌سازی ساختمان‌های مسکونی، طراحی بهینه پلان و شکل بنا است؛ چراکه شکل ساختمان، به‌ویژه در پلان‌های U یا L شکل که با فرورفتگی‌های متعدد، موج انفجار را در زوایای داخلی حبس و اثر تخریبی آن را تشدید می‌کنند، نقش تعیین‌کننده‌ای در میزان آسیب‌پذیری بنا در برابر انفجار یا زلزله دارد. لذا برای ساختمان‌های مسکونی توصیه می‌شود حتی‌الامکان از پلان‌های پیچیده و

گوشه‌های توریفته اجتناب شود و حجم کلی بنا تا حد امکان ساده، متقارن و بدون شکستگی‌های حاد طراحی گردد. شکل‌های محدب و نرم (مانند پلان‌های مدور یا چندضلعی منتظم) بر اشکال مقعر ارجحیت دارند، چرا که امواج انفجار را منحرف کرده و از تمرکز فشار در یک نقطه می‌کاهند. علاوه بر این، در طراحی خانه‌های ویلایی یا مجتمع‌های مسکونی کوتاه مرتبه، می‌توان ساختمان را بیشتر به صورت افقی گسترش داد تا عمودی؛ این کار سطح مواجهه نماها با موج انفجار و نیز شدت لرزش ناشی از زلزله را کاهش می‌دهد. در ساختمان‌های حیاط‌دار، جانمایی ساختمان در مرکز زمین و حفظ فاصله از معابر اطراف به ایجاد حریم امن پیرامونی کمک می‌کند (اصل فاصله‌گذاری). مطالعات فم‌ان‌شان می‌دهد مهم‌ترین راهکار در مقابله با انفجار، افزایش فاصله انفجار میان بمب و ساختمان است. هرچه ساختمان مسکونی با خیابان و نقاط قابل دسترسی خود و فاصله بیشتری داشته باشد، فشار انفجار کمتری به سازه وارد خواهد شد. از این رو ایجاد پیش‌محوطه، حیاط و استفاده از عناصر محوطه‌سازی (مانند باکس‌های خاکی، درختچه‌ها و موانع شهری) در جلوی ساختمان‌های مسکونی کنار خیابان می‌تواند به عنوان ضربه‌گیر عمل کرده و از نزدیکی بیش از حد خودروهای بمب‌گذاری شده به بنا جلوگیری کند [۴].

در طراحی داخلی پلان واحدهای مسکونی، باید چینش فضاها به گونه‌ای باشد که فضاهای حیاتی (مانند اتاق خواب و نشیمن که محل تجمع افراد در زمان استراحت هستند) در قسمت‌های امن‌تری از ساختمان قرار گیرند. بهتر است این فضاها تا حد امکان از جداره‌های بیرونی فاصله داشته باشند که در معرض موج انفجار یا ترکش هستند. برای نمونه، می‌توان اتاق‌های خواب را به جای قرار دادن در کنج‌های بیرونی ساختمان، به سمت میانی پلان نزدیک‌تر کرد و فضاهای باریسک کمتر (مانند راهروها، سرویس‌ها یا انباری‌ها) را به عنوان حائل در پیرامون آنها قرار داد. همچنین بازشوهای بزرگ (پنجره‌ها) در پلان مسکونی باید با دقت مکان‌یابی شوند تا در مسیر مستقیم امواج انفجار احتمالی (مثلاً در امتداد کوچه‌ای که ساختمان در آن واقع است) قرار نگیرند. یک راهکار، چرخش یا اورب کردن جهت برخی پنجره‌ها یا استفاده از بالکن‌ها و جان‌پناه‌ها در جلوی پنجره‌هاست تا از ورود مستقیم موج انفجار و ترکش جلوگیری شود.

در طراحی سایت مجتمع‌های مسکونی، علاوه بر معیارهای شهرسازی (دسترسی مناسب برای ساکنین و خدمات‌رسانی)، ملاحظات پدافند غیرعامل نیز اهمیت دارد. مثلاً می‌توان بلوک‌های مسکونی را با پراکنده‌سازی مناسب در سایت قرار داد تا از تجمع بیش از حد ساختمان‌ها در یک نقطه (که هدف بزرگی برای دشمن ایجاد کند) پرهیز شود. اصل پراکندگی و کاهش تمرکز، یکی از اصول کلیدی پدافند غیرعامل است که باعث می‌شود خسارت یک انفجار محدود به بخش کوچکی از مجموعه شده و سایر ساختمان‌ها سالم بمانند. به طور کلی، معماری مسکونی ایمن در برابر تهدیدات باید با در نظرگیری موقعیت جغرافیایی بنا، شرایط محیطی و سناریوهای تهدید محتمل انجام شود تا پلان حاصل، هم پاسخ‌گوی نیازهای روزمره ساکنین باشد و هم در شرایط غیرعادی بهترین عملکرد دفاعی را داشته باشد [۲۲].

۵-۱-۲. مصالح و سیستم‌های سازه‌ای ایمن

انتخاب مصالح مناسب و طراحی صحیح سیستم سازه‌ای، ستون فقرات مقاومت ساختمان مسکونی را در برابر تهدیدها تشکیل می‌دهد. مقررات ملی ساختمان ایران (مبحث ۲۱) بر استفاده از مصالح و سیستم‌های مقاوم در برابر انفجار تأکید دارد. برای مثال، بتن آرمه به عنوان یک مصالح با شکل‌پذیری بالا و جرم زیاد، عملکرد بسیار خوبی در برابر بارهای انفجاری نشان می‌دهد و می‌تواند انرژی موج انفجار را جذب و مستهلک کند. استفاده از دیوارهای بتن آرمه (به ویژه در دیوارهای پیرامونی زیرزمین‌ها یا طبقات همکف) و قاب‌های بتن آرمه با آرماتورگذاری ویژه، استحکام سازه را در برابر انفجار افزایش می‌دهد. همچنین مصالح بنایی مسلح (دیوارهای آجری مسلح به میلگرد) در صورت طراحی مناسب می‌توانند تا حدودی در برابر موج انفجار مقاومت نشان دهند. در هر صورت یکپارچگی سازه‌ای و پیوستگی اجزای باربر بسیار اهمیت دارد؛ باید دقت شود که اتصالات تیرها و ستون‌ها و دیوارها به گونه‌ای طراحی و اجرا شوند که در برابر بارهای دینامیکی ناگهانی دچار گسیختگی نشوند. یکی از اهداف اصلی در طراحی ضدانفجار، جلوگیری از فروریزش پیش‌رونده ساختمان است. به این معنی که چنانچه انفجار باعث خرابی یک عضو اصلی (مثلاً یک ستون) شد، سازه بتواند مسیرهای باربری جایگزین را فعال کند و از فروپاشی کل ساختمان جلوگیری شود. برای این منظور، در سازه‌های بتن آرمه می‌توان آرماتورگذاری ویژه پیوستگی و وصله‌ها را تقویت کرد و در سازه‌های فلزی از اتصالات پیوسته و قاب‌های خمشی ویژه بهره گرفت. آیین‌نامه‌های بین‌المللی نیز طراحان را ملزم به طراحی ساختمان به گونه‌ای می‌کنند که در صورت حذف فرضی هر ستون در طبقه همکف، ساختمان حداقل به اندازه دو طبقه بالایی خود پایدار بماند [۸].



علاوه بر مقاومت در برابر انفجار، سازه ساختمان مسکونی باید مقاومت لرزه‌ای کافی مطابق استانداردهای طراحی زلزله داشته باشد. برای این منظور، استفاده از سیستم‌های باربر جانبی مناسب نظیر قاب‌های خمشی شکل‌پذیر، دیوارهای برشی بتن آرمه یا مهاربندی‌های فولادی توصیه می‌شود. هر ساختمان مسکونی در ایران باید مطابق استاندارد ۲۸۰۰ برای سطح خطر زلزله منطقه خود طراحی شود تا سطح ایمنی جانی ساکنان تأمین شود. در راهنمای ساخت و ساز مسکونی مقاوم در برابر زلزله بر اصولی مانند پی‌های مناسب، استمرار مسیر انتقال بار در تمام طبقات، دیافراگم‌های صلب (سقف‌ها) و مهار مناسب اجزای غیرسازه‌ای تأکید دارد. مثلاً وجود دیوارهای برشی کافی در هر امتداد ساختمان، مهار دیوارهای جداکننده غیرسازه‌ای به سازه اصلی با اتصالات انعطاف‌پذیر و جزئیات اجرایی صحیح در گره‌های سازه‌ای از جمله نکات کلیدی است که آسیب‌پذیری ساختمان را در زلزله کاهش می‌دهد [۵].

از سوی دیگر، مقاومت در برابر حریق نیز باید لحاظ شود. اسکلت سازه (چه بتن آرمه و چه فولادی) باید دارای پوشش ضد حریق باشد تا در صورت وقوع آتش‌سوزی ساختمان دچار فروپاشی نشود. به عنوان نمونه، ستون‌ها و تیرهای فولادی می‌بایست با رنگ‌ها یا پوشش‌های ضد حریق (دارای تأییدیه مثلاً به مدت ۲ ساعت مقاومت) محافظت شوند و سقف‌ها نیز در حد امکان از دال بتنی یا مصالح دیرسوز انتخاب شوند. استفاده از مصالح ساختمانی با درجه احتراق پایین (غیر قابل اشتعال) در اجزای داخلی نیز اهمیت دارد. برای مثال، به کارگیری پوشش‌های چوبی گسترده در دیوارها یا سقف‌ها می‌تواند خطر گسترش آتش را افزایش دهد، در حالی که پوشش‌های گچی یا سیمانی ایمن‌تر هستند. همچنین شیشه‌های نما در طبقات پایینی بهتر است لمینیت شده و سکوریت باشند تا در اثر انفجار به قطعات بزرگ و برنده تبدیل نشده و همچون ترکش عمل نکنند. طبق گزارش‌ها، بیش از ۸۰ درصد جراحات در انفجارها به دلیل خرده‌شیشه‌های پرتاب شده رخ می‌دهد؛ لذا شیشه‌های دولایه لمینیت که در قاب محکم مهار شده‌اند، خطر را بسیار کاهش می‌دهند. به‌طور کلی در راهبرد پدافند غیرعامل، باید طراحی پوسته خارجی ساختمان به گونه‌ای باشد که توازن مقاومت بین اجزا برقرار گردد و هیچ جزء فوق‌العاده ضعیف‌تری نسبت به بقیه نباشد تا تحت انفجار اولین نقطه شکست تلقی شود. مثلاً اگر دیوارها بتن آرمه ضخیم باشند، اما شیشه‌ها معمولی، در انفجار شیشه‌ها کاملاً تخریب می‌شوند؛ بنابراین باید طراحی متعادل انجام شود که تمامی عناصر نما (دیوار، پنجره، در) متناسب با سطح تهدید مقاوم‌سازی شوند [۱۴].

۳-۱-۵. طراحی فضاهای پناهگاهی و مسیرهای فرار

وجود فضاهای امن و پناهگاه در ساختمان‌های مسکونی، یکی از اصول مهم طراحی معماری براساس پدافند غیرعامل است. فضای امن به مکانی در داخل ساختمان گفته می‌شود که سازه و جداره‌های آن به صورت ویژه تقویت شده و می‌تواند در شرایط اضطراری (مانند حمله هوایی، انفجار یا حتی وقوع طوفان شدید، آتش‌سوزی) جان ساکنان را حفظ کند. این فضاها برای افرادی طراحی می‌شود که قادر به استفاده از پله‌ها نیستند (مانند معلولان و یلچری) و باید در طول آتش‌سوزی، انفجار و ... موقتاً در کمال ایمن بودن در کنار راه‌پله بمانند. در این فضاها یک سازه مقاوم در برابر آتش پیش‌بینی می‌شود و به صورت الزامی، سامانه ارتباطی دوطرفه متصل به مرکز کنترل ساختمان تعبیه می‌گردد تا افراد بتوانند به‌طور مستقیم درخواست کمک کنند. در ساختمان‌های مسکونی، فضای امن می‌تواند به شکل یک اتاق امن خانگی طراحی شود. این اتاق معمولاً در قسمت میانی یا زیرزمین خانه قرار می‌گیرد، دیوارها و سقف آن بتن آرمه یا مصالح مقاوم مشابه است و دارای درب فولادی محکم با قفل ایمن است. ساکنان در زمان وقوع حمله یا تهدید می‌توانند به سرعت به این اتاق پناه ببرند. در مجتمع‌های مسکونی آپارتمانی نیز می‌توان یک یا چند فضای امن اشتراکی (مانند پناهگاه مرکزی در زیرزمین) پیش‌بینی کرد که با ظرفیت کافی، کل ساکنین ساختمان را موقتاً در خود جای دهد. مبحث ۲۱ مقررات ملی، ضوابط دقیقی برای طراحی پناهگاه‌های ساختمانی از جمله درجه بندی پناهگاه‌ها براساس مدت اقامت (کوتاه‌مدت یا بلندمدت) و اهمیت آنها ارائه کرده است. به عنوان نمونه، یک پناهگاه بلندمدت باید مجهز به سیستم‌های تهویه، ذخیره آب و امکانات بهداشتی اولیه باشد تا ساکنین بتوانند تا ۲۴ ساعت یا بیشتر در آن دوام بیاورند. هر چند ایجاد پناهگاه کامل در تک واحدهای مسکونی شهری ممکن است عملی نباشد، اما حداقل تأمین فضای امن موقت (مثلاً اتاقی بدون پنجره، واقع در مرکز پلان و محصور با دیوارهای مقاوم) می‌تواند به میزان زیادی ایمنی را افزایش دهد. چنین فضایی علاوه بر پناه‌گیری در برابر انفجار یا گلوله‌های سرگردان، در زمان وقوع زلزله نیز می‌تواند محل نسبتاً امن‌تری برای تجمع افراد خانواده تا پایان لرزش باشد (چراکه ریزش آوار در آن کمتر

محتمل است) [۸]. یک پناهگاه کارآمد باید بتواند به‌طور کامل در برابر محیط خارجی ایزوله شود، سیستم تهویه مجزا با فیلتراسیون هوا/کربن داشته باشد و فشار داخلی، کمی مثبت باشد تا از نفوذ آلودگی جلوگیری شود. راهنمای فِما اشاره می‌کند که یک پناهگاه، برای ایجاد هوای پاک در داخل به دو روش عمل می‌کند: الف) محبوس کردن هوا در داخل (بدون تهویه)، ب) عبور دادن هوای آلوده از فیلتر برای تصفیه. همچنین تصریح می‌کند که در یک پناهگاه، هوای بیرونی در حین ورود تصفیه شده و به داخل اتاق دمیده می‌شود، به‌طوری که فشار داخلی ایجاد شده مانع نفوذ هوای خارجی از مسیرهای ناشتی می‌شود.

در کنار پناهگاه، طراحی صحیح مسیرهای خروج اضطراری یا همان راه‌های فرار در ساختمان مسکونی بسیار حائز اهمیت است. براساس الزامات ان.اف.پی.ای ۱۰۱ و آیین‌نامه‌های ایمنی، تمامی ساختمان‌های مسکونی چندطبقه باید حداقل دو مسیر خروج مستقل و ایمن داشته باشند تا در صورت مسدود شدن یکی، مسیر جایگزین موجود باشد. این مسیرها معمولاً شامل راه‌پله‌های اضطراری و در ساختمان‌های بلند حتی آسانسورهای اضطراری (با تأمین برق اضطراری) هستند. راه‌پله‌ها باید در چاهک‌های مقاوم حریق (با دیوارها و درهای ضدحریق با حداقل ۲ ساعت مقاومت) محصور شوند تا حتی در صورت آتش‌سوزی در سایر قسمت‌ها، مسیر تخلیه تا زمان کافی امن بماند. به‌علاوه، فاصله دو راه‌پله از یکدیگر باید به قدری باشد که یک حادثه منفرد (مثلاً انفجار یک بمب در یک سمت ساختمان) هر دوی آنها را هم‌زمان درگیر نکند. در پلان معماری، بهتر است خروجی‌های اضطراری در دو انتهای مقابل ساختمان تعبیه شوند تا پوشش کامل ارائه گردد. عرض راه‌پله‌ها و درهای خروج نیز باید متناسب با ظرفیت جمعیت ساکن باشد؛ برای ساختمان‌های مسکونی پرتراکم (مثل برج‌ها) معمولاً عرض خالص مفید هر راه‌پله دست کم ۱۱۰ سانتی‌متر یا بیشتر توصیه می‌شود تا تخلیه سریع جمعیت امکان‌پذیر باشد. تمامی مسیرهای فرار باید دارای علائم خروج روشن و سیستم روشنایی اضطراری باشند که حتی در قطع برق به مدت حداقل ۹۰ دقیقه روشنایی را تأمین کند. این روشنایی اضطراری معمولاً توسط چراغ‌های باتری‌دار در راهروها و پله‌ها تأمین می‌شود. همچنین نصب سیستم‌های اعلان حریق (آژیر و هشدار صوتی) که در کل ساختمان قابل شنیدن باشد، برای آگاه‌سازی سریع ساکنان در شرایط آتش‌سوزی الزامی است. باید توجه داشت که در مجتمع‌های مسکونی، ساکنان ممکن است آشنایی کمتری با مسیرهای خروج داشته باشند (نسبت به مثلاً کارکنان یک اداره که مرتب مانور تخلیه می‌روند)، لذا طراحی باید ساده و قابل فهم بوده و استفاده از آن در شرایط اضطراری برای همه افراد (حتی کودکان و سالمندان) ممکن باشد. احداث پلکان‌های بیرونی فرار در نماهای ساختمان‌های مسکونی بلندمرتبه نیز یکی از راهکارهایی است که در برخی کشورها استفاده می‌شود؛ گرچه این پلکان‌ها در معرض دید و آسیب بیرونی هستند و باید به دقت محافظت شوند [۳].

نکته مهم دیگر، در نظر گرفتن محل تجمع امن پس از خروج از ساختمان است. در طراحی محوطه مجتمع‌های مسکونی باید فضایی باز و دور از ساختمان پیش‌بینی شود که ساکنان پس از تخلیه اضطراری آنجا جمع شوند تا از خطر ریزش آوار یا انفجار ثانویه در امان باشند. این محل باید با علائم مشخص شده باشد و مسیر دسترسی آسان از خروجی‌های ساختمان تا آن فراهم گردد (مثلاً دورترین نقطه حیاط از ساختمان).

۴-۵-۱. ایمنی در سیستم‌های تأسیساتی

سیستم‌های تأسیسات مکانیکی و برقی ساختمان‌های مسکونی در صورت عدم ایمن‌سازی می‌توانند خود منشأ خطرات بزرگی شوند. یکی از مهم‌ترین موارد، شبکه گاز طبیعی ساختمان است. نشستی گاز در پی زلزله یا انفجار می‌تواند به انفجار دوم و آتش‌سوزی مهیب منجر شود که بعضاً خسارات آن از خود زلزله اولیه بیشتر است. برای پیشگیری، مقررات ایمنی (و همین‌طور تجربه‌ها در مناطقی مانند کالیفرنیا) نصب شیرهای خودکار قطع گاز زلزله را توصیه می‌کنند. این شیرها به تکان‌های شدید حساس بوده و به محض وقوع زلزله بزرگ، جریان گاز ورودی ساختمان را به‌طور خودکار قطع می‌کنند تا از انتشار گاز و انفجار جلوگیری شود. همچنین پس از هر رخداد مشکوک به آسیب خطوط گاز (مثلاً برخورد بمب یا انفجار در نزدیکی ساختمان)، باید امکان قطع سریع گاز توسط ساکنان (دستی یا خودکار) وجود داشته باشد. در مسیر لوله‌کشی گاز داخل ساختمان، تعبیه شیرهای قطع‌کننده اضطراری در نقاط کلیدی (مانند ورودی هر واحد مسکونی) و نیز استفاده از لوله‌های انعطاف‌پذیر یا مفصل‌دار در اتصالات برای تحمل حرکات‌های لرزهای توصیه می‌شود.

سیستم‌های آب و برق ساختمان نیز باید تاب‌آوری لازم را داشته باشند. برق اضطراری برای تأمین روشنایی راه‌های خروج (با استفاده از یو.پی.

اس یا ژنراتور کوچک) از ملزومات ایمنی است. در ساختمان‌های مسکونی بلند، وجود منبع آب اضطراری (مانند مخزن ذخیره در بام یا همکف با ظرفیت کافی) برای استفاده در سیستم اطفای حریق و مصارف ضروری پس از حادثه بسیار مفید است. سیستم‌های اعلام و اطفای حریق باید مطابق استاندارد ان اف پی ای ۷۲ (اعلام حریق) و ان اف پی ای ۱۳ (اسپرینکلر اتوماتیک) طراحی و اجرا شوند. برای مثال، در پارکینگ‌ها و فضاهای مشاع پرخطر بهتر است اسپرینکلر خودکار نصب گردد تا در صورت آتش‌سوزی اولیه، حریق در همان محدوده کنترل شود. همچنین کپسول‌های آتش‌نشانی دستی در طبقات و آموزش ساکنین برای استفاده از آنها بخش دیگری از ارتقای ایمنی است [۲۷].

در بحث پدافند غیرعامل، تأسیسات مکانیکی مانند سیستم‌های تهویه مطبوع نیز مورد توجه‌اند. در پیچه‌های هوای تازه ورودی به ساختمان نباید در تراز معابر عمومی و در دسترس مهاجمین باشند، زیرا ممکن است عامل‌های شیمیایی/بیولوژیکی از این طریق به داخل تزریق شود. بهتر است هوای ورودی از ارتفاع بالاتر و نقاط کمتر در معرض خطر تأمین شود و در صورت حساسیت بالا، فیلترهای تصفیه عوامل شیمیایی/میکروبی بر روی دهانه‌های ورودی نصب گردد. مسیرهای کانال‌کشی تهویه نیز باید به در پیچه‌های قطع اضطراری مجهز باشند تا در زمان حمله شیمیایی یا حتی آتش‌سوزی (جهت کنترل دود) بتوان جریان هوا را قطع یا به مسیر امن هدایت کرد. در سیستم برق‌رسانی، طرح‌ریزی مدارهای مجزا برای سامانه‌های حیاتی (مانند روشنایی خروج، آسانسور اضطراری، پمپ‌های آب آتش‌نشانی) و تأمین برق آنها از طریق منبع برق اضطراری (دیزل ژنراتور یا برق یو پی اس) بسیار مهم است. سیم‌کشی‌ها باید در رایزرهای عمودی مجزا و مقاوم به حریق عبور داده شوند تا در صورت حریق در یک بخش، کل سیستم برق از کار نیفتد [۴]. نکته دیگر، سیستم‌های امنیتی است. در شرایط تهدید تروریستی، داشتن دوربین‌های مدار بسته در اطراف ساختمان مسکونی و سیستم آیفون تصویری با کنترل دسترسی می‌تواند از ورود مهاجمین جلوگیری کند (اصل کنترل دسترسی). قفل‌های ایمن بر درب‌های ورودی واحدها و درب اصلی ساختمان که در برابر ابزارهای متداول تخریب مقاوم باشند نیز ضرورت دارد.

به‌طور خلاصه، راهکارهای تأسیساتی پدافند غیرعامل در ساختمان‌های مسکونی شامل قطع خودکار سوخت (گاز) در هنگام خطر، تأمین برق و آب اضطراری، طراحی سیستم اطفای حریق مؤثر، محافظت از کانال‌های تأسیساتی در برابر انفجار و آتش و استفاده از فناوری‌های امنیتی جهت نظارت و کنترل دسترسی است. این اقدامات مکمل تمهیدات معماری و سازه‌ای هستند و تاب‌آوری کلی ساختمان را در شرایط بحرانی افزایش می‌دهند.

شکل ۲۸. خلاصه راهکارهای طراحی معماری برای ساختمان‌های مسکونی



مأخذ: همان.

۵-۲. راهکارهای طراحی معماری برای ساختمان‌های اداری

۵-۲-۱. طراحی پلان مقاوم

ساختمان‌های اداری (دولتی یا خصوصی) معمولاً به دلیل کاربری ویژه و تجمع کارکنان و ارباب رجوع، جزو اهداف حساس تری در سناریوهای تهدید به شمار می‌آیند. بنابراین طراحی پلان آنها باید با دقت و لحاظ تمهیدات دفاعی صورت گیرد. مکان‌یابی ساختمان اداری در سایت شهری اولین قدم است؛ براساس اصول پدافند غیرعامل، بهتر است ساختمان‌های اداری مهم در دل بافت مسکونی متراکم قرار نگیرند و پیرامونشان تا حدی فضای باز وجود داشته باشد تا از سایر ساختمان‌ها مجزا شوند. داشتن حریم امنیتی پیرامونی علاوه بر ایجاد وقفه برای مهاجم، فاصله انفجار را نیز افزایش می‌دهد. در طراحی معماری، پلان کلی ساختمان اداری باید حتی‌الامکان فشرده و منظم باشد تا عملکرد سازه‌ای آن تحت بارهای غیرطبیعی مطلوب باقی بماند. شکل‌های هندسی ساده (مستطیل، دایره، چندضلعی منتظم) برای پلان ادارات مناسب‌تر از شکل‌های پیچیده با تورفتگی زیاد هستند. همانند بخش مسکونی، برای ادارات بزرگ نیز توصیه می‌شود از پلان‌های یو و ال شکل با حیاط‌های محصور داخلی کمتر استفاده شود، زیرا گوشه‌های فرورفته در نما محل تجمع موج انفجار خواهند بود. اگر به اقتضای عملکردی، ساختمان دارای حیاط مرکزی یا شکاف‌هایی در حجم است، می‌توان با جانمایی دیوارهای محافظ یا صفحات جذب‌کننده انرژی در محل گوشه‌های داخلی، اثر موج را کاهش داد. به طور کلی، در طراحی نمای بیرونی یک ساختمان اداری، حجم‌های محدب (که بیرون زدگی دارند) ترجیح هستند، زیرا موج انفجار را پراکنده می‌کنند. در مقابل حجم‌های مقعر موج را متمرکز می‌کند [۲۲].

ارتفاع و نحوه استقرار ساختمان اداری نیز بر ایمنی آن مؤثر است. توصیه می‌شود ادارات غیر ضروری خیلی بلند مرتبه نباشند تا هم در برابر زلزله ریسک کمتری داشته باشند و هم سطح هدف کمتری در برابر حملات فراهم آورند. ساختمان‌های پهن پیکر افقی (تا ۵-۴ طبقه) چنانچه زمین کافی در اختیار باشد، ایمن‌تر از برج‌های باریک با ارتفاع زیاد هستند. البته برای ادارات مرتفع نیز می‌توان تدابیر خاص اندیشید، مثلاً اختصاص طبقات پایینی به فضاهای کم‌اهمیت (مانند پارکینگ یا بایگانی) و استقرار دفاتر مهم در طبقات میانی که دور از دسترس مستقیم انفجارهای سطح زمین هستند. در این حالت، بالا بردن دستگاه اداری در طبقه همکف نیز مطرح است. طبق توصیه فِما، بهتر است طبقه همکف ساختمان‌های حساس بالاتر از تراز زمین ساخته شود (مثلاً با پیلوتی باز یا پله) تا از کوبیدن مستقیم خودرو به داخل لابی جلوگیری شود. ایجاد پیلوتی باز از دو طرف همچنین امکان تخلیه موج انفجار را فراهم می‌کند و مانند سوراخ انفجار عمل خواهد کرد. البته در طراحی این پیلوتی‌ها باید ستون‌ها با مقاومت کافی در برابر ضربه و انفجار تقویت شوند (مثلاً با ژاکت بتنی یا فولادی).

در پلان داخلی ساختمان اداری، یکی از اصول کلیدی، تفکیک نواحی با سطح امنیتی متفاوت است. برای مثال، در یک ساختمان فرمانداری یا اداره حساس، قسمت پذیرش و سالن انتظار مراجعین (عمومی) باید تا حد امکان از دفاتر مدیران و بخش‌های حیاتی (مراکز داده، اتاق بایگانی اسناد محرمانه) دور باشد. می‌توان این تفکیک را با طراحی بافرهای معماری مانند راهروهای کنترلی، درب‌های امنیتی و غیره در پلان ایجاد کرد. به عبارت دیگر، پلان باید لایه‌بندی فضایی داشته باشد؛ لایه عمومی (فضاهای قابل دسترس برای همگان)، لایه نیمه‌عمومی/اداری (فضاهای کاری پرسنل عادی) و لایه حساس (اتاق‌های مدیران ارشد، مرکز کنترل، بایگانی ویژه و ...) که هرچه به لایه‌های درونی‌تر می‌رویم، دسترسی محدودتر و حفاظت بیشتر می‌شود. این نوع زون‌بندی علاوه بر امنیت تروریستی، در مواقع بحران (مثلاً تخلیه حریق) هم می‌تواند مفید باشد، زیرا دسترسی به خروجی‌ها را برای قسمت‌های مختلف تسهیل می‌کند [۴].

مبحث جانمایی راهروها و درهای داخلی نیز مهم است. در طراحی ضدانفجار توصیه می‌شود درب‌های روبه‌روی هم در دو سمت راهرو (درهای اتاق‌ها) دقیقاً مقابل هم قرار نگیرند، زیرا در صورت ورود موج انفجار از یک سمت، مستقیم به اتاق مقابل نفوذ می‌کند. بهتر است درهای راهرویی به صورت زیگزاگ و با فاصله نسبت به هم چیده شوند تا اثر موج در داخل ساختمان کاهش یابد (اصل شکست خط دید مستقیم). همچنین طراحی پیش‌فضا با دیوارهای مستحکم در ورودی اصلی ساختمان اداری می‌تواند به عنوان یک محفظه انفجار عمل کند. برای نمونه، لابی اصلی را با دیوارهای بتن آرمه و شیشه‌های ضدانفجار محصور کرده و ورودی دفاتر داخلی را با یک گردش یا در دوم جدا کرد، به طوری که اگر انفجاری در لابی رخ داد، شدت آن در همان جا مهار شود و به دفاتر داخل سرایت نکند. همچنین، محل قرارگیری پله‌های فرار ترجیحاً در دورترین نقاط



نسبت به فضاهای پرخطر (مانند انبارهای مواد قابل انفجار یا پارکینگ) باشد تا در صورت وقوع انفجار، راه‌های خروج آسیب کمتری ببینند. در طراحی شهری مرتبط با ادارات نیز می‌توان اقدامات مؤثری داشت؛ مثلاً ایجاد میدانچه یا فضای باز جلوی ساختمان‌های اداری بزرگ (شبییه پلازا) که هم جنبه معماری زیبا دارد و هم فاصله امنیتی ایجاد می‌کند. اضافه کردن مسیرهای مارپیچ یا مانع‌گذاری در مسیرهای سواره منتهی به ورودی (مانند کاشت بولاردها یا گلدان‌های بزرگ) نیز می‌تواند از حمله خودرویی مستقیم جلوگیری کند. نکته دیگر، توجه به خط دید است؛ از بیرون نباید بتوان به راحتی داخل بخش‌های حساس را دید. در پلان می‌توان با چیدمان فضاها یا استفاده از حائل‌های معماری (دیوارهای حیاط، پرده) دید مستقیم را مسدود کرد تا تیراندازی یا دیده‌بانی مهاجم دشوار شود. همین‌طور از داخل ساختمان باید امکان رصد محیط بیرون وجود داشته باشد (مثلاً اتاق نگهبانی با دید مناسب به اطراف). این امر در حوزه (پیشگیری از جرم از طریق طراحی محیط) نیز مطرح است که با بهبود دید و نظارت طبیعی، امنیت افزایش می‌یابد.

۲-۵. مصالح و سازه ایمن

سازه ساختمان‌های اداری اغلب اسکلت فلزی یا بتنی با دهانه‌های نسبتاً بزرگ (برای ایجاد فضاهای کاری باز) است. از این‌رو، تأمین صلبیت و مقاومت کافی آنها در برابر بارهای انفجاری و لرزه‌ای نیازمند توجه ویژه است. براساس مطالعات، قاب‌های خمشی بتن آرمه و قاب‌های فولادی با اتصالات ویژه عملکرد مناسبی در برابر انفجار نشان داده‌اند مشروط بر آنکه جزئیات اتصالات برای بار دینامیکی تقویت شده باشد. در ساختمان‌های اداری بلند، احتمال وقوع فروریزش طبقه‌ای در زلزله وجود دارد (مثلاً نرم‌شدگی طبقه همکف به دلیل پارکینگ). لذا استفاده از مهاربندهای کافی یا دیوار برشی در طبقه همکف حیاتی است تا از مکانیزم طبقه نرم جلوگیری شود. ستون‌های طبقه همکف در ساختمان‌های عمومی باید تحمل بار طبقات بالاتر پس از یک انفجار جزئی را داشته باشند. آیین‌نامه‌های آمریکا توصیه می‌کنند ستون‌های پیرامونی طوری طراحی شوند که حذف یکی از آنها باعث ریزش حداکثر دو طبقه شود نه بیشتر. برای رسیدن به این هدف، پیوستگی آرماتورها در بتن یا چقرمگی اتصالات در فولاد بسیار مهم است. به عنوان مثال، می‌توان اعضای انتقالی (مثل تیرهای طره یا تیرهای نیرومند در طبقات پایین) را به صورت پیوسته روی چند تکیه‌گاه طراحی کرد تا در صورت از دست رفتن یک تکیه‌گاه، بارها مسیر جایگزین بیابند. همچنین به کار بردن عضوهای سازه‌ای دوگانه که ترکیب قاب خمشی و دیوار برشی است در ادارات مهم توصیه می‌شود تا هم سختی لازم و هم شکل‌پذیری کافی تأمین شود [۵].

مصالح نما در ساختمان‌های اداری نیز باید با دقت انتخاب شوند. نمای شیشه‌ای هر چند از نظر معماری زیباست اما در برابر انفجار بسیار آسیب‌پذیر است. در صورت استفاده وسیع از شیشه در نمای یک اداره، باید حتماً شیشه‌ها لمینیت و ضد انفجار باشند و قاب پنجره‌ها نیز مهار مکانیکی مناسبی داشته باشند. بسیاری از سفارتخانه‌ها و ساختمان‌های دولتی حساس، از پنجره‌های چندلایه ضد گلوله/ضد انفجار استفاده می‌کنند که در چارچوب‌های فولادی نصب شده‌اند. هر چند این کار هزینه‌بر است ولی در کاهش تلفات ناشی از ترکش شیشه نقشی حیاتی دارد. به طور کلی، نما باید طراحی یکپارچه‌ای داشته باشد؛ از به کار بردن اجزای نما که در انفجار به قطعات خطرناک تبدیل می‌شوند (مانند سنگ‌های نما با اتصالات ضعیف یا تایل‌های نما بدون مهار پشت‌بندی) باید پرهیز شود. بخش زیادی از آوار خطرناک در انفجارها ناشی از کنده شدن عناصر نما و سقف کاذب است. بنابراین اتصال مناسب نما (مثلاً اتصال مکانیکی سنگ به سازه ساختمان یا استفاده از پانل‌های پیش‌ساخته محکم) ضروری است [۴].

مقاومت حریق سازه اداری نیز باید مطابق استانداردهای ان.اف.پی.ای و مقررات ملی تأمین شود. معمولاً برای ساختمان‌های اداری با ارتفاع متوسط، حداقل ۲ ساعت مقاومت حریق برای اعضای سازه‌ای اصلی الزام می‌شود. استفاده از اسپری‌های ضد حریق بر روی اسکلت فولادی، یا بتن‌پوش کردن ستون‌های فولادی گزینه‌هایی هستند که می‌توانند تحقق یابند. همچنین در ساختمان‌های بسیار حساس، عایق کاری انفجار و حریق توأمان انجام می‌شود، بدین صورت که ستون‌های اصلی با لایه‌هایی از مواد جاذب انرژی (مانند کامپوزیت‌های فایبرلیک) پوشانده می‌شوند تا هم در برابر حرارت و هم موج انفجار عملکرد بهتری داشته باشند.

سازه‌های الحاقی مانند سایبان‌ها، طره‌های نما و المان‌های دکوراتیو بیرونی در ساختمان اداری باید یا حذف شوند یا برای بار انفجار طراحی

شوند. چرا که طاق‌ها و پیش‌آمدگی‌ها تحت موج انفجار فشار شدیدی را تجربه می‌کنند و اگر مقاومت کافی نداشته باشند، به شدت تخریب و باعث آوار می‌شوند. اگر در طرح معماری وجود پیش‌آمدگی اجتناب‌ناپذیر است (مثلاً سایبان ورودی)، باید آن را با المان‌های سبک و گسسته (که در صورت افتادن خسارت زیادی نزنند) ساخت یا مقاومت آن را با مهاربند و کابل افزایش داد.

۳-۲-۵. طراحی فضاهای پناهگاهی و مسیرهای فرار

در ساختمان‌های اداری به دلیل حضور نیروهای کاری و بعضاً اسناد و تجهیزات مهم، پناهگاه‌ها و فضاهای امن نقش مهمی دارند. برای ادارات بزرگ و استراتژیک، طراحی یک پناهگاه مرکزی در طبقات پایین (مثلاً زیرزمین دوم یا سوم) معمول است. این پناهگاه می‌تواند محل امنی برای پرسنل حیاتی (کادر مدیریت بحران) در زمان حمله فراهم کند. به عنوان مثال، در برخی ساختمان‌های فرمانداری یا مراکز مدیریت، اتاق عملیات اضطراری^۱ را در فضایی زیرزمینی با بتن مسلح قوی و فیلترهای هواساز ضدشیمیایی می‌سازند تا حتی در حملات شدید نیز به کار خود ادامه دهد. مبحث ۲۱ مقررات ملی ساختمان، انواع پناهگاه‌ها را از نظر عملکرد (عمومی یا اختصاصی) و مدت زمان اقامت (کوتاه مدت تا ۷۲ ساعت، بلندمدت بیش از ۲ هفته) دسته‌بندی کرده و الزامات هر کدام را مشخص نموده است. برای ساختمان‌های اداری شهری، معمولاً پناهگاه کوتاه مدت کفایت می‌کند؛ یعنی فضایی که کارکنان بتوانند چند ساعت تا یک روز در آن در امان باشند تا عملیات نجات یا رفع تهدید انجام شود. این فضا باید گنجایش کلیه افرادی را که در ساختمان حضور دارند داشته باشد (مثلاً سرانه ۱ مترمربع به ازای هر نفر برای نشستن)، سازه و دیوارهای بسیار مقاوم (بتن مسلح ضخیم یا قطعات پیش‌ساخته پناهگاهی) داشته باشد، دارای درب‌های دو جداره سنگین و سیستم تهویه فیلتردار مستقل باشد. همچنین انباشت آب و غذا و کمک‌های اولیه برای جمعیت داخل آن پیش‌بینی شود. مکان پناهگاه بهتر است در بخش مرکزی یا زیرزمینی ساختمان باشد تا از همه طرف توسط سایر بخش‌ها محافظت شود و مستقیماً در معرض انفجار قرار نگیرد [۸]. نکته دیگر، وجود اتاق‌های امن پراکنده در طبقات است. در برخی طراحی‌های نوین، هر طبقه یک اتاق امن کوچک دارد که کارکنان در همان طبقه می‌توانند پناه بگیرند. این اتاق ممکن است یکی از اتاق‌های جلسات باشد که دیوارها و درب آن تقویت شده و قفل امنیتی دارد. چنین رویکردی زمان پناه‌گیری را کوتاه می‌کند اما باید دید آیا فضای امن مرکزی مناسب‌تر است یا چند فضای کوچک. تصمیم‌گیری بسته به ساختار سازمانی و سناریوهای تهدید خواهد بود.

از منظر مسیرهای فرار، ساختمان اداری معمولاً جمعیت بیشتری نسبت به مسکونی در خود جای می‌دهد و افراد غیربومی (مراجعین) نیز دارد. لذا طراحی خروجی‌ها باید فراتر از حداقل‌های استاندارد صورت گیرد. حداقل دو راه‌پله اضطراری دور از هم لازم است (در ساختمان‌های بسیار بلند حتی سه یا بیشتر). پهنای راه‌پله‌ها باید پاسخ‌گوی تخلیه هم‌زمان تمامی افراد باشد. همچنین برای جلوگیری از ازدحام، می‌توان خروجی‌های هر طبقه را به صورت زمان‌بندی شده تخلیه کرد (برای این کار سیستم‌های مدیریت تخلیه هوشمند وجود دارد). یک راهکار مهم در ادارات مدرن، طراحی آسانسورهای اضطراری ضدحریق است که در شرایط عادی استفاده نمی‌شوند، اما در زمان تخلیه برای کمک به سالمندان و حمل تجهیزات ضروری به کار می‌افتند. این آسانسورها در چاله‌های مقاوم حریق ویژه حرکت می‌کنند و منبع برق اضطراری دارند. آیین‌نامه ان.اف.پی.ای ۱۰۱ تأکید دارد که آسانسورهای اضطراری نباید جایگزین راه‌پله شوند بلکه مکمل آنها هستند [۳].

در یک ساختمان اداری بزرگ، ممکن است برخی طبقات برای پناه موقت در برابر حریق تجهیز شده باشند (مثلاً طبقات پناه در برج‌ها که هر چند طبقه یک بار طراحی می‌شود و محیطی است با حفاظت حریق و تهویه مستقل که افراد موقتاً در آن جمع می‌شوند). چنین طبقاتی در برخی مقررات (مثلاً در ساختمان‌های بالای ۲۰ طبقه) الزامی است. در ساختمان‌های کوتاه‌تر، می‌توان جای آن از پناهگاه زیرزمینی بهره برد. تمام مسیرهای خروج در اداره باید به وضوح با علائم شبرنگ مشخص شوند. آموزش دوره‌ای کارکنان از طریق مانورهای تخلیه بسیار ضروری است تا در شرایط واقعی دچار سردرگمی نشوند. چون غالب پرسنل ادارات ساعات زیادی را در ساختمان می‌گذرانند، می‌توان با آموزش و تمرین، آمادگی آنها را ارتقا داد.

1. EOC - Emergency Operations Center

از نظر حفاظت در برابر اقدامات تروریستی، ورودی‌های ساختمان اداری باید به گونه‌ای طراحی شوند که کنترل شده باشند، یعنی فضای ورود شامل یک سالن انتظار یا باجه بازرسی باشد که مراجعه‌کنندگان ابتدا در آنجا توسط نیروی حفاظت یا اسکنرهای امنیتی کنترل شوند و سپس اجازه ورود به بخش‌های داخلی را بیابند. این نوع طراحی (که شبیه به ورودی فرودگاه‌هاست) اگر چه در همه ادارات عملی نیست، اما برای ساختمان‌های حساس (دادگاه‌ها، سفارتخانه‌ها، فرمانداری‌ها) بسیار توصیه می‌شود. در واقع پلان باید اجازه ایجاد توقفگاه امنیتی را بدهد.

۴-۲-۵. ایمنی در سیستم‌های تأسیساتی

سیستم‌های تأسیساتی ساختمان اداری معمولاً گسترده‌تر و پیچیده‌تر از ساختمان مسکونی است. در بحث پدافند غیرعامل، حفاظت این سیستم‌ها دو منظور را دنبال می‌کند؛ تضمین تداوم کارکرد خدمات حیاتی (روشنایی، مخابرات، کامپیوترها و ...) و جلوگیری از ایجاد خسارت ثانویه (آتش‌سوزی، انفجار گاز و ...). [۸]

برای تأمین برق اضطراری ادارات، معمولاً یک دیزل ژنراتور مرکزی در نظر گرفته می‌شود که در هنگام قطع برق شهری، سیستم‌های ضروری را فعال نگه دارد. این سیستم‌های ضروری عبارت‌اند از روشنایی اضطراری، آسانسورهای اضطراری، پمپ‌های آب آتش‌نشانی، سیستم‌های آبی‌تی حیاتی (سرورها) و تجهیزات امنیتی. محل استقرار ژنراتور باید ایمن و حتی‌الامکان دور از بخش‌های عمومی باشد (مثلاً در اتاقی جداگانه با دیواره مقاوم). ذخیره سوخت دیزل برای حداقل چند ساعت کارکرد نیز ضروری است. در این راستا، استانداردهای بی‌اس‌ان و اف‌پی‌ای ۱۱۰ راهنمایی در مورد ظرفیت مخزن سوخت و نحوه تست ماهیانه ژنراتورها ارائه می‌دهند.

سیستم تهویه و تهویه مطبوع در ادارات می‌تواند راه نفوذ عوامل خطرناک باشد. باید تمهیداتی اندیشید که در صورت حمله شیمیایی/بیولوژیکی، سیستم تهویه مرکزی فوراً خاموش شده و دریچه‌های هوا بسته شوند تا آلودگی انتشار نیابد. حتی توصیه شده است در ساختمان‌های دولتی مهم، سنسورهای تشخیص عوامل شیمیایی در کانال‌های هوای ورودی نصب شود تا در صورت شناسایی عامل مشکوک، سیستم به‌طور خودکار قطع گردد. به علاوه، محل دهانه‌های هوای ورودی و خروجی باید به گونه‌ای باشد که افراد متفرقه نتوانند به آنها دسترسی یابند یا موادی داخل آنها بیاندازند [۶].

سیستم آب و اطفای حریق: برای ادارات وجود شبکه اسپرینکلر خودکار بسیار مهم است چرا که واکنش سریع سیستم اطفای می‌تواند از گسترش آتش‌سوزی (چه عمدی چه حادثه) جلوگیری کند. نصب اسپرینکلر را در فضاهای اداری بالای یک متر از زمین الزامی کرده است. همچنین سیستم‌های کشف حریق هوشمند (آشکار ساز دود و حرارت) باید با سیستم اعلام مرکزی ترکیب شوند تا هر گونه حریق جزئی فوراً اطلاع داده شود. در ساختمان‌های اداری ممکن است اتاق سرور یا دیتاسنتر وجود داشته باشد؛ این فضاها بهتر است سیستم اطفای ویژه (مانند گاز اف‌ام ۲۰۰) داشته باشند تا از تجهیزات الکترونیکی در برابر آتش محافظت کند بی‌آنکه خسارت آب به آنها وارد شود.

در حوزه شبکه گاز شهری، به‌طور معمول ساختمان‌های اداری بزرگ از گاز عمدتاً برای تأسیسات گرمایش استفاده می‌کنند. نصب شیر قطع خودکار زلزله و فشار برای انشعاب اصلی گاز توصیه می‌شود (مشابه ساختمان مسکونی). همچنین مسیر لوله‌کشی گاز باید ترجیحاً بیرون از ساختمان و در محوطه باز حرکت کند و در داخل بنا، از داکت‌های ایمن عبور نماید تا در صورت نشت احتمالی به تهویه مناسب دسترسی داشته باشد.

در مقوله سیستم مخابرات و اطلاعات، پایداری خطوط تلفن و اینترنت در بحران اهمیت زیادی دارد و برای حفاظت از آنها می‌توان مسیرهای ارتباطی پشتیبان در نظر گرفت تا اگر یک مسیر قطع شد، مسیر دیگر فعال شود. مثلاً داشتن هم خط تلفن سیمی و هم ارتباط رادیویی بی‌سیم در یک ساختمان مهم باعث تداوم ارتباطات در حملات سایبری یا فیزیکی می‌شود. اتاق سرور باید در محلی دور از بخش‌های پرخطر (مثل پارکینگ یا انبار) قرار گیرد و مجهز به سیستم کنترل دسترسی و دوربین باشد (تا از خرابکاری عمدی محافظت شود). همچنین تهیه نسخه‌های پشتیبان اطلاعاتی در مکانی خارج از ساختمان، بخشی از برنامه تداوم کسب و کار و تاب‌آوری در برابر حملات است [۳].

از نظر دوربین‌های مدار بسته و کنترل دسترسی نیز در اغلب ادارات مهم، یک مرکز مانیتورینگ امنیتی وجود دارد که تصاویر دوربین‌ها را ۲۴ ساعته پایش می‌کند. دوربین‌ها باید نقاط ورودی، راهروهای اصلی و محیط پیرامونی را پوشش دهند. سیستم کنترل دسترسی مانند

کارت‌خوان‌ها یا اثر انگشت در ورودی اتاق‌های حساس باعث می‌شود تنها افراد مجاز وارد آن فضاها شوند. این سیستم‌ها جزئی از پدافند غیرعامل محسوب می‌شوند، چراکه اقدام خرابکارانه را سخت‌تر کرده و زمان واکنش نیروهای امنیتی را افزایش می‌دهند.

در نهایت، مدیریت دود در سیستم تهویه مطبوع نیز نباید فراموش شود. وجود دمپرهای ضد دود در هر طبقه برای کانال‌ها الزامی است تا در صورت آتش‌سوزی، دود به سرعت به سایر طبقات سرایت نکند. برق این دمپر‌ها باید به سیستم اعلام حریق متصل باشد و در زمان آتش‌سوزی خودکار بسته شوند.

به‌طور کلی، در ساختمان‌های اداری هماهنگی نزدیکی بین تیم معماری، سازه و تأسیسات از مراحل اولیه طراحی لازم است تا یک طرح جامع و امن به دست آید. این همکاری چندرشته‌ای کمک می‌کند که عناصر سازه‌ای، پلان فضاها و تجهیزات تأسیساتی همگی در راستای افزایش ایمنی و کاهش آسیب‌پذیری یکپارچه عمل کنند.

شکل ۲۹. خلاصه راهکارهای طراحی معماری برای ساختمان‌های اداری



مأخذ: همان.



۵-۳. راهکارهای طراحی معماری برای ساختمان‌های تجاری

۵-۳-۱. طراحی پلان مقاوم

ساختمان‌های تجاری (شامل مراکز خرید، فروشگاه‌های بزرگ، بازارچه‌ها و برج‌های با کاربری تجاری) به دلیل تجمع زیاد جمعیت عمومی و همچنین ارزش اقتصادی، از دید پدافند غیرعامل باید با دقت طراحی شوند. یکی از چالش‌های اصلی در این ساختمان‌ها، وسعت فضاهای باز داخلی (مانند آتریوم‌ها و سالن‌های فروش) است که از نظر سازه‌ای دهانه‌های بزرگ و ستون‌های کم‌تری دارند و در صورت انفجار یا زلزله ممکن است دچار آسیب گسترده شوند. برای حل این مشکل، طراحی پلان باید به گونه‌ای باشد که فضاهای بزرگ با عناصر واسط شکسته شوند؛ مثلاً آتریوم مرکزی یک مرکز خرید می‌تواند با استفاده از تیغه‌های شیشه‌ای تقویت شده به چند بخش تقسیم شود تا موج انفجار احتمالی در کل آن فضا پخش نشود. همچنین طراحی چندین حیاط کوچک به جای یک حیاط بزرگ مرکزی می‌تواند پراکندگی خسارت را بیشتر کند.

در پلان کلی مرکز تجاری، بهتر است ورودی‌های اصلی به صورت حجمی فرورفته یا با بادبندهای جانبی طراحی شود تا در صورت وقوع انفجار در ورودی، ساختار اطراف آن مقاومت کافی داشته باشد. استفاده از درهای خودبسته‌شونده سنگین در مغازه‌ها و ورودی‌ها نیز یک اقدام پیشگیرانه است تا موج انفجار بیرونی کمتر به داخل نفوذ کند. همچنین توصیه می‌شود در مجتمع‌های تجاری بزرگ، پارکینگ‌های زیرزمینی یا طبقاتی جدا از بنای اصلی باشند یا حداقل با دیوارهای بتنی قوی از فضاهای فروش مجزا شوند؛ زیرا پارکینگ حاوی خودروهای پرسوخت یک منبع خطر جدی در آتش‌سوزی و انفجار است. اگر پارکینگ در طبقات پایین ساختمان تجاری تعبیه می‌شود، حتماً باید میان آن و طبقات فروش دال بتنی تقویت شده و دیوارهای حائل مقاوم وجود داشته باشد تا در صورت انفجار خودرو در پارکینگ، خسارت به فروشگاه‌ها نرسد.

استاندارد اِس.بی.دی^۱ برای محیط‌های تجاری بر ایجاد قلمروبندی مشخص و جلوگیری از دسترسی آسان مهاجم به بخش‌های داخلی تأکید دارد. در پلان یک مجتمع خرید، این مفهوم را می‌توان با طراحی راهروهای کنترل شده پیاده کرد؛ یعنی ورودی‌ها طوری باشند که نتوان یک خودرو را مستقیماً تا داخل مجتمع راند (وجود پیچ‌ها، موانع). مسیرهای دسترسی باراندازها (برای بارگیری کالا) نیز باید جدا از مسیر مشتریان و با امکان نظارت امنیتی باشد. چنانچه ممکن باشد، بارانداز تحویل کالا در فاصله‌ای از ساختمان اصلی قرار گیرد (مثلاً یک سکوی مجزا در محوطه) تا در صورت انفجار محموله مشکوک، ساختمان اصلی در امان باشد [۶].

شکل کلی پلان مرکز تجاری بهتر است پراکنده باشد؛ برای مثال به جای یک بلوک بزرگ، از چند بلوک کوچک‌تر با فواصل بین‌شان تشکیل شود (مثل طرح پردیس). این کار احتمال آنکه یک انفجار کل مجموعه را از کار بیاندازد کم می‌کند. همچنین طراحی فضای باز و سبز در دل مجتمع (حیاط مرکزی روباز) می‌تواند به عنوان حفره انفجاری عمل کند که موج را به هوا هدایت می‌کند. البته در این صورت باید اطراف حیاط با شیشه‌های مقاوم محافظت شود تا ترکش و موج وارد فروشگاه‌ها نشود. دسترسی‌ها در پلان تجاری بسیار مهم‌اند. باید به وضوح مسیرهای دسترسی عموم، مسیرهای کارکنان و مسیرهای خدمات (مانند تأمین کالا، زباله) از هم جدا شوند تا کنترل هر کدام ممکن باشد. به عنوان مثال، می‌توان راهروهای خدمات پستی را در پشت مغازه‌ها تعبیه کرد که فقط پرسنل اجازه ورود دارند و این راهروها مستقیم به خارج یا به بارانداز وصل باشند. با این کار، افراد متفرقه به بخش پشت مغازه‌ها راه نمی‌یابند و در صورت لزوم می‌توان این راهروهای خدماتی را به سرعت قفل و ایزوله کرد.

در خصوص تهدیدات آتش‌سوزی، پلان باید نواحی مقاوم حریق داشته باشد. یعنی مجتمع به چند بخش مجزا از نظر حریق تقسیم شود که میان آنها دیوارهای ضدحریق سرتاسری (از کف تا کف) وجود دارد. این دیوارها ممکن است درب خودبسته‌شونده داشته باشند که در حالت عادی باز است ولی در زمان آتش‌بسته می‌شود و بخش‌ها را ایزوله می‌کند. به عنوان مثال، هر طبقه مرکز خرید را می‌توان به دو یا سه زون

1. Secured by Design (SBD)

حریق مستقل تقسیم کرد. این طراحی در پلان باید از ابتدا منظور شود زیرا روی مکان راهروها و پلکان‌ها اثر می‌گذارد [۳]. پایداری در برابر زلزله نیز به دلیل وسعت دهانه‌ها و جمعیت زیاد، در مراکز تجاری اهمیت ویژه دارد. پلان باید امکان تعبیه قاب‌های مهاربندی متعدد را بدهد؛ مثلاً می‌توان ستون‌های داخلی (هر چند در معماری فروشگاه‌های ناخوشایند است) را در برخی نقاط به عنوان مهارکننده اضافه کرد تا طول دهانه‌های بدون پشتیبان کاهش یابد. همچنین چیدمان فروشگاه‌ها در پلان بهتر است طوری باشد که فضاهای خالی بزرگ روی هم قرار نگیرند (برای جلوگیری از طبقه نرم).

۲-۵. مصالح و سازه ایمن

در ساختمان‌های تجاری، انتخاب سازه غالباً براساس نیاز به دهانه‌های بزرگ و انعطاف‌پذیری فضایی صورت می‌گیرد؛ برای مثال سقف‌های پس‌تنیده بتنی یا خرپاهای فولادی در سقف استفاده می‌شود. هر المانی که در سازه چنین بناهایی نقش حیاتی دارد (مانند ستون‌های اصلی اطراف آتریوم مرکزی) باید برای سناریوی انفجار موضعی نیز طراحی شود. این به معنای افزایش ضریب اطمینان، اتصالات قوی‌تر و شاید دور کردن ستون‌ها از دسترس مستقیم (قرار دادن پشت المان‌های معماری) است. اصل پنهان‌سازی سازه می‌گوید بهتر است عناصر سازه‌ای حساس (مثل ستون‌ها) آشکار و در معرض دید و برخورد، نباشند. می‌توان آنها را پشت دیوارهای بنایی مستحکم یا مبلمان مخفی کرد تا در یک انفجار خیابانی، مستقیماً آسیب نبینند [۲۲].

مصالح کف و سقف باید تحمل بار انفجار و زلزله را داشته باشند. کف‌های پیش‌تنیده گسترده اگر چه برای بهره‌برداری معمول عالی‌اند، اما در برابر ضربه انفجاری ممکن است شکننده عمل کنند. لذا شاید استفاده ترکیبی از تیر و دال سنتی (با آرماتور کافی) یا افزودن الیاف فولادی به بتن پیش‌تنیده مدنظر باشد تا شکل‌پذیری آن افزایش یابد. سقف‌های کاذب و المان‌های تزئینی آویزان در مراکز تجاری نیز باید با مهار اضافی محافظت شوند تا در زلزله یا موج انفجار ریزش نکنند. مثلاً سیستم مهار ثانویه سقف کاذب با وایرهای اضافی به سقف اصلی متصل شود [۴]. نمای ساختمان تجاری غالباً ترکیبی از شیشه و متریال‌های سبک است. همان‌طور که ذکر شد، شیشه‌ها باید حتماً لمینیت باشند. در فروشگاه‌ها معمولاً ویتترین‌های شیشه‌ای بزرگ در طبقه همکف وجود دارد که بسیار آسیب‌پذیرند. می‌توان برای محافظت بیشتر، از شاترهای فلزی استفاده کرد که شب‌ها یا هنگام تهدید، جلوی این شیشه‌ها بسته می‌شوند (کرکره‌های برقی ضد سرقت/ضد انفجار). این شاترها در استانداردهای ای.سی.بی.دی نیز توصیه شده‌اند و برخی مدل‌های آن تست انفجار شده‌اند. نصب فریم‌های تقویت‌شده فولادی برای نما نیز ضروری است؛ نما باید به سازه مهار شود تا حتی در صورت شکستن اجزاء، کل قاب فرو نریزد.

مورد دیگر، سازه سقف‌های شیشه‌ای یا نورگیرهاست که در مراکز تجاری رایج‌اند. این نورگیرها باید از شیشه‌های ایمن و سازه مهارشده ساخته شوند تا تبدیل به نقطه ضعف نشوند. بهتر است سطح آنها هم کوچک‌تر بخش‌بندی شود (مثلاً به جای یک نورگیر بزرگ یکپارچه، چندین نورگیر کوچک‌تر با فواصل) تا موج انفجار احتمالی یکی، همه را نشکند.

از جنبه مقاومت حریق، مصالح نما و دکوراسیون داخلی باید کندسوز باشند. متأسفانه در برخی مراکز خرید استفاده زیاد از مواد قابل اشتعال در دکور (چوب، پارچه، فوم‌های تزئینی) دیده می‌شود که در تناقض با ایمنی حریق است. باید براساس مقررات، حد مجاز مواد قابل احتراق در فضاهای تجمع تعیین و کنترل شود. استفاده از سیستم اسپرینکلر گسترده، کمی این ریسک را جبران می‌کند ولی بهتر است در درجه اول مواد کم‌خطرتر استفاده شود [۲].

سازه مجتمع‌های تجاری بزرگ معمولاً جزو ساختمان‌های با اهمیت زیاد طبقه‌بندی می‌شوند و مقررات سخت‌گیرانه‌تری درباره طراحی لرزه‌ای آنها اعمال می‌شود (مثلاً ضریب اهمیت ۱/۲ در استاندارد ۲۸۰۰). این بدان معناست که مصالح و سیستم سازه‌ای باید قادر باشند نیروی بیشتری را تحمل کنند. مهندس سازه باید سناریوی حضور حداکثری جمعیت (بار زنده زیاد) و وقوع زلزله یا انفجار را هم‌زمان در نظر بگیرد و ترکیب بارهای استثنایی را بررسی کند. وجود میرایی اضافی در سازه (با استفاده از میراگرها یا جرم‌های تنظیم‌شونده) می‌تواند هم ارتعاشات لرزه‌ای را کاهش دهد هم حتی در ضربه انفجار کمک‌کننده باشد.



۳-۳-۵. طراحی فضاهای پناهگاهی و مسیرهای فرار

در ساختمان‌های تجاری بزرگ، علاوه بر کارکنان، جمعیت زیادی از مردم عادی حضور دارند که شناختی از فضا ندارند. بنابراین سیستم تخلیه و پناه باید بسیار کارآمد و واضح باشد. در درجه اول، نیاز است که افراد در هنگام خطر سریعاً به بیرون ساختمان هدایت شوند (تخلیه کامل) زیرا نگره داشتن جمعیت زیاد در یک پناهگاه داخل ساختمان دشوار است. با این حال، می‌توان اتاق‌های امن موقت برای کارکنان کلیدی یا مدیران مجتمع در نظر گرفت (مثلاً یک اتاق مدیریت بحران در مرکز کنترل مجتمع که ایمن‌سازی شده). این اتاق می‌تواند مجهز به سیستم دوربین‌ها و تلفن باشد تا حتی در شرایط آشوب، مدیران امنیت بتوانند اوضاع را زیر نظر گرفته و دستورهای لازم را صادر کنند. اما برای عموم مردم، همان برنامه تخلیه به بیرون بهترین گزینه است.

به منظور تسهیل تخلیه، تعداد خروجی‌های مراکز تجاری معمولاً باید زیاد باشد. طبق کدهای ان.اف.پی.ای، مراکز تجمعی با ظرفیت بالا (مانند مال‌ها) باید حداقل چهار خروجی در چهار سمت داشته باشند تا جمعیت به نزدیک‌ترین خروجی هدایت شوند. راهنمایی مردم به سمت خروج‌ها باید توسط علائم بزرگ، بلندگوهای اضطراری و نیروهای آموزش دیده انجام شود. در طراحی معماری، باید دقت شود که پلان پیچ‌درپیچ و گیج‌کننده نباشد، دید به خروجی‌ها مسدود نشود (مثلاً با چیدمان غرفه‌ها) و در نقاط حیاتی، مسیر فرار جایگزین وجود داشته باشد. عدم بن‌بست یکی از اصول کلیدی است؛ راهروهای طویل انتهایی باید یا به خروجی منتهی شوند یا با راهروی دیگر به شکل شبکه ارتباط داشته باشند. در طراحی مراکز تجاری باید حداکثر طول راهروی بن‌بست را محدود کرده (مثلاً ۶ متر برای ساختمان‌های پرخطر) تا کسی در گوشه‌ای به دام نیفتد [۳].

علاوه بر خروجی‌های افقی در طبقات همکف، پلکان‌های فرار عمودی باید به تعداد کافی و در مکان‌های مناسب پیش‌بینی شوند. هر طبقه از یک مرکز خرید چنانچه مساحت بزرگی دارد، شاید نیاز به بیش از دو پلکان داشته باشد. این پلکان‌ها باید به گونه‌ای توزیع شوند که مردم هر بخش، کوتاه‌ترین مسیر را به یک پلکان داشته باشند. همچنین ظرفیت پلکان‌ها جمعاً باید پاسخ‌گوی کل جمعیت طبقه فوقانی باشد (مثلاً اگر هر طبقه ۱۰۰۰ نفر گنجایش دارد و دو پلکان وجود است، هر پلکان ۵۰۰ نفر در زمان معین بتواند تخلیه کند). استانداردهای طراحی تخلیه روش‌هایی برای محاسبه زمان تخلیه و عرض پله براساس سرعت حرکت جمعیت دارند که در طراحی لحاظ می‌شود.

برخی کشورها در ساختمان‌های تجاری چند طبقه، طبقات پناه برای آتش در نظر می‌گیرند تا اگر افراد نتوانستند همه راه‌پله را پایین بروند، در آن طبقه امن توقف کنند. اگر مقررات ملی چنین الزامی ندارد، معمار می‌تواند به‌طور ابتکاری برخی تراس‌های باز یا بام سبز را به عنوان فضای تجمع امن طراحی کند که در مواقع آتش‌سوزی افراد به آنجا پناه ببرند و تا رسیدن آتش‌نشانان در امان باشند. البته این سناریو نیازمند تجهیزات نجات (مانند نردبان هوایی) در سازمان آتش‌نشانی است. پناهگاه‌های ضد انفجار در مراکز تجاری معمول نیست چون تخلیه مردم اولویت دارد. اما برای کارکنان امنیتی و نیروهای امدادی می‌توان اتاق پناه کوچکی نزدیک ورودی‌ها ایجاد کرد که اگر تیراندازی یا حمله مسلحانه شد، بتوانند در آن موضع بگیرند (شبیه اتاق‌های امن پلیس در بانک‌ها). این اتاق‌ها دیوار و شیشه ضد گلوله دارند و دید به فضای فروشگاه ارائه می‌دهند.

۴-۳-۵. ایمنی در سیستم‌های تأسیساتی

تأسیسات یک مجتمع تجاری بزرگ بسیار شبیه به ساختمان اداری پیچیده است، با این تفاوت که ممکن است تأسیسات صنعتی ویژه (مثل سردخانه‌ها، آسانسورهای پانوراما، پله برقی‌ها، سیستم صوتی عمومی و غیره) هم داشته باشد. در درجه اول، ایمنی حریق تأسیسات مهم است؛ سیستم تهویه باید دارای هواکش‌های خودکار باشد که در هنگام آتش، دود را از سالن‌ها خارج کنند. این امر به‌خصوص در آتریوم‌های بلند که دود تجمع می‌کند ضروری است. برای همین، طراحی تهویه مکانیکی پارکینگ و فضاهای داخلی باید با سناریوی دودسوزی مطابقت داشته باشد. نصب دمپرهای ضد دود و حریق در کانال‌های تهویه بین فروشگاه‌ها لازم است. همچنین سیستم اعلام حریق باید بخش‌بندی شود تا مشخص کند حریق در کدام فروشگاه یا طبقه است و همان‌جا آلام دهد [۳].

سیستم برق اضطراری برای مراکز تجاری باید بتواند حداقل روشنایی‌های ضروری و سیستم صوتی اعلان را فعال نگه دارد، زیرا در تاریکی

و بی صدا، ازدحام و وحشت مردم فاجعه‌بار خواهد بود. ژنراتورهای برق اضطراری باید در محل حفاظت‌شده (مثلاً طبقه پشت‌بام یا یک اتاق مستقل در زمین) نصب شوند و مخازن سوخت آنها نیز ایمن‌سازی شود (محصور در حوضچه ضد انفجار). همچنین در مراکز خرید مدرن، اتصال شبکه‌ای به مراکز پلیس و آتش‌نشانی برقرار است؛ مثلاً با فشار یک دکمه اضطراری در اتاق کنترل، سیگنالی به نزدیک‌ترین ایستگاه پلیس ارسال می‌شود. این سیستم‌ها باید دارای خط ارتباطی پشتیبان (مثلاً خط تلفن و بی‌سیم) باشند تا در صورت قطع یکی، دیگری کار کند.

از نظر مخازن سوخت و تأسیسات خطرناک نیز در مراکز تجاری ممکن است دیزل ژنراتور (به همراه مخزن سوخت چند هزار لیتری)، دستگاه‌های خنک‌کننده آمونیاکی یا ترانس‌های بزرگ برق وجود داشته باشد. همه این‌ها پتانسیل خطر دارند (انفجار یا آتش). طبق اصول پدافند غیرعامل، باید این تجهیزات را حتی‌الامکان خارج از ساختمان اصلی و در سازه‌های جانبی کم‌اهمیت جای داد. مثلاً ژنراتور و دیزل در اتاقکی جدا در گوشه محوطه باشد که در صورت انفجار، مجتمع آسیب نبیند. اگر ناچار در داخل بناست، باید اتاق آنها با دیوارهای احتراقی ۴ ساعته از بقیه قسمت‌ها جدا گردد. مخازن سوخت حتماً مجهز به سیستم اطفای خودکار (مانند اسپری آب-فوم) و سنسور نشت باشند [۳].

از نظر سیستم‌های امنیتی، مراکز تجاری علاوه بر خطرات انفجار و آتش، با مسئله تهدیدات تروریستی مثل بمب‌گذاری یا تیراندازی نیز مواجه‌اند. لذا تجهیز کل بنا به دوربین مدار بسته امری متداول شده است. همچنین وجود گیت‌های بازرسی در ورودی (به‌ویژه در زمان‌های حساس یا در شهرهای پرخطر) قابل پیش‌بینی است. معماری باید فضای کافی و مناسب برای این ایست و بازرسی اختصاص دهد تا در صورت افزایش سطح امنیتی، مشکلی در عبور و مرور مشتریان پیش نیاید.

کنترل دسترسی به فضاهای پشت‌صحنه نیز مهم است. مثلاً موتورخانه‌های آسانسورها، پشت‌بام (که ممکن است مورد سوءاستفاده تک‌تیرانداز قرار گیرد) و اتاق‌های تأسیسات باید قفل و تحت نظارت باشند تا افراد غیرمسئول وارد نشوند. سیستم هشدار نفوذ (دزدگیر) در خارج ساعات کاری مجتمع، امنیت را ارتقا می‌دهد و اگر کسی به‌طور غیرمجاز وارد شود، نگهبانان را مطلع می‌کند.

در کنار مسائل فنی، وجود یک طرح مدیریت بحران برای ساختمان‌های پرجمعیت ضروری است. در این طرح باید نقش‌ها و وظایف پرسنل در شرایط اضطراری (از آتش‌سوزی گرفته تا تهدید بمب) مشخص باشد. معماری می‌تواند این طرح را با فراهم کردن فضاهای موردنیاز پشتیبانی کند؛ برای مثال اتاق فرمان بحران (اتاقی با مانیتور دوربین‌ها، نقشه‌های ساختمان، وسایل ارتباطی) طراحی شود. یا محل فرود بالگرد روی بام برای تخلیه مصدومان در مراکز خیلی بزرگ دیده شود (اگر چه ساخت هلی‌پورت خود نیازمند شرایط سازه‌ای و فضایی خاص است).

تأسیسات و زیرساخت‌های ساختمان تجاری باید تاب‌آوری چندجانبه در برابر خرابی فیزیکی (با پشتیبانی و حفاظت)، در برابر قطع خدمات (با پشتیبان‌ها) و در برابر سوءاستفاده عمدی (با کنترل دسترسی و نظارت) داشته باشند؛ این امر از اصول پدافند غیرعامل است که شریان‌های حیاتی ساختمان حتی‌المقدور در شرایط سخت نیز فعال بمانند.

شکل ۳۰. خلاصه راهکارهای طراحی معماری برای ساختمان‌های تجاری

راهکارهای طراحی معماری برای ساختمان‌های تجاری



مأخذ: همان.

۶. ارائه چک‌لیست‌های طراحی براساس تهدیدات مختلف برای هر کاربری

در این بخش، چک‌لیست‌هایی کاربردی برای طراحی معماری ایمن ارائه می‌شود که به تفکیک نوع تهدید (انفجار، ایمنی در برابر آتش‌سوزی، کنترل نفوذ و امنیت فیزیکی) و برای هر یک از سه کاربری مورد بحث (مسکونی، اداری، تجاری) تهیه شده‌اند. این چک‌لیست‌ها به شکل نکات اجرایی خلاصه شده‌اند تا معماران و مهندسان بتوانند در مراحل طراحی، به سرعت موارد مهم را مرور و کنترل نمایند. توجه شود که این چک‌لیست‌ها جنبه راهنما داشته و طبعاً برای هر پروژه با توجه به شرایط خاص باید بومی‌سازی شوند؛ اما نکات درج‌شده برگرفته از استانداردهای معتبر (مبحث ۲۱، ان.اف.پی.ای^۱، فِما^۲، بی.اس^۳ و غیره) بوده و حداقل‌های ایمنی در برابر هر تهدید را پوشش می‌دهند.

۶-۱. چک‌لیست طراحی (با تمرکز بر انفجار، آتش‌سوزی و کنترل نفوذ) برای ساختمان‌های مسکونی

برای ساختمان‌های مسکونی، موارد کلیدی زیر به‌عنوان چک‌لیست طراحی مبتنی بر پدافند غیرعامل پیشنهاد می‌شود:

تهدید انفجار

■ افزایش فاصله و محافظت پیرامونی: ساختمان را با فاصله مناسب از خیابان و معابر شلوغ قرار داده و در جلوی آن فضای سبز یا حیاط حایل ایجاد کنید تا اثر موج انفجار احتمالی کاهش یابد. استفاده از موانع خودروبی نظیر بولاردهای استاندارد در اطراف ورودی مجتمع، خطر بمب خودرویی را کم می‌کند [۴].

■ طراحی نما و بازشوها: نمای ساختمان، ساده، بدون تورفتگی و پیش‌آمدگی‌های خطرناک باشد. مثلاً از بالکن‌های ممتد یا نمای شیشه‌ای

1. The National Fire Protection Association (NFPA)
2. Federal Emergency Management Agency (FEMA)
3. British Standards

پیوسته که در انفجار تخریب گسترده ایجاد می‌کنند اجتناب گردد. تعداد پنجره‌ها در حد نیاز باشد و حتماً از شیشه‌های لمینیت چندلایه یا پوشش‌های ایمنی استفاده شود تا خرد نشوند. نمای طبقات پایین‌تر می‌تواند با دیوارهای بنایی تقویت شده یا عناصر بتنی پوشیده شود تا ضربه انفجار را جذب کند [۸].

■ **هسته سازه‌ای قوی:** همان‌طور که در پژوهش اشاره شد، راه‌پله و آسانسور در یک هسته مرکزی بتن آرمه یا دیوارهای برشی قوی قرار گیرند تا در برابر انفجار بیرونی مقاومت کنند و مسیر خروج پس از انفجار ایمن بماند. همچنین ستون‌ها و دیوارهای باربر پیرامونی با جزئیات گیردار و خاموت‌گذاری ویژه طراحی شوند تا در برابر بارهای ضربه‌ای ناگهانی دچار گسیختگی نشوند.

■ **جلوگیری از پیش‌رونده بودن انفجار:** سازه ساختمان‌های مسکونی به‌ویژه در طبقات پایین باید طوری طراحی شود که خرابی یک عضو (مثلاً برداشتن یک ستون در انفجار) موجب فرو ریختن زنجیره‌وار کل سازه نشود. برای این منظور استفاده از قاب‌های پیوسته و عضوهای دویل در دهانه‌های بحرانی یا دیوارهای حائل سازه‌ای توصیه می‌شود.

ایمنی در برابر آتش‌سوزی

■ **تعداد و محل خروج‌ها:** حداقل دو راه خروج اضطراری برای هر طبقه/هر واحد پیش‌بینی شود. برای ساختمان‌های بیش از سه طبقه، دو راه‌پله مجزا در نقاط مختلف بنا تعبیه گردد تا در صورت حریق در یکی، دیگری قابل استفاده باشد. طبق ان.اف.پی.ای، این خروجی‌ها نباید نزدیک به هم باشند و باید حداقل نصف قطر ساختمان از یکدیگر فاصله داشته باشند [۳].

■ **کنترل دود و حریق:** راه‌پله‌ها حتماً محصور و با درهای ضد حریق خودبسته‌شو تجهیز شوند تا به‌عنوان دودبند عمودی عمل کنند. اگر بودجه اجازه دهد، راه‌پله‌های طبقات بالا به دستگاه فشار مثبت هوا مجهز شوند که مانع نفوذ دود به مسیر خروج گردد. آسانسورها برنامه‌ریزی شوند که در آتش‌سوزی به طبقه همکف برگشته و از کار بیفتند (ان.اف.پی.ای ۱۰۱).

■ **سیستم‌های اعلام و اطفای:** نصب سیستم کشف و اعلام حریق (دتکتور دود/حرارت در واحدها و فضاهای مشاع) الزامی است. همچنین اسپرینکلر خودکار طبق استاندارد ان.اف.پی.ای ۱۳ به‌ویژه در پارکینگ‌ها، راهروهای مشترک و بخش‌هایی با خطر بیشتر (مانند اتاق ترانس برق یا انبار) پیش‌بینی گردد. اسپرینکلرها می‌توانند شعاع تأثیر آتش را محدود کرده و زمان کافی برای تخلیه ایجاد کنند [۳].

■ **مصالح و جزئیات ضد حریق:** عناصر سازه‌ای (تیر، ستون) حداقل دو ساعت مقاومت حریق داشته باشند (با پوشش ضد حریق مناسب). جداسازی حریق بین واحدهای مسکونی با دیوارهای دودبند و سقف‌های مقاوم انجام شود تا آتش احتمالی در یک واحد به واحدهای دیگر سرایت نکند. کف‌سازی و دیوارپوش‌ها از مصالح کندسوز با درجه مناسب انتخاب شوند. مسیرهای خروج عاری از هرگونه مصالح یا تجهیزاتی باشند که در آتش ایجاد دود و حرارت شدید می‌کنند.

■ **تسهیل امداد رسانی:** طراحی سایت باید امکان دسترسی آسان خودروهای آتش‌نشانی را به نزدیکی ورودی‌های ساختمان بدهد. مثلاً عرض معبر داخلی مجتمع حداقل ۶ متر باشد و فضای مانور خودروی امدادی پیش‌بینی شود. شیرهای هیدرانت^۱ آتش‌نشانی در محوطه و جلوی ساختمان نصب شود.

کنترل نفوذ و امنیت فیزیکی

■ **محدودسازی ورودی‌ها:** برای مجتمع‌های محصور، تنها یک ورودی سواره و یک ورودی پیاده اصلی در نظر گرفته شود و سایر جهات با دیوار یا حصار امن محصور گردد. در هر ورودی نگهبانی با دید مناسب به داخل و خارج مستقر شود. اصل نظارت طبیعی ایجاد می‌کند که فضاهای عمومی و ورودی‌ها در معرض دید ساکنان قرار داشته باشند. مثلاً پنجره‌های واحدهای نگهبانی یا مسکونی مشرف به درب ورودی باشند تا فعالیت‌ها زیر نظر باشد.

۱. شیر برداشت آب آتش‌نشانی در فضای باز ساختمان که برای تأمین آب مورد نیاز عملیات اطفای حریق توسط خودروها و مأموران آتش‌نشانی استفاده می‌شود.



■ **کنترل دسترسی:** استفاده از سیستم‌های آیفون تصویری، کارت خوان یا اثر انگشت برای درب‌های لابی و راه‌پله‌ها توصیه می‌شود تا فقط ساکنان و میهمانان مورد تأیید بتوانند وارد شوند. آسانسور می‌تواند طبقات را تنها با کارت مخصوص هر طبقه فعال کند تا افراد غریبه به طبقات غیر مجاز دسترسی نیابند.

■ **طراحی محوطه امن:** فضای باز مجتمع طوری طراحی شود که قابلیت دفاع داشته باشد. برای نمونه، بوته‌ها و درختچه‌های کوتاه و نورپردازی مناسب محوطه، دید کافی را فراهم کرده و نقاط کور ایجاد نمی‌کند (جلوگیری از کمین افراد مزاحم). پارکینگ‌های مجتمع، به خصوص پارکینگ زیرزمینی، با دوربین مدار بسته پوشش داده شود و ورودی پارکینگ به درب امنیتی مجهز باشد تا تنها خودروهای مجاز وارد شوند.

■ **استحکامات درب و پنجره:** تمامی درب‌های خارجی (مثل درب واحدها، درب لابی، درب پارکینگ) از نوع ضد سرقت با چارچوب محکم انتخاب شود. پنجره‌های طبقات همکف حتماً به حفاظ یا شیشه لمینیت مجهز باشند تا ورود سارقین دشوار گردد. قفل‌های چندپله‌ای و استانداردهای مقاومت فیزیکی برای بازشوها رعایت گردد (مثلاً استاندارد مقاومت درب در برابر اهرم کردن). این اقدامات احتمال نفوذ را کاهش می‌دهد.

■ **پیش‌بینی نظارت الکترونیک:** نصب سیستم دزدگیر پیرامونی، سنسورهای حرکت در نقاط حساس (مانند پشت بام یا حیاط خلوت) و دوربین‌های مدار بسته با قابلیت دید در شب در ورودی‌ها و راهروهای اصلی توصیه می‌شود. این تجهیزات ضمن بازدارندگی، در صورت وقوع نفوذ به سرعت هشدار داده و امکان واکنش سریع را فراهم می‌کنند. مرکز مانیتورینگ کوچک در داخل مجتمع (اتاق نگهبانی) برای پوشش تصاویر دوربین‌ها در نظر گرفته شود.

با رعایت مجموعه اقدامات فوق در طراحی ساختمان‌های مسکونی، می‌توان انتظار داشت که ساختمان در برابر سناریوهای مختلف تهدید (آتش‌سوزی داخلی، انفجار خارجی یا حمله سارقان) عملکرد بهتری از خود نشان داده و از ساکنان حفاظت بهتری به عمل آورد.

۶-۲. چک‌لیست طراحی (با تمرکز بر انفجار، آتش‌سوزی و کنترل نفوذ) برای ساختمان‌های اداری

در ادامه، مهم‌ترین توصیه‌های طراحی پدافند غیرعامل برای ساختمان‌های اداری در قالب چک‌لیست سه‌گانه ارائه می‌گردد:

مقابله با انفجار

■ **فاصله و موانع:** ساختمان اداری خصوصاً اگر دولتی یا حساس است، باید دارای حریم امنیتی در اطراف خود باشد. ایجاد میدانچه جلوی ساختمان یا فاصله حداقل ۳۰ تا ۵۰ متری بین خیابان و نما (در صورت امکان) توصیه می‌شود. در ورودی محوطه اداری، نیوجرسی‌های بتنی یا بولاردهای کف‌نشین نصب گردد تا خودرو نتواند با سرعت به ساختمان نزدیک شود. همچنین پارکینگ‌های روباز جلوی ساختمان به حداقل برسند و پارکینگ زیرزمینی فقط با ملاحظات امنیتی (بازرسی وسایل نقلیه) استفاده شود.

■ **نمای مقاوم:** نمای ساختمان‌های اداری مهم، علاوه بر سادگی شکل، بهتر است با دیوار پرده‌ای مقاوم یا مصالح کامپوزیت تقویت شده طراحی شود که در برابر انفجار فرو نپاشد. شیشه‌های نما حتماً لمینیت سکوریت بوده و قاب پنجره‌ها دارای چفت و بست مکانیکی قوی به سازه باشند. برای طبقات پایین حتی می‌توان از شیشه‌های ضد انفجار بهره گرفت. درزهای انبساط نما با نوارهای مقاوم پر شود تا قطعات نما در اثر موج جدا نشوند.

■ **سقف‌ها و کف‌ها:** در سازه اداری حتماً دیافراگم‌های کف (سقف طبقات) به صورت یکپارچه و با ظرفیت اضافه طراحی گردند تا در صورت انفجار موضعی زیر یک طبقه، کف بالایی ریزش نکند. همچنین چیدمان داخلی به گونه‌ای باشد که هیچ انباشتگی مواد قابل انفجار (مانند ذخیره کاغذ یا سیلندر گاز آزمایشگاه) در نزدیکی جداره‌های خارجی قرار نگیرد.

■ **تجهیزات جذب انفجار:** به کارگیری جزئیاتی مانند شیشه‌های دوپسته با پرده اتوماتیک (که در حالت انفجار پرده سریع بسته و ترکش شیشه را می‌گیرد) یا پانل‌های جذب انرژی در دیوارهای پیرامونی (مثلاً لایه‌های فوم خاص در دیوارهای کاذب) در ساختمان‌های اداری بسیار

حساس پیشنهاد می‌شود. گرچه این موارد هزینه‌بر است اما برای تأمین عملکرد بی‌وقفه سازمانی حیاتی و قابل توجیه است.

ایمنی حریق

■ **تفکیک کاربری‌های پرخطر:** در طراحی اداری باید فضاهایی چون بایگانی، اتاق کامپیوتر و تأسیسات که دارای بار آتش بالاتری هستند، با دیوارهای جداگانه مقاوم حریق حداقل ۲ ساعته از دفاتر کارکنان جدا شوند. برای مثال، اتاق سرور در اتاقک مقاوم حریق (سرور روم) با سیستم اطفای گاز پاک مجزا باشد تا در صورت آتش‌سوزی آسیبی به سایر بخش‌ها نرسد.

■ **راه‌های خروج اضطراری:** هر طبقه اداری دست‌کم دو راه‌پله خروج داشته باشد. اگر ساختمان مرتفع است (بالتر از ۲۳ متر)، ضوابط ویژه ساختمان‌های بلند از نظر فشار مثبت راه‌پله‌ها و تعبیه خروجی افقی رعایت شود. خروجی افقی می‌تواند طبقات را دو بخش مجزا کند که افراد در صورت حریق در یک بخش، به بخش دیگر همان طبقه پناه ببرند. طراحی راه‌پله‌ها مطابق مقررات ملی (عرض حداقل ۱٫۲۰ متر، پاگردهای کافی) صورت گیرد که تخلیه هم‌زمان کارکنان میسر باشد.

■ **سامانه‌های اعلام و اطفاء:** علاوه بر اسپرینکلر خودکار در تمام بنا (به‌ویژه سقف کاذب اتاق‌های کامپیوتر و آرشیو)، سیستم کشف نشستی گاز و دود در بخش‌های حساس نصب گردد که قبل از گسترش آتش هشدار دهد. کپسول‌های آتش‌نشانی دستی به تعداد کافی و مناسب در نقاط قابل دسترس تعبیه شوند.

■ **برق اضطراری و آسانسور آتش‌نشانی:** برای ساختمان اداری بلند، یک آسانسور باید به‌عنوان آسانسور آتش‌نشانی با منبع برق اضطراری و مقاومت حریق تجهیز شود تا تیم‌های امدادی را در ارتفاع جابه‌جا کند. همچنین سیستم برق اضطراری (یو.پی.‌اس و ژنراتور) روشنایی راه‌پله‌ها، علائم خروج و تجهیزات ضروری (مثل سرورها) را در مدت کافی تأمین نماید تا حتی در قطعی برق ناشی از حادثه، ایمنی و عملکرد برقرار بماند.

■ **مدیریت دود:** تهویه اضطراری در راهروهای بدون پنجره و پارکینگ‌ها پیش‌بینی شود تا دود حریق تخلیه گردد. دریچه‌های خروج دود در بالای چاه‌های آسانسور و راه‌پله به‌صورت خودکار باز شوند و فن‌های تخلیه دود در پارکینگ و راهرو کفایت ظرفیت را داشته باشند. این اقدام‌ها از انباشت دود خفه‌کننده در مسیرهای فرار جلوگیری می‌کند.

امنیت و نفوذناپذیری

■ **کنترل ورودی و خروجی:** ساختمان اداری باید ورودی‌های محدودی داشته باشد (ترجیحاً یک ورودی اصلی برای مراجعان و یک ورودی مجزا برای کارکنان) که هر دو تحت نظارت نگهبانی و تجهیزات بازرسی باشند. نصب گیت‌های کنترل تردد (گیت کنترل کارت یا دستگاه ایکس‌ری برای بازرسی کیف در ورودی‌های مهم دولتی) بسیار مؤثر است. همه کارکنان کارت شناسایی پرسنلی داشته باشند و مراجعان نیز پس از ثبت و کنترل به داخل راه یابند.

■ **نظارت تصویری و دزدگیر:** تمام طبقات و مناطق حساس با دوربین مداربسته نظارت شوند؛ اتاق مانیتورینگ ۲۴ ساعته تصاویر را پایش کند. سنسورهای حرکتی در راهروهای کم‌رفت‌وآمد یا ساعات غیرکاری فعال باشند تا هر حرکت مشکوک را هشدار دهند. سیستم‌های هشدار نفوذ به پنجره‌های طبقات همکف و زیرزمین (شکستن شیشه یا باز شدن غیرمجاز) وصل شوند. این تمهیدات باعث می‌شود هرگونه تلاش برای نفوذ بلافاصله شناسایی و متوقف شود.

■ **امنیت سایبری و الکترونیکی:** اگرچه تمرکز پژوهش بر مباحث معماری است، اما چون بسیاری از ادارات اطلاعات حساس دارند، پدافند غیرعامل ایجاب می‌کند که اتاق سرور و شبکه رایانه‌ای در امن‌ترین نقطه ساختمان با حداقل دسترسی فیزیکی قرار گیرد و حتی‌الامکان شبکه‌های ارتباطی افزونه (مثل لینک ارتباط ماهواره‌ای یا بی‌سیم مستقل) برای مواقع بحران پیش‌بینی شود. این مورد در معماری با در نظر گرفتن محل نصب آنتن‌های ارتباطی امن و مسیرهای کابل‌کشی حفاظت‌شده همراه است.

■ **درهای امنیتی:** همه درهای منتهی به بخش‌های حساس (مانند بایگانی اسناد محرمانه یا اتاق مدیرعامل) از نوع ضد سرقت تقویت‌شده با



فولاد باشند و به سیستم کنترل دسترسی مجهز گردند. دیوارهای اطراف این قسمت‌ها نیز بهتر است با لایه‌های ساندویچی مقاوم (مثلاً دیوار آجری + ورق فولادی در میانه + آجر یا بتن) ساخته شوند تا نفوذ فیزیکی با تخریب دیوار نیز دشوار گردد.

■ **خط‌مشی امنیتی:** طراحی معماری هر چند مهم است، ولی کافی نیست. لذا باید در ساختمان اداری تمهیداتی نرم نیز اندیشید؛ مثلاً تعریف مناطق ممنوعه عکس‌برداری در نقشه، مشخص کردن نقاط تجمع امن برای کارکنان در زمان حمله و آموزش‌های تخلیه و پناهگیری. معمار می‌تواند با طراحی تابلوها و مسیرهای راهنمای واضح، اجرای این خط‌مشی‌ها را تسهیل کند (برای نمونه تابلو «خروج اضطراری» که مسیر پله‌ها را نشان دهد یا برچسب «ورود ممنوع» بر درب اتاق‌های حساس).

با پیاده‌سازی موارد فوق، ساختمان اداری در برابر ورود غیرمجاز مصون‌تر، در برابر انفجار و آتش‌سوزی ایمن‌تر و در حفظ تداوم فعالیت‌های ضروری موفق‌تر خواهد بود. این امر به‌ویژه برای سازمان‌های دولتی و مراکز استراتژیک اهمیت دوچندان دارد و طراحی باید پاسخ‌گوی این نیازها باشد.

۳-۶. چک‌لیست طراحی (با تمرکز بر انفجار، آتش‌سوزی و کنترل نفوذ) برای ساختمان‌های تجاری

برای مراکز و ساختمان‌های تجاری، اهم راهبردهای طراحی جهت مقاومت در برابر انفجار، ایمنی حریق و پیشگیری از جرم به شرح زیر فهرست می‌شود:

راهبردهای مقابله با انفجار

■ **مدیریت خودرویی و بمب‌گذاری:** جلوگیری از ورود وسایل نقلیه به نزدیکی فضای تجمع مشتریان بسیار مهم است. طراحی محوطه باید طوری باشد که خودروها نتوانند به ساختمان کوبیده شوند (استفاده از موانع فیزیکی و تغییر مسیر سواره). پارکینگ‌های زیرزمینی مجهز به بازرسی خودرویی در ورودی باشند و از پارک کامیون‌های سنگین در زیرمجموعه تجاری جلوگیری شود. در محل‌های پرتردد بیرونی (مثل ورودی اصلی)، سطوح زباله ضدانفجار یا شفاف نصب گردد تا امکان جاسازی بمب به حداقل برسد.

■ **ساختار مقاوم:** سازه مرکز تجاری به‌ویژه در دهانه‌های بزرگ (سالن‌ها و آتریوم) باید در برابر انفجار احتمالی مهندسی شود. استفاده از ستون‌های مرکب یا بادبندهای ضربدری در قاب‌های پیرامونی می‌تواند سختی سازه را بالا ببرد. همچنین المان‌های شیشه‌ای بزرگ (نماهای فروشگاه‌ها) با طلق‌های ایمنی پوشانده شوند که در صورت انفجار فرو نریزند. نصب فیلم‌های محافظ ترکش روی شیشه‌های ویتترین فروشگاه‌ها توصیه می‌شود.

■ **زون‌بندی انفجاری داخلی:** از آنجاکه در مراکز خرید احتمال انفجار داخلی (مانند گذاشتن وسیله انفجاری در سبد یا فروشگاه) وجود دارد، طراحی باید پیامد آن را محدود کند. برای این منظور، دیواره‌ها و تیغه‌های بین مغازه‌ها تا سقف اصلی امتداد داشته و مقاومتی نسبی در برابر فشار ناگهانی داشته باشند تا موج انفجار در یک فروشگاه به کل طبقه سرایت نکند. همچنین در پیچه‌های تخلیه فشار در سقف کاذب آتریوم در نظر گرفته شود که موج انفجار مسیر کم‌مقاومت به سمت بالا پیدا کند و به سازه کمتر آسیب برسد. این در پیچه‌ها می‌توانند پنجره‌های نورگیری باشند که در حالت عادی بسته و در فشار معین باز می‌شوند.

■ **حفاظت از تأسیسات حیاتی:** در پاساژها و مجتمع‌های چندمنظوره، عملکردهای زیادی وابسته به تأسیسات است (برق، تهویه، آسانسورها). برای افزایش تداوم کاربری پس از حادثه، اتاق برق و ژنراتور در بخش امن و دور از مراجعین (مثلاً بام یا زیرزمین دوردست) قرار گیرد و سازه آن تقویت شده باشد. سیستم اعلان عمومی (بلندگوهای اضطراری) در کل مرکز نصب شود تا در صورت انفجار یا تهدید امنیتی، بتوان فوراً به مشتریان پیام تخلیه یا راهنمایی داد. چنین سیستم‌هایی باید منبع برق پشتیبان و حفاظت فیزیکی داشته باشند تا در اثر انفجار از کار نیفتند.

راهبردهای ایمنی حریق:

■ **ظرفیت خروج کافی:** بار تجمع افراد در مراکز تجاری زیاد است و باید خروجی‌های کافی برای تخلیه در زمان کوتاه پیش‌بینی شود. مقررات

ایمینی ملی و جهانی ایجاد می‌کنند که برای فروشگاه‌های بزرگ و تالارهای تجمع، حداقل دو خروجی کاملاً مجزا با عرض زیاد (مثلاً در مراکز خرید ۳ متر و بیشتر) باشد. راه‌پله‌های فرار چندتایی در اطراف بنا تعبیه شود تا جمعیت هر بخش به نزدیک‌ترین خروج هدایت شوند. تأکید می‌شود که هیچ سالن یا راهرویی بن‌بست طولانی نداشته باشد؛ در صورت وجود مسیر بن‌بست (مثلاً راهروی خدمات)، انتهای آن یک درب خروج اضطراری به بیرون داشته باشد تا تبدیل به تله مرگ نشود.

■ **سیستم‌های اطفای خودکار:** سیستم آب‌افشان (اسپرینکلر) خودکار تقریباً برای تمام ساختمان‌های تجاری بزرگ الزامی است و باید مطابق استاندارد طراحی و زون‌بندی شود. پوشش اسپرینکلرها حتی فضاهای پنهان سقف کاذب فروشگاه‌ها و انبارها را شامل شود. علاوه بر اسپرینکلر، سنسورهای دودی در هر ۹۰ متر مربع نصب شود تا آتش در مراحل اولیه شناسایی و آژیر عمومی فعال شود. دکه‌های اعلام حریق دستی نیز در فواصل مناسب (خروجی فروشگاه‌ها، کنار پله‌برقی‌ها) تعبیه شود تا پرسنل در صورت مشاهده خطر آن را فعال کنند.

■ **کنترل دود در آتریوم:** بسیاری از مجتمع‌های تجاری دارای آتریوم مرکزی یا فضای باز بزرگ هستند. در طراحی این فضاها باید سامانه تخلیه دود پیش‌بینی شود. سقف‌های شیشه‌ای باز شو که در صورت حریق با فرمان سنسور دود باز می‌شوند، گزینه‌ای مناسب است تا دود و حرارت به دام نیفتد و به‌طور طبیعی خارج شود. همچنین پرده‌های دودبند مخفی در سقف ممکن است برای جلوگیری از انتشار دود به طبقات دیگر در پیرامون آتریوم نصب شوند که هنگام حریق پایین آمده و دهانه‌ها را موقتاً مسدود می‌کنند.

■ **دسترسی آتش‌نشانی:** ساختمان تجاری باید دسترسی خوبی برای نیروهای امدادی داشته باشد. مثلاً محوطه دورتادور مرکز خرید امکان استقرار خودرو آتش‌نشانی را داشته باشد (طراحی محوطه با شعاع گردش مناسب). شیرهای هیدرانت آتش‌نشانی در بیرون ساختمان (هر ۵۰ متر یک عدد) نصب شود تا آتش‌نشانان بتوانند شلنگ آب را به هر ورودی برسانند. آسانسورهای ویژه حمل بار می‌توانند در زمان آتش‌سوزی، تحت کنترل آتش‌نشانی برای انتقال تجهیزات به طبقات مورد استفاده قرار گیرند (با پیش‌بینی کلید کنترل مخصوص در طبقه همکف).

■ **تجهیزات ایمنی و آموزش:** علاوه بر تجهیزات ساختمانی، کارکنان مجتمع‌های تجاری باید دوره‌های مدیریت تخلیه اضطراری ببینند تا در هنگام وقوع آتش راهنمای مردم باشند. از نظر معماری می‌توان نقاط تجمع امن را در پلان و با تابلو مشخص کرد (مثل حیاط بیرونی یا پارکینگ باز) که مردم پس از خروج از ساختمان در آنجا جمع شوند و شمارش شده و به محل امن هدایت گردند. این نقاط در طراحی محوطه باید ظرفیت کافی برای جمعیت تخلیه‌شونده داشته باشند.

راهبردهای کنترل نفوذ و پیشگیری از جرم

■ **طراحی مبتنی بر نظارت:** مراکز تجاری باید به شکلی طراحی شوند که بیشترین دید و کمترین نقاط پنهان را داشته باشند. ستون‌ها و زوایای دید در پارکینگ‌ها طوری در نظر گرفته شود که دوربین‌ها و نگهبان‌ها تسلط داشته باشند. روشنایی مناسب در تمامی فضاها (به‌خصوص سرویس‌های بهداشتی، راه‌پله‌ها و پارکینگ) نصب شود تا محیط روشن و قابل رویت باشد. مغازه‌ها با پنجره‌های شیشه‌ای رو به راهرو طراحی شوند تا فعالیت درون آنها از بیرون قابل مشاهده باشد (اصل نظارت طبیعی بر فروشگاه‌ها).

■ **کنترل دسترسی به بخش‌های غیرعمومی:** ورودی‌های بخش خدماتی/انبار از قسمت مشتریان جدا باشد. مثلاً برای تحویل بار فروشگاه‌ها ورودی مجزایی در پشت ساختمان طراحی شود تا افراد متفرقه به همراه محموله وارد فضای عمومی نشوند. درهای منتهی به پله‌های خدماتی یا پشت‌بام مجهز به سیستم هشدار باشند تا در صورت باز شدن غیرمجاز آلام به اتاق کنترل ارسال شود.

■ **امنیت پس از ساعات کاری:** طراحی باید امکان امن‌سازی مجموعه در ساعات تعطیلی را فراهم کند. نصب کرکره‌ها یا دروازه‌های امنیتی در مدخل اصلی پاساژ و ورودی تک‌تک مغازه‌ها ضروری است. این کرکره‌ها بهتر است از نوع مشبک مقاوم باشند تا ضمن نمایش ویتترین، مانع نفوذ شوند. سیستم دزدگیر اماکن برای هر فروشگاه تعبیه شود که هنگام تعطیلی فعال باشد و به مرکز حفاظتی یا پلیس متصل باشد.



■ **حفاظت از اماکن حساس:** در مراکز تجاری ممکن است بخش‌هایی مانند صرافی، فروشگاه طلا یا مرکز داده مالی وجود داشته باشد که نیازمند حفاظت ویژه‌اند. معماری باید این فضاها را در نقاطی که از دید حراست نزدیک هستند (مثلاً جنب دفتر اداری مرکز یا نزدیک نگهبانی) جانمایی کند. دیوارها و شیشه‌های آنها تقویت شده (ضد گلوله) باشد و دسترسی به آن با یک تله در ممکن باشد؛ یعنی دو در پشت سر هم که فقط یکی در هر زمان باز شود تا سرقت مسلحانه یا فرار مجرمان سخت گردد.

■ **مدیریت ازدحام و تهدیدات تروریستی:** طراحی مسیرهای عبوری باید به گونه‌ای باشد که در مواقع ازدحام، جمعیت بتواند پراکنده شود و راه خروج را بیابد. از ایجاد فضاهای بسیار تنگ که در ازدحام خطر مرگبار دارند، پرهیز شود (عریض نگه داشتن راهروها و خروجی‌ها). همچنین جهت کاهش خطرات تروریستی، نصب گیت‌های بازرسی کیف و بدن در ورودی‌های مراکز خرید بزرگ (در شرایط هشدار امنیتی بالا) پیش‌بینی فضا شود؛ معماری باید فضای کافی برای صف انتظار و بازرسی بدون تداخل با جریان عادی ایجاد کند (مثل یک فرورفتگی در ورودی با دستگاه فلزیاب و ایکس‌ری). هر چند این تجهیزات ممکن است دائمی استفاده نشوند، اما آماده‌سازی زیرساخت آنها به چابکی واکنش مرکز تجاری در شرایط تهدید کمک می‌کند.

راهکارهای فوق‌الذکر کمک می‌کنند تا ساختمان‌های تجاری که محل تجمع انبوه مردم هستند، ضمن حفظ ماهیت باز و دعوت‌کننده خود، از ایمنی لازم در برابر حوادث و تهدیدات برخوردار شوند. توجه به جزئیات اجرایی (مانند کیفیت قفل‌ها، علامت‌گذاری مسیرهای فرار و غیره) در کنار ملاحظات کلان معماری ضروری است تا الگوهای پیشنهادی به‌طور واقعی مؤثر واقع شوند.

۷. جمع‌بندی و ارائه پیشنهادی اجرایی برای نهادهای ذی‌ربط

معماری مبتنی بر پدافند غیرعامل به‌عنوان رویکردی پیش‌نگرانه و ایمن‌ساز، نقشی کلیدی در کاهش مخاطرات ناشی از تهدیدات غیرطبیعی برای ساختمان‌ها و شهرها ایفا می‌کند. در این پژوهش اهمیت و کاربرد اصول پدافند غیرعامل در طراحی ساختمان‌های مسکونی، اداری و تجاری تبیین شد و مشخص شد که با به‌کارگیری راهبردهایی همچون مکان‌یابی بهینه، تقویت سازه‌ای، طراحی مناسب فرم و نما، تعبیه فضاهای امن و بهسازی اجزای آسیب‌پذیر می‌توان به میزان قابل توجهی آسیب‌پذیری ساختمان را کاهش و ایمنی جانی ساکنان را افزایش داد. از سوی دیگر، وجود مقررات ملی ساختمان (مبحث ۲۱) منعکس‌کننده توجه نظام‌یافته به این مقوله است، اما تحقق اهداف آن در گرو اجرای دقیق توسط تمام دست‌اندرکاران صنعت ساختمان است. برای نیل به این منظور، در این پژوهش مجموعه‌ای از پیشنهادهای اجرایی ارائه گردید که اصلاح و تکمیل چارچوب‌های مقرراتی، ارتقای نقش نظارتی و آموزشی شهرداری‌ها، سازمان نظام‌مهندسی، دستگاه‌های ذی‌ربط و نیز برنامه‌ریزی مرحله‌ای برای ایمن‌سازی ساختمان‌های موجود را شامل می‌شود. تحقق این اقدامات نیازمند عزم جدی مدیریتی و افزایش آگاهی عمومی و حرفه‌ای است.

تجارب نشان می‌دهد که در شرایط عادی ممکن است برخی الزامات ایمنی کم‌اهمیت تلقی شوند یا هزینه‌بر پنداشته شوند، اما هنگام بروز بحران، همین الزامات تضمین‌کننده حفظ جان انسان‌ها و تداوم خدمات ضروری خواهند بود. بنابراین، رویکرد پیشگیرانه در قالب پدافند غیرعامل بخشی جدایی‌ناپذیر از توسعه پایدار و تاب‌آور محسوب می‌شود. معماران و مهندسان می‌بایست در کنار ملاحظات زیبایی‌شناختی و عملکردی، مؤلفه‌های ایمنی و دفاع غیرعامل را نیز جزئی از مسئولیت حرفه‌ای خود بدانند. به بیان دیگر، طراحی ایمن باید به‌عنوان یک پارادایم اصلی تثبیت شود تا محیط‌های ساخته‌شده‌ای داشته باشیم که در عین برخورداری از کارایی و زیبایی، در مواجهه با خطرات نیز محافظ جان شهروندان و سرمایه‌های کشور باشند. کاربست اقدامات پدافند غیرعامل در طراحی معماری، به‌مثابه ابزاری توانمند، توان دفاعی و حفاظت از ساختمان‌ها را افزایش داده و به نیاز اساسی امنیت پاسخ مؤثری دهد.

در پایان، ضمن تأکید بر ضرورت استمرار پژوهش‌ها در این زمینه و به‌روزرسانی دانش فنی مرتبط، امید است پیشنهادهای ارائه شده مورد

توجه دست‌اندرکاران قرار گرفته و گامی عملی در جهت ایمن‌سازی هرچه بیشتر ساختمان‌ها و شهرهای مادر برابر مخاطرات آینده محسوب گردد. در ادامه، به‌طور خلاصه نقش دستگاه‌های مختلف در اجرایی‌سازی مباحث مطرح‌شده بیان شده است:

نقش دستگاه‌های مختلف در اجرایی‌شدن پدافند غیرعامل در ساختمان

اجرای موفق استراتژی‌های فوق نیازمند مشارکت همه‌جانبه نهادهای مرتبط است. مقررات ملی ساختمان (مبحث ۲۱) که توسط وزارت راه و شهرسازی تدوین شده، چارچوب فنی لازم برای کاهش آسیب‌پذیری را تعیین می‌کند. باین حال، تحقق کامل این اهداف به نقش‌ها و وظایف مشخص چندین نهاد بستگی دارد:

■ شهرداری‌ها و مراجع صدور پروانه ساخت

شهرداری‌ها با صدور مجوزهای ساخت، بررسی طرح‌ها و نظارت بر اجرا، نقش اصلی را در اعمال ضوابط ایمنی ایفا می‌کنند. مطالعات نشان می‌دهد شهرداری‌ها با استفاده از ابزارهایی چون کمیسیون‌های مواد (۱۰۰) و (۵) می‌توانند ساخت‌وساز ایمن مطابق اصول پدافند غیرعامل را کنترل کنند. همچنین تجهیز معابر و تأمین فضاهای امن شهری (از جمله پناهگاه‌ها و مسیرهای تخلیه اضطراری) در حوزه وظایف شهرداری‌ها قرار دارد.

■ نظام‌مهندسی ساختمان و مهندسان

سازمان نظام‌مهندسی و انجمن‌های مهندسی موظف‌اند اطمینان دهند که مقررات مبحث ۲۱ در طراحی و نظارت به‌ویژه در ساختمان‌های مهم و پرجمعیت رعایت می‌شود. مهندسان طراح با به‌کارگیری مصالح مقاوم و جزئیات سازه‌ای مناسب و مهندسان ناظر با نظارت دقیق بر اجرای نقشه‌ها، وظیفه ارتقای مقاومت ساختمان‌ها را برعهده دارند. به‌علاوه، آموزش مداوم مهندسان در دوره‌های تخصصی پدافند غیرعامل برای به‌روز نگه‌داشتن دانش فنی نیز ضروری است.

■ وزارت راه و شهرسازی (دفتر مقررات ملی ساختمان)

بازنگری و اصلاح مقررات پدافند غیرعامل (از جمله به‌روزرسانی مبحث ۲۱) برعهده این وزارتخانه است. بهینه‌سازی ضوابط طراحی و انتشار دستورالعمل‌های اجرایی جدید متناسب با تهدیدهای نوین، مبنای قانونی اجرای پروژه‌های ایمن‌سازی را فراهم می‌کند.

■ وزارت کشور

این وزارتخانه از طریق سازمان مدیریت بحران کشور، هماهنگی کلی برنامه‌های پدافند غیرعامل شهری را انجام می‌دهند. به‌عنوان نمونه، سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران و شهرداری با اجرای طرح «مدرسه آماده» و برگزاری مانورهای آمادگی، زمینه افزایش امنیت فضاهای آموزشی را فراهم کرده‌اند.

■ سازمان برنامه و بودجه

تخصیص بودجه برای مقاوم‌سازی ابنیه مهم و نوسازی ساختارهای فرسوده برعهده این سازمان است. با اولویت‌دهی بودجه‌ای به پروژه‌های تاب‌آورسازی شهری (مانند بازسازی مدارس و بیمارستان‌ها براساس معیارهای ایمنی)، می‌توان مطالبه اجرایی شدن توصیه‌های پدافندی را تسهیل کرد.

■ دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی

دانشگاه‌ها با انجام پژوهش‌های کاربردی در زمینه پدافند غیرعامل و تربیت مهندسان متخصص، شتاب‌دهنده توسعه دانش فنی هستند. به‌طور مثال، تحقیقات پیرامون طراحی یک اتاق امن در ساختمان‌های آموزشی (مطالعه موردی دانشگاه هنر تهران) بر اهمیت اجرای این رویکرد تأکید کرده است. انتشار نتایج این مطالعات و برگزاری کارگاه‌های تخصصی می‌تواند الگوساز سایر پروژه‌ها باشد.

■ سازمان ملی استاندارد

تدوین و نظارت بر استاندارد مصالح مقاوم در برابر انفجار و ضربه (مانند شیشه‌های ضد گلوله و قطعات سازه‌ای تقویت‌شده) از وظایف این سازمان است. اطمینان از تطابق محصولات تولیدی و وارداتی با این استانداردها از طریق آزمایش و گواهی فنی انجام شود.

■ تولیدکنندگان و واردکنندگان مصالح ساختمانی

این گروه موظفانده مصالح منطبق با ضوابط پدافند غیرعامل را عرضه کنند. همکاری با مراکز تحقیقاتی برای بهبود کیفیت و کسب گواهی‌های فنی مرتبط، و رعایت مقررات ملی ساختمان در تولید کالاها، از اقدامات مهم آنان است.

اجرای هماهنگ این اقدامات نیازمند عزم مدیریتی قوی و افزایش آگاهی عمومی و تخصصی است. در شرایط امروز پذیرفتن ایمنی به عنوان پارادایم اصلی طراحی معماری امری اجتناب‌ناپذیر است تا محیط‌های ساخته شده علاوه بر کارایی و زیبایی، در مقابل خطرات نیز حافظ جان شهروندان باشند. در نهایت تأکید می‌گردد که پدافند غیرعامل در معماری زمانی می‌تواند حداکثر اثربخشی را داشته باشد که علاوه بر اقدامات فنی و کالبدی، با رویکردی انسان‌محور و سازگار با زندگی شهری همراه شود. توجه متوازن به مؤلفه‌های اجتماعی (مانند آموزش، مشارکت شهروندی و ارتقای کیفیت محیط شهری) در کنار چک‌لیست‌های فنی، تضمین می‌کند که ایمنی و تاب‌آوری شهر افزایش یابد بی‌آنکه پویایی و حیات روزمره آن مختل گردد.

با توجه به نتایج به دست آمده، در این بخش پیشنهادهای اجرایی پژوهش در سه محور اصلی ۱. اصلاحات پیشنهادی در مقررات ملی ساختمان ایران (به ویژه مبحث ۲۱)، ۲. اقدامات پیشنهادی برای نهادهای اجرایی و حرفه‌ای (شهرداری‌ها، سازمان نظام مهندسی و شورای عالی شهرسازی) و ۳. تعیین اولویت‌ها برای به کارگیری ملاحظات پدافند غیرعامل در ساختمان‌های جدید و موجود ارائه می‌گردد:

الف) اصلاح مقررات ملی ساختمان (مبحث ۲۱ پدافند غیرعامل)

با توجه به تجربه اجرای مبحث ۲۱ طی سال‌های اخیر، بازنگری و به‌روزرسانی این مقررات ضرورتی انکارناپذیر است. نخست، گسترش دامنه شمول مقررات پیشنهاد می‌شود؛ مقررات فعلی صرفاً برای طراحی ساختمان‌های جدید در برابر بارهای انفجاری تدوین شده و ساختمان‌های موجود را دربر نمی‌گیرد. شایسته است آیین‌نامه یا راهنمایی تکمیلی برای ارتقای ایمنی ساختمان‌های موجود تدوین گردد تا خلأ مقرراتی در این حوزه پوشش داده شود.

دوم، تنوع بخشی به انواع تهدیدات پوشش داده شده ضروری است. در ویرایش فعلی، تهدید مبنا حمله هوایی و انفجارهای متعارف در نظر گرفته شده و تهدیدات هسته‌ای، شیمیایی، میکروبی، برخورد مستقیم پرتابه‌ها و جنگ الکترونیک صراحتاً از شمول مبحث خارج شده‌اند. با توجه به تحول ماهیت تهدیدات (از جمله به کارگیری پهپادهای تهاجمی، حملات به زیرساخت‌های شهری و تهدیدات سایبری در جنگ‌های ترکیبی معاصر)، لازم است ویرایش جدید مقررات این موارد را نیز لحاظ کرده یا به صورت پیوست‌های تخصصی ارائه نماید. به گفته مدیر کل دفتر مقررات ملی ساختمان [۲۸]، بازنگری مبحث ۲۱ با نگاه به تهدیدات نوپدید در دستور کار قرار گرفته و باید بر تدوین مقررات مکمل برای این موارد تسریع گردد.

سوم، براساس بازخوردهای حاصل از اجرای آزمایشی، اصلاح برخی الزامات فنی و جزئیات طراحی پیشنهاد می‌گردد. برای مثال، تعریف دقیق تری از سطح حفاظت مورد انتظار برای ساختمان‌های با اهمیت متوسط و کم (مانند مجتمع‌های مسکونی و تجاری معمولی) ارائه شود تا طراحان در پروژه‌های متعارف نیز به میزان کافی الزامات را رعایت کنند. همچنین لزوم پیش‌بینی حداقل یک فضای امن قابل بهره‌برداری در هر ساختمان پرجمعیت (مثلاً الزامی شدن اتاق امن در آپارتمان‌های بزرگ یا پناهگاه مشترک در برج‌ها) به مقررات افزوده شود؛ رویکردی که در مقررات کشورهای پیشرو و استانداردهای بین‌المللی نیز مورد تأکید است.

چهارم اینکه، هم‌سویی بیشتر با استانداردهای جهانی می‌تواند غنای مبحث ۲۱ را افزایش دهد. هر چند این مقررات ماهیتی بومی دارد و باید به ملاحظات اقتصادی ساخت و ساز کشور توجه ویژه داشت، بهره‌گیری از اسناد معتبر بین‌المللی نظیر راهنمای امنیت اماکن که به توصیف ویژگی‌های ساختاری، حفاظتی و اجرایی برای کاهش آسیب‌پذیری‌های امنیتی می‌پردازد و همچنین استانداردهای ایمنی ساختمان در برابر انفجار، می‌تواند در تدوین اصلاحات آتی سودمند باشد.

در نهایت، تضمین اجرای مقررات نیز بخش مهمی از اصلاحات محسوب می‌شود؛ پیشنهاد می‌گردد در متن مبحث ۲۱ یا آیین‌نامه‌های مرتبط، نحوه کنترل و بازرسی الزامات پدافند غیرعامل به روشنی مشخص شود و نقش دستگاه‌های مسئول (نظام مهندسی، شهرداری، سازمان پدافند غیرعامل) در این میان تقویت گردد. به‌طور خلاصه، بازنگری مبحث ۲۱ با لحاظ نمودن دامنه تهدیدات گسترده‌تر، پوشش ساختمان‌های موجود، الزامات صریح‌تر برای ساختمان‌های عادی و انطباق با دانش روز بین‌المللی، اقدامی کلیدی در ارتقای ایمنی ساخت و ساز کشور خواهد بود.

ب) اقدامات برای شهرداری‌ها، سازمان نظام مهندسی، شورای عالی شهرسازی و معماری ایران و دستگاه‌های اجرایی

اجرای موفق اصول پدافند غیرعامل، نیازمند همکاری و اهتمام جدی نهادهای نظارتی، اجرایی و تخصصی در حوزه ساختمان و شهرسازی است. نقش مراجع صدور پروانه علی‌الخصوص شهرداری‌ها در این میان بسیار پررنگ است؛ چراکه مطابق [قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان](#) (مصوب ۱۳۷۴) و آیین‌نامه‌های اجرایی مرتبط، صدور پروانه ساختمان و پایان کار برای ساختمان‌های بخش خصوصی منوط به رعایت مقررات ملی ساختمان است. بنابراین، شهرداری‌ها باید نظارت بر الزامات پدافند غیرعامل را به یکی از محورهای اصلی کنترل‌های خود بدل کنند. توصیه می‌شود در شهرداری‌های شهرهای بزرگ، واحدهای تخصصی یا کارگروه‌های پایش پدافند غیرعامل تشکیل شود تا در مراحل بررسی نقشه‌ها و بازدیدهای حین ساخت، موارد مبحث ۲۱ را کنترل نمایند. همچنین شهرداری‌ها می‌توانند با همکاری سازمان پدافند غیرعامل، نقشه جامع ایمنی و پدافند شهری را برای شهرهای خود تدوین نمایند. این نقشه باید شامل مکان‌یابی پناهگاه‌های عمومی شهری، شناسایی ساختمان‌های بسیار حساس و برنامه‌های تخلیه اضطراری شهر باشد. در کلان‌شهری مانند تهران، سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران عهده‌دار برنامه‌ریزی، نظارت و هماهنگی در اجرای پناهگاه‌های شهری است؛ این تجربه باید به سایر شهرها نیز تعمیم یابد و در سطح ملی، شورای عالی شهرسازی و معماری ایران می‌تواند با ابلاغ بخشنامه‌ها و دستورالعمل‌ها، شهرداری‌ها را ملزم به لحاظ اصول پدافند غیرعامل در طرح‌های توسعه شهری کند.

از سوی دیگر، توصیه می‌شود که سازمان نظام مهندسی ساختمان به‌عنوان نهاد حرفه‌ای ناظر بر طراحان و مجریان، اجرای مبحث ۲۱ را توسط اعضای خود مطالبه و تضمین کند. پیشنهاد می‌شود سازمان نظام مهندسی در چک‌لیست‌های کنترل نقشه و مراحل بازرسی، بندی ویژه برای ملاحظات پدافند غیرعامل بیفزاید. همچنین آموزش و ارتقای دانش مهندسان در این زمینه اهمیت زیادی دارد؛ برگزاری دوره‌های آموزشی تخصصی پدافند غیرعامل برای طراحان معماری و محاسبات سازه، انتشار کتاب‌ها و راهنماهای کاربردی و ارائه امتیاز آموزشی در نظام رتبه‌بندی مهندسان می‌تواند انگیزه و آگاهی لازم را ایجاد کند.

شورای عالی شهرسازی و معماری ایران نیز نقش سیاستگذار کلان را ایفا می‌کند. این شورا می‌تواند با تصویب ضوابطی جهت پراکندگی و جانمایی کاربری‌های حساس شهری (مانند بیمارستان‌ها، مراکز امدادی، تأسیسات انرژی و مخابرات) براساس ملاحظات پدافند غیرعامل، از تمرکز بیش از حد زیرساخت‌های حیاتی در یک محدوده جلوگیری کند. به‌علاوه، شورای عالی شهرسازی می‌بایست اصول پدافند غیرعامل را در راهنماهای تهیه طرح‌های تفصیلی و جامع شهری بگنجانند تا شرکت‌های مهندسين مشاور دارای گرید شهرسازی در مراحل مکان‌یابی و طراحی شبکه معابر، فضاهای سبز و کاربری اراضی ملزم به رعایت این اصول شوند. در مجموع، هماهنگی بین این سه نهاد و پشتیبانی نهادی قوی می‌تواند تضمین کند که اصول و مقررات پدافند غیرعامل از مرحله طراحی تا اجرای ساختمان به‌درستی اعمال شوند.

ج) اولویت‌بندی نیازهای طراحی پدافند غیرعامل در ساختمان‌های جدید و موجود

با توجه به محدودیت منابع و امکانات، لازم است تدابیر پدافند غیرعامل براساس اولویت‌بندی معقول در ساختمان‌های مختلف پیاده‌سازی شود. ساختمان‌های جدید بایستی در اولویت نخست قرار گیرند، چرا که ادغام تمهیدات ایمنی در مرحله طراحی اولیه کم‌هزینه‌تر و مؤثرتر از افزودن آنها پس از احداث ساختمان است. تمامی ساختمان‌های جدید به‌ویژه آنها که در طبقه‌بندی اهمیت ملی در سطوح حیاتی، خیلی زیاد یا زیاد قرار می‌گیرند (مانند مراکز فرماندهی، بیمارستان‌های مهم، ساختمان‌های دولتی و برج‌های پرجمعیت) باید به‌طور کامل مطابق



مبحث ۲۱ و الزامات پدافند غیرعامل طراحی شوند. حتی در مورد ساختمان‌های با اهمیت متوسط و کم (نظیر مجتمع‌های مسکونی عادی یا فروشگاه‌ها) که ممکن است مشمول الزام قانونی مبحث ۲۱ نباشند، توصیه می‌شود طراحان تا حد امکان ملاحظات ایمنی مانند پیش‌بینی مسیرهای خروج اضطراری مناسب، استحکام نسبی اجزا و فضای امن را در طرح‌ها ملحوظ دارند.

ساختمان‌های موجود نیز نباید نادیده گرفته شوند؛ هر چند بهسازی همه ساختمان‌های موجود در کوتاه‌مدت امکان‌پذیر نیست، اما می‌توان یک رویکرد مرحله‌ای و اولویت‌محور اتخاذ کرد. ابتدا شناسایی ساختمان‌های حساس و پرمخاطره (از نظر نقش عملکردی یا تعداد تجمع افراد) صورت گیرد؛ برای مثال مدارس، بیمارستان‌ها، برج‌های بلندمرتبه مسکونی/اداری، مراکز دولتی و تأسیسات حیاتی شهری در اولویت ارزیابی آسیب‌پذیری قرار دارند. پس از شناسایی، لازم است برای هر کدام برنامه‌ارتقای ایمنی توسط مراجع مسئول تدوین شود. یکی از رویکردهای پیشنهادی، ایمن‌سازی مرحله‌ای و تدریجی ساختمان‌های موجود است. بدین صورت که بهبودهای امنیتی در فرایند تعمیرات معمول و طرح‌های بهسازی دوره‌ای ساختمان گنجانده شوند. برای نمونه، هنگام تعویض شیشه‌های قدیمی یک ساختمان اداری، از شیشه‌های مقاوم در برابر انفجار یا غشای ایمنی استفاده شود؛ یا در زمان بازسازی دکوراسیون داخلی یک مجتمع، بخشی از زیرزمین آن با دیوارها و سقف تقویت شده به عنوان اتاق امن تجهیز گردد. این روش که فِما آن را «محافظت تدریجی مجتمع‌های موجود» نامیده است، باعث می‌شود ارتقای ایمنی با حداقل هزینه اضافی و کمترین اختلال در بهره‌برداری ساختمان تحقق یابد.

علاوه بر این، اقدامات فوری و کم‌هزینه نیز می‌تواند ریسک ساختمان‌های موجود را به سرعت کاهش دهد؛ برای مثال نصب غشاهای ضدترکش روی شیشه‌های ساختمان‌های مهم، تجهیز خروجی‌های اضطراری به درب‌های مقاوم، ایجاد موانع فیزیکی (مانند گلدان‌های بتنی یا نرده‌های محوطه) برای افزایش فاصله خودروهای ناشناس از ساختمان و انتقال اسناد و تجهیزات با ارزش به بخش‌های مرکزی یا امن ساختمان. در برنامه‌ریزی شهری نیز می‌توان به تدریج بافت‌های موجود را ایمن‌تر کرد؛ مثلاً شهرداری با همکاری سازمان پدافند غیرعامل می‌تواند ساخت پناهگاه‌های عمومی یا تقویت پارکینگ‌های موجود به عنوان پناهگاه در مواقع بحران را در محلات مترکم پیگیری کند.

خلاصه اینکه، برای ساختمان‌های موجود اولویت باید با محافظت از جان انسان‌ها باشد؛ ابتدا اقداماتی انجام گیرد که ریسک تلفات جانی را کاهش می‌دهد (مانند مقاوم‌سازی اجزای غیرسازه‌ای که امکان فرو ریختن روی افراد دارند، ایمن‌سازی راه‌های خروج و ایجاد فضاهای امن موقت)، سپس در مراحل بعدی ارتقای کلی سازه و نما در دستور کار قرار گیرد. به موازات این اقدامات فنی، آموزش ساکنان و کاربران ساختمان‌های موجود نیز اهمیت دارد تا در زمان بحران رفتار مناسب (مثل پناهگیری در نقاط امن از پیش تعیین شده) داشته باشند. در نهایت، رویکرد تلفیقی طراحی ایمن ساختمان‌های جدید و ارتقای مرحله‌ای ساختمان‌های موجود، همراه با تدوین چک‌لیست‌های اولویت‌بندی برای مداخلات ایمنی، می‌تواند به تدریج سطح تاب‌آوری کل محیط ساخته شده را بهبود بخشد.



- [1] Verity Ratcliffe, S.K., and Layan Odeh, Munich Re Among Insurers Facing 'Major' Beirut Blast Losses, in Bloomberg. 2020, Bloomberg: Bloomberg.
- [2] Chipley, M., et al., Risk Management Series Reference Manual to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings. FEMA (Federal Emergency Management Agency), US Department of Homeland Security, Eigenverlag, 2003: p. 1-5.
- [3] Code, L.S., NFPA 101 life safety code, in NFPA 101 Life Safety Code. 2012.
- [4] Fema, F., 426, Reference Manual to Mitigate Potential Terrorist Attacks against Buildings; Providing protection to People and Buildings. 2003, US Department of Homeland Security, USA.
- [5] Sciences, N.I.o.B. Physical Security: Designing Buildings to Resist Explosive Threats. 2025.
- [6] Bevan, A.L., Designed for threat: Surveillance, mass shootings, and pre-emptive design in school architecture. Surveillance & Society, 2019. 17(3/4): p. 550-564.
- [۷] حسینی، سید بهشید؛ صفوی همای، سید محمد مهدی و عندلیب، علیرضا. ارزیابی ملاحظات پدافند غیرعامل در طراحی ساختمان‌های مسکونی پایدار در برابر تهدیدات نظامی. راهبرد، ۲۰۱۸. ۸۶(۲۷): صص ۱۵۸-۱۲۹.
- [۸] دفتر مقررات ملی ساختمان (۱۳۹۱). مقررات ملی ساختمان ایران مبحث بیست و یکم. (پدافند غیرعامل).
- [9] Saville, G. and M. Mihinjac, Third-generation CPTED—Integrating crime prevention and neighbourhood liveability, in Urban crime prevention: Multi-disciplinary approaches. 2022, Springer. p. 27-54.
- [10] Mihinjac, M. and G. Saville, Third-generation crime prevention through environmental design (CPTED). Social Sciences, 2019. 8(6): p. 182.
- [11] Geason, S. and P.R. Wilson, Designing out crime: Crime prevention through environmental design. 1989: Australian Institute of Criminology Canberra.
- [12] Redo, S. Six United Nations guiding principles to make crime prevention work. in International perspectives of crime prevention: Contributions from the 1st Annual International Forum. 2008. Forum Verlag Godesburg Mönchengladbach.
- [۱۳] نظرپور، محمد تقی؛ خاکی، علی؛ بهرامی دوست، پیمان و حیدری، احمد. بررسی پیکربندی فضاهای کارا با رویکرد تخلیه ایمن ساختمان در هنگام حادثه (مطالعه موردی: خوابگاه دانشجویی). مدیریت بحران، ۲۰۲۱. ۱۰(۲): صص ۱۸-۵.
- [14] Cozens, P.M., G. Saville, and D. Hillier, Crime prevention through environmental design (CPTED): a review and modern bibliography. Property management, 2005. 23(5): p. 328-356.
- [۱۵] مهدی نیا، سید احمد و رفعتی، پرویز. تهدیدات طراحی و اجرای شفت تونل‌ها از منظر پدافند غیرعامل. پدافند غیرعامل، ۲۰۱۶. ۷(۳): صص ۱۸-۹.
- [16] Rahimi, M., ASSESSMENT OF SECURITY AND DEFENSE CONSIDERATIONS IN THE DESIGN OF CITY OFFICIAL BUILDINGS AND SITES AIMED AT REDUCING VULNERABILITY TO TERRORIST ATTACKS.
- [17] Saurin, T.A. and C.T. Formoso. Guidelines for considering construction safety requirements in the design process. in Proceedings of CIB W099 International Conference. 2008. CIB Rotterdam.
- [18] Agency, F.E.M., BUILDING DESIGN GUIDANCE AND SAFETY PLANS.

- [19] Team, I.P. Understanding the NFPA Emergency Exit Door Requirements. 2020.
- [20] Ellingwood, B.R., et al., Best practices for reducing the potential for progressive collapse in buildings. 2007.
- [21] Agency, D.o.H.S.F.E.M., Reference manual to mitigate potential terrorist attacks against buildings. 2003: Government Printing Office.
- [22] FEMA, Building Design for Homeland Security.
- [23] Parker, A.J., How to balance passive and active fire protection systems in building design: Passive and active fire protection features should be included in the design to ensure protection of the building and its occupants. Consulting Specifying Engineer, 2017. 54(10): p. 38-43.
- [24] SATIR, M.S., ANALYZING ELEVATOR USE FOR NORMAL EVACUATION OF HIGH-RISE BUILDINGS: İŞ TOWER AND MERSİN METROPOL BUILDING CASES. 2021.
- [25] Salako, A. and C. Eze, Application of Passive Design Strategies for Fire Protection in Office Buildings, Minna, Niger State. 2024.
- [۲۶] محبیان، مصطفی و مومنی، کوروش. تبیین اصول پدافند غیرعامل در طراحی معماری مجتمع‌های مسکونی زیرزمینی با روش دلفی. پدافند غیرعامل، ۲۰۱۹. ۱۰(۳): صص ۵۰-۳۹.
- [27] Bukowski, R. W., Emergency egress strategies for buildings. NIST, Gaithersburg, MD, 2009.
- [۲۸] وزارت راه و شهرسازی. مقررات ملی ساختمان ایران، مبحث بیست و یکم: پدافند غیرعامل. دفتر مقررات ملی ساختمان، ویرایش اول ۱۳۹۱.
- [29] www.gettyimages.com/photos/grenfell-tower-fire
- [30] www.ronikaplas.com
- [31] theguardian.com
- [32] inabco.ir
- [33] tabnak.ir
- [34] coolingpost.com
- [35] telgian.com
- [36] newspaper.hamshahrionline.ir
- [37] bloomberg.com
- [38] vista.ir
- [39] fallprotect.com
- [40] www.shutterstock.com
- [41] reuters.com
- [42] yahoo.com
- [43] Dreamstime.com
- [44] Gettyimages.com
- [45] Tehrannoorgir.com
- [46] stock.adobe.com
- [47] istockphoto.com
- [48] istockphoto.com

عنوان: راهکارهای معماری پدافند غیرعامل در ساختمان‌های مسکونی، اداری و تجاری



DOI: <https://doi.org/10.22034/mrc.report.21687>

Permanent Link:

Publisher : Islamic Parliament Research Center of Iran

گزیده سیاستی

با گسترش شهرنشینی و افزایش مخاطرات و تهدیدات، توجه به پدافند غیرعامل در طراحی ساختمان‌ها ضروری است. این پژوهش با مقایسه استانداردهای بین‌المللی و مقررات ملی، راهکارهایی برای افزایش ایمنی، تاب‌آوری و کاهش خسارات جانی و مالی ارائه می‌دهد.



مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی

تهران، خیابان پاسداران، رویروی پارک نیاوران (ضلع جنوبی، پلاک ۸۰۲)

تلفن: ۷۵۱۸۳۰۰۰ صندوق پستی: ۵۸۷۵-۵۸۵۵ پست الکترونیک: mrc@majlis.ir

وبسایت: rc.majlis.ir