فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران/ دورهٔ نهم، شمارهٔ چهارم، زمستان ۱۳۹۸
Disaster Prevention and Management Knowledge (DPMK)
Quarterly, Vol. 9, No.4, Serial 34 (Winter 2020)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۰۹

اولویت‌بندی تجهیزات هوشمندسازی ساختمان‌ها با رویکرد پدافند غیرعامل

محیا قوچانی[۱]، محمد تاجی[۲]* و مبینا قوچانی[۳]

۱. کارشناس ارشد معماری، گروه تحقیقاتی تصمیم گیری هوشمندانه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود، شاهرود، ایران.m.ghouchani.arch@gmail.com

۲. استادیار، دکتری تخصصی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود، شاهرود، ایران.mohammadtaji@yahoo.com

۳. کارشناس ارشد، مهندسی فناوری اطلاعات، اداره آمار و فناوری اطلاعات دانشگاه علوم پزشکی سمنان، ایران. mobina.ghoochani@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: با توجه به اینکه ساختمان‌ها به صورت مداوم در معرض تهدیدات قرار دارند، ضرورت دارد که آمادگی کامل برای مقابله با انواع تهدیدات و آسیب‌های ناشی از آن‌ها وجود داشته باشد. از این‌رو، به‌کارگیری اصول و مبانی پدافندغیرعامل در طراحی و اجرای ساختمان، امری بدیهی و غیرقابل انکار تلقی می‌شود. برای جلوگیری و یا حداقل کاهش ملموس فجایعی که در زمان سیل، زلزله، جنگ و. روی می‌دهد، می‌توان از راهکارهایی همچون به‌کارگیری ساختمان هوشمند، استفاده کرد. هوشمندسازی ساختمان‌ها به عنوان یکی از روش‌هایی است که موجب استحکام بیشتر ساختمان‌ها، افزایش عمر بنا، کاهش هزینه نگهداری بنا بعد از ساخت و نیز کاهش مصرف انرژی در زمان ساخت می‌شود.

روش: این پژوهش به روش توصیفی- تحلیلی و با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای، ابتدا به بررسی و شناسایی تهدیدات متصور بر ساختمان و هوشمندسازی ساختمان به عنوان راهکاری مؤثر جهت کاهش خطرپذیری ساختمان از دیدگاه پدافند غیرعامل، پرداخته است و سپس با استفاده از روش تصمیم‌گیری شباهت به گزینه ایده‌آل یا تاپسیس، تجهیزات هوشمندسازی ساختمان در بخش معماری جهت حفظ دارایی‌های دفاعی ساختمان، اولویت‌بندی شد.

یافته‌ها: با توجه به عملکرد سامانه هوشمند در ساختمان، می‌توان گفت که با در نظر داشتن امنیت کاربران، کاربرد این سامانه در بخش معماری ساختمان با توجه به اصول و مبانی پدافند غیرعامل تأثیر بیشتری را در برقراری حفاظت و امنیت آن و افزایش دارایی‌های دفاعی، نسبت به سایر بخش‌های ساختمان دارد. بنابراین زیرسامانه‌های بخش معماری در هوشمندسازی ساختمان مورد ارزیابی قرار گرفته است.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج حاصل از تحلیل تاپسیس در اولویت‌بندی تجهیزات هوشمندسازی ساختمان، شیشه‌های هوشمند، درهای هوشمند و دوربین مداربسته به ترتیب به عنوان تکنولوژی نوین و پویا معرفی می‌شوند که ترکیب آن با اهداف پدافند غیرعامل، باعث تسهیل مدیریت بحران در هر سه حالت قبل از وقوع، هنگام وقوع و بعد از وقوع بحران خواهد شد.

کلیدواژه‌ها: هوشمندسازی، ساختمان، تجهیزات، پدافند غیرعامل، روش تصمیم‌گیری تاپسیس.

◄**استناد فارسی (شیوه APA، ویرایش ششم ۲۰۱۰):** قوچانی، محیا؛ تاجی، محمد؛ قوچانی، مینا (زمستان، ۱۳۹۸)، اولویت‌بندی تجهیزات هوشمندسازی ساختمان‌ها با رویکرد پدافند غیرعامل. *فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران، ۹* (۴)،۳۷۱-۳۸۲.

Prioritizing the equipment for making smart buildings with passive defense approach

Mahya Ghouchani[1], Mohammad Taji[2*] & Mobina Ghoochani[3]

1- Master of Architecture, Intelligent Decision Research Group, Tehran, Iran.

2- Assistant Professor, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Shahroud Branch, Shahrood, Iran. Email: mohammadtaji@yahoo.com

3- Master of Information Technology Engineering, Department of Statistics and Information Technology, Semnan University of Medical Sciences, Iran.

Abstract

Background and Aim: Since buildings are constantly exposed to threats, it is necessary that they be fully prepared to confront with all threats and their damages. Therefore, using the passive defense basics and principles in designing and constructing the buildings are considered obvious and undeniable. To prevent or reduce disasters caused by flood, earthquake, and war and so on, solutions such as using smart buildings may be used. Making smart buildings is a way to strengthen the buildings, increasing construction's longevity, reducing the buildings' maintenance cost after construction as well as reducing energy consumption during construction.

Method: This descriptive-analytical research is used library studies. First, probable threads to buildings and making smart constructions, as an effective way to reduce risks with passive defense approach, were studied and identified. Then, equipment to making smart buildings in architectural part, in order to preserve defensive assets, was prioritized by using similarity decision making method to ideal option or TOPSIS.

Results: According to the performance of the smart system in buildings, it can be said that regarding the security of the users, the application of this system in the architectural part of building considering the basics and principles of passive defense will have a greater impact on its protection and security and increase its defensive assets than other parts of the buildings. Therefore, the subsystems of architectural parts in making smart building have been evaluated.

Conclusion: According to the results of TOPSIS analysis in prioritizing the equipment for making smart buildings, smart glasses, smart doors and CCTV, respectively, are introduce as new and dynamic technology which combination with passive defense objectives, facilitate crisis management in each three conditions of before, during and after crisis.

Keywords: making smart, building, equipment, passive defense, TOPSIS decision making.

▶**Citation (APA 6th ed.):** Ghouchani M, Taji M, Ghoochani M. (2020, Winter). Prioritizing the equipment for making smart buildings with passive defense approach. *Disaster Prevention and Management Knowledge Quarterly (DPMK), 9*(4),371-382.

مقدمه

امروزه با توجه به افزایش جمعیت شهرنشینی و کمبود منابع و ایجاد تمرکز زیاد در شهرها، تأمین انرژی با توجه به افزایش مصرف، بسیار دشوار و هزینه‌بر می‌باشد. این درحالی است که بیش از ۴۰ درصد انرژی در بخش ساختمان مصرف می‌شود و زندگی افراد به آن وابسته است و این موضوع زمانی به اوج خود می‌رسد که در زمان بحران با قطع انرژی، زندگی افراد به خطر می‌افتد. اقدامات پدافند غیرعامل برای کاهش آسیب‌پذیری در هنگام بحران، بدون استفاده از اقدامات نظامی و صرفاً با بهره‌گیری از فعالیت‌های فنی و مدیریتی در جهت کاهش خسارات مالی و جانی می‌باشد (مهری، ۱۳۹۸).

می‌توان با به‌کارگیری اقدامات مؤثر و کاربردی و حتی الامکان کم‌هزینه و چندمنظوره در مرحله قبل از بحران به میزان زیادی از شدت و گستردگی خسارات و تلفات ناشی از خطرات کاست. از مهم‌ترین این اقدمات، استفاده از اصول پدافند غیرعامل به عنوان راه‌حلی برای کاهش خطرپذیری در برابر خطرات مختلف و افزایش کارآیی هنگام روبه‌رو شدن با خطرات است که باید در سطوح مختلف برنامه‌ریزی و از جنبه‌های مختلف منطقه‌ای، شهرسازی و معماری مورد توجه قرار گیرد. یکی از این اصول، اصل خودکفایی نسبی است که با فرض بدترین شرایط بحران باید مجموعه قادر به تأمین حیاتی‌ترین نیازهای آسیب‌دیدگان در شرایط اندکی قبل و بلافاصله پس از وقوع خطر باشد. این رویکرد روانشناسانه به معماری و شهرسازی، بحث ایمنی و امنیت باید در کلیه سطوح برنامه‌ریزی و طراحی از موضوعات کلان شهرسازی تا معماری و جزئیات فنی مدنظر قرار گیرد (زرگر و هوشیار، ۱۳۹۰). چنانچه بپذیریم اصل حفاظت از جان انسان‌ها و حفظ محیط زندگی انسانی باید به عنوان یک راهبرد در تصمیم‌گیری‌های کلان ملی و شهرسازی لحاظ شود، آنگاه مطالعه و پژوهش در زمینهٔ پدافند غیرعامل اجتناب‌ناپذیر خواهد بود (حسینی و کاملی، ۱۳۹۴). در صورت رخداد تهدیدات علیه قسمت‌های مختلف ساختمان که ممکن است منجر به اختلال یا توقف عملکردها یا تلفات وسیع انسانی شود، به‌کارگیری سامانه هوشمند ساختمان امری مهم و ضروری تلقی می‌شود. چرا که با به‌کارگیری این سامانه شاهد شناسایی و کاهش آسیب‌پذیری در مقابل تهدیدات خواهیم بود که در نهایت باعث کاهش خطرپذیری خواهد شد.

این پژوهش با هدف تلفیق اصول و مبانی پدافندغیرعامل و سامانه هوشمند ساختمان به منظور کاهش خطرپذیری ناشی از آسیب در ساختمان، تدوین شده است. هدف فرعی، کاهش نسبی خلاء علمی در زمینهٔ دانش فنی در طراحی معماری بر پایهٔ ملزومات دفاعی و پدافندی می‌باشد. از آنجا که مدیریت بحران به مجموعه اقداماتی گفته می‌شود که قبل، حین و بعد از وقوع بحران برای کاهش اثرات، حوادث و آسیب‌ها انجام می‌شود (ابهری، ۱۳۹۱). برای تحقق همین امر، هوشمندسازی ساختمان[1] به عنوان تکنولوژی نوین و پویا معرفی می‌شود که ترکیب آن با اهداف پدافند غیرعامل، باعث تسهیل مدیریت بحران خواهد شد.

پیشینه

تاکنون تحقیقات زیادی در زمینه‌ی تأثیر سامانهٔ هوشمند ساختمان در کاهش مصرف انرژی انجام شده است. حدادی نیستاک به انواع مختلف سامانه‌ی هوشمند ساختمان و همچنین تأثیر این سامانه در کاهش مصرف انرژی در کتاب اصول و مبانی سامانه‌های هوشمند کنترل و بی. ام. اس.[2] پرداخته است (حدادی نیستانک، ۱۳۹۰). وحیدیان و نجاتی سامانه‌ی ساختمان هوشمند[3] را از نظر اقتصادی و بهینه‌سازی تحلیل کرده و ضمن معرفی سامانه‌های مدیریت انرژی در ساختمان به بررسی انواع آن، موارد کاربرد و همچنین میزان تأثیر آن در مدیریت مصرف و بهینه‌سازی انرژی پرداخته‌اند (وحیدیان و نجاتی، ۱۳۹۴). در پژوهشی که توسط ثمره و مهدوی‌نیا انجام گردید، استفاده از سامانه‌ی هوشمند ساختمان در یکی از ساختمان‌های شرکت توزیع نیروی برق جنوب استان کرمان و کاهش انرژی الکتریکی آن، بررسی و پس از معرفی این سامانه و تأثیر آن در کاهش مصرف روشنایی، اهمیت به‌کارگیری این سامانه تجزیه و تحلیل شده است (ثمره و مهدوی‌نیا، ۱۳۹۰). واحدیان و کارگر در پژوهش خود این گونه بیان می‌کنند که مدیریت یکپارچه بر مبنای معماری شهر الکترونیک، دیدگاه نوینی را فرا روی مدیران شهر قرار می‌دهد که در این میان ساختمان هوشمند یکی از ارکان اصلی در مدیریت منابع شهری و تحقق شهرداری الکترونیکی است (واحدیان و کارگر، ۱۳۸۶).

1. Intelligent Building
2. BMS (Building Management System)
3. Smart building

در پژوهش‌های پیشین به ترکیب اصول و مبانی سامانهٔ هوشمند ساختمان با اصول و مبانی پدافند غیرعامل پرداخته نشده است. به همین دلیل هدف پژوهش در زمینه کاهش آسیب‌پذیری ساختمان در برابر تهدیدات با استفاده از هوشمندسازی ساختمان برای دستیابی به اصول و مبانی پدافند غیرعامل، تأکید دارد.

روش

پژوهش حاضر توصیفی- تحلیلی است. به منظور گردآوری و تحلیل داده‌ها در این پژوهش از رویکردهای کمّی و کیفی استفاده شده است. در مقاله حاضر مبتنی بر مطالعات مکتوب و کتابخانه‌ای، ابتدا پدافند غیرعامل و نقش آن در معماری بیان شده است. سپس دارایی‌های یک ساختمان از دیدگاه پدافند غیرعامل و تهدیدات متصور بر آن، شناسایی شده است. در ادامه به معرفی ساختمان هوشمند و بیان تأثیرات هوشمندسازی ساختمان در پدافند غیرعامل، پرداخته‌ایم. همچنین، تجهیزات هوشمندسازی ساختمان‌ها جهت حفظ دارایی‌های دفاعی ساختمان براساس معیارهای پدافند غیرعامل توسط پرسشنامه و با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره تاپسیس، اولویت‌بندی شده است.

با توجه به نظرات گروهی از کارشناسان پدافند غیرعامل، روایی پرسشنامه تأیید و پایایی آن نیز براساس آزمون آلفای کرونباخ برابر با ۰٫۸۳۷ توسط نرم‌افزار SPSS به دست آمده است. جامعهٔ آماری این پژوهش، تعداد چهارده نفر است که براساس روش دلفی از بین کارشناسان و خبرگان پدافند غیرعامل و معماران و طراحان سیستم‌های هوشمند برگزیده شده اند.

روش تصمیم‌گیری چند معیارهٔ تاپسیس

روش تاپسیس به وسیلهٔ هوانگ و یون[1] در سال ۱۹۸۱، پیشنهاد شد. این روش یکی از بهترین روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است و کاربرد زیادی دارد. در این روش، m گزینه به وسیلهٔ n شاخص، ارزیابی می‌شود. بنیاد این تکنیک، بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخابی، باید کمترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل ($A+$: بهترین حالت ممکن) و بیشترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل منفی ($A-$: بدترین حالت ممکن) داشته باشد. فرض بر این است که مطلوبیت هر شاخص به طور یکنواخت افزایشی یا کاهشی است (مؤمنی و شریفی سلیم، ۱۳۹۰). فرآیند تاپسیس شامل ۶ گام: ۱) کمّی کردن و بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم. ۲) وزن‌دهی به ماتریس نرمالیزه شده. ۳) تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت و راه‌حل ایده‌آل منفی. ۴) به دست آوردن میزان فاصله هر گزینه تا ایده‌آل‌های مثبت و منفی. ۵) تعیین نزدیکی نسبی یک گزینه به راه‌حل ایده‌آل. ۶) رتبه‌بندی گزینه‌ها، می‌باشد. (باید توجه داشت که وزن معیارها باید به‌گونه‌ای تعیین شود که مجموع آن‌ها برابر با یک شود).

پدافند غیرعامل در معماری

پدافند غیرعامل[2] به کلیه اقدامات و تدابیری گفته می‌شود که بدون به‌کارگیری سلاح، موجب کاهش آسیب‌پذیری‌ها و افزایش پایداری در برابر تهدیدات شود (بیطرفان و فرزام‌شاد، ۱۳۹۲). اولین‌بار واژه پدافند غیرعامل در کتاب پناهگاه حفاظتی موقتی دیده شد که در سال ۱۹۵۴ در ستاد فرماندهی ارتش آمریکا در دستورالعمل فعالیت‌های آن قرار گرفت تا جوابگوی پدیده جدید تهاجم شدید و غافلگیرانه اتمی باشد. پس از آن این مفهوم سیر تکامل خود را طی کرده و بر تمام عوامل مرتبط با زیستگاه انسان، بخصوص در حوزه معماری و شهرسازی جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است. تا جایی که امروزه در کلیه سطوح از جمله طراحی معابر، کاربری‌ها و حتی به چگونگی ساخت درب و پنجره و محل قرارگیری شیشه‌ها درون قاب هایشان نظر می‌دهد و هدف غایی آن، رسیدن به نوعی پایداری در معماری و شهرسازی نوین است. از این رو هر تکنولوژی جدیدی که معماری و شهرسازی ما را به سمت پایداری و اهداف آن سوق دهد، می‌تواند به نوعی در پدافند غیرعامل نیز مؤثر باشد (روشنفکر جورشری و همکاران، ۱۳۹۳).

معماری و شهرسازی به عنوان یک واسطه، قدرت دفاعی را بالا می‌برد و در برطرف کردن نیاز به امنیت در سلسله‌مراتب پله‌ای مازلو، اثر مثبت داشته و باعث افزایش بقای انسان می‌شود. در اکستیکس، واژه دفاع در مقابل دشمن تهدیدات انسان‌ساز و واژه ایمنی و حفاظت در مقابل تهدیدات طبیعی به‌کار می‌رود (ناکابایاشی[3]، ۲۰۰۹). پدافند غیرعامل در معماری و شهرسازی می‌تواند علاوه

1. Huang & Yuon

2. Passive defense

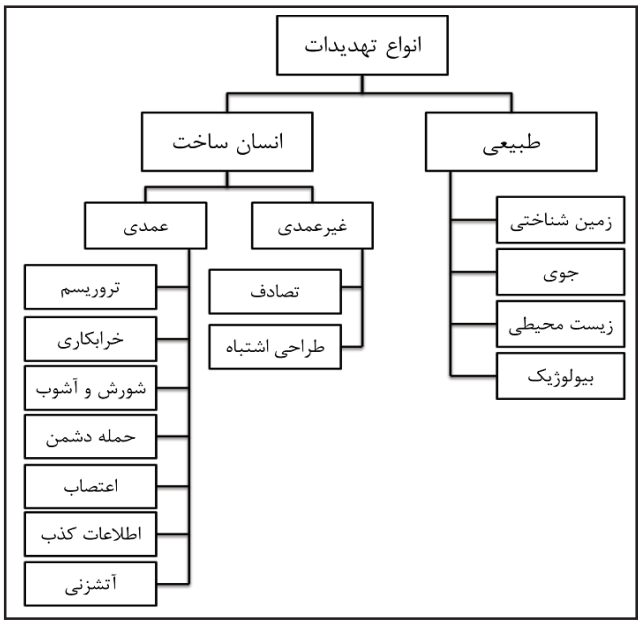
3. Nakabayashi

بر کاهش خسارات تهدیدات انسان‌ساز جنگ و بمباران هوایی و. جهت کاهش خطرپذیری در برابر انواع خطرات طبیعی نیز مفید واقع شود. تلفیق طراحی پدافند غیرعامل برای مقابله با خطرات طبیعی علاوه بر تهدیدات انسان‌ساز، باعث پایداری طرح دفاعی می‌شود. اصول یا موضوعات پدافند غیرعامل شامل ۷ اقدام می‌باشد که در طراحی و برنامه‌ریزی‌ها و اقدامات اجرایی، دقیقاً می‌بایست مورد توجه قرار گیرد و عبارتند از: استتار، اختفاء، پوشش، فریب، تفرقه و پراکندگی، مقاوم‌سازی و استحکامات، اعلام خبر.

تهدیدات متصور برای ساختمان

دارایی‌شناسی، مهم‌ترین اقدامی است که پیش از تهدیدشناسی باید صورت پذیرد. چراکه تا درک مناسبی از آنچه در معرض تهدید است حاصل نشود، تهدیدات نیز منطقی استخراج نمی‌شوند (جلالی فراهانی، ۱۳۹۲). در تعریف دارایی آمده است که: هر آنچه برای ساختمان دارای ارزش باشد، دارایی تلقی می‌شود که شامل دارایی‌های فیزیکی، سایبری، منابع انسانی و معنوی است. دارایی‌ها به دو دسته حیاتی و غیرحیاتی تقسیم می‌شوند (فما[1] ۴۲۶، ۲۰۰۳). دارایی‌های غیرحیاتی دسته‌ای هستند که خسارت، آسیب و نابودی آن‌ها، تأثیر مهمی برای زیرساخت ندارد و حفاظت از آن‌ها، تنها نیازمند اقدامات حفاظتی جزئی است. در مقابل، دارایی‌های حیاتی در صورت صدمه دیدن و نابودی، تأثیر بسیار مهمی بر ساختمان می‌گذارند. دارایی‌های ساختمان از دیدگاه پدافند غیرعامل به ۵ دسته تقسیم می‌شود که شامل موارد زیر می‌باشد:

- **ارزش و دارایی دفاعی:** پایداری در برابر تهدیدات/ امکان دفاع همه‌جانبه/ تولید بازدارندگی/ پشتیبانی از افراد.
- **ارزش و دارایی اجتماعی:** افزایش آستانه مقاومت ملی/ اثرگذاری بر بافت جمعیتی/ هویت ملی و فرهنگی/ ارتقای سطح رفاه مردم/ کاهش بحران و ناهنجاری‌های اجتماعی.
- **ارزش و دارایی سیاسی:** ارتقای نقش بین‌المللی/ افزایش قدرت چانه‌زنی/ تحلیل خواسته‌ها به دیگران.
- **ارزش و دارایی اقتصادی:** تأمین نیازهای مردم/ وابستگی اقتصاد کشور به آن/ افزایش تولید ناخالص ملی/ رشد توسعه و بهره‌وری/ تمرکز سرمایه‌های حیاتی.
- **ارزش و دارایی راهبردی:** بقای حاکمیت/ قوام کشور/ اداره مردم/ منحصر به‌فرد بودن (فما ۴۵۲، ۲۰۰۵).



شکل ۱. تقسیم‌بندی تهدیدات متصور بر ساختمان

در این پژوهش، دارایی‌های یک ساختمان از جنبه دفاعی آن مد نظر گرفته شده است. به نظر می‌رسد که بررسی و شناخت تهدیدات و توانمندی‌های تسلیحاتی و فناورانه دشمن، شرط اول و الزامی برای پی بردن به توانایی‌ها و اهداف دشمن است. بی‌توجهی در این خصوص، آسیب‌ها و ضررهای جبران‌ناپذیری را در پی خواهد داشت؛ زیرا پس از آشکار شدن جنبه‌های مختلف تهدید است که شرایط و امکانات لازم برای بررسی و محاسبه توان و مقدورات دفاعی و کاهش آسیب‌پذیری‌ها فرا می‌رسد. کشف به موقع تهدید و چگونگی آن و تمرکز به موقع امکانات برای تدابیر هوشمندانه‌ی مقابله با آن، موجب رفع نقاط ضعف و کاهش آسیب‌پذیری می‌شود (مرادیان، ۱۳۸۵).

ساختمان هوشمند

سامانه مدیریت ساختمان (بی. ام. اس.) که گاهی با عنوان سامانه‌ی اتوماسیون ساختمان نیز شناخته می‌شود، یک سامانه‌ی مبتنی بر رایانه است که برای پایش و نظارت بر تجهیزات مکانیکی و الکتریکی داخل ساختمان (مانند تهویه، روشنایی، سامانه‌ی قدرت، سامانه‌ی آتش‌نشانی و ایمنی) در داخل ساختمان‌ها نصب می‌شود (نیکنامی و همکاران، ۱۳۹۴). سامانه مدیریت ساختمان، سامانه‌ای است که به فعالیت‌ها و امور ساختمان‌ها نظارت و در مواقع لازم

1. FEMA (Federal Emergency Management Agency)

با توجه به تغییرات شرایط محیطی، تغییرات لازم را به‌طور خودکار اعمال می‌کند. این سامانه می‌تواند با توجه به کاربری ساختمان (مسکونی، اداری، تجاری، درمانی و.) طراحی و اجرا شود و بر کلیه‌ی فعالیت‌ها اعم از باز و بسته شدن درب‌های ورود و خروج افراد، سامانه روشنایی، سامانه تهویه مطبوع و. نظارت داشته باشد (حدادی نیستانک، ۱۳۹۰). به ساختمانی که مجهز به سامانه مدیریت باشد، اصطلاحاً ساختمان هوشمند گویند. با اجرای هوشمندسازی در ساختمان‌ها، معمولاً اهداف زیر پیگیری می‌شود:

- بهینه‌سازی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی.
- ایجاد محیطی مطلوب برای ساکنان ساختمان.
- پایش دائمی کلیه اجزای ساختمان.
- مدیریت ساختمان در هنگام بروز حوادث.
- استفاده بهینه از تجهیزات و بالا بردن عمر مفید آن‌ها.
- کاهش هزینه‌های مربوط به نگهداری و تعمیرات.
- اولویت‌بندی هوشمندانه مصارف در هنگام اضطرار (فریبرزی و توسلیان، ۱۳۹۲).

معماری ساختمان هوشمند

کالبد سخت‌افزاری مورد استفاده در ساختمان هوشمند، شبکه‌ای از حسگرها[1] و عملگرها[2] با عملکرد محلی[3] می‌باشند که با قابلیت مبادله داده با سایر سامانه‌های مبتنی بر ای. سی. تی.[4] است. این نحوه معماری شبکه سخت‌افزاری، ضمن تأمین استقلال عملکرد و کنترل سامانه برای ساختمان، قابلیت نظارت بر وضعیت و شرایط اعمال کنترل در خارج از ساختمان را فراهم نموده و برای کاربردهای مدیریتی فراوانی، تغذیه اطلاعاتی انجام می‌دهد. بنابراین، در این معماری کلیه‌ی حسگرها هوشمند تلقی شده و هر مجموعه با کارآیی مشابه تحت یک ناحیه[5] قرار می‌گیرد. به‌طوری که از طریق کنترل هر ناحیه که نقش رابط[6] با شبکه داده را نیز دارد، امکان قرار گرفتن تمامی حسگرها به عنوان نقاط قابل دسترسی فراهم گردد. هوشمند بودن در نقاط حسگر این قابلیت را فراهم می‌کند که وضعیت عملکردی آن نقطه، همواره در اختیار اپراتور و نیز مدیریت‌های مربوطه قرار گیرد. همین قابلیت است که ارزش زیادی در تأمین امنیت و افزایش بهره‌وری دارد، چرا که هزینه بالای بازدیدهای ادواری و تبعات ناشی از عدم دقت و خطای اپراتورهای انسانی را جبران می‌نماید. در شرایط عدیده‌ای یک ساختمان یا مجتمع دچار آتش‌سوزی شده ولی به دلیل فرسودگی حسگرهای معمولی تشخیص حریق و یا به خاطر عدم بازدید منظم و دوره‌ای، صدمات فراوانی وارد شده است.

عملگرها نیز در این معماری، نقاط هوشمند قابل دسترسی بوده و علاوه بر نقش کلیدی در اجزای فرامین صادره از سامانه کنترل هوشمند، وضعیت خود را بر روی شبکه ارتباطی و اطلاعاتی مدیریت واحد قابل مشاهده، بررسی و ذخیره‌سازی خواهند نمود. هوشمند بودن در نقاط عملگر نیز این قابلیت را فراهم می‌کند که وضعیت نقطه را از نظر عملکردی گزارش نموده و در اختیار اپراتور و مدیریت‌های مربوطه قرار گیرد. این قابلیت عملگر، خصوصاً در یک مجتمع بزرگ از دستاوردهای قابل توجه در هوشمند بودن عملگرهاست. ابزارهایی که درب‌ها، پله‌ها، آسانسورها، روشنائی، سیستم‌های تهویه، شیرهای آتش‌نشانی، مخازن گاز اطفاء حریق، حرکت دوربین‌های نظارت تصویری و از این دست را کنترل نموده و فرمان دهند.

نرم‌افزار در یک سامانه هوشمند دو نقش اساسی را ایفاء می‌کند. اول پیونددهنده کمیات اندازه‌گیری شده به برنامه کنترل هوشمند و نهایتاً عملگرهای هوشمند می‌باشد. دوم ارتباط‌دهنده شبکه کنترل ساختمان با شبکه داخلی، شبکه محلی[7] و یا شبکه شهری[8] است. وجود نرم‌افزار به عنوان هدایت‌گر شبکه عصبی یک مجموعه هوشمند، شرایط فوق‌العاده‌ای را از نظر ارائه اطلاعات، آمار و داده‌های اطلاعاتی مدیران در سامانه ام. آی. اس.[9] نشان می‌دهد. گزارشات آماری مختلف اعم از میزان نقل و انتقالات محموله‌های شناسه‌دار، مراجعات، شرایط کاری سیستم‌های مدیریت فضا و نیز قابلیت‌های نظارتی- امنیتی قابل حصول می‌گردد که این بخش از توانایی‌های بالقوه این‌گونه ساختمان‌ها، مورد توجه بحث این پژوهش است (گراهام[10]، ۲۰۰۰).

1. Sensors
2. Actuators
3. Local Operating Network
4. ICT (Information Communications Technology)
5. Zone
6. Router
7. LAN (Local Area Network)
8. WAN (Wide Area Network)
9. MIS (Management Information Systems)
10. Graham

تأثیر هوشمندسازی ساختمان در پدافند غیرعامل

با توجه به اهمیت پدافند غیرعامل و ضرورت به‌کارگیری آن در شهرهای کوچک و بزرگ برای حفاظت از جان ساکنان مناطق، توجه به بهترین راهکارها از جمله استفاده از اجرای درست و متناسب با خطر، احساس می‌شود. استفاده از هوشمندسازی ساختمان در پدافند غیرعامل بر این اصل استوار است که می‌تواند در شرایط‌های گوناگون، واکنش‌های متفاوتی که برای آن درنظر گرفته شده است را از خود نشان دهد. مانند مصالح واکنش‌دهنده در برابر دود، حریق، ضربه و. که هرکدام می‌تواند به نوبه خود در برابر عوامل طبیعی مانند آتش‌سوزی، زلزله، توفان و یا تهدیدات انسان‌ساز جنگ، بسیار کمک‌کننده باشد و باعث حفظ و نجات جان افراد بیشتری باشد. استفاده از سامانه هوشمند به‌صورت موقت، باعث افزایش هزینه‌های ساخت در ساختمان می‌شود. ولی پس از اتمام ساخت در یک بازه زمانی کوتاه، باعث بازگشت هزینه‌های اضافی می‌شود و از به‌وجود آمدن هزینه‌های سنگین مالی در اثر بلایای طبیعی و غیرطبیعی جلوگیری می‌کند. این ساختمان‌ها در شرایط عادی نیز آسایش بیشتری را برای ساکنان خود فراهم می‌آورند (روشنفکر جورشری و همکاران، ۱۳۹۳).

علاوه بر مواردی که در کاربردها و مزایای سامانه هوشمند ساختمان اشاره شد، نقش تجهیزات هوشمندسازی به خصوص در شرایط بحرانی از مهم‌ترین مزایای آن از منظر دفاع غیرعامل به‌شمار می‌آید. سامانه هوشمند در ۳ بخش معماری، تأسیسات الکتریکی و مکانیکی ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرد و به طور دقیق تأثیر آن در بخش‌های مختلف ساختمان از منظر پدافند غیرعامل به یک اندازه نخواهد بود. سامانه‌های مؤثر در بخش تأسیسات مکانیکی از سامانه‌ی تهویه مطبوع (سرمایشی و گرمایشی)، پانل‌های سقفی خنک‌کننده، کنترل تأسیسات استخر، سونا و. نام برد و در بخش الکتریکی نیز می‌توان به سامانه‌های صوتی و تصویری تجهیزات اداری، آیفون تصویری ورود و خروج، سامانه‌های ارتباطی پشتیبانی خطوط تلفن، سامانه‌های مدیریت روشنایی و. اشاره کرد (ثمره و مهدوی‌نیا، ۱۳۹۰).

در بخش معماری می‌توان به مواردی مثل سامانه‌ی نظارت تصویری دوربین مداربسته اشاره کرد. دوربین مداربسته جزء ارکان سامانه‌های حفاظتی- امنیتی ساختمان است و برای پوشش تصویری اماکن کاربرد دارد. با توجه به اینکه هدف اجرای سامانه‌ی نظارت تصویری، ایجاد امنیت (جلوگیری از وقوع جرم) و پیشگیری از وقوع حوادث است، وجود دوربین در مناطق مورد نیاز، حتی اگر هم به صورت همزمان پایش و رصد نشود، خود بازدارنده خواهد بود.

در مورد درهای هوشمند نیز می‌توان گفت که ایجاد هشدار در صورت باز بودن درها یا بسته شدن اتوماتیک آن‌ها (به‌ویژه زمانی که باز بودن درها باعث وقوع بحران و یا افزایش شدت آن خواهد شد)، می‌تواند نقش بسزایی را در تسهیل مدیریت بحران داشته باشد. درهای هوشمند در مواقعی که باز بودن آن‌ها ضروری باشد نیز می‌توانند مؤثر واقع شوند؛ چرا که بیش‌ترین تأثیر را در تخلیه‌ی اضطراری ساختمان‌ها هنگام وقوع بحران دارند. از این‌رو، درهای هوشمند یک ساختمان می‌توانند هنگام وقوع بحران‌هایی چون اغتشاشات با بسته شدن به موقع و هوشمندانه یا هنگام آتش‌سوزی در داخل ساختمان که نیاز به تخلیه اضطراری کاربران آن است، کمک شایانی به تسهیل مدیریت بحران ارائه دهد.

جدول ۱. تقسیم‌بندی هوشمندسازی در بخش‌های مختلف ساختمان

بخش‌های مختلف	هوشمندسازی در هر بخش
معماری	دوربین مدار بسته
	شیشه‌های هوشمند
	درهای هوشمند
	کنترل تردد با گیت
	نورپردازی داخلی
تأسیسات الکتریکی	صوتی- تصویری
	سامانه‌ی ارتباطی (خطوط تلفن- پیام‌گیر)
	سامانه مدیریت روشنایی
	سامانه‌ی توزیع دیتا
	آنتن مرکزی و توزیع سیگنال
تأسیسات مکانیکی	سرمایشی- گرمایشی
	سامانه تهویه هوا
	اعلام و اطفاء حریق
	کنترل هوشمند موتورخانه
	پانل‌های سقفی خنک‌کننده

یافته‌ها

در این بخش از پژوهش با توجه به مطالعات صورت گرفته به ارزیابی و اولویت‌بندی تجهیزات هوشمندسازی ساختمان‌ها جهت حفظ دارایی‌های دفاعی ساختمان براساس معیارهای پدافند غیرعامل با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره تاپسیس[1]، می‌پردازیم. با توجه به عملکرد سامانه هوشمند در ساختمان، می‌توان گفت که با در نظر داشتن امنیت کاربران، کاربرد این سامانه در بخش معماری ساختمان با توجه به اصول و مبانی پدافند غیرعامل تأثیر بیشتری را در برقراری حفاظت و امنیت آن و افزایش دارایی‌های دفاعی، نسبت به سایر بخش‌های ساختمان دارد. بنابراین زیرسامانه‌های بخش معماری در هوشمندسازی ساختمان مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.

در پژوهش حاضر، تجهیزات بخش معماری هوشمندسازی ساختمان به‌عنوان گزینه‌ها و مؤلفه‌های دارایی‌های دفاعی طبق اصول پدافند غیرعامل به عنوان معیار، ارزیابی می‌شوند.

شاخص‌های کیفی بایستی به یک مقدار کمّی تبدیل شوند تا بتوان محاسبات مربوط به تصمیم‌گیری چند شاخصه بر روی آن‌ها انجام داد. عمده شاخص‌های، دارای مقیاس رتبه‌ای هستند که با استفاده از روش طیف‌بندی می‌توان آن‌ها را به اعداد کمّی تبدیل کرد:

شکل ۲. تبدیل شاخص‌های کیفی به کمّی (قادری، ۱۳۹۳)

برای پر کردن ماتریس مورد نظر توسط مقادیر کمّی و همچنین وزن‌دهی معیارها از میانگین نظر چهارده خبره در زمینه معماری، پدافند غیرعامل و فناوری اطلاعات استفاده شده است. سپس مراحل انجام روش تاپسیس برای اولویت‌بندی به کمک نرم‌افزار[2] صورت گرفته است و نتایج زیر حاصل شد:

جدول ۲. میانگین نظر خبرگان در وزن‌دهی گزینه‌ها نسبت به معیارها

معیارها		دارایی‌های دفاعی ساختمان طبق اصول پدافند غیرعامل			
گزینه‌ها		پایداری در برابر تهدیدات	پشتیبانی از افراد	تولید بازدارندگی	امکان دفاع همه‌جانبه
تجهیزات هوشمندسازی ساختمان در بخش معماری	دوربین مدار بسته	۴	۷	۸	۵
	شیشه‌های هوشمند	۸	۶	۷	۸
	درهای هوشمند	۷	۸	۵	۵
	کنترل تردد با گیت	۵	۶	۳	۴
	نورپردازی داخلی	۴	۵	۴	۳
نوع معیار		+	+	+	+
وزن معیار		۰,۴	۰,۱	۰,۲	۰,۳

جدول ۳. تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی

امکان دفاع همه جانبه	تولید بازدارندگی	پشتیبانی از افراد	پایداری در برابر تهدیدات	راه حل بهینه
۰,۲۰۳۶	۰,۱۲۵۳	۰,۰۵۵۲	۰,۲۴۵۴	+
۰,۰۷۶۳	۰,۰۴۷	۰,۰۳۴۵	۰,۱۲۲۷	–

1. TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution)

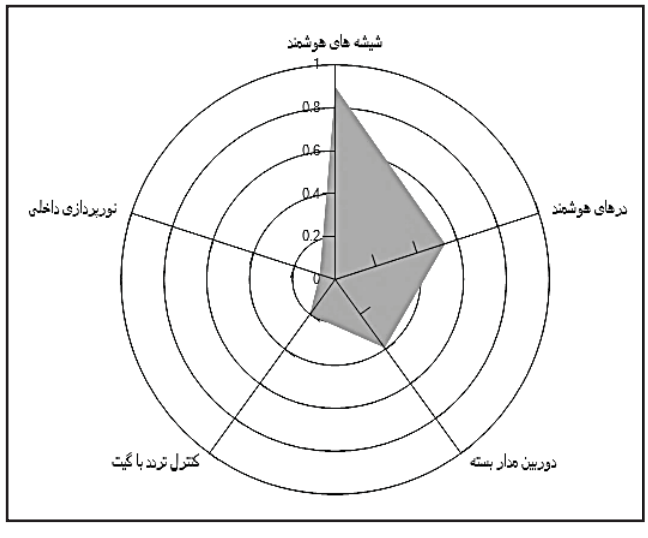
2. BT Topsis Solver

جدول ۴. تعیین اندازه فاصله از راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی

اندازه فاصله	+	-
دوربین مدار بسته	۰,۱۴۴۷	۰,۰۹۴۴
شیشه‌های هوشمند	۰,۰۲۰۹	۰,۱۸۷۷
درهای هوشمند	۰,۰۹۴۷	۰,۱۱۱۷
کنترل تردد با گیت	۰,۱۵۸۶	۰,۰۴۰۵
نورپردازی داخلی	۰,۱۸۸۷	۰,۰۱۵۷

جدول ۵. محاسبه نزدیکی به راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی و همچنین رتبه‌بندی گزینه‌ها

نتیجه	ضریب نزدیکی
شیشه‌های هوشمند	۰,۸۹۹۹
درهای هوشمند	۰,۵۴۱
دوربین مدار بسته	۰,۳۹۴۹
کنترل تردد با گیت	۰,۲۰۳۲
نورپردازی داخلی	۰,۰۷۶۷



شکل ۳. نمودار اولویت‌بندی تجهیزات هوشمندسازی ساختمان‌ها جهت حفظ دارایی‌های دفاعی ساختمان براساس معیارهای پدافند غیرعامل

اصول پدافند غیرعامل جنبه نظامی داشته و به منظور استفاده از آن در فضاهای معماری، لازم است این اصول به راهکارهای برنامه‌ریزی و طراحی تبدیل شده و از طریق آن‌ها به اهداف نهایی پدافند غیرعامل از جمله کاهش تلفات جانی و مالی و. رسید. بدین منظور و طبق نتایج حاصل از تحلیل، استفاده از شیشه‌های هوشمند از جمله اقدامات معماری در ساختمان‌ها است که می‌توان به کمک آن به اهداف پدافند غیرعامل رسید. بنابراین در بخش بعدی پژوهش به معرفی آن‌ها می‌پردازیم.

شیشه‌های هوشمند

مصالح هوشمند یک اصطلاح جدید برای مصالح و فرآورده‌هایی است که توانایی درک و پردازش رویدادهای محیطی را داشته و نسبت به آن واکنش مناسب نشان می‌دهند. همچنین مصالح هوشمند می‌توانند نیازهای انرژی خویش و محیط پیرامون خود را تأمین کنند و یا متناسب با شرایط پیرامون خود واکنش نشان دهند. مثلاً با سرد شدن هوا ایجاد گرما کنند و یا بالعکس از خود واکنش دهند.

شیشه هوشمند گونه‌ای از شیشه است که با استفاده از فناوری‌های نوین نیز می‌توان با آن میزان جذب نور را تغییر داد. امروزه فناوری‌های مدرن تولید شیشه، تأثیر شگرفی بر توسعه ساختمان‌سازی در سراسر جهان داشته است. فناوری شیشه‌های هوشمند در سال‌های اخیر توسعه خیره‌کننده‌ای داشته است و طبق گزارش سالانه صنایع ایالت متحد آمریکا، تقاضا برای شیشه‌های هوشمند تا سال ۲۰۲۰ از مرز سه میلیون مترمربع در سال خواهد گذشت. انواع شیشه‌های هوشمند را می‌توان به شرح زیر برشمرد (باقلانی، ۱۳۹۳):

۱- **شیشه‌های فتوکرومیک**[1]: با برخورد نور خورشید، تیره شده و یا به عبارتی کنترل آن در دست ما نمی‌باشد.

۲- **شیشه‌های گس‌کرومیک**[2]: شیشه‌های چندجداره که پوشش‌های معینی بر روی آن‌ها اندود شده و بین لایه‌ها از گازهای مختلف استفاده شده است.

۳- **شیشه‌های ترموکرومیک**[3]: بدون جریان الکتریکی و بدون فرمان استفاده می‌شوند و حاوی مواد پلیمری خاص می‌باشد که در دمای پایین به هم ادغام شده و در دمای بالا منبسط و پراکنده می‌شوند که این خود باعث پراکندگی بیشتر نور می‌گردد.

۴- **شیشه‌های الکتروکرومیک**[4]: شیشه‌هایی که با جریان الکتیریکی رنگشن تغییر می‌نماید. دارای وضعیت خاموش/

1. Photochromic
2. Gaschromic
3. Thermochromic
4. Electrochromic

روشن و حالت میانی که حافظه دار است. مثلاً وقتی شیشه را به رنگ مات در می‌آوریم و ناگهان برق قطع شود، حدود ۲ روز طول می‌کشد تا رنگ آن تغییر کند.

۵- **شیشه‌های لیکوئیدی**[1]: با کنترل عبور نور از میان لایه‌های مختلف آن و ضریب شکست نور متفاوت در لایه‌ها، باعث اختلال مثبت در عبور نور خورشید می‌شوند.

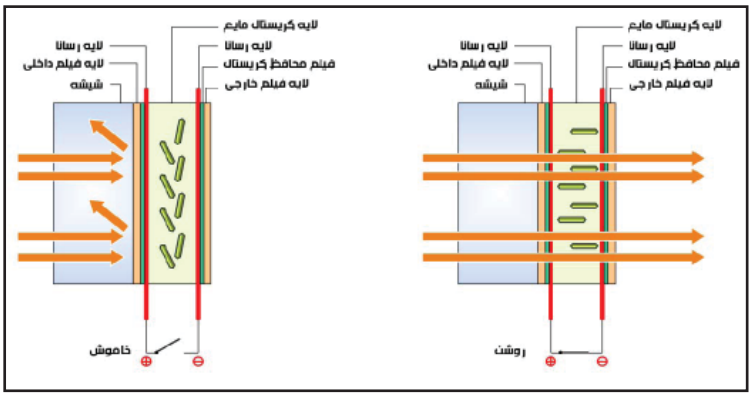
۶- **شیشه‌های هوشمند نانوسیمی پلی آنیلین**[2].

۷- **شیشه‌های هوشمند نانوبلوری**[3]: با قابلیت انتقال نور مرئی و رد نور نزدیک مادون قرمز.

شیشه‌های هوشمند الکتروکرومیک[4]

شیشه‌های هوشمند کریستال مایع، یکی از روش‌های ساخت شیشه‌های هوشمند تکنولوژی کریستال مایع می‌باشد. در این نوع شیشه هوشمند، شیشه نور مستقیم خورشید را پراکنده نموده و تا ۹۸ درصد اشعه ماورای بنفش و مادون قرمز را حذف می‌نماید. این تکنولوژی براساس پخش کنترل شده نور از طریق نیروی الکتریکی عمل می‌نماید. تکنولوژی تولید شیشه‌های هوشمند همچون تکنولوژی تولید تلویزیون‌های ال. ای. دی.[5] و مانیتورهای کامپیوترهای شخصی بوده و این شیشه‌های هوشمند متشکل از کریستال مایع احاطه شده توسط یک زمینه پلیمری، ساندویچ شده بین دو عدد لایه هادی می‌باشد. هنگامی که نیروی الکتریکی وجود ندارد، مولکول‌های کریستال مایع دارای وضعیت تصادفی و رندوم می‌باشند که به دلیل پراکندگی نور شیشه حالت مات دارد و با برقراری جریان الکتریکی مولکول‌ها هم‌جهت شده و شیشه شفاف می‌گردد (حسن‌زاده سرای و سید الماسی، ۱۳۹۶).

سابقه شیشه‌های هوشمند کریستال مایع و فیلم آن به ۱۹۹۰-۱۹۹۴ باز می‌گردد و کاربرد تجاری و امروزی آن از سال ۲۰۰۱ صورت پذیرفت. مشخصات فیزیکی، عایق صوتی و قابلیت محیطی مناسب این نوع شیشه‌ها، سبب کاربرد زیاد در صنایع ساختمانی گردیده است. این نوع از شیشه هوشمند را نباید با شیشه‌های محدودکننده اشعه‌های خورشیدی اشتباه گرفت. اساس کار این نوع شیشه‌ها، استفاده از هم‌جهت‌سازی کریستال‌های مایع و جلوگیری از پراکندگی نور می‌باشد که تا ۸۰ درصد دارای عبور نور مرئی می‌باشند (برگرفته از کاتالوگ شیشه هوشمند ال. سی.[6]).



شکل ۴. عملکرد شیشه هوشمند الکتروکرومیک

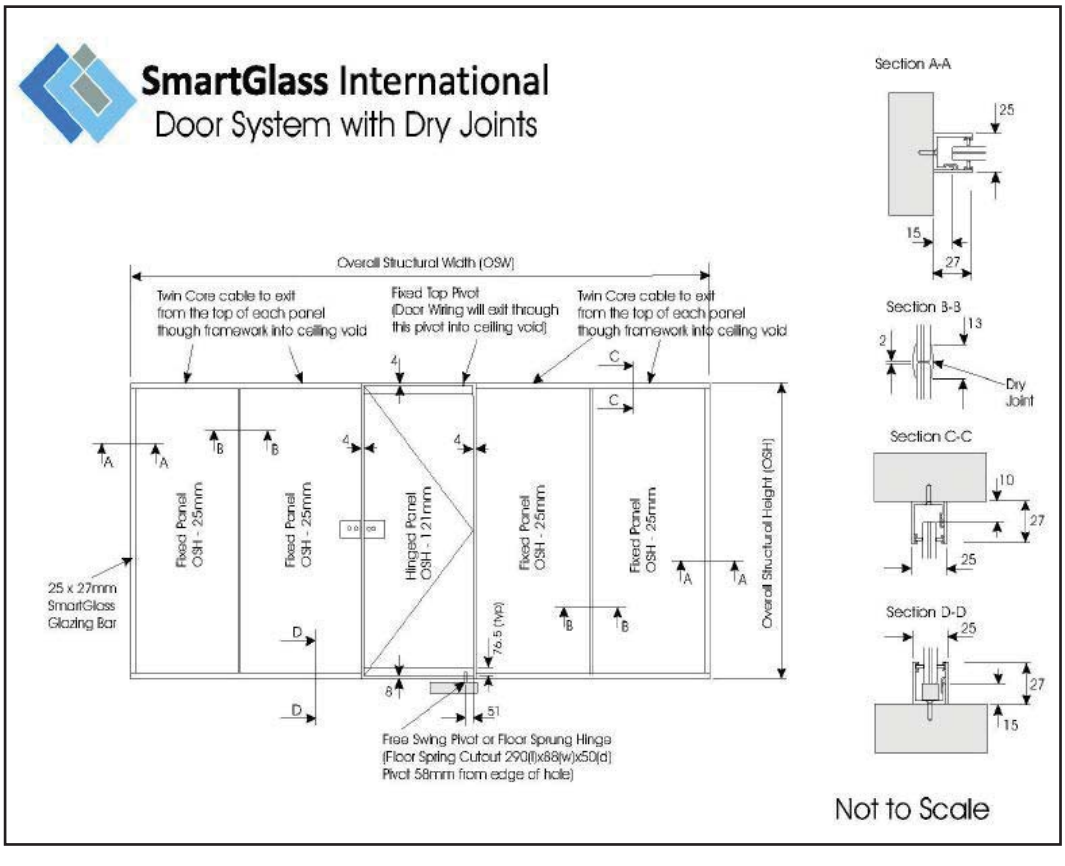
شکل ۵. نمونه‌های اجرا شده شیشه هوشمند الکتروکرومیک

قابلیت دوام این شیشه‌ها به شرح جدول ۶ می‌باشد:

1. Liquid
2. Polyaniline
3. Nanocrystalline
4. PDLC (Polymer Dispersed liquid Crystal)
5. LED (Light Emitting Diode)
6. Retrieved from Catalog of LC SmartGlass

جدول ۶. بررسی قابلیت دوام شیشه‌های هوشمند PDLC

ایتم	آزمایش وضعیت	نتیجه
تغییر	*On (۱sec) off(۱sec),* ۱۱۰ *vac ۶۰ Hz ۱ Million Times*	*Passed*
دمای بالا	۷۰℃/۲*Hours*	*Passed*
دمای رطوبت	۵۰℃/۹۵٪ *RH,۱۴Days*	*Passed*
دمای پایین	-۲۰℃ /۲۱*Days*	*Passed*
چرخه گرما	-۲۰℃ *to* ۷۰℃ (۱*Hrs /Cycle*), ۵۰۰۰*Cycles*	*Passed*
فرسایش	*Standard (for laminated Glass)*	*Passed*
مقاومت گرمایی	*Standard (for laminated Glass)*	*Passed*
فرورفته در آب	۲۱*Days*	*Passed*



شکل ۶. جزئیات اتصالات شیشه‌های هوشمند PDLC. (برگرفته از کاتالوگ شیشه هوشمند ال. سی)

شیشه‌های هوشمند PDLC به آسانی نصب می‌شود و در شکل‌های گوناگون می‌تواند تولید شود که شامل رنگی، ضدآتش، دوجداره، پلاستیک، مقاوم به انفجار، ضدگلوله و به شکل خمیده می‌باشد. همچنین با استفاده از یک جریان الکتریکی، کاربران می‌توانند فوراً شیشه را از آشکار به خصوصی و بالعکس تغییر دهند و استتار ایجاد شود. بنابراین استفاده از این شیشه هوشمند در ساختمان از دیدگاه پدافند غیرعامل، بسیار کاربردی است.

نتیجه‌گیری

طبق مطالعات صورت گرفته در پژوهش حاضر می‌توان نتیجه گرفت که کاهش خطرپذیری ناشی از آسیب‌پذیری ساختمان در برابر تهدیدات انسان‌ساخت با استفاده از سامانه هوشمند ساختمان بر مبنای پدافند غیرعامل، مؤثر و قابل اطمینان است. در طراحی معماری ساختمان‌ها، آن طرحی موفق و پایدار است که با در نظر گرفتن مجموع ملاحظات عملکردی و زیبایی‌شناسانه به همراه مؤلفه‌های دفاع غیرنظامی به راه‌حل بهینه دست پیدا کنند. اگرچه در نگاه اول استفاده از برخی اصول پدافند غیرعامل در ساختمان، غیرضروری و یا محدودکننده دیگر مؤلفه‌های تأثیرگذار در طراحی است، اما با دقت و فهم این اصول می‌توان از آن‌ها به عنوان عاملی در جهت پایداری ساختمان و کارآیی بالاتر آن در مواقع بحران، استفاده کرد. با توجه به اینکه با پیشرفت علم و تکنولوژی، نوع و ماهیت تهدیدات نیز پیشرفت چشمگیری داشته است، بهره‌گیری از تکنولوژی و علم در تمهیدات پدافند غیرعامل در ساختمان، امری بدیهی است که در نهایت منجر به کاهش خطرپذیری خواهد شد.

به دلیل یکسان نبودن تأثیر زیرسامانه‌ها در کاهش آسیب‌پذیری دارایی‌ها، نمی‌توان ادعا کرد که به‌کار بردن کدام یک از زیرسامانه‌ها در ساختمان ضروری نیست. زیرا بسته به نوع دارایی‌های ساختمان، تمامی زیرسامانه‌ها از اهمیت بالایی برخوردارند و در کاهش آسیب‌پذیری نقش خواهند داشت. بنابراین اولویت‌بندی براساس ترتیب و میزان اهمیت زیرسامانه‌ها در تمامی دارایی‌های ساختمان صورت گرفته است. با توجه به نتایج حاصل از تحلیل تاپسیس در اولویت‌بندی تجهیزات هوشمندسازی ساختمان، شیشه‌های هوشمند به عنوان تکنولوژی نوین و پویا معرفی می‌شود که ترکیب آن با اهداف پدافند غیرعامل، باعث تسهیل مدیریت بحران در هر سه حالت قبل از وقوع، هنگام وقوع و بعد از وقوع بحران خواهد شد.

با توجه به کاهش آسیب‌پذیری و همچنین کاهش خطرپذیری در صورت استفاده از شیشه‌های هوشمند در ساختمان، می‌توان گفت که نتایج حاصل از این مقاله کاربردی است. در این مقاله با توجه به نظر کارشناسان و خبرگان، صرفاً بخش معماری ساختمان مورد بررسی قرار گرفته است و بخش‌های دیگر نیازمند تحقیق و پژوهش در تحقیقات آتی توسط پژوهشگران و محققان هوشمندسازی ساختمان‌ها و پدافند غیرعامل است.

منابع

ابهری، م. (۱۳۹۱)، مدیریت بحران نظامی، تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر.

باقلانی، م. (۱۳۹۳)، اجرای نوین ساختمان با استفاده از شیشه‌های هوشمند، پانزدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور، ارومیه. بازیابی از: https://www.tpbin.com/article/40776

بیطرفان، م. فرزام‌شاد، م. (۱۳۹۲)، معماری همساز با دفاع غیرعامل با واکاوی در سبک‌های معماری جهان، تهران: انتشارات بوستان حمید.

ثمره، م. مهدوی‌نیا، ع. (۱۳۹۰)، استفاده از سامانه‌ی هوشمند ساختمان BMS در یکی از ساختمان‌های شرکت توزیع نیروی برق جنوب استان کرمان و کاهش مصرف انرژی الکتریکی، همایش ملی اصلاح الگوی تولید و مصرف، کرمان. بازیابی از: https://www.civilica.com/Paper-OTMKERMAN01-OTMKERMAN01_051.html

جلالی فراهانی، غ. (۱۳۹۲)، مقدمه‌ای بر روش و الگوی برآورد تهدیدات در پدافند غیرعامل، تهران: مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه جامع امام حسین (ع).

حدادی نیستانک، ر. (۱۳۹۰)، اصول و مبانی سامانه‌های هوشمند و کنترل BMS، تهران: انتشارات کتاب آوا.

حسن‌زاده‌سرای، ن. سیدالماسی، م. (۱۳۹۶)، بررسی استفاده از پنجره‌های هوشمند در طراحی ساختمان‌های هوشمند، پنجمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران و معماری و توسعه شهری، تهران. بازیابی از: https://www.civilica.com/Paper-ICSAU05-ICSAU05_1709.html

حسینی، ب. کاملی، م. (۱۳۹۴)، معیارهای پدافند غیرعامل در طراحی معماری ساختمان‌های جمعی شهری، نشریه آرمانشهر، شماره ۱۵، صص ۲۷- ۳۹. بازیابی از: http://www.armanshahrjournal.com/article_33640.html

روشنفکر جورشری، س. نجفقلی پورکلانتری، ن. زهرایی، س. (۱۳۹۳)، ایجاد سیستم پدافند غیرعامل با بهره‌گیری از مصالح هوشمند در ساختمان‌های پایدار، کنگره بین‌المللی پایداری در معماری و شهرسازی، دبی. بازیابی از: https://www.civilica.com/Paper-CSAU01-CSAU01_031.html

زرگر، ح. هوشیار، س. (۱۳۹۰)، پدافند غیرعامل در معماری؛ راهکاری جهت کاهش خطرپذیری در برابر سوانح، سومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت جامع بحران در حوادث غیر مترقبه طبیعی. شرکت کیفیت ترویج، تهران. بازیابی از: https://www.civilica.com/Paper-INDM03-INDM03_149.html

فریبرزی، ا. توسلیان، گ. (۱۳۹۲)، نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات در هوشمندسازی ساختمان‌ها، کنفرانس معماری و شهرسازی و توسعه پایدار با محوریت از معماری بومی تا شهر پایدار، مؤسسه آموزش عالی خاوران، مشهد. بازیابی از: https://www.civilica.com/Paper-APSD01-APSD01_226.html

قادری، ا. (۱۳۹۳)، جزوه آموزشی تصمیم‌گیری چند معیاره Topsis، برگرفته از سایت www.moi.ir

مرادیان، م. (۱۳۸۵)، درآمدی بر ابعاد و مظاهر تهدیدات، تهران: انتشارات مرکز آموزشی و پژوهشی شهید علی صیاد شیرازی.

مؤمنی، م. شریفی سلیم، ع. (۱۳۹۰)، مدل‌ها و نرم‌افزارهای تصمیم‌گیری چند شاخصه، چاپ اول، تهران: ناشر مؤلفین.

مهری، ع. (۱۳۹۸)، نقش عوامل و مؤلفه‌های پدافند غیرعامل در امنیت کشور، نشریه سیاست دفاعی، دوره ۱۸، شماره ۷۰، صص ۱۱۹- ۱۶۳. بازیابی از: http://dpj.ihu.ac.ir/article_202891.html

نیک‌نامی، س. اثنی‌عشری، ر. خرمی شریف، ح. (۱۳۹۴)، سامانه‌های BMS مدیریت ساختمان، ترجمه سیف‌الله نیک‌نامی، تهران: انتشارات یزدا.

واحدیان، ع. کارگر، م. (۱۳۸۶)، جایگاه ساختمان‌های هوشمند در شهر الکترونیک، سومین کنفرانس فناوری اطلاعات و دانش (IKT)، مشهد. بازیابی از: https://profdoc.um.ac.ir/articles/a/1012019.pdf

وحیدیان، م. نجاتی، و. (۱۳۹۴)، آنالیز اقتصادی، بهینه‌سازی و مفهوم سامانه‌ی کنترل هوشمند (BMS)، مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین‌المللی تهویه مطبوع و تأسیسات حرارتی و برودتی، تهران. بازیابی از: https://www.sid.ir/Fa/Seminar/ViewPaper.aspx?ID=29577

Catalog of LC Smart Glass, Electronically Switchable Glass Data Sheet, Retrieved from www.smartglassinternational.com/lc-smartglass.

FEMA, Risk Management Series, Risk Assessment FEMA 426, (2003), Retrieved from www.fema.gov

FEMA, Risk Management Series, Risk Assessment FEMA 452, (2005), Retrieved from www.fema.gov

Graham Clarke Victor Callaghan. (2000), A soft-computing architecture for intelligent buildings, Technical report, Department of Computer Science, University of Essex and Department of Computer Science, University of Hull.

Nakabayashi, I. (2009), Urban Planning Based On Disaster Risk Assessment: Disaster Management in Metropolitan Area In 21st Century, International Conference Japan. Retrieved from https://www.unisdr.org/we/inform/publications/11014