

سیستم‌های اعلام و اطفاء حریق در ساختمان‌ها

حسین فاتحی^۱، بهرام آزموده املشی، محسن حیدری
^۱ کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه فضیلت سمنان، ایران.

نام نویسنده مسئول:

حسین فاتحی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۰۵

چکیده

مقاله حاضر به بررسی فناوری‌های و سیستم‌های اعلام و اطفاء در حوزه ایمنی ساختمان‌ها، می‌پردازد. این مقاله به تحلیل سیستم‌های اطفاء حریق، ربات‌های آتش‌نشان، سیستم‌های کنترل منطقی، پمپ‌های آتش‌نشان می‌پردازد، با توجه به ماهیت کیفی بودن تحقیق برای مطالعه روش تحلیل محتوا انتخاب شد. تحلیل محتوا یکی از مهمترین روشهای تحقیق کیفی است که در پی شناخت اطلاعات به تحلیل آنها می‌پردازد. توسعه اینترنت اشیا (IoT) و مفاهیم خانه‌های هوشمند، فرصت‌های جدیدی برای پیاده‌سازی نصب‌های مدرن آبپاش و سیستم‌های خاموش‌کننده را فراهم کرده‌اند. سیستم‌های مبتنی بر فناوری‌های پیشرفته مانند پمپ‌های آتش‌نشانی LY100 و سیستم‌های کنترل منطقی برنامه‌پذیر (PLC) قابلیت استقرار سریع، انعطاف‌پذیری بالا و واکنش مؤثر در مقابل حوادث آتش‌سوزی را دارند. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که بهره‌گیری از این فناوری‌ها، به صورت مؤثری در کنترل آتش در ساختمان‌های بلند، فضاهای محدود و شرایط بحرانی به کار گرفته شوند. استفاده از ربات‌های هوشمند، حسگرهای تشخیص دود، شعله، دما و سامانه‌های هشدار سریع، نقش مهمی در کاهش خطرات جلی و مالی ایفا می‌کند و اهمیت طراحی جامع و رعایت استانداردهای ایمنی را نشان می‌دهد. در نهایت، این مطالعه بر ضرورت توسعه و بهره‌گیری از سیستم‌های هوشمند و خودکار در جهت افزایش ایمنی و اطمینان از عملکرد بهینه در مدیریت حوادث آتش‌سوزی تأکید دارد.

واژگان کلیدی: آتش، سیستم اطفاء حریق، ساختمان، سیستم هوشمند.

مقدمه

تأثیرات آتش بر محیط زیست از منابع طبیعی و انسانی ناشی می‌شود. مدیریت این دو اغلب به استراتژی‌های مختلفی نیاز دارد و می‌تواند بدون توجه به تعامل بین دنیاهای طبیعی و فناوری دنبال شود. با این حال، همان‌طور که جامعه به دنبال کاهش تأثیرات خود بر جهان طبیعی با اجرای استراتژی‌های پایداری بوده است و اخیراً نیز نیاز به ایجاد سکونت‌گاه‌های انسانی مقاوم و پایدار را شناسایی کرده است، نیاز به توسعه انسانی پایدار و مقاوم به وجود آمده است. هنگامی که روابط متقابل بین انتشار کربن، تغییرات اقلیمی و تأثیرات اقلیمی را در نظر می‌گیریم، نیاز به حمایت از راه‌حل‌های ساختمانی پایدار و مقاوم به وضوح احساس می‌شود (Frantzich, H et al, 2025). توسعه اخیر مفاهیم اینترنت اشیا (IoT)^۱ و ساختمان‌های هوشمند راه را برای مطالعه نحوه پیاده‌سازی سیستم‌های تشخیص و اطفای حریق موجود در حوزه صنعتی در زمینه ساخت مسکن باز می‌کند. ساختمان هوشمند یک سیستم مدیریت ساختمان بر اساس فناوری اینترنت با استفاده از اینترنت اشیا (IoT) ایجاد می‌کند. در حال حاضر، بخش ایمنی آتش، به عنوان بخشی از IoT، هدفش نظارت بر سنسورهای خاص گاز، دما یا دود است، بدون اینکه به واکنش ساختمان هوشمند در صورت بروز آتش توجه کند. جنبه دیگری از IoT در مورد ایمنی آتش با نظارت بر پارامترهای پیشگیری از آتش‌سوزی صنعتی و تجهیزات اطفای حریق نشان داده می‌شود (Zhanget al., 2013). با این حال، در حال حاضر، گرچه بسیاری از ساخت و سازها در کشور به سیستم‌های هشدار و تشخیص آتش و همچنین به تأسیسات خاموش کردن آتش مجهز هستند، هنوز مرکزی شدن داده‌های ارائه شده توسط آنها در یک مکان واحد، از طریق پرسپکتیو شهر هوشمند، وجود ندارد. بنابراین، یک مرکزی سازی این اطلاعات، از طریق پرسپکتیو اینترنت اشیا، در سطح یک واحد آتش‌نشانی، امکان نظارت در زمان واقعی بر پارامترهای عملیاتی را فراهم می‌آورد و از همه مهم‌تر، واکنش سریع آتش‌نشانان را در صورت آتش‌سوزی ممکن می‌سازد.

اهمیت و ضرورت پژوهش

آتش یک خطر خاص و مورد توجه است به دلیل ذات تخریبی و خطرناک آن برای محیط ساخته شده و کسانی که در آن زندگی می‌کنند. به عنوان یک خطر طبیعی، آتش به دلیل تغییرات اقلیمی که منجر به شرایط شدید آب و هوایی می‌شود (مانند خشکسالی و دماهای بالا) در حال افزایش در فراوانی و شدت است. همچنین، به عنوان یک خطر تکنولوژیکی، آتش می‌تواند به طور ناخواسته با اجرای تدابیر پایداری، مانند تدابیر پایداری انرژی که خطرات احتمالی احتراق را ایجاد می‌کند و یا عایق حرارتی که بار سوختی اضافی ایجاد می‌کند، افزایش یابد. برای مقابله جامع و کاهش خطر آتش‌سوزی در حال افزایش، لازم است مفاهیم محیط ساخته شده پایدار و مقاوم در برابر آتش را اتخاذ کنیم، در این زمینه، محیط ساخته شده شامل ساختمان‌ها (ساختمان‌ها، تسهیلات)، زیرساخت و جوامع است (Frantzich, H et al, 2025). تاب‌آوری آتش‌سوزی ساختمان‌ها، رابطه نزدیکی با اقداماتی وجود دارد که برای دهه‌ها برای ایجاد لایه‌های حفاظتی در ساختمان به کار رفته‌اند، به طوری که کمک می‌کند مانع از شروع آتش، کنترل گسترش و تأثیر آتش در صورت رخ دادن آن شود و تسهیل کننده خاموش کردن سریع باشد. این ویژگی‌ها هم به حفظ ایمنی ساکنان کمک می‌کند و هم به محدود کردن خسارت، که باعث تسهیل در بهبودی می‌شود. ایمنی آتش می‌تواند به عنوان یک جزء مهم از تاب‌آوری آتش در نظر گرفته شود با توجه به جنبه آماده‌سازی و کمک به بهبودی از وقوع آتش‌سوزی ساختار شناخته‌شده‌ای که استراتژی‌های مختلف ایمنی آتش را که به تاب‌آوری آتش کمک می‌کند نشان می‌دهد؛ درخت مفاهیم ایمنی آتش‌نشانی (FSCT) است. (NFPA, 2020) به طور کلی چهار هدف اصلی ایمنی آتش وجود دارد حفاظت از جان، اموال، کسب و کار (ماموریت) و محیط زیست. علاوه بر این، دامنه ایمنی آتش بسیار وسیع است از شعله‌های کوچک یا مواد گرم شده تا آتش‌سوزی‌های وسیع در جنگل‌ها.

^۱ Internet of Things

مفهوم شناسی

ساختمان‌های هوشمند انتظار می‌رود که محیط‌های زندگی ایمن‌تر، راحت‌تر و کارآمدتری برای جامعه در قرن بیست و یکم باشند. یک سیستم ساختمان هوشمند (IBS) از بسیاری از خدمات و زیرسیستم‌های مختلف تشکیل شده است. یکی از مهم‌ترین زیرسیستم‌ها، سیستم عملکرد تشخیص آتش در یک ساختمان هوشمند است (P. Sonsale et al, 2014). یکی از جنبه‌های ایمنی بسیار مهم هر ساختمان، اطمینان از وجود تمام اقدامات لازم ایمنی در برابر آتش است. ساختمان باید یک مسیر خروج اضطراری با علامت‌گذاری واضح داشته باشد که به‌طور ایمن مردم را به خارج از ساختمان هدایت کند (Rubadiri, 1997, L et al), با این حال، در چارچوب امکانات ساختمان، اقدامات دیگری نیز باید انجام شود تا در حد امکان، آتش را خاموش یا مهار کرد.

سیستم‌های هشدار آتش

سیستم‌های هشدار آتش، اطلاع‌رسانی از شرایط اضطراری آتش‌سوزی در یک منطقه یا کل ساختمان را فراهم می‌آورند. تشخیص‌دهنده‌های آتش برای شناسایی آتش، دود، گرما و شعله طراحی شده‌اند. سیستم تشخیص و هشدار آتش از عناصر کلیدی برای بقاء افراد به شمار می‌رود. یکی از جنبه‌های کلیدی حفاظت در برابر آتش، شناسایی به موقع شرایط اضطراری آتش‌سوزی در حال توسعه و اطلاع‌رسانی به ساکنان ساختمان و سازمان‌های مربوط به اضطراری آتش‌سوزی است. بقاء بستگی به زمان از شناسایی تا تخلیه دارد (Barlet et al, 2006).

خاموش کننده آتش

خاموش‌کننده‌های آتش، متداول‌ترین ابزار احتیاط ایمنی مورد استفاده در صنایع و منازل در این روزها هستند. در محیط‌های صنعتی، مقررات یک سیاست بسیار سخت‌گیرانه پیشگیری از آتش را تعیین می‌کند. اما در مناطق مسکونی، احتیاط‌های بسیار کمتری وجود دارد. تنها تدابیر ایمنی، طراحی مفهومی و ساختاری ساختمان‌ها هستند. اگرچه درصد زیادی از آتش‌سوزی‌هایی که مردم با آن‌ها مواجه می‌شوند در خانه رخ می‌دهد، بیشتر مردم هیچ تجهیزاتی برای خاموش کردن آتش در خانه ندارند. بسیاری از آتش‌سوزی‌ها که منجر به تخریب دارایی‌ها و ایجاد تلفات زیاد می‌شوند، می‌توانند به راحتی کنترل شوند، حتی بدون آموزش، اگر یک خاموش‌کننده مناسب یا پتو آتش‌نشانی در دسترس باشد و آتش در مراحل اولیه شناسایی شود. ۹۵ درصد از تمام خسارت‌های مستقیم به دارایی‌ها زمانی اتفاق می‌افتد که آتش از مراحل اولیه فراتر رفته باشد این مشکل را می‌توان به راحتی با استفاده از خاموش‌کننده‌های آتش قابل حمل جلوگیری کرد (Chaudhary, S et al, 2020). به‌طور معمول، یک خاموش‌کننده آتش شامل یک مخزن فشار استوانه‌ای است که حاوی یک ماده‌ای است که می‌توان آن را برای خاموش کردن آتش آزاد کرد. همچنین خاموش‌کننده‌هایی وجود دارند که از مخازن فشار غیر استوانه‌ای ساخته شده‌اند، اما این‌ها کمتر رایج هستند (Xing, E et al, 2018). دو نوع اصلی خاموش‌کننده آتش وجود دارد واحدهای تحت فشار ذخیره شده و کارتریج‌دار. در واحدهای فشار ذخیره شده، ماده اطفای حریق در همان محفظه‌ای که ماده خاموش‌کننده خود قرار دارد، ذخیره می‌شود. خاموش‌کننده‌های مختلف بسته به نوع سوختی که باعث آتش‌سوزی شده است استفاده می‌شوند؛ این‌ها با حروفی طبقه‌بندی می‌شوند که به نوع آتشی که خاموش‌کننده برای آن طراحی شده است اشاره دارند. انواع آتش عبارتند از کلاس A: آتش‌سوزی‌هایی که شامل سوخت‌های جامد مانند چوب، مقوا، پلاستیک و غیره هستند. کلاس B: آتش‌سوزی‌هایی که شامل سوخت‌های مایع مانند نفت، بنزین یا رنگ هستند. کلاس C: آتش‌سوزی‌هایی که شامل سوخت‌های گازی مانند بوتان، پروپان یا گاز شهری هستند. کلاس D: آتش‌سوزی‌هایی از این نوع نادرترین هستند، سوخت از نوع فلز است و فلزات در حال سوختن شامل منیزیم، سدیم یا پودر آلومینیوم هستند.

رایج ترین مواد خاموش کننده

(۱) آب: برای آتش‌سوزی‌های نوع A همیشه در مکان‌هایی که برق وجود ندارد مناسب است. آب برای آتش‌سوزی‌های مربوط به سوخت‌های مایع مانند بنزین یا روغن مناسب نیست زیرا از آن مایعات سنگین‌تر است؛ به همین دلیل، سوخت روی آب می‌ماند و خاموش کردن آتش ممکن نخواهد بود. (۲) اسپری آب: ایده‌آل برای خاموش کردن آتش‌های نوع A و مناسب برای آتش‌های نوع B. هرگز نباید در حضور برق استفاده شوند زیرا آب می‌تواند منجر به برق‌گرفتگی شود. این نوع کپسول آتش‌نشانی برای خارج از خانه‌ها که هیچ خطر الکتریکی وجود ندارد، مانند باغ‌ها، کباب‌ها و غیره مناسب است. (۳) فوم: ایده‌آل برای آتش‌های نوع A و B؛ ما همه دیده‌ایم که آتش‌نشان‌ها در تمرینات اضطراری فوم اسپری می‌کنند. مانند مورد قبلی، در حضور برق خطرناک است. (۴) پودر: این نوع آتش‌نشانی رایج‌ترین نوع است و در هر ساختمانی استفاده می‌شود. این نوع برای آتش‌های نوع A، B و C مناسب است. به صورت پودری است بنابراین می‌توان در حضور برق از آن استفاده کرد. این آتش‌نشانی به شدت برای خانه‌ها، دفاتر یا هر نوع ساختمان دیگری توصیه می‌شود. (۵) خاموش‌کننده‌های CO₂: یک گاز است و به همین دلیل نمی‌تواند جریان الکتریسیته را منتقل کند. این نوع خاموش‌کننده برای آتش‌های نوع A، B و C مناسب است. معمولاً در حضور عناصر حساس که سایر انواع خاموش‌کننده‌ها ممکن است به اشیاء آسیب برسانند، استفاده می‌شود. برای مثال، اگر ما از یک خاموش‌کننده معمولی در یک آزمایشگاه استفاده کنیم، فوم یا پودر ممکن است به ماشین‌آلات و تجهیزات گران‌قیمت آسیب برساند. از این رو، خاموش‌کننده‌های CO₂ برای این نوع محیط‌ها ایده‌آل هستند. اگرچه آن‌ها از همه خاموش‌کننده‌های موجود، چندمنظوره‌ترین هستند، اما در عین حال حساس‌ترین نیز می‌باشند؛ تغییرات دما می‌تواند تأثیر زیادی بر آن‌ها بگذارد. با توجه به اینکه آن‌ها منودار ندارند، دانستن فشار آن‌ها در زمان واقعی غیرممکن است، بنابراین بازرسی دستی ضروری است (Garcia-Martin, R et al, 2019).

روش پژوهش

برای گردآوری داده‌ها، از تکنیک اسنادی و کتابخانه‌ای استفاده می‌شود و با رجوع به منابع مرتبط در این زمینه تلاش می‌شود تا ابعاد مختلف موضوع شناسایی و بیان شود برای تحلیل داده‌ها نیز از روش کیفی استفاده شده است. لذا هر چیزی قابل محتوا است و هر پدیده‌ای تحلیلی می‌تواند محتوا شود در تحلیل محتوای کیفی مفاهیمی وجود دارد که در متن بسیار به آن اشاره می‌شود. از جمله این مفاهیم محتوای آشکار و نهفته واحد تحلیل، واحد معنا، فشردگی خلاصه سازی حیطه محتوا کد طبقه و تم است. هنگامی که متن با جنبه‌هایی از محتوا سر و کار دارد، اجزایی آشکار را توصیف می‌کند و بر عکس زمانی که متن با جنبه‌های ارتباطی محتوا سر و کار دارد و تحلیل گر درگیر تفسیر معانی متن است به تحلیل محتوای نهفته اشاره می‌شود. واحد تحلیل شامل تنوع وسیعی از نمونه‌های مطالعه است. در واقع جامعه و یا هر عبارت یا کلمه نوشته شده در متن نسخه برداری شده می‌تواند به عنوان واحد تحلیل مورد توجه قرار گیرد. واحد معنای کلمات یا عباراتی هستند که به معنای اصلی مربوط هستند. منظور از تنزل یا فشردگی کم کردن اندازه متن بدون تغییر در کیفیت آنچه در متن وجود دارد و خلاصه سازی فرایند کوتاه کردن متن است؛ در حالی که هسته اصلی متن حفظ شود. حیطه محتوا بخشی از متن بر اساس فرضیه‌ها و یا بخش‌هایی از متن است که به عنوان خاصی در یک راهنمای مصاحبه و یا مشاهده اشاره دارد کد بر حسب واحدی معنایی است و طبقه‌گروهی از محتوا است که اشتراکات را به مشارکت می‌گذارد. در واقع هسته اصلی شکل تحلیل محتوای کیفی طبقات است و سرانجام تم را یک باز رخداد منظم در یک طبقه معرفی می‌کنند (ادیب حاج باقری و همکاران، ۲۵۶۱۳۸۶).

یافته های پژوهش

طراحی ایمنی آتش در بسیاری از کشورها، از طریق یک سیستم مقررات ساختمانی مبتنی بر عملکرد مدیریت می‌شود. اصل طراحی ایمنی آتش مبتنی بر عملکرد، طراحی و ساخت یک ساختمان به گونه‌ای است که به یک مجموعه از اهداف ایمنی آتش، مشخص شده در الزامات کاربردی و کمی‌سازی شده در معیارهای عملکرد خاص، پاسخ دهد (Hurley et al ,

(2015). توصیف سناریوهای آتش طراحی و شرایط آتش که ممکن است رخ دهد، به تجربه و صلاحیت فردی که تحلیل را انجام می‌دهد و سطح ریسکی که برای جنبه‌های مختلف نصب شناسایی می‌کند، بستگی دارد (Lange D et al, 2022). متخصصان ایمنی آتش توضیح دادند که ساکنان تنها دو دقیقه فرصت دارند تا در هنگام بروز آتش سوزی در محل خود، خود را نجات دهند (Gaidha M et al, 2018). برای جلوگیری از مرگ و زیان مالی نامشخص ناشی از خطرات آتش، تشخیص و نظارت زودهنگام آتش بسیار اهمیت دارد. جدا از این، امنیت در زندگی مدرن ما به یک واقعیت ضروری تبدیل شده است. برای افزایش ایمنی انسان‌ها، یک سیستم هشدار امنیتی که هر نوع حرکتی در منطقه مشخص شده را شناسایی کند تا وجود یک مهاجم بالقوه را تشخیص دهد، بسیار حیاتی است (Hassin, M. E et al, 2021).

سیستم اعلان حریق مبتنی بر کنترل منطقی برنامه‌پذیر (PLC)

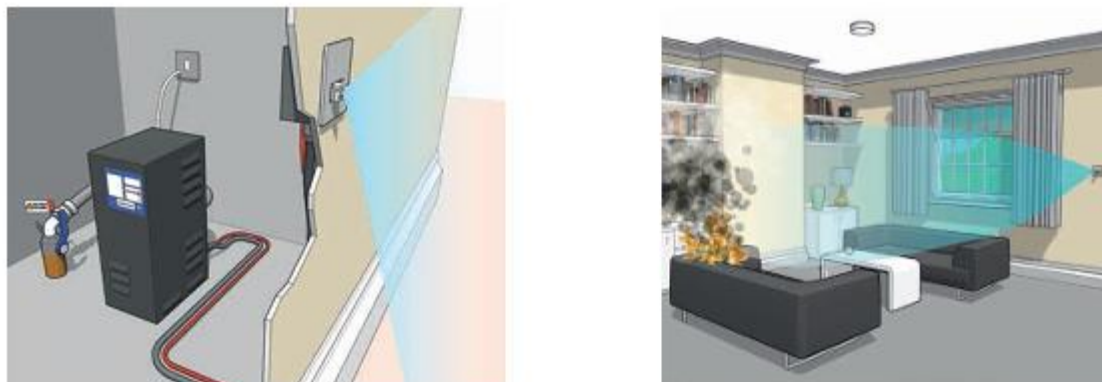
امروزه چیزهای بیشتری به طور خودکار انجام می‌شوند. اتوماسیون یک مرحله فراتر از مکانیزه کردن است، جایی که انسان‌ها با ماشین‌آلاتی برای کمک به کارهایشان فراهم می‌شوند یا به سادگی جایگزین می‌شوند. اتوماسیون طیف وسیعی از سیستم‌ها را شامل می‌شود که در آنجا جابجایی قابل توجهی از عمل مکانیکی، الکتریکی یا کامپیوتری برای تلاش یا هوش انسانی وجود دارد. تکنولوژی از موارد ساده تا پیچیده وجود دارد. فرآیند اتوماسیون نیاز به یک کنترلر منطقی دارد تا وظایف توالی شده را انجام دهد. کنترلر منطقی برنامه‌پذیر (PLC) یک دستگاه الکترونیکی است که در صنایع مختلف برای نظارت و کنترل سیستم‌های ساختمانی و فرآیندهای تولید استفاده می‌شود. PLC برای انجام یک مجموعه از وظایف طراحی شده است، به جز در شرایط واقعی و در زمان واقعی با قابلیت اطمینان و عملکرد برتر. برای برآورده کردن نیازهای محیط‌های صنعتی سخت، PLC‌ها به گونه‌ای طراحی شده‌اند که از نظر ساختاری بسیار مقاوم باشند و معمولاً قادر به تحمل دماهای شدید، رطوبت، لرزش و نویز الکتریکی هستند (Tejano, L. L, 2019). سیستم آلام آتش مبتنی بر PLC به طور خودکار دود و آتش را که از طریق دستگاه‌های حسگر مختلف عبور می‌کند، تشخیص می‌دهد. یک حسگر از یک یا چند مبدل برای تشخیص و اندازه‌گیری پدیده‌هایی مانند دما، رطوبت، فشار بارومتریک، بافت، نزدیکی و وجود برخی از مواد استفاده می‌کند (Gibilisco, S, 2007). سطح پذیرش این دستگاه بسیار خوب توصیف شده است زیرا کارشناسان مفید بودن این دستگاه را به ویژه در نجات جان مردم در یک ساختمان خاص در صورت بروز وضعیت اضطراری آتش مرتبط می‌دانند. بنابراین، استفاده از سیستم اعلام حریق مبتنی بر PLC برای ارائه اطلاع رسانی در صورت وضعیت اضطراری آتش به شدت مورد پذیرش قرار گرفته است (Tejano, L. L, 2019).

سیستم خاموش کننده آتش اتوماسیست

توجهی که به میزان آب مصرفی برای خاموش کردن آتش سوزی های خانگی شده است به توسعه راه حل هایی با استفاده از مه آب منجر شده است. یکی از این راه حل ها توسط پلامیس^۱ توسعه داده شده و به AUTOMIST شناخته می‌شود (Dyson, 2017). این سیستم شامل یک پمپ فشار بالا، لوله‌های متصل کننده و یک سر چرخنده تخلیه مه است که به سنسور مادون قرمز خودکار مجهز شده که هنگام فعال شدن توسط یک تشخیص دهنده حرارت، بر روی محل آتش قفل می‌شود. بر خلاف سیستم‌های آبپاش معمولی، نازل بر روی دیوار نصب شده است و این امکان را می‌دهد که مه آب را از طرف خارج کند و از لایه‌های بخار فوق داغ بالای آتش اجتناب کند. این سیستم به عنوان یک سیستم فعال اطفاء حریق طبقه‌بندی می‌شود و از فناوری مه آب برای خاموش کردن یا کاهش آتش به مدت کافی استفاده می‌کند تا به مردم اجازه فرار ایمن را بدهد و به آتش‌نشان‌ها امکان مداخله را بدهد. مزایای اصلی این سیستم نسبت به آبپاش‌ها یا سایر سیستم‌های معمولی مه آبی این است که آب کمتری مصرف می‌کند: آب کمتر به معنای آسیب کمتر است، نیاز به حداقل الزامات نصب دارد و به این ترتیب یک جذابیت عمده برای مالکان، ساکنان، معماران، مهندسان آتش و بیمه‌گران به شمار می‌رود. تولیدکنندگان این سیستم قصد دارند نصب دیگری را توسعه دهند به این معنا که اگر پمپ، طراحی نازل و اصل عملکرد مشابه باشند، نوآوری این است که چندین نازل به همین پمپ متصل می‌شوند. جالب‌ترین نکته نحوه انتخاب نازل مورد استفاده در صورت بروز آتش سوزی است.

^۱ PLUMIS

وقتی که یک حسگر دود فعال می‌شود، همه نازل‌های تخلیه فعال می‌شوند و حسگرهای حرارت مادون قرمز آنها اتاق‌ها را برای تشخیص حرارت در حال افزایش اسکن می‌کنند. آنها به طور مشترک اطلاعات را به یک واحد مرکزی ارسال می‌کنند. پس از تأیید آتش‌سوزی، یک الگوریتم تعیین می‌کند که کدام نازل برای مداخله مناسب‌تر است. واحد مرکزی نازل‌هایی که برای تخلیه نیاز نیستند را می‌بندد و پمپ را روشن می‌کند تا آب را از خط اصلی به نازل‌های عملکردی باقی‌مانده ارسال کند، که مه آب را بر روی آتش می‌پاشد.



شکل ۱. سیستم خاموش کننده نوع AUTOMIST.

ربات آتش نشان، خاموش کردن آتش با روبات‌های آتش‌نشانی

سیستم‌های ثابت اطفای حریق این عیب را دارند که نمی‌توانند عامل اطفای را به طور مستقیم در اوایل آتش‌سوزی بر روی آتش تخلیه کنند. برای جبران این عیب تحقیقات توسعه یافته است که به تحقق ساخت ربات‌هایی که اطفای حریق را تضمین می‌کنند، منجر خواهد شد. نگرانی برای چنین راه‌حلی در حس تولید و آزمایش ربات‌های کوچک با قابلیت‌های شناسایی و اطفای حریق وجود داشت. بنابراین، ما یک پلتفرم متحرک را می‌یابیم که به واحد شناسایی زود هنگام آتش مجهز است (Sucuoglu, 2018). این ربات دارای عملکردهای اجتناب از موانع است و باید مسیرهای تعیین‌شده را دنبال کند و محیط را برای شناسایی منبع آتش اسکن کند. در سیستم از حسگرهای دود، شعله و دما برای شناسایی آتش استفاده شده است. یک مفهوم دیگر از ربات (Rehman, 2015) هدف خود را در دور زدن موانع و استفاده از حسگرهای شناسایی آتش قرار داده است. نتیجه‌ای از تحقیق دیگری (Aliff, 2019) توسعه رباتی به نام QRob است که می‌تواند آتش را خاموش کند بدون اینکه نیاز باشد آتش‌نشان‌ها در معرض خطرهای غیرضروری قرار بگیرند QRob به گونه‌ای طراحی شده است که از سایر ربات‌های آتش‌نشانی معمولی، کوچکتر باشد تا ورود به مکان‌های کوچک برای خاموش کردن آتش در فضاهای محصور را آسان‌تر کند. QRob همچنین مجهز به حسگر اولتراسوند است تا از برخورد با هرگونه مانع و اشیای اطراف جلوگیری کند، در حالی که یک حسگر شعله برای شناسایی آتش به آن متصل شده است QRob. برنامه‌ریزی شده است که محل آتش را پیدا کند و در حداکثر فاصله ۴۰ سانتی‌متری از آتش متوقف شود. یک اپراتور انسانی می‌تواند ربات را با استفاده از دوربینی که به یک گوشی هوشمند یا دستگاه‌های کنترل از راه دور متصل می‌شود، تحت نظر داشته باشد.



شکل ۲. ربات آتش‌نشانی Qrob

سیستم LY100، پهپاد آتش‌نشانی

این سیستم توسط وانگ و همکاران (۲۰۲۲^۱)، معرفی شد، این سیستم LY100 عمدتاً از پهپاد دو روتوره^۲، تجهیزات آتش‌نشانی مایع با فشار بالا، تجهیزات آتش‌نشانی با فشار و وسیله نقلیه تشکیل شده است. علاوه بر این، سیستم به یک مخزن ۱۰۰۰ لیتری مواد آتش‌نشانی آب‌پایه با کارایی بالا، یک مخزن ۱۰۰۰ لیتری مواد مخصوص آتش‌نشانی، چهار مخزن پودر خشک فوق‌ریز ۶۰ لیتری، چهار مخزن فشار آب‌پایه با کارایی بالا ۶۰ لیتری، ژنراتور و غیره مجهز می‌باشد. همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است، پهپاد دوروتوره عمدتاً از لیزر، رادار مایکروویو، ویدئوی با کیفیت بالا، ویدئوی مادون قرمز و غیره تشکیل شده است که می‌تواند به طور مؤثری از برخورد با ساختمان‌ها و هواپیماها اجتناب کند. این پهپاد دارای یک سیستم نظارت در زمان واقعی است که می‌تواند در صورت بروز مشکل هشدار دهد و به طور خودکار بازگردد. علاوه بر این، این پهپاد کنترل دستی و خودکار را به کار می‌برد و می‌تواند در مواقع اضطراری با یک کلیک بازگردد. پارامترهای اصلی عملکرد آن در جدول ۱ نشان داده شده است. وزن خالی و وزن کامل پهپاد به ترتیب ۱۴۰ کیلوگرم و ۲۵۵ کیلوگرم است. حداکثر سرعت می‌تواند به ۲۲ متر بر ثانیه برسد (Wang, K et al, 2022).

^۱ Wang, K et al, 2022

^۲ Rotore



شکل ۳. پهپاد مورد استفاده در سیستم اطفای حریق LY100.

سیستم آتش‌نشانی LY100 دارای قابلیت مهار آتش قوی است و می‌تواند مقادیر زیادی مواد خاموش‌کننده مانند آب، مواد خاص و پودر خشک با فشار بالا حمل کند. این سیستم بسیار سریع‌تر از خودروهای آتش‌نشانی سنتی در محل حاضر می‌شود و قابلیت اطفاء انواع حریق‌های کلاس A، B و C را دارد. علاوه بر این، توانایی انجام عملیات‌های مختلف مانند خنک‌سازی و حذف دود از طریق پنجره‌های شکسته و پاشش مواد خاموش‌کننده خاص، از مزایای بارز آن است. این سیستم در مبارزه با حریق ساختمان‌های بلند کاربرد فراوان دارد و با قابلیت اتصال به سایر خودروهای آتش‌نشانی، توانایی ویژه‌ای در کنترل حریق‌های بزرگ دارد (Wang, K et al, 2022).

نتیجه‌گیری

توسعه اینترنت اشیا (IoT) و مفاهیم خانه‌های هوشمند، به همراه ابتکارات مدرنیزاسیون آبپاش‌های توصیف شده در بالا، راه را برای مطالعه شیوه‌های پیاده‌سازی نصب‌های مدرن آبپاش در ساختمان‌های مسکونی هموار می‌کند. ما از یک سو اتخاذ تدابیر لازم در حوزه تنظیم‌گری ملی این نوع نصب‌ها و از سوی دیگر توسعه این نصب‌ها را در ارتباط با هدف فضاهای مورد حفاظت در نظر می‌گیریم (Mitrea, M.-C et al, 2019). با توجه به مشکلاتی که در آتش‌نشانی در ساختمان‌های بلند وجود دارد، یک سیستم خاموش‌کننده جدید می‌تواند کمک بسیار بزرگی در مهار آتش باشد. مزایای برجسته این سیستم‌ها شامل قابلیت استقرار سریع و انعطاف‌پذیری در عملیات است، به عنوان مثال سیستم LY100 که مورد بررسی قرار گرفت عمدتاً شامل پهپاد دو پروانه‌ای، تجهیزات خاموش‌کننده آتش با مایع پر فشار، تجهیزات خاموش‌کننده آتش با فشار و وسیله نقلیه و عامل خاموش‌کننده است. علاوه بر این، قابلیت آتش‌نشانی سیستم LY100 قوی است زیرا می‌تواند ۱۰۰۰ لیتر عامل خاموش‌کننده آتش مبتنی بر آب با کارایی بالا، ۱۰۰۰ لیتر عامل خاموش‌کننده آتش ویژه، ۲۴۰ لیتر پودر خشک و غیره را حمل کند. این سیستم مناسب برای دو نوع آتش‌سوزی داخلی است، از جمله مواردی که مساحت داخلی کمتر از ۱۰۰ متر مربع بوده و دارای پنجره‌های خارجی است، و پنجره‌های اتاق آتش‌سوزی خراب شده و افتاده‌اند بدون اینکه فردی در اتاق باشد. هنگام استفاده از سیستم LY100 در مبارزه با آتش‌سوزی لایه عایق حرارتی خارجی، تحت تأثیر دود و دما، ساختار لایه عایق و عملکرد عامل خاموش‌کننده آتش قرار می‌گیرد. برای تاکتیک‌های آتش‌نشانی، سیستم LY100 می‌تواند عملیات یک پهپاد، همکاری دو پهپادی و همکاری سه یا چند پهپاد را به کار گیرد. علاوه بر این، همچنین می‌تواند با ماشین‌های آتش‌نشانی بالابر همکاری کند تا به سرعت و به طور مؤثر آتش‌سوزی‌های ساختمان‌های بلند را کنترل و خاموش کند. فاصله پاشش تجهیزات خاموش‌کننده آتش مایع پر فشار و پاشش پودر خشک تجهیزات خاموش‌کننده آتش با فشار اثبات کرده‌اند که

سیستم خاموش کننده آتش LY100 پیشنهادی مؤثر است. نتایج در مقالات جداگانه تحلیل خواهد شد (Wang, K et al, 2022). در مجموع، فناوری های نوین و سیستم های اتوماسیون مانند ربات های آتش نشانی و سیستم های اعلان حریق مبتنی بر کنترل منطقی برنامه پذیر (PLC) نقش حیاتی در بهبود ایمنی و کاهش خطرات ناشی از حوادث آتش سوزی دارند. ربات های هوشمند با قابلیت های شناسایی، اطفای حریق و عبور از موانع، توانسته اند نقش مهمی در کاهش خطرات جانی و مالی ایفا کنند و به عنوان جایگزینی مطمئن تر در محیط های خطرناک مورد توجه قرار گیرند. علاوه بر آن، سیستم های هشدار بر پایه PLC با تشخیص سریع دما و دود، امکان واکنش سریع و مؤثر در برابر حوادث آتش سوزی را فراهم می کنند و به بهبود فرآیند نجات افراد کمک می کنند. این فناوری ها ضمن تأکید بر اهمیت طراحی جامع و رعایت استانداردهای ایمنی، بر اهمیت توسعه و بهره برداری از راهکارهای خودکار و هوشمند در تضمین امنیت ساختمان ها و آسایش انسان ها تأکید می نمایند.

منابع

- [1] Barlet, T. (2006). Industrial control electronics devices, systems, and application, 3rd Edition Thomson Delmar Learning.
- [2] Gibilisco S. (2007). Teach yourself electricity and electronics. U.S.A McGrawhill Companies, Inc.
- [3] Tezano, L. L. (2019). Programmable Logic Control (PLC)-Based Fire Alarm System. International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE), 7(6), 2277-3878. ISSN ۲۰۱۹.
- [4] Chaudhary, S., Bhattacharjee, S., Sharma, S., Singh, S., & (additional authors if any). (2020). Design and Analysis of Lightweight Fire Extinguishers using Alternately Available Metals. International Journal of Advanced Production and Industrial Engineering, 10(445). <https://doi.org/10.35121/ijapie202010445>
- [5] Aliff M., Sani N.S., Yusof M., Zainal A., Development of Fire Fighting Robot (QRob), International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 10, 1, 142-147 (2019).
- [6] Sucuoglu H. S., Bogrekeci I., Demircioglu P., Development of Mobile Robot with Sensor Fusion Fire Detection Unit, at www.sciencedirect.com (2018).
- [7] Rehman A.R., Neculescu D.S., Sasiadek J., Robotic Based Fire Detection in Smart Manufacturing Facilities, at www.sciencedirect.com (2015).
- [8] Hurley MJ, Rosenbaum ER (2015) Performance-based Fire Safety Design. CRC Press, Boca Raton
- [9] Lange D, Torero J, Spinardi G, Law A, Johnson P, Brinson A, Maluk C, Hidalgo JP, Woodrow M (2022) A competency framework for fire safety engineering. Fire Safe J 122103511.
- [10] Garcia-Martin, R., González-Briones, A., & Corchado, J. M. (2019). SmartFire: Intelligent Platform for Monitoring Fire Extinguishers and Their Building Environment. Sensors, 19(10), 2390. <https://doi.org/10.3390/s19102390>
- [11] Frantzich, H., McNamee, M., Kimblad, E., & Meacham, B. (2025). Decision support framework for sustainable and fire resilient buildings (SAFRB). Fire Technology, 61, 213246. <https://doi.org/10.1007/s10694-024-01678-7>
- [12] NFPA (2020) NFPA 550 guide to the fire safety concepts tree. National Fire Protection Association, p 550. <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=550>.

- [13] Dyson J., Plumis Negotiating a Complex Labyrinth of Research, International Fire Protection, dec 2017, 30, www.ifpmag.com, (2017);
- [14] P. Sonsale, R. Gawas, S. Pise, and A. Kaldate, "Intelligent Fire Extinguisher System," IOSR Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE), vol. 16, no. 1, Ver. VIII, Feb. 2014, pp. 59-61. [Online]. Available: www.iosrjournals.org
- [15] Rubadiri, L.; Ndumu, D.T.; Roberts, J.P. Predicting the evacuation capability of mobility-impaired occupants. Fire Technol. 1997, 33, 32–53.
- [16] Xing, E.; Jin, J.; Zhang, Z.; Pan, R.; Li, Q.; Zheng, J. Simulation on flow rate characteristics of gas fire extinguishing agent with expansion nozzle based on AMESim. In Proceedings of the CSAA/IET International Conference on Aircraft Utility Systems (AUS 2018), Guiyang, China, 19–22 June 2018.
- [17] Wang, K.; Yuan, Y.; Chen, M.; Lou, Z.; Zhu, Z.; Li, R. A Study of Fire Drone Extinguishing System in High-Rise Buildings. Fire 2022, 5, 75. <https://doi.org/10.3390/fire5030075>
- [18] Gaidha Muttashar and Osamah Khaaf, 2018. An Improved Algorithm to Fire Detection in Forest by Using Wireless Sensor Networks.
- [19] Hassin, M. E., Sabila, S., Neon, A. A., & Rahman, M. R. (2021). Smart fire detection and security system. Proceedings of the UEMCON Conference. <https://doi.org/10.1109/UEMCON53757.2021.9666623>.
- [20] Mitrea, M.-C., & Burlacu, A. (2019). Fire extinguishing installation for residential buildings. Buletinul Institutului Politehnic din Iași, 65(69)(4), 2019. Facultatea de Construcții, Arhitectură, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași.