مکان‌یابی احداث ایستگاه‌های آتش‌نشانی با ترکیب روشهای AHP و WASPAS فازی

محمدعلی بهشتی‌نیا[۱]، میلاد یادگیر بصیر[۲]

[۱] دانشیار، گروه صنایع مهندسی، دانشکده‌ی مهندسی مواد و صنایع، دانشگاه سمنان؛ beheshtinia@semnan.ac.ir

[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع، دانشکده‌ی مهندسی مواد و صنایع، دانشگاه سمنان

چکیده

انتخاب بهینه مکان مراکز آتش‌نشانی مؤلفهٔ مهمی در توانایی آنها برای حفاظت در مقابل حریق است. در این مطالعه از روش‌های فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و واسپاس فازی (F-WASPAS) به‌منظور حل مساله مکان‌یابی احداث ایستگاه‌های آتش‌نشانی استفاده شده است. ابتدا معیارهای موثر مکان‌یابی احداث ایستگاه‌های آتش‌نشانی شناسایی می شوند. سپس به منظور وزن‌دهی معیارها از روش AHP استفاده می شود. در ادامه چند نقطه کاندید در نظر گرفته شده و امتیاز آنها در هر معیار محاسبه می گردد. درنهایت با استفاده از تکنیک F-WASPAS مکانهای کلندید جهت احداث ایستگاه آتش‌نشانی رتبه بندی می شوند. نتایج نهایی نشان داد که معیارهای "جنبه ی ژئوتکنیکی"، "فاصله از ایستگاه های موجود" و "نزدیکی به مکان های پر حادثه" به ترتیب مهم‌ترین معیارها هستند. همچنین نتایج، اولویت مکانهای کاندید جهت احداث ایستگاه آتش‌نشانی را مشخص نمود.

واژه های کلیدی

مکان‌یابی، ایستگاه‌های آتش‌نشانی، تصمیم گیری چند معیاره، AHP، WASPAS

.

مقدمه

اگر به ایمنی شهر به صورت کامل و فراگیر توجه نشود، هزینه های سنگینی به دولت و شهروندان تحمیل می شود. یکی از مهم‌ترین خطرات آتش سوزی است که می‌تواند تهدید بزرگی برای انسان، محیط و طبیعت باشد. خدمات آتش نشانی و امداد و نجات از جمله مهم‌ترین خدمات عمومی ارائه شده توسط دولت ها برای محافظت از مردم، اموال و محیط از آتش سوزی و سایر موارد اضطراری است. مکانیابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی نقش مهمی در توانایی آنها برای اطفا حریق و خدمت دهی به شهروندان دارد.

تحقیق حاضر، به ارائه روشی جهت ارزیابی و رتبه‌بندی مکان‌های پیشنهادی برای احداث ایستگاه آتش‌نشانی می‌پردازد. ابتدا معیارهای موثر در مکان‌یابی احداث ایستگاه آتش‌نشانی شناسایی شده و امتیاز هر مکان کاندید در هر معیار تعیین می‌گردد. سپس یک رویکرد ترکیبی با تلفیق روش‌های روش‌های فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[1] [1] و واسپاس فازی (F-WASPAS)[2] [۲] جهت رتبه بندی مکان‌های کاندید ارائه می‌شود.

در ادامه این پژوهش، در بخش ۲ به مرور ادبیات پرداخته می‌شود. یافته های پژوهش در بخش ۳ و پیاده سازی مطالعه موردی در بخش ۴ تبیین می‌شود. خلاصه تحقیق و زمینه‌هایی برای تحقیقات آتی در بخش ۵ بیان می‌شود.

مرور ادبیات

در این قسمت ادبیات موضوع مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از تکنیکهای تصمیم گیری چندمعیاره[3] (MCDM) به طور مختصر مرور می شود.

حبیبی و همکاران[۳] مطالعه ای با استفاده از روش AHP و معیارهای دسترسی، پوشش ناحیه، اندازه طرح و جهت گسترش شهر برای انتخاب بهترین مکان احداث ایستگاه آتش‌نشانی در شهر تهران انجام دادند. اردن و همکاران [۴] با استفاده از روش AHP و معیارهای تراکم بالای جمعیت، نزدیکی به راه‌های اصلی، فاصله از ایستگاههای آتشنشانی موجود، فاصله از تاسیسات مواد خطرناک و تراکم ساختمان چوبی بهترین مکان احداث ایستگاه آتش‌نشانی برای شهر استانبول (ترکیه) را شناسایی کردند.

لای و همکاران [۵] از روش AHP و معیارهای تراکم جمعیت، تلفات ساختمان پس از آتش گرفتن و فاصله تا نزدیکترین ایستگاه آتش نشانی بهترین مکان ساخت ایستگاه آتش‌نشانی جدید در شهر پکن را شناسایی کردند. خان احمدی و همکاران [۶] از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و معیارهای تراکم جمعیت، دسترسی، همسایگی های

[1] Analytic hierarchy process

[2] Fuzzy Weighted Aggregated Sum Product Assessment

[3] Multiple-criteria decision-making

سازگار، همسایگی های ناسازگار و اندازه قطعه تفکیکی برای مکان‌یابی ایستگاه آتش‌نشانی جدید در منطقه۱ تهران استفاده کردند. چادهاری و همکاران [۷] از روش AHP و معیارهای فاصله از جاده‌ها، پوشش زمین، فاصله از رودخانه ها و تراکم جمعیت شهر برای انتخاب بهترین مکان ایجاد ایستگاه آتش‌نشانی جدید در شهر متروپولیتن کاتماندو، پایتخت نپال استفاده کردند.

دمیر و همکاران [۸] با کمک روش‌های AHP و TOPSIS و معیارهای تراکم جمعیت، تعداد آتش سوزی در سال های گذشته، فاصله تا سایر ایستگاه های آتش نشانی، نزدیکی به شریان های اصلی، دریافت خدمات در ۵ دقیقه، تعداد محله های بدون سرویس، مناطق غیر قابل خدمت رسانی، ساختار منطقه برای ایجاد ایستگاه آتش نشانی، هزینه زمین و ساخت و ساز بهترین مکان احداث ایستگاه آتش‌نشانی در شهر ساکاریا (ترکیه) را شناسایی کردند. نیمبلی و اردن [۹] استفاده از روش FAHP و معیارهای تراکم جمعیت بالا، نزدیکی به راه‌های اصلی، فاصله از ایستگاه‌های آتش‌نشانی موجود، تراکم تاسیسات مواد خطرناک، تراکم ساختمان‌های چوبی و فاصله از مناطق در معرض خطر زلزله بهترین منطقه ایستگاه آتش‌نشانی جدید در شهر استانبول، ترکیه را انتخاب کردند.

کراز و همکاران [۱۰] با کمک روش AHP و معیارهای تراکم جمعیت بالا، تراکم تاسیسات مواد خطرناک، فاصله تا ایستگاه آتش‌نشانی موجود و نزدیکی به راه‌ای اصلی بهترین مکان ایستگاه های جدید آتش‌نشانی در شهر کوئزون، فیلیپین را شناسایی کردند. وحیدنیا و همکاران [۱۱] در مطالعات خود از روش AHP-TOPSIS برای انتخاب بهترین مکان ساخت ایستگاه آتش‌نشانی در بندر امام‌خمینی استفاده کردند. آن‌ها از معیارهای نزدیک بودن به انبارهای خطرناک، نزدیکی به پمپ بنزین، نزدیکی به پایانه ها، نزدیکی به شیرآلات، نزدیکی به اسکله ها، نزدیکی به ساختمان های ثابت، دوری از ساختمان های ناسازگار، کم بودن پوشش و تراکم کم ساختمان استفاده کردند. بادی و همکاران [۱۲] از روش سازگاری کامل کوکوسو (FUCOM-COCOSO) بهترین مکان ایستگاه آتش‌نشانی برای شهر میسوراتا، لیبی را شناسایی کردند. آن‌ها از معیارهای تراکم جمعیت بالا، نزدیکی به راه‌های اصلی ، فاصله از ایستگاه های آتش نشانی موجود، فاصله از تاسیسات مواد خطرناک ساختمان های مسکونی و ساختمان های تجاری در پژوهش خود استفاده کردند.

روش تحقیق

این تحقیق مدلی ترکیبی از روش‌های AHP و F-WASPAS به منظور تعیین بهترین مکان احداث ایستگاه آتش‌نشانی در شهر سمنان ارائه می دهد.

این پژوهش به سوالات زیر پاسخ می‌دهد:

پرسش اصلی تحقیق: اولویت‌بندی مکان‌های احداث مرکز آتش‌نشانی با ترکیب روش‌های AHP و F-WASPAS به چه صورتی است؟

سوالات فرعی تحقیق:

چه معیارهایی برای ارزیابی مکان‌های احداث مرکز آتشنشانی باید در نظر گرفته شوند؟

اهمیت این معیارها به چه میزان است؟

مکانهای کاندید برای احداث ایستگاه آتشنشانی چه نقاطی هستند؟

امتیاز هریک از مکانهای کاندید در هر کدام از معیارها به چه صورت است؟

قلمرو مکانی پژوهش حاضر شهرسمنان می‌باشد. داده‌های اولیه این پژوهش شامل، پرسشنامه مقایسات زوجی برای محاسبه وزن معیارها در روش AHP و پرسش‌نامه ماتریس تصمیم به منظور تعیین امتیاز هر گزینه در هر معیار است. این پرسشنامه ها توسط ۱۲ خبره (شش استاد دانشگاه و شش مدیر ارشد مراکز آتش‌نشانی) پرشده است.

گام‌های تحقیق برای پاسخ به سوالات فوق به شرح زیر است:

گام اول: تعیین معیارهای موثر در ارزیابی و رتبه بندی مکان‌های احداث ایستگاه‌های آتش‌نشانی

گام دوم: تعیین وزن معیارها با استفاده از روش AHP: به این منظور ابتدا باید پرسشنامه ماتریس مقایسات زوجی تکمیل شود. گامهای روش AHP و گزینه های هر پرسش و معادل عددی آنها از تحقیق بهشتی نیا و ابوذر نعمتی [۱۳] استخراج شده است.

گام سوم: تعین گزینه ها: به این منظور چند نقطه کاندید در سطح شهر سمنان به عنوان نقاط کاندید جهت احداث ایستگاه آتش نشانی تعیین می گردد.

گام چهارم: تعیین امتیاز گزینه‌ها در معیارها: به این منظور از پرسشنامه ماتریس تصمیم فازی استفاده شده است. گزینه های هر پرسش و معادل عددی انها از تحقیق سدادی و بهشتی نیا [۱۴] استخراج شده است.

گام پنجم: رتبه بندی مکان‌های احداث ایستگاه آتش‌نشانی با استفاده از روش WASPAS فازی

در این پژوهش از F-WASPAS [۲] برای مکان یابی ایستگاه جدید آتش‌نشانی استفاده می‌کنیم. گامهای این روش به صورت زیر است:

گام ۱- دریافت ماتریس تصمیم فازی و وزن هر یک از معیارها به عنوان وردی: در زیر یک ماتریس تصمیم فازی نشان داده شده است. مقادیر x_{ij} ، امتیاز گزینه i ام در معیار j ام ، w_j وزن معیار jام، nتعداد معیار ها و m تعداد گزینه ها می‌باشد.

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \cdots & \tilde{x}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \cdots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad ; i = 1..m, j = 1..n \qquad (۱)$$

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$$

گام ۲- ماتریس تصمیم را از رابطه زیر نرمالایز کنید.

اگر معیار j ام از جنس سود است:

$$\tilde{x}_{ij}^n = \frac{\tilde{x}_{ij}}{\max_i \tilde{x}_{ij}} \qquad (۲)$$

اگر معیار j ام از جنس هزینه است:

$$\tilde{x}_{ij}^n = \frac{\min_i \tilde{x}_{ij}}{\tilde{x}_{ij}} \qquad (۳)$$

گام ۳- محاسبه مدل جمع وزنی (WSM) برای هر گزینه i

$$\widetilde{WSM}_i = \sum_{j=1}^{n} w_j \times \tilde{x}_{ij}^n \quad , i = 1..m \qquad (۴)$$

گام ۴- محاسبه مدل ضرب وزنی (WPM) برای هر گزینه i

$$\widetilde{WPM}_i = \prod_{j=1}^{n} (\tilde{x}_{ij}^n)^{w_j} \, , i = 1..m \qquad (۵)$$

گام ۵- غیر فازی نمودن مقادیر WSM و WPM: اگر $\widetilde{WSM}_i = (Q_{i\alpha}, Q_{i\beta}, Q_{i\gamma})$ و $\widetilde{WPM}_i = (P_{i\alpha}, P_{i\beta}, P_{i\gamma})$، آنگاه غیر فازی نمودن با استفاده از روابط زیر انجام می شود.

$$WSM_i = \frac{1}{3}(Q_{i\alpha} + Q_{i\beta} + Q_{i\gamma})$$
$$WPM_i = \frac{1}{3}(P_{i\alpha} + P_{i\beta} + P_{i\gamma}) \qquad (۶)$$

گام ۶- محاسبه شاخص WASPAS برای هر گزینه i با استفاده از رابطه زیر:

$$K_i = \lambda \sum_{j=1}^{m} WSM_i + (1-\lambda) \sum_{j=1}^{m} WPM_i \dots\dots 0 \leq \lambda \leq 1 \qquad (۷)$$

λ اهمیت نسبی مدل جمع وزنی را نسبت به مدل ضرب وزنی تعیین می کند که در پژوهش حاضر برابر ۰/۵ در نظر گرفته شده است.

گام ۷-گزینه ترجیحی برتر یک گزینه اصلی با حداکثر مقدار K_i می‌باشد.

نتایج

نتایج حاصل از پیاده سازی گام های تحقیق در یک مطالعه موردی واقعی در شهر سمنان در این بخش ارائه می‌گردد.

گام اول: ابتدا به شناسایی معیار های موثر و مکان های مناسب برای مکان‌یابی آتش‌نشانی با استفاده از ادبیات موضوع و نظرات خبرگان (شش استاد دانشگاه و شش مدیر ارشد مراکز آتش‌نشانی) می‌پردازیم. لیستی از معیارهای شناسایی شده در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱-خلاصه معیارها و وزن آنها

ردیف	معیار نهایی	نوع معیار (سود یا هزینه)	وزن معیار
۱	جنبه ی ژئوتکنیکی	سود	۰.۱۸۳۶
۲	شعاع عملکرد مفید	سود	۰.۰۶۶۶
۳	دسترسی راحت	سود	۰.۰۴۵۷
۴	نزدیکی به خیابان اصلی	سود	۰.۰۱۷۸
۵	همجواری و کاربردی	سود	۰.۰۷۷۷
۶	نزدیکی به جهت توسعه شهر	سود	۰.۰۷۹۱
۷	جمعیت	سود	۰.۰۹۵
۸	فاصله از ایستگاه های موجود	سود	۰.۱۷۷۹
۹	نزدیکی به مکان های پر حادثه	سود	۰.۱۳۰۶
۱۰	قابلیت اطمینان	سود	۰.۰۸۹۸
۱۱	هزینه ساخت	هزینه	۰.۰۲۷
۱۲	قیمت زمین	هزینه	۰.۰۰۹۳

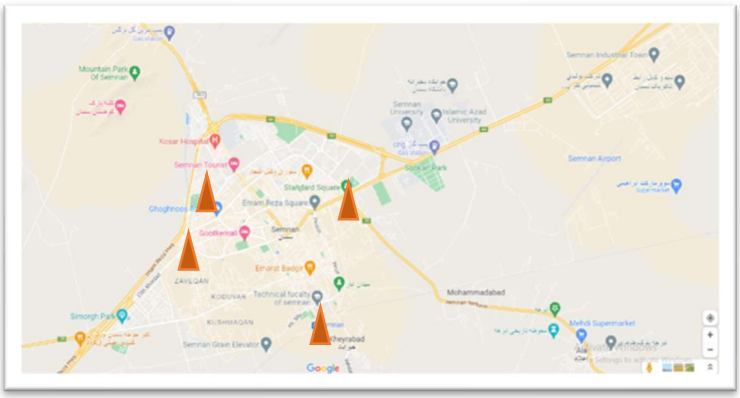
گام دوم: با استفاده از پرسشنامه اول و روش AHP، وزن هر یک از معیارها محاسبه شده که در جدول ۱ نشان داده شده است.

گام سوم: شناسایی ۴ مکان (گزینه‌ها) احتمالی ساخت ایستگاه آتش-نشانی که توسط خبرگان پیشنهاد شده است. این نقاط عبارتند از: ،محدوده میدان امام حسین (L1)، محدوده میدان امام رضا (L2)،

محدوده بلوار شریف واقفی (L3) و محدوده میدان شقایق (L4). این مکانهای کاندید در شکل ۱ نشان داده شده است.

گام چهارم: نتایج پرسشنامه ماتریس تصمیم که شامل امتیاز هر گزینه در هر معیار می باشد در جدول ۲ نشان داده شده است.

گام پنجم: باتوجه به معیارها و ماتریس تصمیم فازی مقادیر شاخص WPS، WPM و WASPAS و رتبه بندی معیارها براساس آنها در جدول۳ نشان داده شده است.



شکل۱-موقعیت گزینه‌ها

جدول ۲- ماتریس تصمیم فازی

گزینه/ معیار	L_1	L_2	L_3	L_4
جنبه ی ژئوتکنیکی	(۱.۰۸,۲.۱۳,۳.۱۷)	(۲.۵,۳.۸۸,۵.۲۵)	(۱.۱۷,۲.۲۵,۳.۳۳)	(۴.۲۵,۵.۳۸,۶.۵)
شعاع عملکرد مفید	(۱,۲,۳)	(۶,۷.۳۳,۸.۶۷)	(۱.۳۳,۲.۵,۳.۶۷)	(۴.۱۷,۵.۲۵,۶.۳۳)
دسترسی راحت	(۱.۳۳,۲.۵,۳.۶۷)	(۵.۷۵,۷.۱۳,۸.۵)	(۴.۱۷,۵.۲۵,۶.۳۳)	(۲.۳۳,۳.۷۵,۵.۱۷)
نزدیکی به خیابان اصلی	(۴.۲۵,۵.۳۸,۶.۵)	(۵.۲۵,۶.۷۱,۸.۱۷)	(۱,۲,۳)	(۱.۲۵,۲.۳۸,۳.۵)
همجواری و کاربردی	(۱.۲۵,۲.۳۸,۳.۵)	(۲.۱۷,۳.۶۳,۵.۰۸)	(۴.۳۳,۵.۵,۶.۶۷)	(۲.۶۷,۴,۵.۳۳)
نزدیکی به جهت توسعه شهر	(۱.۲۵,۲.۳۸,۳.۵)	(۴.۵,۵.۷۵,۷)	(۱,۲,۳)	(۲.۳۳,۳.۷۵,۵.۱۷)
جمعیت	(۱,۲,۳)	(۴.۲۵,۵.۳۸,۶.۵)	(۱.۱۷,۲.۲۵,۳.۳۳)	(۲.۳۳,۳.۷۵,۵.۱۷)
فاصله از ایستگاه های موجود	(۱.۲۵,۲.۳۸,۳.۵)	(۲.۱۷,۳.۶۳,۵.۰۸)	(۱,۲,۳)	(۶,۷.۳۳,۸.۶۷)
نزدیکی به مکان های پر حادثه	(۴.۳۳,۵.۵,۶.۶۷)	(۴.۲۵,۵.۳۸,۶.۵)	(۱.۴۲,۲.۶۳,۳.۸۳)	(۵.۵,۶.۹۲,۸.۳۳)
قابلیت اطمینان	(۲.۵,۳.۸۸,۵.۲۵)	(۴.۳۳,۵.۵,۶.۶۷)	(۱.۲۵,۲.۳۸,۳.۵)	(۱,۲,۳)
هزینه ساخت	(۳.۱۷,۴.۳۸,۵.۵۸)	(۴.۶۷,۶,۷.۳۳)	(۳.۵,۴.۶۳,۵.۷۵)	(۴.۹۲,۶.۳۸,۷.۸۳)
قیمت زمین	(۴.۹۲,۶.۳۸,۷.۸۳)	(۸,۹,۱۰)	(۱.۹۲,۳.۳۸,۴.۸۳)	(۶.۵,۷.۷۵,۹)

جدول ۳- مقادیر شاخصهای WSM، WPM و WASPAS

WASPAS			WPM			WSM		
رتبه	مقدار دفازی	مقدار فازی	رتبه	مقدار دفازی	مقدار فازی	رتبه	مقدار دفازی	مقدار فازی
۳	۰.۴۸۳	(۰.۲۲۷,۰.۴۶۳,۰.۸۱۹)	۳	۰.۴۶۶	(۰.۲۱,۰.۴۴۷,۰.۷۹۹)	۳	۰.۵	(۰.۲۴۳,۰.۴۷۹,۰.۸۴)
۲	۰.۸۰۳	(۰.۴۶۵,۰.۷۷۷,۱.۲۴۵)	۱	۰.۷۹	(۰.۴۵,۰.۷۶۵,۱.۲۳۱)	۲	۰.۸۱۷	(۰.۴۸,۰.۷۹,۱.۲۵۹)
۴	۰.۴۵۷	(۰.۲۰۸,۰.۴۳۸,۰.۷۸۶)	۴	۰.۴۳۹	(۰.۱۹۲,۰.۴۲,۰.۷۶۱)	۴	۰.۴۷۶	(۰.۲۲۵,۰.۴۵۵,۰.۸۱۱)
۱	۰.۸۰۶	(۰.۴۷۱,۰.۷۸۱,۱.۲۴۲)	۲	۰.۷۸۷	(۰.۴۴۸,۰.۷۶۲,۱.۲۲۴)	۱	۰.۸۲۶	(۰.۴۹۵,۰.۸,۱.۲۶)

.

نتیجه گیری

این پژوهش روشی جهت ارزیابی و رتبه بندی مکان‌های بالقوه احداث ایستگاه آتش‌نشانی ارائه داد. ابتدا معیارهای موثر در ارزیابی و رتبه بندی مکان‌های بالقوه احداث ایستگاه آتش‌نشانی شناسایی شد و امتیاز هر گزینه در هر معیار تعیین گردید. سپس یک رویکرد ترکیبی با تلفیق روشهای تحلیل سلسله مراتبی و واسپاس جهت رتبه بندی تامین کنندگان ارایه شد. نتایج نشان داد که مهمترین معیارها به ترتیب جنبه ی ژئوتکنیکی، فاصله از ایستگاه های موجود و نزدیکی به مکان های پر حادثه می‌باشند. همچنین نتایج اولویت بندی مکانهای کاندید جهت ساخت ایستگاههای آتش نشانی را مشخص نمود. ارائه سایر روشهای تصمیم گیری چندمعیاره برای مساله مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی می تواند به عنوان زمینه ای برای تحقیقات آتی در نظر گرفته شود. همچنین شناسایی معیارهای جدیدتر برای مکان‌یابی ایستگاه آتش‌نشانی می تواند به عنوان زمینه ای دیگر برای تحقیقات آتی در نظر گرفته شود.

منابع

[۱] Beheshtinia, M.A. and S. Omidi, *A hybrid MCDM approach for performance evaluation in the banking industry.* Kybernetes, 2017. **46**(8): p. 1386-1407.

[۲] Turskis, Z., et al., *A hybrid model based on fuzzy AHP and fuzzy WASPAS for construction site selection.* International Journal of Computers communications & control, 2015. **10**(6): p. 113-128.

[۳] Habibi, K., S. Lotfi, and M.J. Koohsari, *Spatial analysis of urban fire station locations by integrating AHP model and IO logic using GIS (a case study of zone 6 of Tehran).* Journal of Applied Sciences, 2008. **8**(19): p. 3302-3315.

[۴] Erden, T. and M. Coşkun, *Multi-criteria site selection for fire services: the interaction with analytic hierarchy process and geographic information systems.* Natural Hazards and Earth System Sciences, 2010. **10**(10): p. 2127-2134.

[۵] Lai, W., et al., *Study and implementation of fire sites planning based on GIS and AHP.* procedia engineering, 2011. **11**: p. 486-495.

[۶] Khanahmadi, M., et al., *Locate fire stations Using Fuzzy Logic and AHP integration in GIS environment (Case Study: District 1 District 10 of Tehran).* Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR), 2014. **23**(89): p. 88-98.

[۷] Chaudhary, P., et al., *Application of an Analytic Hierarchy Process (AHP) in the GIS interface for suitable fire site selection: A case study from Kathmandu Metropolitan City, Nepal.* Socio-economic planning sciences, 2016. **53**: p. 60-71.

[۸] Demir, H.I., et al. *Determination of new proper fire station location using TOPSIS and AHP techniques: a case study from Turkey*. in *10th International Symposium on Intelligent Manufacturing and Service Systems, Sakarya, Turkey*. 2019.

[۹] Nyimbili, P.H. and T. Erden, *GIS-based fuzzy multi-criteria approach for optimal site selection of fire stations in Istanbul, Turkey.* Socio-Economic Planning Sciences, 2020. **71**: p. 100860.

[۱۰] Cruz, C., T.R. Ong, and M.H. Peralta, *Service area determination of fire stations in an urban setting through a GIS-based multi-criteria analysis: the case of Quezon City, Philippines.* 2022.

[۱۱] Vahidnia, M.H., et al., *A Spatial Decision Support System Based on a Hybrid AHP and TOPSIS Method for Fire Station Site Selection.* Journal of Geovisualization and Spatial Analysis, 2022. **6**(2): p. 30.

[۱۲] Badi, I., M. Jibril, and M. Bakır, *A composite approach for site optimization of fire stations.* J. Intell. Manag. Decis, 2022. **1**(1): p. 28-35.

[۱۳] Beheshtinia, M. and V. Nemati-Abozar, *A Novel Hybrid Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making Model for Supplier Selection Problem (A Case*

Study in Advertising industry). Journal of Industrial and Systems Engineering, 2017. **9**(4): p. 65-79.

[۱۴] Sedady, F. and M.A. Beheshtinia, *A novel MCDM model for prioritizing the renewable power plants' construction.* Management of Environmental Quality: An International Journal, 2019. **30**(2): p. 383-399.