



## مکان یابی ایستگاههای آتش نشانی با استفاده از GIS (مطالعه موردی: منطقه ۱۷ شهر تهران)

مهتاب محمودی<sup>۱</sup>، موسی فلاح خورسند<sup>\*۲</sup>

۱- کارشناس ارشد برنامه ریزی شهری دانشگاه تهران

۲- کارشناسی ارشد مهندسی برق، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور

\*afshin.khorsand@gmail.com

ارسال: فروردین ماه ۹۶ پذیرش: تیر ماه ۹۶

### چکیده

برای کاهش آسیب پذیری شهر از بلایای طبیعی و انسان ساخت (زلزله، آتش سوزی و...) وارد کردن هدف ایمنی شهر، در کلیه سطوح برنامه ریزی و مدیریت شهری لازم می باشد. در جهت نیل به چنین هدفی بایستی مطالعات لازم صورت گیرد، تحقیق حاضر به منظور بررسی وضعیت استقرار ایستگاههای آتش نشانی پوشش دهنده منطقه ۱۷ شهر تهران و پیش بینی ایستگاههای جدید، با توجه به موقعیت و نیاز منطقه صورت پذیرفت. پس از تشکیل لایه های مورد نظر با توجه به معیارهای مکان یابی (شعاع پوششی، تراکم جمعیت، سهولت اجرای طرح، وسعت سایت)، از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به منظور مکان یابی استفاده گردید، مکانیابی با استفاده از منطق دو وجهی (بولین) صورت گرفت. در ادامه به منظور ارزیابی گزینه های معرفی شده توسط GIS، از مدل تحلیل سلسله مراتبی استفاده گردید که با توجه به شاخص های مورد استفاده در تحقیق به ارزیابی و اولویت بندی گزینه ها پرداخته شد. معیارهای مورد استفاده در تحقیق شامل شعاع پوششی، تراکم جمعیت، شبکه ترافیک، کاربری اراضی، کیفیت ساختمان کاربریها بوده است، در نهایت نیز بهترین مکان به منظور استقرار ایستگاه جدید آتش نشانی در منطقه ۱۷ شهر تهران انتخاب گردید.

کلمات کلیدی: مدل تحلیل سلسله مراتبی، مکان یابی، ایستگاه آتش نشانی، سیستم های اطلاعات جغرافیایی، مدل سازی فضایی.

### ۱. مقدمه

بسیاری از کشورها با بهره گیری از آخرین تحولات علمی و تکنولوژیکی در زمینه مسائل خطر آفرین و مفاهیم ایمنی خود را به پیشرفته ترین وسایل و سطح مناسبی از دانش ایمنی مجهز نموده اند. در کشور ما نیز تقریباً تمام شهرهای کوچک و بزرگ، تحت پوشش خدمات ایمنی و آتش نشانی شهرداریها قرار دارند و بر اساس بند ۱۴ ماده ۵۵ قانون شهرداری سازمان آتش نشانی موظف به ارائه خدمات ایمنی و آتش نشانی به شهروندان در محدوده قانونی شهرها می باشد. منطقه مورد مطالعه در این تحقیق منطقه ۱۷ شهرداری تهران است. این منطقه دارای ۲ ایستگاه آتش نشانی از نوع اصلی با شماره ۲۸ و ۶۵ بوده و از اطراف نیز ایستگاههای مناطق پیرامون تا حدی پوشش دارند، ولی کل سطح منطقه را پوشش نمی دهند و قسمت شمالی منطقه، فاقد پوشش می باشد. هدف از این تحقیق بهبود بخشی وضعیت سرویس دهی ایستگاههای منطقه است.

در ادامه به برخی مطالعات انجام شده در زمینه مکانیابی ایستگاههای آتش نشانی اشاره می گردد. در سال ۱۹۹۹ شرکت تری دیتاآرلینگتن ویرجینیا، مکانیابی بهینه ایستگاههای آتش نشانی دو شهرویچیتا و کانزاس را انجام داد [۱] و در سال ۲۰۰۳ در هوستون، فعالیت های اضطراری و طرحهای حفاظتی آتش نشانی در جهت آگاهی شهروندان و آموزش و راهنمایی آتش نشانان و عموم صورت گرفت [۲]. مطالعات انجام شده در داخل کشور شامل: اکبر پرهیزگار با عنوان «ارائه الگوی مناسب مکان گزینی خدمات شهری با تحقیق در مدلها و GIS شهری» در سال ۱۳۷۶ به مکانیابی ایستگاههای آتش نشانی شهر تبریز پرداخته است [۳].

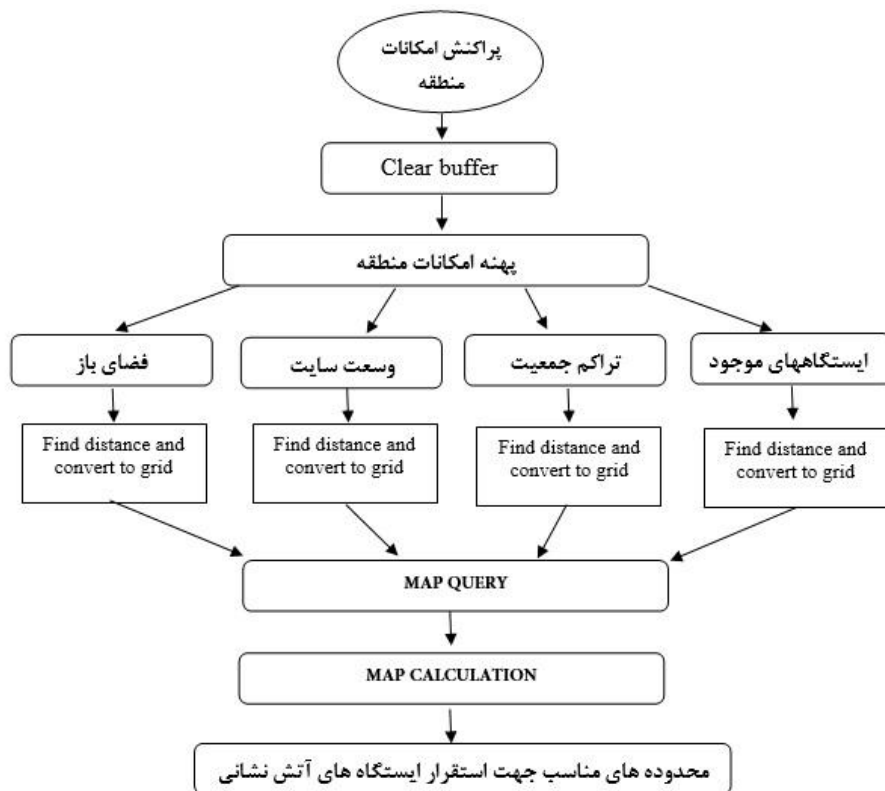
مکانیابی ایستگاههای آتش نشانی منطقه ۶ تهران با استفاده از GIS توسط کیانوش افوشته انجام شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که با توجه به نقشه های کاربری اراضی و بررسی های به عمل آمده از نحوه توزیع ایستگاههای آتش نشانی موجود در منطقه ۶ شهر تهران و نیز تعیین شعاع عملکردی استاندارد آنها به با کارگیری روش تحلیل شبکه، بخش زیادی از این منطقه با وجود تراکم جمعیتی بالا و داشتن کاربری های حساس مانند کاربری صنعتی، تجاری و غیره، خارج از محدوده عملیاتی ایستگاههای موجود بوده که دلیل آن کمبود تعداد ایستگاههای آتش نشانی به اندازه کافی برای پوشش دادن کل فضای منطقه مورد مطالعه بود و در نتیجه این وضعیت نیاز به مکانیابی و استقرار ۲ ایستگاه جدید داشت. همچنین نتایج حاصل از این تحقیق با استفاده از نقشه های متنوع و به کارگیری آنها به صورت لایه های اطلاعاتی قابل استفاده در محیط GIS جهت عملیات AHP و مدل MCDM تلفیق آن با روشهای تحلیلی مکانیابی، از یکسو به قابلیت های فراوان سیستمهای اطلاعات جغرافیایی در زمینه حل مشکلات مکانی اشاره داشت و از سوی دیگر، مکانیابی محل مناسب استقرار ایستگاههای آتشنشانی با در نظر داشتن جنبه های مختلف آن در کوتاهترین زمان، تحلیلهای کاربردی فراوانی را در اختیار مدیران شهری قرار می داد [۴]. مکانیابی ایستگاههای آتش نشانی با استفاده از روش تحلیل شبکه و مدل AHP در محیط GIS مطالعه موردی: شهر قم، در این مقاله با روش توصیفی - تحلیلی و با بهره گیری از روش تحلیل شبکه در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، توزیع فضایی، مکان استقرار و شعاع عملکرد ایستگاههای آتش نشانی موجود شهر قم مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت و. نتایج نشان داد که الگوی پراکنش ایستگاههای آتش نشانی شهر قم در وضع موجود از الگوی مناسبی برخوردار نبوده و فاصله زمانی رسیدن خودروهای آتش نشانی به آخرین نقطه منطقه تحت پوشش خود بیش از ۵ دقیقه است که با مدت زمان استاندارد، ۲ دقیقه اختلاف داشته و عملاً یک سوم شهر به این کاربری دسترسی مناسب نداشت. بنابراین با به کارگیری مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و تلفیق آن با قابلیت های GIS، برای مناطق خارج از شعاع عملکردی ایستگاههای موجود، ۵ ایستگاه جدید مکانیابی و پیشنهاد گردید تا کل فضای شهر، بر اساس استاندارد ۳ دقیقه ای رسیدن خودروهای آتش نشانی به محل حریق، تحت پوشش ایستگاههای آتش نشانی موجود و پیشنهادی قرار گیرد [۵].

محدوده مورد مطالعه در این پژوهش منطقه ۱۷ شهرداری تهران می باشد که در جنوب غربی تهران و در مجاورت منطقه ۱۰ از شمال، منطقه ۱۹ از جنوب، مناطق ۱۱ و ۱۶ از شرق و مناطق ۹ و ۱۸ از شمال غرب و غرب واقع گردیده است. در نقشه شماره (۱) موقعیت مکانی منطقه ۱۷ نشان داده شده است. مساحت تقریبی این منطقه حدود ۷۹۴/۳ هکتار (معادل ۷/۹۴ کیلومتر مربع) و جمعیت آن بالغ بر ۲۵۵۰۰۰ نفر بوده است [۶]. محدوده زمانی این پژوهش طی دوره سالهای ۸۵-۱۳۸۴ بوده است.

## ۲. روش تحقیق

تکنیکی که در این پژوهش جهت ارزیابی اطلاعات مورد استفاده قرار می گیرد، مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) است. فرایند تحلیل سلسله مراتبی با شناسایی و اولویت بندی عناصر تصمیم گیری شروع می شود. این عناصر شامل: اهداف، معیارها یا مشخصه ها، زیر معیارها و گزینه های احتمالی می شود که در الویت بندی به کار گرفته می شوند. فرایند شناسایی عناصر و ارتباط بین آنها که منجر به ایجاد یک ساختار سلسله مراتبی می شود، «ساختن سلسله مراتب» نامیده می شود [۷].

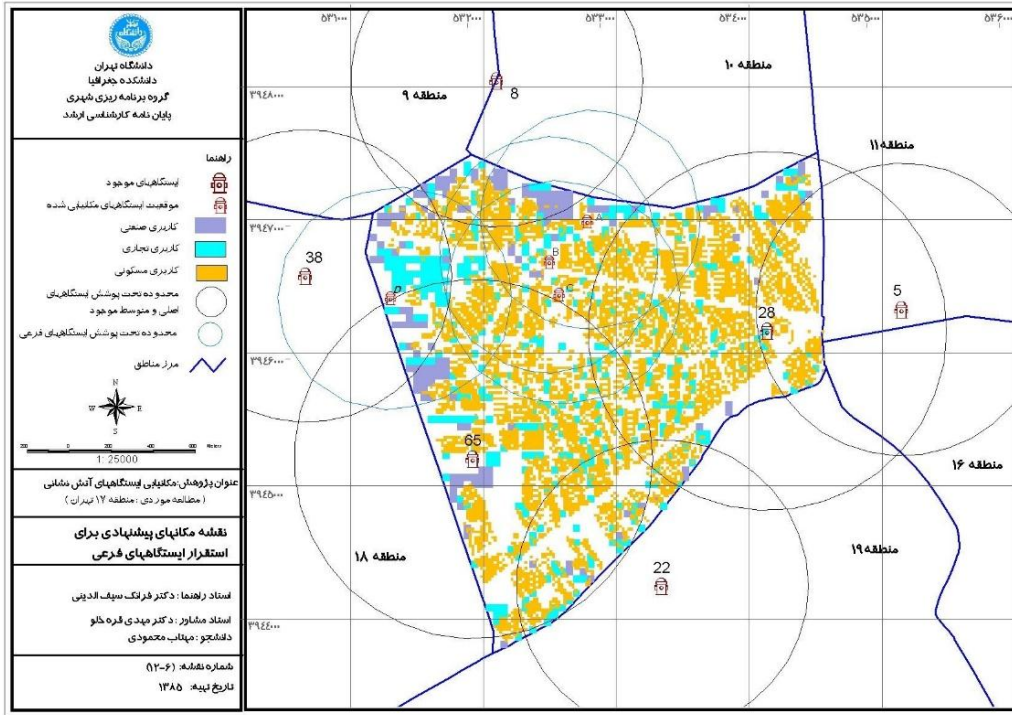
سلسله مراتبی بودن ساختار به این دلیل است که عناصر تصمیم گیری (گزینه ها و معیارهای تصمیم گیری) را می توان در سطوح مختلف خلاصه کرد. ذکر این نکته لازم است که فرایند تحلیل سلسله مراتبی بر اساس چهار اصل « شرط معکوسی، همگنی، وابستگی و انتظارات» بنیان گذاری شده است و رعایت این اصول در به کار گیری این روش الزامی است. شرط معکوسی بیان می کند که در مقایسه دودویی عناصر اگر اهمیت  $i$  نسبت به  $j$  برابر  $n$  باشد، اهمیت عنصر  $j$  به  $i$  برابر  $1/n$  خواهد بود؛ اصل همگنی یعنی عناصر  $i$  و  $j$  باید با هم همگن و قابل مقایسه باشند و به عبارت دیگر، اهمیت  $i$  نسبت به  $j$  نمی تواند بی نهایت یا صفر باشد؛ اصل وابستگی یعنی هر عنصر سلسله مراتبی به عنصر سطح بالایی خود وابسته است و این وابستگی به صورت خطی است؛ اصل انتظارات یعنی هر گاه تغییری در ساختار سلسله مراتبی رخ دهد، فرایند ارزیابی باید مجدداً انجام شود [۸]. بنابراین اولین قدم در فرایند تحلیل سلسله مراتبی، ایجاد یک ساختار سلسله مراتبی از موضوع مورد بررسی است که در آن اهداف، معیارها، زیر معیارها و گزینه ها و ارتباط بین آنها را نشان می دهد. چهار مرحله بعدی در فرایند تحلیل سلسله مراتبی محاسبه وزن (ضریب اهمیت) معیارها و (زیر معیارها در صورت وجود)، محاسبه وزن (ضریب اهمیت) گزینه ها، محاسبه امتیاز نهایی گزینه ها و مرحله آخر بررسی سازگاری منطقی قضاوت ها را شامل می شود.



شکل ۱- مدل مکان یابی مورد استفاده در تحقیق

### ۳. اطلاعات منطقه و مدل

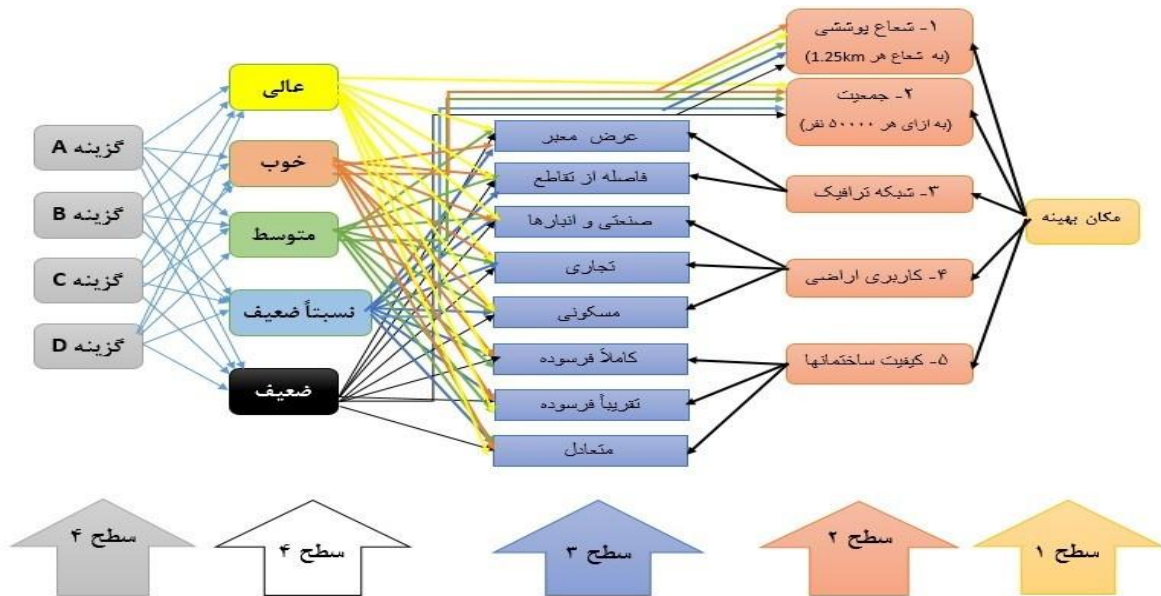
همانطور که مشاهده می کنید چهار معیار شعاع پوششی ایستگاههای موجود، تراکم جمعیت، وسعت سایت و فضای باز به محیط GIS وارد شد (شکل ۱)، و با توجه به تعاریف مربوط به هر کدام نقشه فاصله و حریم تعریف شده و در نهایت نقشه های تولید شده با هم ادغام شدند و سایت های پیشنهادی GIS که شامل سه سایت A, B, C است. همچنین در مرحله ارزیابی سایت مورد انتخاب شهرداری تهران نیز با نام D مورد بررسی واقع خواهد شد.



شکل ۲- سایت های پیشنهادی برای استقرار ایستگاه های آتش نشانی

موقعیت هر یک از سایت ها به قرار زیر است :

- سایت A: خیابان امین الملک، بعد از تقاطع میمان نوازان (نوع کاربری: بایر و ساخته نشده)، وسعت سایت: ۳۳۲۲ متر مربع
- سایت B: خیابان امین الملک، بعد از تقاطع خیابان سجاد (نوع کاربری: بایر و ساخته نشده)، وسعت سایت: ۵۳۷۷ متر مربع
- سایت C: موقعیت در تقاطع خیابانهای قفیلی و گودرزی (نوع کاربری: فضای سبز)، وسعت سایت: ۷۰۳۰ متر مربع
- سایت D: خیابان یافت آباد، جنب کدیور کوچه آزادی، (نوع کاربری: تجهیزات شهری) وسعت سایت: ۵۸۹۴ متر مربع



شکل ۳- فرآیند ساختن سلسله مراتبی مکان یابی ایستگاه های آتش نشانی

سلسله مراتب مورد نظر در این ارزیابی شامل ۵ سطح می باشد (شکل ۳) که عبارتند از :

سطح ۱- هدف کلی سلسله مراتب در بالاترین سطح قرار گرفته است. که در اینجا هدف اصلی یافتن بهترین مکان برای استقرار ایستگاه آتش نشانی می باشد.

سطح ۲- در این سطح معیارهایی که برای انتخاب مکان های ایستگاههای آتش نشانی مورد نظر می باشند تعیین می شوند. معیار های مورد نظر در این تحقیق شامل: شعاع پوششی (سایت های جدید) تراکم جمعیت، شبکه ترافیک، کاربری اراضی، کیفیت ساختمان کاربریها می باشد.

سطح ۳- در این سطح معیارهای سطح (۲) به معیارهای جزئی تری تقسیم شده اند تا امکان مدلسازی فضایی و یافتن مکانهای مناسب ایجاد شود که شامل:

عرض معابر، فاصله از تقاطع ها، کاربری های حائز اهمیت در استقرار ایستگاههای آتش نشانی شامل صنعتی، تجاری، مسکونی است و معیار بافت به سه زیر معیار: بافت کاملاً فرسوده، بافت تقریباً فرسوده و بافت متعادل تقسیم بندی شده است.

سطح ۴- با توجه به معیارهای سطح (۳) و ماهیت آنها، مقایسه این معیارها به صورت زوج مشکل می باشد. در این حالت برای کاهش تعداد سطوح و عناصر و معیارها از نوعی مقیاس بندی استفاده می شود، تا ضمن در نظر گرفتن زیر معیارها از پیچیدگی آنها کاسته شود: بنابراین از مقیاس ۹ کمی ال ساعتی استفاده خواهد شد. در اینجا با توجه به ماهیت داده های موجود از ۵ کلاس استفاده خواهد شد.

سطح ۵- پایین ترین سطح سلسله مراتب مکانی، گزینه های مورد نظر A, B, C, D می باشند. توجه به این موضوع حائز اهمیت است که ساختار سلسله مراتبی، مهمترین قسمت فرایند تحلیل سلسله مراتبی است، زیرا در این قسمت با تجزیه مسائل مشکل و پیچیده، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، آنها را به شکلی ساده که با ذهن و طبیعت بشری مطابقت دارد، تبدیل می کند.

#### ۴. یافته ها

برای تعیین ضرایب اهمیت (وزن) معیارها و زیر معیارها، دو به دو آنها با هم مقایسه می شوند و مبنای این امر جدول ۹ کمی ال ساعتی (جدول شماره ۱) می باشد. به عنوان مثال معیار شعاع پوششی نسبت به تراکم جمعیت در این تحقیق که مکان یابی است، دارای اهمیت بیشتری است، بنابراین ضریب اهمیت بیشتری می گیرد، بر اساس جدول شماره ۱ و با توجه به هدف مورد بررسی، شدت برتری معیار  $I_j$  نسبت به معیار  $I_i$  تعیین می شود. تمامی معیارها دو به دو با هم مقایسه می شوند.

جدول ۱- مقیاس ۹ کمی ال ساعتی برای مقایسه دودویی معیارها [۹]

امتیاز (شدت اهمیت)	تعریف	توضیح
۱	اهمیت مساوی	در تحقق هدف دو معیار اهمیت مساوی دارند
۳	اهمیت اندکی بیشتر	تجربه نشان می دهد که برای تحقق هدف اهمیت $I_i$ بیشتر از $I_j$ است
۵	اهمیت بیشتر	تجربه نشان می دهد که اهمیت $I_i$ خیلی بیشتر از $I_j$ است
۷	اهمیت خیلی بیشتر	تجربه نشان می دهد که اهمیت $I_i$ خیلی بیشتر از $I_j$ است
۹	اهمیت مطلق	اهمیت خیلی بیشتر $I_i$ نسبت به $I_j$ به طور قطعی به اثبات رسیده است
۲-۴-۶-۸	ترجیحات بینابین	هنگامی که حالت های میانه وجود دارد

مقایسه های زوجی در یک ماتریس  $n \times n$  (در این حالت  $5 \times 5$ ) ثبت می شوند و این ماتریس، ماتریس مقایسه زوجی معیارها  $A = [a_{ij}]_{n \times n}$  نامیده می شود عناصر این ماتریس همگی مثبت بوده و با توجه به اصل «شروط معکوس» در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در هر مقایسه زوجی دو مقدار عددی  $a_{ij}$  را خواهیم داشت [۱۰]. در جدول شماره ۲ ماتریس مقایسه زوجی معیارها برای مسئله مورد نظر نشان داده شده است.

جدول ۲- ماتریس مقایسه زوجی معیارها

شعاع پوششی	جمعیت	شبکه ترافیک	کاربری اراضی	کیفیت ساختمان		
کیفیت ساختمان	$= A \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{4} & \frac{1}{5} & \frac{1}{7} \\ 2 & 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{3} & \frac{1}{5} \\ 4 & 2 & 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{4} \\ 5 & 3 & 2 & 1 & \frac{1}{3} \\ 7 & 5 & 4 & 3 & 1 \end{bmatrix}$	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{7}$
کاربری اراضی		2	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{5}$
شبکه ترافیک		4	2	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$
جمعیت		5	3	2	1	$\frac{1}{3}$
شعاع پوششی		7	5	4	3	1

در این ماتریس، مقدار عددی a51 (ردیف ۵ و ستون ۱) که ۷ می باشد، نشان می دهد که معیار شعاع پوششی ایستگاه آتش نشانی در مقایسه با معیار کیفیت ساختمان کاربریها دارای اهمیت خیلی بیشتری است و با توجه به شرط معکوس، بنابراین مقدار عددی عنصر a15 برابر با 1/7 خواهد بود عناصر قطر این ماتریس، با توجه به اهمیت برابر هر معیار نسبت به خود در دستیابی به هدف برابر با یک است. برای محاسبه ضریب اهمیت معیارها ساعتی چهار روش تقریبی زیر را ارائه کرده است:

۱. مجموع سطری

۲. مجموع ستونی

۳. میانگین حسابی

۴. میانگین هندسی

در این تحقیق جهت محاسبه ضریب اهمیت معیارها، زیرمعیارها و گزینه ها از روش میانگین هندسی استفاده شد. نتیجه این محاسبات را در شکل ۴ و تعیین امتیاز نهایی را در جدول شماره ۵ مشاهده می کنید [۱۱].

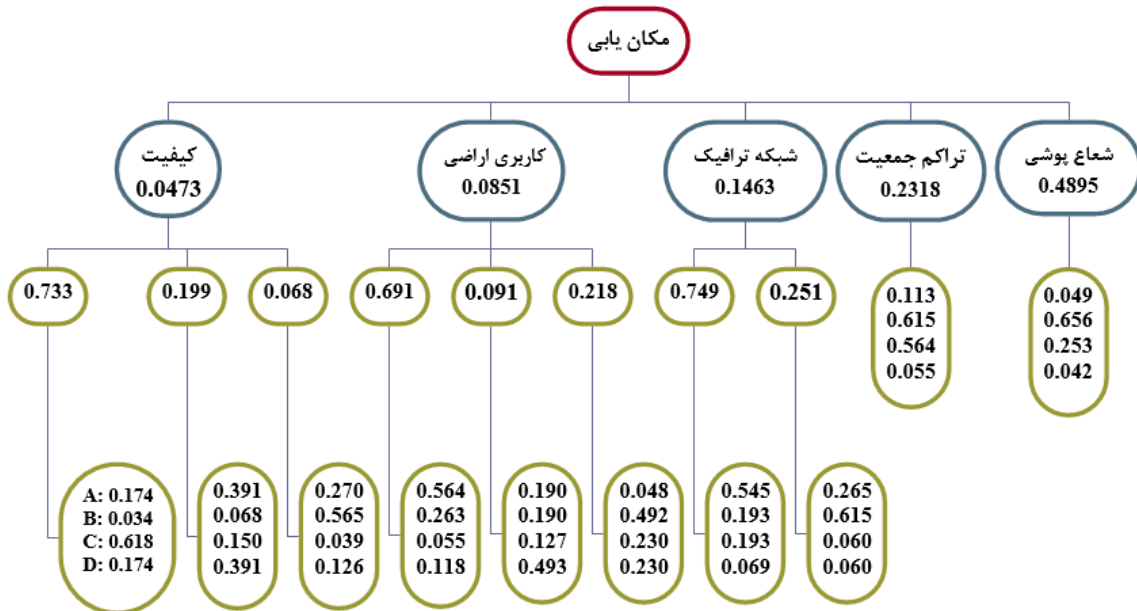
جدول ۳- مقیاس ۹ کمی ال ساعتی برای مقایسه زوجی گزینه ها [۱۲]

امتیاز	تعریف
۱	ترجیح یکسان
۳	کمی مرجح
۵	ترجیح بیشتر
۷	ترجیح خیلی بیشتر
۹	کاملاً صحیح
۸،۶،۴،۲	ترجیحات بینابین (وقتی حالت های میانه وجود دارد)

جدول ۴- ماتریس ارزیابی گزینه ها در ارتباط با معیارها

گزینه   معیار	شعاع پوششی	تراکم جمعیت	عرض معابر	فاصله از تقاطع	کاربری صنعتی	کاربری تجاری	مسکونی	افت کاملاً فرسوده	بافت تقریباً فرسوده	بافت متعادل
A	متوسط	متوسط	خیلی خوب	خوب	خیلی خوب	خوب	ضعیف	خیلی خوب	خیلی خوب	خیلی خوب
B	عالی	خوب	خوب	عالی	خوب	خوب	خیلی خوب	ضعیف	متوسط	عالی
C	خوب	خیلی خوب	خوب	ضعیف	ضعیف	متوسط	خوب	عالی	خوب	ضعیف
D	ضعیف	ضعیف	متوسط	ضعیف	متوسط	خیلی خوب	متوسط	خیلی خوب	خیلی خوب	خوب

در جدول شماره ۴، ارزش هر گزینه در ارتباط با معیارها یا زیرمعیارها ارائه شده است. همان طور که ملاحظه می شود، زیرمعیارها هم کمی هستند وهم کیفی، و این نشان دهنده مزیت دیگر فرآیند تحلیل سلسله مراتبی است که با ترکیبی از معیارهای کمی و کیفی سروکار دارد. با تلفیق و ترکیب امتیازات معیارها و زیر معیارها و همچنین گزینه ها که از ماتریس های مقایسه ای زوجی حاصل شدند، امتیاز نهایی هر گزینه به دست می آید (جدول شماره ۳). برای این منظور از اصل ترتیب سلسله مراتبی « ساعتی » که منجر به « بردار اولویت » با در نظر گرفتن همه قضاوت ها در تمامی سطوح سلسله مراتبی می شود، استفاده خواهد شد [۱۲]. ضرایب اهمیت در ارتباط با هر یک از زیر معیارها در شکل ۴ ارائه شده است.



شکل ۴- ضرایب اهمیت معیارها، زیر معیارها و گزینه ها در ساختار سلسله مراتبی و تعیین امتیاز نهایی

$$I = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^m w_k w_i (g_{ij}) \quad (1)$$

که در آن  $w_k$  ضریب اهمیت معیار  $w_i$  ضریب اهمیت زیرمعیار  $g_{ij}$  امتیاز گزینه  $j$  در ارتباط با زیر معیار  $i$  می باشد.

جدول ۵- تعیین امتیاز نهایی گزینه ها

گزینه	امتیاز نهایی	شعاع پوششی	تراکم جمعیت	شبکه ترافیک		کاربری اراضی			کیفیت ساختمان		
				عرض از معبر	فاصله از تقاطع	صنعتی	تجاری	مسکونی	کاملاً فرسوده	تقریباً فرسوده	متعادل
A	۰/۱۶۶	۰/۴۸۹۵ ۰/۰۴۹	۰/۲۳۱۸ ۰/۱۱۸	۰/۱۴۶۳	۰/۱۴۶۳	۰/۰۸۵۱	۰/۰۸۵۱	۰/۰۸۵۱	۰/۰۴۷۳	۰/۰۴۷۳	۰/۰۴۷۳
				۰/۴۷۹	۰/۲۵۱	۰/۶۹۱	۰/۰۹۱	۰/۲۱۸	۰/۷۳۳	۰/۱۹۹	۰/۰۶۸
				۰/۵۴۵	۰/۲۶۵	۰/۵۶۴	۰/۱۹۰	۰/۰۴۸۰	۰/۱۷۴	۰/۳۹۱	۰/۲۷۰
B	۰/۴۵۳	۰/۴۸۹۵ ۰/۶۵۶	۰/۲۳۱۸ ۰/۲۶۳	۰/۷۴۹	۰/۱۴۶۳	۰/۰۸۵۱	۰/۰۸۵۱	۰/۰۸۵۱	۰/۰۴۷۳	۰/۰۴۷۳	۰/۰۴۷۳
				۰/۱۹۳	۰/۲۵۱	۰/۶۹۱	۰/۰۹۱	۰/۲۱۸	۰/۷۳۳	۰/۱۹۹	۰/۰۶۸
				۰/۱۴۶۳	۰/۶۱۵	۰/۲۶۳	۰/۱۹۰	۰/۴۹۲	۰/۰۳۴	۰/۰۶۸	۰/۵۶۵
C	۰/۳۰۷	۰/۴۸۹۵ ۰/۲۵۳	۰/۲۳۱۸ ۰/۵۶۴	۰/۷۴۹	۰/۱۴۶۳	۰/۰۸۵۱	۰/۰۸۵۱	۰/۰۸۵۱	۰/۰۴۷۳	۰/۰۴۷۳	۰/۰۴۷۳
				۰/۱۹۳	۰/۲۵۱	۰/۶۹۱	۰/۰۹۱	۰/۲۱۸	۰/۷۳۳	۰/۱۹۹	۰/۰۶۸
				۰/۱۴۶۳	۰/۰۶۰	۰/۰۵۵	۰/۱۲۷	۰/۲۳۰	۰/۶۱۸	۰/۱۵۰	۰/۰۳۹
D	۰/۰۷۰	۰/۴۸۹۵ ۰/۰۴۲	۰/۲۳۱۸ ۰/۰۵۵	۰/۱۴۶۳	۰/۱۴۶۳	۰/۰۸۵۱	۰/۰۸۵۱	۰/۰۸۵۱	۰/۰۴۷۳	۰/۰۴۷۳	۰/۰۴۷۳
				۰/۷۴۹	۰/۲۵۱	۰/۰۶۹۱	۰/۰۹۱	۰/۲۱۸	۰/۷۳۳	۰/۱۹۹	۰/۰۶۸
				۰/۰۶۹	۰/۰۶۰	۰/۱۱۸	۰/۰۴۹۳	۰/۲۳۰	۰/۱۷۴	۰/۳۹۱	۰/۱۲۶

همان طور که از نتایج جدول (۵) استنباط می شود گزینه B در اولویت نخست قرار گرفته است و بعد از آن گزینه های C و A حائز اهمیت هستند و گزینه D که از طرف شهرداری تهران و سازمان مرکزی آتش نشانی برای احداث ایستگاه در نظر گرفته شده در رتبه آخر اهمیت قرار گرفته است. با توجه به تعداد معیارها شاخص تصادفی بودن نیز طبق جدول شماره ۶ می باشد.

### ۵. بررسی سازگاری در قضاوت ها

جهت محاسبه شاخص ناسازگاری از رابطه (۲) استفاده می شود:

$$II = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

جدول ۶- شاخص تصادفی بودن (R.I.) با توجه به تعداد معیارها [۱۳]

۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	N
۱/۵۹	۱/۵۷	۱/۵۶	۱/۴۸	۱/۵۱	۱/۴۹	۱/۴۵	۱/۴۱	۱/۳۲	۱/۲۴	۱/۱۲	۰/۹	۰/۵۸	۰	R.I

در روش میانگین هندسی که یک روش تقریبی است، به جای محاسبه مقدار ویژه ماکزیمم  $\lambda_{\max}$  از L از (۳) استفاده می شود:

$$L = \frac{1}{n} \left[ \sum_{i=1}^n (AW_i / W_i) \right] \quad (3)$$

در زیر محاسبات مربوط به بررسی سازگاری قضاوت ها در تعیین ضرایب اهمیت معیارهای ۵ گانه برای مکان یابی ارائه شده است.



محاسبه بردار AW :

$$\begin{array}{l}
 \text{کیفیت} \\
 \text{کاربری} \\
 \text{ترافیک} \\
 \text{جمعیت} \\
 \text{شعاع پوششی}
 \end{array}
 \begin{bmatrix}
 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{4} & \frac{1}{5} & \frac{1}{7} \\
 2 & 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{3} & \frac{1}{5} \\
 4 & 2 & 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{4} \\
 5 & 3 & 2 & 1 & \frac{1}{3} \\
 7 & 5 & 4 & 3 & 1
 \end{bmatrix}
 \times
 \begin{bmatrix}
 0.0473 \\
 0.0851 \\
 0.1463 \\
 0.2318 \\
 0.4895
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 0.2427 \\
 0.4280 \\
 0.7439 \\
 1.1793 \\
 2.5267
 \end{bmatrix}
 = AW$$

محاسبه L:

$$L = \frac{1}{n} \left[ \sum_{i=1}^n (AW_i / W_i) \right]$$

$$L = \frac{1}{5} \left[ \frac{0.2427}{0.0473} + \frac{0.4280}{0.0851} + \frac{0.7439}{0.1463} + \frac{1.1793}{0.2318} + \frac{2.5267}{0.4895} \right] =$$

$$\frac{1}{5} [5.1310 + 5.0293 + 5.0847 + 5.0875 + 5.1617] = 5.0989$$

۳. محاسبه شاخص سازگاری CI رابطه (4):

$$CI = \frac{L - n}{n - 1} \Rightarrow CI = \frac{5.0989 - 5}{5 - 1} = 0.02472$$

۴. محاسبه ضریب سازگاری CR رابطه (5):

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.02472}{1.12} = 0.022 < 0.1 \Rightarrow \text{ok}$$

### ۵. نتیجه گیری

ارزیابی گزینه های حاصل از مدل مکان یابی ارائه شده در قسمت تجزیه و تحلیل [که توسط GIS صورت پذیرفت] به اضافه سایت پیشنهادی شهرداری تهران و سازمان مرکزی آتش نشانی (سایت D)، بهترین گزینه را با توجه به معیارهای ارزیابی، مقایسه زوجی آنها و همچنین مقایسه زوجی گزینه ها در مورد هر معیار، نشان داد که بهترین انتخاب با توجه به موارد فوق، سایت (B) می باشد، از جمله فاکتورهای مهم و موثر در مکانیابی خدمات آتش نشانی با توجه به مطالعات انجام شده در این تحقیق می توان به: تراکم جمعیتی، شعاع پوششی، شبکه ترافیک، کاربری اراضی، کیفیت کاربریها، پتانسیل خطر، شبکه آبرسانی، نوع ایستگاههای موجود در منطقه مورد مطالعه هستند. در این تحقیق معیارهای تراکم جمعیتی، شعاع پوششی، کاربری اراضی، شبکه ترافیک و کیفیت کاربریها مورد استفاده قرار گرفت.

مکانیابی ایستگاهها در منطقه مورد نظر در گذشته، بر اساس اصول و شاخص های خاصی صورت نگرفته است. با توجه به مطالعه تاریخچه استقرار ایستگاههای موجود در گذشته و نحوه مکانیابی آنها فقط با توجه به معیار سهولت تغییر کاربری و پیدا کردن زمین قابل تبدیل به ایستگاه، اقدام به تاسیس ایستگاه می نمودند. با توجه به موقعیت ایستگاه جدید مکان یابی شده برای منطقه ۱۷ (سایت D) متوجه می شویم که مکان یابی ایستگاهها بدون توجه به اصول علمی و شاخص های حائز اهمیت، صورت گرفته است. با توجه به شکل ۲ تعداد ایستگاههای موجود، و شعاع پوششی ایستگاهها با توجه به نوع آنها، برای منطقه ۱۷ کافی نبوده و بایستی جهت پوشش دهی کامل منطقه یک ایستگاه فرعی، با توجه به اولویت سایت های مشخص شده احداث گردد.

## ۶. منابع

1. www. Wichita .gov: Fire station location study , febery 2000.
2. www.Houston tx.gov : city of Houston fire prevention , 2003.
۳. پرهیز گار، اکبر (۱۳۷۶): ارائه الگوی مناسب مکان‌گزینی مراکز خدمات شهری با تحقیق در مدل‌ها و GIS شهری، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، گروه جغرافیا
۴. ذاکر حقیقی افروشته، کیانوش (۱۳۸۲): مکانیابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از GIS؛ مطالعه موردی منطقه ۶ تهران، رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده هنرهای زیبا، گروه شهرسازی.
۵. (هادیانی زهره، کاظمی زاد شمس اله ۱۳۸۷) مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از روش تحلیل شبکه و مدل AHP در محیط GIS مطالعه موردی: شهر قم
۶. مهندسین مشاور امکو، گزارش مطالعات منطقه ۱۷ شهرداری تهران، ۱۳۸۱.
۷. اصغر پور، محمد جواد (۱۳۷۷): تصمیم‌گیری‌های چند معیاره، دانشگاه تهران، موسسه انتشارات و چاپ.
۸. قدسی پور، سید حسن (۱۳۸۱): مباحثی در تصمیم‌گیری‌های چند معیاره؛ فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
۹. توفیق، فیروز (۱۳۷۲): ارزشیابی چند معیاری در طرح ریزی کالبدی.
۱۰. فرجی سبکبار، حسنعلی (۱۳۸۴): مکانیابی خدمات بازرگانی با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، پژوهش‌های جغرافیایی، دانشگاه تهران، شماره ۵۱.
11. Saaty. T.L. Analytical Network Process. USA: RWS Publication .1990.
۱۲. زبردست، اسفند یار (۱۳۸۰): کاربرد فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، نشریه هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، شماره ۱۰.
13. Bowen, William M, AHP: Multiple Criteria Evaluation, in Klosterman, R.et al (Eds), Spreadsheet,models for Urban and Regional Analysis, New Brunswick : Center for Urban Policy Research,1993.