

رتبه‌بندی مناطق تهران برای افزودن سرویس‌های اورژانس جدید به روش AHP فازی

مرتضی ابراهیمی^{۱*}، مجید میرزایی مدام^۲

۱. استادیار گروه بین‌رشته‌ای فناوری دانشگاه تهران

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی فناوری اطلاعات پزشکی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۹۳/۰۷/۲۰ - تاریخ دریافت روایت اصلاح‌شده ۹۳/۱۲/۰۲ - تاریخ تصویب ۱۳۹۳/۱۲/۰۴)

چکیده

در این پژوهش، یک مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره برای رتبه‌بندی و انتخاب بهترین مناطق شهر تهران به منظور افزودن سرویس‌های اورژانس جدید، ارائه شده است. هدف از این تصمیم‌گیری، در اولویت قراردادن مناطقی است که بیشتر به افزودن اورژانس نیاز دارند؛ به گونه‌ای که خدمات اورژانس‌ها به افراد مناطق مختلف بهینه شود. شاخص‌های مدل تصمیم‌گیری، مبتنی بر نظر خبرگان انتخاب شده‌اند؛ به طوری که رتبه‌بندی حاصل، زمان پاسخ به درخواست اورژانس را به صورت رضایت‌بخشی بهبود می‌دهد. ساختاری سلسله‌مراتبی در سه سطح پیشنهاد شده و روش AHP فازی برای رتبه‌بندی گزینه‌ها و مکان‌یابی بهینه سرویس‌های اورژانس به کار گرفته شده است. همچنین وابستگی شاخص‌ها با استفاده از روش ANP مدنظر قرار گرفته است. ماتریس مقایسه‌های زوجی شاخص‌ها و گزینه‌های تصمیم‌گیری، براساس مجموعه داده‌های سازمان مطالعات ترافیک و حمل و نقل تهران و کارشناسان این سازمان، معاونت فرهنگی شهرداری تهران و مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران تکمیل شده است.

واژه‌های کلیدی: تصمیم‌گیری چندمعیاره، رتبه‌بندی مناطق، سرویس‌های اورژانس، مکان‌یابی بهینه، AHP فازی.

مقدمه

یکی از عواملی که موجب تشدید صدمات و حتی افزایش مرگ و میر در حوادث اورژانسی می‌شود، دیر رسیدن سرویس‌های اورژانس به محل یا انتقال دیر هنگام بیماران و مصدومان به مراکز درمانی است. این موضوع، سبب ایجاد مشکلات دیگری مانند عوارض ناشی از گذر زمان برای بیمار تا رسیدن به مراکز درمانی، وارد شدن آسیب‌های روحی به اطرافیان بیمار، افزایش هزینه‌ها، عوارض ناشی از مرگ افراد و موارد دیگر می‌شود.

سرویس‌های اورژانس، باید سطح بالایی از خدمات را برای اطمینان از ایمنی عمومی ارائه دهند. این سرویس‌ها معمولاً از طریق وسایل نقلیه مستقر در مکان‌های ثابت ارائه می‌شوند. تعداد و نحوه قراردادن وسایل نقلیه، تأثیری مهم بر کیفیت سرویس‌ها دارد و به کارگیری کارآمد وسایل نقلیه سرویس‌های اورژانسی، مسئله‌ای بسیار مهم است. بهنگام بودن، یکی از مهم‌ترین ویژگی‌هایی است که کیفیت سرویس اورژانسی را نشان می‌دهد؛ بنابراین، وسایل نقلیه

اورژانس باید در زمانی معقول به تقاضاها پاسخ دهند و دیر رسیدن یا تأخیری هرچند کوتاه، عوارض سنگین و جبران‌ناپذیری برای جامعه و افراد دارد.

در مسئله طراحی‌شده، مناطق برای افزودن سرویس اورژانسی رتبه‌بندی می‌شوند تا نیازمندترین آن‌ها برای استقرار سرویس‌های اورژانسی جدید، با استفاده از معیارهایی خاص معین شود. این موضوع به دلیل ارتباط مستقیم با جان انسان‌ها و عوارض سنگین دیر رسیدن بیمار به سرویس‌های اورژانسی، بسیار حائز اهمیت است و علاوه بر حداقل شدن زمان پاسخ به درخواست‌ها، موجب صرف بهینه سرمایه در این زمینه می‌شود؛ بنابراین، در این پژوهش، عوامل اصلی و تأثیرگذار به عنوان شاخص در نظر گرفته می‌شوند. معمولاً هر معیار یا شاخص، وزنی دارد که متناسب با میزان اهمیت آن در مقابل شاخص‌های اصلی و مؤثر دیگر تعیین می‌شود.

مدیران و تصمیم‌گیرندگان، به منظور صرف بهینه سرمایه در استقرار سرویس اورژانسی جدید، نجات انسان‌ها

به کار می‌روند. تفاوت اصلی مدل‌های تصمیم‌گیری چندهدفه با مدل‌های چندمعیاره آن است که اولی در فضای تصمیم‌گیری پیوسته و دومی در فضای تصمیم‌گیری گسسته تعریف می‌شوند.

با توجه به اینکه بعضی از شاخص‌ها ماهیتی فازی دارند، نظریه مجموعه‌های فازی^۵، چارچوبی مناسب برای حل این مسئله است. این نظریه را لوتسما برای مدل کردن ابهام و عدم قطعیت در فرایندهای تصمیم‌گیری انسان ارائه کرد [۱]. علاوه بر این، نظریه مجموعه‌های فازی به بهبود مدل‌های قطعی و مدل‌های قوی‌تر و انعطاف‌پذیر، برای مسائل تصمیم‌گیری پیچیده در دنیای واقعی کمک می‌کند. استفاده از نظریه مجموعه‌های فازی در مسائل تصمیم‌گیری، سبب مدل‌سازی و بازنمایی بهتر مسئله می‌شود. در نتیجه، در شرایطی که تصمیم‌گیرنده نمی‌تواند به‌طور دقیق هدف اصلی را به اهداف دیگر مرتبط کند و اهداف یا شاخص‌ها با هم در تضادند، مدل مسئله ساخته می‌شود.

روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی که از مقایسه‌های زوجی بین گزینه‌ها براساس شاخص‌ها استفاده می‌کند، برای نخستین بار از سوی ساعتی ارائه شد [۲]. این روش از زمان ابداع، به ابزاری برای تصمیم‌گیرندگان و پژوهشگران تبدیل شد و به‌طور گسترده در تصمیم‌گیری چندمعیاره به کار رفت [۳]. اگرچه تحلیل سلسله‌مراتبی دانش کارشناسان را ثبت می‌کند، با تحلیل سلسله‌مراتبی سنتی هنوز نمی‌توان سبک تفکر انسان را به‌طور واقعی منعکس کرد [۴]؛ چراکه در این روش، برای بیان نظر تصمیم‌گیرنده در مقایسه گزینه‌ها، از مقدار دقیق استفاده می‌شود [۵]. روش تحلیل سلسله‌مراتبی به دلیل استفاده از مقیاس نامتعادل قضاوت‌ها، نداشتن قابلیت کافی در لحاظ کردن عدم اطمینان ذاتی و نیز کم‌دقتی در فرایند مقایسه‌های دویه دو، اغلب مورد انتقاد بوده است [۶]. برای غلبه بر این کمبودها و حل مسائل سلسله‌مراتبی، تحلیل سلسله‌مراتبی فازی ارائه شد. اولین مطالعه تحلیل سلسله‌مراتبی فازی را لارهوون ارائه کرد [۷] و در آن، از اعداد فازی مثلثی بهره گرفت. پودزکا و ولنتیناس لیست منابع و کاربردهای مربوط به روش تحلیل سلسله‌مراتبی را ارائه دادند [۸]. ارتوگرو و همکارانش، برای انتخاب مکان تسهیلات، از روش‌های تحلیل سلسله‌مراتبی و تاپسیس^۶ فازی استفاده کردند [۹].

و کاهش عوارض دیر رسیدن بیمار به سرویس‌های اورژانسی باید بهترین مناطق و مکان‌ها را برای استقرار این مراکز انتخاب کنند. باید مناطقی برای این امر انتخاب شوند که نیاز بیشتری به استقرار سرویس اورژانسی جدید دارند و به عبارتی سطح سرویس دریافتی آن‌ها، پایین‌تر از دیگر مناطق است. در این پژوهش، به منظور رتبه‌بندی مناطق بیست‌ودوگانه شهر تهران در جهت افزودن سرویس اورژانسی، روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه به کار می‌روند و نیازمندترین مناطق برای استقرار سرویس‌های اورژانسی جدید، با استفاده از معیارهای خاصی تعیین می‌شوند.

هدف این پژوهش، رتبه‌بندی مناطق بیست‌ودوگانه تهران، برای افزودن و استقرار اورژانس‌های جدید، برحسب نیازها و شاخص‌هاست. بدین منظور، از مدل تصمیم‌گیری چندشاخصه سلسله‌مراتبی^۱ فازی استفاده شده است. شاخص‌های تصمیم‌گیری در این پژوهش عبارت‌اند از: جمعیت، میزان آسیب‌پذیری منطقه در برابر زلزله (نزدیکی به گسل‌های تهران)، بافت عمرانی، ترافیک، میزان جمعیت به‌ازای هر اورژانس و تعداد تصادفات خطرناک هر منطقه.

تصمیم‌گیری چندمعیاره

تصمیم‌گیری، شامل بیان درست اهداف، تعیین راه‌حل‌های مختلف و ممکن، ارزیابی امکان‌پذیری آنان، ارزیابی عواقب و نتایج اجرای هریک از راه‌حل‌ها و بالاخره انتخاب و اجرای آن‌هاست. به‌طور کلی، کیفیت مدیریت، تابع کیفیت تصمیم‌گیری است؛ زیرا کیفیت طرح و برنامه‌ها، اثربخشی، کارآمدی راهبردها و کیفیت نتایج آن‌ها، همگی تابع کیفیت تصمیم‌های مدیریتی است. در بیشتر موارد، تصمیم‌گیری‌ها هنگامی مطلوب و رضایت‌بخش است که براساس چندین معیار (کمی یا کیفی) صورت گرفته باشد. در تصمیم‌گیری چندمعیاره - که در دهه‌های اخیر مورد توجه پژوهشگران بوده است - به جای استفاده از یک معیار سنجش بهینگی، از چندین معیار استفاده می‌شود.

مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره^۲ به دو دسته عمده مدل‌های چندهدفه^۳ و مدل‌های چندشاخصه^۴ تقسیم می‌شود. در حالت کلی، مدل‌های چندهدفه به‌منظور طراحی و مدل‌های چندمعیاره، به منظور انتخاب گزینه برتر

فازی، سیستم پشتیبانی تصمیم برای انتخاب مکان‌های توزیع تدارکات در زمان بروز بحران را طراحی کردند و آن را در استانبول به‌کار گرفتند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که با این روش، زمان پاسخ و ارائه سرویس به قربانیان، بهینه می‌شود.

اوزداگوگلا [۱۸] مسئله تصمیم‌گیری چندشاخصه مکان‌یابی تسهیلات را طراحی کرد که در آن، شاخص‌ها در سلسله‌مراتب با یکدیگر تعامل دارند. وی سپس برای حل این مسئله، از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی استفاده کرد.

کبیر و همکارانش [۱۹] مسئله مکان‌یابی بهینه تأسیسات تولید بتن را با استفاده از فاکتورهای اجتماعی، اقتصادی، فناوری، زیست‌محیطی و حمل‌ونقل و زیرشاخص‌های حاصل از آن، با ترکیب روش‌های تحلیل سلسله‌مراتبی و تاپسیس فازی انجام دادند.

زبردست و محمدی [۲۰] برای انجام عملیات نجات در شرایط وقوع زلزله، مراکز امدادرسانی منطقه ۱۱ شهر تهران را مکان‌یابی کردند و میزان آسیب‌پذیری آن را درمقابل زلزله احتمالی بررسی کردند. آن‌ها مکان‌های ممکن برای استقرار مراکز امدادرسانی را با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی تعیین ساختند و روش تحلیل سلسله‌مراتبی را برای مشخص کردن بهترین مکان‌های استقرار به‌کار گرفتند.

هوشیار [۲۱] به‌منظور مکان‌یابی درمانگاه‌ها در شهر مهاباد، از روش تحلیل سلسله‌مراتبی به‌همراه سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی استفاده کرد. او همچنین توزیع مکانی مراکز درمانی را در این شهر تحلیل کرد و ضعف‌های استقرار کاربری‌های درمانی در وضع موجود را با توجه به معیارهایی خاص تبیین کرد.

ملکی و همکارانش [۲۲] با استفاده از رویکرد «قیاسی، توصیفی و تحلیلی» وضعیت پراکندگی مراکز خدمات بهداشتی-درمانی را در شهر میاندوآب ارزیابی کردند. آن‌ها به‌روش تحلیل سلسله‌مراتبی، اولویت‌های مکانی را برای استقرار مراکز بهداشتی در نواحی پنجگانه شهر میاندوآب معین ساختند.

پژوهش حاضر مبتنی بر داده‌های واقعی مناطق بیست‌ودوگانه شهر تهران است که از مراجع رسمی به‌دست

آن‌ها در این پژوهش، نتایج روش‌های خود را مقایسه کردند. چو روش تاپسیس فازی را برای انتخاب مکان تسهیلات ارائه کرد. در پژوهش وی، ضریب نزدیکی برای رتبه‌بندی مکان‌گزینه‌ها، با محاسبه فاصله با هر دو راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی تعریف شده است [۱۰]. یانگ روش جدید تاپسیس را برای انتخاب محل تسهیلات در رتبه‌بندی محل‌گزینه‌ها، با شاخص‌های مختلف دارای وزن ارائه داد که در آن، واژه‌های زبانی با اعداد فازی نشان داده شده است [۱۱].

چو رویکرد جدیدی را برای حل مسئله انتخاب محل تسهیلات ارائه کرد و در آن، نظریه مجموعه‌های فازی، سیستم رتبه‌بندی عامل و وزن‌دهی افزودنی ساده (SAW) را با هم ادغام ساخت. وی آن را برای هر دو بعد کمی و کیفی به‌کار گرفت [۱۲]. یکی از روش‌های تعیین مکان بهینه ایستگاه آتش‌نشانی، در مقاله یانگ ارائه شد. یانگ در این پژوهش، برنامه‌ریزی چندهدفه فازی و الگوریتم ژنتیک را با هم ترکیب کرد و برنامه‌ریزی چندهدفه فازی را به‌طور مناسب، به واحد یکپارچه اهداف حداکثر و حداقل تبدیل ساخت تا آن را با الگوریتم ژنتیک حل کند [۱۳]. تیزنگ و هانگ روش‌ها و کاربردهای MADM را بررسی کردند و تکنیکی برای اولویت‌بندی گزینه‌ها، شبیه به راه‌حل ایده‌آل روش تاپسیس ارائه دادند [۱۴].

کینگ کو و همکارانش [۱۵] پس از معرفی نظریه کاهش و روش ارزیابی مبتنی بر تحلیل سلسله‌مراتبی، پنج عامل مؤثر بر تدارکات مراکز توزیع اورژانسی را تعیین کردند. آن‌ها شاخص‌ها را با استفاده از دیدگاه‌های متخصصان امتیازدهی کردند و مکان‌های بهینه را با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی مشخص ساختند. سپس آن را در منطقه هاندان به‌کار گرفتند.

بنینگ [۱۶] با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و روش رتبه‌بندی اولویت، مناسب‌ترین مکان‌ها را برای استقرار مؤسسه‌های مالی انتخاب کرد. وی پنج شاخص و پنج گزینه مکان‌یابی در نظر گرفت و با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی، ساختار مسئله مکان‌یابی و وزن معیارها را تعیین کرد. درنهایت، روش رتبه‌بندی اولویت را به‌کار گرفت.

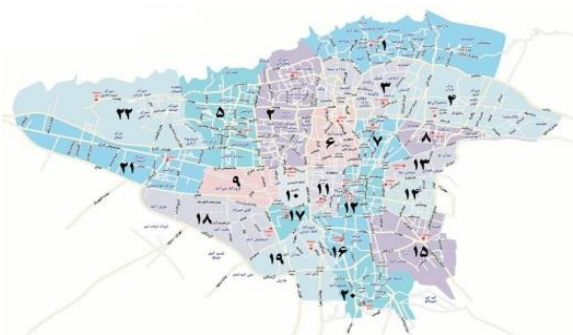
تارگات و همکارانش [۱۷] به‌روش تحلیل سلسله‌مراتبی

مهم‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاری تبدیل کرده است- مشخص‌شدن قابلیت اطمینان نتایج حل مدل با استفاده از شاخص میزان سازگاری است؛ چراکه در این روش، میزان سازگاری قابل‌محاسبه است.

روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، زیرمجموعه‌ای از مدل‌های چندمعیاره است. امروزه این روش به‌طور گسترده‌ای برای کمک به تصمیم‌گیرندگان در حوزه‌های مختلف به‌کار می‌رود.

در این روش، پس از انتخاب شاخص‌های مورد نیاز برای تصمیم‌گیری و تعیین گزینه‌ها، مقایسه‌های زوجی گزینه‌ها بر مبنای شاخص‌ها صورت می‌گیرد و به گزینه‌ها براساس این مقایسه‌های نمره داده می‌شود. بیشترین نمره به انتخاب اول و نمره‌های دیگر به ترتیب به انتخاب‌های بعدی مربوط می‌شوند.

گزینه‌های این پژوهش، مناطق بیست‌ودوگانه شهر تهران است که در شکل ۱ نشان داده شده‌اند. شاخص‌هایی که تصمیم‌گیری براساس آن‌ها صورت می‌گیرد، با توجه به دیدگاه‌های خبرگان، کارشناسان و پژوهش‌های پیشین، شامل جمعیت هر منطقه، میزان آسیب‌پذیری منطقه در مقابل زلزله، وضعیت ترافیک، میزان جمعیت به‌ازای هر اورژانس و تعداد تصادفات خطرناک در هر منطقه است.



شکل ۱. مناطق بیست‌ودوگانه شهر تهران

گام‌های الگوریتم FAHP به شرح زیر است:

گام اول: ساختن نمودار سلسله‌مراتبی

گام دوم: مقایسه دویه دو تمامی شاخص‌ها با استفاده از

واژه‌های زبانی تبدیل‌شده به اعداد فازی مثلثی

گام سوم: گرفتن میانگین فازی هر سطر یا شاخص، با

استفاده از فرمول ۱:

آمده است. در این پژوهش، یک مدل تصمیم‌گیری چندشاخصه همراه با شاخص‌های متفاوت فازی و قطعی ارائه شده است. شایان ذکر است که در پژوهش‌های گذشته، شاخص‌های فازی و قطعی کمتر به‌صورت یکجا فراهم شده‌اند. همچنین برای نخستین بار، مسئله رتبه‌بندی و امتیازدهی به مناطق به‌روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه به صورت فازی، برای افزودن سرویس اورژانسی جدید انجام شده است. تعدادی از شاخص‌های اصلی شامل میزان آسیب‌پذیری منطقه در مقابل زلزله، با در نظر گرفتن نزدیکی به گسل‌ها (که در منطقه مورد مطالعه خطر زلزله بالاست)، مساحت بافت‌های فرسوده، تعداد افراد به‌ازای هر اورژانس و تعداد تصادفات خطرناک در هر منطقه، برای نخستین بار در این پژوهش در مسئله تصمیم‌گیری دخیل شده است. ترکیب محاسبات فازی و قطعی نیز به دو روش AHP و ANP فراهم شده است.

طراحی مدل MADM

هدف این پژوهش، رتبه‌بندی مناطق بیست‌ودوگانه برای افزودن سرویس اورژانسی جدید برحسب نیاز است. یکی از روش‌های تصمیم‌گیری در این پژوهش، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی است. این روش را ابتدا ساعتی در سال ۱۹۷۷ معرفی کرد و بعدها به یکی از پرکاربردترین روش‌های حل مسائل تصمیم‌گیری چندشاخصه تبدیل شد. روش تحلیل سلسله‌مراتبی، ابزاری مؤثر و انعطاف‌پذیر برای بررسی کمی و کیفی مسائل تصمیم‌گیری چندشاخصه است و اساس آن مقایسه‌های زوجی است. وزن‌دهی به شاخص‌ها نیز به این روش و با مقایسه‌های زوجی، شرایطی را فراهم می‌آورد که وزن‌های دقیق‌تری به شاخص‌ها داده شود؛ بنابراین، استفاده از این روش مطلوب و مؤثر است و نتایج رضایت‌بخشی را به‌بار می‌آورد؛ به‌ویژه آنکه در این مسئله، تمامی گزینه‌های تصمیم‌گیری مناطق بیست‌ودوگانه و شاخص‌های تصمیم‌گیری شامل جمعیت، میزان آسیب‌پذیری در برابر زلزله، میزان جمعیت به‌ازای هر اورژانس، وضعیت ترافیک و میزان تصادفات خطرناک در نظر گرفته شده است. درواقع، دلیل اساسی استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی- که این روش را به یکی از

(۱) فازی گام هفتم با استفاده از فرمول ۴:

$$\frac{a+2b+c}{4} \quad (۴)$$

گام نهم: ترکیب ماتریس‌های مقایسه‌های زوجی
گزینه‌ها پس از گرفتن میانگین هر سطر
گام دهم: نرمال کردن ستون‌های حاصل از گام نهم با
استفاده از فرمول ۵:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (۵)$$

گام یازدهم: ضرب وزن به دست آمده هر شاخص از گام
پنجم در ستون همان شاخص در گام دهم
گام دوازدهم: جمع درایه‌های هر سطر حاصل از گام
یازدهم که نشان‌دهنده امتیاز نهایی و رتبه‌بندی
گزینه‌هاست.
شکل ۲ ساختار سلسله‌مراتبی مدل MADM را نشان
می‌دهد.

$$\left(\frac{a_1+a_2+\dots+a_6}{6}, \frac{b_1+b_2+\dots+b_6}{6}, \frac{c_1+c_2+\dots+c_6}{6} \right)$$

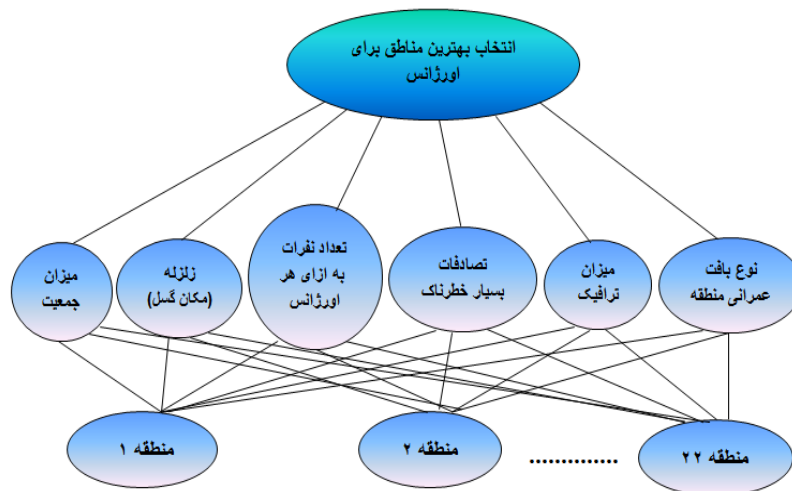
گام چهارم: دیفازی کردن اعداد فازی حاصل از گام سوم
با استفاده از فرمول ۲:

$$\frac{a+2b+c}{4} \quad (۲)$$

گام پنجم: نرمال کردن نتایج حاصل از گام چهارم با
استفاده از فرمول ۳:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (۳)$$

گام ششم: انجام مقایسه‌های زوجی فازی مناطق یا
گزینه‌های انتخاب با هم، براساس شاخص‌های در نظر گرفته-
شده
گام هفتم: گرفتن میانگین هر سطر حاصل از گام ششم
(اگر اعداد فازی هستند میانگین فازی)
گام هشتم: دیفازی کردن میانگین فازی حاصل از اعداد



شکل ۲. نمودار سلسله‌مراتبی برای انتخاب بهترین مناطق برای افزودن اورژانس

شاخص‌ها

همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، شاخص‌های
به‌کاررفته در مدل MADM عبارت‌اند از:

C_1 = نوع بافت عمرانی منطقه

C_2 = میزان جمعیت

C_3 = میزان ترافیک

C_4 = میزان جمعیت به‌ازای هر اورژانس

C_5 = زلزله (مکان گسل‌ها)

هریک از این شاخص‌ها به تفصیل در ادامه شرح داده

می‌شوند:

۱. نوع بافت عمرانی منطقه

شهر تهران روی سه گسل بزرگ قرار دارد که احتمال فعال شدن آن‌ها بالاست (این گسل‌ها در ادامه توضیح داده می‌شوند). به همین دلیل، این شهر در معرض آسیب جدی قرار دارد و در صورت وقوع زلزله، مناطقی که بافت فرسوده بیشتری دارند، آسیب بیشتری می‌بینند و نیاز بیشتری به وجود سرویس اورژانس پیدا می‌کنند؛ بنابراین، بافت عمرانی مناطق، یکی از شاخص‌ها در نظر گرفته شده است.

بافت‌های فرسوده، محدوده‌های آسیب‌پذیر شهرند که برای ساماندهی و افزایش کیفیت سکونت، به برنامه‌ریزی نیازمندند. براساس اطلاعات شرکت عمران و بهسازی شهری ایران، مساحت بافت فرسوده تهران ۳۲۶۸ هکتار است که نسبت مساحت بافت فرسوده به سطح کل شهر تهران، حدود ۵ درصد است. در مصوبه شورای عالی شهرسازی، برای معیارهای شناسایی بافت‌های فرسوده، ارزش یکسانی قائل شده‌اند، اما نحوه اعمال معیارها، مشخص شده است. شناسایی بافت‌های فرسوده، مبتنی بر شاخص‌های معینی است که عبارت‌اند از:

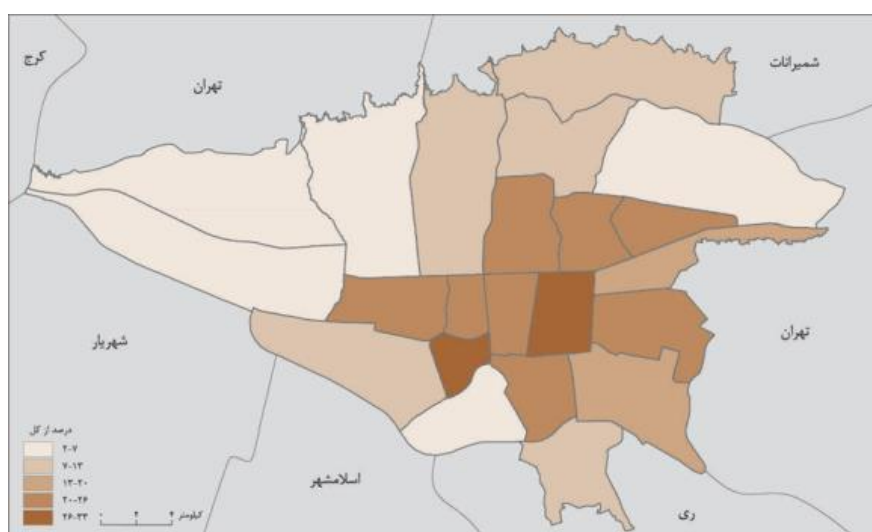
ریزدانگی: در بلوک‌های ریزدانه، بیش از ۵۰ درصد مساحت، کمتر از ۲۰۰ مترمربع است؛ بدین ترتیب، بافت آن‌ها فشرده و قطعات (پلاک‌ها) کوچک بسیار با مساحت اندک دارند.

ناپایداری: در بلوک‌های ناپایدار، بیش از ۵۰ درصد بناها ناپایدارند و سیستم سازه‌ای ندارند؛ در نتیجه، ساختمان مقاوم نیست.

نفوذناپذیری: در بلوک‌های نفوذناپذیر، بیش از ۵۰ درصد معابر، عرض کمتر از شش متر دارند؛ دسترسی‌ها در آن‌ها نامناسب و معابر با عرض کافی برای حرکت خودروها اندک است [۲۳]. نسبت و میزان بافت فرسوده در مناطق شهر تهران در جدول ۱ آمده و میزان واحدهای مسکونی با بیش از ۳۰ سال قدمت در مناطق تهران در سال ۱۳۸۵ در شکل ۳ نشان داده شده است.

جدول ۱. نسبت و میزان بافت فرسوده در مناطق شهر تهران

منطقه	نسبت بافت فرسوده (درصد)	منطقه	نسبت بافت فرسوده (درصد)
۱	۳۷	۱۲	۱/۴
۲	۴/۳	۱۳	۰/۴
۳	۱۴/۷	۱۴	۰/۸
۴	۷/۹	۱۵	۰/۱
۵	۹	۱۶	۰/۲
۶	۲۹/۲	۱۷	۰/۲
۷	۲/۷	۱۸	۱۵/۵
۸	۱/۱	۱۹	۱۰/۹
۹	۶/۱	۲۰	۷/۵
۱۰	۰/۱	۲۱	۱۸/۱
۱۱	۰/۰	۲۲	۲۹/۲



شکل ۳. مساحت واحدهای مسکونی با بیش از ۳۰ سال قدمت در مناطق شهر تهران در سال ۱۳۸۵ [۲۴]

۲. جمعیت

جمعیت مناطق براساس آخرین سرشماری عمومی نفوس و مسکن مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۰ صورت گرفته است. براساس بررسی‌ها، شتاب جمعیت از حدود سال ۱۳۰۰ شمسی (ابتدای حکومت پهلوی) آغاز شد، در مدت ۴۰ سال به بیشتر از ده‌برابر، یعنی حدود دو میلیون نفر در سال ۱۳۴۰ و در ۴۰ سال بعد به هفت میلیون نفر رسید. هم‌اکنون جمعیت استان تهران ۱۲ میلیون نفر است. از این تعداد، حدود ۸/۵ میلیون نفر در شهر تهران متمرکز شده‌اند.

جمعیت شهر، به‌تفکیک مناطق در جدول ۲ آمده است:

جدول ۲. میزان جمعیت مناطق تهران

منطقه	میزان جمعیت (نفر ۱۰۰۰)	منطقه	میزان جمعیت (نفر ۱۰۰۰)
۱	۳۸۰	۱۲	۲۴۸
۲	۶۰۹	۱۳	۲۴۶
۳	۲۹۱	۱۴	۴۸۳
۴	۸۲۳	۱۵	۶۴۴
۵	۶۷۹	۱۶	۲۹۱
۶	۲۳۷	۱۷	۲۵۶
۷	۳۱۰	۱۸	۳۱۷
۸	۳۷۹	۱۹	۲۵۰
۹	۱۶۶	۲۰	۳۳۶
۱۰	۳۱۶	۲۱	۱۶۰
۱۱	۲۷۶	۲۲	۱۰۹

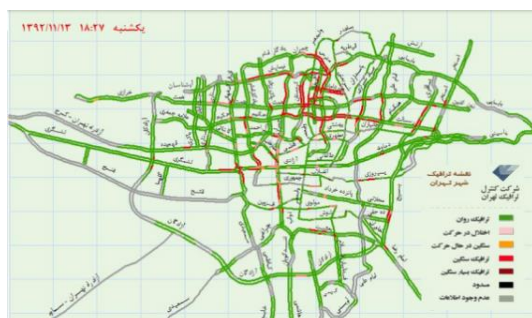
۳. میزان ترافیک

برای میزان ترافیک در مناطق، از شاخص درصد تأخیر از کل زمان سفر استفاده شده است. این شاخص، درصد تأخیری است که در زمان سفر یک وسیله نقلیه در منطقه، در ساعت اوج ترافیک ایجاد شده و میزان ترافیک منطقه را به صورت واقعی نشان می‌دهد [۲۵]. برای اینکه این شاخص برای انتخاب منطقه اورژانس مثبت شود، درصد تأخیر زمان سفر هر منطقه را از یک کم می‌کنیم. جدول ۳ خلاصه تخصیص ترافیک شبکه معابر شهر تهران را برای همسنگ‌سواری در یکی از ساعت‌های اوج صبح، به‌تفکیک مناطق شهرداری نشان می‌دهد.

جدول ۳. خلاصه تخصیص ترافیک شبکه معابر شهر تهران برای همسنگ‌سواری در یکی از ساعت‌های اوج صبح به‌تفکیک مناطق شهرداری

منطقه	زمان سفر آزاد	تأخیر در مسیر	تأخیر در تقاطع	کل زمان سفر	درصد تأخیر از کل زمان سفر
۱	۷۴۰۱	۳۹۵۲	۲۸۴۰	۱۴۱۹۲	۴۷/۹
۲	۱۲۰۷۷	۶۹۱۵	۴۶۸۳	۲۳۶۷۵	۴۹
۳	۷۸۹۲	۴۶۸۲	۳۲۸۰	۱۵۸۵۴	۵۰/۲
۴	۱۰۰۴۱	۳۰۱۶	۲۶۹۰	۱۵۷۴۷	۳۶/۲
۵	۶۷۲۹	۵۷۹۱	۷۱۵۵	۱۹۶۷۴	۶۵/۸
۶	۶۷۲۹	۵۷۹۱	۷۱۵۵	۱۹۶۷۴	۶۵/۸
۷	۵۳۹۵	۴۹۴۲	۴۸۰۴	۱۵۱۴۱	۶۴/۴
۸	۳۳۰۵	۱۱۲۰	۱۸۵۶	۶۲۸۱	۴۷/۴
۹	۳۸۵۹	۳۱۷۱	۲۴۶۸	۹۴۹۹	۵۹/۴
۱۰	۳۰۶۷	۲۶۹۱	۲۰۲۵	۷۷۸۲	۶۰/۶
۱۱	۳۸۶۰	۳۶۵۰	۴۷۶۱	۱۲۲۷۲	۶۸/۵
۱۲	۵۵۰۰	۷۹۲۸	۶۸۶۲	۲۰۲۹۰	۷۲/۹
۱۳	۲۷۹۷	۲۰۱۸	۱۲۶۹	۶۰۸۵	۵۴
۱۴	۴۶۷۲	۲۴۹۹	۱۸۶۹	۹۰۴۰	۴۸/۳
۱۵	۶۵۵۶	۲۵۳۵	۲۱۴۷	۱۱۲۳۸	۴۱/۷
۱۶	۳۶۲۳	۱۹۵۱	۱۷۷۶	۷۳۵۰	۵۰/۷
۱۷	۱۵۵۳	۱۳۰۳	۸۹۹	۳۷۵۵	۵۸/۶
۱۸	۵۲۳۹	۱۴۵۳	۱۱۹۴	۷۸۸۶	۲۳/۶
۱۹	۴۲۵۷	۱۳۹۸	۸۲۴	۶۴۷۹	۳۴/۳
۲۰	۳۰۵۹	۴۵۲	۹۲۴	۴۴۳۵	۳۱
۲۱	۴۹۳۱	۵۹۷	۱۰۴۳	۶۵۷۱	۲۵
۲۲	۴۶۳۵	۶۹۷	۴۸۱	۵۸۱۳	۲۰/۳

در شکل ۴ ترافیک راه‌های تهران در یکی از ساعت‌های اوج ترافیک نشان داده شده است:



شکل ۴. میزان ترافیک خیابان‌های اصلی شهر تهران [۲۶]

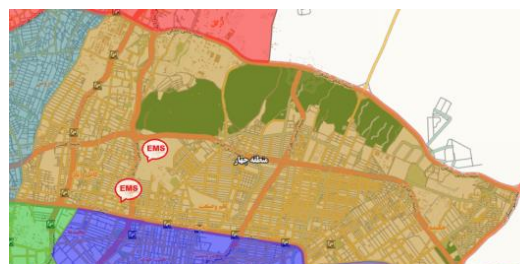
۴. میزان جمعیت به ازای هر اورژانس

با تقسیم جمعیت هر منطقه بر تعداد اورژانس‌های آن منطقه، شاخص میزان جمعیت به ازای هر اورژانس به دست می‌آید. جمعیت هر منطقه، براساس آخرین سرشماری جمعیت و تعداد اورژانس‌های هر منطقه در جدول ۴ آمده است. اطلاعات اورژانس‌ها از شهرداری تهران گرفته شده است.

جدول ۴. تعداد اورژانس‌ها در مناطق شهر تهران

منطقه	تعداد اورژانس	منطقه	تعداد اورژانس
۱	۹	۱۲	۳
۲	۱۷	۱۳	۳
۳	۵	۱۴	۲
۴	۲	۱۵	۴
۵	۲۶	۱۶	۳
۶	۴۷	۱۷	۳
۷	۱۳	۱۸	۶
۸	۵	۱۹	۱
۹	۳	۲۰	۲
۱۰	۲	۲۱	۵
۱۱	۲	۲۲	۷

برای نمونه، مکان‌های سرویس‌های اورژانسی در مناطق ۴ و ۱۵ به ترتیب با تعداد اورژانس‌های دو و چهار، در شکل‌های ۴ و ۵ مشاهده می‌شود:



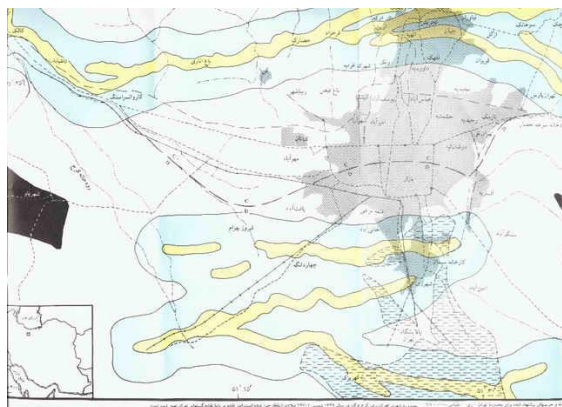
شکل ۵. محل سرویس‌های اورژانسی در منطقه ۴



شکل ۶. مکان سرویس‌های اورژانسی در منطقه ۱۵

۵. زلزله (مکان گسل‌ها)

با توجه به اینکه شهر تهران روی سه گسل بزرگ مشاء^۷، شمال تهران و گسل جنوب ری واقع شده که احتمال فعال شدن آن‌ها زیاد است، در معرض آسیب جدی قرار دارد و برای انتخاب مکان برای اورژانس، این مسئله باید در نظر گرفته شود. مناطق ۲، ۵ و ۳ در قسمت شمال روی گسل است و قسمت جنوب آن‌ها بهترین مکان برای اورژانس است؛ چراکه روی گسل نیست و برای خدمات‌رسانی نزدیک (در صورت وقوع زلزله) محل‌هایی با آسیب بالاست. در این پژوهش، قسمت جنوبی در نظر گرفته می‌شود و اولویت ۱ به این مناطق داده می‌شود (ایجاد اورژانس در قسمت‌های شمالی این مناطق معقول نیست). اولویت‌بندی مناطق دیگر، مطابق دیدگاه‌های کارشناس زمین‌شناسی، در جدول زیر آمده و اعداد فازی مثلی براساس جدول ۲ به خطر زلزله مناطق نسبت داده شده است. آسیب‌پذیری مناطق ۱۱، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ بالاست؛ زیرا این مناطق، علاوه بر زمین نرم، سفره‌های زیرزمینی زیادی دارند؛ به طوری که گاهی بدون وقوع زلزله، سازه‌ای در زمین فرو می‌رود. اطلاعات لازم در این زمینه، از مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران دریافت شده است.



شکل ۷. نقشه گسل‌های تهران و محدوده آن‌ها

مناطق زرد در شکل ۷، مرز گسیختگی گسل‌هاست. در این مناطق، هیچ سازه‌ای با هر ضریب ایمنی سالم نمی‌ماند. مناطقی که با رنگ آبی مشخص شده‌اند، به دلیل مجاورت با مناطق گسل‌ها، ویرانی شدیدی خواهند داشت.

در صورت الگوبرداری شهری مناسب، همه مناطق زرد و آبی می‌بایست به پارک تبدیل می‌شدند، اما متأسفانه

جدول ۷. واژه‌های زبانی و اعداد فازی مثلثی نسبت داده شده برای نمره دهی

امتیاز	توابع عضویت
(۰ و ۰ و ۱/۶)	بسیار بسیار پایین
(۰ و ۱/۶ و ۱/۳)	بسیار پایین
(۱/۶ و ۱/۳ و ۱/۲)	پایین
(۱/۳ و ۱/۲ و ۲/۳)	متوسط
(۱/۲ و ۲/۳ و ۵/۶)	بالا
(۱ و ۵/۶ و ۲/۳)	بسیار بالا
(۱ و ۱ و ۵/۶)	بسیار بسیار بالا

۶. تعداد تصادفات بسیار خطرناک

در این شاخص، تعداد تصادفات منجر به فوت مناطق بیست و دو گانه در سال ۱۳۹۰ در نظر گرفته شده که در جدول ۸ آمده است. این اطلاعات، از سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران گرفته شده است. براساس این شاخص می‌توان میزان تصادفات بسیار خطرناک مناطق بیست و دو گانه را به دست آورد.

جدول ۸. تعداد تصادفات منجر به فوت در سال ۱۳۹۰

مناطق تهران			
منطقه	تعداد تصادفات منجر به فوت	منطقه	تعداد تصادفات منجر به فوت
۱	۵۶	۱۲	۸۰
۲	۱۸	۱۳	۲۴
۳	۳۳	۱۴	۲۹
۴	۸۹	۱۵	۶۶
۵	۱۱۹	۱۶	۳۵
۶	۴۴	۱۷	۴
۷	۱	۱۸	۵۴
۸	۲۴	۱۹	۴۹
۹	۲۰	۲۰	۱۰۷
۱۰	۳۲	۲۱	۲۳
۱۱	۱۶	۲۲	۳۰

حل مسئله

ابتدا باید وزن شاخص‌ها تعیین شود. برای این منظور، شاخص‌ها را براساس دیدگاه‌های کارشناسان و پژوهش‌های

مکان‌هایی هستند که بیشترین برج‌سازی‌ها در آن‌ها انجام گرفته است. جدول ۵ مشخصات گسل‌های فعال تهران را نشان می‌دهد. این مشخصات، از مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران گرفته شده است.

اعداد فازی مثلثی، مطابق جدول ۷ به مناطق نسبت داده می‌شود. ایمنی مناطق از نظر مکان گسل در زمان زلزله، در جدول ۶ دیده می‌شود.

جدول ۵. مشخصات گسل‌های فعال تهران

گسل	سازوکار گسل	سوابق لرزه‌ای	طول (کیلومتر) کلی مؤثر	بزرگي Ms
مشاء	فشاری و معکوس	۹ مرتبه	۴۰۰	۱۴۰
شمال تهران	فشاری - امتداد لغز چپ‌گرد	۳ مرتبه	۷۵	۳۷/۵
نیاوران	فشاری و معکوس	ندارد	۱۳	۶/۵
شمال ری	فشاری و معکوس	۳ مرتبه	۱۷	۸/۵
جنوب ری	فشاری و معکوس	۳ مرتبه	۱۸/۵	۹/۲۵
کهریزک	فشاری و معکوس	۳ مرتبه	۴۰	۲۰
گرمسار	فشاری و معکوس	۳ مرتبه	۷۰	۳۵
پیشوا	-	۱ مرتبه	۳۴	۱۷
پارچین	فشاری و معکوس	۱ مرتبه	۱۷/۵	۸/۷۵
اشتهارد	فشاری و معکوس	۱ مرتبه	۶۱/۵	۳۰/۷۵
طالقان	فشاری و معکوس	۲ مرتبه	۶۰	۳۰
ایوانکی	فشاری و معکوس	۳ مرتبه	۵۲	۲۶
تلو پایین	امتداد لغز راست‌گرد	ندارد	۱۳	۶/۵

جدول ۶. اولویت‌بندی مناطق در آسیب‌پذیری زلزله بر مبنای گسل‌های عمده تهران

محدوده	اولویت	عدد فازی مثلثی اختصاص یافته
خارج از محدوده آسیب گسل و نزدیک به آن	۱	(۱ و ۵/۶ و ۲/۳)
خارج از محدوده آسیب گسل	۲	(۵/۶ و ۲/۳ و ۱/۲)
در جوار گسل	۳	(۱/۲ و ۱/۳ و ۱/۶)
روی گسل	۴	(۱/۶ و ۰ و ۰)

پیشین، به صورت دوه‌دو با هم مقایسه می‌کنیم و با استفاده از جدول ۹ برای تعیین درجه اهمیت شاخص‌ها در مقایسه با یکدیگر، اعداد فازی نسبت می‌دهیم. سپس میانگین فازی هر سطر را می‌گیریم و وزن نهایی را دیفازی^۸ می‌کنیم. جدول ۱۰ مقایسه‌های زوجی شاخص‌ها را با استفاده از واژه‌های زبانی تبدیل شده به اعداد فازی مثلثی نشان می‌دهد. وزن نهایی شاخص‌ها در جدول ۱۱ آمده است.

جدول ۹. واژه‌های زبانی و اعداد فازی مثلثی نسبت داده شده

توابع عضویت	درجه اهمیت
بسیار بی‌اهمیت	(۱/۶ و ۰ و ۰)
بی‌اهمیت	(۱/۳ و ۱/۶ و ۰)
کم‌اهمیت‌تر	(۱/۲ و ۱/۳ و ۱/۶)
با اهمیت یکسان	(۲/۳ و ۱/۲ و ۱/۳)
بالاهمیت‌تر	(۵/۶ و ۲/۳ و ۱/۲)
بسیار بالاهمیت	(۱ و ۵/۶ و ۲/۳)
بسیار بسیار بالاهمیت	(۱ و ۱ و ۵/۶)

جدول ۱۰. تعیین وزن شاخص‌ها با استفاده از واژه‌های زبانی تبدیل شده به اعداد فازی مثلثی

میزان جمعیت	زلزله (مکان گسل)	افراد به‌ازای هر اورژانس	نوع بافت عمرانی منطقه	میزان ترافیک	تصادفات بسیار خطرناک	وزن نهایی
(۲/۳ و ۱/۲ و ۱/۳)	(۵/۶ و ۲/۳ و ۱/۲)	(۱/۳ و ۱/۶ و ۰)	(۱ و ۵/۶ و ۲/۳)	(۵/۶ و ۲/۳ و ۱/۲)	(۵/۶ و ۲/۳ و ۱/۲)	(۸۳ و ۷۰ و ۵۶)
(۱/۳ و ۱/۶ و ۰)	(۲/۳ و ۱/۲ و ۱/۳)	(۱/۳ و ۱/۶ و ۰)	(۲/۳ و ۱/۲ و ۱/۳)	(۱/۲ و ۱/۳ و ۱/۶)	(۲/۳ و ۱/۲ و ۱/۳)	(۵۳ و ۳۶ و ۱۹)
(۱/۳ و ۱/۶ و ۰)	(۵/۶ و ۲/۳ و ۱/۲)	(۱/۳ و ۱/۶ و ۰)	(۵/۶ و ۲/۳ و ۱/۲)	(۲/۳ و ۱/۲ و ۱/۳)	(۲/۳ و ۱/۲ و ۱/۳)	(۶۱ و ۴۴ و ۲۸)
(۱/۶ و ۰ و ۰)	(۲/۳ و ۱/۲ و ۱/۳)	(۱/۶ و ۰ و ۰)	(۲/۳ و ۱/۲ و ۱/۳)	(۱/۲ و ۱/۳ و ۱/۶)	(۲/۳ و ۱/۲ و ۱/۳)	(۴۷ و ۳۳ و ۱۹)
(۱ و ۵/۶ و ۲/۳)	(۱ و ۵/۶ و ۲/۳)	(۲/۳ و ۱/۲ و ۱/۳)	(۱ و ۵/۶ و ۲/۳)	(۱ و ۵/۶ و ۲/۳)	(۱ و ۵/۶ و ۲/۳)	(۸۹ و ۷۸ و ۶۱)
(۱/۳ و ۱/۶ و ۰)	(۲/۳ و ۱/۲ و ۱/۳)	(۱/۳ و ۱/۶ و ۰)	(۲/۳ و ۱/۲ و ۱/۳)	(۲/۳ و ۱/۲ و ۱/۳)	(۲/۳ و ۱/۲ و ۱/۳)	(۵۶ و ۳۹ و ۲۲)

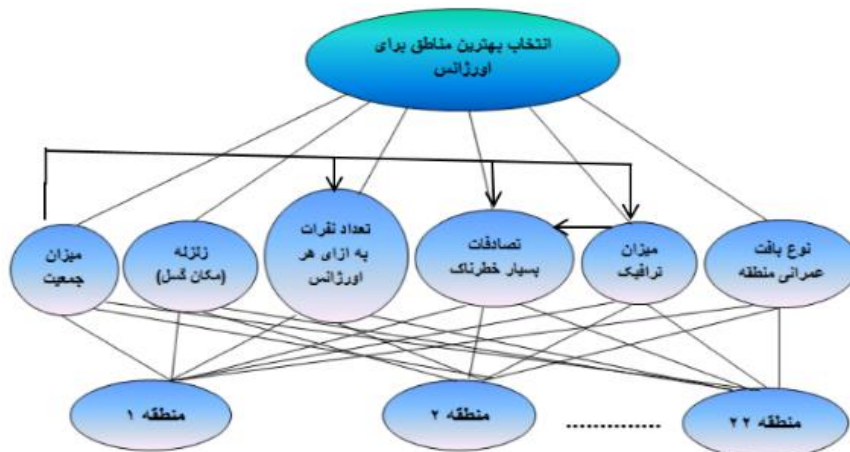
جدول ۱۱. وزن نهایی شاخص‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی

شاخص‌ها (در هر منطقه)	وزن نهایی (درصد)
میزان جمعیت	۱۹
زلزله (مکان گسل‌ها)	۱۲
میزان ترافیک	۱۵
نوع بافت عمرانی منطقه	۱۱
تعداد افراد به‌ازای هر اورژانس	۳۰
تعداد تصادفات بسیار خطرناک	۱۳

فرایند سلسله‌مراتبی برای رتبه‌بندی نیازمندترین مناطق برای افزودن سرویس اورژانسی جدید، یک محدودیت اساسی دارد و آن این است که روش تحلیل سلسله‌مراتبی، وابستگی‌های احتمالی میان فاکتورها را در نظر نمی‌گیرد و بر این فرض پیش می‌رود که فاکتورها و معیارها از یکدیگر مستقل‌اند. به عبارت دیگر، مستقل بودن

فاکتورها در نظر گرفته شود، ضروری به نظر می‌رسد. برتری رویکرد فرایند تحلیل شبکه ای (ANP) نسبت به روش تحلیل سلسله‌مراتبی، به دلیل در نظر گرفتن وابستگی‌های عوامل است. در روش تحلیل سلسله‌مراتبی، مسئله، ساختاری سلسله‌مراتبی می‌یابد که در آن، هر عنصر سطح پایین، به عناصر سطح بالاتر خود به صورت خطی وابسته است. در صورتی که در عناصر سطح‌های یکسان یا مختلف نیز وابستگی وجود داشته باشد و این عناصر بر یکدیگر تأثیر بگذارند، مسئله از حالت سلسله‌مراتبی خارج می‌شود و یک شبکه تشکیل می‌دهد. در این صورت، برای محاسبه وزن شاخص‌ها از نظریه شبکه‌ها استفاده می‌شود.

عوامل و معیارها از فرضیه‌های اصلی روش تحلیل سلسله‌مراتبی است و مشخص است که این فرض در مسائل تصمیم‌گیری امروز معمولاً منطقی نیست؛ برای نمونه، در این مسئله، میزان جمعیت یک منطقه بر تعداد تصادفات خطرناک و وضعیت ترافیک آن مؤثر است. پس شاخص‌های این مسئله از یکدیگر مستقل نیستند. در نتیجه با مفروضات روش تحلیل سلسله‌مراتبی همخوانی ندارند. نتایج وزن‌های اختصاص یافته به شاخص‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی - که وابستگی‌ها را در نظر نمی‌گیرد - متفاوت با وزن‌هایی است که فرض وابستگی بین عوامل در آن در نظر گرفته شده است؛ بنابراین، استفاده از رویکردی که در آن، وابستگی احتمالی بین



شکل ۸. ساختار شبکه‌ای برای رتبه‌بندی مناطق برای افزودن اورژانس جدید (اثرگذاری شاخص‌ها بر هم)

توجه به نزدیکی به گسل‌ها، مقایسه‌های زوجی فازی انجام می‌گیرد. ستون‌های، جدول مطابق فرمول ۶ نرمال شده است:

$$r_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m X_{ij}^2}} \quad (6)$$

در نهایت، وزن مربوط به هر شاخص، در ستون آن شاخص ضرب شده است. مجموع هر سطر، نشان‌دهنده امتیاز نهایی هر منطقه بر حسب شاخص‌ها برای افزودن سرویس اورژانسی است که در جدول ۱۳ آمده است:

جدول ۱۲. وزن نهایی شاخص‌ها با استفاده از روش ANP

شاخص‌ها (در هر منطقه تهران)	وزن نهایی (درصد)
میزان جمعیت	۰/۲۴۸
زلزله (مکان گسل‌ها)	۰/۱۲
میزان ترافیک	۰/۱۲۶
نوع بافت عمرانی منطقه	۰/۱۱
میزان جمعیت به‌ازای هر اورژانس	۰/۲۹۱
تعداد تصادفات بسیار خطرناک	۰/۰۹۲

در ادامه، برای مناطق بیست و دوگانه بر حسب همه شاخص‌ها، مقایسه‌های زوجی صورت می‌گیرد و همان‌طور که مشخص است، برای شاخص آسیب‌پذیری با

جدول ۱۳. ماتریس نرمال شده وزن دار و امتیازدهی به مناطق برای افزودن اورژانس به روش تحلیل سلسله مراتبی فازی

منطقه	جمعیت	ترافیک	بافت	تصادف	جمعیت به ازای هر اورژانس	زلزله (گسل)	امتیاز نهایی
۱	۰/۰۴۷۰	۰/۰۳۱۰	۰/۰۰۲۴	۰/۰۲۹۲	۰/۰۱۶۵	۰/۰۱۱۷	۰/۱۳۲۱
۲	۰/۰۷۵۲	۰/۰۳۰۳	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۹۴	۰/۰۱۴۰	۰/۰۳۲۸	۰/۱۵۱۵
۳	۰/۰۳۵۹	۰/۰۲۹۰	۰/۰۰۱۴	۰/۰۱۷۲	۰/۰۲۲۸	۰/۰۳۲۸	۰/۱۳۶۴
۴	۰/۰۱۰۷	۰/۰۳۸۰	۰/۰۰۰۲	۰/۰۴۶۴	۰/۱۶۱۶	۰/۰۱۹۳	۰/۳۷۴۴
۵	۰/۰۸۳۹	۰/۰۳۶۸	۰/۰۰۰۳	۰/۰۶۲۱	۰/۰۱۰۲	۰/۰۳۲۸	۰/۲۱۳۱
۶	۰/۰۲۹۲	۰/۰۲۰۳	۰/۰۰۰۳	۰/۰۲۲۹	۰/۰۰۱۹	۰/۰۳۲۸	۰/۱۰۲۶
۷	۰/۰۳۸۲	۰/۰۲۱۱	۰/۰۲۶۵	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۹۳	۰/۰۲۸۴	۰/۱۱۸۸
۸	۰/۰۴۶۸	۰/۰۳۱۳	۰/۰۱۸۶	۰/۰۱۲۵	۰/۰۲۹۷	۰/۰۲۸۴	۰/۱۶۳۸
۹	۰/۰۲۰۴	۰/۰۲۴۱	۰/۰۱۲۸	۰/۰۱۰۴	۰/۰۲۱۷	۰/۰۲۸۴	۰/۱۱۷۶
۱۰	۰/۰۳۹۰	۰/۰۲۳۴	۰/۰۳۰۹	۰/۰۱۶۷	۰/۰۶۲۰	۰/۰۳۲۸	۰/۲۰۷۵
۱۱	۰/۰۳۴۰	۰/۰۱۸۷	۰/۰۴۹۹	۰/۰۰۰۴	۰/۰۵۴۰	۰/۰۱۱۷	۰/۱۷۱۱
۱۲	۰/۰۳۰۶	۰/۰۱۶۱	۰/۰۶۳۲	۰/۰۴۱۷	۰/۰۳۲۴	۰/۰۱۱۷	۰/۱۹۵۴
۱۳	۰/۰۳۰۳	۰/۰۲۷۴	۰/۰۰۷۴	۰/۰۱۲۵	۰/۰۳۲۱	۰/۰۲۸۴	۰/۱۳۷۷
۱۴	۰/۰۵۹۶	۰/۰۳۰۷	۰/۰۱۸۳	۰/۰۱۵۱	۰/۰۹۴۶	۰/۰۳۲۸	۰/۲۵۵۳
۱۵	۰/۰۷۹۵	۰/۰۳۴۶	۰/۰۱۳۵	۰/۰۳۴۴	۰/۰۶۳۲	۰/۰۱۱۷	۰/۲۳۲۸
۱۶	۰/۰۳۵۹	۰/۰۲۹۳	۰/۰۱۵۴	۰/۰۱۸۲	۰/۰۳۸۰	۰/۰۱۱۷	۰/۱۴۸۱
۱۷	۰/۰۳۱۶	۰/۰۲۴۶	۰/۰۴۹۹	۰/۰۰۲۱	۰/۰۳۳۵	۰/۰۳۲۸	۰/۱۷۴۲
۱۸	۰/۰۳۹۰	۰/۰۳۹۶	۰/۰۰۴۶	۰/۰۲۸۲	۰/۰۲۰۷	۰/۰۳۲۸	۰/۱۶۱۳
۱۹	۰/۰۳۰۷	۰/۰۳۹۱	۰/۰۰۱۹	۰/۰۵۵۵	۰/۰۹۸۱	۰/۰۱۱۷	۰/۰۲۱۶۸
۲۰	۰/۰۴۱۴	۰/۰۴۱۱	۰/۰۱۰۴	۰/۰۵۵۸	۰/۰۶۵۹	۰/۰۱۱۷	۰/۲۲۹۲
۲۱	۰/۰۱۹۶	۰/۰۴۴۷	۰/۰۰۰۲	۰/۰۱۲۰	۰/۰۱۲۵	۰/۰۳۲۸	۰/۰۱۳۰۳
۲۲	۰/۰۱۳۳	۰/۰۴۷۵	۰	۰/۰۱۵۶	۰/۰۰۶۰	۰/۰۱۱۷	۰/۰۹۲۷

جدول ۱۴. ماتریس نرمال شده وزن دار و امتیازدهی به مناطق برای افزودن اورژانس به روش ANP

منطقه	جمعیت	ترافیک	بافت	تصادف	جمعیت به ازای هر اورژانس	زلزله (گسل)	امتیاز نهایی
۱	۰/۰۰۵۰۶	۰/۰۲۶۰	۰/۰۰۲۴	۰/۰۲۰۷	۰/۰۱۸۴	۰/۰۱۱۷	۰/۱۲۹۸
۲	۰/۰۸۱۱	۰/۰۲۵۵	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۶۷	۰/۰۱۵۷	۰/۰۳۲۸	۰/۱۶۲۵
۳	۰/۰۳۸۸	۰/۰۲۴۴	۰/۰۰۱۴	۰/۰۱۲۲	۰/۰۲۵۵	۰/۰۳۲۸	۰/۱۳۵۱
۴	۰/۰۰۹۶	۰/۰۳۱۹	۰/۰۰۰۲	۰/۰۳۲۸	۰/۱۸۰۹	۰/۰۱۹۳	۰/۳۷۴۷
۵	۰/۰۹۰۵	۰/۰۳۰۹	۰/۰۰۰۳	۰/۰۴۳۹	۰/۰۱۱۴	۰/۰۳۲۸	۰/۲۰۹۸
۶	۰/۰۳۱۵	۰/۰۱۷۱	۰/۰۰۰۳	۰/۰۱۶۲	۰/۰۰۲۱	۰/۰۳۲۸	۰/۱۰۰۰
۷	۰/۰۴۱۲	۰/۰۱۷۷	۰/۰۲۶۵	۰/۰۰۰۳	۰/۰۱۰۴	۰/۰۲۸۴	۰/۱۲۴۵
۸	۰/۰۵۰۵	۰/۰۰۲۶۳	۰/۰۱۸۶	۰/۰۰۸۸	۰/۰۳۳۳	۰/۰۲۸۴	۰/۱۶۵۹
۹	۰/۰۲۲۱	۰/۰۲۰۲	۰/۰۱۲۸	۰/۰۰۷۴	۰/۰۲۴۳	۰/۰۲۸۴	۰/۱۱۵۲
۱۰	۰/۰۴۲۰	۰/۰۱۹۷	۰/۰۳۰۹	۰/۰۱۱۸	۰/۰۶۹۴	۰/۰۳۲۸	۰/۲۰۶۶
۱۱	۰/۰۳۶۷	۰/۰۱۵۷	۰/۰۴۹۹	۰/۰۰۰۳	۰/۰۶۰۴	۰/۰۱۱۷	۰/۱۷۴۷
۱۲	۰/۰۳۳۰	۰/۰۱۳۵	۰/۰۶۳۲	۰/۰۲۹۵	۰/۰۳۶۳	۰/۰۱۱۷	۰/۱۸۷۲
۱۳	۰/۰۳۲۶	۰/۰۲۳۰	۰/۰۰۷۴	۰/۰۰۸۸	۰/۰۳۵۹	۰/۰۲۸۴	۰/۱۳۶۱
۱۴	۰/۰۶۴۲	۰/۰۲۵۸	۰/۰۱۸۳	۰/۰۱۰۷	۰/۰۰۵۹	۰/۰۳۲۸	۰/۲۵۷۷
۱۵	۰/۰۸۵۸	۰/۰۲۹۱	۰/۰۱۳۵	۰/۰۲۴۳	۰/۰۷۰۷	۰/۰۱۱۷	۰/۲۳۵۱
۱۶	۰/۰۳۸۸	۰/۰۲۴۶	۰/۰۱۵۴	۰/۰۱۲۹	۰/۰۴۲۵	۰/۰۱۱۷	۰/۱۴۵۹
۱۷	۰/۰۳۴۱	۰/۰۲۰۷	۰/۰۴۹۹	۰/۰۰۱۵	۰/۰۳۷۵	۰/۰۳۲۸	۰/۱۷۶۵
۱۸	۰/۰۴۲۰	۰/۰۳۳۳	۰/۰۰۴۶	۰/۰۲۰۰	۰/۰۲۳۲	۰/۰۳۲۸	۰/۱۵۵۹
۱۹	۰/۰۰۳۳۲	۰/۰۳۲۸	۰/۰۰۱۹	۰/۰۱۸۰	۰/۱۰۹۸	۰/۰۱۱۷	۰/۲۰۷۴
۲۰	۰/۰۴۴۶	۰/۰۳۴۵	۰/۰۱۰۴	۰/۰۳۹۵	۰/۰۱۸۴	۰/۰۱۱۷	۰/۱۵۹۱
۲۱	۰/۰۰۲۱۱	۰/۰۳۷۵	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۸۵	۰/۰۱۵۷	۰/۰۳۲۸	۰/۱۱۵۸
۲۲	۰/۰۱۴۴	۰/۰۳۹۹	۰	۰/۰۱۱۰	۰/۰۲۵۵	۰/۰۱۱۷	۰/۱۰۲۵

میزان امتیازهای مناطق بیست و دو گانه شهر تهران در شکل ۹ آمده است.

میزان نیاز منطقه ۴ با اختلاف زیاد، بیشتر از مناطق دیگر است. بدین ترتیب، ساکنان این منطقه، هرساله از این حیث آسیب‌های فراوانی می‌بینند و استقرار سرویس اورژانسی جدید در این منطقه ضروری است. همچنین مدیران و تصمیم‌گیرندگان ارشد باید با توجه به میزان نیاز هر منطقه و همچنین اولویت‌های حاصل از این پژوهش، سرویس‌های بهینه را فراهم سازند و موجب نجات انسان‌ها و کاهش عوارض ناشی از دیر رسیدن بیمار یا مصدوم به اورژانس‌ها شوند.

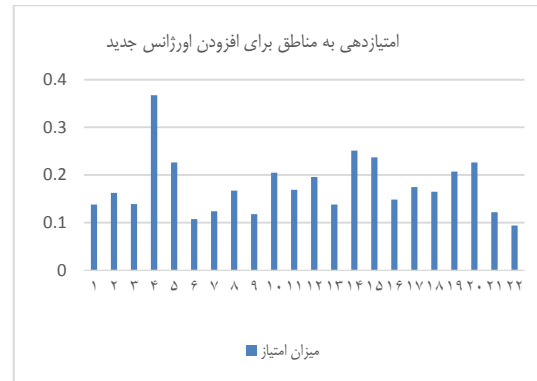
شکل‌های ۹ و ۱۰ نشان می‌دهند دو روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و ANP نتایج نسبتاً یکسانی دارند و در بعضی از مناطقی که امتیازها بسیار به یکدیگر نزدیک است، رتبه‌بندی به میزان بسیار اندکی تغییر یافته است.

نتیجه‌گیری

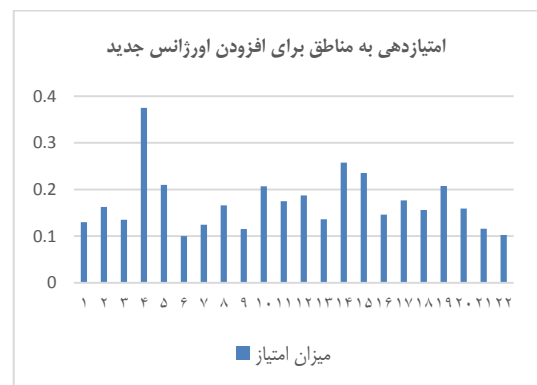
پژوهش حاضر، برای رتبه‌بندی و امتیازدهی به مناطق برحسب نیاز به سرویس‌های اورژانسی، روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی را به‌طور موفقیت‌آمیزی به کار برده است. همچنین با در نظر گرفتن وابستگی میان شاخص‌ها، از روش ANP نیز بهره گرفته است.

در این مطالعه، مناطق شهر تهران با توجه به شاخص‌ها امتیاز داده شده‌اند. در این مسئله، از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره تحلیل سلسله‌مراتبی فازی استفاده شده است. به دلیل اینکه همه مناطق برحسب شاخص‌های ذکر شده دوبره دو مقایسه می‌شوند، دقت نتایج بالاست. مطابق نتایج، منطقه ۴ بیش از سایر مناطق به اورژانس نیاز دارد و امتیازهای مناطق دیگر، بیانگر میزان نیاز آن‌ها به افزودن اورژانس است. همان‌طور که مشاهده شد، نتایج حل مسئله، با استفاده از دو روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و ANP تقریباً یکسان است و اختلاف چندانی ندارد.

امتیازهای مناطق بیست‌و‌دوگانه شهر تهران در شکل ۱۰ آمده است.



شکل ۹. امتیازهای مناطق برای افزودن اورژانس جدید با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی



شکل ۱۰. امتیازهای مناطق برای افزودن اورژانس جدید با استفاده از روش ANP

همان‌طور که مشاهده می‌شود، در هر دو روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و ANP، منطقه ۴ بیشترین نیاز را به استقرار سرویس اورژانسی جدید دارد و امتیاز سایر مناطق، بیانگر میزان نیاز آن‌ها به استقرار سرویس اورژانسی جدید است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با توجه به شاخص‌ها،

مراجع

1. Lootsma, F. (1997). Fuzzy Logic for Planning and Decision Making. Applied Optimization. Edition. Springer.
2. Saaty, TL. (1980). The analytic hierarchy process. McGraw-Hill, New York.
3. Vaidya, OS. and Kumar, S. (2006). "Analytic hierarchy process: an overview of applications." Eur J Oper Res, 169:1-29.

4. Kahraman, C., Cebeci, U. and Ulukan, Z. (2003). "Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP." *Logist Inf Manag*, 16(6):382–394.
5. Wang, TC. and Chen, YH. (2007). "Applying consistent fuzzy preference relations to partnership selection." *Omega* 35:384–388.
6. Deng, H. (1999). "Multicriteria analysis with fuzzy pair-wise comparison." *Int J Approx Reason*, 21:215–231.
7. Van Laarhoven, PJM. And Pedrcyz, W. (1983). "A fuzzy extension of Saaty's priority theory." *Fuzzy Sets Syst*, 11:229–241.
8. Podvezko, Valentinas (2009). "Application of AHP Technique." *Journal of Business Economics and Management*, 9: 181-189.
9. Ertugrul, I. and Karakasoglu, N. (2009). "Performance evaluation of Turkish cement firms with fuzzy analytic hierarchy process and TOPSIS methods." *Expert Systems with Applications*, 36(1), 702–715.
10. Chu, T.C. (2002). "Selecting Plant Location via a Fuzzy TOPSIS Approach." *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 20(11), 859–864.
11. Yong, D. (2006). "Plant location selection based on fuzzy TOPSIS." *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 28(7-8), 839–844.
12. Chou, C.C. (2003). "The canonical representation of multiplication operation on triangular fuzzy numbers." *Computers & Mathematics with Applications*, 45(10-11), 1601–1610.
13. Yang, L., Jones, B.F. and Yang, S.H. (2007). "A fuzzy multi-objective programming for optimization of fire station locations through genetic algorithms." *European Journal of Operational Research*, 181, 903–915.
14. Tzeng, G.H. and Huang, J.J. (2011). "Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications." Chapman and Hall/CRC.
15. Qingkui, C. and Danmei, S. (2013). "Location of Emergency Logistics Distribution Centers Based on RS-AHP." *Logistics Technology*, 7, 034.
16. Benning, C. (2014). "Facility Location Selection Using AHP/PROMETHEE II Ranking Method." Thesis.
17. Turgut, B.T., Tas, G., Herekoglu, A., Tozan, H. and Vayvay, O. (2011). "A fuzzy AHP based decision support system for disaster center location selection and a case study for Istanbul." *Disaster Prevention and Management*, 20, 499–520.
18. Özdağoğlu, A. (2012). "A multi-criteria decision-making methodology on the selection of facility location: fuzzy ANP." *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 59, 787-803.
19. Kabir, G. and Sumi, R.S. (2012). "Selection of concrete production facility location integrating Fuzzy AHP with TOPSIS Method." *International Journal of Productivity Management and Assessment Technologies*, (IJPMAT) 1, 40–59.
20. Zebardast, A. and Mohammadi, E. (2005). "Location relief centers (in terms of earthquake) using GIS and multi-criteria evaluation method AHP." *Arts Magazine*, Vol. 21, No. 21.
21. Hoshier, H. (2012). "Location medical centers using AHP (Case Study: City of Mahabad)." *Geographical space*, Vol. 11, No. 36.
22. Maleki, R. and Ziari, K. (2014). "Priorities location health services centers using AHP method case study: the city mentioned." *Human Geography Research*, Vol. 13, No. 25.
23. "Old texture." Accessed February 25, 2014. <http://atlas.tehran.ir/Default.aspx?tabid=193>.
24. "Old texture." Accessed February ۱۷, 2014. <http://atlas.tehran.ir/Default.aspx?tabid=99>.
25. "Tehran Traffic." Accessed March 29, 2014. <http://bankedata.com/TehranTraffic.asp>.
26. "Tehran Municipality." Accessed March 27, 2014. <http://map.tehran.ir>.

واژگان انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

1. Analytic Hierarchy Process (AHP)
 2. Fuzzy Set Theory (FST)
 3. Multi Objective Decision Making (MODM)
 4. Multi Attribute Decision Making (MADM)
 5. Multi Criteria Decision Making (MCDM)
 6. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)
 7. Mosha
 8. Defuzzy
-