



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر  
فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال شانزدهم، شماره ۵۶  
زمستان ۱۳۹۵، صفحات ۷۸-۵۳

زهرا برزویی<sup>۱</sup>

ایوب تقی زاده<sup>۲</sup>

کاظم رنگزن<sup>۳</sup>

## مکان‌یابی بیمارستان با استفاده از مقایسه دو روش تحلیل سلسله مراتبی فازی در شهر اهواز

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۳/۲۴

### چکیده

مسئولان برنامه‌ریزی محیطی با تصمیم‌گیری‌های بسیار پیچیده‌ای مواجه هستند، از جمله این تصمیم‌گیری‌ها می‌توان به انتخاب موقعیت مناسب برای مراکز خدمات‌رسانی، با توجه به چند معیار متناقض اشاره کرد. در این مطالعه، از قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی برای تهیه نقشه معیارهای اولیه استفاده شده است و با توجه به ۷ معیار مورد نظر، ۶ مکان جدید برای مدیریت بهتر و پوشش‌دهی کامل شهر اهواز شناسایی شدند. سپس دو روش تحلیل سلسله مراتبی فازی جهت ارزیابی معیارهای تصمیم‌گیری و اولویت‌بندی مکان‌های کاندید شده و نهایتاً تعیین مناسب‌ترین مکان برای ایجاد بیمارستان در منطقه شهری اهواز استفاده گردید که این روش‌ها عبارت از آنالیزهای محدوده فازی و باکلی هستند. نتایج اولویت‌بندی ۶ مکان جدید جهت استقرار بیمارستان، بیانگر این می‌باشد که روش‌های محدوده فازی و باکلی تقریباً نتایج مشابهی را در اولویت‌بندی مکان‌های پیشنهادی ارائه داده‌اند، به این شکل که پهنه‌های ۵ و ۳ در ناحیه ۷ و ۳ شهرداری اهواز در هر دو روش تحلیل سلسله مراتبی فازی از الویت بالاتری برای احداث بیمارستان برخوردار می‌باشند.

**کلید واژه‌ها:** سیستم اطلاعات جغرافیایی، تحلیل سلسله مراتبی فازی، آنالیزهای محدوده فازی، روش باکلی.

## مقدمه

جمعیت رو به رشد مناطق شهری، باعث افزایش تقاضا جهت ایجاد خدمات شهری از جمله بیمارستان‌های جدید شده است. از معیارهای مهم در موقعیت‌یابی بیمارستان، میزان سازگاری و مطلوبیت محل قرارگیری بیمارستان‌ها می‌باشد. سازگاری در واقع میزان مناسبت یک محل را برای یک هدف خاص نشان می‌دهد و از لحاظ برنامه‌ریزی شهری، کاربری‌هایی که در حوضه نفوذ یکدیگر قرار می‌گیرند، باید از نظر سنخیت و هم‌خوانی فعالیت با یکدیگر منطبق باشند و باعث مزاحمت و مانع انجام فعالیت‌های یکدیگر نگردند. در استقرار بیمارستان نیز هم‌جواری با بعضی از کاربری‌ها باعث ایجاد خلل در فعالیت‌ها و خدمات‌رسانی شده و موجب می‌گردند تا خسارات جبران‌ناپذیری به مردم و دارایی آن‌ها وارد آید. بدین جهت بایستی تمام کاربری‌های ریسک‌پذیر را شناسایی و حتی‌المقدور از تأسیس بیمارستان‌های جدید در محدوده آن‌ها جلوگیری شود.

به‌طور کلی کاربری‌های مؤثر در مکان‌یابی بیمارستان در این تحقیق به ۲ دسته کلی تقسیم‌بندی می‌شوند:

الف) کاربری‌های سازگار: دسترسی نسبت به کاربری‌های مختلف از جمله فضای سبز، ایستگاه‌های آتش‌نشانی، مناطق مسکونی، مناطق پرتراکم جمعیت و خیابان‌های اصلی و فرعی می‌باشند.

ب) کاربری‌های ریسک‌پذیر: مجاورت رودخانه و گسل.

این تحقیق تلاشی است در جهت انتخاب مکان مناسب برای ایجاد بیمارستان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی<sup>۴</sup>، درحالی‌که همزمان بایستی به تردید در این‌چنین تصمیم‌گیری‌هایی نیز توجه کرد. معیارهایی که جهت مکان‌یابی بهینه بیمارستان در این تحقیق استفاده شده است، شامل نزدیکی به خیابان‌های اصلی و فرعی، ظرفیت خدمات‌رسانی به بیش‌ترین میزان جمعیت، دسترسی آسان به ایستگاه‌های آتش‌نشانی، مناطق مسکونی، فضای سبز و دوری از گسل و رودخانه کارون که به‌عنوان مخاطرات طبیعی شناخته می‌شوند. از آنجا که این چند معیار باهم متناقض هستند، مکان‌یابی یک مشکل نیمه‌ساختاری است. بنابراین آنالیزهای تصمیم‌گیری چندمعیاره<sup>۵</sup> یک فن مناسب برای ارزیابی متغیرها است. آنالیزهای تصمیم‌گیری چندمعیاره جهت حل مشکلات مکان‌یابی استفاده می‌شوند. روش‌هایی مانند پرمیت و الکترو و تاپسیس<sup>۶</sup> جهت رتبه‌بندی مکان‌های مختلف و به‌طور خاص در رابطه با مشکلات محیطی کاربرد دارد (مارینونی<sup>۷</sup>، ۲۰۰۵:۵۱؛ چنگ<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۰۲: ۹۷۵؛ سالمین<sup>۹</sup> و همکاران، ۱۹۹۸: ۴۵۸). تحلیل سلسله مراتبی<sup>۱۰</sup> که به وسیله ساعتی<sup>۱۱</sup> (۱۹۸۰) توضیح داده شده، یکی از مفیدترین روش‌ها

4- GIS

5- Multi Criteria Decision Making Analysis (MCDA)

6- Promethe, Electre, TOPSIS

7- Marinoni

8- Cheng

9- Salminen

10- Analytical Hierarchy Process (AHP)

11- Saaty

است که نقش بسیار مهمی در انتخاب متغیرهای بهینه دارد (دی و رامچاران<sup>۱۲</sup>، ۲۰۰۸: ۱۳۸۴). روش مقایسه زوجی به دلیل داشتن مبنای تئوریک قوی، دقت بالا، سهولت استفاده، دارا بودن ارزش و اعتبار و درستی و دقت نتیجه، یکی از معتبرترین و پرکاربردترین روش‌ها در این زمینه می‌باشد (مالزوسکی<sup>۱۳</sup>، ۱۹۹۹).

در تحلیل سلسله مراتبی<sup>۱۴</sup>، بین متغیرها، ماتریس مقایسه زوجی تشکیل شده که میزان ارجحیت متغیرها را نسبت به هم نشان می‌دهد. در این مقایسه‌ها از ارزش‌های عددی جهت نمایش میزان ارجحیت متغیرها استفاده می‌شود (تاها<sup>۱۵</sup>، ۲۰۰۳). این ارزش‌ها در مقیاس ۱-۹ طبقه‌بندی می‌شوند که نشانگر اهمیت برابر تا اهمیت فوق‌العاده زیاد متغیرها نسبت به یکدیگر است، البته گاهی نیز در فاصله ۱-۵ طبقه‌بندی مقیاس‌های زبانی صورت می‌گیرد. در ماتریس مقایسه زوجی، عدد ۹ نشان‌دهنده اهمیت زیاد و ۱/۹ بیانگر کم‌ترین اهمیت است (سارکیز و تالوری<sup>۱۶</sup>، ۲۰۰۴: ۳۱۸). از این مقیاس‌های نسبتی جهت مقایسه وزن عناصر کمی و کیفی استفاده می‌شود (پوهکار و رامچاندران<sup>۱۷</sup>، ۲۰۰۴: ۳۶۵).

بر اساس نظریه لطفی‌زاده<sup>۱۸</sup> (۱۹۶۵: ۳۳۸)، تحلیل سلسله مراتبی قابلیت ترکیب شدن با فازی را دارد که این مسئله موجب انعطاف بیش‌تر در تصمیم‌گیری و قضاوت می‌گردد. تحلیل سلسله مراتبی فازی<sup>۱۹</sup> بسیاری از مزایای متعارف تحلیل سلسله مراتبی را داراست و علاوه بر آن آسانی نسبی، قابلیت کنترل چند معیار و ترکیب کردن داده‌های کمی و کیفی از ویژگی‌های تحلیل سلسله مراتبی فازی است. تحلیل سلسله مراتبی فازی مانند تحلیل سلسله مراتبی دارای ساختار سلسله مراتبی بوده و به تقسیم امکانات و مقایسه زوجی، کاهش عدم سازگاری و اولویت‌بندی می‌پردازد. نهایتاً، می‌توان گفت که تحلیل سلسله مراتبی فازی منعکس‌کننده فکر انسان است که از اطلاعات تقریبی و نه قطعی جهت تصمیم‌گیری استفاده می‌کند (کاهرمان<sup>۲۰</sup> و همکاران، ۲۰۰۴: ۱۷۱).

همه این قابلیت‌ها، تحلیل سلسله مراتبی فازی را یک روش مناسب جهت تصمیمات پیچیده در مدیریت برنامه‌ریزی شهری و محیطی قرار داده است. مطالعات زیادی انجام شده که از روش‌های تحلیل سلسله مراتبی فازی جهت رفع مشکلات تصمیم‌گیری استفاده کرده‌اند. از جمله این تحقیقات می‌توان به نانگ فی پن<sup>۲۱</sup> (۲۰۰۸: ۹۵۸) اشاره کرد که از روش‌های باکلی و  $\alpha - cut$  جهت احداث مکان مناسب پل در تایوان استفاده کرد. همچنین بالی و کروگلو<sup>۲۲</sup>

12- Dey &amp; Ramcharan

13- Malczewski

14- AHP

15-Taha

16- Sarkis &amp; Talluri

17- Pohekar &amp; Ramachandran

18- Lotfizadeh

19- FAHP

20- Kahraman

21- Fei pan

22- Balli &amp; Korukoglu

(۲۰۰۹: ۱۱۹) نیز جهت انتخاب سیستم عملگر از روش‌های تحلیل سلسله مراتبی فازی و تاپسیس بهره بردند، ایشان جهت تعیین وزن معیارها از تحلیل سلسله مراتبی فازی و جهت اولویت‌بندی سیستم‌های عملگر از روش تاپسیس استفاده کردند.

مطالعات زیادی نیز با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در زمینه انتخاب مناسب مراکز درمانی انجام شده است، به عنوان مثال پری و گسler<sup>۲۳</sup> (۲۰۰۰: ۱۱۷۷) با استفاده از فناوری سیستم اطلاعات جغرافیایی، با ارزیابی دسترسی فیزیکی جمعیت به مراکز درمانی در منطقه‌ای دور و فقیرنشین از بولیوی، مدلی ایجاد کردند که با توزیع کارکنان بیمارستانی، موجبات افزایش دسترسی فیزیکی را برای مردم آن منطقه فراهم کنند.

محمدی (۱۳۸۲) در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود به مکان‌یابی مراکز بهداشتی-درمانی در منطقه ۵ شهر تهران پرداخته است و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی مراکز جدید بهداشتی-درمانی را در نواحی هفت‌گانه منطقه مذکور مکان‌یابی نموده است.

مجدی (۱۳۸۶) در پژوهش خود، با استفاده از تجزیه و تحلیل‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی اقدام به مکان‌یابی بیمارستان در شهر تبریز نموده است و مراکز بهینه را، با ترکیب معیارهای مختلف، مشخص نموده است. هیر و بارکیوس<sup>۲۴</sup> (۲۰۰۷: ۱۸۱) توزیع جغرافیایی مراکز خدمات‌رسانی و مدت زمان حرکت به طرف بیمارستان‌های قلب در کنتاکی را مورد مقایسه قرار دادند و به ارتباط بین دسترسی و میزان سلامتی در یک ساختار سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداختند.

وحیدنیا<sup>۲۵</sup> و همکاران (۲۰۰۹: ۳۰۴۸) در منطقه مطالعاتی تهران برای انتخاب مکان مناسب بیمارستان از سه روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (fuzzy extent،  $\alpha$  - cut و center-of-are) استفاده کرده که در نهایت هر سه روش اولویت‌بندی مشابهی برای مکان‌های پیشنهادی بیمارستان ارائه دادند. ایشان در پایان اظهار داشتند که با اضافه کردن یک بیمارستان جدید در مکان مناسب، شاخص دسترسی در ۶/۵٪ منطقه جغرافیایی بهبود حاصل خواهد کرد.

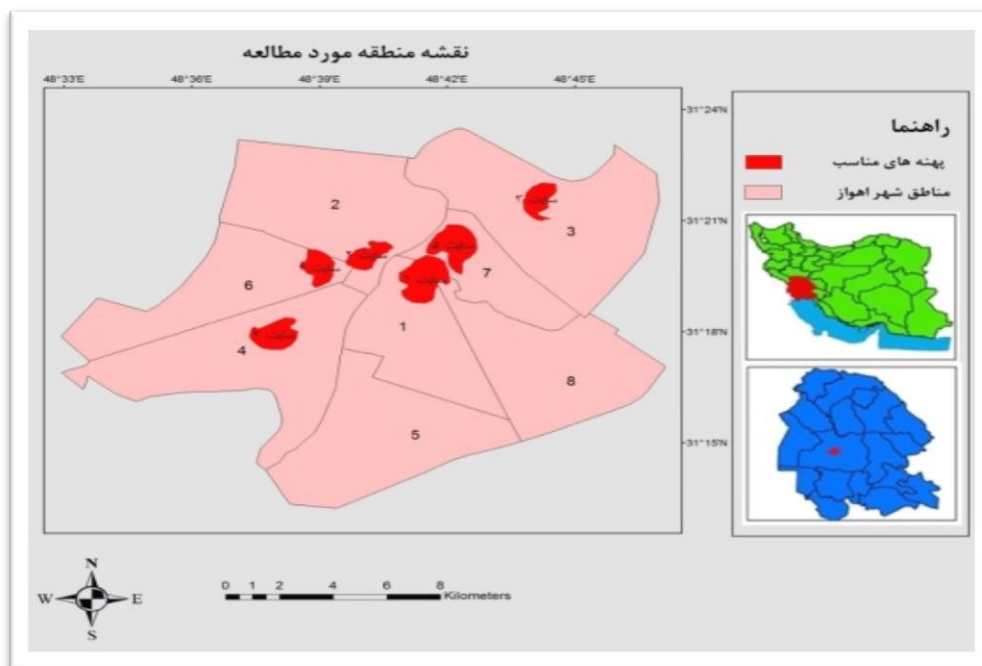
#### موقعیت منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، شهر اهواز مرکز استان خوزستان بوده که بین ۳۱ درجه و ۱۳ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۳ دقیقه شمالی و ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۴۷ دقیقه شرقی واقع شده است. موقعیت منطقه مورد مطالعه به همراه پهنه‌های مناسب احداث بیمارستان حاصل از آنالیزهای سیستم اطلاعات جغرافیایی در (شکل ۱) آمده است.

23- Perry & Gesler

24- Hare & Barcus

25- Vahidnia



شکل ۱: نقشه منطقه مورد مطالعه (اهواز)

#### مواد و روش‌ها

طی چند ساله اخیر سیستم اطلاعات جغرافیایی به عنوان یک سیستم برای مدیریت، نمایش و آنالیز داده‌های زمین مرجع، جهت ساده‌سازی و کم کردن هزینه‌ها طی فرآیند مکان‌یابی به کار می‌رود. هدف از مکان‌یابی یافتن موقعیت بهینه با توجه به معیارهای از پیش تعریف شده است (هیلی و ایلبری<sup>۲۶</sup>، ۱۹۹۰).

فرآیند مکان‌یابی معمولاً دارای ۲ مرحله اصلی است:

۱- نمایش (معرفی تعداد محدودی از مکان‌های کاندید شده در یک منطقه جغرافیایی گسترده که دارای چند معیار برای مکان‌یابی هستند).

۲- ارزیابی (آزمون کردن جهت انتخاب مناسب‌ترین مکان) (چنگ<sup>۲۷</sup> و همکاران، ۲۰۰۸: ۱۳۹)  
در این چنین موقعیت‌هایی، تعدادی از ابزارها جهت تعیین کردن مکان بهینه مناسب هستند (ویتلاکس<sup>۲۸</sup>، ۲۰۰۵: ۴۳۷). ترکیب سیستم اطلاعات جغرافیایی با تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره<sup>۲۹</sup> می‌تواند مکان‌یابی را در شرایط

26- Healey & Ilbery

27- Chang

28- Witlox

29- Multi Criteria Decision Making (MCDM)

ساختاری بد یا نیمه‌ساختاری تسهیل نماید. این شرایط به معنی وضعیتی است که تصمیم‌گیرنده با توجه به توصیفات، متغیرها و نتایج، اطلاعات کاملاً قابل‌اعتمادی در دسترس ندارد. روش‌های سنتی مکان‌یابی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی روی نقشه‌های طبقه‌بندی شده با مدل بولین یا با عملگرهای همپوشانی انجام می‌شد. اما در این تحقیق با وجود ۷ معیار از پیش تعریف شده (جدول ۱)، ویژگی‌های مکانی هر نقشه معیار، آشکارسازی می‌شود. در این روش تلاش مورد نیاز جهت حل مشکل کاهش خواهد یافت. بنابراین، مراحل انجام این تحقیق به این ترتیب است که با توجه به معیارهای (جدول ۱) ابتدا با استفاده از قابلیت‌های آنالیز سیستم اطلاعات جغرافیایی (آنالیزهای نزدیکی و فضایی<sup>۳۰</sup>) همانند (شکل ۴)، نقشه‌های موضوعی ایجاد گردیده است. پس از ایجاد نقشه‌های موضوعی با همپوشانی فازی در سیستم اطلاعات جغرافیایی چند مکان برای احداث بیمارستان پیشنهاد می‌گردد. سپس با توجه به معیارهای ارزیابی کمی، جهت اولویت‌بندی مکان‌های بهینه پیشنهادی، از دو روش تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده شده و نهایتاً مساحت هر پهنه پیشنهادی نیز به صورت مجزا بررسی می‌گردد.

جدول ۱- معیارهای مورد استفاده جهت تعیین مکان بهینه بیمارستان

| معیار مورد مطالعه               | نحوه دسترسی به داده                                                                             |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| تراکم شبکه دسترسی               | با استفاده از داده‌های شبکه دسترسی شهر اهواز تهیه گردید                                         |
| تراکم جمعیت                     | طبق آمار سال ۱۳۸۵ مرکز مطالعات و تحقیقات دانشگاه شهید چمران استخراج گردید.                      |
| نزدیکی به فضای سبز              | با استفاده از داده‌های خدمات عمومی و نقشه شهر اهواز، موقعیت فضاهای سبز شهر اهواز استخراج گردید. |
| نزدیکی به ایستگاه‌های آتش‌نشانی | با استفاده از داده‌های خدمات عمومی و نقشه شهر اهواز، موقعیت ایستگاه‌ها استخراج گردید.           |
| نزدیکی به مناطق مسکونی          | در تهیه این داده‌ها از نقشه کاربری اراضی و تصویر کویک برد <sup>۳۱</sup> شهر اهواز استفاده شد.   |
| دوری از گسل                     | با استفاده از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی اهواز لایه خطی گسل استخراج گردید.                        |
| دوری از رودخانه                 | با استفاده از تصویر کویک برد، لایه رودخانه کارون استخراج گردید.                                 |

#### - تحلیل سلسله مراتبی فازی

تحلیل سلسله مراتبی بیش‌تر برای تصمیم‌گیری‌ها در شرایط قطعی<sup>۳۲</sup> استفاده شده و یک تصمیم‌گیری بدون تعادل را انجام می‌دهد. علی‌رغم قابلیت‌های تحلیل سلسله مراتبی در اولویت‌بندی مکان‌ها، ولی این مدل توانایی انعکاس فکر انسان را ندارد (دنگ<sup>۳۳</sup>، ۱۹۹۹: ۲۱۵). به همین دلیل می‌توان فازی‌سازی و به طور خاص روش تحلیل سلسله مراتبی فازی را روش مناسبی جهت رفع این مشکل دانست (میخالو و تووتینو<sup>۳۴</sup>، ۲۰۰۴: ۲۳). این روش ابزاری بسیار

30- Spatial Analysis

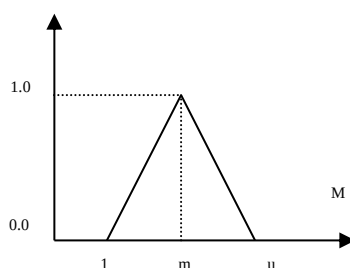
31- Quickbird

32- Crisp

33- Deng

34- Mikhailov & Tsvetinoy

مناسب جهت تصمیم‌گیری در شرایطی است که اطلاعات دقیق و کاملی وجود نداشته باشد (ارتوگل و کاراکاسوگلو<sup>۳۵</sup>، ۲۰۰۷: ۱۰). نظریه فازی یک نظریه ریاضی است که جهت مدل‌سازی فازی فرآیند ذهن انسان به کار می‌رود (لین<sup>۳۶</sup> و همکاران، ۲۰۰۷: ۳۷۴۹). این روش بیش‌تر زمانی استفاده می‌شود که مرزهای کریسپ میان کلاس‌ها وجود نداشته باشد (ون لارهن و پدریز<sup>۳۷</sup>، ۱۹۸۳: ۲۲۹). تحلیل سلسله مراتبی فازی با استفاده از اعداد فازی، اولویت‌بندی‌های تقریبی و انعطاف‌پذیری را انجام می‌دهد. تابع عضویت  $M(x)$  فازی روی یک محدوده‌ای از اعداد حقیقی در فاصله ۰ تا ۱ عمل می‌کند. بنابراین تحلیل سلسله مراتبی فازی از یک محدوده‌ای از ارزش‌ها جهت بیان تردید در تصمیم‌گیری استفاده می‌کند (لی<sup>۳۸</sup> و همکاران، ۲۰۰۸: ۹۶) و تصمیم‌گیرنده نیز در انتخاب این محدوده از ارزش‌ها آزاد است. همچنین تصمیم‌گیرنده قادر است که ارزش‌ها را به صورت بالا، متوسط، پایین یا خوب و متوسط و بد تقسیم‌بندی کند (جناتان<sup>۳۹</sup>، ۲۰۰۳: ۱۲۶). یک قضاوت شک آمیز کارشناسی می‌تواند به وسیله اعداد فازی نمایش داده شود. اعداد فازی مثلثی (TFNs)، نوع ویژه‌ای از اعداد فازی است که به علت سهولت در استفاده بسیار مورد توجه قرار می‌گیرند و تابع عضویت آن یعنی  $M$  با ۳ عدد حقیقی فازی مثلثی  $(l, m, u)$  در (شکل ۲) (دنگ<sup>۴۰</sup>، ۱۹۹۹: ۲۱۵) تعریف شده است.



شکل ۲: عدد فازی مثلثی (TFNs),  $M = (l, m, u)$

پارامترهای  $l, m, u$  به ترتیب بیانگر کوچک‌ترین ارزش احتمال، ارزش احتمال متوسط و بالاترین ارزش برای توصیف یک حادثه فازی است. توابع عضویت به صورت ریاضی در زیر توضیح داده شده است (ککس<sup>۴۱</sup>، ۱۹۹۵).

- 35- Ertugrul & Karakasoglu
- 36- Lin
- 37- Van Laarhoven & Pedrycz
- 38- Lee
- 39- Jeganathan
- 40- Deng
- 41- Cox

$$\mu(x/M) = \begin{cases} 0, & x < l \\ (x-l)/(m-l), & l \leq x \leq m \\ (u-x)/(u-m), & m \leq x \leq u \\ 0, & x > u \end{cases}$$

عملگرهای متفاوتی در اعداد فازی مثلثی وجود دارد. اما در این مطالعه به ۳ عملگر مهم اشاره می‌شود. اگر ۲ سری اعداد فازی مثلثی مثبت  $(l_1, m_1, u_1)$  و  $(l_2, m_2, u_2)$  تعریف شده باشند پس:

$$(l_1, m_1, u_1) + (l_2, m_2, u_2) = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)$$

$$(l_1, m_1, u_1) \cdot (l_2, m_2, u_2) = (l_1 \cdot l_2, m_1 \cdot m_2, u_1 \cdot u_2)$$

$$(l_1, m_1, u_1)^{-1} \approx \left( \frac{1}{u_1}, \frac{1}{m_1}, \frac{1}{l_1} \right)$$

برای تحلیل سلسله مراتبی فازی روش‌های زیادی بر اساس اعداد فازی مثلثی پیشنهاد شده است (ارنسال<sup>۴۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۶: ۲۷۵۵). در این مطالعه جهت اولویت‌بندی مکان‌های پیشنهادی بیمارستان، ابتدا از آنالیز محدوده فازی<sup>۴۳</sup> (چنگ<sup>۴۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۸: ۱۳۹) با اعداد فازی مثلثی و سپس از روش باکلی (دیمزل<sup>۴۵</sup> و همکاران، ۲۰۰۸) با اعداد فازی دوزنقه‌ای استفاده می‌گردد.

#### آنالیزهای محدوده فازی

یکی از روش‌های مهم و کاربردی تحلیل سلسله مراتبی فازی، آنالیزهای محدوده فازی است. آنالیزهای محدوده فازی وابسته به درجه احتمال هر معیار است. طبق قضاوت‌های کارشناسی، اعداد فازی مثلثی برای همه متغیرهای مربوطه تعیین و ماتریس مقایسه زوجی آن‌ها شکل می‌گیرد. مراحل انجام آنالیزهای محدوده فازی به قرار زیر است.

مرحله ۱: مجموع هر سطر از ماتریس‌های مقایسه زوجی  $M$  محاسبه شده و سپس با عملگرهای ریاضی فازی نرمال می‌گردد. اعداد فازی مثلثی به عنوان وزن‌های نسبی برای هر متغیر و همچنین جهت نمایش وزن هر معیار با توجه به هدف نهایی مفید است. مجموع این وزن‌ها سپس برای هر متغیر با توجه به رابطه ۱ محاسبه می‌شود.

42- Erensal  
43- Fuzzy extent  
44- Chang  
45- Demirel



$$s_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^i \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad \text{رابطه (۱)}$$

مرحله ۲: در این مرحله درجه احتمال برای هر دو سری اعداد فازی مثلثی نسبت به همدیگر محاسبه می‌شود، درجه احتمال  $M1 = (l_1, m_1, u_1) \leq M2 = (l_2, m_2, u_2)$  به صورت رابطه ۲ تعریف می‌گردد.

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))] \quad \text{رابطه (۲)}$$

برای مقایسه  $M1$  و  $M2$ ، ما نیاز به هردو ارزش  $V(M1 \geq M2)$ ،  $V(M2 \geq M1)$  خواهیم داشت.

مرحله ۳: بعد از آن از طریق رابطه ۳ به محاسبه درجه احتمال  $\min$  ها پرداخته می‌شود.

$$d(A_i) = \min V(S_i \geq S_k) \text{ for } k=1,2,\dots,n; k \neq i \quad \text{رابطه (۳)}$$

مرحله ۴: سپس وزن عناصر با تقسیم هر  $\min$  به دست آمده برای هر معیار، بر مجموع  $\min$  های اعداد غیر فازی به دست می‌آید که در رابطه ۴ آمده است.

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad \text{رابطه (۴)}$$

برای انجام مقایسه زوجی در میان پارامترهای فازی، از متغیرهای زبانی (جدول ۲) برای تعریف سطوح رتبه‌بندی استفاده می‌شود.

جدول ۲- اعداد فازی مثلثی متغیرهای زبانی استفاده شده در این مطالعه

| مقیاس فازی مثلثی   | مقیاس فازی مثلثی | معکوس مقیاس فازی مثلثی |
|--------------------|------------------|------------------------|
| کاملاً برابر       | (۱ و ۱ و ۱)      | (۱ و ۱ و ۱)            |
| اندکی مهم‌تر       | (۱ و ۳/۲ و ۲)    | (۲ و ۱ و ۲/۳)          |
| کمی بااهمیت بیش‌تر | (۲ و ۳/۲ و ۱)    | (۱ و ۲/۳ و ۱/۲)        |
| خیلی مهم‌تر        | (۲ و ۵/۲ و ۳/۲)  | (۲/۳ و ۱/۲ و ۲/۵)      |
| خیلی خیلی مهم‌تر   | (۳ و ۵/۲ و ۲)    | (۱/۲ و ۲/۵ و ۱/۳)      |
| بی‌نهایت مهم‌تر    | (۷/۲ و ۳ و ۵/۲)  | (۲/۵ و ۱/۳ و ۲/۷)      |

## روش باکلی

در این روش شخص تصمیم‌گیرنده می‌تواند مقایسات زوجی اجزای هر سطح را در قالب اعداد فازی دوزنقه‌ای بیان نماید. برای تحلیل روش باکلی ابتدا به تعاریف اصلی که در حالت کلاسیک وجود دارد پرداخته می‌شود. به‌طور کلی روش باکلی را می‌توان در قالب ۳ مرحله زیر بیان نمود: مرحله ۱: در این مرحله ماتریس مقایسه زوجی توسط شخص تصمیم‌گیرنده تعریف می‌شود. اجزای این ماتریس‌ها، اعداد فازی دوزنقه‌ای خواهند بود. چنانچه ارجحیت جزء  $i$  ام با  $\tilde{a}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij})$  نشان داده شود، ارجحیت جزء  $j$  ام بر جزء  $i$  ام به‌صورت  $(1/d_{ij}, 1/c_{ij}, 1/b_{ij}, 1/)$  چنانچه ارجحیت جزء  $i$  ام بر جزء  $j$  ام باشد می‌توان نوشت.

$$(1, 1, 1, 1) = \tilde{a}_{ji} = \tilde{a}_{ij}$$

مرحله ۲: سپس میانگین هندسی هر یک از سطرهاى ماتریس مقایسه زوجی با استفاده از رابطه ۵ محاسبه می‌گردد.

$$\tilde{w}_i = \frac{z_i}{(z_1 + z_2 + \dots + z_n)}, \quad \forall i, z_i = \left[ \prod_{j=1}^n a_{ij} \right]^{\frac{1}{n}} \quad (\text{رابطه ۵})$$

در واقع  $\tilde{w}_i$  بیانگر وزن و اهمیت گزینه یا معیار  $i$  ام است. حال برای تعمیم روش فوق به حالت فازی باید در تمام روابط بالا به جای استفاده از عملگرهای کلاسیک از عملگرهایی مانند جمع و ضرب فازی، تبدیل اعداد به اعداد دوزنقه‌ای فازی و ... استفاده نمود. کران چپ و راست مجموعه فازی  $\tilde{a}_{ij}$  با استفاده از روابط ۶ و ۷ تعریف می‌گردد.

$$f_i(\alpha) = \left[ \prod_{j=1}^n ((b_{ij} - a_{ij}) \alpha + a_{ij}) \right]^{\frac{1}{n}} = \alpha \in [0,1] \quad (\text{رابطه ۶})$$

$$g_i(\alpha) = \left[ \prod_{j=1}^n ((c_{ij} - d_{ij}) \alpha + b_{ij}) \right]^{\frac{1}{n}} = \alpha \in [0,1] \quad (\text{رابطه ۷})$$

سپس می‌توان  $a_i$  و  $a$  را با روابط ۸ و ۹ محاسبه نمود.

$$\sum_{i=1}^m a_i = a \quad (\text{رابطه ۸})$$

$$a_i = \left[ \prod_{j=1}^n a_{ij} \right]^{\frac{1}{n}} \quad (\text{رابطه ۹})$$

همچنین به صورت مشابه می‌توان  $b$ ،  $b_i$ ،  $c$ ،  $c_i$  و  $d$  و  $d_i$  را نیز محاسبه کرده و بدین ترتیب وزن فازی (برای ماتریس مقایسه زوجی مکان‌ها نسبت به همدیگر) از رابطه ۱۰ محاسبه خواهد شد.

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{a_i}{d}, \frac{b_i}{c}, \frac{c_i}{b}, \frac{d_i}{a} \right) \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

مرحله ۳: تمامی مراحل ذکر شده در بالا برای ماتریس مقایسه زوجی معیارها نسبت به هم انجام شده و در نهایت  $\tilde{w}_j$  در مرحله سوم محاسبه می‌شود.

$$\tilde{w}_j = a_1, b_1, c_1, d_1 \quad \tilde{r}_{ij} = a_2, b_2, c_2, d_2$$

بایستی ابتدا مقادیر  $R_2, R_1, L_2, L_1$  محاسبه شده، سپس طبق رابطه ۱۱ مقدار  $\tilde{w}_j \tilde{r}_{ij}$  محاسبه گردد.

$$L_1 = (b_1 - a_1) (b_2 - a_2)$$

$$L_2 = a_2 (b_1 - a_1) + a_1 (b_2 - a_2)$$

$$R_1 = (d_1 - c_1) (d_2 - c_2)$$

$$R_2 = -[d_2 (d_1 - c_1) + d_1 (d_2 - c_2)]$$

$$\tilde{w}_j \tilde{r}_{ij} = ((a_1 a_2) [L_1, L_2], (b_1 b_2), (c_1 c_2), (d_1 d_2) [R_1, R_2]) \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

در این مرحله مقادیر مطلوبیت فازی  $\tilde{u}_i$  با استفاده از رابطه ۱۲ محاسبه می‌گردد.

$$\tilde{u}_i = \sum_{j=1}^n \tilde{w}_j \tilde{r}_{ij} \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

با استفاده از روابط بالا می‌توان تابع  $\mu_{\tilde{w}_i}(x)$  عضویت را به صورت زیر تعریف نمود.

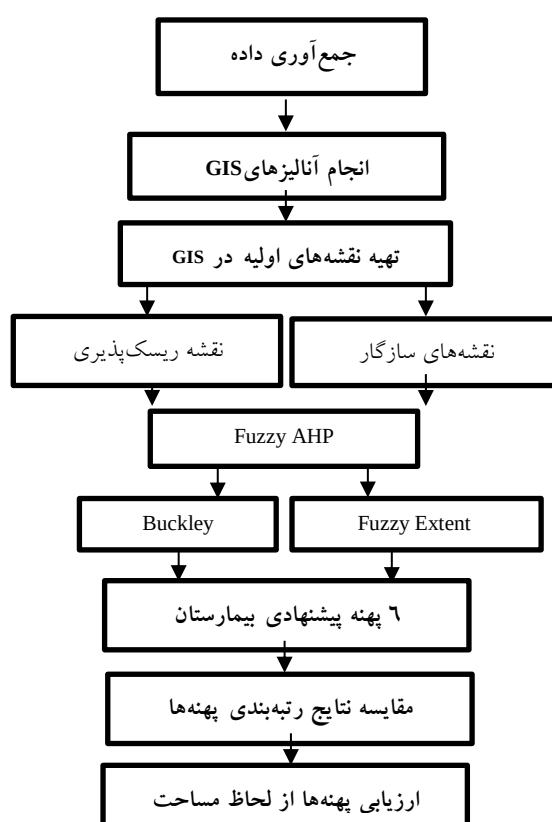
$$\left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{if } x \leq \left(\frac{a_i}{d}\right) \text{ Or } x \geq \left(\frac{d_i}{a}\right) \\ 1 & \text{if } \left(\frac{b_i}{c}\right) x \geq \left(\frac{c_i}{b}\right) \\ \alpha \in [0,1] & \text{if } \left(\frac{a_i}{d}\right) x \geq \left(\frac{b_i}{c}\right) \\ \alpha \in [0,1] & \text{if } \left(\frac{c_i}{b}\right) x \geq \left(\frac{d_i}{a}\right) \\ x = L_1 a^2 + L_2 + a & \alpha \in [0,1] \quad a < X < b \\ X = R_1 a^2 + R_2 + a & \alpha \in [0,1] \quad c < X < d \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{رابطه (۱۳)} \\ \text{رابطه (۱۴)} \end{array}$$

زمانی که  $\left(\frac{a_i}{d}\right) \leq x \leq \left(\frac{b_i}{c}\right)$  باشد،  $x$  از رابطه  $x = f_i(\alpha)/g(\alpha)$  محاسبه و همچنین زمانی که  $\left(\frac{c_i}{b}\right) \leq x \leq \left(\frac{d_i}{a}\right)$  باشد،

$x$  از رابطه  $x = g_i(\alpha)/f(\alpha)$  محاسبه می‌شود. طوری که

$$f(\alpha) = \sum_{i=1}^m f_i(\alpha) \quad g(\alpha) = \sum_{i=1}^m g_i(\alpha)$$

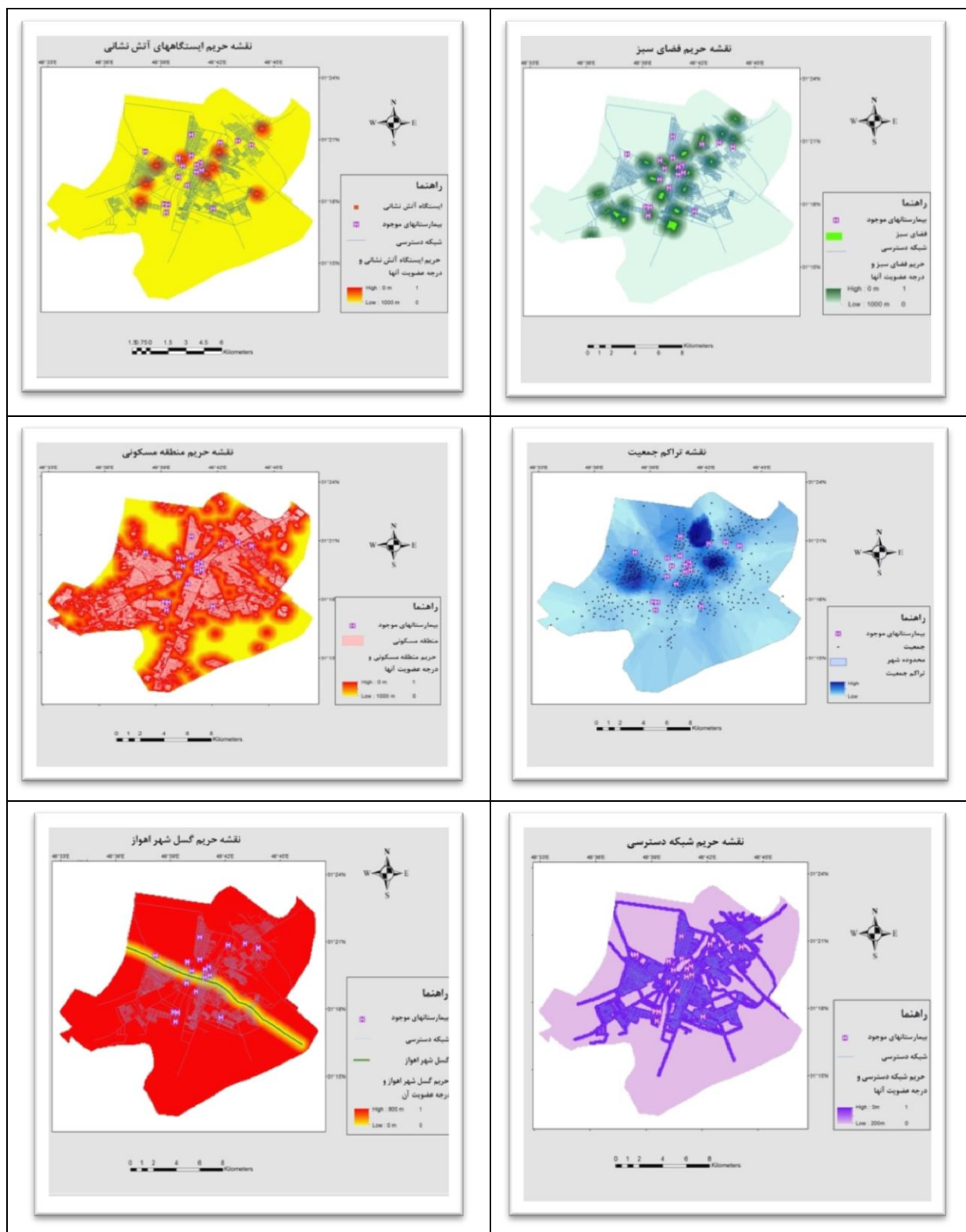
در نهایت با ترسیم نمودار می‌توان به اولویت‌بندی مکان‌های پیشنهادی پرداخت. (شکل ۳) روش انجام تحقیق در این مطالعه را نشان می‌دهد.



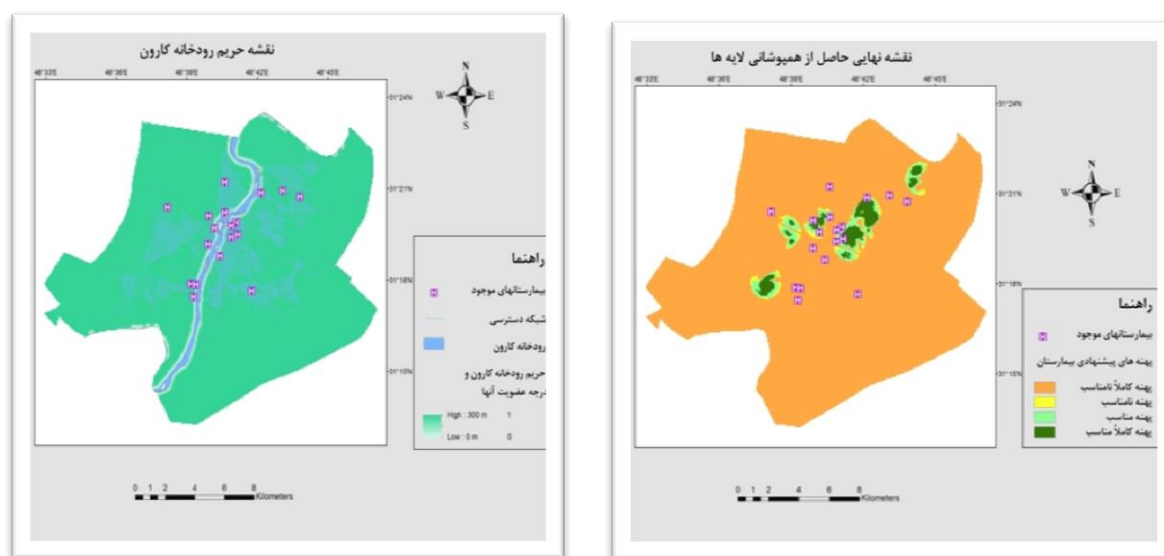
شکل ۳: مراحل انجام تحقیق

## یافته‌ها و بحث

(شکل ۱) منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. بیمارستان‌ها بایستی نزدیک به مسیرهای انتقال اصلی و فرعی باشند. مکان‌های قرارگرفته روی حریم تعریف‌شده ۰ تا ۲۰۰ متر برای خیابان‌ها از نظر معیار دسترسی بالاترین درجه را خواهند داشت. دیگر عامل ضروری در این مطالعه تراکم جمعیت است که این لایه با توجه به میزان جمعیت در حوزه‌های شهری اهواز تهیه و سپس درون‌یابی شد. مکان جدید احداث بیمارستان بایستی نزدیک به مراکزی با تراکم بالای جمعیتی باشد که در نقشه تراکم جمعیت (شکل ۴) نمایش داده شده است.



شکل ۴: نقشه‌های موضوعی معیارهای استفاده شده و نقشه نهایی پهنه‌های پیشنهادی بیمارستان



شکل ۴: نقشه‌های موضوعی معیارهای استفاده شده و نقشه نهایی پهنه‌های پیشنهادی بیمارستان

از آنجا که در احداث بیمارستان، نزدیکی به تعدادی از کاربری‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است، لذا در این مطالعه، در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی نقشه‌های نزدیکی به فضای سبز و دسترسی به ایستگاه‌های آتش‌نشانی و نقشه منطقه مسکونی با تعریف حریم‌های ۰ تا ۱۰۰۰ متر برای هر کدام، تهیه شد. مکان‌هایی برای ایجاد بیمارستان مناسب هستند که در محدوده حریم این کاربری‌ها قرار بگیرند، به این معنا که بیمارستان جدید هر چه به این کاربری‌ها نزدیک‌تر باشد، امتیاز بالاتری به خود اختصاص می‌دهد. علاوه بر کاربری‌های سازگار در فرآیند مکان‌یابی بیمارستان، چند کاربری به عنوان کاربری‌های ریسک‌پذیر مطرح می‌شوند که در این مطالعه از میان کاربری‌های ریسک‌پذیر جهت ایجاد بیمارستان جدید، نقشه حریم ۰ تا ۸۰۰ متری گسل و نقشه حریم ۰ تا ۳۰۰ متری رودخانه کارون ترسیم شد، یعنی هرچه بیمارستان جدید از این مناطق خطرپذیر دورتر باشد نتیجه بهتر خواهد بود. پس از تهیه نقشه‌های اولیه حریم برای هر لایه اطلاعاتی، سپس در سیستم اطلاعات جغرافیایی طوری نقشه‌ها فازی سازی گردیدند که با توجه به سازگار بودن لایه یا ریسک‌پذیر بودن لایه، به حریم‌های هر لایه اطلاعاتی یک درجه عضویت فازی در بازه ۰ تا ۱ اختصاص داده شد. نقشه‌های فازی شده هر لایه اطلاعاتی با عناوین نقشه تراکم جمعیت، نقشه حریم ایستگاه‌های آتش‌نشانی، نقشه حریم فضای سبز، نقشه حریم مسکونی، نقشه حریم شبکه دسترسی، نقشه حریم گسل، نقشه حریم رودخانه کارون در (شکل ۴) نمایش داده شده است. نهایتاً تمامی نقشه‌های فازی شده مرحله قبل، در سیستم اطلاعات جغرافیایی همپوشانی فازی شده و به صورت نقشه نهایی حاصل از همپوشانی لایه‌ها در (شکل ۴) نمایش داده شده است. همان‌طور که در نقشه نهایی حاصل از همپوشانی لایه‌ها در (شکل ۴) آمده است، ۶ پهنه به عنوان مناسب‌ترین مکان‌های احداث بیمارستان جدید معرفی گردیده‌اند. لازم به ذکر است که این ۶ پهنه در (شکل ۱) نیز آورده شده بود.

## ارزیابی عملی روش محدوده فازی

نقشه نهایی حاصل از همپوشانی لایه‌ها در مرحله قبل، ۶ مکان جدید جهت استقرار بیمارستان را نمایش داد. در این مرحله به ارزیابی معیارهای تصمیم‌گیری و اولویت‌بندی مکان‌های پیشنهادی با استفاده از ۲ روش تحلیل سلسله مراتبی فازی پرداخته می‌شود. در این مرحله جهت انجام فرآیند ارزیابی و اولویت‌بندی مکان‌ها، ابتدا ماتریس‌های مقایسه زوجی طبق ۲ روش تحلیل سلسله مراتبی فازی به‌کار رفته در این تحقیق، ایجاد می‌شود.

جدول ۳- ماتریس مقایسه زوجی ۶ مکان پیشنهادی با توجه به معیار میزان دسترسی ترافیکی با اعداد فازی مثلثی

| وزن<br>نرمال | احتمال | Fuzzy synthetic<br>extent | سایت ۶          | سایت ۵          | سایت ۴          | سایت ۳          | سایت ۲          | سایت ۱          | دسترسی |
|--------------|--------|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
| ۰/۱۷۳        | ۱      | ۰/۳۸ و ۰/۱۷۸۷ و ۰/۰۷۴۱    | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | (۲/۳ و ۱ و ۲)   | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | (۱ و ۳/۲ و ۲)   | (۱ و ۱ و ۱)     | سایت ۱ |
| ۰/۱۵۵        | ۰/۹    | ۰/۳۶ و ۰/۱۴۶۶ و ۰/۰۷۱۲    | (۲ و ۱ و ۲/۳)   | (۱ و ۲/۳ و ۱/۲) | (۲ و ۱ و ۲/۳)   | (۲ و ۱ و ۲/۳)   | (۱ و ۱ و ۱)     | (۱ و ۲/۳ و ۱/۲) | سایت ۲ |
| ۰/۱۶۵        | ۰/۹۵۴  | ۰/۳۶ و ۰/۱۶۵ و ۰/۰۷۷۱     | (۱ و ۱ و ۱)     | (۲ و ۱ و ۲/۳)   | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | (۱ و ۱ و ۱)     | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | (۲ و ۱ و ۲/۳)   | سایت ۳ |
| ۰/۱۶۶        | ۰/۹۵۹  | ۰/۴ و ۰/۱۶۵ و ۰/۰۷۱۲      | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | (۲ و ۱ و ۲/۳)   | (۱ و ۱ و ۱)     | (۲ و ۱ و ۲/۳)   | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | (۲ و ۱ و ۲/۳)   | سایت ۴ |
| ۰/۱۷۳        | ۱      | ۰/۳۶ و ۰/۱۷۸۷ و ۰/۰۷۱۲    | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | (۱ و ۱ و ۱)     | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | (۱ و ۳/۲ و ۲)   | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | سایت ۵ |
| ۰/۱۶۵        | ۰/۹۵۷  | ۰/۳۸ و ۰/۱۶۵ و ۰/۰۸۰۱     | (۱ و ۱ و ۱)     | (۲ و ۱ و ۲/۳)   | (۲ و ۱ و ۲/۳)   | (۱ و ۱ و ۱)     | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | (۲ و ۱ و ۲/۳)   | سایت ۶ |

جدول ۴- ماتریس مقایسه زوجی ۶ مکان پیشنهادی با توجه به معیار میزان دسترسی به ایستگاه‌های آتش‌نشانی با اعداد فازی مثلثی

| وزن<br>نرمال | احتمال | Fuzzy synthetic extent  | سایت ۶          | سایت ۵                           | سایت ۴                             | سایت ۳                           | سایت ۲                           | سایت ۱        | آتش‌نشانی |
|--------------|--------|-------------------------|-----------------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-----------|
| ۰/۱۶۶        | ۱      | ۰/۳۲۸ و ۰/۱۶۶۲ و ۰/۰۷   | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | (۱ و ۱ و ۱)                      | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲)<br>(۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲)                  | (۱ و ۳/۲ و ۲)<br>(۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | (۱ و ۱ و ۱)   | سایت ۱    |
| ۰/۱۶۶        | ۱      | ۰/۳۸۹۵ و ۰/۱۶۶۲ و ۰/۰۶۷ | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | (۲ و ۱ و ۲/۳)<br>(۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲)<br>(۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲)                  | (۱ و ۱ و ۱)                      | (۲ و ۱ و ۲/۳) | سایت ۲    |
| ۰/۱۶۶        | ۱      | ۰/۳۸۹۵ و ۰/۱۶۶۲ و ۰/۰۶۷ | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | (۱ و ۳/۲ و ۲)<br>(۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | (۱ و ۳/۲ و ۲)<br>(۱/۲ و ۱ و ۳/۲)   | (۱ و ۳/۲ و ۲)<br>(۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | (۲ و ۱ و ۲/۳)                    | (۲ و ۱ و ۲/۳) | سایت ۳    |
| ۰/۱۶۶        | ۱      | ۰/۴۱ و ۰/۱۶۶۲ و ۰/۰۷    | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | (۱ و ۳/۲ و ۲)<br>(۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | (۱ و ۳/۲ و ۲)<br>(۱/۲ و ۱ و ۳/۲)   | (۲ و ۱ و ۲/۳)                    | (۲ و ۱ و ۲/۳)                    | (۲ و ۱ و ۲/۳) | سایت ۴    |
| ۰/۱۶۶        | ۱      | ۰/۳۶۹ و ۰/۱۶۶۲ و ۰/۰۷۵۸ | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | (۱ و ۱ و ۱)                      | (۲ و ۱ و ۲/۳)                      | (۲ و ۱ و ۲/۳)                    | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲)                  | (۱ و ۱ و ۱)   | سایت ۵    |
| ۰/۱۶۶        | ۱      | ۰/۴۵۱ و ۰/۱۶۶۲ و ۰/۰۷۵۸ | (۱ و ۱ و ۱)     | (۲ و ۱ و ۲/۳)                    | (۲ و ۱ و ۲/۳)                      | (۲ و ۱ و ۲/۳)                    | (۲ و ۱ و ۲/۳)                    | (۲ و ۱ و ۲/۳) | سایت ۶    |

جدول ۵- ماتریس مقایسه زوجی ۶ مکان پیشنهادی با توجه به معیار میزان دسترسی به فضای سبز با اعداد فازی مثلثی

| وزن نرمال | احتمال | Fuzzy synthetic extent   | سایت ۶          | سایت ۵          | سایت ۴          | سایت ۳          | سایت ۲          | سایت ۱        | فضای سبز |
|-----------|--------|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|----------|
| ۰/۱۸۷     | ۱      | ۰/۳۹۷ و ۰/۱۸۹۷ و ۰/۱۸۵۲  | (۱ و ۳/۲ و ۱)   | (۳/۲ و ۱ و ۱/۲) | (۲ و ۱ و ۲/۳)   | (۲ و ۳/۲ و ۱)   | (۱ و ۳/۲ و ۱/۲) | (۱ و ۱ و ۱)   | سایت ۱   |
| ۰/۱۷۴     | ۰/۹۳۳  | ۰/۳۷۷۱ و ۰/۱۷۶۱ و ۰/۱۶۵۳ | (۱ و ۳/۲ و ۱/۲) | (۲ و ۳/۲ و ۱)   | (۱ و ۳/۲ و ۱/۲) | (۱ و ۳/۲ و ۱/۲) | (۱ و ۱ و ۱)     | (۲ و ۲/۳ و ۱) | سایت ۲   |
| ۰/۱۴۵     | ۰/۷۷۴  | ۰/۳۷۷۴ و ۰/۱۴۴۵ و ۰/۱۵۲۱ | (۱ و ۳/۲ و ۱/۲) | (۱ و ۲ و ۲/۳)   | (۲ و ۲/۳ و ۱)   | (۲ و ۲/۳ و ۱)   | (۲ و ۲/۳ و ۱)   | (۱ و ۲ و ۲/۳) | سایت ۳   |
| ۰/۱۶۱     | ۰/۸۶۳  | ۰/۳۵۷۳ و ۰/۱۶۲۶ و ۰/۱۴۵۵ | (۱ و ۳/۲ و ۱/۲) | (۱ و ۳/۲ و ۱/۲) | (۱ و ۱ و ۱)     | (۱ و ۳/۲ و ۱/۲) | (۲ و ۲/۳ و ۱)   | (۱ و ۲ و ۲/۳) | سایت ۴   |
| ۰/۱۷۹     | ۰/۹۶   | ۰/۳۹۷ و ۰/۱۸۰۶ و ۰/۱۹۱۸  | (۱ و ۳/۲ و ۱/۲) | (۱ و ۱ و ۱)     | (۲ و ۲/۳ و ۱)   | (۲ و ۲/۳ و ۱)   | (۱ و ۲ و ۲/۳)   | (۲ و ۲/۳ و ۱) | سایت ۵   |
| ۰/۱۵۱     | ۰/۸۰۶  | ۰/۳۵۷۳ و ۰/۱۴۴۵ و ۰/۱۵۸۸ | (۱ و ۱ و ۱)     | (۱ و ۲ و ۲/۳)   | (۲ و ۲/۳ و ۱)   | (۲ و ۲/۳ و ۱)   | (۲ و ۲/۳ و ۱)   | (۱ و ۲ و ۲/۳) | سایت ۶   |

جدول ۶- ماتریس مقایسه زوجی ۶ مکان پیشنهادی با توجه به معیار میزان دسترسی به مناطق مسکونی با اعداد فازی مثلثی

| وزن نرمال | احتمال | Fuzzy synthetic extent   | سایت ۶          | سایت ۵          | سایت ۴          | سایت ۳          | سایت ۲        | سایت ۱        | مسکونی |
|-----------|--------|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|--------|
| ۰/۱۸      | ۱      | ۰/۳۴۱۷ و ۰/۱۶۷۷ و ۰/۰۷۰۴ | (۱ و ۳/۲ و ۱/۲) | (۳/۲ و ۱ و ۱/۲) | (۲ و ۱ و ۳/۲)   | (۱ و ۳/۲ و ۱/۲) | (۱ و ۲ و ۲/۳) | (۱ و ۱ و ۱)   | سایت ۱ |
| ۰/۱۲۴     | ۰/۶۹۲  | ۰/۴۰۲ و ۰/۲۰۴ و ۰/۰۸۸    | (۱ و ۳/۲ و ۱/۲) | (۱ و ۳/۲ و ۱/۲) | (۱ و ۳/۲ و ۱/۲) | (۱ و ۳/۲ و ۱/۲) | (۱ و ۱ و ۱)   | (۱ و ۳/۲ و ۱) | سایت ۲ |
| ۰/۱۷۲     | ۰/۹۶   | ۰/۴۰۲ و ۰/۱۵۴۱ و ۰/۰۷۳۳  | (۱ و ۳/۲ و ۱/۲) | (۲ و ۲/۳ و ۱)   | (۲ و ۲/۳ و ۱)   | (۱ و ۱ و ۱)     | (۱ و ۲ و ۲/۳) | (۲ و ۲/۳ و ۱) | سایت ۳ |
| ۰/۱۶۷     | ۰/۹۳۱  | ۰/۳۲۱۶ و ۰/۱۴۵ و ۰/۰۶۴۵  | (۱ و ۳/۲ و ۱/۲) | (۲ و ۲/۳ و ۱)   | (۱ و ۱ و ۱)     | (۱ و ۳/۲ و ۱/۲) | (۱ و ۲ و ۲/۳) | (۱ و ۲ و ۲/۳) | سایت ۴ |
| ۰/۱۷۷     | ۰/۹۸۵  | ۰/۳۸۱۹ و ۰/۱۶۳۲ و ۰/۰۶۷۴ | (۱ و ۳/۲ و ۱/۲) | (۱ و ۱ و ۱)     | (۱ و ۳/۲ و ۱/۲) | (۱ و ۳/۲ و ۱/۲) | (۲ و ۲/۳ و ۱) | (۲ و ۲/۳ و ۱) | سایت ۵ |
| ۰/۱۷۷     | ۰/۹۸۷  | ۰/۴۲۲۱ و ۰/۱۶۳۲ و ۰/۰۷۳۳ | (۱ و ۱ و ۱)     | (۲ و ۲/۳ و ۱)   | (۲ و ۲/۳ و ۱)   | (۱ و ۳/۲ و ۱/۲) | (۲ و ۲/۳ و ۱) | (۲ و ۲/۳ و ۱) | سایت ۶ |

ماتریس مقایسه زوجی برای هر متغیر، با توجه به یک معیار مشخص و برای هر معیار با توجه به هدف کلی ایجاد می‌شود. در ماتریس مقایسه زوجی مربوط به روش محدوده فازی از اعداد فازی مثلثی و در روش باکلی از اعداد فازی دوزنقه‌ای استفاده می‌شود. مجموع وزن‌های اعداد فازی مثلثی و دوزنقه‌ای محاسبه گردیده و سپس وزن فازی هر مکان با توجه به جداول مربوطه به‌دست آمد. نهایتاً وزن‌های کلی با استفاده از دو روش محدوده فازی و باکلی به اعداد حقیقی و غیر فازی تبدیل شدند. در زیر به ارزیابی روش محدوده فازی پرداخته می‌شود.



جدول ۷- ماتریس مقایسه زوجی ۶ مکان پیشنهادی با توجه به معیار میزان دسترسی به مناطق پرتراکم جمعیت با اعداد فازی مثلثی

| وزن نرمال | احتمال | Fuzzy synthetic extent   | سایت ۶          | سایت ۵            | سایت ۴          | سایت ۳          | سایت ۲            | سایت ۱                 | جمعیت  |
|-----------|--------|--------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|-------------------|------------------------|--------|
| ۰/۱۶۴     | ۰/۵۱۲  | ۰/۲۸۵۹ و ۰/۱۵۲۹ و ۰/۰۸۵۸ | (۱/۲ و ۲/۳ و ۱) | (۲/۵ و ۱/۲ و ۲/۳) | (۱ و ۳/۲ و ۱)   | (۲ و ۱ و ۲/۳)   | (۲ و ۳/۲ و ۱)     | (۱ و ۱ و ۱)            | سایت ۱ |
| ۰/۱۰۸     | ۰/۳۳۸  | ۰/۲۳۱ و ۰/۱۳۳۹ و ۰/۰۸۱۴  | (۱/۲ و ۲/۳ و ۱) | (۱/۳ و ۲/۵ و ۱/۲) | (۳/۲ و ۲ و ۵/۲) | (۱/۲ و ۲/۳ و ۱) | (۱ و ۱ و ۱)       | (۱/۲ و ۲/۳ و ۱)        | سایت ۲ |
| ۰/۱۷      | ۰/۵۳   | ۰/۲۸۵۹ و ۰/۱۶۱۲ و ۰/۰۸۲۷ | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | (۲/۵ و ۱/۲ و ۲/۳) | (۱ و ۳/۲ و ۱)   | (۱ و ۱ و ۱)     | (۱ و ۳/۲ و ۱)     | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲)        | سایت ۳ |
| ۰/۰۲۷     | ۰/۰۸۵  | ۰/۱۷۵۹ و ۰/۰۹۹۲ و ۰/۰۶۲  | (۱/۲ و ۲/۳ و ۱) | (۲/۵ و ۱/۲ و ۲/۳) | (۱ و ۱ و ۱)     | (۲/۳ و ۱ و ۱)   | (۲/۵ و ۱/۲ و ۲/۳) | (۱ و ۲/۳ و ۱)<br>(۱/۲) | سایت ۴ |
| ۰/۳۲۱     | ۱      | ۰/۴۴۵۵ و ۰/۲۷۲۸ و ۰/۱۵۹۸ | (۱ و ۳/۲ و ۲)   | (۱ و ۱ و ۱)       | (۳/۲ و ۲ و ۵/۲) | (۳/۲ و ۲ و ۵/۲) | (۲ و ۵/۲ و ۳)     | (۲ و ۵/۲ و ۳)<br>(۳/۲) | سایت ۵ |
| ۰/۲۰۶     | ۰/۶۴۱  | ۰/۳۳ و ۰/۱۷۷۷ و ۰/۰۹۷۱   | (۱ و ۱ و ۱)     | (۱/۲ و ۲/۳ و ۱)   | (۱ و ۳/۲ و ۱)   | (۲ و ۱ و ۲/۳)   | (۱ و ۳/۲ و ۱)     | (۱ و ۳/۲ و ۱)          | سایت ۶ |

جدول ۸- ماتریس مقایسه زوجی ۶ مکان پیشنهادی با توجه به معیار میزان دوری از گسل با اعداد فازی مثلثی

| وزن نرمال | احتمال | Fuzzy synthetic extent   | سایت ۶          | سایت ۵          | سایت ۴            | سایت ۳            | سایت ۲          | سایت ۱                 | گسل    |
|-----------|--------|--------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|-----------------|------------------------|--------|
| ۰/۰۹۵     | ۰/۳۵۵  | ۰/۲۲۴۶ و ۰/۱۱۲۳ و ۰/۰۶۱۲ | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | (۱/۲ و ۲/۳ و ۱) | (۲/۵ و ۱/۲ و ۲/۳) | (۱/۳ و ۲/۵ و ۱)   | (۲ و ۱ و ۲/۳)   | (۱ و ۱ و ۱)            | سایت ۱ |
| ۰/۱۲۵     | ۰/۴۶۵  | ۰/۲۵۸۳ و ۰/۱۲۷ و ۰/۰۶۴۱  | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | (۲ و ۱ و ۲/۳)   | (۱/۲ و ۲/۳ و ۱)   | (۲/۵ و ۱/۲ و ۲/۳) | (۱ و ۱ و ۱)     | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲)        | سایت ۲ |
| ۰/۲۷      | ۱      | ۰/۴۳۸۱ و ۰/۲۵۸۳ و ۰/۱۴۴  | (۲ و ۵/۲ و ۳)   | (۱ و ۳/۲ و ۱)   | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲)   | (۱ و ۱ و ۱)       | (۲ و ۵/۲ و ۳)   | (۲ و ۵/۲ و ۳)          | سایت ۳ |
| ۰/۲۴۸     | ۰/۹۲   | ۰/۴۲۱۲ و ۰/۲۳۳۷ و ۰/۱۲۸۹ | (۲ و ۵/۲ و ۳)   | (۱ و ۳/۲ و ۱)   | (۱ و ۱ و ۱)       | (۲ و ۱ و ۲/۳)     | (۱ و ۳/۲ و ۱)   | (۲ و ۵/۲ و ۳)<br>(۳/۲) | سایت ۴ |
| ۰/۱۵۶     | ۰/۵۸۱  | ۰/۲۸۶۴ و ۰/۱۵۵۷ و ۰/۰۸۱  | (۱ و ۳/۲ و ۱)   | (۱ و ۱ و ۱)     | (۱/۲ و ۲/۳ و ۱)   | (۱/۲ و ۲/۳ و ۱)   | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | (۱ و ۳/۲ و ۱)          | سایت ۵ |
| ۰/۱۰۳     | ۰/۳۸۲  | ۰/۲۳۵۹ و ۰/۱۰۹۸ و ۰/۰۵۴  | (۱ و ۱ و ۱)     | (۱/۲ و ۲/۳ و ۱) | (۱/۲ و ۲/۵ و ۱/۲) | (۱/۳ و ۲/۵ و ۱/۲) | (۲ و ۱ و ۲/۳)   | (۲ و ۱ و ۲/۳)          | سایت ۶ |

جدول ۹- ماتریس مقایسه زوجی ۶ مکان پیشنهادی با توجه به معیار میزان دوری از رودخانه با اعداد فازی مثلثی

| وزن نرمال | احتمال | Fuzzy synthetic extent   | سایت ۶          | سایت ۵          | سایت ۴            | سایت ۳          | سایت ۲          | سایت ۱          | رودخانه |
|-----------|--------|--------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------|
| ۰/۱۰۷     | ۰/۴۶۳  | ۰/۲۳۳۹ و ۰/۱۰۶۵ و ۰/۰۶۸۶ | (۱/۲ و ۲/۳ و ۱) | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | (۱/۳ و ۲/۵ و ۱/۲) | (۱/۲ و ۲/۳ و ۱) | (۱ و ۳/۲ و ۱)   | (۱ و ۱ و ۱)     | سایت ۱  |
| ۰/۱۱۲     | ۰/۴۸۵  | ۰/۲۳۳۹ و ۰/۱۱۷۹ و ۰/۰۶۵۶ | (۱/۲ و ۲/۳ و ۱) | (۲/۳ و ۱ و ۲)   | (۲/۵ و ۱/۲ و ۲/۳) | (۱/۲ و ۲/۳ و ۱) | (۱ و ۱ و ۱)     | (۱/۲ و ۲/۳ و ۱) | سایت ۲  |
| ۰/۲۱      | ۰/۹۰۶  | ۰/۳۶۸۵ و ۰/۲۰۹۶ و ۰/۱۰۱۲ | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | (۱ و ۳/۲ و ۱)   | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲)   | (۱ و ۱ و ۱)     | (۱ و ۳/۲ و ۱)   | (۳/۲ و ۲ و ۵/۲) | سایت ۳  |
| ۰/۲۳۲     | ۱      | ۰/۴۱۱۲ و ۰/۲۳۵۸ و ۰/۱۲۲۶ | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | (۱ و ۳/۲ و ۱)   | (۱ و ۱ و ۱)       | (۲ و ۱ و ۲)     | (۳/۲ و ۲ و ۵/۲) | (۲ و ۵/۲ و ۳)   | سایت ۴  |
| ۰/۱۳۳     | ۰/۵۷۳  | ۰/۲۶۳۲ و ۰/۱۳۱ و ۰/۰۶۷۴  | (۱/۲ و ۲/۳ و ۱) | (۱ و ۱ و ۱)     | (۱/۲ و ۲/۳ و ۱)   | (۱/۲ و ۲/۳ و ۱) | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | (۲/۳ و ۱ و ۲)   | سایت ۵  |
| ۰/۰۲۶     | ۰/۲۰۲  | ۰/۳۸۶۱ و ۰/۱۹۶۵ و ۰/۰۹۸۱ | (۱ و ۱ و ۱)     | (۱ و ۳/۲ و ۱)   | (۲ و ۱ و ۲)       | (۲/۳ و ۱ و ۲)   | (۱ و ۳/۲ و ۱)   | (۱ و ۳/۲ و ۱)   | سایت ۶  |

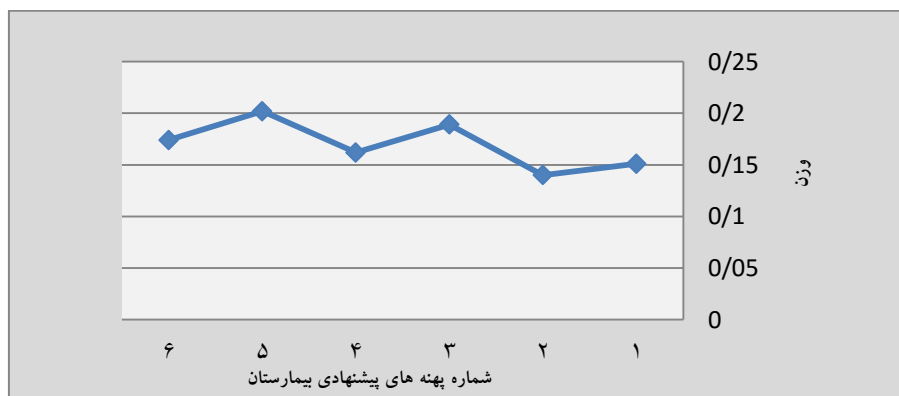
جدول ۱۰- ماتریس مقایسه زوجی ۶ معیار با اعداد فازی مثلثی

| وزن<br>نرمال | احتمال | Fuzzy synthetic extent | رودخانه         | گسل                        | جمعیت                      | مسکونی               | فضای سبز             | آتش‌نشانی            | دسترسی                 |
|--------------|--------|------------------------|-----------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|
| ۰/۱۹۶        | ۰/۹۶۷  | ۰/۳۶۴ و ۰/۱۹ و ۰/۰۹۳   | (۱ و ۳/۲ و ۲)   | (۱ و ۳/۲ و ۲)              | (۲ و ۱ و ۲/۳)              | ۲ و ۵/۲<br>(۳/۲ و ۲) | (۱ و ۳/۲ و ۲)        | (۱ و ۳/۲ و ۲)        | (۱ و ۱ و ۱)            |
| ۰/۰۵         | ۰/۲۵   | ۰/۲۶ و ۰/۱۱۷ و ۰/۰۵۵   | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲)            | ۱/۲ و ۲/۳<br>(۲/۵ و ۲)     | (۲ و ۱ و ۲/۳)        | (۲ و ۱ و ۲/۳)        | (۱ و ۱ و ۱)          | ۲/۳ و ۱<br>(۱/۲ و ۱)   |
| ۰/۱۳۵        | ۰/۶۶۶  | ۰/۲۴۷ و ۰/۱۱۷ و ۰/۰۵۲  | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲) | (۱/۲ و ۱ و ۳/۲)            | ۱/۲ و ۲/۳<br>(۲/۵ و ۲)     | (۲ و ۱ و ۲/۳)        | (۱ و ۱ و ۱)          | ۱ و ۳/۲<br>(۱/۲ و ۱) | ۲/۳ و ۱<br>(۱/۲ و ۱)   |
| ۰/۱۴۶        | ۰/۷۲۱  | ۰/۲۶ و ۰/۱۳۶ و ۰/۰۶۳   | (۱ و ۳/۲ و ۲)   | (۱ و ۳/۲ و ۲)              | (۱/۲ و ۲/۳ و ۱)            | (۱ و ۱ و ۱)          | ۱ و ۳/۲<br>(۱/۲ و ۱) | ۱ و ۳/۲<br>(۱/۲ و ۱) | ۱/۲ و ۲/۳<br>(۲/۵ و ۲) |
| ۰/۲۰۳        | ۱      | ۰/۳۶۴ و ۰/۱۹۹ و ۰/۰۹۷  | (۱ و ۳/۲ و ۲)   | (۱ و ۳/۲ و ۲)              | (۱ و ۱ و ۱)                | (۱ و ۳/۲ و ۲)        | ۲ و ۵/۲<br>(۳/۲ و ۲) | ۲ و ۵/۲<br>(۳/۲ و ۲) | ۱ و ۳/۲<br>(۱/۲ و ۱)   |
| ۰/۱۳۶        | ۰/۶۷   | ۰/۲۷ و ۰/۱۱۴ و ۰/۰۵۸   | (۲/۳ و ۱ و ۲)   | (۱ و ۱ و ۱)                | (۱ و ۲/۳ و ۱)<br>(۱/۲ و ۱) | ۲/۳ و ۱<br>(۱/۲ و ۱) | (۲/۳ و ۱ و ۲)        | (۲/۳ و ۱ و ۲)        | ۲/۳ و ۱<br>(۱/۲ و ۱)   |
| ۰/۱۳۲        | ۰/۶۵۱  | ۰/۲۵۶ و ۰/۱۱۴ و ۰/۰۵۶  | (۱ و ۱ و ۱)     | (۱ و ۳/۲ و ۱)<br>(۱/۲ و ۱) | (۱/۲ و ۲/۳ و ۱)            | ۲/۳ و ۱<br>(۱/۲ و ۱) | (۲/۳ و ۱ و ۲)        | (۲/۳ و ۱ و ۲)        | ۲/۳ و ۱<br>(۱/۲ و ۱)   |

نهایتاً وزن نهایی هر مکان و رتبه‌بندی آن‌ها در روش محدوده فازی محاسبه گردیده است و سپس این وزن‌ها در وزن مربوط به هر معیار ضرب شده و نتایج حاصله از اولویت‌بندی مکان‌ها در (جدول ۱۱) و (شکل ۵) آورده شده است. نتایج روش محدوده فازی نشان می‌دهد که مکان ۵ از بالاترین اولویت جهت احداث بیمارستان برخوردار است.

جدول ۱۱- وزن نهایی هر مکان و رتبه‌بندی آن‌ها در روش محدوده فازی

|                | سایت ۱ | سایت ۲ | سایت ۳ | سایت ۴ | سایت ۵ | سایت ۶ |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| وزن نهایی      | ۰/۱۵۱  | ۰/۱۴   | ۰/۱۸۹  | ۰/۱۶۲  | ۰/۲۰۲  | ۰/۱۷۴  |
| اولویت مکان‌ها | ۵      | ۶      | ۲      | ۴      | ۱      | ۳      |



شکل ۵: مقایسه میزان مطلوبیت مکان‌های پیشنهادی در روش محدوده فازی

جدول ۱۲- ماتریس مقایسه زوجی ۶ مکان پیشنهادی با توجه به معیار میزان دسترسی ترافیکی با اعداد فازی دوزنقه‌ای

| سایت ۱ | سایت ۲                   | سایت ۳             | سایت ۴                   | سایت ۵                   | سایت ۶                   |
|--------|--------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| سایت ۱ | (۱ و ۱ و ۱)              | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۷/۲) | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵)       | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵)       | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵)       |
| سایت ۲ | (۲/۷ و ۱/۳ و ۵/۱۱ و ۲/۳) | (۱ و ۱ و ۱)        | (۵/۱۱ و ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵) | (۵/۱۱ و ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵) | (۵/۱۱ و ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵) |
| سایت ۳ | (۵/۱۱ و ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵) | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵) | (۱ و ۱ و ۱)              | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵)       | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵)       |
| سایت ۴ | (۵/۱۱ و ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵) | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵) | (۵/۱۱ و ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵) | (۱ و ۱ و ۱)              | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵)       |
| سایت ۵ | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵)       | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۷/۲) | (۴/۵ و ۳/۲ و ۱۱/۵)       | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵)       | (۱ و ۱ و ۱)              |
| سایت ۶ | (۵/۱۱ و ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵) | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵) | (۱ و ۱ و ۱)              | (۵/۱۱ و ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵) | (۱ و ۱ و ۱)              |

جدول ۱۳- ماتریس مقایسه زوجی ۶ مکان پیشنهادی با توجه به معیار میزان دسترسی به ایستگاه‌های آتش‌نشانی با اعداد فازی دوزنقه‌ای

| آتش‌نشانی | سایت ۱                   | سایت ۲                   | سایت ۳                   | سایت ۴                   | سایت ۵                   | سایت ۶             |
|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|
| سایت ۱    | (۱ و ۱ و ۱)              | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵)       | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵)       | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵)       | (۱ و ۱ و ۱)              | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵) |
| سایت ۲    | (۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵ و ۵/۱۱) | (۱ و ۱ و ۱)              | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵)       | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵)       | (۵/۱۱ و ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵) | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵) |
| سایت ۳    | (۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵ و ۵/۱۱) | (۵/۱۱ و ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵) | (۱ و ۱ و ۱)              | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵)       | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵)       | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵) |
| سایت ۴    | (۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵ و ۵/۱۱) | (۵/۱۱ و ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵) | (۵/۱۱ و ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵) | (۱ و ۱ و ۱)              | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵)       | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵) |
| سایت ۵    | (۱ و ۱ و ۱)              | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵)       | (۵/۱۱ و ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵) | (۵/۱۱ و ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵) | (۱ و ۱ و ۱)              | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵) |
| سایت ۶    | (۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵ و ۵/۱۱) | (۵/۱۱ و ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵) | (۵/۱۱ و ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵) | (۵/۱۱ و ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵) | (۵/۱۱ و ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵) | (۱ و ۱ و ۱)        |

جدول ۱۴- ماتریس مقایسه زوجی ۶ مکان پیشنهادی با توجه به معیار میزان دسترسی به فضای سبز با اعداد فازی دوزنقه‌ای

| فضای سبز | سایت ۱                   | سایت ۲                   | سایت ۳                   | سایت ۴                   | سایت ۵                   | سایت ۶             |
|----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|
| سایت ۱   | (۱ و ۱ و ۱)              | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵)       | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۷/۲)       | (۵/۱۱ و ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵) | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵)       | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۷/۲) |
| سایت ۲   | (۵/۱۱ و ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵) | (۱ و ۱ و ۱)              | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵)       | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵)       | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۷/۲)       | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵) |
| سایت ۳   | (۲/۷ و ۱/۳ و ۵/۱۱ و ۲/۳) | (۵/۱۱ و ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵) | (۱ و ۱ و ۱)              | (۵/۱۱ و ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵) | (۲/۷ و ۱/۳ و ۵/۱۱ و ۲/۳) | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵) |
| سایت ۴   | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵)       | (۵/۱۱ و ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵) | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵)       | (۱ و ۱ و ۱)              | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵)       | (۵/۴ و ۳/۲ و ۱۱/۵) |
| سایت ۵   | (۵/۱۱ و ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵) | (۲/۷ و ۱/۳ و ۵/۱۱ و ۲/۳) | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۷/۲)       | (۵/۱۱ و ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵) | (۱ و ۱ و ۱)              | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۷/۲) |
| سایت ۶   | (۲/۷ و ۱/۳ و ۵/۱۱ و ۲/۳) | (۵/۱۱ و ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵) | (۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵ و ۵/۱۱) | (۵/۱۱ و ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵) | (۲/۷ و ۱/۳ و ۵/۱۱ و ۲/۳) | (۱ و ۱ و ۱)        |

جدول ۱۵- ماتریس مقایسه زوجی ۶ مکان پیشنهادی با توجه به معیار میزان دسترسی به مناطق مسکونی با اعداد فازی دوزنقه‌ای

| مناطق مسکونی | سایت ۱                      | سایت ۲                      | سایت ۳                 | سایت ۴                      | سایت ۵                      | سایت ۶                 |
|--------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|
| سایت ۱       | (۱ و ۱ و ۱)                 | ۱/۳ و ۵/۱۱ و ۲/۳<br>(۲/۷ و) | (۵/۴ و ۳/۲ و ۲ و ۱۱/۵) | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲)      | (۵/۴ و ۳/۲ و ۲ و ۱۱/۵)      | (۵/۴ و ۳/۲ و ۲ و ۱۱/۵) |
| سایت ۲       | ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲<br>(۳/۲ و)   | (۱ و ۱ و ۱)                 | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲) | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲)      | (۵/۴ و ۳/۲ و ۲ و ۱۱/۵)      | (۵/۴ و ۳/۲ و ۲ و ۱۱/۵) |
| سایت ۳       | ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵<br>(۵/۱۱ و) | ۱/۳ و ۵/۱۱ و ۲/۳<br>(۲/۷ و) | (۱ و ۱ و ۱)            | ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵<br>(۵/۱۱ و) | ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵<br>(۵/۱۱ و) | (۱ و ۱ و ۱)            |
| سایت ۴       | ۱/۳ و ۵/۱۱ و ۲/۳<br>(۲/۷ و) | ۱/۳ و ۵/۱۱ و ۲/۳<br>(۲/۷ و) | (۵/۴ و ۳/۲ و ۲ و ۱۱/۵) | (۱ و ۱ و ۱)                 | ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵<br>(۵/۱۱ و) | (۵/۴ و ۳/۲ و ۲ و ۱۱/۵) |
| سایت ۵       | ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵<br>(۵/۱۱ و) | ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵<br>(۵/۱۱ و) | (۵/۴ و ۳/۲ و ۲ و ۱۱/۵) | (۵/۴ و ۳/۲ و ۲ و ۱۱/۵)      | (۱ و ۱ و ۱)                 | (۵/۴ و ۳/۲ و ۲ و ۱۱/۵) |
| سایت ۶       | ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵<br>(۵/۱۱ و) | ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵<br>(۵/۱۱ و) | (۵/۴ و ۳/۲ و ۲ و ۱۱/۵) | ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵<br>(۵/۱۱ و) | ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵<br>(۵/۱۱ و) | (۱ و ۱ و ۱)            |

جدول ۱۶- ماتریس مقایسه زوجی ۶ مکان پیشنهادی با توجه به معیار میزان دسترسی به مناطق پرتراکم جمعیت با اعداد فازی دوزنقه‌ای

| تراکم جمعیت | سایت ۱                   | سایت ۲                   | سایت ۳                   | سایت ۴                 | سایت ۵                   | سایت ۶                      |
|-------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| سایت ۱      | (۱ و ۱ و ۱)              | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲)   | (۵/۱۱ و ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵) | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲) | (۱/۴ و ۲/۷ و ۱/۳ و ۵/۱۱) | ۱/۳ و ۵/۱۱ و ۲/۳<br>(۲/۷ و) |
| سایت ۲      | (۲/۷ و ۱/۳ و ۵/۱۱ و ۲/۳) | (۱ و ۱ و ۱)              | (۲/۷ و ۱/۳ و ۵/۱۱ و ۲/۳) | (۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲ و ۴)   | (۱/۴ و ۲/۷ و ۱/۳ و ۵/۱۱) | ۱/۳ و ۵/۱۱ و ۲/۳<br>(۲/۷ و) |
| سایت ۳      | (۵/۴ و ۳/۲ و ۲ و ۱۱/۵)   | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲)   | (۱ و ۱ و ۱)              | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲) | (۱/۴ و ۲/۷ و ۱/۳ و ۵/۱۱) | (۵/۴ و ۳/۲ و ۲ و ۱۱/۵)      |
| سایت ۴      | (۲/۷ و ۱/۳ و ۵/۱۱ و ۲/۳) | (۱/۴ و ۲/۷ و ۱/۳ و ۵/۱۱) | (۲/۷ و ۱/۳ و ۵/۱۱ و ۲/۳) | (۱ و ۱ و ۱)            | (۱/۴ و ۲/۷ و ۱/۳ و ۵/۱۱) | ۱/۳ و ۵/۱۱ و ۲/۳<br>(۲/۷ و) |
| سایت ۵      | (۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲ و ۴)     | (۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲ و ۴)     | (۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲ و ۴)     | (۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲ و ۴)   | (۱ و ۱ و ۱)              | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲)      |
| سایت ۶      | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲)   | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲)   | (۵/۱۱ و ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵) | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲) | (۲/۷ و ۱/۳ و ۵/۱۱ و ۲/۳) | (۱ و ۱ و ۱)                 |

جدول ۱۷- ماتریس مقایسه زوجی ۶ مکان پیشنهادی با توجه به معیار میزان دوری از گسل با اعداد فازی دوزنقه‌ای

| گسل    | سایت ۱                   | سایت ۲                   | سایت ۳                   | سایت ۴                      | سایت ۵                      | سایت ۶                    |
|--------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| سایت ۱ | (۱ و ۱ و ۱)              | (۵/۱۱ و ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵) | (۱/۴ و ۲/۷ و ۱/۳ و ۵/۱۱) | ۲/۷ و ۱/۳ و ۵/۱۱<br>(۱/۴ و) | ۱/۳ و ۵/۱۱ و ۲/۳<br>(۲/۷ و) | ۳/۲ و ۲ و ۱۱/۵<br>(۵/۴ و) |
| سایت ۲ | (۵/۴ و ۳/۲ و ۲ و ۱۱/۵)   | (۱ و ۱ و ۱)              | (۱/۴ و ۲/۷ و ۱/۳ و ۵/۱۱) | ۱/۳ و ۵/۱۱ و ۲/۳<br>(۲/۷ و) | ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵<br>(۵/۱۱ و) | ۳/۲ و ۲ و ۱۱/۵<br>(۵/۴ و) |
| سایت ۳ | (۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲ و ۴)     | (۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲ و ۴)     | (۱ و ۱ و ۱)              | (۵/۴ و ۳/۲ و ۲ و ۱۱/۵)      | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲)      | (۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲ و ۴)      |
| سایت ۴ | (۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲ و ۴)     | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲)   | (۵/۱۱ و ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵) | (۱ و ۱ و ۱)                 | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲)      | (۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲ و ۴)      |
| سایت ۵ | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲)   | (۵/۴ و ۳/۲ و ۲ و ۱۱/۵)   | (۲/۷ و ۱/۳ و ۵/۱۱ و ۲/۳) | ۱/۳ و ۵/۱۱ و ۲/۳<br>(۲/۷ و) | (۱ و ۱ و ۱)                 | ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲<br>(۳/۲ و) |
| سایت ۶ | (۵/۱۱ و ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵) | (۵/۱۱ و ۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵) | (۱/۴ و ۲/۷ و ۱/۳ و ۵/۱۱) | ۲/۷ و ۱/۳ و ۵/۱۱<br>(۱/۴ و) | ۱/۳ و ۵/۱۱ و ۲/۳<br>(۲/۷ و) | (۱ و ۱ و ۱)               |

جدول ۱۸- ماتریس مقایسه زوجی ۶ مکان پیشنهادی با توجه به معیار میزان دوری از رودخانه با اعداد فازی دوزنقه‌ای

| سایت ۶                       | سایت ۵                       | سایت ۴                         | سایت ۳                         | سایت ۲                       | سایت ۱                   | رودخانه |
|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------|---------|
| (۲/۳ و ۵/۱۱ و ۱/۳ و ۲/۷)     | (۵/۴ و ۱۱/۵ و ۲ و ۳/۲ و ۵/۴) | (۱/۴ و ۵/۱۱ و ۱/۳ و ۲/۷ و ۱/۴) | (۱/۴ و ۵/۱۱ و ۱/۳ و ۲/۷ و ۱/۴) | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲)       | (۱ و ۱ و ۱)              | سایت ۱  |
| (۲/۳ و ۵/۱۱ و ۱/۳ و ۲/۷)     | (۵/۴ و ۱۱/۵ و ۲ و ۳/۲ و ۵/۴) | (۱/۴ و ۵/۱۱ و ۱/۳ و ۲/۷ و ۱/۴) | (۲/۳ و ۵/۱۱ و ۱/۳ و ۲/۷ و ۲/۷) | (۱ و ۱ و ۱)                  | (۱/۳ و ۵/۱۱ و ۲/۳ و ۲/۷) | سایت ۲  |
| (۵/۴ و ۱۱/۵ و ۲ و ۳/۲ و ۵/۴) | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲)       | (۵/۴ و ۱۱/۵ و ۲ و ۳/۲ و ۵/۴)   | (۱ و ۱ و ۱)                    | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲)       | (۱/۵ و ۳ و ۷/۲ و ۱۱/۵)   | سایت ۳  |
| (۵/۴ و ۱۱/۵ و ۲ و ۳/۲ و ۵/۴) | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲)       | (۱ و ۱ و ۱)                    | (۵/۴ و ۱۱/۵ و ۲ و ۳/۲ و ۵/۴)   | (۱/۵ و ۳ و ۷/۲ و ۱۱/۵)       | (۱/۵ و ۳ و ۷/۲ و ۱۱/۵)   | سایت ۴  |
| (۲/۳ و ۵/۱۱ و ۱/۳ و ۲/۷)     | (۱ و ۱ و ۱)                  | (۲/۳ و ۵/۱۱ و ۱/۳ و ۲/۷)       | (۲/۳ و ۵/۱۱ و ۱/۳ و ۲/۷)       | (۵/۴ و ۱۱/۵ و ۲ و ۳/۲ و ۵/۴) | (۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵ و ۵/۱۱) | سایت ۵  |
| (۱ و ۱ و ۱)                  | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲)       | (۵/۴ و ۱۱/۵ و ۲ و ۳/۲ و ۵/۴)   | (۵/۴ و ۱۱/۵ و ۲ و ۳/۲ و ۵/۴)   | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲)       | (۱/۵ و ۳ و ۷/۲ و ۱۱/۵)   | سایت ۶  |

جدول ۱۹- ماتریس مقایسه زوجی ۶ معیار

| وزن هر معیار ( $w_j$ )        | رودخانه                      | گل                           | جمعیت                    | منطقه مسکونی                 | فضای سبز                     | آتش‌نشانی                    | دسترسی ترافیکی           |
|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| ۰/۴۹ و ۰/۳۲۵ و ۰/۱۸۸ و ۰/۱۱۳  | (۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲ و ۳/۲)       | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲)       | (۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵ و ۵/۱۱) | (۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲ و ۱/۴)       | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲)       | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲)       | (۱ و ۱ و ۱)              |
| ۰/۱۷۳ و ۰/۱۰۹ و ۰/۰۶۳ و ۰/۰۴۶ | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۵/۴)           | (۵/۴ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲ و ۵/۴) | (۲/۷ و ۱/۳ و ۵/۱۱ و ۱/۴) | (۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵ و ۵/۱۱)     | (۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵ و ۵/۱۱)     | (۱ و ۱ و ۱)                  | (۱/۳ و ۵/۱۱ و ۲/۳ و ۲/۷) |
| ۰/۲۰۵ و ۰/۱۳۱ و ۰/۰۷۶ و ۰/۰۵۴ | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۵/۴)           | (۵/۴ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲ و ۵/۴) | (۲/۷ و ۱/۳ و ۵/۱۱ و ۱/۴) | (۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵ و ۵/۱۱)     | (۱ و ۱ و ۱)                  | (۵/۴ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲ و ۵/۴) | (۱/۳ و ۵/۱۱ و ۲/۳ و ۲/۷) |
| ۰/۲۸۳ و ۰/۱۸ و ۰/۱۰۴ و ۰/۰۶۸  | (۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲ و ۳/۲)       | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲)       | (۲/۳ و ۵/۱۱ و ۱/۳ و ۲/۷) | (۱ و ۱ و ۱)                  | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲ و ۵/۴) | (۵/۴ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲ و ۵/۴) | (۲/۷ و ۱/۳ و ۵/۱۱ و ۱/۴) |
| ۰/۵۹۳ و ۰/۴۰۱ و ۰/۲۳۸ و ۰/۱۴۳ | (۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲ و ۳/۲)       | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲)       | (۱ و ۱ و ۱)              | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲ و ۵/۴) | (۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲ و ۵/۴)       | (۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲ و ۵/۴)       | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۵/۴)       |
| ۰/۱۲۷ و ۰/۰۷۴ و ۰/۰۴۲ و ۰/۰۳۱ | (۵/۴ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲ و ۵/۴) | (۱ و ۱ و ۱)                  | (۱/۳ و ۵/۱۱ و ۲/۳ و ۲/۷) | (۱/۳ و ۵/۱۱ و ۲/۳ و ۲/۷)     | (۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵ و ۵/۱۱)     | (۵/۴ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲ و ۵/۴) | (۱/۳ و ۵/۱۱ و ۲/۳ و ۲/۷) |
| ۰/۱۵۱ و ۰/۰۸۹ و ۰/۰۵۱ و ۰/۰۳۶ | (۱ و ۱ و ۱)                  | (۳/۲ و ۱۱/۵ و ۳ و ۷/۲ و ۵/۴) | (۱/۳ و ۵/۱۱ و ۲/۳ و ۲/۷) | (۱/۳ و ۵/۱۱ و ۲/۳ و ۲/۷)     | (۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵ و ۵/۱۱)     | (۱/۲ و ۲/۳ و ۴/۵ و ۵/۱۱)     | (۱/۳ و ۵/۱۱ و ۲/۳ و ۲/۷) |

- ارزیابی عملی روش باکلی

بعد از محاسبه میانگین هندسی برای هر معیار، با استفاده از رابطه ۱۵ به محاسبه مقدار ارجحیت جایگاه‌ها بر اساس معیارها پرداخته می‌شود.

$$\tilde{r}_{ij} = (\frac{a_i}{a}, \frac{b_i}{c}, \frac{c_i}{b}, \frac{d_i}{a}) \quad (\text{رابطه ۱۵})$$

جدول ۲۰- خلاصه نتایج ارجحیت جایگاه‌ها

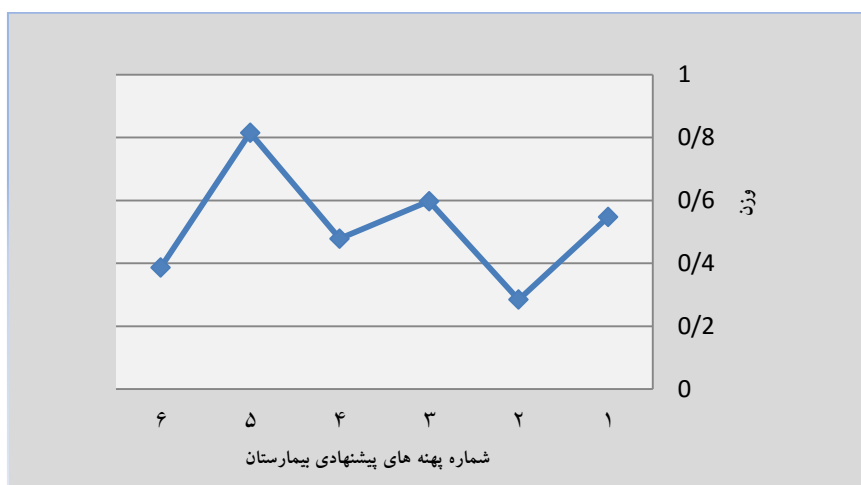
| مخاطرات طبیعی                                   | گسل                                             | تراکم جمعیت                                     | منطقه مسکونی                                    | فضای سبز                                       | آتش‌نشانی                                       | دسترسی ترافیکی                                  |        |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------|
| $r_{17}$<br>و ۰/۱۵ و ۰/۰۸۶ و ۰/۰۶۳ و ۰/۰۲       | $r_{16}$<br>و ۰/۰۶۶ و ۰/۰۱۸ و ۰/۰۵۲ و ۰/۰۹۴     | $r_{15}$<br>و ۰/۱۵۳ و ۰/۰۹۹ و ۰/۰۵ و ۰/۰۲۴۲     | $r_{14}$<br>و ۰/۱۳۷ و ۰/۱۵۸ و ۰/۰۲۵۹ و ۰/۰۲۳۵   | $r_{13}$<br>و ۰/۱۲۱ و ۰/۱۸۲ و ۰/۰۲۹۹ و ۰/۰۳۹۳  | $r_{12}$<br>و ۰/۱۵۱ و ۰/۱۸۹ و ۰/۰۲۸۶ و ۰/۰۳۴۱   | $r_{11}$<br>و ۰/۱۷۳ و ۰/۰۲۷۸ و ۰/۰۱۳ و ۰/۰۳۵۲   | سایت ۱ |
| $r_{27}$<br>و ۰/۰۹۶ و ۰/۰۵۳ و ۰/۰۴۱ و ۰/۰۱۳۶    | $r_{26}$<br>و ۰/۰۸۷ و ۰/۰۱۶ و ۰/۰۶۸ و ۰/۰۱۸۲    | $r_{25}$<br>و ۰/۰۷۱ و ۰/۰۱۰۷ و ۰/۰۵۲ و ۰/۰۱۸۲   | $r_{24}$<br>و ۰/۰۲۱ و ۰/۰۳۸ و ۰/۰۱۸۷ و ۰/۰۳۳۵   | $r_{23}$<br>و ۰/۱۱۸ و ۰/۰۱۷۱ و ۰/۰۲۷۹ و ۰/۰۴۸  | $r_{22}$<br>و ۰/۰۱۴ و ۰/۰۲۲۳ و ۰/۰۳۷۷ و ۰/۰۱۱۲  | $r_{21}$<br>و ۰/۰۶۸ و ۰/۰۱۱ و ۰/۰۵۵ و ۰/۰۱۵۶    | سایت ۲ |
| $r_{37}$<br>و ۰/۰۴۱ و ۰/۰۱۳۸ و ۰/۰۱۵۶ و ۰/۰۴۹۳  | $r_{36}$<br>و ۰/۰۲۶۹ و ۰/۰۴۷ و ۰/۰۱۸۵ و ۰/۰۵    | $r_{35}$<br>و ۰/۰۲۳۶ و ۰/۰۱۵۴ و ۰/۰۳۵ و ۰/۰۱۰۵  | $r_{34}$<br>و ۰/۰۷۱۲ و ۰/۰۱۱ و ۰/۰۶۸ و ۰/۰۱۶۵   | $r_{33}$<br>و ۰/۰۵۹ و ۰/۰۰۸ و ۰/۰۱۳۲ و ۰/۰۱۹۱  | $r_{32}$<br>و ۰/۰۱۴ و ۰/۰۲۲۳ و ۰/۰۲۷۷ و ۰/۰۱۱۲  | $r_{31}$<br>و ۰/۰۱۲۶ و ۰/۰۱۹۳ و ۰/۰۲۴۲ و ۰/۰۱۰۳ | سایت ۳ |
| $r_{47}$<br>و ۰/۰۳۵۱ و ۰/۰۲۰۳ و ۰/۰۱۴۱ و ۰/۰۴۲۶ | $r_{46}$<br>و ۰/۰۲۱۳ و ۰/۰۳۸۱ و ۰/۰۴۱۳ و ۰/۰۱۹۳ | $r_{45}$<br>و ۰/۰۴۸ و ۰/۰۰۷۲ و ۰/۰۱۲۶ و ۰/۰۰۳۶  | $r_{44}$<br>و ۰/۰۹۵ و ۰/۰۱۵۷ و ۰/۰۰۸۸ و ۰/۰۲۲۵  | $r_{43}$<br>و ۰/۰۱۱۴ و ۰/۰۱۶ و ۰/۰۲۶۱ و ۰/۰۳۳۷ | $r_{42}$<br>و ۰/۰۱۱۷ و ۰/۰۱۸۵ و ۰/۰۰۹۴ و ۰/۰۲۳۴ | $r_{41}$<br>و ۰/۰۱۱۲ و ۰/۰۱۱۸ و ۰/۰۰۹ و ۰/۰۲۳۳  | سایت ۴ |
| $r_{57}$<br>و ۰/۰۵۴ و ۰/۰۰۷ و ۰/۰۱۲۹ و ۰/۰۱۷۸   | $r_{56}$<br>و ۰/۰۱۲۲ و ۰/۰۳۳۲ و ۰/۰۰۸۸ و ۰/۰۲۶۹ | $r_{55}$<br>و ۰/۰۳۰۲ و ۰/۰۴۳۲ و ۰/۰۶۲۸ و ۰/۰۱۹۵ | $r_{54}$<br>و ۰/۰۲۲ و ۰/۰۱۳۲ و ۰/۰۲۱۵ و ۰/۰۲۸۳  | $r_{53}$<br>و ۰/۰۰۸ و ۰/۰۱۱۸ و ۰/۰۱۹۴ و ۰/۰۲۷۲ | $r_{52}$<br>و ۰/۰۰۸ و ۰/۰۱۳۱ و ۰/۰۱۹۸ و ۰/۰۲۴۳  | $r_{51}$<br>و ۰/۰۲۰۸ و ۰/۰۳۳۴ و ۰/۰۴۱۷ و ۰/۰۱۵۴ | سایت ۵ |
| $r_{67}$<br>و ۰/۰۲۷۷ و ۰/۰۱۵۲ و ۰/۰۱۰۴ و ۰/۰۳۴۴ | $r_{66}$<br>و ۰/۰۵۵ و ۰/۰۰۹۸ و ۰/۰۴۴ و ۰/۰۱۱۸   | $r_{65}$<br>و ۰/۰۲۲۱ و ۰/۰۱۴ و ۰/۰۳۴ و ۰/۰۰۹۴   | $r_{64}$<br>و ۰/۰۰۹۱ و ۰/۰۱۴۹ و ۰/۰۲۰۱ و ۰/۰۰۸۷ | $r_{63}$<br>و ۰/۰۰۵ و ۰/۰۰۶۷ و ۰/۰۱۱ و ۰/۰۱۶۱  | $r_{62}$<br>و ۰/۰۸۱ و ۰/۰۱۲۸ و ۰/۰۰۶۷ و ۰/۰۰۸۱  | $r_{61}$<br>و ۰/۰۱۰۵ و ۰/۰۱۶ و ۰/۰۲۰۴ و ۰/۰۰۸۷  | سایت ۶ |

$$\tilde{u}_i = \sum_{j=1}^n \tilde{w}_j \tilde{r}_{ij} \quad \text{رابطه (۱۶)}$$

نتایج خلاصه ارجحیت جایگاه‌ها در (جدول ۲۰) آورده شده است و نهایتاً اولویت‌بندی مکان‌ها در روش باکلی برای همه معیارهای هر مکان، با توجه به رابطه ۱۶ مقدار  $\tilde{u}_i$  محاسبه می‌شود. بالاترین مقدار، متعلق به  $\tilde{u}_i$  ای است که دارای بالاترین مقدار در پارامتر  $d$  باشد و سپس با توجه به آنچه گفته شد به اولویت‌بندی مکان‌ها در (جدول ۲۱) پرداخته می‌شود. نمودارهای اولویت‌بندی مکان‌های پیشنهادی بیمارستان با روش باکلی در (نمودار ۲) نشان داده شده است.

جدول ۲۱- محاسبه میزان مطلوبیت و اولویت‌بندی مکان‌های پیشنهادی بیمارستان در روش باکلی

| اولویت مکان‌ها | محاسبه $\tilde{u}_i$                                                                                      |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۳              | $\{0.386, 0.2654\}$ و $\{0.547\}$ و $\{0.2904\}$ و $\{0.1051\}$ و $\{0.451\}$ و $\{0.097\}$ و $\{0.419\}$ |
| ۶              | $\{0.39, 0.5795\}$ و $\{0.2847\}$ و $\{0.2881\}$ و $\{0.815\}$ و $\{0.333\}$ و $\{0.046\}$ و $\{0.0412\}$ |
| ۲              | $\{0.598, 0.5783\}$ و $\{0.5975\}$ و $\{0.777\}$ و $\{0.106\}$ و $\{0.414\}$ و $\{0.072\}$ و $\{0.0507\}$ |
| ۴              | $\{0.3203, 0.511\}$ و $\{0.4785\}$ و $\{0.18\}$ و $\{0.808\}$ و $\{0.321\}$ و $\{0.053\}$ و $\{0.424\}$   |
| ۱              | $\{0.716, 0.5797\}$ و $\{0.8153\}$ و $\{0.3958\}$ و $\{0.153\}$ و $\{0.66\}$ و $\{0.124\}$ و $\{0.672\}$  |
| ۵              | $\{0.9677, 0.4382\}$ و $\{0.387\}$ و $\{0.2275\}$ و $\{0.825\}$ و $\{0.348\}$ و $\{0.229\}$ و $\{0.398\}$ |



شکل ۶: مقایسه میزان مطلوبیت مکان‌های پیشنهادی در روش باکلی

تا این مرحله از تحقیق، پهنه‌های پیشنهادی جهت احداث بیمارستان با استفاده از ۲ روش محدوده فازی و باکلی مقایسه گردید. نتایج حاصل از مقایسه دو روش حاکی از آن بوده است که با در نظر گرفتن معیارهای ارزیابی کمی، در هر دو روش پهنه‌های ۵ و ۳ که به ترتیب در مناطق ۷ و ۳ شهرداری اهواز قرار دارند، دارای اولویت اول و دوم بوده‌اند. در این مرحله پهنه‌های پیشنهادی بیمارستان از لحاظ ویژگی وسعت منطقه نیز مورد مطالعه قرار گرفته و نتایج حاکی از آن بود که تمامی پهنه‌های پیشنهادی دارای مساحتی بین ۱۰۰ تا ۲۵۰ هکتار بوده است که فضایی بسیار بیش‌تر از مساحت مورد نیاز جهت احداث بیمارستان می‌باشد.

### نتیجه‌گیری

میزان و چگونگی توزیع خدمات شهری می‌تواند نقش موثری در جابجایی فضایی جمعیت و تغییرات جمعیتی داشته باشد و از آنجایی که یکی از معیارهای توسعه پایدار شهری و عدالت اجتماعی، توجه به توزیع متوازن امکانات و خدمات شهری است، لذا توزیع خدمات شهری و به خصوص خدمات بهداشتی باید به گونه‌ای باشد که عدالت فضایی برقرار شود. با توجه به این‌که مکان‌یابی و احداث کاربری‌های مختلف شهری مثل مراکز بهداشتی و بیمارستان از نیازهای اساسی شهرهای امروزی می‌باشد که در راستای رفاه و آسایش شهروندان و حل مشکلات شهرها انجام می‌گیرد، در این ارتباط سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند به عنوان ابزاری کارآمد برای مدیریت و به‌کارگیری لایه‌های اطلاعاتی در مرحله مکان‌یابی و همچنین ارزیابی وضعیت موجود مورد استفاده قرار گیرد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که این سامانه به همراه فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی، با توجه به خصوصیات ویژه آن می‌تواند در بررسی موضوعات مربوط به برنامه‌ریزی شهری کاربرد مطلوبی داشته باشد. همان‌طور که از نتایج تحقیق و مقایسه ۲ روش برمی‌آید، اولویت‌بندی مکان‌ها بر اساس ۲ روش تا حدی با هم مشابه بوده است، البته ذکر این

نکته لازم است که روش محدوده فازی نسبت به روش باکلی به علت محاسبات راحت‌تر بیش‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرد. در روش محدوده فازی مکان ۵ رتبه اول و سایر مکان‌های ۳، ۶، ۴، ۱ و ۲ به‌ترتیب سایر رتبه‌ها را به‌خود اختصاص داده‌اند. در روش باکلی نیز مکان پیشنهادی ۵ در جایگاه اول قرار گرفته است و مکان‌های ۳، ۱، ۴، ۶ و ۲ سایر جایگاه‌ها را به‌ترتیب به‌خود اختصاص داده‌اند. ولی پرواضح است که در هر دو روش بالاترین اولویت‌های احداث بیمارستان، مکان‌های ۵ و ۳ بوده است و پایین‌ترین اولویت برای احداث بیمارستان به مکان ۲ اختصاص دارد و علت آن می‌تواند نزدیکی به گسل و رودخانه کارون باشد، همچنین مکان ۴ در هر دو روش، جایگاه چهارم را به خود اختصاص داده است که نشان‌دهنده اولویت بندی پایدار آن در جایگاه چهارم می‌باشد. ولی مکان ۶ در روش محدوده فازی جایگاه ۳ را دارا می‌باشد در صورتی که در روش باکلی جایگاه ۵ را به‌خود اختصاص داده است، همچنین راجع به مکان ۱ می‌توان گفت که در روش محدوده فازی در جایگاه ۵ قرار داشته و در روش باکلی در جایگاه ۳ است. لذا با در نظر گرفتن کلیه نتایج حاصل از مقایسه دو روش محدوده فازی و باکلی و همچنین لحاظ کردن بحث فضای کافی جهت احداث بیمارستان می‌توان نتیجه گرفت که از میان ۶ مکان پیشنهادی جهت احداث بیمارستان، مکان‌های ۵ و ۳ که به‌ترتیب در مناطق شهری ۷ و ۳ اهواز قرار دارند دارای بالاترین اولویت می‌باشند. لذا با توجه به الویت بندی‌ها، مدیران می‌توانند در برنامه‌های اجرایی آتی خود این مکان‌ها را در اولویت قرار دهند. البته لازم به ذکر است که داده‌های ورودی مورد نیاز در هر دو روش، در تشکیل ماتریس مقایسه زوجی، وابسته به ارزیابی‌های کارشناسی جهت رفع مشکلات هستند و لذا نظر کارشناسان می‌تواند تأثیر بسزایی در نتایج این دو روش داشته باشد.

در پایان پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات آتی فرآیند مکان‌یابی و اولویت‌بندی، از دیگر روش‌های تحلیل سلسله مراتبی فازی یا روش‌های دیگر مانند فازی تاپسیس و غیره استفاده شود تا با مقایسه‌ی این روش‌ها باهم، بتوان به اولویت‌بندی پایدارتر و جامع‌تری دست یافت.



## منابع

- مجدی، رسول (۱۳۸۶)، «به‌کارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی در مکان‌یابی بهینه منطقه مطالعه شهر تبریز و مکان‌یابی بهینه برای ایجاد بیمارستان جدید»، سومین کنگره ملی مهندسی عمران، شهریور ۱۳۸۶، دانشگاه تبریز.
- محمدی، م (۱۳۸۲)، «ارزیابی و مکان‌یابی مراکز خدمات بهداشتی و درمانی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی: مطالعه موردی: منطقه پنج شهر تهران»، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده جغرافیا، دانشگاه یزد.
- Balli, S., Korukoglu, S., (2009), "Operating system selection using Fuzzy AHP and Topsis methods", *Mathematical and Computational Application*, 43: 119-130.
- Chang, N. B., Parvathinathan, G., Breeden, J. B., (2008), "Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region", *Journal of Environmental Management*, 87: 139-153.
- Chenge, S., Chan, C., Huang, G. H., (2002), "Using multiple criteria decision analysis for supporting decisions of solid waste management", *Journal of Environmental Science & Health*, A37 (6): 975-990.
- Cox, E., (1995), "Fuzzy Logic for business and industry", Charles River Media, Inc. Rockland, MA, USA.
- Deng, H., (1999), "Multi criteria analysis with fuzzy pairwise comparisons", *International Journal of Approximate Reasoning*, 21: 215-231.
- Dey, P. K., Ramcharan, E. K., (2008), "Analytic hierarchy process helps select site for limestone quarry expansion in Barbados", *Journal of Environmental Management*, 88: 1384-1395.
- Demirel, T., Cetin Demirel, N., Kahraman, C., (2008), "Fuzzy analytical hierarchy process and its application", *Fuzzy Multi-Criteria Decision Making*, 16: 53-83.
- Erensal, Y. C., Oncan, T., Demircan, M. L., (2006), "Determining key capabilities in technology management using fuzzy analytic hierarchy process: a case study of Turkey", *Information Sciences*, 176: 2755-2770.
- Ertugrul, I., Karakasoglu, N., (2007), "Performance evaluation of Turkish cement firms with fuzzy analytic hierarchy process and TOPSIS methods, expert systems with applications". *Article in Press*, 2007:10-14.
- Fei Pan, N., (2008), "Fuzzy AHP approach for selecting the suitable bridge construction method". *Journal of Automation in Construction*, 17: 958-965.
- Healey, M., Ilbery, B., (1990), "Location and change: perspectives on economic geography", Oxford University Press, Oxford.
- Hare, T. S., Barcus, H. R., (2007), "Geographical accessibility and Kentucky's heart-related hospital services", *Applied Geography*, 27: 181-205.
- Lee, A. H. I., Chen, W. C., Chang, C. J., (2008), "A fuzzy AHP and BSC approach for evaluating performance of IT department in the manufacturing industry in Taiwan", *Expert Systems with Applications*, 34: 96-107.
- Lin, F., Ying, H., MacArthur, R. D., Barth-Jones, D., Crane, L. R., (2007), "Decision making in fuzzy discrete event systems", *Information Sciences*, 177: 3749-3763.
- Lotfizadeh, L., (1965), "Fuzzy sets", *Information and Control*, 8: 338-353.

- Jeganathan, C., (2003), "Development of Fuzzy Logic architecture to access the Sustainability of the forest management. MSc", GFM. Enschede, Ruoterdam University, the Netherlands, ITC.
- Kahraman, C., Cebeci, U., Ruan, D., (2004), "Multi-attribute comparision of catering service companies using fuzzy AHP: the case of Turkey", *International Journal of Production Economics*, 87: 171-184.
- Malcezwki, J., (1999), "Spatial multicriteria decision analysis. In: Thill, J. C. (ED), Spatial multicriteria decision making and analysis", *Ashgate Publishing, Hamshite*, pp: 247-260.
- Marinoni, O., (2005), "A stochastic spatial decision support system based on promethee". *international Journal of Geographical Information Science*, 19: 51-68.
- Mikhailov, L., Tsvetinov, P., (2004), "Evaluation of services using a fuzzy analytic hierarchy process", *Applied Soft Computing*, 5: 23-33.
- Perry, B., Gesler, W., (2000), "Physical access to primery health care in Andean Bolivia". *Social Science & Medicine*, 50: 1177-1188.
- Pohekar, S. D., Ramachandran, M., (2004), "Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning", *A Review Renewable and Suatainable Energy Reviews*, 8: 365-381.
- Saaty, T. L., (1980), "The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource Allocation", McGraw-Hill, New York, NY.
- Salminen, P., Hokkanen, J., Lahdelma, R., (1998), "Comparing multicriteria methods in the contex of environmental problems", *European Journal of Operational Research*, 104: 458-496.
- Sarkis, J., Talluri, S., (2004), "evaluating and selecting e-commerce software and communication systems for a supply chain", *European Journal of Operational Research*, 159: 318-329.
- Vahidnia, M., Alesheikh, A., Alimohammadi, A., (2009), "Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives", *Journal of Environmental Management*, 90: 3048-3056.
- Van Laarhoven, P. J. M., Pedrycz, W., (1983), "A Fuzzy extension of Saaty's Priority Theory", *Fuzzy Sets and Systems*, 11: 229-241.
- Witlox, F., (2005), "Expert systems in land-use planning: an overview", *Expert Systems with Applications*, 29: 437-445.