

## ارزیابی و اولویت‌بندی فناوری‌های نوین در عملیات آتش‌نشانی با استفاده از روش AHP

فردین قاسمی

کارشناسی مدیریت فرماندهی حریق و حوادث، دانشگاه جامع علمی کاربردی شهرداری ها، اصفهان، ایران.

---

### چکیده

در این پژوهش، به ارزیابی و اولویت‌بندی فناوری‌های نوین آتش‌نشانی با استفاده از روش AHP پرداخته شده است. فناوری‌هایی مانند ربات‌های اطفاء حریق و سیستم‌های هوش مصنوعی، به دلیل تأثیر آن‌ها در افزایش کارایی عملیات آتش‌نشانی، مورد بررسی قرار گرفته‌اند. معیارهای ارزیابی شامل سرعت، دقت، هزینه، ایمنی و تأثیر بر عملکرد آتش‌نشانان است. مقایسه زوجی این معیارها و فناوری‌ها با روش AHP انجام شده و وزن هر معیار تعیین شده است. نتایج نشان می‌دهد که برخی فناوری‌ها می‌توانند تأثیر قابل توجهی در کاهش زمان واکنش، افزایش ایمنی و بهبود عملکرد عملیات داشته باشند. همچنین، تحلیل حساسیت برای بررسی دقت نتایج انجام شده است. یافته‌های این تحقیق می‌تواند به تصمیم‌گیرندگان در انتخاب فناوری‌های بهینه کمک کند. در نهایت، پیشنهاداتی برای بهبود روند به‌کارگیری این فناوری‌ها ارائه شده است.

**واژه‌های کلیدی:** آتش‌نشانی، فناوری‌های نوین، تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)

---

## مقدمه

آتش‌سوزی یکی از مخرب‌ترین حوادث طبیعی و صنعتی است که می‌تواند خسارات جانی و مالی گسترده‌ای به همراه داشته باشد. با افزایش شهرنشینی، گسترش صنایع و تغییرات اقلیمی، میزان وقوع آتش‌سوزی‌ها افزایش یافته و کنترل آن‌ها به روش‌های سنتی دشوارتر شده است. در چنین شرایطی، به‌کارگیری فناوری‌های نوین در عملیات آتش‌نشانی به‌منظور افزایش سرعت، دقت و ایمنی در فرآیند اطفاء حریق به یک ضرورت تبدیل شده است. پیشرفت‌های اخیر در حوزه فناوری، راهکارهای متعددی از جمله ربات‌های آتش‌نشان، سیستم‌های هوش مصنوعی، پهپادهای نظارتی، سنسورهای هوشمند و تجهیزات خودکار اطفاء را معرفی کرده است که می‌توانند نقش مهمی در بهبود عملکرد نیروهای آتش‌نشانی ایفا کنند. استفاده از این فناوری‌ها نه تنها می‌تواند زمان واکنش را کاهش دهد، بلکه دقت در تشخیص و مدیریت حریق را افزایش داده و از جان آتش‌نشانان نیز محافظت کند. برای مثال، ربات‌های آتش‌نشان می‌توانند در محیط‌های پرخطر وارد عمل شده و عملیات اطفاء را بدون نیاز به حضور فیزیکی نیروهای انسانی انجام دهند. همچنین، هوش مصنوعی و سیستم‌های تحلیل داده می‌توانند اطلاعات گسترده‌ای از وضعیت حریق ارائه داده و امکان پیش‌بینی مسیر گسترش آتش را فراهم کنند. اما پیاده‌سازی این فناوری‌ها نیازمند ارزیابی دقیق و انتخاب راهکارهای بهینه بر اساس معیارهای مشخص است. در این راستا، روش AHP (فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی) به‌عنوان یک مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره، امکان مقایسه و اولویت‌بندی فناوری‌های مختلف را فراهم می‌کند. معیارهایی همچون سرعت عملکرد، دقت در تشخیص و اطفاء، هزینه‌های پیاده‌سازی و نگهداری، میزان ایمنی، کارایی در شرایط بحرانی و قابلیت تطبیق با محیط‌های گوناگون از جمله عوامل مهمی هستند که در این تصمیم‌گیری باید مدنظر قرار گیرند. روش AHP با مقایسه زوجی گزینه‌ها و تعیین وزن نسبی معیارها، به تحلیل دقیق‌تر و انتخاب راهکارهای مناسب کمک می‌کند. در این پژوهش، فناوری‌های نوین آتش‌نشانی با استفاده از روش AHP مورد بررسی قرار گرفته و بر اساس معیارهای کلیدی اولویت‌بندی شده‌اند. هدف این تحقیق، ارائه یک چارچوب تحلیلی برای انتخاب بهینه فناوری‌های جدید در عملیات اطفاء حریق است تا مدیران و تصمیم‌گیرندگان بتوانند با آگاهی بیشتر، راهکارهای مناسبی را برای ارتقای ایمنی و کارایی عملیات آتش‌نشانی اتخاذ کنند. همچنین، این مطالعه می‌تواند راهگشای تحقیقات آینده در زمینه توسعه فناوری‌های پیشرفته در مدیریت بحران‌های آتش‌سوزی باشد.

## پیشینه تحقیق

- عفتی و رودکی (۱۴۰۳) طی پژوهشی تحت عنوان «شناسایی و رتبه‌بندی عوامل موثر بر ارتقای ایمنی به کمک روش AHP در سازمان آتش‌نشانی کرج» بیان کردند سازمان‌های آتش‌نشانی در ایران به شکل سازمانی وابسته به شهرداری بوده و با شخصیت حقوقی مستقل و استقلال مالی و اداری در هر شهر تشکیل می‌شوند. این سازمان نیز مانند هر سازمان دیگر دارای وظایفی است که عمده‌ترین آن‌ها نجات جان افراد، مهار و اطفای آتش‌سوزی‌ها، حفاظت از سرمایه‌های ملی و ارائه آموزش‌های عمومی و تخصصی در جهت ارتقاء افزایش بهره‌وری در سطح فرهنگ ایمنی شهروندان می‌باشد. این پژوهش در گام اول، از پرسشنامه غربالگری برای شناسایی و پالایش عوامل موثر بر ارتقای بهره‌وری مدیریت ایمنی سازمان آتش‌نشانی با تکنیک دلفی استفاده شد. به این صورت که در این پرسشنامه از مدیران، سرپرستان و متخصصان خواسته شد تا میزان اهمیت هریک از عوامل را تعیین گردد. و درگام دوم، پرسشنامه برای رتبه‌بندی عوامل موثر بر ارتقای بهره‌وری مدیریت ایمنی در سازمان آتش‌نشانی با استفاده از ماتریس مقایسات زوجی یا تکنیک AHP جهت تعیین میزان ارجحیت و رتبه هرکدام از

عوامل طراحی و مورد استفاده قرار گرفت. در تعیین وزن و رتبه بندی عوامل موثر در این سازمان و باهدف تسريع انجام محاسبات مربوط به تجزيه وتحليل داده های حاصله از پرسش نامه های خبره و به حداقل رساندن خطا در محاسبات اقدام با استفاده از نرم افزار کاربردی Expert Choice و Exel استفاده گردد. نتایج پژوهش حاکی از آن است که عوامل موثر بر ارتقای بهره وری در مدیریت ایمنی این سازمان شامل ۳ عوامل اصلی ازجمله عوامل فردی، عوامل سازمانی و عوامل فرهنگی ایمنی و ۱۴ زیر عامل شناسایی شد در عوامل فردی، عامل پذیرش کارکنان بارزش وزنی ۰/۴۵۶ ارجح ترین انتخاب هست. و بقیه عوامل به ترتیب بارزش وزنی ۰/۳۱۰، ۰/۱۴۰، ۰/۰۹۳ در اولویت ۲ و ۳ و ۴ قرار می گیرند. در عوامل سازمانی، عامل حمایت مدیریت بارزش وزنی ۰/۵۲۸ ارجح ترین انتخاب می باشد. و بقیه عوامل به ترتیب بارزش وزنی ۰/۲۵۹، ۰/۱۲۵، ۰/۰۸۸ در اولویت ۲ و ۳ و ۴ قرار می گیرند. در عوامل فرهنگ ایمنی، عامل تدوین رویه ها و شهرستادهای ایمنی و بهداشت بارزش وزنی ۰/۳۲۶ ارجح ترین انتخاب می باشد. و بقیه عامل ها به ترتیب بارزش وزنی ۰/۲۴۶، ۰/۲۱۱، ۰/۰۸۶، ۰/۰۸۳ و ۰/۰۴۹ در رتبه ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ قرار می گیرند. و در آخر با توجه به یافته های پژوهش پیشنهادهای کاربردی ارائه گردد.

- ساعتی و عسکری (۱۴۰۲) طی پژوهشی تحت عنوان «مکانیابی ایستگاه های آتش نشانی با به کارگیری مدل AHP و روش فازی (مطالعه موردی: شهر اصفهان)» بیان کردند یکی از مراکز خدماتی که نقش عمده ای در شهر داشته و ضامن ایمنی بیشتر برای حیات بشری است، مراکز آتشنشانی است. مکانیابی به عنوان یکی از تحلیلهای مکان محور تاثیر فراوانی در کاهش هزینه های ایجاد و راهاندازی فعالیتهای مختلف شهری بخصوص مکانیابی ایستگاه های آتشنشانی دارد. در این مطالعه با روشی نوین به مکانیابی ایستگاه های آتشنشانی در شهر اصفهان پرداخته شده است. در روش پیشنهادی ابتدا با بررسی عوامل موثر در مکانیابی ایستگاه های آتشنشانی، لایه های رقومی مورد نظر ایجاد و وارد محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) گردید، سپس به وسیله تصمیمگیری چند معیاره (۲ MCDM) و با به کارگیری روشهای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP۳) و فرآیند تحلیل شبکه (ANP۴) به مکانیابی محل مناسب ایستگاه های آتشنشانی پرداخته شد. در نهایت، استانداردسازی لایه ها به روش فازی که یکی از روشهای مهم در استانداردسازی داده های مکانمحور بشمار می آید، صورت گرفت. بر اساس نتایج حاصله، بیشترین نواحی شناسایی شده برای استقرار ایستگاه های آتشنشانی در مناطق شمال غربی منطقه مورد مطالعه قرار دارند که تمرکز جمعیت و واحدهای تجاری-اقتصادی در آنها نسبت به مناطق مرکزی کمتر است. به طور کل، متوسط اندازه نواحی شناسایی شده برابر با ۵۰۰ متر مربع بدست آمد، که میبایست برای انتخاب هر یک، به نوع، شدت فعالیت و گستره عملیاتی آنها در تعامل با سایر ایستگاه های آتشنشانی توجه شود.

- اختری و همکاران (۱۳۹۶) طی پژوهشی تحت عنوان «یک مدل مکان یابی بهینه ایستگاه های آتش نشانی در مناطق شهری با وجود یک مانع» بیان کردند در این پایان نامه، به ارایه مدلی ریاضی برای مکان یابی بهینه ایستگاه های آتش نشانی با توجه به وجود مانع پرداخته شده است. ابتدا با معرفی عوامل موثر در مدل سازی، مساله به صورت یک مساله بهینه سازی نامقید که تابع هدف آن یک تابعی ناهموار است، مدل می شود. ناهمواری مساله به علت وجود مانع (مانند بزرگراه) و یک راه عبور از آن در ناحیه مورد مطالعه است. آنگاه جهت ارایه راه حل، ابتدا در منطقه تحت پوشش یک گسسته سازی صورت پذیرفت و سپس ضمن گسسته سازی تابع هدف، به محاسبه ارزش در دسترس بودن هر نقطه گره در منطقه تحت پوشش اقدام گردید. بدین ترتیب علاوه بر تفسیر صریح تر مساله، با استفاده از نرم افزار متلب قادر خواهیم بود تا با بکارگیری روش رده بندی، نقاط منتخب را بر مبنای اولویت بندی ارزش در دسترس بودن به ترتیب معرفی کنیم. این روش مقایسه ای قادر است در گسسته

سازی های متفاوت، تمام حالت های ممکن را مورد بررسی قرار دهد و جواب دقیق تحت گسسته سازی های انجام گرفته را به دست دهد. همچنین برای اولین بار این مدل برای رده مسایل با بیش از یک نقطه غلبه بر مانع (راه عبور از مانع) تعمیم داده شده است. علاوه بر باز اجرای روش با داده های حاصل از ناحیه ای از شهر کویت، مساله برای حالت وجود یک نقطه و حالت وجود دو نقطه غلبه بر مانع در ناحیه ای از کلان شهر شیراز پیاده سازی و نتایج ارایه گردید؛ ناحیه مورد نظر بخشی از منطقه ۳ شهرداری شیراز و اطلاعات مورد نیاز از معاونت برنامه ریزی شهرداری شیراز و هم چنین شرکت مهندسين مشاور شهر راز اخذ گردیدند.

- فلاح علی آبادی و همکاران (۱۳۹۵) طی پژوهشی تحت عنوان «اولویت بندی اقدامات موثر جهت ارتقای کیفیت خدمات ایستگاه های آتش نشانی شهر یزد با استفاده از روش AHP و TOPSIS» بیان کرد ایستگاه های آتش نشانی به عنوان مکان های استقرار آتش نشانان و خودروهای آتش نشانی از جمله مراکز مهم و حیاتی خدمت رسانی در شهرها هستند. این مطالعه با هدف بررسی عملکرد ایستگاه ها و اولویت بندی اقدامات موثر جهت ارتقای کیفیت خدمات ایستگاه های آتش نشانی شهر یزد انجام شد. روش بررسی: در این تحقیق با روش توصیفی - تحلیلی ضمن شناسایی شاخص های عملکرد ایستگاه ها (در محدوده مطالعاتی) شامل وضعیت نیروی انسانی مستقر در ایستگاه ها، فرماندهی عملیات، ساختمان ایستگاه ها و تجهیزات مستقر در آنها، به جمع آوری اطلاعات پرداخته شد. جهت بهبود و ارتقای وضعیت ایستگاه های آتش نشانی، پیشنهادات و اقدامات مناسب از طریق تکمیل پرسشنامه توسط ۲۵ نفر از کارشناسان حوزه آتش نشانی و خدمات ایمنی و مدیریت بحران شناسایی شد، سپس با استفاده از روش TOPSIS، کار اولویت بندی پیشنهادات و اقدامات به انجام رسید. برای اولویت بندی شاخص ها که شامل میزان تاثیر در عملیات، میزان هزینه بر بودن و میزان زمان بر بودن اجرای اقدامات بود، از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و از طریق وارد کردن مقادیر ترجیحات به نرم افزار Expert Choice انجام شد. نتایج: بر اساس نتایج ارزیابی با روش AHP، عامل میزان تاثیر در عملیات با وزن نهایی ۰.۵۷۲، اولویت اول و عوامل میزان زمان بر بودن و هزینه بر بودن اجرای پیشنهادات نیز، با وزن های نهایی ۰.۲۹۱ و ۰.۱۳۷، اولویت های دوم و سوم را کسب کردند. نتیجه گیری: با استفاده از نتایج به دست آمده از تحقیق مشخص گردید، با توجه به مشکلات مرتبط با شرایط نیروی انسانی مستقر در ایستگاه ها، اقدامات مرتبط با پرسنل نظیر ارتقای تجهیزات شخصی آتش نشانان و آموزش های تخصصی پرسنل دارای اولویت بالاتری می باشند.

- زیاری و همکاران (۱۳۹۰) طی پژوهشی تحت عنوان «مکانیابی ایستگاه های آتش نشانی با استفاده از مدل AHP در محیط GIS مطالعه موردی: شهر آمل» بیان کردند با افزایش جمعیت و تراکم آن در شهر، خدمات رسانی در زمینه های مختلف به دلیل کمبودهای موجود، دچار نارسایی در مکانیابی مراکز خدماتی می شود و از میان مراکز خدمات شهری، سازمان آتش نشانی وظیفه تامین امنیت در جهت پیشگیری و مقابله با آتش را انجام می دهد. در این پژوهش با بررسی عوامل موثر در مکانیابی ایستگاه های آتش نشانی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، با استفاده از ابزار تجزیه و تحلیل فضایی، نقشه فاصله تهیه گردید و سپس طبقه بندی مجدد بر روی آن انجام می شود و سپس جهت وزندهی معیارها به روش فرایند سلسله مراتبی AHP از نرم افزار Expert choice استفاده می شود. در نهایت با بکارگیری از روش همپوشانی معیارهای وزن دهی شده با هم تلفیق و مکان بهینه برای استقرار ایستگاه های آتش نشانی مشخص می شود که علاوه بر ایستگاه های موجود (۴ ایستگاه)، ۲ ایستگاه دیگر نیز پیشنهاد می شود.

## روش تحقیق

برای این پژوهش، از روش تحقیق تحلیلی و تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده می‌شود که به ارزیابی و اولویت‌بندی فناوری‌های نوین آتش‌نشانی از جمله ربات‌ها، سیستم‌های هوش مصنوعی، پهپادها و دیگر تجهیزات پیشرفته اختصاص دارد. از آنجایی که انتخاب بهترین فناوری نیازمند مقایسه دقیق معیارهای مختلف است، روش AHP (فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی) به‌عنوان یک ابزار قوی برای تصمیم‌گیری در شرایط پیچیده و چندمعیاره انتخاب شده است.

## یافته ها

## ۱- تعریف معیار ها وزیر معیارها

سرعت اطفاء حریق - دقت در شناسایی - حریق هزینه پیاده‌سازی و نگهداری - ایمنی آتش‌نشانان - کارایی در شرایط بحرانی - قابلیت تطبیق با محیط‌های مختلف - پایداری و دوام - انعطاف‌پذیری و مقیاس‌پذیری.

## ۲- شناسایی گزینه های فناوری‌های نوین آتش‌نشانی:

۱- ربات‌های آتش‌نشانی: ربات‌هایی که می‌توانند در مناطق پرخطر وارد شده و عملیات اطفاء را انجام دهند.

۱- سیستم‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین: استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای پیش‌بینی مسیر گسترش آتش و مدیریت منابع.

۲- پهپادهای شناسایی حریق: پهپادهایی که با استفاده از حسگرهای حرارتی می‌توانند به شناسایی حریق در مناطق دورافتاده یا سخت‌گذر بپردازند.

۳- دستگاه‌های خودکار اطفاء حریق: سیستم‌هایی که به‌طور خودکار وارد عمل شده و حریق را در صورت شناسایی مهار می‌کنند.

۴- سنسورهای هوشمند برای نظارت بر وضعیت آتش: سنسورهایی که به‌طور پیوسته وضعیت آتش و دما را رصد کرده و داده‌های ضروری را به مرکز فرمان ارسال می‌کنند.

۵- سیستم‌های پیشرفته ارتباطی (مانند شبکه‌های 5G): فناوری‌های ارتباطی جدید که آتش‌نشانان را قادر می‌سازد در زمان واقعی با یکدیگر و با مراکز فرمان ارتباط برقرار کنند.

## ۳- ماتریس مقایسه زوجی

## ۴- محاسبه وزن ها

| معیار ها                       | سرعت اطفاء حریق | دقت در شناسایی حریق | هزینه پیاده سازی و نگهداری | ایمنی آتش نشانان | کارایی در شرایط بحرانی | قابلیت تطبیق با محیط های مختلف | پایداری و دوام | انعطاف پذیری و مقیاس پذیری |
|--------------------------------|-----------------|---------------------|----------------------------|------------------|------------------------|--------------------------------|----------------|----------------------------|
| سرعت اطفاء حریق                | ۱               | ۵                   | ۳                          | ۰.۱۴۲۸۵۷۱۴۳      | ۰.۳۳۳۳۳۳۳۳۳            | ۰.۳۳۳۳۳۳۳۳۳                    | ۱              | ۰.۳۳۳۳۳۳۳۳۳                |
| دقت در شناسایی حریق            | ۰.۲             | ۱                   | ۳                          | ۰.۲              | ۱                      | ۱                              | ۰.۳۳۳۳۳۳۳۳۳    | ۱                          |
| هزینه پیاده سازی و نگهداری     | ۰.۳۳۳۳۳۳۳۳۳     | ۰.۳۳۳۳۳۳۳۳۳         | ۱                          | ۰.۲              | ۰.۲                    | ۰.۳۳۳۳۳۳۳۳۳                    | ۰.۲            | ۰.۲                        |
| ایمنی آتش نشانان               | ۷               | ۵                   | ۵                          | ۱                | ۷                      | ۷                              | ۷              | ۷                          |
| کارایی در شرایط بحرانی         | ۳               | ۱                   | ۵                          | ۰.۱۴۲۸۵۷۱۴۳      | ۱                      | ۳                              | ۱              | ۱                          |
| قابلیت تطبیق با محیط های مختلف | ۳               | ۱                   | ۳                          | ۰.۱۴۲۸۵۷۱۴۳      | ۰.۳۳۳۳۳۳۳۳۳            | ۱                              | ۱              | ۱                          |
| پایداری و دوام                 | ۱               | ۳                   | ۵                          | ۰.۱۴۲۸۵۷۱۴۳      | ۱                      | ۱                              | ۱              | ۱                          |
| انعطاف پذیری و مقیاس پذیری     | ۳               | ۱                   | ۵                          | ۰.۱۴۲۸۵۷۱۴۳      | ۱                      | ۱                              | ۱              | ۱                          |

| معیار ها                       | سرعت اطفای حریق | دقت در شناسایی حریق | هزینه پیاده سازی و نگهداری | ایمنی آتش نشانان | کارایی در شرایط بحرانی | قابلیت تطبیق با محیط های مختلف | پایداری و دوام | انعطاف پذیری و مقیاس پذیری | a         | b         | c         |
|--------------------------------|-----------------|---------------------|----------------------------|------------------|------------------------|--------------------------------|----------------|----------------------------|-----------|-----------|-----------|
| سرعت اطفای حریق                | ۱               | ۵                   | ۳                          | ۰.۱۴۲۸۵۷۱۴۳      | ۰.۳۳۳۳۳۳۳۳۳            | ۰.۳۳۳۳۳۳۳۳۳                    | ۱              | ۰.۳۳۳۳۳۳۳۳۳                | ۰.۷۳۸۵۴۰۵ | ۱۱,۱۰۰۵۵۱ | ۰.۰۶۵۳۳۱  |
| دقت در شناسایی حریق            | ۰.۲             | ۱                   | ۳                          | ۰.۲              | ۱                      | ۱                              | ۰.۳۳۳۳۳۳۳۳۳    | ۱                          | ۰.۶۶۸۷۴۰۳ |           | ۰.۰۶۰۲۴۳۹ |
| هزینه پیاده سازی و نگهداری     | ۰.۳۳۳۳۳۳۳۳۳     | ۰.۳۳۳۳۳۳۳۳۳         | ۱                          | ۰.۲              | ۰.۲                    | ۰.۳۳۳۳۳۳۳۳۳                    | ۰.۲            | ۰.۲                        | ۰.۲۹۶۲۰۶۵ |           | ۰.۰۱۶۶۸۳۹ |
| ایمنی آتش نشانان               | ۷               | ۵                   | ۵                          | ۱                | ۷                      | ۷                              | ۷              | ۷                          | ۵.۰۴۵۷۵۵۴ |           | ۰.۴۵۴۵۵۲۷ |
| کارایی در شرایط بحرانی         | ۳               | ۱                   | ۵                          | ۰.۱۴۲۸۵۷۱۴۳      | ۱                      | ۳                              | ۱              | ۱                          | ۱.۲۶۱۸۹۹۱ |           | ۰.۱۱۳۶۷۶۳ |
| قابلیت تطبیق با محیط های مختلف | ۳               | ۱                   | ۳                          | ۰.۱۴۲۸۵۷۱۴۳      | ۰.۳۳۳۳۳۳۳۳۳            | ۱                              | ۱              | ۱                          | ۰.۸۹۹۵۰۳۶ |           | ۰.۰۸۱۰۳۲۳ |
| پایداری و دوام                 | ۱               | ۳                   | ۵                          | ۰.۱۴۲۸۵۷۱۴۳      | ۱                      | ۱                              | ۱              | ۱                          | ۱.۰۹۹۹۵۳۱ |           | ۰.۰۹۹۰۸۹۹ |
| انعطاف پذیری و مقیاس پذیری     | ۳               | ۱                   | ۵                          | ۰.۱۴۲۸۵۷۱۴۳      | ۱                      | ۱                              | ۱              | ۱                          | ۱.۰۹۹۹۵۳۱ |           | ۰.۰۹۹۰۸۹۹ |

| وزن ها    | معیار ها                       |
|-----------|--------------------------------|
| ۰.۴۵۴۵۵۲۷ | ایمنی آتش نشانان               |
| ۰.۱۱۳۶۷۶۳ | کارایی در شرایط بحرانی         |
| ۰.۰۹۹۰۸۹۹ | پایداری و دوام                 |
| ۰.۰۹۹۰۸۹۹ | انعطاف پذیری و مقیاس پذیری     |
| ۰.۰۸۱۰۳۲۳ | قابلیت تطبیق با محیط های مختلف |
| ۰.۰۶۵۳۳۱  | سرعت اطفای حریق                |
| ۰.۰۶۰۲۴۳۹ | دقت در شناسایی حریق            |
| ۰.۰۲۶۶۸۳۹ | هزینه پیاده سازی و نگهداری     |

## ۵-الویت بندی گزینه ها

## ۱-۵امتیاز دهی گزینه ها

| معیار ها                       | ریات های آتش نشانی | سیستم های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین | بهبادهای شناسایی حریق | دستگاه های خودکار اطفاء حریق | سنسورهای هوشمند برای نظارت بر وضعیت آتش | سیستم های پیشرفته ارتباطی (مانند شبکه های 5G) |
|--------------------------------|--------------------|--------------------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------|
| سرعت اطفای حریق                | ۷                  | ۶                                    | ۵                     | ۹                            | ۷                                       | ۵                                             |
| دقت در شناسایی حریق            | ۶                  | ۹                                    | ۸                     | ۷                            | ۶                                       | ۹                                             |
| هزینه پیاده سازی و نگهداری     | ۴                  | ۵                                    | ۶                     | ۸                            | ۵                                       | ۷                                             |
| ایمنی آتش نشانان               | ۹                  | ۷                                    | ۷                     | ۸                            | ۸                                       | ۶                                             |
| کارایی در شرایط بحرانی         | ۸                  | ۷                                    | ۸                     | ۷                            | ۷                                       | ۸                                             |
| قابلیت تطبیق با محیط های مختلف | ۶                  | ۸                                    | ۹                     | ۶                            | ۶                                       | ۷                                             |
| پایداری و دوام                 | ۷                  | ۶                                    | ۵                     | ۸                            | ۷                                       | ۶                                             |
| انعطاف پذیری و مقیاس پذیری     | ۵                  | ۹                                    | ۷                     | ۶                            | ۶                                       | ۷                                             |

## ۲-۵ امتیاز دهی بر اساس وزن ها

| معیار ها                       | وزن ها      | سیستم های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین | بهبادهای شناسایی حریق | دستگاه های خودکار اطفاء حریق | سنسورهای هوشمند برای نظارت بر وضعیت آتش | سیستم های پیشرفته ارتباطی (مانند شبکه های 5G) |
|--------------------------------|-------------|--------------------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------|
| سرعت اطفای حریق                | ۰.۶۴۰۵۹۳۰۲  | ۴.۴۱۹۱۵۱۱۱                           | ۳.۷۸۳۵۵۸۱             | ۳.۱۵۲۹۹۵۰۸                   | ۵.۶۷۵۳۹۷۱۵                              | ۳.۱۵۲۹۹۵۰۸                                    |
| دقت در شناسایی حریق            | ۰.۵۴۰۵۱۳۶۸۷ | ۳.۳۴۳۰۸۱۱۳                           | ۴.۸۶۶۳۳۱۸۴            | ۴.۳۴۴۱۰۹۹۷                   | ۳.۷۸۳۵۵۸۱                               | ۴.۸۶۶۳۳۱۸۴                                    |
| هزینه پیاده سازی و نگهداری     | ۰.۲۵۰۴۱۸۰۷۳ | ۱.۸۰۱۷۱۲۱۹                           | ۲.۵۲۱۹۰۳۳۳            | ۲.۷۰۲۵۶۸۶۶                   | ۳.۶۰۳۳۲۵۸۱                              | ۳.۱۵۲۹۹۵۰۸                                    |
| ایمنی آتش نشانان               | ۰.۷۲۰۶۸۹۹۱۶ | ۶.۶۸۱۶۴۲۵                            | ۵.۰۴۹۹۴۹۱۳            | ۵.۰۴۹۹۴۹۱۳                   | ۵.۷۵۵۷۹۴۲۹                              | ۴.۳۴۴۱۰۹۹۷                                    |
| کارایی در شرایط بحرانی         | ۰.۶۳۰۵۹۳۰۲  | ۵.۰۴۹۹۴۹۱۳                           | ۴.۴۱۹۱۵۱۱۱            | ۵.۰۴۹۹۴۹۱۳                   | ۴.۴۱۹۱۵۱۱۱                              | ۵.۰۴۹۹۴۹۱۳                                    |
| قابلیت تطبیق با محیط های مختلف | ۰.۵۴۰۵۱۳۶۸۷ | ۳.۳۴۳۰۸۱۱۳                           | ۴.۸۶۶۳۳۱۸۴            | ۴.۳۴۴۱۰۹۹۷                   | ۳.۳۴۳۰۸۱۱۳                              | ۳.۷۸۳۵۵۸۱                                     |
| پایداری و دوام                 | ۰.۶۴۰۵۹۳۰۲  | ۴.۴۱۹۱۵۱۱۱                           | ۳.۷۸۳۵۵۸۱             | ۳.۱۵۲۹۹۵۰۸                   | ۵.۰۴۹۹۴۹۱۳                              | ۳.۷۸۳۵۵۸۱                                     |
| انعطاف پذیری و مقیاس پذیری     | ۰.۵۴۰۵۱۳۶۸۷ | ۳.۳۴۳۰۸۱۱۳                           | ۴.۸۶۶۳۳۱۸۴            | ۳.۷۸۳۵۵۸۱                    | ۳.۳۴۳۰۸۱۱۳                              | ۳.۷۸۳۵۵۸۱                                     |
| امتیاز نهایی                   |             | ۳۱.۳۹۹۷۳۵                            | ۳۳.۳۱۶۷۷۷             | ۳۲.۰۷۰۷۷۷                    | ۳۳.۷۷۳۰۴۲                               | ۳۱.۸۱۰۲۰۷۵۴                                   |

## ۳-۵ الویت بندی نهایی

بر اساس جدول امتیاز دهی بیشترین امتیاز را دستگاه هایی خودکار اطفاء حریق، سیستم های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین، پهپاد های شناسایی حریق و... الویت بندی شده اند

| امتیاز نهایی | گزینه ها                                      |
|--------------|-----------------------------------------------|
| ۳۴.۷۷۳۰۴۷۲   | دستگاه های خودکار اطفاء حریق                  |
| ۳۳.۳۳۱۶۷۷۳۷  | سیستم های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین          |
| ۳۲.۰۷۰۴۷۸۷۷  | پهپادهای شناسایی حریق                         |
| ۳۱.۸۹۰۳۰۷۵۴  | سیستم های پیشرفته ارتباطی (مانند شبکه های ۵G) |
| ۳۱.۳۴۹۷۹۳۸۵  | ربات های آتش نشانی                            |
| ۳۰.۹۸۹۴۵۱۳۹  | سنسورهای هوشمند برای نظارت بر وضعیت آتش       |

بر اساس تحلیل های انجام شده و امتیازهای به دست آمده برای هر فناوری، دستگاه های خودکار اطفاء حریق بالاترین امتیاز را کسب کرده اند و بنابراین به نظر می رسد که این فناوری بهترین گزینه برای پیاده سازی در عملیات های آتش نشانی است. این سیستم ها با توانایی در سرعت بالا و کارایی خودکار در شرایط بحرانی، نقش مهمی در کاهش خطرات و بهبود سرعت عملیات اطفاء حریق دارند. سیستم های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در رتبه بعدی قرار دارند که به دلیل دقت بالا در شناسایی و تحلیل داده ها، توانمندی خوبی در پیش بینی و مدیریت آتش دارند. از سوی دیگر، پهپادهای شناسایی حریق و سیستم های ارتباطی پیشرفته مانند شبکه های ۵G، عملکرد مناسبی در شناسایی و نظارت بر وضعیت حریق دارند و می توانند در اطلاع رسانی سریع و هماهنگی بهتر عملیات های آتش نشانی مؤثر باشند. در حالی که پهپادهای آتش نشانی و سنسورهای هوشمند نیز قابلیت هایی در شناسایی دقیق آتش و کمک به عملیات های اطفاء دارند، اما به دلیل محدودیت های فنی یا هزینه های بالاتر، در مقایسه با سایر گزینه ها امتیازات کمتری به دست آوردند.

## بحث و نتیجه گیری

در نتیجه، برای بهبود عملکرد و ایمنی در عملیات های آتش نشانی، باید به ترکیب فناوری های مختلف توجه ویژه ای داشته باشیم. در حالی که دستگاه های خودکار اطفاء حریق و هوش مصنوعی نقش کلیدی در افزایش سرعت و دقت عملیات دارند، سایر فناوری ها مانند پهپادها و سیستم های ارتباطی پیشرفته به هماهنگی و نظارت بهتر در عملیات های پیچیده کمک خواهند کرد. بنابراین، انتخاب و پیاده سازی این فناوری ها می تواند به کاهش خسارات جانی و مالی و افزایش ایمنی آتش نشانان منجر شود.

## پیشنهادهای

**۱-اولویت‌بندی دستگاه‌های خودکار اطفاء حریق:** با توجه به این که دستگاه‌های خودکار اطفاء حریق بالاترین امتیاز را در این ارزیابی کسب کرده‌اند، پیشنهاد می‌شود که این فناوری به‌عنوان اولین گزینه برای پیاده‌سازی در عملیات‌های آتش‌نشانی انتخاب شود. این دستگاه‌ها می‌توانند در مناطق پرخطر و سخت‌گذر که نیاز به ورود انسان نیست، به‌طور خودکار وارد عمل شوند.

**۲-گسترش استفاده از هوش مصنوعی و یادگیری ماشین:** برای تحلیل داده‌ها و پیش‌بینی مسیر گسترش آتش، پیشنهاد می‌شود که سیستم‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در عملیات‌های آتش‌نشانی بیشتر مورد استفاده قرار گیرند. این سیستم‌ها می‌توانند به تصمیم‌گیری سریع‌تر و مدیریت بهینه منابع در شرایط بحرانی کمک کنند.

**۳-توسعه پهپادهای شناسایی حریق و سنسورهای هوشمند:** پهپادهای شناسایی حریق و سنسورهای هوشمند نقش مهمی در نظارت بر وضعیت آتش و شناسایی زود هنگام حریق دارند. پیشنهاد می‌شود که این فناوری‌ها در کنار دیگر ابزارهای پیشرفته به‌ویژه در مناطق دورافتاده یا صعب‌العبور به‌طور گسترده‌تری استفاده شوند.

**۴-تقویت سیستم‌های ارتباطی پیشرفته:** برای هماهنگی بهتر میان تیم‌های آتش‌نشانی و اطلاع‌رسانی سریع‌تر، استفاده از شبکه‌های ۵G و سیستم‌های ارتباطی پیشرفته بسیار حائز اهمیت است. این شبکه‌ها می‌توانند در بهبود ارتباطات در شرایط بحرانی و در زمان‌های محدود نقشی کلیدی ایفا کنند.

**۵-آموزش و پیاده‌سازی فناوری‌ها در عملیات‌های روزمره:** پیشنهاد می‌شود که تیم‌های آتش‌نشانی در کنار استفاده از این فناوری‌ها، به‌طور مستمر در آموزش و به‌روزرسانی مهارت‌های خود در کار با این فناوری‌ها نیز سرمایه‌گذاری کنند. همچنین، باید به پیاده‌سازی این ابزارها در عملیات‌های واقعی و شبیه‌سازی‌شده پرداخته شود تا کارایی آن‌ها در شرایط واقعی ارزیابی شود.



## منابع و مآخذ

۱. اختری، فاطمه، فخارزاده جهرمی، علیرضا، ملکی، حمیدرضا (۱۳۹۶) یک مدل مکان یابی بهینه ایستگاه های آتش نشانی در مناطق شهری با وجود یک مانع، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی شیراز.
۲. زیاری، یوسفعلی، و یزدان پناه، سمانه. (۱۳۹۰). مکانیابی ایستگاه های آتش نشانی با استفاده از مدل AHP در محیط (GIS مطالعه موردی: شهر آمل). مطالعات برنامه ریزی سکونتگاه های انسانی (چشم انداز جغرافیایی)، ۶ (۱۴)، ۷۴-۸۷.
۳. ساعتی، مهدی و عسکری، مهدی (۱۴۰۲) مکانیابی ایستگاه های آتش نشانی با به کارگیری مدل AHP و روش فازی (مطالعه موردی: شهر اصفهان)، دهمین کنفرانس بین المللی عمران، معماری و مدیریت شهری.
۴. عفتی، محمدامین و رودکی، احمد (۱۴۰۳) شناسایی و رتبه بندی عوامل موثر بر ارتقای ایمنی به کمک روش AHP در سازمان آتش نشانی کرج، بیستمین کنفرانس ملی اقتصاد، مدیریت و حسابداری، شیروان
۵. فلاح علی آبادی، سعید، سلمانی ندوشن، ابراهیم، امین مقدم، جعفر، و دهقانی فیروزآبادی، سعیده. (۱۳۹۵). اولویت بندی اقدامات موثر جهت ارتقای کیفیت خدمات ایستگاه های آتش نشانی شهر یزد با استفاده از روش AHP و TOPSIS، نشریه طب کار، ۸ (۲)، ۸۱-۸۹.