

بررسی کاربرد منطق فازی در تصمیم‌گیری و مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی

شهریار کریمیان شمس آبادی

کارشناسی فرماندهی حریق و حوادث، دانشگاه علمی کاربردی سازمان همیاری شهرداری های اصفهان

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی کاربرد منطق فازی در تصمیم‌گیری و مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی انجام شد. روش تحقیق کتابخانه‌ای با استفاده از کتب، مقالات و پایان‌نامه‌ها انجام گرفت. با توجه به پیچیدگی‌های موجود در انتخاب مکان مناسب برای این ایستگاه‌ها، از جمله عوامل متعددی نظیر تراکم جمعیت، فاصله از مناطق پرخطر و دسترسی به جاده‌های اصلی، استفاده از منطق فازی به‌عنوان یک ابزار تحلیلی مؤثر می‌تواند به بهبود کیفیت تصمیم‌گیری کمک کند. در این تحقیق، مدل‌های فازی برای ارزیابی و وزن‌دهی عوامل مختلف در مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی به‌کار گرفته می‌شود. این رویکرد به تصمیم‌گیران این امکان را می‌دهد که با در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها و ابهامات موجود در داده‌ها، گزینه‌های بهینه را شناسایی کنند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از منطق فازی می‌تواند به بهبود زمان پاسخگویی به حوادث و افزایش کارایی خدمات آتش‌نشانی منجر شود. در نهایت، این مقاله به ارائه پیشنهاداتی برای بهبود فرآیند مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از منطق فازی می‌پردازد و به اهمیت این رویکرد در مدیریت بحران و ایمنی شهری تأکید می‌کند.

واژه‌های کلیدی: منطق فازی، تصمیم‌گیری، مکان‌گزینی، ایستگاه آتش‌نشانی

مقدمه

تصمیم‌گیری و مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی به‌عنوان یکی از جنبه‌های حیاتی مدیریت بحران و ایمنی شهری، نقش بسزایی در کاهش زمان پاسخگویی به حوادث و بهبود خدمات ایمنی دارد. با توجه به رشد سریع شهرها و افزایش جمعیت، نیاز به ایجاد زیرساخت‌های مناسب و کارآمد برای مقابله با حوادث غیرمترقبه و آتش‌سوزی‌ها بیش از پیش احساس می‌شود. انتخاب مکان مناسب برای ایستگاه‌های آتش‌نشانی نه تنها به تأمین امنیت شهروندان کمک می‌کند، بلکه می‌تواند به بهینه‌سازی منابع و کاهش هزینه‌های عملیاتی نیز منجر شود. در فرآیند مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی، عوامل متعددی باید مورد بررسی قرار گیرند. این عوامل شامل فاصله از مناطق پرخطر، دسترسی به جاده‌های اصلی، تراکم جمعیت، و ویژگی‌های جغرافیایی منطقه است. با این حال، تصمیم‌گیری در این زمینه به دلیل عدم قطعیت و پیچیدگی‌های موجود در داده‌ها، چالش‌های خاصی را به همراه دارد. به همین دلیل، استفاده از منطق فازی به‌عنوان یک ابزار تحلیلی مؤثر در این زمینه مطرح می‌شود. منطق فازی به تصمیم‌گیران این امکان را می‌دهد که با در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها و ابهامات موجود در داده‌ها، به تحلیل و ارزیابی گزینه‌های مختلف بپردازند. این مقاله به بررسی کاربرد منطق فازی در تصمیم‌گیری و مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی می‌پردازد. با استفاده از مدل‌های فازی، می‌توان به‌طور مؤثری عوامل مختلف را وزن‌دهی کرده و گزینه‌های مناسب را شناسایی کرد. این رویکرد به تصمیم‌گیران کمک می‌کند تا با در نظر گرفتن تمامی جوانب و شرایط موجود، بهترین مکان‌ها را برای تأسیس ایستگاه‌های آتش‌نشانی انتخاب کنند. هدف از این تحقیق، ارائه یک چارچوب تحلیلی جامع برای تصمیم‌گیری در زمینه مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی است که می‌تواند به بهبود کارایی و اثربخشی خدمات آتش‌نشانی در شهرها منجر شود. با توجه به اهمیت ایمنی عمومی و نیاز به پاسخگویی سریع به حوادث، این مطالعه می‌تواند به عنوان یک منبع ارزشمند برای مدیران شهری و برنامه‌ریزان در زمینه بهبود خدمات ایمنی و مدیریت بحران مورد استفاده قرار گیرد.

تصمیم‌گیری

تصمیم‌گیری^۱ درواقع طریقه عمل در مسیری خاص به‌صورت آگاهانه جهت نیل به اهداف و مطلوب تعریف‌شده است تا بدین طریق گزینه‌ای مناسب در میان انواع گزینه‌ها انتخاب شوند. در مطالعات جغرافیایی فرآیند تصمیم‌گیری به‌صورت نظام‌مند و سلسله‌مراتبی با تعریف مسئله آغاز و سپس با تعیین الزامات، تبیین اهداف، شناسایی گزینه‌ها، تعریف شاخص‌ها، انتخاب ابزار تصمیم‌گیری و ارزیابی جهت رتبه‌بندی گزینه‌ها به اتمام می‌رسد. در این فرآیند روش‌ها و مدل‌های متفاوتی برای تصمیم‌گیری به کار گرفته می‌شود که یکی از بارزترین آن‌ها استفاده از مسائل مبتنی بر تصمیم‌گیری‌های چند معیار شامل مدل‌های تصمیم‌گیری چندهدفه و چند شاخصه است (پورطاهری، ۱۳۹۱).

تصمیم‌گیری مکانی

بیش از ۸۰ درصد داده‌ها و اطلاعات مورد استفاده جهت اتخاذ تصمیم، دارای ماهیت و جنبه‌های مکانی و البته زمانی هستند. داده‌های مکانی^۲، عبارت از اقلام اطلاعاتی خام، نامرتب و پردازش نشده هستند که مرتبط با موقعیت مکانی و جغرافیایی

^۱ Decision making

^۲ Geographical data

مشخصی می‌باشند. داده‌های مکانی به‌خودی‌خود از ارزش و کارایی اندکی برخوردار هستند و جهت سودمند ساختن آن‌ها بایستی تحت پردازش و تحلیل‌های مکانی قرار گیرند. نتایج حاصل از پردازش داده‌های مکانی منجر به مجموعه‌ای از آگاهی‌ها و یا اطلاعات مکانی می‌گردند. این اطلاعات خمیرمایه‌ی فرآیند تصمیم‌سازی‌های مکانی را تشکیل می‌دهند. بخش اعظم تصمیم‌گیری‌ها دارای ماهیت مکانی است بنابراین می‌توان آن‌ها را تصمیم‌گیری مکانی نامید. این نوع تصمیم‌گیری‌ها که بایستی با لحاظ کردن ابعاد مکانی و زمانی به همراه عدم قطعیت آن‌ها صورت گیرد، بسیار دشوار پیچیده و وقت‌گیر می‌باشند و لذا، بهره‌گیری از نظریات تصمیم به همراه فناوری تصمیم ضروری است (محمدی، ۱۳۸۶).

دیدگاه‌های متفاوت در تصمیم‌گیری

بنا به نظر کینی^۳ دو دیدگاه در تصمیم‌گیری وجود دارد:

- روش گزینه‌محور که در آن ایجاد گزینه‌های تصمیم‌گیری مورد تاکید قرار می‌گیرد. در این روش گزینه‌ها با ارزش‌های از قبل تعیین‌شده ارزیابی می‌شوند.
- روش ارزش محور که در آن ارزش‌ها (معیارهای ارزیابی) به‌صورت عناصر پایه‌ای در تحلیل تصمیم مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش ارزش به‌عنوان عنصر اصلی در تصمیم بررسی می‌شود؛ بنابراین در اولین مرحله بر روی تعیین ارزش‌ها تمرکز می‌شود؛ و مطابق با ارزش‌ها به ایجاد گزینه اقدام می‌شود. تفاوت اساس بین این دو روش در این است که در روش گزینه محور ابتدا گزینه‌ها شناسایی می‌شوند و یا از قبل وجود دارند و سپس به تعیین ارزش‌ها اقدام می‌شود اما در روش ارزش محور ابتدا ارزش‌ها تعیین و سپس بر اساس این ارزش‌ها اقدام به ایجاد گزینه می‌کنند.
- اصل کلی در ساخت فرایند تصمیم‌گیری بر این قرار است که ایجاد گزینه‌های تصمیم‌گیری باید به‌گونه‌ای باشد که رسیدن به ارزش‌های تعیین‌شده در یک وضعیت تصمیم‌گیری به بهترین صورت انجام پذیرد (پرهیزگار، ۱۳۸۶).

مراحل تصمیم‌گیری چندمعیاری مکان

تصمیم‌گیری یک فرآیند است که دربرگیرنده مراحل مختلف زیر است (محمدی، ۱۳۸۶):

تعریف مسئله

هر فرایند تصمیم‌گیری با شناخت و تعریف مسئله تصمیم‌گیری شروع می‌شود. عمدتاً نظر بر این است که مسئله تصمیم‌گیری درک تفاوت بین وضعیت مطلوب و موجود سامانه است. تعریف مسئله با مرحله آگاهی و بینش در فرایند تصمیم‌گیری هم‌پوشی دارد. در این مرحله می‌توان از فناوری تصمیم و توانمندی‌های مختلف سامانه اطلاعات جغرافیایی کمال بهره‌برداری را نمود. در این مرحله می‌توان پس از شناخت و تعریف دقیق مسئله، می‌توان داده‌های مکانی خام را در یک سامانه اطلاعات جغرافیایی جمع‌آوری و پردازش نمود.

³ - Kinney

معیارهای ارزیابی

در تحلیل چندمعیار مکانی، بعد از شناسایی مسئله تصمیم‌گیری مجموعه‌ای از معیارهای ارزیابی در کانون توجه قرار می‌گیرند. اصطلاح معیار یک واژه کلی است که مفاهیم مربوط به صفت و هدف را در برمی‌گیرد بنابراین معیار یک اساس برای ارزیابی و اندازه‌گیری تصمیم است. معیارهای ارزیابی باید دارای خصوصیات زیر باشند:

۱- به‌اندازه کافی معرف طبیعت چندمعیار یک مسئله تصمیم‌گیری باشد.

۲- جامع و قابل‌اندازه‌گیری باشد.

۳- یک مجموعه معیار باید کامل، عملیاتی و حتی‌الامکان در حالت کمینه باشند.

۴- بتوان آن را به‌صورت یک نقشه در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی نشان داد.

۵- قابلیت تبدیل به واحدهای قابل‌مقایسه و متناسب باهم را داشته باشند.

معیار دو نوع می‌تواند باشد:

الف- فاکتور، یک فاکتور معیاری است که شایستگی یک گزینه ویژه برای فعالیت تحت بررسی را کاهش یا افزایش می‌دهد. برای مثال در احداث ایستگاه آتش‌نشانی، شبکه ترافیک می‌تواند یک فاکتور باشد.

ب- محدودیت‌ها، محدودیت به محدود کردن گزینه‌های تحت بررسی گفته می‌شود (پرهیزکار، ۱۳۸۶).

تولید نقشه‌های معیار

با تعیین مجموعه‌ای از معیارها برای ارزیابی گزینه‌های تصمیم‌گیری هر معیار با استفاده از توابع موجود در سامانه اطلاعات جغرافیایی به‌صورت یک نقشه معیار درمی‌آید و سپس در پایگاه داده آن ذخیره می‌گردد.

یک نقشه معیار بیانگر توزیع مکانی از صفتی است که بر پایه آن صفت درجه دست‌یابی به اهداف ملازم با آن اندازه‌گیری می‌شود. بر همین اساس نقشه‌های معیار در دو نوع، با عنوان نقشه‌های عامل (معیار ارزیابی) و نقشه‌های مربوط به محدودیت مطرح می‌شوند. در ارزیابی چندمعیار مکانی برای دست‌یابی به یک هدف معین باید سنج‌ها یا شاخص‌هایی را تعریف و معین کرد که بر مبنای آن‌ها بتوان به هدف معین دست‌یافت. این سنج‌ها یا شاخص را معیار ارزیابی می‌نامند.

استانداردسازی نقشه‌های معیار

نقشه‌های معیار را می‌توان در انطباق با مقیاس‌های اندازه‌گیری تحت عنوان نقشه‌های معیار کیفی و کمی طبقه‌بندی کرد. از آنجایی که هر نقشه معیار یا هر صفت دارای محدوده و مقیاس‌های اندازه‌گیری متفاوتی است، برای تحلیل و ارزیابی چندمعیاری مکانی باید مقیاس اندازه‌گیری آن‌ها را همخوان و متناسب باهم کرد. برای همسان‌سازی مقیاس‌های اندازه‌گیری و تبدیل آن‌ها به واحدهای قابل‌مقایسه از فرایند استانداردسازی معیارها استفاده می‌شود.

سه رویکرد اصلی برای استانداردسازی نقشه‌های معیار وجود دارد:

(۱) روش‌های قطعی مانند روش خطی

(۲) روش احتمالی

(۳) روش فازی.

گزینه‌ها

گزینه‌ها یا انتخاب‌ها در کانون تصمیم‌گیری قرار دارند زیرا در غیر این صورت بیش از یک‌راه برای اقدام وجود نداشته و هیچ گزینشی به عمل نمی‌آید. گزینه‌های تصمیم‌گیری شامل مسیرهای پیشنهادی از اقداماتی است که تصمیم گیر باید از میان آن‌ها یکی را انتخاب کند.

هر گزینه تصمیم‌گیری مکانی در حداقل حالت خود شامل دو مولفه پایه است:

(۱) اقدام (چه) کاری باید انجام داد؟

(۲) مکان (کجا باید انجام شود؟)

هر گزینه بر اساس متغیر (صفات) سنجیده می‌شود. یک متغیر یک کمیت قابل اندازه‌گیری است که در هر مقطع دارای یک ارزش معین است. اگر یک متغیر توسط تصمیم گیر قابل کنترل باشد آن را متغیر تصمیم می‌گویند. متغیرهای تصمیم بر اساس وضعیت مسئله در قالب‌های تعیینی، تصادفی (احتمال) و زبانی مطرح می‌شوند.

متغیر تعیینی: متغیرهای که ارزش آن‌ها به شانس وابسته نیست و گزینه‌ای که با این متغیر سنجیده می‌شود نتیجه قطعی و مشخص دارد.

متغیر تصادفی: اگر متغیرهای توصیف‌کننده یک گزینه دارای توزیع احتمالاتی شناخته‌شده‌ای باشند، این متغیرها را تصادفی می‌گویند که دارای آمیزه‌ای از تغییرپذیری و عدم قطعیت هستند.

متغیرهای زبانی (فازی): متغیرهایی که ارزش آن‌ها در قالب کلمات و جملات مطرح در زبان عادی بیان می‌شود (مانند فاصله زیاد و خیلی زیاد، فاصله کوتاه و خیلی کوتاه)

محدودیت‌ها

محدودیت‌ها، قیودی‌اند که به‌طور طبیعی یا از سوی جوامع انسانی تحمیل‌شده و اجازه نمی‌دهند برخی از اقدامات خاص صورت پذیرد (محمدی، ۱۳۸۶). گزینه‌هایی را که در آن ملاحظات مربوط به تمام محدودیت‌ها در نظر گرفته‌شده است گزینه‌های ممکن می‌گویند. به همین ترتیب به گزینه‌هایی که در انطباق با محدودیت‌ها قرار ندارند، گزینه‌های ناممکن (غیرقابل قبول) گفته می‌شوند.

روش‌های وزن دهی

در حالت کلی وزن دهی فاکتورها می‌تواند با استفاده از دانش کارشناسی (Driven Knowledge)، داده - مبنا (Data Driven) یا ترکیبی از آن‌ها صورت گیرد. در روش دانش کارشناسی، از تجربه و دانش کارشناسان متخصص در زمینه کاربرد موردنظر جهت وزن دهی به فاکتورها استفاده می‌شود. برخی از روش‌های وزن دهی که به‌طورکلی در تصمیم‌گیری‌های چندمعیار و با استفاده از دانش کارشناسی صورت می‌گیرد، عبارت‌اند از:

روش Ranking (رتبه‌بندی) که در آن وزن دادن به معیارها براساس نظر تصمیم‌گیرنده می‌باشد، روش Rating که تصمیم‌گیرنده وزن معیارها را بر اساس یک مقیاس از پیش تعیین شده، تخمین می‌زند و روش مقایسه زوجی pair

Wise(Comparison) که بخشی از روش AHP⁴ است. در روش وزن دهی مقایسه زوجی، معیارها دوبه دو با یکدیگر مقایسه شده و اهمیت آن‌ها نسبت به یکدیگر تعیین می‌گردد. سپس یک ماتریس ایجاد می‌شود که ورودی آن همان وزن‌های تعیین شده و خروجی آن وزن‌های نسبی مربوط به معیارهاست. این روش وزن‌دهی دارای سه گام اساسی است که عبارت‌اند از: ایجاد ماتریس مقایسه زوجی، محاسبه وزن معیارها و برآورد نسبت سازگاری.

فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)

فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است که به منظور وزن دهی و اولویت‌بندی شاخص‌ها و تصمیم‌گیری و انتخاب یک گزینه از میان گزینه‌های متعدد تصمیم، با توجه به شاخص‌هایی که تصمیم‌گیرنده تعیین می‌کند، به کار می‌رود (مهرگان، ۱۳۸۶). روش AHP روشی است که می‌تواند معیارهای کیفی یک مسئله تصمیم را به صورت کمی درآورد (اولسن، ۱۳۸۷). فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی یا به طور اختصار AHP، روشی است برای تبدیل ارزیابی‌های ذهنی اهمیت‌های نسبی به مجموعه‌ای از وزن‌ها. این روش، یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی‌شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است، زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مسئله را به صورت سلسله‌مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله دارد. این فرایند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها را دارد. علاوه بر این بر مبنای مقایسه زوجی بنانهاده شده که قضاوت و محاسبه را تسهیل می‌نماید، همچنین مقدار سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد که از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم‌گیری چندمعیار است (ساعتی، ۱۹۷۷).

از دلایل موفق بودن روش AHP و کاربرد گسترده آن در عمل می‌توان به سادگی نسبی، درک آسان و منطقی بودن این روش اشاره نمود. مزیت جانبی روش AHP در کاربرد این روش برای تصمیم‌گیری‌های گروهی است که در آن گروهی از تصمیم‌گیرندگان وجود دارند (اولسن، ۱۳۸۷). بهتر است از AHP زمانی استفاده شود که تعداد گزینه‌های تصمیم‌گیری هفت یا کمتر از آن باشد (اولسن، ۱۳۸۷).

فرآیند تجزیه و تحلیل سلسله‌مراتبی یک سنتز ریاضی و یک شیوه جبری تصمیم‌گیری با مقیاس نسبی است. این روش با استفاده از یک شبکه سیستمی و به کارگیری ضوابط و معیارهای چندگانه برای رتبه‌بندی یا تعیین اهمیت گزینه‌های مختلف یک فرآیند تصمیم‌گیری پیچیده مورد استفاده قرار می‌گیرد (قدسی پور و برین، ۱۹۹۷). همچنین فرآیند تجزیه و تحلیل سلسله‌مراتبی روشی است منعطف، قوی و ساده که برای تصمیم‌گیری در شرایطی که معیارهای متضاد، انتخاب بین گزینه‌ها را با مشکل مواجه می‌سازد، مورد استفاده قرار می‌گیرد و تاکنون کاربردهای متعددی در علوم مختلف داشته است (برتولینی^۵ و همکاران، ۲۰۰۶).

توانایی در تجزیه یک مسئله تصمیم‌گیری به یک ساختار رده‌ای نیز زیربنای اساسی در استفاده از روش AHP است و لازمه داشتن یک ساختار رده‌ای این است که ارجحیت‌های ممکن از یک سطح موجود بستگی به عناصر پایین‌تر نداشته و از آن‌ها مستقل باشد در غیر این صورت سیستم تصمیم‌گیری موجود غیر رده‌ای و با بازخور تلقی می‌شود که در این صورت کاربرد AHP کلاسیک مورد شک واقع خواهد شد (اصغری‌پور، ۱۳۸۷).

⁴-Analytical Hierarchy Process

⁵- Bertolini

مدل‌های موجود تلفیق نقشه‌ها

مدل‌های موجود تلفیق نقشه به شرح زیر می‌باشد:

مدل منطق بولین (Boolean Logic Model):

در این مدل به ازای هر فاکتور، یک نقشه ورودی ایجاد می‌گردد. مقدار یک نشان‌دهنده‌ی مناسب بودن و مقدار صفر نشان‌دهنده‌ی نامناسب بودن موقعیت مکانی آن پیکسل می‌باشد. سپس نقشه‌های ورودی با استفاده از عملگرهای بولین AND یا OR با یکدیگر تلفیق می‌شوند و یک نقشه خروجی باینری به وجود می‌آورند. اگر تلفیق نقشه‌ها با استفاده از عملگر AND انجام گرفته باشد، پیکسل‌های حاوی ارزش یک در نقشه خروجی، مکان‌هایی را نشان می‌دهد که کلیه معیارهای مربوط به کاربرد موردنظر را تأمین می‌نمایند و در صورتی که نقشه‌های ورودی با استفاده از عملگر OR ترکیب شوند، پیکسل‌های حاوی ارزش یک در نقشه خروجی، مکان‌هایی را مشخص می‌کند که یک یا چند معیار در آن‌ها صدق می‌کند.

مدل همپوشانی شاخص (Index Overlay Model):

انجام مدل همپوشانی شاخص به دو روش امکان‌پذیر است. در هر دو روش ابتدا به‌تمامی فاکتورهای مؤثر، بر اساس اهمیت نسبی و با توجه به نظرات کارشناسی، وزنی اختصاص داده می‌شود. این وزن‌ها به‌صورت اعداد صحیح مثبت یا اعداد حقیقی در یک بازه مشخص، تعیین می‌شوند. در روش اول نقشه‌های ورودی فاکتورها، همانند روش بولین به‌صورت باینری هستند. در این روش هر نقشه فاکتور یک عامل وزنی منفرد دارد و برای ترکیب با نقشه‌های دیگر، فقط در عامل وزنی خودش ضرب می‌شود. اهمیت کلاس‌های مختلف موجود در یک نقشه فاکتور، در روش اول یکسان در نظر گرفته می‌شود. روش دوم انعطاف‌پذیری بیشتری نسبت به روش اول دارد. در این روش علاوه بر اینکه به هر یک از نقشه‌های ورودی وزنی اختصاص می‌یابد، به هر یک از کلاس‌ها و واحدهای مکانی موجود در هر نقشه فاکتور نیز، بر اساس اهمیت نسبی و نظرات کارشناسی وزنی منتسب می‌شود. به عبارتی کلاس‌های مختلف موجود بر یک نقشه واحد، دارای وزن‌های متفاوت هستند.

مدل منطق فازی (Fuzzy Logic Model):

منطق فازی، یک جهان‌بینی جدید است که با نیازهای دنیای پیچیده امروز بسیار سازگارتر از منطق بولین است. درواقع منطق فازی یک منطق پیوسته است که از استدلال تقریبی بشر الگوبرداری کرده است و از پتانسیل بالایی در ارزیابی و سنجش پدیده‌های پیچیده برخوردار است (عادل، ۱۳۸۶). منطق فازی، درواقع توسعه‌یافته منطق بولین است. در منطق فازی، میزان عضویت یک عنصر در یک مجموعه، با مقداری در بازه یک (عضویت کامل) تا صفر (عدم عضویت کامل) تعریف می‌شود. یک مسئله قطعی را می‌توان به فازی تبدیل کرد که به این فرایند فازی‌سازی گفته می‌شود. فازی‌سازی از افت با هدرروی اطلاعات جلوگیری می‌کند. در منطق فازی از درجات عضویت که بیانگر چگونگی نقش‌پذیری متغیر در انجام فرایند موردنظر است، استفاده می‌شود. درجات عضویت می‌توانند خطی و یا غیرخطی و یا بسته به نظر کاربران دارای اشکال دیگری باشند. درمجموع شکل تابع بستگی به نوع X و مجموعه متفاوت است. در منطق بولین خروجی فقط یک نقشه است اما در منطق فازی خروجی می‌تواند چندین نقشه باشد و در این منطق به‌اندازه تعداد کلاس‌ها، خروجی وجود دارد و در عملیات Defuzzy، Reclass صورت می‌پذیرد. لطفی‌زاده (۱۹۶۵) تئوری مجموعه‌های فازی را به‌عنوان روشی برای مدل‌سازی در حالت ابهام و نبود قطعیت مطرح کرده است. مجموعه‌ها را می‌توان به مجموعه‌های معمولی (قطعی) و مجموعه‌های فازی تفکیک کرد و هر مجموعه شامل اجزایی است که عناصر یا اعضای مجموعه نامیده می‌شوند. در مجموعه‌های معمولی، یک عضو یا به مجموعه تعلق دارد یا ندارد. یعنی دو حالت بیشتر ندارد (۰ یا ۱). ولی در مجموعه فازی درجات بین صفر و یک، مفهوم عضویت درجه‌بندی‌شده،

معرفی شده است. از این رو برای تعیین درجه عضویت از منطق فازی استفاده می‌شود و بین دو حالت صفر و یک درجه عضویت یک عنصر از یک مجموعه تعیین می‌شود. فازی بودن طیفی بین سیاه و سفید یا همان خاکستری بودن است که امکان مدل سازی برای وضعیت های غیر قطعی فراگیر دنیای واقعی را فراهم می‌سازد (دیل و همکاران^۶، ۲۰۰۴). انواع عملگرهای فازی عبارتند از عملگر اشتراک فازی (Fuzzy AND)، عملگر اجتماع فازی (Fuzzy OR)، عملگر ضرب فازی (Fuzzy Algebraic product) و عملگر جمع فازی (Fuzzy Algebraic Sum).

کاربرد منطق فازی در تصمیم گیری

منطق فازی کاربردهای بسیار زیادی در زمینه های مختلف دارد (غفاری، ۱۳۸۰). یکی از رویکردهای شناخته شده برای تصمیم گیری بر مبنای اطلاعات مبهم، منطق فازی است. این چارچوب بارها برای تصمیم گیری در شرایطی که قطعیت ندارند، به کار رفته است. دلیل اینکه از منطق فازی برای این گونه تصمیم گیری ها استفاده می شود توانایی این منطق برای در نظر گرفتن قواعد و آگاهی مبهم تصمیم گیرنده است (آیری و همکاران^۷، ۲۰۰۳).

بررسی و ارزیابی معیارهای مورد نیاز در مکان یابی ایستگاه های آتش نشانی

- جمعیت

تراکم جمعیت از عوامل اصلی مؤثر در نحوه استقرار ایستگاه ها و برنامه ریزی های مربوطه می باشد. در مناطقی از شهر که تراکم جمعیتی در سطح بالایی قرار دارد، احتمال وقوع حریق بیش از مناطق با تراکم جمعیت کم است؛ بنابراین برنامه ریزی مراکز آتش نشانی باید بر حسب تراکم جمعیت در مناطق مختلف شهری صورت گیرد. استانداردهای جهانی برای هر ۵۰۰۰۰ نفر جمعیت یک ایستگاه را پیش بینی کرده اند. علت چنین انتخابی بر اساس تجربیات بوده است؛ بنابراین سعی شده است در قسمت عملی کار مناطق با جمعیت بالاتر با وزن بیشتری در تحلیل نهایی در نظر گرفته می شوند (ذاکر حقیقی، ۱۳۸۲).

- مساحت و شعاع پوشش

مساحت مناطق مختلف شهری و شعاع عمل ایستگاه های آتش نشانی در برنامه ریزی استقرار ایستگاه ها از عوامل عمده به حساب می آید. استانداردهای جهانی شعاع پنج کیلومتر را برای ایستگاه پیش بینی می کنند و از طرف دیگر زمان رسیدن به مکان آتش سوزی را سه تا پنج دقیقه در نظر گرفته اند. برای دستیابی به استاندارد سه تا پنج دقیقه باید محدوده حوزه استحفاظی ایستگاه ها را کاهش داد در نتیجه با سرعت بین ۳۰ تا ۴۰ کیلومتر در ساعت، خودروهای امدادی در هر دقیقه بین ۵۰۰ تا ۶۷۰ متر را طی می کنند که با احتساب هدر رفتن یک دقیقه برای رسیدن پیام آتش سوزی به ایستگاه و خروج ماشین ها از ایستگاه در چهار دقیقه باقیمانده، نیروهای آتش نشانی فاصله ای به طول ۲ تا ۲/۷ کیلومتر را پوشش می دهند. مساحت چنین ناحیه ای بین ۱۲/۵ تا ۲۳ کیلومتر خواهد بود (پرهیزکار، ۱۳۸۳).

- شبکه ترافیک

سیستم حمل و نقل شهری و شبکه ترافیک یکی دیگر از عوامل مؤثر بر مکان یابی ایستگاه های آتش نشانی است. عواملی چون عرض خیابان ها، کیفیت و حجم ترافیک، یک طرفه بودن خیابان و غیره در چگونگی محل استقرار ایستگاه ها مؤثرند. محل

^۶- Dill et al

^۷- Arie et al

مناسب معمولاً در محل تلاقی چند خیابان و در نقاطی تعیین می‌شود که حجم ترافیک مانع یا کند کننده حرکت خودروها و اکیپ آتش‌نشانی نگردد. خیابان‌های یک‌طرفه یا خیابان‌هایی که وسایل نقلیه سنگین و کندرو از آن‌ها عبور کنند، از عوامل کند کننده حرکت خودروهای آتش‌نشانی است. قرارگیری ایستگاه‌ها در مجاورت بزرگراه‌ها و خیابان‌های اصلی درجه یک به‌ویژه تقاطع‌های اصلی از عوامل مثبت مکان‌یابی خواهد بود (پرهیزکار، ۱۳۸۳).

- کاربری اراضی

کاربری‌های مختلف آسیب‌پذیری‌های متفاوتی در مقابل آتش‌سوزی دارند. کاربری‌های مسکونی همیشه بیشترین آسیب‌پذیری را در مقابل حوادث آتش‌سوزی داشته‌اند. کاربری‌های تجاری و صنعتی و تولیدی بعد از کاربری مسکونی به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار دارند. تراکم جمعیت و شبکه حمل‌ونقل شهری در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند. این امتیازات به‌عنوان ارزش‌های هر کاربری در وزن دهی آن‌ها در مکان‌گزینی ایستگاه‌ها به کار گرفته خواهند شد و یکی از بااهمیت‌ترین معیارها در تعیین محل استقرار ایستگاه‌ها می‌باشد. در مورد کاربری‌های تجاری، صنعتی و انبارها به علت وجود مواد قابل اشتعال معمولاً بیش از سایر کاربری‌ها در معرض خطر آتش‌سوزی قرار دارند. قرارگیری کاربری‌های خدمات شهری مثل بیمارستان‌ها، مدارس و ادارات دولتی همگی از مجموعه کاربری‌هایی خواهد بود که در ساعاتی از روز با پیک ترافیکی روبه‌رو هستند؛ بنابراین برای مجاورت ایستگاه با چنین کاربری‌هایی باید محدودیت‌های فاصله‌ای قائل شد (پرهیزکار، ۱۳۸۳).

- پتانسیل خطر

بررسی پتانسیل و ریسک خطر در مناطق مختلف شهری بر اساس بررسی میزان تعداد و تکرار حوادث در مناطق مختلف به مشخص شدن نقاط آسیب‌پذیر در حوادث آتش‌سوزی و مکان‌های با پتانسیل بالای خطر منجر خواهد شد. مکان ایستگاه‌ها باید به سمت چنین مناطقی کشش بیشتری داشته باشد.

حفاظت در مقابل حریق

در جوامع شهری دست‌یابی به محیطی کاملاً عاری از خطر و پیش‌آمدهای احتمالی از حوادث طبیعی به‌منظور حفاظت از جان و مال و مردم، آرزوی دیرینه بوده که بشر برای رسیدن به آن پیوسته در تلاش و تکاپو بوده است. حوادث و پیش‌آمدهایی که همواره جامع بشری را در معرض تهدیدات قرارداده بر دو نوع می‌باشند که هرکدام از این حوادث از حیث علل وقوع و تأثیرات منفی آن در شرایط متفاوت تا حدودی مشخص و قابل‌پیشگیری می‌باشد. بعضی از حوادث ناشی از عوامل طبیعی و انواع قابل‌ملاحظه دیگری از آن ناشی از تحولات تکنولوژی می‌باشند که هرکدام از این دو در صورت برنامه‌ریزی و تمهیدات به‌موقع قابل‌کنترل می‌باشند. ارباب تمدن و تکنولوژی با آخرین سرعت به جلو می‌تازد و زندگی بشر با به‌کارگیری تکنولوژی برتر و پیشرفته آسان می‌گردد ولی به همان نسبت انسان روز به روز خود را در مقابل خطرات بالقوه تکنولوژی عاجزتر احساس می‌کند و از سوی دیگر از تمهیدات دائمی حوادث طبیعی نیز مصون نیست. پس لازمه زندگی در جهان کنونی اهمیت و بها دادن به ایمنی می‌باشد تا بشر با آرامش خاطر و بدون دغدغه به زندگی عادی خویش ادامه دهد. بررسی‌های چندین ساله به این نتیجه منتهی شدند که چون دانش زمان قادر به پیش‌بینی و پیشگیری و مبارزه با آتش‌سوزی‌های دامنه‌دار نیست، راه چاره تقسیم خسارت بین سازمان‌های اقتصادی صاحبان سرمایه و مردم ذینفع است. از این‌رو آتش‌سوزی به‌عنوان یک پدیده اقتصادی از اقدامات جمعی در برنامه‌ریزی‌های ملی نقش یافت. باید خاطرنشان کرد که به‌مرور با گسترش شهرها و افزایش تعداد واحدها نیاز به ساماندهی متمرکز درک شد و به‌مرور در اختیار شهرداری‌ها قرار گرفت. از اوایل قرن نوزدهم میلادی و با افزایش

روزافزون صنایع سنگین و تنوع واحدهای تولیدی دامنه آتش‌سوزی‌ها و حوادث ناشی از آن به حدی رسید که دیگر نه تنها شرکت‌های بیمه قادر به مقابله با آن نبودند بلکه پرداخت خسارت نیز دیگر جبران ضرر وارده را به لحاظ وسعت و دامنه و ارزش نابودشده را نمی‌نمودند از این رو رشته جدیدی به‌عنوان مهندسی حفاظت از حریق شکل گرفت که هدف آن دستیابی به متدولوژی مقابله با حریق و کاهش خطرات ناشی از آن بوده است (صالحی، ۱۳۸۱).

طبقه‌بندی حوادث

طبقه‌بندی حوادث بر اساس عواقب آن‌ها

آنچه حوادث را برای انسان ناخوشایند می‌کند عواقب آن‌هاست. مهم‌ترین عواقب حوادث عبارت‌اند از:

- خطر جانی (مرگ، زخمی شدن و ...)
 - خطر مالی (خسارت به اموال و زیان‌های اقتصادی)
 - خطر محیطی (از بین رفتن محیط طبیعی، آلودگی، از بین رفتن مناظر و چشم‌اندازهای محیطی)
- همان‌گونه که حوادث ناخوشایند را می‌توان رتبه‌بندی کرد، احتمال وقوع آن‌ها را نیز می‌توان تعیین کرد (اسمیت و نیکلسون^۸، ۱۹۹۶).

طبقه‌بندی حوادث بر اساس عامل حادثه

از این نظر می‌توان آن‌ها را به دو دسته بسیار کلی تقسیم‌بندی کرد که عبارت‌اند از:

الف- حوادث طبیعی

ب- حوادث انسانی

بلاایای طبیعی سوانحی هستند که به‌واسطه بی‌نظمی غیرعادی عناصر اصلی زمین، هوا، آتش‌وآب به وجود می‌آیند و مصائب ناشی از آن‌ها به همان شدت گذشته هنوز هم تکرار می‌گردد. این‌گونه بلایا شامل زلزله، توفان، رعدوبرق و آتش‌سوزی در جنگل‌ها و غیره می‌شود. حوادث انسانی، حوادثی هستند که انسان‌ها به‌گونه‌ای در ایجاد آن نقش دارند. این نقش ممکن است عمدی و بااراده و یا غیرعمدی و بدون اراده باشد. از آنجاکه سوانح طبیعی به دلیل عوامل طبیعی و بدون دخالت انسان رخ می‌دهند ممکن است پیشگیری از آن‌ها چندان معنی‌دار نباشد. در عوض لازم است انسان خود را با محیط طبیعت انطباق داده و آمادگی لازم را در برابر این خطرات داشته باشد. از طرف دیگر سوانح و خطراتی که عامل انسانی در رویداد آن‌ها نقش دارد از جمله سوانحی هستند که می‌توانند قابل‌پیشگیری و کنترل باشد. هم عوامل طبیعی و هم عوامل انسانی می‌توانند در وقوع حوادث آتش‌سوزی نقش داشته باشند؛ اما آتش‌سوزی که در مناطق شهری رخ می‌دهد نقش و عامل انسانی در ایجاد آن بسیار بالاست (اسمیت و نیکلسون، ۱۹۹۶).

^۸- Smit, p and Niclson

طبقه‌بندی حوادث بر اساس اراده انسانی

از این حیث حوادث را می‌توان به دو دسته کلی تقسیم و به شرح زیر طبقه‌بندی کرد:

الف- حوادث داوطلبانه

ب- حوادث غیر داوطلبانه

حوادث داوطلبانه حوادثی هستند که افراد یا جوامع با اراده و میل و اراده خودشان آن را انتخاب می‌نمایند. حوادث غیر داوطلبانه برعکس حوادثی هستند که بر افراد و جوامع بدون میل و اراده آن‌ها تحمیل می‌گردد (مرکز داده و مدیریت آتش‌سوزی ملی ایالت متحده، ۱۹۹۸).

طبقه‌بندی حوادث بر اساس خصوصیات خطر

بر اساس این نوع طبقه‌بندی خطرات را می‌توان به صورت زیر تقسیم‌بندی کرد:

الف- خطرات انسان‌ساز ویرانگر

ب- خطرات انسان‌ساز معمولی

ج- خطرات طبیعی ویرانگر

د- خطرات طبیعی معمولی

این تقسیم‌بندی به شکل دیگری نیز با توجه به معیار داوطلبانه و غیر داوطلبانه بودن صورت گرفته است. خطر آتش‌سوزی در اینجا نیز دارای ابعاد متعدد است. انفجار هسته‌ای و غیره نمونه‌های رایجی از حوادث انسان‌ساز ویرانگر هستند. اگرچه آتش‌سوزی‌ها عمدتاً از نوع انسان‌ساز معمولی هستند که به‌طور متوسط دارای تلفات انسانی نیستند ولی در میان آن‌ها آتش‌سوزی‌های ویرانگر نیز وجود داشته‌اند. همچنین آتش‌سوزی‌هایی که طی سال‌های اخیر در جنگل‌ها رخ داده‌اند دارای آثار ویرانگری بر محیط طبیعی و انسانی بوده‌اند. اگرچه این آتش‌سوزی‌ها دارای تلفات انسانی چندانی نبوده‌اند (مرکز داده و مدیریت آتش‌سوزی ملی ایالت متحده، ۱۹۹۸).

طبقه‌بندی آتش‌سوزی‌ها در نواحی شهری را می‌توان به صورت زیر تقسیم‌بندی کرد:

الف- آتش‌سوزی فضای باز

ب- آتش‌سوزی ساختمانی

ج- آتش‌سوزی وسایل نقلیه

معمولاً بیش از ۸۰ درصد مرگ‌ومیرهای آتش‌سوزی مربوط به آتش‌سوزی‌هایی هستند که در فضاهای بسته و ساختمان‌ها رخ می‌دهند. در همین حد هم زخمی‌های آتش‌سوزی مربوط به این نوع سوانح می‌باشند.

دلایل آتش‌سوزی در شهرها

آتش‌سوزی در مناطق شهری دارای دلایل متعددی هستند. برخی از این دلایل را می‌توان به صورت زیر فهرست کرد:

الف- تصادفی مشکوک؛ ب- سیگار کشیدن؛ ج- سیستم گرمایی؛ د- پخت و پز؛ هـ- توزیع برق؛ و- وسایل و تجهیزات؛ ز- شعله‌های باز؛ ح- طبیعی؛ ط- در معرض قرار گرفتن. البته این دلایل در مورد آتش‌سوزی‌های مختلف یکسان نیست. مثلاً آتش‌سوزی ناشی از پخت و پز در ساختمان‌ها بسیار بیشتر از فضاهای باز و وسایل نقلیه است. در مورد وسایل نقلیه به‌ویژه در کشورهایی که درصد بیشتری از آن‌ها تحت پوشش بیمه هستند، آتش‌سوزی‌های عمدی بسیار زیاد است. البته به دلیل

تفاوت‌های زیادی که بین ساختمان‌ها وجود دارد لازم است مطالعه آتش‌سوزی در ساختمان‌ها به‌طور جداگانه صورت گیرند. دلایل آتش‌سوزی در ساختمان‌های مسکونی و غیرمسکونی با یکدیگر متفاوت هستند، درحالی‌که ساختمان‌های غیرمسکونی بیشتر در معرض آتش‌سوزی‌های عمدی هستند؛ بنابراین معمولاً پخت و پز رتبه اول رادار است. سایر دلایل مانند سیستم گرمایی، آتش‌سوزی‌های عمدی، سیگار کشیدن، اتصال برق و ... در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند، در میان آتش‌سوزی‌های نواحی شهری و سیگار کشیدن از دلایل اصلی آتش‌سوزی‌های منجر به مرگ‌ومیر است.

کاربرد انواع مدل‌ها در بررسی مراکز خدمات‌رسانی

مدل دایره‌ای یا شعاعی

در این مدل فرض بر این است که پتانسیل مشتری و یا استفاده‌کننده از طریق تعداد افرادی که در یک منطقه و در فاصله نزدیک به هر مرکز فروش یا مرکز خدمات زندگی می‌کنند، تعیین می‌شود. همزمان با افزایش تعداد افراد ساکن در منطقه پیرامون یک مرکز خدماتی پتانسیل بالا خواهد رفت. این مدل در GIS از طریق تجزیه و تحلیل ایجاد حریم^۹ قابل پیاده کردن می‌باشد.

مدل تجزیه و تحلیل سطوح خدماتی با استفاده از تابع نزدیکی^{۱۰}

نزدیکی عملیاتی است در مورد فاصله بین عوارض. این معیار معمولاً با واحد طول اندازه‌گیری می‌شود، اما با واحدهای دیگر نظیر زمان، سفر و غیره می‌تواند اندازه‌گیری شود. برای اندازه‌گیری نزدیکی باید چهار پارامتر مشخص گردند:

الف- موقعیت هدف (مثلاً یک جاده، بیمارستان و سایر مراکز خدماتی)

ب- واحد اندازه‌گیری (مثل فاصله به متر و زمان سفر به دقیقه)

ج- تابعی برای محاسبه میزان نزدیکی (مثل فاصله به خط مستقیم و یا زمان سفر)

د- منطقه مورد مطالعه

تجزیه و تحلیل پیچیده‌تر نزدیکی ممکن است نیاز به محاسبه مقادیر مربوط به مقدار زیادی نقطه داشته باشد و همچنین ممکن است نیازمند انطباق لایه‌های مختلف باشد.

مدل تجزیه و تحلیل سطوح خدماتی با استفاده از عملیات همسایگی^{۱۱}

عملیات همسایگی مشخصات مناطقی که یک موقعیت خاص را در بر گرفته‌اند ارزیابی می‌نماید. مثلاً بررسی مناطق به شعاع پنج کیلومتر از یک ایستگاه آتش‌نشانی از عملیات همسایگی می‌باشد. هر نوع عملیات همسایگی حداقل نیاز به مشخصات سه پارامتر دارد.

۱- یک یا چند موقعیت به عنوان هدف

۲- مشخصاتی از همسایگی هریک از هدف‌ها

۳- تابعی که بر روی عناصر داخلی آن همسایگی عمل نماید.

^۹- Buffering

^{۱۰}- Proximity

^{۱۱}- Neighbourhood Operation

در این مثال هدف همان ایستگاه آتش‌نشانی است. همسایگی مشخص، مناطق در شعاع پنج کیلومتر هستند و تابع شمردن تعداد ساختمان‌های مسکونی داخل این محدوده می‌باشد. عملیات همسایگی به‌ویژه برای ارزیابی مشخصه یک منطقه محلی مفید می‌باشد (پورفرهاد، ۱۳۸۰).

مدل تخصیص^{۱۲}

تخصیص برنامه‌ای در محیط شبکه است که تحلیل‌های اختصاص منابع را انجام می‌دهد. این برنامه نزدیک‌ترین مرکز حداقل هزینه سفر را برای هر اتصال در شبکه پیدا می‌کند. برای نمونه تخصیص را می‌توان برای یافتن نزدیک‌ترین ایستگاه آتش‌نشانی به هر خیابان شهر مورد استفاده قرار داد. تخصیص این امکان را فراهم می‌سازد که مدلی برای چگونگی توزیع میان مراکز مختلف مانند ایستگاه‌های آتش‌نشانی و یا سایر مراکز خدماتی و خطوط اطراف آن‌ها که ممکن است خیابان‌ها، خطوط برق و غیره باشد به وجود آورد. هر مرکز دارای ظرفیتی برای منبعی خاص می‌باشد.

مدل‌سازی تخصیص مبتنی بر این فرض است که منطقه پیرامون یک مرکز به‌صورت شبکه‌ای از عوارض خطی می‌باشند. این عوارض موقعیت‌های مسیرهای حمل‌ونقل را شناسایی کرده و مشخص می‌سازند که این موقعیت‌ها چگونه به همدیگر مرتبط می‌شوند و این واقعیت را منعکس می‌سازند که حمل‌ونقل منابع بر روی مسیرهای از پیش تعیین‌شده صورت می‌گیرد. تخصیص منابع تا زمان رسیدن به حداکثر مقاومت به حرکت یا رسیدن به ظرفیت هر مرکز و به تجمعی از اتصال‌های اختصاص‌یافته به هر مرکز ادامه می‌یابد. برای مثال به متصور یافتن خیابان‌هایی که در فاصله زمانی پنج دقیقه از یک ایستگاه آتش‌نشانی می‌باشند می‌توان این مقدار حداکثر مقاومت به حرکت را به میزان پنج دقیقه برای شبکه تعریف کرد. وقتی که جریان منابع از مرکز دور می‌شود مانند پاسخ به امداد آتش‌نشانان، مقاومت به حرکت جهت‌دار دور شونده از مراکز به‌کاربرده می‌شود. به همین صورت وقتی که جریان به‌طرف مرکز منابع می‌باشد (کلارک و مایکل^{۱۳}، ۱۹۷۸).

مدل حداکثر پوشش^{۱۴}

یکی از مدل‌هایی که برای بررسی سطوح خدماتی ایستگاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد مدل حداکثر پوشش می‌باشد. هدف این مدل به حداکثر رساندن تعداد مشتریانی است که در یک‌فاصله موردنظر زندگی می‌کنند. از این مدل می‌توان برای بررسی پوشش‌دهی هر ایستگاه آتش‌نشانی نیز استفاده کرد. در این مدل دو عامل در نظر گرفته می‌شوند: ۱- عامل فاصله؛ ۲- تقاضا، تقاضای موردنظر همان جمعیت بلوک‌ها می‌باشد.

عوامل تأثیرگذار بر شعاع پوشش ایستگاه‌های آتش‌نشانی

تراکم مسکونی

منظور از تراکم خالص مسکونی^{۱۵} است. بدین ترتیب که هرچه میزان تراکم خالص مسکونی بیشتر شود، میزان صدمه‌پذیری بیشتر خواهد بود. پس لزوم دسترسی هرچه بیشتر و سریع‌تر به محل حریق و به‌تبع آن تعداد ایستگاه‌های آتش‌نشانی با میزان تراکم خالص مسکونی رابطه مستقیم دارد؛ یعنی هرچه تراکم بیشتر باشد تعداد ایستگاه‌های اطفای حریق بیشتر باشد؛ بنابراین تراکم‌های خالص مسکونی موجود در سطح شهر را می‌توان به‌صورت زیر طبقه‌بندی کرد:

¹²- Allocation

¹³- Clark, G.& Michel.W

¹⁴- Maxcover

^{۱۵}- از نسبت جمعیت ساکن در محدوده موردبررسی به مساحت اراضی مسکونی محدوده بررسی محاسبه می‌شود.

الف- تراکم زیاد (مهم) ۳۲۵ نفر و بیشتر در هکتار

ب- تراکم متوسط (بااهمیت متوسط) ۱۲۵ تا ۳۲۵ نفر در هکتار

ج- تراکم کم (کم‌اهمیت) صفر تا ۱۲۵ نفر در هکتار (ستاد هماهنگ امور ایمنی وزارت کشور، ۱۳۷۸).

تراکم مراکز تجاری

در اینجا مراکز عمده تجاری شهر مانند بازار و در بعضی از خیابان‌های شهر که چنین کاربری‌هایی دارند، موردنظرند. تجمع این‌گونه کاربری‌ها در یک منطقه با توجه به نوع کالای موجود در آن‌ها ممکن است در هنگام وقوع حریق موجب گسترش آتش گردد. بدین ترتیب هرچه تجمع این مراکز بیشتر باشد، لزوم نزدیکی و دسترسی سریع واحدهای آتش‌نشانی به آن بیشتر و به نسبت پراکنده بودن این مراکز یا واحدهای تجاری، فاصله ایستگاه‌های آتش‌نشانی را می‌توان بیشتر کرد.

بافت شهری (امکان و ضریب دسترسی، بافت و شبکه و دسترسی)

بافت و شبکه و دسترسی خیابان‌های موجود شهر از دیگر عوامل تعیین‌کننده شعاع پوشش واحدهای آتش‌نشانی می‌باشد. بدین معنی که وجود خیابان‌های با دسترسی سریع موجب افزایش سرعت خودروهای اطفای حریق و برعکس نبود آن‌ها در یک منطقه موجب کم شدن سرعت دسترسی این خودروها خواهد بود؛ بنابراین در یک منطقه از شهر افزایش یا کاهش سرعت دسترسی در ازدیاد یا کاهش فاصله ایستگاه‌ها تأثیر مستقیم دارد (ستاد هماهنگ امور ایمنی وزارت کشور، ۱۳۷۸).

بهبود فرآیند مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از منطق فازی

برای بهبود فرآیند مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از منطق فازی، می‌توان به پیشنهادات زیر توجه کرد:

۱. توسعه مدل‌های فازی چندمعیاره: طراحی و پیاده‌سازی مدل‌های فازی که بتوانند به‌طور همزمان چندین معیار را مورد ارزیابی قرار دهند. این مدل‌ها باید قادر به ترکیب داده‌های کیفی و کمی باشند تا تصمیم‌گیری بهتری را فراهم کنند.
۲. استفاده از داده‌های مکانی: بهره‌گیری از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای جمع‌آوری و تحلیل داده‌های مکانی. این داده‌ها می‌توانند شامل اطلاعات مربوط به تراکم جمعیت، نقاط پرخطر، و دسترسی به جاده‌ها باشند و به بهبود دقت مدل‌های فازی کمک کنند.
۳. تعیین وزن‌های فازی برای معیارها: استفاده از تکنیک‌های فازی برای تعیین وزن‌های مربوط به هر یک از معیارها. این کار می‌تواند به تصمیم‌گیران کمک کند تا اهمیت نسبی هر معیار را در فرآیند مکان‌گزینی بهتر درک کنند.
۴. مدل‌سازی سناریوهای مختلف: ایجاد سناریوهای مختلف با استفاده از منطق فازی برای شبیه‌سازی شرایط مختلف و ارزیابی تأثیرات آن‌ها بر مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی. این کار می‌تواند به تصمیم‌گیران کمک کند تا گزینه‌های بهینه را در شرایط مختلف شناسایی کنند.
۵. تجزیه و تحلیل حساسیت: انجام تجزیه و تحلیل حساسیت برای ارزیابی تأثیر تغییرات در ورودی‌های مدل بر نتایج نهایی. این کار می‌تواند به شناسایی نقاط قوت و ضعف مدل کمک کند و به بهبود دقت آن منجر شود.
۶. آموزش و توانمندسازی کارکنان: برگزاری دوره‌های آموزشی برای کارکنان و تصمیم‌گیران در زمینه استفاده از منطق فازی و ابزارهای مرتبط. این آموزش‌ها می‌توانند به افزایش آگاهی و توانمندی‌های آن‌ها در فرآیند مکان‌گزینی کمک کنند.

۷. **توسعه نرم افزارهای کاربردی:** طراحی و توسعه نرم افزارهای کاربردی مبتنی بر منطق فازی که بتوانند به طور خودکار فرآیند مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی را تسهیل کنند. این نرم افزارها می‌توانند به تصمیم‌گیران در تحلیل داده‌ها و انتخاب گزینه‌های بهینه کمک کنند.

۸. **مشارکت با جامعه محلی:** جلب نظرات و مشارکت جامعه محلی در فرآیند مکان‌گزینی. این کار می‌تواند به شناسایی نیازها و اولویت‌های واقعی شهروندان کمک کند و به بهبود خدمات آتش‌نشانی منجر شود. با اجرای این پیشنهادات، می‌توان فرآیند مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی را بهبود بخشید و به افزایش کارایی و اثربخشی خدمات آتش‌نشانی کمک کرد.

اهمیت رویکرد مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از منطق فازی در مدیریت بحران و ایمنی شهری

مدیریت بحران و ایمنی شهری از جمله چالش‌های اساسی در دنیای امروز به شمار می‌رود. با افزایش جمعیت و توسعه سریع شهرها، نیاز به زیرساخت‌های ایمنی و خدمات اضطراری به‌ویژه در زمینه آتش‌نشانی بیش از پیش احساس می‌شود. یکی از کلیدی‌ترین عوامل در این زمینه، مکان‌گزینی بهینه ایستگاه‌های آتش‌نشانی است. انتخاب مکان مناسب برای این ایستگاه‌ها می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر زمان پاسخگویی به حوادث و در نتیجه بر ایمنی عمومی داشته باشد. در این راستا، استفاده از منطق فازی به عنوان یک رویکرد نوین و مؤثر در تصمیم‌گیری و مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی، اهمیت ویژه‌ای دارد. یکی از ویژگی‌های بارز منطق فازی، توانایی آن در مدیریت عدم قطعیت و ابهام است. در فرآیند مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی، عوامل متعددی نظیر تراکم جمعیت، نوع ساخت‌وساز، دسترسی به جاده‌ها و مناطق پرخطر وجود دارند که هر یک می‌توانند به طور مستقیم بر انتخاب مکان تأثیر بگذارند. این عوامل معمولاً دارای داده‌های کیفی و کمی هستند که تحلیل آن‌ها به تنهایی می‌تواند چالش‌برانگیز باشد. منطق فازی با ارائه یک چارچوب تحلیلی که می‌تواند این داده‌ها را به طور همزمان در نظر بگیرد، به تصمیم‌گیران این امکان را می‌دهد که گزینه‌های بهینه را شناسایی کنند. استفاده از منطق فازی در مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی می‌تواند به بهبود زمان پاسخگویی به حوادث کمک کند. در مواقع اضطراری، هر ثانیه اهمیت دارد و انتخاب مکان مناسب برای ایستگاه‌های آتش‌نشانی می‌تواند فاصله زمانی بین وقوع حادثه و رسیدن نیروهای امدادی را کاهش دهد. با استفاده از مدل‌های فازی، می‌توان به طور دقیق‌تری نقاطی را شناسایی کرد که در آن‌ها نیاز به خدمات آتش‌نشانی بیشتر احساس می‌شود و در نتیجه، ایستگاه‌های آتش‌نشانی در مکان‌های استراتژیک‌تری قرار خواهند گرفت. علاوه بر این، رویکرد منطق فازی می‌تواند به بهینه‌سازی منابع و کاهش هزینه‌های عملیاتی نیز منجر شود. با انتخاب مکان‌های بهینه، می‌توان از هدررفت منابع جلوگیری کرد و به جای ایجاد ایستگاه‌های متعدد در مناطق کم‌خطر، بر روی تقویت و تجهیز ایستگاه‌های موجود در مناطق پرخطر تمرکز کرد. این امر نه تنها به بهبود کارایی خدمات آتش‌نشانی کمک می‌کند، بلکه می‌تواند به کاهش هزینه‌های مالی و انسانی نیز منجر شود. از سوی دیگر، رویکرد مکان‌گزینی با استفاده از منطق فازی می‌تواند به افزایش مشارکت جامعه محلی در فرآیند تصمیم‌گیری کمک کند. با توجه به اینکه ایستگاه‌های آتش‌نشانی به طور مستقیم با ایمنی و امنیت شهروندان در ارتباط هستند، جلب نظرات و مشارکت آن‌ها در انتخاب مکان‌های مناسب می‌تواند به بهبود کیفیت خدمات و افزایش رضایت عمومی منجر شود. این رویکرد می‌تواند به ایجاد اعتماد بیشتر بین شهروندان و نهادهای خدماتی کمک کند و در نهایت به بهبود روابط اجتماعی و همکاری‌های محلی منجر شود. در نهایت، اهمیت رویکرد مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از منطق فازی در مدیریت بحران و ایمنی شهری به وضوح قابل مشاهده است. این رویکرد نه تنها به بهبود زمان پاسخگویی و کارایی خدمات آتش‌نشانی کمک می‌کند، بلکه می‌تواند به بهینه‌سازی منابع،

کاهش هزینه‌ها و افزایش مشارکت جامعه محلی منجر شود. با توجه به چالش‌های روزافزون در زمینه مدیریت بحران و نیاز به خدمات ایمنی مؤثر، استفاده از منطق فازی به عنوان یک ابزار تحلیلی نوین و کارآمد، می‌تواند به عنوان یک راهکار اساسی در بهبود ایمنی شهری و مدیریت بحران مورد توجه قرار گیرد.

منابع و مآخذ

۱. اولسن، دیوید. ۱۳۸۷. روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیار، ترجمه: علی خاتمی فیروز آبادی، انتشارات مدیران امروز.
۲. پرهیزگار، اکبر. ۱۳۷۶. ارائه الگوی مناسب مکان‌گزینی مراکز خدمات شهری با تحقیق در مدل‌ها و GIS شهری، دانشگاه تربیت مدرس تهران.
۳. پرهیزگار، اکبر. ۱۳۸۳. ارائه مدل و ضوابط مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی، جلد سوم. مرکز پژوهش‌های شهری و روستایی معاونت پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس. تهران. سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور.
۴. پورطاهری، مهدی. ۱۳۹۱. کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری‌های چند شاخصه در جغرافیا، انتشارات سمت.
۵. پورفرهاد، الماس. ۱۳۸۰. کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و تحلیل شبکه در مکان‌یابی داروخانه‌ها پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
۶. ذاکر حقیقی، کیانوش. ۱۳۸۲. مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با GIS، پایان‌نامه کارشناسی ارشد شهرسازی، دانشکده هنرهای زیبا، دانشگاه تهران.
۷. سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور. ۱۳۸۳. ارائه‌ی مدل و ضوابط مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی، چاپ اول. تهران. وزارت کشور.
۸. ستاد هماهنگ امور ایمنی وزارت کشور. ۱۳۷۸. بررسی عامل حریق، آتش‌نشانی، جلد ۲، تهران، شهرداری تهران.
۹. صالحی، رحمان. ۱۳۸۱. ساماندهی فضایی مکان‌های آموزشی شهر زنجان به کمک GIS، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
۱۰. قدسی پور، حسن. ۱۳۸۵. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
۱۱. محمدی، جهانگرد. ۱۳۸۶. پدومتری، تهران، ۱۵ پلک.
۱۲. مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰-۱۳۳۵، نتایج تفصیلی سرشماری‌های عمومی نفوس و مسکن.
۱۳. مهرگان، محمدرضا. ۱۳۸۶. پژوهش عملیاتی پیشرفته، تهران؛ نشر کتاب دانشگاهی، چاپ سوم.
14. Bertolini M., Braglia M and G. Carmignani.2006. Application of the AHP methodology in making proposal for a public work contract, Int. J. Project Manage, pp 422-430.
15. Saaty, T. L. 1977. A Scaling method for priorities in hierarchical structures, journal of mathematical psychology 15, pp 234-281.
16. Smite, P and Niclson, G. (1996). Rishs management in the fire and emergency services enhanceing community safety. Melbourn Proccedings of the fire Australia conference.