نشریه علمی پژوهشی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال هفتم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۸
Vol.7, No.3, Autumn 2019
۱۷-۴۲
مقاله پژوهشی

مکان‌یابی مراکز بیمارستانی با تلفیق روش‌های بهترین- بدترین، دنپ، ویکور و کوپراس مطالعه‌ی موردی منطقه ۱ شهر تهران

کمال محمدی[۱]، علی اصغر آل شیخ[۲]*، محمد طالعی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد *GIS*- دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی
۲- استاد دانشکده‌ی مهندسی نقشه‌برداری- دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی
۳- دانشیار دانشکده‌ی مهندسی نقشه‌برداری- دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۱۰/۱۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۱۱/۲۸

چکیده

برنامه‌ریزی برای کاربری اراضی، هسته اصلی برنامه‌ریزی شهری را تشکیل می‌دهد. امروزه گسترش شهرها و افزایش جمعیت شهری مدیران را با چالش برنامه‌ریزی یکپارچه و استفاده‌ی بهینه از زمین در راستای توسعه‌ی پایدار روبرو کرده است. یافتن راه‌حل‌های علمی برای مکان‌یابی بهینه مراکز خدمات شهری جهت دستیابی شهروندان به رفاه، ازجمله‌ی این چالش‌ها است که در این راستا به‌کارگیری سیستم اطلاعات مکانی در کنار روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌تواند گزینه مناسب سیاست‌گذاران باشد. بیمارستان‌ها به‌عنوان زیرگروه مراکز درمانی نقش حیاتی در سلامت جامعه دارند؛ بنابراین تصمیم‌گیری برای تخصیص این کاربری نیازمند استفاده از ابزار و تکنیک‌های کارآمد در کنار تخصص کارشناسان است. در پژوهش حاضر باهدف بهبود خروجی تصمیم‌گیری نسبت به روش‌های سنتی و مطالعات انجام‌شده قبلی، ابتدا تحلیلی از وضع موجود بیمارستان‌های منطقه انجام شد؛ سپس معیارهای مؤثر در مکان‌یابی در دو مرحله با متدهای بهترین-بدترین و دنپ وزن‌دهی شدند. در روش اول دسترسی به خیابان اصلی و فاصله از مراکز بهداشتی و در روش دوم فاصله از بیمارستان‌های دیگر و شیب زمین به ترتیب مهم‌ترین و کم‌اهمیت‌ترین معیارها را مشخص نمودند. با توجه به فرآیند متفاوت وزن‌دهی دو روش، نتایج آن‌ها تلفیق، و اوزان متعادل‌تر معیارها با ۲۱/۸ درصد تعدیل به‌دست‌آمد. سپس نقشه‌های فاکتور مربوطه تهیه و با وزن‌های نهایی تلفیق شد. آنگاه از پهنه‌بندی منطقه موردمطالعه تعداد ۹ عدد گزینه مناسب احداث پیشنهاد شد که این مناطق در دو مرحله با متدهای ویکور و کوپراس رتبه‌بندی شدند. رتبه‌بندی نهایی نیز از مقایسه‌ی خروجی دو روش به‌دست‌آمد. آنگاه در دو حالت انتخاب سایت‌های شش و هفت به‌عنوان برترین گزینه‌های انتخابی، به ارزیابی میزان بهبود موردانتظار در وضعیت درمانی منطقه پرداخته شد. بر اساس نتایج این پژوهش، افزایش تعداد معیارهای مؤثر، تلفیق روش‌های نوین و قدرتمند تصمیم‌گیری و تبدیل تصمیم‌گیری از حالت فردی به گروهی و نیازسنجی قبل از مکان‌یابی می‌توانند عوامل مهم در افزایش کیفیت نتایج تحلیل باشند.

کلید واژه‌ها: متد بهترین-بدترین، دنپ، کوپراس، ویکور ، مکان‌یابی بیمارستان، تصمیم‌گیری چندمعیاره گروهی.

* نویسنده مکاتبه کننده: گروه *GIS*، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی، تهران
تلفن: ۸۸۸۷۷۰۷۱-۰۲۱

Email : Alesheikh@kntu.ac.ir

۱- مقدمه

برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری، ساماندهی مکانی فعالیت‌ها و عملکردهای شهری بر اساس نیازهای جامعه شهری و علم تقسیم زمین و مکان برای کاربردهای مختلف زندگی است. در این برنامه‌ریزی تلاش می‌شود که الگوهای اراضی شهری به‌صورت علمی مشخص شود و مکان‌یابی فعالیت‌های مختلف در شهر در انطباق و هماهنگی با یکدیگر و سامانه‌های شهری قرار گیرد *[۱]*. یکی از اهداف مهم برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری تأمین مناسب خدمات عمومی است. توزیع فضایی مطلوب این خدمات با توجه به تحولات و تغییرات آینده شهری موجب رضایت‌مندی شهروندان خواهد شد [۲]. بخشی از این خدمات را خدمات مرتبط با سلامت و بهداشت فردی شهروندان تشکیل می‌دهند که توسط بیمارستان‌ها و یا مراکز بهداشتی درمانی مستقر در نواحی داخلی شهر به شهروندان ارائه می‌شود. امروزه جمعیت رو به افزایش نواحی شهری، تقاضا برای بیمارستان‌های جدید و مراکز بهداشتی درمانی را افزایش داده است. باید توجه داشت که ایجاد مراکز خدماتی جدید مستلزم صرف هزینه‌های زیادی بوده و تعیین مکان بهینه این مراکز به‌نحوی‌که همه شهروندان از آن بهره‌مند شوند، ضروری است *[۳]*. بر همین اساس وظیفه اصلی برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیرندگان شهری تعیین مکان بهینه این‌گونه مراکز است. توزیع مراکز خدماتی در محیط‌های شهری باید متناسب با توزیع جمعیت و میزان تقاضا در نقاط مختلف شهر باشد [۴]. این امر نشان می‌دهد که برنامه‌ریزان و مدیران امور شهری اغلب با موقعیت‌های پیچیده تصمیم‌گیری روبرو هستند. علت این پیچیدگی این است که تعداد بسیار زیادی از معیارهای مؤثر تصمیم‌گیری باید در نظر گرفته شوند و گاهی درک روابط درونی و متقابل میان معیارهای مختلف مشکل است [۳]. چنانچه این عمل بدون توجه به تأثیر و تأثر و روابط متقابل کاربری‌ها صورت گیرد، ممکن است که نه‌تنها مشکلات موجود حل نشود بلکه خود باعث مشکلات عدیده و مسائل حل نشدنی دیگری شود. جمعیت، فاصله از خدمات بهداشتی، محدودیت‌های اقتصادی شرایط گذرا و ناسازگاری‌های اجتماعی از جمله معیارها هستند *[۵]*. مکان عامل مهمی در بهره‌وری یک بیمارستان محسوب می‌شود. بیمارستان باید در جایی احداث شود که به‌راحتی در دسترس همه افراد تحت پوشش خود باشد *[۶]*.

هدف این پژوهش تلفیق متدهای نوین تصمیم‌گیری در جهت افزایش کیفیت مکان‌یابی بیمارستان است. برای وزن‌دهی نهایی معیارها، با فرض اهمیت یکسان دو متد بهترین-بدترین(*BMW*[1]) و دنپ (*DANP*[2])، از نتایج آن‌ها میانگین حسابی گرفته شد. برای رتبه‌بندی گزینه‌ها نیز از دو روش کوپراس (*COPRAS*[3]) و ویکور (*VIKOR*[4]) استفاده شد.

در ادامه این مطالعه ابتدا مفاهیم نظری پژوهش و روش‌های به‌کاررفته در پژوهش به‌اختصار معرفی می‌شوند. سپس به پیاده‌سازی عملی مسئله‌ی پژوهش پرداخته می‌شود. درنهایت نتیجه‌گیری پژوهش در فصل آخر بیان می‌شود.

۲-مبانی نظری و پیشینه‌ی پژوهش

در این قسمت مروری بر مبانی نظری پژوهش انجام می شود و پیشینه ی پژوهش نیز به اختصار بررسی می‌شود.

۲-۱-تصمیم‌گیری چندمعیاره و ابعاد آن

جوهر تمامی فعالیت‌های مدیریتی، تصمیم‌گیری است. تصمیم‌گیری شامل بیان درست اهداف، تعیین راه‌حل‌های مختلف و ممکن، ارزیابی امکان‌پذیری آن‌ها، ارزیابی نتایج ناشی از اجرای هریک از راه‌حل‌ها و در نهایت انتخاب و اجرای آن است *[۷]*. چنانچه تصمیم‌گیری بر اساس چندین معیار، موردبررسی

---

[1] *Best-Worst-Method*
[2] *DEMATEL-based ANP*
[3] *Complex Proportional Assessment*
[4] *Vlse Kriterijumsk Optimizacija Kompromisno Resenje*

قرارگرفته باشد می‌تواند مطلوب و مورد رضایت تصمیم‌گیرنده باشد[۸]. برای دستیابی به هدفی خاص بیشتر لازم است که تصمیم‌گیرنده چندین معیار را به‌صورت توأم ارزیابی کرده و گزینه‌های مختلف را بر طبق معیارها بسنجد. چنین فرآیندی، تصمیم‌گیری چندمعیاره نامیده می‌شود [۹].

وزن‌ها میزان اهمیت نسبی هر معیار را در تصمیم‌گیری مربوطه بیان می‌کنند. وزن‌دهی در یک مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره از محورهای اصلی است. با توجه به وجود نقشه‌های معیار مختلف و بعضاً متعارض، می‌توان به این نتیجه رسید که میزان اهمیت این نقشه‌ها در رسیدن به خروجی یکسان نیست [۷]. به‌طورکلی روش‌های وزن‌دهی را می‌توان به دو دسته روش‌های دانش مبنا و داده مبنا تقسیم کرد. در روش‌های دانش مبنا کارشناس مقادیر وزن را تعیین می‌کند و در روش‌های داده مبنا اهمیت یا وزن از طریق خود داده‌ها یا اطلاعات اولیه استخراج می‌شود [۱۰]. به‌طور کل می‌توان گفت مسائل مبتنی‌بر تصمیم‌گیری چندمعیاره را می‌توان بر اساس مؤلفه‌های اصلی آن طبقه‌بندی کرد. بر این اساس دو نوع روش تصمیم‌گیری چندمعیاره وجود دارد که عبارت‌اند از: تصمیم‌گیری چندهدفه و روش تصمیم‌گیری چند شاخصه [۱۱]. این دو نوع مدل براساس تعداد افراد تصمیم‌گیرنده به دو دسته فردی و گروهی تقسیم می‌شوند[۱۲].

۲-۲-تصمیم‌گیری گروهی

یک بعد مهم تصمیم‌گیری، تصمیم‌گیری گروهی است. در دنیای واقعی بیشتر تصمیمات نه فقط توسط یک نفر بلکه توسط گروهی از افراد اتخاذ می‌شوند که بر روی موضوع خاصی به توافق می‌رسند. تصمیم‌گیری گروهی سازوکاری برای تلفیق آراء و نظرهای متنوع است که به تصمیمات مقبول‌تری منجر می‌شود. روش‌هایی مانند تکنیک گروه اسمی و روش دلفی برای بهبود تصمیمات گروهی مورداستفاده قرار می‌گیرند [۱۳].

۲-۳-مکان‌یابی

مکان‌یابی یکی از بخش‌های آمایش سرزمین بوده و فرآیندی است که از طریق آن می‌توان بر اساس شرایط تعیین‌شده و باتوجه به منابع موجود، بهترین محل موردنظر را برای کاربری‌های مختلف تعیین کرد. درواقع مکان‌یابی تجزیه‌وتحلیل توأمان اطلاعات فضایی و داده‌های توصیفی به‌منظور یافتن یک یا چند موقعیت فضایی با ویژگی‌های توصیفی موردنظر کاربر می‌باشد [۱۴]. مکان‌یابی فعالیتی است که قابلیت‌ها و توانایی‌های یک منطقه را از لحاظ وجود زمین مناسب و کافی و ارتباط آن با سایر کاربری‌ها و تسهیلات شهری برای انتخاب مکان مناسب برای کاربری خاص مورد تجزیه‌وتحلیل قرار می‌دهد [۱۵].

۲-۴-پیشینه‌ی تحقیق

هلیل و مهمت (۲۰۱۶) با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی(*AHP*[1]) و تحلیل نسبی خاکستری (*GRA*[2]) به "مکان‌یابی بیمارستان" پرداخته‌اند. آن‌ها معیارهای مؤثر را با استفاده از روش *AHP* وزن‌دهی نموده و گزینه‌های پیشنهادی را نیز با *GRA* رتبه‌بندی کردند [۱۶]. اوزلم و همکاران (۲۰۱۶) با در نظر گرفتن هفت معیار و چهار گزینه، به روش تاپسیس فازی شهودی (*HF-TOPSIS*[3]) به "مکان‌یابی بیمارستان" در استانبول پرداخته‌اند [۱۷]. در پژوهشی در سال ۲۰۱۷، یازده معیار مکان‌یابی بیمارستان به‌وسیله‌ی فرآیند تحلیل شبکه(*ANP*[4]) وزن‌دهی شد که معیار « نزدیکی به مراکز پرتراکم جمعیتی» بیشترین امتیاز را کسب کرد. لایه‌های مربوطه از

[1] *Analytic Hierarchy Process*
[2] *Gray Relational Analysis*
[3] *Hesitant fuzzy -Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*
[4] *Analytic Network Process*

داده‌های شهر اردبیل تهیه، کلاسه‌بندی و تلفیق شده و نواحی مناسب احداث مشخص شده‌اند [۱۸]. جعفری و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از توابع عضویت فازی اقدام به فازی کردن معیارهای مؤثر در مکان‌یابی بیمارستان نموده‌اند؛ سپس وزن معیارهای فازی را با استفاده از روش *AHP* و اخذ نظرات کارشناسی، حساب کرده‌اند. نهایتاً با همپوشانی فازی گاما ۰/۹ اقدام به مکان‌یابی پهنه‌های مناسب احداث بیمارستان جدید در بندرعباس نموده‌اند [۱۹]. نخعی و همکاران در سال ۱۳۹۵، معیارهای مکان‌یابی مراکز درمانی را با بررسی نمونه‌ی موردی بیمارستان تریتا در منطقه‌ی ۲۲ شهر تهران از منظر پدافند غیرعامل ارزیابی نموده‌اند [۲۰]. بهزادی و همکاران (۱۳۹۲) با معرفی یک مدل عامل‌مبنا و براساس معماری *BDI*[1] و نیز یک نرم‌افزار عامل‌مبنای مکانی جهت تصمیم‌گیری‌های مکانی، اقدام به مکان‌یابی بیمارستان نموده‌اند که برای سنجش میزان استواری آن اقدام به مکان‌یابی بیمارستان در سطح تهران شده است [۲۱]. محقر و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از "روش بهترین-بدترین" به بررسی و ارزیابی ریسک‌های پروژه پرداختند و شاخص‌های مختلف مؤثر در شکست ریسک پروژه‌ها را با این روش رتبه‌بندی نمودند [۲۲]. رخساری و همکاران (۱۳۹۵) با تلفیق سه روش "ویکور"، پرامتی و تاپسیس اقدام به مکان‌یابی بهینه حسگرهای هوشمند ترافیکی در شمال واشنگتن نموده‌اند و درنهایت چهار گزینه را با این سه روش به‌طور جداگانه رتبه‌بندی کرده‌اند که نتیجه‌ی سه روش یکسان به‌دست‌آمده است[۲۳].

با توجه به پژوهش‌های بیان‌شده و دیگر مطالعات نگارندگان، پژوهشی که هم روش وزن‌دهی و هم رتبه‌بندی تلفیقی داشته باشد انجام نشده است. به‌علاوه، روشی همچون *BWM*، به دلیل جدید بودن، در تحلیل‌های مکانی تاکنون استفاده‌نشده است. در پژوهش پیش رو باهدف رفع نواقص بیان‌شده اقدام به مکان‌یابی بیمارستان با یک روش تلفیقی جدید شده است.

۲-۵-متد بهترین-بدترین

تکنیک بهترین-بدترین یکی از جدیدترین و کاراترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که در سال ۲۰۱۵ توسط دکتر جعفر رضایی معرفی شد. این روش به‌منظور وزن‌دهی معیارهای تصمیم‌گیری به‌کار می‌رود. در این روش، ابتدا بهترین (مهم‌ترین) و بدترین (کم‌اهمیت‌ترین) معیارها توسط تصمیم‌گیرنده مشخص می‌شود؛ سپس مقایسه زوجی بین هرکدام از این دو شاخص، با دیگر شاخص‌ها صورت می‌گیرد؛ آنگاه مسئله تبدیل به یک مسئله برنامه‌ریزی خطی می‌شود که وزن شاخص‌ها به صورتی به‌دست‌آید که تفاوت‌های مطلق اوزان حداقل شود. تعداد مقایسات زوجی کمتر و دستیابی به مقایسات زوجی سازگارتر از برتری‌های این متد نسبت به سایر تکنیک‌های چندمعیاره است*[۲۴]*.مراحل انجام این تکنیک به شرح زیر است:

۱) ابتدا معیارهای مؤثر در تصمیم‌گیری انتخاب می‌شوند.

۲) انتخاب بهترین و بدترین معیار در این مرحله انجام می‌گیرد.

۳) ابتدا برتری بهترین معیار نسبت به سایر معیارها، سپس برتری هر معیار نسبت به بدترین معیار با اعداد صحیح ۱ تا ۹ مطابق جدول (۱) سنجیده می‌شود. بردار برتری، بهترین معیار نسبت به سایر معیارها و برتری سایرین به بدترین به صورت رابطه(۱) است که در آن a_{Bj}برتری بهترین معیار به معیار j و a_{jw}برتری معیار j بر بدترین است.

بدیهی است که $a_{ww}=a_{BB}=1$

[1] *Belief-Desire-Intention (BDI) Agent-based*

رابطه(۱) $$A_B = (a_{B1}, a_{B2}, \ldots, a_{Bn}), A_w = (a_{1w}, a_{2w}, \ldots, a_{nw})^T$$

جدول ۱: اعداد متناظر با انواع ترجیحات در مقایسه‌های زوجی

ترجیحات بینابین	کاملاً مرجح	ترجیح خیلی قوی	ترجیح قوی	کمی مرجح	ترجیح یکسان	ترجیحات
۸، ۶، ۴، ۲	۹	۷	۵	۳	۱	مقدار عددی

۴) در این مرحله اوزان بهینه به دست می‌آیند. وزن بهینه برای معیارها وزنی است که برای هر زوج w_j/w_b و w_j/w_wروابط (۲ و ۳) برقرار باشد که در آن W_j وزن معیار jم است. این مسأله مطابق رابطه(۳) برنامه‌نویسی می‌شود.

رابطه(۲) $$w_j/w_w = a_{jw}\ w_b/w_j = a_{Bj}$$

رابطه(۳)
$$\begin{aligned} &\min\ \xi; \\ &s.t. \\ &\left|\frac{wb}{wj} - a_{Bj}\right| \le \xi; \\ &\left|\frac{wj}{ww} - a_{jw}\right| \le \xi; \\ &\textstyle\sum_j w_j = 1; \\ &w_j \ge 0; \end{aligned}$$

در رابطه(۳) ξ متغیری است که از آن برای محاسبه‌ی نرخ سازگاری در مرحله‌ی بعد استفاده می‌شود و مقدار بهینه‌ی آن یعنی ξ^* طی تکرارهای متوالی به همراه وزن معیارها حساب می‌شود.

۵) در این مرحله نسبت ناسازگاری با رابطه‌ی (۴) به‌دست می‌آید:

رابطه(۴) $$\text{نرخ سازگاری} = \frac{\xi^*}{\text{شاخص سازگاری}}$$

شاخص سازگاری رابطه‌ی (۴) از جدول (۲) حساب می‌شود که a_{BW}همان وزن مقایسه‌ی بهترین نسبت به بدترین معیار است. نرخ ناسازگاری عددی در بازه‌ی ۰ تا ۱ است و هرچه به صفر نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده‌ی ثبات بالای مقایسات است.

جدول ۲: شاخص سازگاری[۲۴]

a_{BW}	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
شاخص سازگاری	۰٫۰۰	۰٫۴۴	۱٫۰۰	۱٫۶۳	۲٫۳۰	۳٫۰۰	۳٫۷۳	۴٫۴۷	۵٫۲۳

۲-۶-تکنیک دنپ

فرآیند تحلیل شبکه‌ای یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که در آن شبکه جایگزین ساختار سلسله مراتبی شده است و از روابط دوطرفه‌ی بین خوشه‌ها و نیز روابط درونی خوشه‌ها پشتیبانی می‌کند. روش دیمتل نیز بر پایه مقایسه زوجی است که با بهره‌مندی از قضاوت خبرگان و به‌کارگیری اصول فرضیه گراف‌ها، روابط علّی-معلولی بین معیارها را به یک ساختار ملموس تبدیل می‌کند[۲۵]. در نمودار علّی دیمتل، محورهای افقی و عمودی به ترتیب شدت برتری (اهمیت) و علت (بالای محور افقی) یا معلول (زیر محور افقی) بودن هر معیار را نشان می‌دهند[۲۶]. ازآنجاکه روش دیمتل روابط علت و معلولی بین عوامل را مشخص می‌نماید لذا می‌توان این روش را با روش تحلیل شبکه ترکیب کرد. در روش شبکه سطح وابستگی معیارها دوطرفه است که در روش دیمتل چنین نیست و به دنیای واقعی نزدیک‌تر است[۲۷]. پس برای رفع این نقص موجود در شبکه، از ماتریس ارتباط کامل (*TC* یا همان *Total Communication matrix*) که از دیمتل به دست می‌آید برای وزن

معیارها محاسبه می‌شود. مراحل روش دنپ به شرح زیر است:

گام‌اول: محاسبه ماتریس ارتباط مستقیم طبق رابطه(۵) هر درایه d_c^{ij} میزان اثرگذاری معیار i بر معیار j با طیف پنج تایی ۰ (بی‌تأثیر) تا ۴ (بسیار تأثیرگذار) مقداردهی می‌شود.

گام دوم: ماتریس ارتباط مستقیم D با استفاده از رابطه‌ی (۶) نرمال شده و ماتریس N به دست می‌آید.

گام سوم: زمانی که ماتریس D نرمال گشته و ماتریس N حاصل شد، ماتریس ارتباطات کامل از طریق رابطه(۷) به دست خواهد آمد. در این رابطه، I بیانگر ماتریس واحد است.

ماتریس ارتباط کامل می‌تواند به‌وسیله معیارها شمرده شود که با T_C نشان داده می‌شود.

گام چهارم: در این گام مجموع سطرها و ستون‌های ماتریس ارتباط کامل به‌صورت جداگانه مطابق با رابطه(۸) محاسبه می‌شود. شاخص r_i مجموع سطر i ام و c_j مجموع ستون j ام است. شاخص $r_i + c_j$ بیانگر میزان اهمیت و تعامل معیار i ام و به‌طور مشابه شاخ $r_i - c_j$ نشان‌دهنده تأثیرگذاری و یا تأثیرپذیری معیار i ام است. چنانچه $r_i - c_j$ مثبت باشد($i=j$)، معیار i ام جزو دسته معیارهای تأثیرگذار و اگر منفی باشد جزو گروه معیارهای تأثیرپذیر است.

گام پنجم: ماتریس T_D از میانگین T_C^{ij} به دست می‌آید.

گام ششم: نرمال‌سازی T_C با مجموع درجات تأثیرگذاری و تأثیرپذیری معیارها

گام هفتم: تشکیل سوپر ماتریس ناموزون W: در این گام ترانهاده ماتریس ارتباط کامل نرمال شد T_C^{∞} محاسبه‌شده و ماتریس W حاصل می‌شود (رابطه(۹)).

گام هشتم: تشکیل سوپر ماتریس موزون

گام نهم: محدود کردن سوپر ماتریس موزون

سوپر ماتریس موزون را از طریق به‌توان رسانیدن به یک عدد بزرگ Z محدود می‌نماییم، تا جایی که سوپر ماتریس همگرا شود و به ثبات برسد. خروجی این گام اوزان مؤثر $DANP$ خواهد بود (رابطه(۱۰)).

رابطه(۵)

$$D=\begin{bmatrix} d_c^{11} & \dots & d_c^{1j} & \dots & d_c^{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ d_c^{i1} & \dots & d_c^{ij} & \dots & d_c^{in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ d_c^{n1} & \dots & d_c^{nj} & \dots & d_c^{nn} \end{bmatrix}$$

رابطه(۶)

$$N = VD;\ V = \{min / \max_i \sum_{j=1}^{n} d_{ij}, 1/\max_i \sum_{j=1}^{n} d_{ij}\};\ i, j \in \{1,2,...,n\}$$

رابطه(۷)

$$T = N + N^2 + \dots + N^h = N\left(I - N\right)^{-1}, when\ h \to \infty$$

رابطه(۸)

$$T = [t_{ij}], R = [r_i]_{n\times 1} = [\sum_{j=1}^{n} t_{ij}]_{n\times 1}, C = [c_j]_{1\times n} = [\sum_{i=1}^{n} t_{ij}]_{1\times n}$$

رابطه(۹)

$$W = (T_c^{\alpha})' = \begin{array}{c} \\ D_1\ c_{11} \\ \quad\ c_{12} \\ \quad\ \vdots \\ \quad\ c_{1m_1} \\ D_j\ c_{j1} \\ \quad\ c_{j2} \\ \quad\ \vdots \\ \quad\ c_{jm_j} \\ \quad\ c_{n1} \\ \quad\ c_{n2} \\ D_n\ c_{nm_n} \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} D_1 & & D_i & & D_n \\ c_{11}..c_{1m_1} & \cdots & c_{i1}..c_{im_i} & \cdots & c_{n1}..c_{nm_n} \end{array} \\ \begin{bmatrix} W^{11} & \cdots & W^{i1} & \cdots & W^{n1} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ W^{1j} & \cdots & W^{ij} & \cdots & W^{nj} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ W^{1n} & \cdots & W^{in} & \cdots & W^{nn} \end{bmatrix} \end{array}$$

رابطه(۱۰)

$$\lim_{Z\to\infty}(W^{\alpha})^Z$$

۲-۷-روش کوپراس

کوپراس یکی از روش‌های کاربردی و قدرتمند تصمیم‌گیری است و جهت اولویت‌بندی یا رتبه‌بندی گزینه‌های مختلف بااستفاده از وزن معیارها به کار می‌رود[۲۸]. این روش برای ارزیابی ارزش هر دو معیار کمینه و بیشینه مورداستفاده قرار می‌گیرد و تأثیر معیارهای کمینه و بیشینه روی ارزیابی نتایج به‌صورت جداگانه در نظر گرفته می‌شود [۲۹]. مراحل انجام روش کوپراس به ترتیب عبارت‌اند از:

الف) تعیین وزن معیارها به یکی از روش‌های معمول مثل تحلیل سلسه‌مراتبی و سپس تشکیل ماتریس‌تصمیم

ب) تشکیل ماتریس وزن‌دار که مانند رابطه(۱۱) مقادیر هر گزینه بر وزن آن‌ها ضرب شده و مجموعه مقادیر تقسیم می‌شوند.

در این فرمول q_i وزن هر معیار و x_{ij} مقدار هر گزینه به ازای هر معیار است[۳۰].

پ) تعیین معیارهای مثبت (سود) و منفی (هزینه) و محاسبه‌ی جمع جبری ارزش نهایی آن‌ها مطابق رابطه(۱۲)[۳۱].

ت) مرحله پایانی، محاسبه ارزش نهایی هر گزینه با استفاده از رابطه (۱۳) است. مقدار Q_i بالاتر، نشانگر اهمیت و مطلوبیت بیشتر گزینه خواهد بود.

رابطه(۱۱)

$$d_{ij} = \frac{q_i}{\sum_{j=1}^{n} x_{ij}} x_{ij}$$

رابطه(۱۲)

$$, S_j^+ = \sum_{z_i} =^+ d_{ij} \quad S_j^- = \sum_{z_i} =^- d_{ij}$$

رابطه(۱۳)

$$Q_j = S_j^+ + \frac{S_{\min}^- \sum_{j=1}^{n} S_j x}{S_j^- \sum_{j=1}^{n} \frac{S_{\min}^-}{Sj^-}} = S_j^+ + \frac{S_{\min}^- \sum_{j=1}^{n} S_j x}{S_j^- \sum_{j=1}^{n} \frac{S_{\min}^-}{Sj^-}}$$

۲-۸-روش ویکور

مدل ویکور مبتنی‌بر برنامه‌ریزی توافقی مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره است. تأکید این روش بر رتبه‌بندی و انتخاب از مجموعه‌ای از گزینه‌ها و تعیین راه‌حل‌های توافقی برای مسئله با معیارهای متضاد است [۳۲]. در شرایطی که فرد تصمیم‌گیرنده قادر به شناسایی و بیان برتری‌های یک مسئله در زمان شروع و طراحی آن نیست، این روش می‌تواند به‌عنوان ابزاری

مؤثر برای تصمیم‌گیری مطرح شود[۳۳]. در یک مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره با n معیار و mگزینه، مراحل الگوریتم پیاده‌سازی به‌منظور انتخاب بهترین گزینه با استفاده از روش ویکور دارای گام‌های زیر است:

۱) اولین گام تشکیل ماتریس تصمیم و بردار وزن معیارها است. ماتریس تصمیم مطابق رابطه (۱۴) است که در آن A_i گزینه‌ی i ام، x_jشاخص jام و xijنشان‌دهنده‌ی ارزش شاخص j ام برای گزینه‌ی iام است.

۲) مرحله‌ی دوم نرمال‌سازی ماتریس تصمیم با استفاده از رابطه (۱۵) است.

۳) مرحله‌ی سوم تعیین نقطه ایده‌آل مثبت f^* و منفی f^- برای هر معیار، در میان گزینه‌ها است؛ اگر معیار مثبت باشد (رابطه(۱۶)).

۴) مرحله‌ی چهارم تعیین سودمندی (S_i) یعنی فاصله نسبی گزینهi ام از نقطه ایده‌آل و تأسف (R_j) که بیانگر حداکثر ناراحتی گزینهi ام از دوری از نقطه ایده‌آل است از روابط زیر است (رابطه(۱۷)).

۵) گام پنجم محاسبه شاخص ویکور(Q)مطابق رابطه(۱۸) و (۱۹) است. v در رابطه‌ی ۱۹ وزن برای استراتژی بیشینه‌ی مطلوبیت تصمیم‌گیری گروهی است که معمولاً مقدار ثابت ۰/۵ است.

۶) در گام پایانی از تکنیک ویکور، گزینه‌ها بر اساس مقادیر Q، R و S در سه گروه از کوچک به بزرگ مرتب می‌شوند. بهترین گزینه آن است که کوچک‌ترین Qرا داشته باشد درصورتی‌که دو شرط زیر برقرار باشد:

شرط یک: اگر گزینهA_1 وA_2 در میان m گزینه رتبه اول و دوم را داشته باشند، باید رابطه (۲۰) برقرار باشد.

شرط دو :گزینهA_1 باید حداقل در یکی از گروه‌های Rو S به‌عنوان رتبه برتر شناخته شود. اگر شرط نخست برقرار نباشد هر دو گزینه بهترین گزینه خواهند بود. اگر شرط دوم برقرار نباشد گزینهA_1 وA_2 هر دو به‌عنوان گزینه برتر انتخاب می‌شوند.

رابطه(۱۴)

$$D = \begin{array}{c|cccc} & x_1 & x_2 & \cdots & x_n \\ A_1 & x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ A_2 & x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ A_m & x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{array}$$

رابطه(۱۵)

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

رابطه(۱۶)

$$f^* = Max f_{ij}, f^- = Min f_{ij}$$

رابطه(۱۷)

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} w_j \cdot \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-}, R_i = Max\left[w_j \cdot \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \right]$$

رابطه(۱۸)

$$S^* = Min S_i ; S^- = Max S_i ; R^* = Min R_i ; R^- = Max R_i$$

$$Q_i = v\left[\frac{S_i - S^*}{S^- - S^*}\right] + (1-v)\left[\frac{R_i - R^*}{R^- - R^*}\right]$$ رابطه(۱۹)

$$Q(A_2) - Q(A_1) \geq \frac{1}{m-1}$$ رابطه(۲۰)

۳-پیاده‌سازی

مراحل مختلف پیاده‌سازی پژوهش در شکل(۱) آورده شده است که در ادامه گزارشی از انجام این مراحل آورده شده است.

۳-۱-شناخت وضع موجود منطقه‌ی موردمطالعه

منطقه ۱ شهرداری تهران، یکی از مناطق شهری تهران می‌باشد که در شمال این شهر و در محدوده‌ی ۵۱ درجه و ۲۲ دقیقه و ۳۲ ثانیه تا ۵۱ درجه و ۳۲ دقیق و ۱۶ ثانیه طول شرقی از نصف‌النهار مبدأ و ۳۵ درجه و ۴۶ دقیقه و ۳۶ ثانیه تا ۳۵ درجه و ۴۹ دقیقه و ۳۴ ثانیه عرض شمالی از استوا قرارگرفته است. این منطقه در محدوده‌ای به وسعت ۴۹٫۶ کیلومترمربع و حریم ۱۰۱کیلومترمربع واقع‌شده و دارای جمعیتی حدود ۵۰۰ هزار نفر می‌باشد و دارای ۱۰ ناحیه و ۲۷ محله است (شکل(۲)).تعداد یازده بیمارستان عمومی و سه بیمارستان تخصصی و در مجموع ۲۵۹۱ تخت بیمارستانی در این منطقه قرار دارد

الف) یکی از شاخص‌های بررسی وضع سرانه درمانی، «تعداد تخت به ازای ۱۰۰۰ نفر» است که این عدد برای منطقه ۱ تهران ۵٫۱۳ است (شکل (۲)). اما برای تهران با جمعیت ۱۳ میلیون نفر و ۲۰ هزار تخت، ۱٫۵۳۸ و برای ایران با ۸۰ میلیون نفر و ۱۲۲۰۰۰ تخت، ۱٫۵۲۵ است. درحالی‌که این عدد در کشورهای برتر از نظر درمانی، از ۹ تا ۱۴ متغیر است. ایران در رتبه‌ی ۱۲۲ ام جهانی قرار دارد و نشان از وضعیت بهتر منطقه ۱ نسبت به تهران و سطح کشور است (مطالعات میدانی نگارندگان).

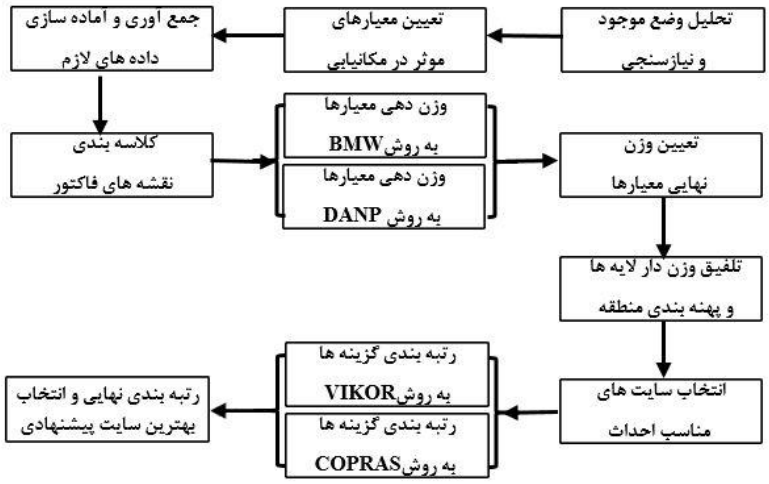
ب) مساحت کل بیمارستان‌های منطقه ۴۲٫۲۸۵ هکتار است که ۸ درصد از مساحت منطقه است و با توجه به آن سرانه هر نفر ۰٫۸مترمربع است. (مطالعات میدانی نگارندگان)

باهدف تحلیل درست‌تر و دقیق‌تر،ادامه‌ی پژوهش به ۱۱ بیمارستان عمومی منطقه محدود شده است.

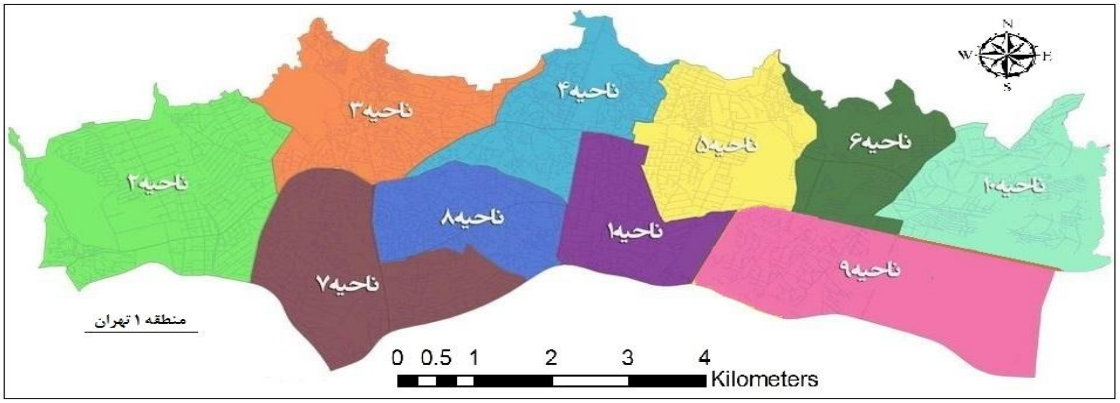
ج) با محاسبه درصد جمعیت و مساحت و نیز تعداد تخت بیمارستان‌های عمومی منطقه مطابق شکل(۳) خواهیم داشت.

با توجه به شکل (۳)، توزیع بیمارستان‌های منطقه متناسب با جمعیت و وسعت آن‌ها نیست. با رسم چندضلعی‌های تیسن[1] این مراکز، شکل (۴) به دست خواهد آمد.

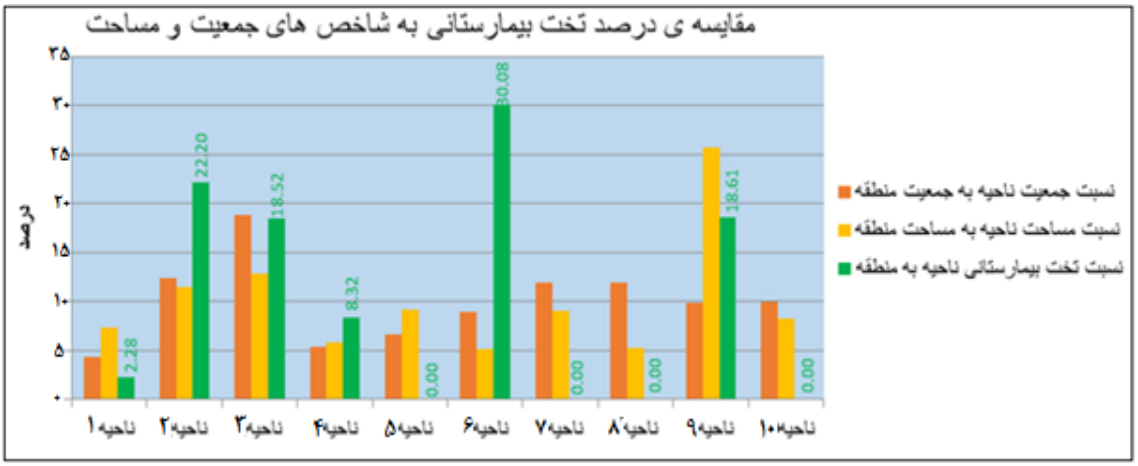
[1] *Thiessen Polygons*



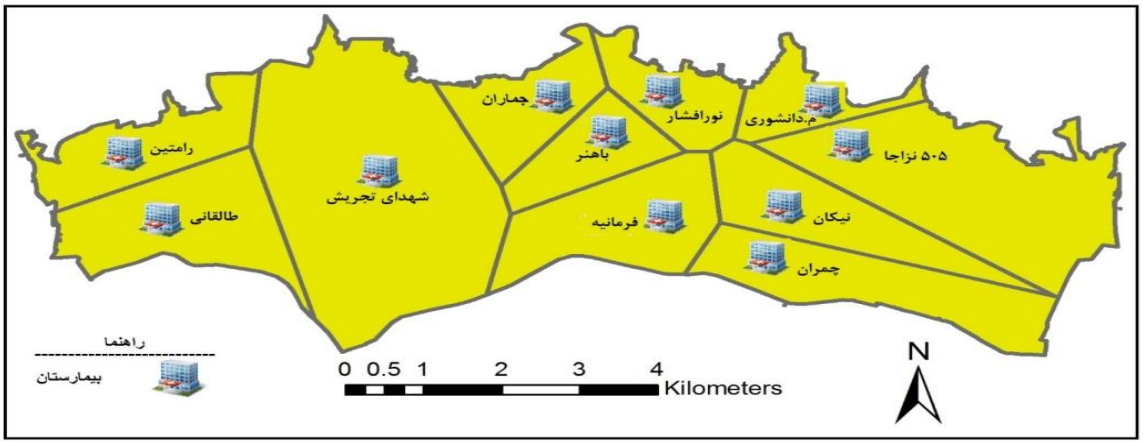
شکل۱: روندنمای پژوهش



شکل ۲: منطقه ۱ تهران و نواحی ده‌گانه آن

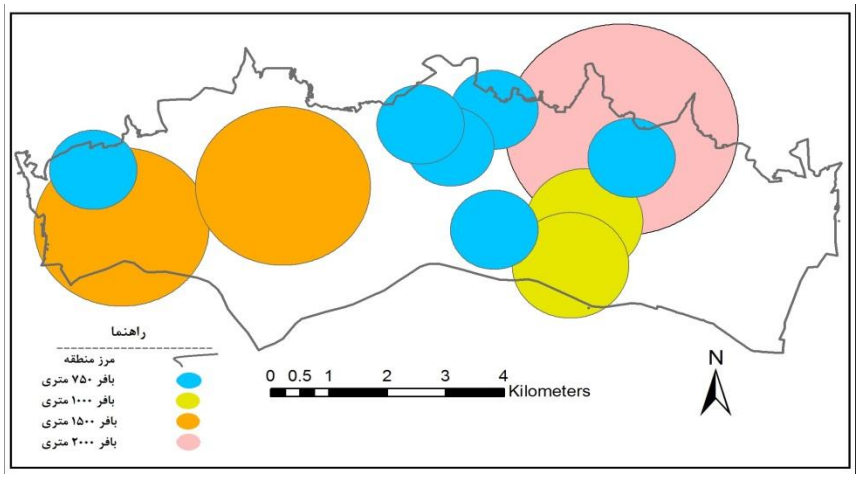


شکل۳ : مقایسه‌ی درصد تخت بیمارستانی نواحی با درصد جمعیت و مساحت آن‌ها



شکل ۴: نقشه‌ی پراکندگی بیمارستان‌های موجود در سطح منطقه ۱

مشاهده می‌شود که تراکم مراکز بیمارستانی و به‌تبع آن مساحت چندضلعی‌های تیس در منطقه یکسان نیست. با لحاظ کردن ظرفیت هر بیمارستان، مطابق جدول (۳) و رسم شعاع خدماتی آن‌ها شکل (۵) به دست می‌آید. با توجه به شکل (۵) و به دلیل عدم توزیع درست بیمارستان‌ها، در برخی از نقاط، بین منطقه خدماتی بیمارستان‌ها همپوشانی زیادی ایجادشده است درحالی‌که برخی نواحی محروم از بیمارستان هستند که نشان از عدم توزیع عادلانه بیمارستان‌ها در منطقه است.



شکل۵: رسم شعاع خدماتی بیمارستان‌های منطقه بر اساس ظرفیت آن‌ها

جدول۳ : شعاع عملکرد بیمارستان‌ها متناسب با ظرفیت آن‌ها (مطالعات میدانی نگارندگان)

تعداد تخت بیمارستانی	شعاع عملکرد(متر)	تعداد تخت بیمارستانی	شعاع عملکرد(متر)
کمتر از ۱۰۰	۷۵۰	۳۵۰ تا ۵۰۰	۱۵۰۰
۱۰۰ تا ۳۵۰	۱۰۰۰	بیشتر از ۵۰۰	۲۰۰۰

۳-۲-معیارها و داده‌های مورداستفاده

شناسایی و انتخاب عواملی که در مکان‌یابی تأثیرگذارند از مراحل مهم مکان‌یابی محسوب می‌شود. هرچه عوامل و معیارهای شناسایی‌شده با واقعیت زمینی تطابق بیشتری داشته باشد نتایج مکان‌یابی رضایت‌بخش‌تر خواهد بود. معیارها گاهی متناقض می‌باشند و درعین‌حال باید به‌صورت کاملاً تلفیق‌شده و به‌طور هم‌زمان رعایت شده باشد که این امر با استفاده از تصمیم‌گیری چندمعیاره صورت می‌پذیرد. لذا استفاده از تصمیم‌گیری چندمعیاره وسیستم اطلاعات مکانی در مسائل مکان‌یابی انکارناپذیر است [۷]. این پژوهش با استفاده از داده‌های منطقه ۱ تهران انجام شده است. با توجه به لایه‌های موجود و معیارهای مؤثر، تعداد دوازده معیار برای مکان‌یابی انتخاب و لایه‌های مربوط به هرکدام تهیه شده و مراحل پیش‌پردازش آن‌ها انجام شد. ابتدا معیارهای مؤثر در مکان‌یابی انتخاب می‌شوند که در این پژوهش سیزده معیار در نظر گرفته شد. اما به دلیل وجود گسل‌های فراوان، تقریباً کل مساحت منطقه ۱ جهت ساختمان‌سازی ناامن و نامناسب است و به دلیل تفاوت جزئی نقاط مختلف از لحاظ فاصله از گسل، این معیار حذف شده و پژوهش برمبنای دوازده معیار موجود در جدول (۴) انجام‌گرفته است.

جدول ۴: معیارهای منتخب جهت مکان‌یابی بیمارستان [۱۸]، [۳۶]، [۳۷]

معیار	شناسه (C_i)	معیار	شناسه (C_i)
نزدیکی به مراکز بهداشتی	$C_۷$	دوری از پمپ‌بنزین و گاز	$C_۱$
نزدیکی به مراکز مسکونی	$C_۸$	دسترسی به خیابان‌های اصلی	$C_۲$
دوری از بیمارستان‌های موجود	$C_۹$	دوری از خطوط انتقال نیرو	$C_۳$
نزدیکی به فضای سبز و پارک	$C_{۱۰}$	دوری از اماکن ورزشی	$C_۴$
نزدیکی به مراکز آتش‌نشانی	$C_{۱۱}$	دوری از مدارس ابتدایی و متوسطه	$C_۵$
شیب منطقه	$C_{۱۲}$	دوری از مراکز نظامی	$C_۶$

۳-۳-محاسبه‌ی وزن معیارها با استفاده از متد بهترین- بدترین

بعد از تعیین معیارهای مؤثر، پرسشنامه‌ای مبنی بر انتخاب بهترین و بدترین معیار به کارشناسان (۱۲ نفر کارشناس از رشته‌های شهرسازی، برنامه‌ریزی شهری، آمایش سرزمین، سیستم اطلاعات مکانی) ارسال و معیارهای $C_۲$ و $C_۷$ به ترتیب به‌عنوان بهترین و بدترین معیار انتخاب شدند. سپس پرسشنامه‌ای دیگر شامل جداول مقایسه‌ی بهترین با سایر معیارها و سایر معیارها با بدترین به کارشناسان ارسال شد که نتایج نهایی آن در جدول (۵) آمده است (میانگین حسابی از اوزان کارشناسان).

در مرحله‌ی بعد در نرم‌افزار لینگو مطابق رابطه(۳)، گزاره‌ها و قیود مختلف برنامه‌نویسی شد. متعاقباً نسبت ناسازگاری با رابطه‌ی (۴) به دست می‌آید. در این پژوش این عدد ۰٫۰۹۹ به‌دست‌آمده است که حاکی از آن است که مقایسات تا حد زیادی استوار است پس وزن نهایی خروجی این متد برای هر معیار مطابق جدول (۶) به دست می‌آید.

جدول ۵: نتیجه‌ی وزن‌دهی‌ها در مقایسه‌ی بهترین با سایرین وزن‌دهی‌ها در مقایسه‌ی سایرین با بدترین

معیارها	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
وزن مهم‌ترین معیار(C_7)نسبت به هر معیار	۳٫۰	۱	۳٫۷	۴٫۴	۲٫۰	۳٫۶	۹	۲٫۰	۱٫۷	۲٫۱	۴٫۰	۳٫۸
وزن هر معیار نسبت به بدترین معیار (C_7)	۳٫۵	۹	۳٫۲	۲٫۱	۴٫۸	۲٫۹	۱	۴٫۵	۵٫۷	۶٫۳	۲٫۲	۲٫۷

جدول ۶: وزن نهایی معیارها برگرفته از روش بهترین-بدترین

C_i	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
W_i	۰٫۰۷۶	۰٫۱۹۳	۰٫۰۵۹	۰٫۰۵۳	۰٫۰۹۶	۰٫۰۵۴	۰٫۰۲۲	۰٫۰۹۲	۰٫۱۱۶	۰٫۱۲۵	۰٫۰۴۶	۰٫۰۴۷

۳-۴-محاسبه‌ی وزن معیارها با استفاده از روش دنپ

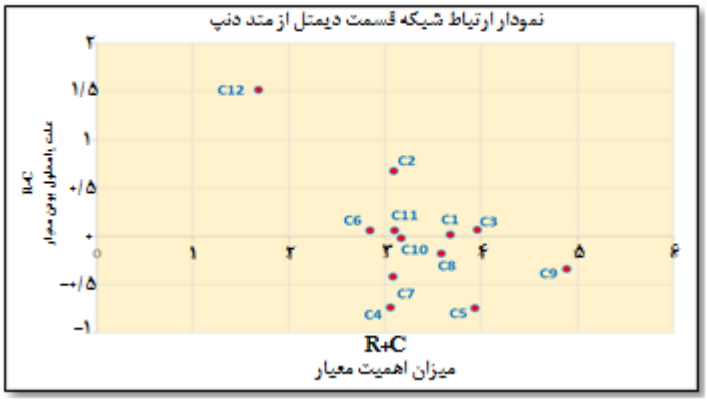
ماتریس تصمیم‌گیری این روش مطابق جدول (۷) است. در این ماتریس ستون آخر یعنی تأثیرات بقیه معیارها بر شیب صفر بوده است که به خاطر عملیات ماتریسی به همه‌ی مقادیر ۰/۱ اختصاص داده‌شده است. با محاسبه جمع هر سطر و هر ستون، ستون نهم دارای بیشینه مقدار ۳۷/۳۶۱ بوده و با همین عدد به نرمال‌سازی ماتریس تصمیم و تشکیل ماتریس ارتباط کامل TC پرداخته‌شده است. سپس با محاسبه جمع سطری R و جمع ستونی C و متعاقباً محاسبه‌ی $R+C$ و $R-C$ برای هر معیار، نمودار علیت معیارها مطابق شکل(۶) به دست می‌آید.

با نرمال‌سازی ماتریس TC و بقیه محاسبات ماتریسی روش دنپ، سوپر ماتریس کامل ایجاد می‌شود که با توان‌رسانی آن بعد از تکرارهای متوالی درایه‌های هر سطر همگرا شده و نتیجه به‌صورت جدول به‌دست می‌آید. همان‌طور که در جدول (۸) و نمودار علیت نیز مشاهده می‌شود، فاصله از بیمارستان‌ها و شیب زمین به ترتیب مهم‌ترین و کم‌اهمیت‌ترین معیارها هستند.

جدول ۷: ماتریس تصمیم روش دنپ

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
C_1	۰	۰٫۳۷۲	۲٫۳۲۸	۲٫۷۳۸	۳٫۱۲	۲٫۲۷۶	۲٫۷۹۶	۱٫۷۰۸	۳٫۷۰۶	۳٫۶۱۳	۳٫۲۴	۰٫۱
C_2	۳٫۵۶۱	۰	۲٫۱۳۹	۱٫۱۷۱	۲٫۶۴۹	۰٫۸۲۸	۲٫۶۹۸	۲٫۹۵۵	۳٫۹۰۶	۲٫۱۸۶	۳٫۵۶۹	۰٫۱
C_3	۲٫۳۷۶	۲٫۸۸۱	۰	۳٫۱۵۷	۳٫۶۰۷	۳٫۰۷۱	۳٫۳۴۹	۱٫۱۷	۳٫۷۳	۳٫۰۴	۱٫۹۰۸	۰٫۱
C_4	۰٫۷۹	۰٫۲۸	۲٫۲۷۶	۰	۳٫۰۵۲	۰٫۱۵۷	۰٫۷۳۹	۲٫۰۶۶	۳٫۱۲۲	۲٫۶۱۲	۰٫۱۹۸	۰٫۱
C_5	۳٫۲۵۷	۱٫۹۸۱	۳٫۷۱۵	۱٫۲۶۵	۰	۱٫۶۱۱	۰٫۱۴۸	۳٫۲۱۶	۳٫۷۴۲	۰٫۸۱	۱٫۱۲۵	۰٫۱
C_6	۲٫۱۳	۱٫۱۴۷	۲٫۲۶۱	۲٫۳۱۵	۲٫۷۵۳	۰	۲٫۴۴۹	۱٫۷۴	۳٫۱۹۳	۱٫۲۷۵	۰/۵۲۷	۰٫۱
C_7	۳٫۰۲۳	۱٫۱۹۷	۳٫۰۲۱	۲٫۱۴	۱٫۲۵	۱٫۰۹۵	۰	۱٫۹۴۶	۲٫۲۷۱	۰٫۷۳	۱٫۲۲۱	۰٫۱
C_8	۰٫۷۹۵	۱٫۴۶۱	۱٫۲۱۴	۲٫۸۴۱	۳٫۴۶۱	۱٫۶۸۲	۳٫۰۲	۰	۳٫۸۲۹	۲٫۶۹	۲٫۸۲۶	۰٫۱
C_9	۳٫۶۷	۱٫۹۶	۳/۴۵۷	۳٫۱۶	۳٫۷۴	۳٫۵۶۲	۲٫۳۴۵	۳٫۴۰۲	۰	۳٫۰۶۷	۳٫۹۷	۰٫۱
C_{10}	۱٫۱۰۸	۱٫۸۲۷	۳٫۱۲	۲٫۲۵	۲٫۸۴۱	۱/۲۸۶	۲٫۷۴	۱٫۱۳۸	۳٫۶۷	۰	۰٫۴۳	۰٫۱
C_{11}	۲٫۸۳۱	۱٫۷۶	۰٫۶۲	۲٫۷۶۱	۳٫۷۵۲	۱/۱۱۷	۲٫۴۵	۳٫۱۴۹	۳٫۲۶	۰٫۰۸	۰	۰٫۱
C_{12}	۱٫۱۲	۱٫۲۸۴	۲٫۶۵۷	۲٫۶۸۴	۲٫۴۱۲	۱/۵۹	۲٫۴۱۳	۳٫۰۹۲	۲٫۸۳	۰٫۸۸	۱٫۲۹	۰

شکل۶: نمودار علّی (ارتباط شبکه) روش دنپ

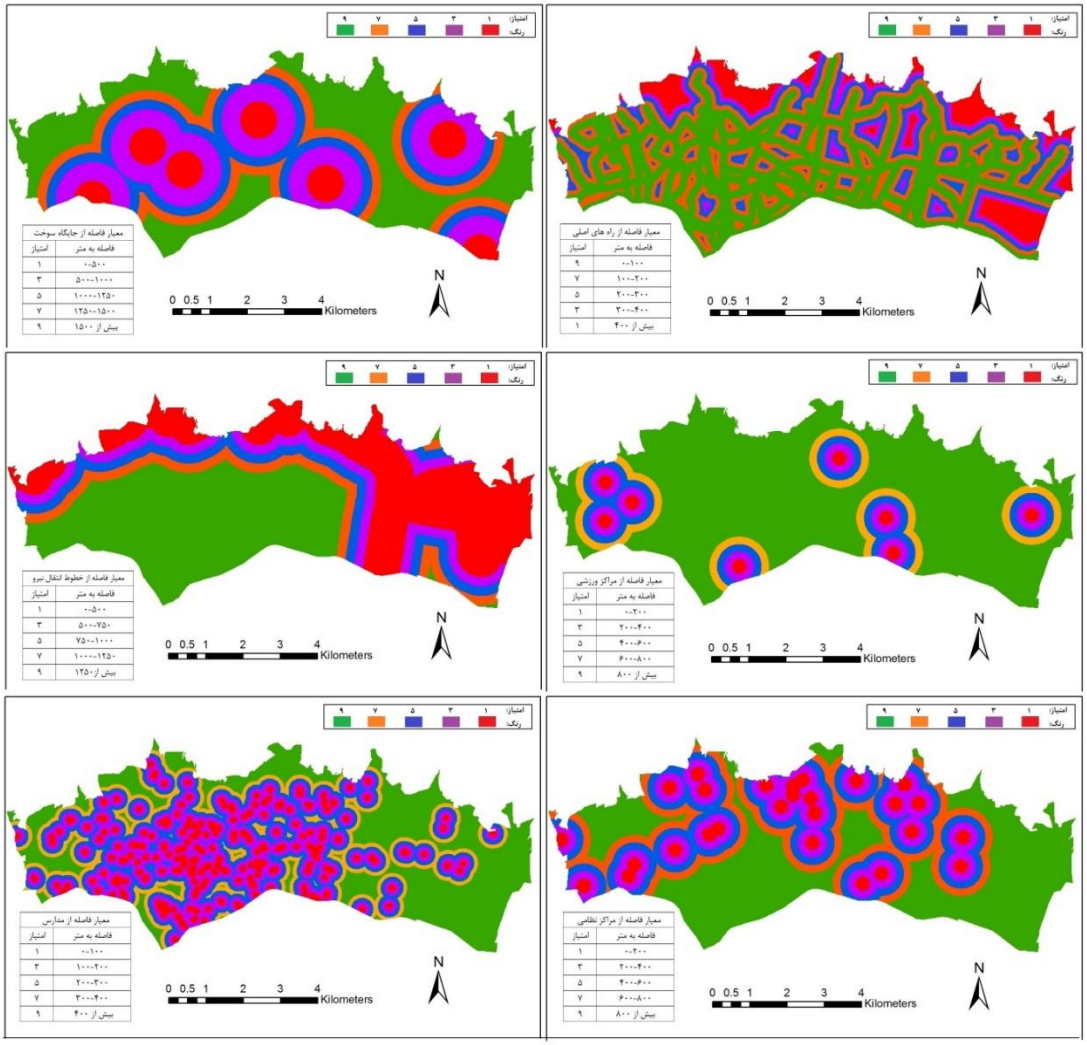


جدول ۸: وزن‌های نهایی روش دنپ

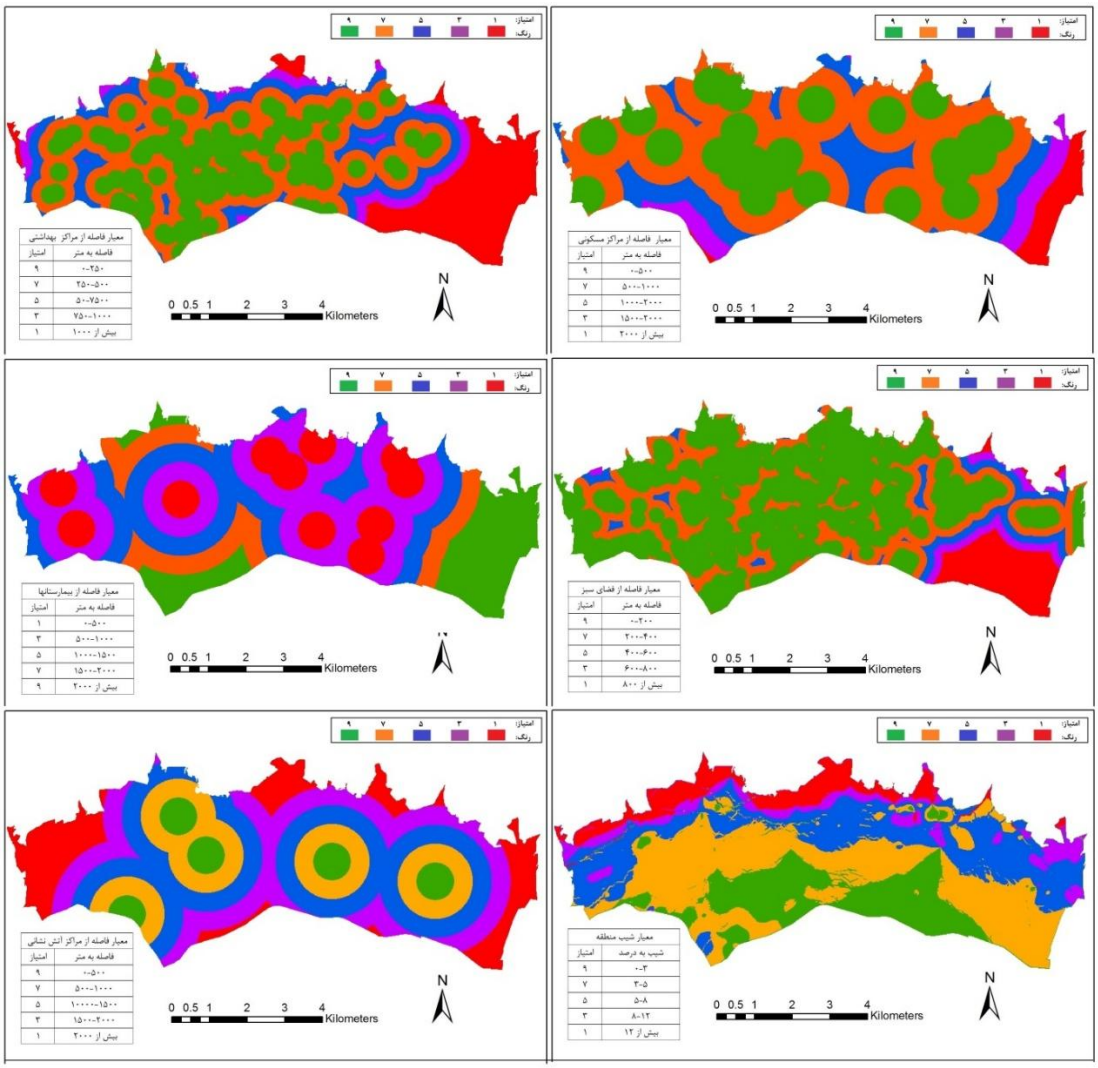
C_i	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
W_i	۰٫۰۹۲	۰٫۰۶۱	۰٫۰۹۹	۰٫۰۹۳	۰٫۱۱۶	۰٫۰۶۹	۰٫۰۸۵	۰٫۰۹۳	۰٫۱۳۱	۰٫۰۸۱	۰٫۰۷۵	۰٫۰۰۴

۳-۵-تهیه‌ی نقشه‌های کلاسه‌بندی شده

لایه‌های مؤثر بر اساس سود یا هزینه بودن معیار مربوطه، در پنج کلاس طبقه‌بندی شد و به هر کلاس متناسب با ارزش آن، اعداد ۹، ۷، ۵، ۳، ۱ تعلق گرفت که نقشه‌های تولیدشده از این مرحله در شکل (۷) و (۸) آورده شده است.



شکل ۷: نقشه‌های فاکتور کلاسه‌بندی شده متناسب با معیارهای اول تا ششم



شکل ۸: نقشه‌های فاکتور کلاسه‌بندی شده متناسب با معیارهای هفتم تا دوازدهم

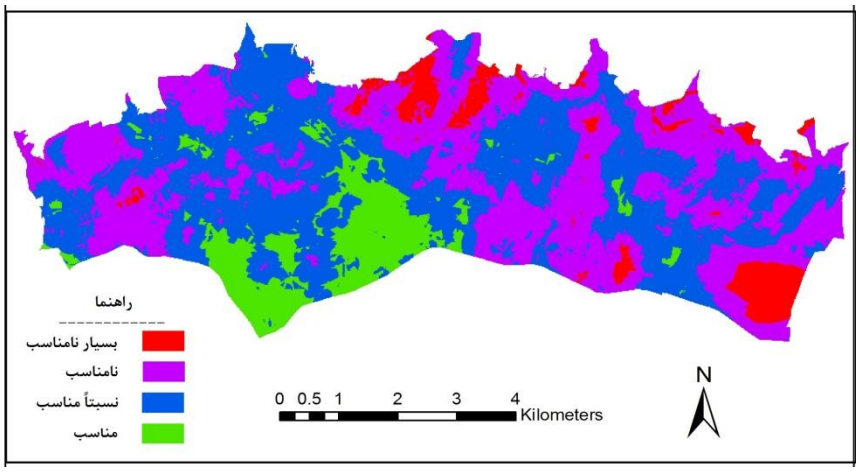
۳-۶-تلفیق لایه‌ها

در این پژوهش در جهت محاسبه‌ی دقیق‌تر وزن‌ها، از نتایج دو روش وزن‌دهی، میانگین‌گیری حسابی شده است. سپس در مرحله‌ی بعد در نرم‌افزار *ArcGIS* همه‌ی دوازده لایه‌ی مؤثر متناسب با وزن معیارهای مربوط به هر لایه که در جدول (۹) آمده است، به‌وسیله‌ی شاخص همپوشانی ادغام شد و نتیجه تلفیق مجدداً در چهاردسته کلاسه‌بندی شد (شکل(۹)).

با مقایسه‌ی وزن‌های نهایی با نتیجه‌ی هرکدام از دو روش قبلی، ۲۱/۸ درصد تعدیل در وزن معیارها مشاهده می‌شود که اثباتی بر تمایز این روش خاص از وزن‌دهی معیارها است. پس از ارزش‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی، باید تمام لایه‌های اطلاعاتی مؤثر در مکان‌یابی باهم ترکیب شوند. در ترکیب لایه‌ها، لایه جدید با خروجی از ترکیب دو یا چند لایه ورودی به‌دست می‌آید. بدین ترتیب به هر لایه صفتی اختصاص‌یافته که هر موقعیت در لایه خروجی تابعی از ارزش لایه‌های ورودی است.*[۳۳]*

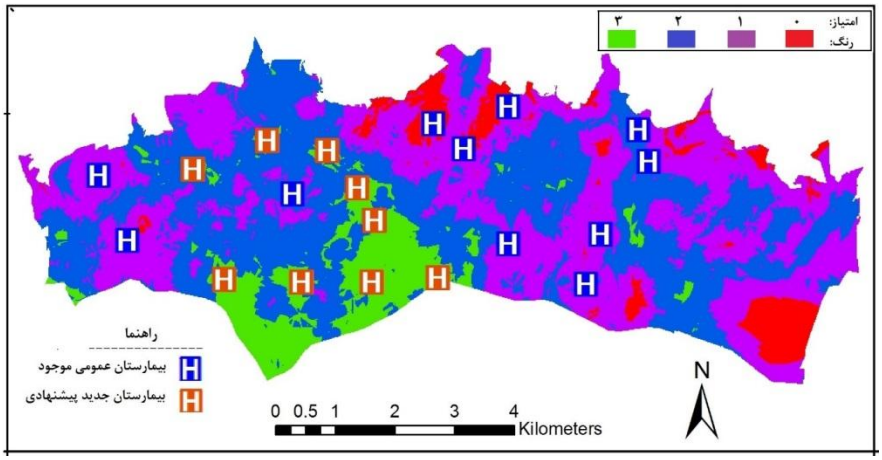
جدول ۹: وزن معیارهای مختلف در تلفیق نقشه‌های فاکتور (حاصل از میانگین‌گیری وزن‌های خروجی روش‌های دنپ و بهترین-بدترین)

وزن معیار (W_i)	معیار	شناسه (C_i)	وزن معیار (W_i)	معیار	شناسه (C_i)
۰/۰۴۲	نزدیکی به مراکز بهداشتی	$C_۷$	۰/۰۸۴	دوری از پمپ‌بنزین و گاز	$C_۱$
۰/۰۹۷	دوری از مراکز مسکونی	$C_۸$	۰/۱۲۷	دسترسی به خیابان‌های اصلی	$C_۲$
۰/۱۲۸	دوری از بیمارستان‌های موجود	$C_۹$	۰/۰۸۰	دوری از خطوط انتقال نیرو	$C_۳$
۰/۱۰۰	نزدیکی به فضای سبز و پارک	$C_{۱۰}$	۰/۰۷۰	دوری از اماکن ورزشی	$C_۴$
۰/۰۶۲	نزدیکی به مراکز آتش‌نشانی	$C_{۱۱}$	۰/۱۱۲	دوری از مدارس متوسطه	$C_۵$
۰/۰۲۵	شیب منطقه	$C_{۱۲}$	۰/۰۶۳	دوری از مراکز نظامی	$C_۶$



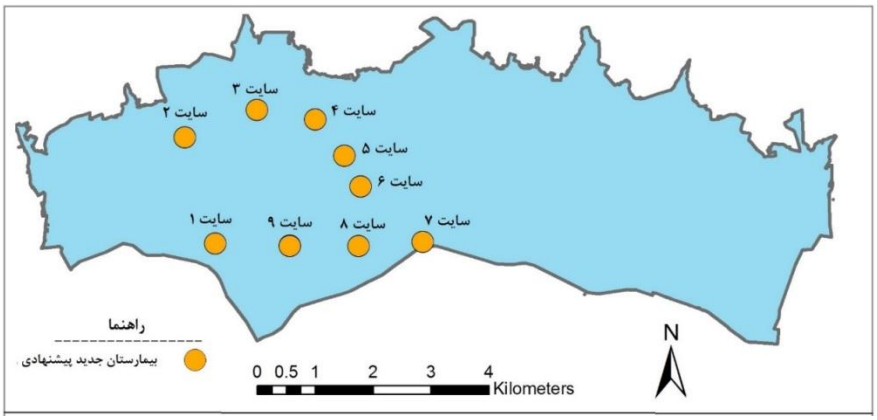
شکل ۹: نتیجه‌ی نهایی تلفیق لایه‌های مختلف مؤثر در مکان‌یابی بیمارستان

در ادامه با توجه به نتایج نهایی پهنه‌بندی منطقه در شکل(۹)، مطابق شکل (۱۰) تعداد نه سایت (پارسل) پیشنهادی از مناطق "مناسب" احداث انتخاب و در فرآیند تکنیک‌های کوپراس ویکور رتبه‌بندی می‌شوند.

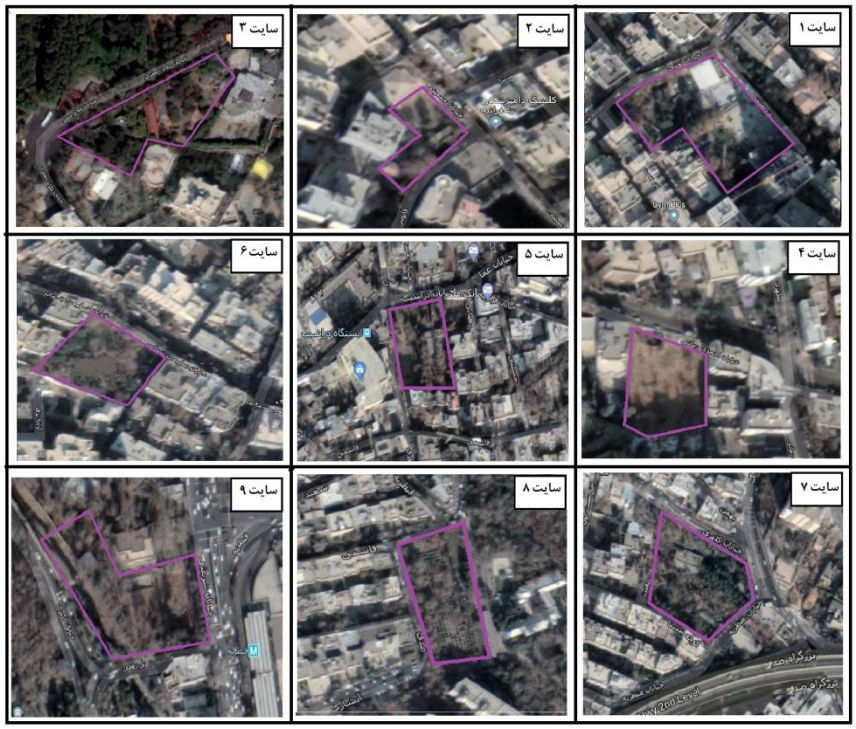


شکل ۱۰: بیمارستان‌های موجود و سایت‌های پیشنهادی احداث بیمارستان

برای تحلیل ساده‌تر در مراحل بعدی، مطابق شکل(۱۱) این سایت‌ها شماره‌گذاری شده‌اند. در شکل (۱۲) نمایی از واقعیت زمینی سایت‌های پیشنهادی آمده است.



شکل ۱۱: شماره‌گذاری سایت‌ها ی پیشنهادی



شکل۱۲: نمای هوایی از سایت‌های پیشنهادی(منبع:*Google Maps*)

قیودی که در انتخاب سایت‌ها رعایت شده است عبارت‌اند از:

قرارگرفتن سایت‌ها در مکان‌های "مناسب" احداث(با توجه به نقشه‌ی پهنه‌بندی منطقه) - بایر بودن زمین احداث(باهدف کاهش هزینه‌ی احداث)-مساحت زمین(تقریباً بیشتر از۳۰۰۰ مترمربع)-شکل زمین(تا حد امکان نزدیک به مستطیل و راست‌گوشه)-قرارگیری در مجاورت فضای باز(باهدف دلپذیر کردن منظره بیمارستان)- انتخاب سایت‌ها با توجه به نیازسنجی درمانی منطقه(در جهت کاهش کمبود نواحی نیازمند مناطق و اولویت‌دهی به نواحی با تراکم جمعیتی و سرانه مسکونی بالا مثل نواحی ۷ و ۸)

۳-۷-رتبه‌بندی گزینه‌ها با استفاده از روش کوپراس

ماتریس تصمیم روش کوپراس مطابق جدول (۱۰) بوده که در آن عدد هر درایه ارزشی است که هر گزینه از نقشه‌ی فاکتور مربوطه گرفته است.

جدول ۱۰: ماتریس تصمیم رتبه‌بندی گزینه‌ها

W_i	۰/۰۸۴	۰/۱۲۷	۰/۰۸۰	۰/۰۷۰	۰/۱۱۲	۰/۰۶۳	۰/۰۵۲	۰/۰۹۷	۰/۱۲۸	۰/۱۰۰	۰/۰۶۲	۰/۰۲۵
گزینه / c_i	$C_۱$	$C_۲$	$C_۳$	$C_۴$	$C_۵$	$C_۶$	$C_۷$	$C_۸$	$C_۹$	$C_{۱۰}$	$C_{۱۱}$	$C_{۱۲}$
سایت ۱	۱۱۹۰	۲۱	۳۰۶۶	۱۶۲۵	۳۱۶	۹۹۱	۲۷۷	۱۴۸۰	۱۷۵۲	۸۵	۳۷۱	۳/۶۸۱
سایت۲	۹۵۷	۱۵	۱۱۶۲	۹۹۸	۲۸۵	۹۰۲	۳۲۲	۴۳۶	۱۵۹۵	۱۳۶	۱۷۰۸	۵/۵۸۸
سایت ۳	۱۰۶۸	۲۱	۱۰۵۹	۲۲۶۴	۴۹۹	۳۱۶	۹۶	۷۳۷	۹۸۰	۱	۳۹۱	۶/۰۹۴
سایت ۴	۱۵۰۹	۱۸۱	۱۰۴۹	۲۶۴۴	۳۹۳	۸۳۹	۴۷۸	۳۸۷	۹۲۸	۹۱	۶۴۵	۵/۰۵۳
سایت ۵	۱۱۵۴	۱۵	۱۸۱۱	۲۲۱۶	۷۵	۸۶۱	۵۴	۵۸۸	۱۱۰۰	۱۲۸	۴۵۰	۴/۲۸۵
سایت ۶	۱۲۷۷	۳۰	۲۲۹۷	۱۸۱۲	۳۳۰	۱۱۴۴	۱۰۸	۲۵۵	۱۴۴۷	۹۵	۷۴۵	۲/۶۸۹
سایت ۷	۱۵۱۵	۵۴	۳۰۹۳	۲۰۱۱	۶۷	۱۱۷۲	۴۱۶	۳۰۴	۱۳۰۱	۱۲۰	۱۹۵۱	۲/۹۸۲
سایت ۸	۱۴۰۷	۷۶	۳۲۸۵	۹۸۷	۳۷۵	۱۶۹۸	۴۰۴	۴۹۵	۱۹۷۵	۳۰	۱۴۷۶	۲/۵۹۰
سایت ۹	۷۳۵	۱۵	۳۱۸۲	۷۰۳	۳۵۶	۱۵۱۴	۱۸۳	۷۱۵	۱۴۶۳	۷۶	۱۴۴۶	۲/۱۷۳

در مرحله بعد برای محاسبه ماتریس نرمال وزین کوپراس مطابق رابطه (۱۱)، ابتدا برای هر معیار جمع ستونی ماتریس تصمیم را حساب کرده و پس از تقسیم عدد هر درایه بر جمع ستونی متناظر، آن را در وزن معیار متناظر نیز ضرب می‌شود. بعد از محاسبه‌ی ماتریس نرمال وزین کوپراس باید معیارهای مثبت (سود) و منفی (هزینه) از هم جدا شوند.

جدول ۱۱: محاسبه شاخص‌های S_j^+ و S_j^-

گزینه	S_j^+	S_j^-
سایت ۱	۰/۰۶۵	۰/۰۴۳
سایت۲	۰/۰۵۰	۰/۰۳۵
سایت ۳	۰/۰۵۵	۰/۰۲۹
سایت ۴	۰/۰۵۹	۰/۰۸۳
سایت ۵	۰/۰۴۶	۰/۰۲۲
سایت ۶	۰/۰۶۳	۰/۰۲۳
سایت ۷	۰/۰۸۰	۰/۰۶۰
سایت ۸	۰/۰۷۴	۰/۰۵۴
سایت ۹	۰/۰۶۲	۰/۰۶۲

بعد از محاسبه‌ی شاخص‌های S_j^+و S_j^- (جدول (۱۱)) شاخص Q مطابق رابطه‌ی (۱۳) برای هرگزینه محاسبه می‌شود که نتایج آن در جدول (۱۲) مشهود است. بعد از مرتب‌سازی نزولی مقادیر می‌توان برای مقایسه‌ی بهتر هر درایه را بر مقدار Q بیشینه تقسیم کرد و درصد مطلوبیت نسبی گزینه‌ها را محاسبه کرد

جدول ۱۲: محاسبه‌ی شاخص Q و درصد مطلوبیت هر گزینه

رتبه	گزینه	Q	N
اول	سایت ۶	۰٫۱۳۷	۱۰۰
دوم	سایت ۵	۰٫۱۲۴	۹۰٫۷۸۷
سوم	سایت ۳	۰٫۱۱۵	۸۴٫۳۸۷
چهارم	سایت ۷	۰٫۱۰۶	۷۷٫۷۱۶
پنجم	سایت ۸	۰٫۱۰۹	۷۹٫۸۱۱
ششم	سایت ۱	۰٫۱۰۵	۷۷٫۱۰۸
هفتم	سایت۲	۰٫۰۹۹	۷۲٫۵۳۷
هشتم	سایت ۹	۰٫۰۹۰	۶۶٫۰۳۹
نهم	سایت ۴	۰٫۰۸۰	۵۸٫۳۸۹

۳-۸-رتبه‌بندی گزینه‌های پیشنهادی با استفاده از روش ویکور

ماتریس تصمیم روش ویکور و کوپراس یکسان هستند و مطابق جدول (۸) می‌باشند. مطابق رابطه‌ی (۱۵)، اقدام به نرمال‌سازی این ماتریس شده و سپس طبق روابط(۱۶ ، ۱۷ و ۱۸) به محاسبات ماتریسی لازم جهت به‌دست آوردن پارامترهای f^* و f^- و سایر پارامترهای مهم رتبه‌بندی گزینه‌ها پرداخته شد که مهم‌ترین نتایج آن در جداول (۱۳ و ۱۴) آورده شده است.

در آخرین مرحله طبق رابطه‌ی (۱۹) شاخص ویکور برای هر گزینه محاسبه می‌شود که پس از مرتب کردن نزولی گزینه‌ی باکمترین مقدار Q طبق شروط رابطه‌ی (۱۹) بهترین گزینه خواهد بود که برای دقت بالاتر رتبه‌بندی طبق شاخص‌های R و S نیز در کنار آن در جدول (۱۵) آورده شده است.

جدول ۱۳ : پارامترهای f^- و f^* روش ویکور(گزینه‌های ایده‌آل مثبت و منفی)

C_i	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
f^*	۰٫۰۳۵	۰٫۰۰۹	۰٫۰۳۶	۰٫۰۳۴	۰٫۰۵۶	۰٫۰۳۲	۰٫۰۰۳	۰٫۰۱۲	۰٫۰۵۹	۰	۰٫۰۰۷	۰٫۰۰۴
f^-	۰٫۰۰۹	۰٫۱۰۹	۰٫۰۱۲	۰٫۰۰۹	۰٫۰۰۸	۰٫۰۰۶	۰٫۰۲۸	۰٫۰۶۹	۰٫۰۲۸	۰٫۰۴۸	۰٫۰۳۴	۰٫۰۱۲

جدول ۱۴: محاسبه‌ی پارامترهای ورودی شاخص پایه (Q) رتبه‌بندی روش ویکور

پارامتر	مقدار	پارامتر	مقدار
S^-	۰٫۵۶۱	R^-	۰٫۱۲۸
S^*	۰٫۲۷۷	R^*	۰٫۰۶۰
$S^- - S^*$	۰٫۲۸۴	$R^- - R^*$	۰٫۰۶۹

جدول ۱۵: رتبه‌بندی نهایی گزینه‌های پیشنهادی برای احداث بیمارستان‌های جدید بر اساس روش ویکور

رتبه	گزینه	Q	گزینه	R	گزینه	S
اول	سایت ۷	۰	سایت ۷	۰٫۰۶۰	سایت ۷	۰٫۲۷۷
دوم	سایت ۶	۰٫۱۵۳	سایت ۶	۰٫۰۷۰	سایت ۶	۰٫۳۲۲
سوم	سایت ۹	۰٫۲۷۵	سایت ۳	۰٫۱۲۲	سایت ۳	۰٫۳۸۵
چهارم	سایت ۱	۰٫۵۴۹	سایت ۹	۰٫۰۷۰	سایت ۹	۰٫۳۹۱
پنجم	سایت ۳	۰٫۶۴۵	سایت ۱	۰٫۰۹۷	سایت ۱	۰٫۴۲۶
ششم	سایت ۵	۰٫۷۳۳	سایت ۸	۰٫۱۱۲	سایت ۸	۰٫۴۸۲
هفتم	سایت ۸	۰٫۷۳۸	سایت ۵	۰٫۱۱۰	سایت ۵	۰٫۴۸۷
هشتم	سایت۲	۰٫۷۵۱	سایت۲	۰٫۱۰۰	سایت۲	۰٫۵۳۷
نهم	سایت ۴	۱٫۰۰۰	سایت ۴	۰٫۱۲۸	سایت ۴	۰٫۵۶۱

با توجه به شروط بیان‌شده‌ی ویکور سایت ۷ رتبه‌ی اول را بین گزینه‌ها کسب کرده است. برای محاسبه‌ی درصد مطلوبیت کلی و انجام رتبه‌بندی نهایی از درصدهای مطلوبیت دو روش میانگین حسابی گرفته شده است و بالاترین درصد به ۱۰۰ مقیاس خورده است و سایر درصدها نیز با همان مقیاس تغییر کرده‌اند. نتیجه‌ی نهایی رتبه‌بندی در جدول (۱۶) آمده است.

جدول ۱۶ : رتبه‌بندی نهایی گزینه‌های پیشنهادی

رتبه	رتبه‌بندی متد کوپراس	رتبه‌بندی متد ویکور	رتبه‌بندی نهایی	درصد مطلوبیت نسبی نهایی
اول	سایت ۶	سایت ۷	سایت ۶	۱۰۰
دوم	سایت ۵	سایت ۶	سایت ۷	۹۶٫۲
سوم	سایت ۳	سایت ۹	سایت ۹	۷۵٫۰
چهارم	سایت ۷	سایت ۱	سایت ۱	۶۶٫۲
پنجم	سایت ۸	سایت ۳	سایت ۳	۶۴٫۹
ششم	سایت ۱	سایت ۵	سایت ۵	۶۳٫۶
هفتم	سایت ۲	سایت ۸	سایت ۸	۵۷٫۳
هشتم	سایت ۹	سایت۲	سایت۲	۵۲٫۷
نهم	سایت ۴	سایت ۴	سایت ۴	۳۱/۶

۳-۹-ارزیابی

با توجه به نتایج دو روش و اینکه درصد مطلوبیت سایت‌های ۶ و ۷ بسیار به هم نزدیک هستند، در ادامه تغییرات مورد انتظار در وضعیت درمانی منطقه بعد از احداث هرکدام از این بیمارستان ها بررسی می‌شود.

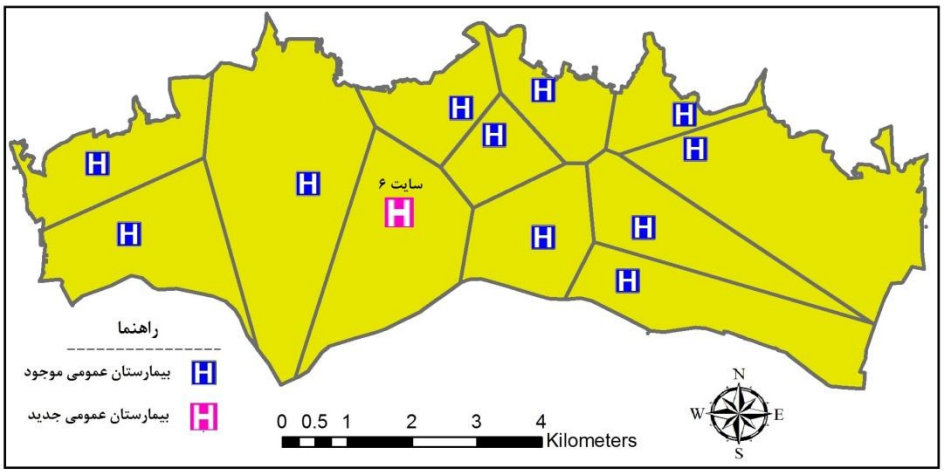
هر دو سایت ۶ و ۷ در ناحیه ی ۸ واقع‌شده اند. این ناحیه دارای بالاترین سرانه مسکونی در بین نواحی است و در بین نواحی ده‌گانه، سومین ناحیه از نظر جمعیت است درحالی‌که فاقد هرگونه بیمارستان عمومی و تخصصی است؛ لذا باتوجه به نیازسنجی

صحیح، نتایج این پژوهش می تواند در عمل بسیار مفید و کاربردی باشد.

❖ انتخاب رتبه‌ی اول در بین گزینه‌ها یعنی سایت ۶ سایت پیشنهادی شماره‌ی ۶، با مساحت ۲۹۷۲ مترمربع، در بین گزینه‌ها بهترین رتبه را به‌دست آورده است لذا در این راهبرد، تغییراتی را که در وضع درمانی منطقه بعد از اضافه شدن یک بیمارستان در این مکان به وجود می‌آید بررسی می‌شود. بر اساس منابع، زیربنای بیمارستان به ازای هر تخت، حداقل باید ۵۰ مترمربع باشد[۳۸]. اگرچه این عدد در منابع مختلف متفاوت است و در برخی دستورالعمل ها ۷۰ تا ۸۵ متر مربع و بیشتر نیز بیان شده است که تحلیل آن از محدوده موضوعی این پژوهش خارج است[۳۹]. با در نظر گرفتن ۶۵ مترمربع مساحت به ازای هر تخت، در سایت شماره ۶ می‌توان بیمارستانی ۴۵ تخت‌خوابه احداث کرد. تغییراتی که می‌توان بعد از احداث این بیمارستان انتظار داشت به شرح زیر است:

- ✓ احداث یک بیمارستان جدید ۴۵ تخت‌خوابی در ناحیه ی ۸
- ✓ اضافه شدن ۲۹۷۲ مترمربع به مساحت کاربری درمانی منطقه
- ✓ کاهش مطلق ۱۰٫۸۲۸ درصد از مجموع مساحت چندضلعی‌های تیسن بیمارستان‌های موجود
- ✓ افزایش سرانه‌ی تعداد تخت به ازای ۱۰۰۰ نفر از صفر به ۰٫۷۵ در ناحیه ۸
- ✓ افزایش۱٫۷درصدی تعداد تخت به ازای ۱۰۰۰ نفر یعنی ۰/۰۸۹ تخت در سرانه‌ی درمانی منطقه
- ✓ افزوده شدن ۶/۲۳ درصد سطح منطقه به مساحت تحت پوشش خدمات بیمارستان‌ها با توجه به حریم شعاع عملکرد

وضعیت چندضلعی‌های تیسن بعد از اضافه شدن سایت بیمارستانی در محل سایت شماره ۶ در شکل (۱۳) آمده است.



شکل ۱۳: پلیگون‌های تیسن بعد از احداث بیمارستان در سایت ۶

❖ انتخاب رتبه‌ی دوم در بین گزینه‌ها یعنی سایت ۷ سایت ۷ مساحتی برابر ۱۱۱۷۸ مترمربع دارد و به‌طور تقریبی پتانسیل احداث یک بیمارستان ۱۷۲ تختی را دارد.تغییرات حاصله بعد از احداث بیمارستان در سایت ۷:

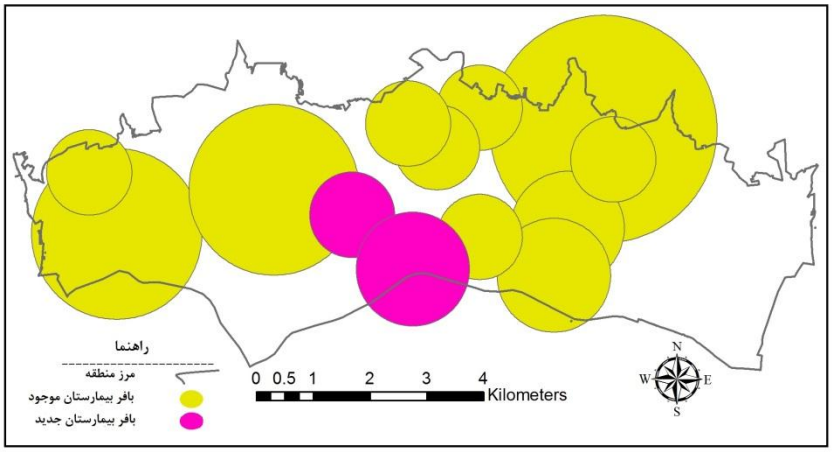
- ✓ احداث یک بیمارستان ۱۷۲ تختخوابه در ناحیه۸
- ✓ اضافه شدن ۱۱۱۷۸ مترمربع به مساحت کاربری درمانی منطقه
- ✓ کاهش۸٫۰۹۹ درصد از مجموع مساحت چندضلعی‌های تیسن بیمارستان‌های موجود
- ✓ افزایش سرانه‌ی تعداد تخت به ازای ۱۰۰۰ نفر از صفر به ۲٫۸۷ در ناحیه ۸

- ✓ افزایش ۶/۷ درصدی تعداد تخت به ازای ۱۰۰۰ نفر یعنی۰/۳۴ تخت در سرانه‌ی درمانی منطقه

با توجه به مطالب اخیر، سایت‌های ۶ و ۷ که به‌طور مشابه در ناحیه‌ی ۸ واقع‌شده‌اند، دو تفاوت اساسی باهم دارند که عبارت‌اند از:

- ➢ نزدیکی به مرکز جمعیت: سایت ۶ در مرکزیت جمعیت ناحیه ۸ قرار دارد اما سایت ۷ در حاشیه‌ی این ناحیه است.
- ➢ ظرفیت: سایت ۷ پتانسیل احداث یک بیمارستان با چهار برابر ظرفیت سایت ۶ را دارد.

نزدیک بودن بیمارستان به مراکز جمعیتی در برخی از مطالعات به‌عنوان یک مزیت بیان شده است اما به عقیده ی بعضی از پژوهشگران حداقل فاصله در بین این مراکز با مراکز جمعیتی لازم است؛ لذا هر دو سایت ۶ و ۷ می‌توانند از دیدگاه‌های مختلف مناسب احداث بیمارستان باشند. در شکل (۱۴) شعاع عملکردی این بیمارستان‌ها متناسب با ظرفیت آن‌ها رسم شده است.



شکل ۱۴:شعاع عملکردی بیمارستان‌های جدید در مقایسه

۴-نتیجه‌گیری

در پژوهش انجام‌شده ابتدا تحلیلی از وضعیت موجود درمانی منطقه انجام شد و وضعیت منطقه از لحاظ سرانه‌های درمانی و نحوه توزیع بیمارستان‌ها، نامطلوب ارزیابی شد. سپس معیارهای مهم مکان‌یابی بیمارستان در سطح شهر تهران (منطقه ۱) مشخص شد. این معیارها در مرحله‌ی نخست با تکنیک بهترین-بدترین و سپس به روش دنپ رتبه‌بندی شدند. آنگاه نقشه‌های فاکتور از لایه‌های خام تهیه و کلاسه‌بندی شد و با میانگین‌گیری از نتایج دو روش وزن‌دهی، به تلفیق نقشه‌های فاکتور مبادرت شد. با توجه به نتایج تلفیق و لحاظ کردن چند قید دیگر، تعداد نه گزینه جهت احداث بیمارستان پیشنهاد و طی دو مرحله به روش‌های کوپراس ویکور رتبه‌بندی شد. سپس نتایج دو روش مذکور باهم مقایسه شد. آنگاه با توجه به نتایج، دو حالت مختلف احداث بیمارستان جدید طرح و نتایج هرکدام از لحاظ بهبود در سرانه‌های درمانی منطقه ارزیابی شد. آنچه از خروجی این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت این است که چهار عامل می‌تواند کیفیت نتایج حاصل از مکان‌یابی را افزایش دهد که عبارت‌اند از: افزایش تعداد معیارهای مؤثر، تبدیل تحلیل و تصمیم‌گیری از حالت فردی به گروهی، تلفیق نتایج روش‌های مختلف تصمیم‌گیری و نیازسنجی قبل از مکان‌یابی. پیشنهاد می‌شود مکان‌یابی خدمات شهری مخصوصاً خدمات درمانی با در نظر گرفتن اهمیت عوامل مذکور، در جهت افزایش رفاه و توسعه‌ی عدالت

اجتماعی انجام گیرد. نتیجه‌گیری به‌دست‌آمده این تحقیق بدون اعمال لایه‌ی گسل‌ها است و منطقه‌ی ۱ به لحاظ قرارگیری روی گسل‌ها، ایمنی پایینی از لحاظ ساخت‌وساز دارد.

از مزایا و نوآوری‌های این پژوهش می‌توان به استفاده از متد جدید بهترین- بدترین در تلفیق تصمیم‌گیری چندمعیاره و سیستم اطلاعات مکانی، پیشنهاد طرحی برای بهبود فرآیند تصمیم‌گیری چندمعیاره با تلفیق روش‌های مختلف وزن‌دهی و رتبه‌بندی، افزایش تعداد معیارهای مؤثر در مرحله ی انتخاب گزینه‌ها، نیازسنجی منطقی‌تر با تفکیک نوع خدمات بیمارستانها و توجه به ظرفیت آنها، تکمیل فرآیند مکانیابی باگذر از مرحله پهنه‌بندی منطقه و انتخاب و ارزیابی کاربردی و واقعی گزینه‌ها با لحاظ کردن واقعیت زمینی آن‌ها در سطح منطقه اشاره کرد.

انجام این تحقیق نیز همچون پژوهش‌های دیگر با محدودیتها و کاستی‌هایی همراه بود که از جمله آن‌ها عبارت‌انداز:

عدم دسترسی به جدیدترین داده‌های آماری و لایه‌های مکانی در بعضی از قسمت‌های پژوهش، عدم دسترسی به لایه‌هایی مانند زیرساخت‌ها، جنس خاک، میزان استحکام بستر و قیمت زمین، عدم تمایل تعداد بیشتر کارشنان برای شرکت در فرآیند تصمیم‌گیری و عدم جلب مشارکت مردمی، عدم لحاظ زمان دسترسی و دسترسی به شبکه راه ها به دلیل کمبود داده ها

پیشنهادات این پژوهش برای تحقیقات آتی عبارت‌انداز: تدوین روشی جامع جهت کمی سازی و تطبیق فضایی راهبردهای تصمیم‌گیری با خاستگاه غیرمکانی، افزایش معیارها و اضافه کردن لایه‌های ناقص پژوهش انجام شده برای مکان‌یابی‌های مرتبط، ایجاد بستری جهت جلب مشارکت مردمی در مکان‌یابی کاربری ها و تصمیم‌گیری‌های مشابه، افزودن و در نظر گرفتن معیار زمان و فاصله شبکه برای بررسی دسترسی نواحی تحت پوشش کاربری، اختصاص دادن پژوهشی مجزا به تحلیل وضعیت و مکانیابی بیمارستان‌های تخصصی.

امید است که پژوهش انجام‌گرفته منشأ ایده‌های نو در مطالعات آتی پژوهشگران سیستم اطلاعات مکانی و برنامه‌ریزی شهری، مدیران و تصمیم گیران مربوطه باشد.

مراجع

[1]S. Litkohi, H. Jahanbakhsh, M. Charkhchian, Locating Theories, Payam Noor Publishing, 2014 [Persian]

[2] M .Nikurai,"Consideration of Urban Waste Management with Emphasis on Medical Wastes in Metropolises. Case Study: Tabriz City". [Thesis]. Marand/ Iran: Azad Islamic University of Marand Center, 2007. [In Persian]

[3] F.Witlox, M.Antrop, P.Bongaert, P.Demaeyer, B.Derudder, T.Neutens., V.VanAcker, "Introducing functional classification theory to land use planning by means of decision tables",Decision support system,46: 75 -80,2009

[4] E.Zadeh,"Application of factor analysis to explain the spatial pattern of urban development and underdevelopment region in Iran",Geography and development issue,17(7),28,2010

[5] M. H.Vahidnia, A.Alesheikh, A.Alimohammadi,"Hospital Site Selection using fuzzy AHP and it derivatives" ,Environmental Managrmrnt,90(10),3048-3056, 2009

[6] M.Mohseni, Medical Sociology, Tehran,Tahoora,2003. [Persian]

[7]R. Ebrahimi, "Locating Urban Parks Using Participatory Multi-Criteria Analysis", M.Sc. Thesis, School of Surveying Engineering, Tehran University of Khajeh Nasiruddin Toosi, 2014[Persian]

[8]M. Amidvar, "Designing and Implementing a Web-Based Spatial Decision Support System

with Emphasis on Property Location", M.Sc. Thesis, Faculty of Mapping Engineering, Tehran University of Khajeh Nasir Al-Tusi, 2011[Persian]

[9]M. Fooldegger, "Designing a Support System Structure for Decision Making for Water Resources and Consumption Appropriate for the Country's Catchment Areas", M.Sc., Water Civil Engineering, Faculty of Engineering, Tarbiat Modares University, 2007[Persian]

[10] MH Wahidina, "Evaluation and Improvement of Weighting Methods in Location", Senior Thesis, Spatial Information System, School of Surveying, Khajeh Nasir Al-Tusi University of Technology, 2009[Persian]

[11] A. Fasihi, A. Mansourian, M. Talei, M. Farangi, "Achieving bottom-up decision-making and urban electronic planning using Web-based spatial decision support system", Second Conference on Electronic City, 5-6 June , Tehran, Iran2009[Persian]

[12]A. Pizhizgar, A.G. Gilandeh, Geographic Information System and Multi-criteria Decision Analysis, Tehran University Humanities Textbooks, Khome Publications, 2006[Persian]

[13] P. Khorshid, K. Deluxe, MS Taslimi, "Systematic Approaches to Group Decision Making Productivity, Management Research", Volume I, Issue 1, Year 2008[Persian]

[14]H. Eskandari, Passive Defense Issues, Land Planning from the Passive Defense Perspective, Hamid Bustan, Page 56, Volume 5, 2011[Persian]

[15] A. Saidnia, Urban Land Use, Tehran, Municipalities and Rural Organization, 2004 [Persian]

[16] H.Sen, M. F.Demiral, "Hospital Location Selection with Grey System Theory, European Journal of Economics and Business Studies,"Vol. 5 ,Nr. . 2016

[17] O.Senvar, I.Otay,E.Boltur و"Hospital Site Selection via Hesitant Fuzzy TOPSIS,"IFAC-PapersOnline49-12,11401145,scienceDirect و,2016

[18] M.Parsa Moghadam M. H. Yazdani, A.Seyyedin, M.Pashazadeh,"Optimal Site Selection of Urban Hospitals Using GIS Software in Ardabil City," Journal of Ardabil University of Medical Sciences Vol. 16, No. 4,Pages 374- و388 2017

[19] F. Ja'fari, A.A. Jamali, SA Alamdarsi, "Optimal Location Management Using Fuzzy Overlay Membership and AHP Model in GIS Environment for Selection of Appropriate Zones for Construction of New Health Centers and Hospital in Band Abbas", Urban Management Studies Quarterly, Eighth Year , No. 27,2016[Persian]

[20] J. Nakhaei, A. Rezaei, "Analyzing Criteria for Locating Health Care Centers with a Non-Agent Defense Approach: Trita Hospital located in District 22 of Tehran", First National Conference on Architecture and Urban Planning from Theory to Practice, Tehran, 2016[Persian]

[21] S.Behzadi , A.Alesheikh, "Hospital Site Selection Using a BDI Agent Model". International Journal of Geography and Geology. Vol. 2, No. 4, pp. 36-51. 2013

[22] A. Mohaghar, J. Hosseini Dehshiri, A. Arab, "Investigation and Evaluation of Project Risks Based on Best-Worst, Human Resource Management Research", Volume 7, Number 2, 2016[Persian]

[23] S. Khorsari Talami, MR Delaware, Sadeghi Niaraki, AB. Moshiri, "Optimal Locating of Intelligent Traffic Sensors with Multicriteria Decision Making Techniques) Vikor, Parameti, Topsis (and GIS)", Journal of Surveying and Spatial Information Engineering, Volume 25, Number 89, Pages 251 to 264,2016 [Persian]

[24] J.Rezaei, ,"Best-worst multi-criteria decision-making method: Some properties and a linear model",Omega. 64: 126–

130/ doi:1016/10/j. omega. 2015. 12. 001/ 2016

[25]Ch. Hung Su,H. Lin Tzeng , G. Hshiung Tzeng, "Bulding a Evaluation Of Performance Model For The Cloud E-Learning Service Using Hybrid MCDM", Institute of Logistics and Shipping Management, Kainan University ,2013

[26] J. L. Yang, , G.H.Tzeng, "An Integrated MCDM technique combined with DEMATEL for a novel cluster-weighted with ANP method", Expert Systems with Applications, 38(3), 1417– .142,2011

[27]P. Etraj, J. Jayaprakash,"An Integrated DEMATEL and AHP approach Multi Criteria Green Supplier Selection Process for Public Procurement, "International Journal of Engineering and Technology (IJET)",2017

[28] E.K.Zavadskas, A.Kaklauskas, F. Peldschus , Z. Turskis, "Multi-attribute assessment of road design solutions by using the COPRAS method. Baltic Journal of Road Bridge Engineering",203-2:195 , 2008

[29] P. Valentinas, "The Comparative Analysis of MCDA Methods SAW and COPRAS",Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics, 22(2), 134-146. 2011

[30] P .Chatterjee, V.M.Athawale, S.Chakraborty ,"Material's selection using complex proportional assessment and evaluation of mixed data methods", Mater Des, 32:851–60, 2011

[31]K.D. Patlitzianas, A.Pappa, J. Psarras,"An information decision support system towards the formulation of a modern energy companies' environment", Renewable and Sustainable Energy Reviews,12 (2008) 790–806, .2008

[32] L.Y. Chen, , T.Wan, "Optimizing partners'choice in IS/IT outsourcing projects: The strategicdecision of fuzzy VIKOR", International journal of Production economics,120, 220- 245,2009

[33] M. Attai, Multi-criteria Decision Making, Shahroud University of Technology Publications, First Edition[Persian]

[34] M. Farajzadeh, Geographical Information System and its Application in Tourism Planning, Tehran, 2005 [Persian]

[35] N.Jalaliyoon, A.Arastoo, A, Pirouti, "Land Selection; Using Multiple Criteria Decision Making, International Journal of Academic Research in Management (IJARM)", Vol. 4, No. 1, Page: 14-23, 2015

[36] AS, Zangi Abadi, Sh. Shippour, "Spatial Analysis of Saghez Hospitals Distribution and its Optimal Location in the Year", Hospital Journal, Tehran University of Medical Sciences, 2016[Persian]

[37] Z. Sahraian, A. Zangi Abadi, F, Khosravi, "Spatial Analysis and Location of Health Centers and Hospitals Using GIS: Jahrom", Geographical Space Research Quarterly, Vol. 13, No. 43, pp. 170 to 153 , 2013[Persian]

[38] Race,, h. Ghaderi, M. Hadian, P. Haghighat Fard, b. Dervishi, A. Haghighat Fard, B. Sadat Zarrgardi, A. Tolerance ", Optimal Location of Urban Health Centers Using GIS, District 11 of Tehran", Journal of Fasa University of Medical Sciences, Fourth Year, No. 4, 2014[Persian]

[39] Ministry of Health and Medical Education, Department of Development and Resource Management, Office of Resource Development and Civil Affairs, "Guidelines for Hospital and Hospital Spaces", Tehran, Second Edition, 2012[Persian]

K. N. TOOSI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF GEODESY AND GEOMATICS ENGINEERING

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.7, No.3, Autumn 2019

Research Paper

Locating Hospital Centers By an Integration of BWM ،DANP ، VIKOR and COPRAS Methods (Case Study: Region 1, City of Tehran)

Kamal Mohammadi [1], Ali Asghar Alesheikh[2]*, Mohammad Taleai[3]

1- Ms.c student of GIS in Faculty of Geodesy and Geomatics, K.N. Toosi University of Technology
2- Professor of GIS in Faculty of Geodesy and Geomatics, K.N. Toosi University of Technology
3- Assoc. Prof. of GIS in Faculty of Geodesy and Geomatics, K.N. Toosi University of Technology

Abstract

Land use planning is the main element of urban planning. Today, the expansion of cities and the increase of urban populations have led city managers to face the challenge of integrated planning and optimal use of land for sustainable development. Finding solutions to the optimal location of urban centers for citizens to achieve prosperity among these issues. In this regard, the application of a spatial information system along with multi-criteria decision making can be a suitable option for policymakers. Given the importance of hospitals as subcategories of health centers and their vital role in community health, the decision to allocate the required service, entail the use of efficient tools and techniques, as well as the expertise of the experts. In the present study, with the aim of improving decision output related to traditional methods and previous studies, the effective measures of hospital site selection are weighted in two sages: Best-Worst and Dematel-based ANP methods. In the first method, access to the main street and distance from the health centers are categorized as the most and the least criteria while in the second, distance from other hospitals and the slope outlined the most important and least important criteria. Due to the different weighting process of the two methods, their results were combined, and the weighted weights of the criteria were adjusted to 21.8%. Then the corresponding factor maps were prepared and combined with the final weights. Then, from the zoning of the study area, nine suitable construction options were proposed, which were ranked in two steps using the Vikor and Coopers methods. The final rating was derived from the comparison of the output of the two methods. Then, in selecting the sites 6 and 7 as the best selective options, we evaluated the expected improvement in the health status of the region. Based on the results of this research, increasing the number of effective criteria, combining new and powerful methods of decision making and turning decision-making from individual to group and prioritizing needs can be important factors in improving the quality of the results of the analysis.

Key words: *Best-Worst-Method, Dematel-based ANP, Complex Proportional Assessment, VIKOR, SIte Selection. Multi-criteria group decision making.*

Correspondence Address *GIS Group, Department of Geomatics, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.*
Tel : *Tel: +98 21 88877071*
Email : *Alesheikh@kntu.ac.ir*