مقاله

مکانیابی بیمارستان ها با استفاده از Fuzzy GIS

محمد سعدی مسگری: استادیار گروه GIS
دانشکده نقشه برداری دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی*
مهدی تیموری: دانشجوی کارشناسی ارشد GIS،
دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی**
حسین شورورزی: دانشجوی کارشناسی ارشد GIS،
دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی***

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

چکیده

ایجاد مراکز خدماتی جدید، مستلزم صرف هزینه های زیاد می باشد و تعیین مکان بهینه این مراکز به نحوی که همه شهروندان از آن بهره مند شوند، مهم است. به دلیل تعداد فراوان پارامترهای موثر بر تصمیم گیری و همین طور ناسازگاری برخی از آنها، تصمیم گیرندگان برای انتخاب محل بهینه خدمات درگیر فرآیند پیچیده ای هستند. یکی از این مراکز خدماتی بیمارستان ها هستند. با توجه به افزایش جمعیت و رشد غیر اصولی شهرها از یک طرف و نیاز به دسترسی سریع به بیمارستان از سوی دیگر ضرورت مکانیابی صحیح بیمارستان ها بیش از پیش آشکار می شود. مکانیابی صحیح بیمارستان های جدید، باعث افزایش سرعت و سهولت دسترسی، نزدیک بودن بیمارستان به جمعیت بزرگتری از مردم و کاهش هزینه های ساخت می گردد. در این تحقیق سعی شده است با استفاده از روش تصمیم گیری ساده فازی، مکان بهینه احداث بیمارستان در شهر تهران مورد بررسی قرار بگیرد. پارامترهای تراکم جمعیت، فاصله از راه های اصلی، فاصله از فضای سبز، فاصله از مراکز تجاری و شلوغ و نیز فاصله از مراکز بیمارستانی موجود مدنظر این مقاله بوده اند.

مقـدمـه:

از آنجایی که ایجاد مراکز خدماتی جدید مستلزم صرف هزینه های زیاد میباشد، بنابراین تعیین بهترین مکان این مراکز به نحوی که تعداد بیشتری از شهروندان از خدمات آن بهره مند شوند، بسیار مهم است. عدم انتخاب محل بهینه برای ایجاد یک بیمارستان مشکلاتی را ایجاد خواهد کرد که از سال های گذشته در شهرهای بزرگ کسب شده است و حاکی از آن است که مکان یک بیمارستان نزدیک فضای سبز و پارک ها و دور از مناطق تجاری و شلوغ انتخاب گردد، راه های دسترسی به آن مناسب باشد یا به عبارت دیگر در نزدیکی راه های اصلی شهر قرار داشته باشد، به مراکز با تراکم جمعیتی بالا نزدیک باشد تا تعداد بیشتری از شهروندان از خدمات آن بهره مند شوند و در نهایت در فاصله مناسبی از مراکز بیمارستانی موجود باشد تا توزیع خدمات درمانی در درون شهر مناسب باشد. در این مقاله پارامترهای موثر در مکانیابی که در قالب زبان انسان بیان شده اند، مدلسازی شده و برای هر کدام از آنها توابع عضویت فازی تعریف شده است، سپس به کمک تصمیم گیری ساده فازی این پارامترها با یکدیگر تلفیق شده و نقشه نهایی که نشان دهنده میزان مطلوبیت هر نقطه برای احداث بیمارستان است به دست آمد.

در مکانیابی سنتی داده ها به طور دستی با استفاده از نقشه ها و به صورت نقاط، خطوط و سطوح روی کاغذ ترسیم می شد و آنالیزها بیشتر به صورت کیفی بوده و با بررسی های بصری بر روی نقشه انجام می گردید و آنالیزهای کمی با استفاده از خط کش و جهت اندازه گیری ها فواصل و پلانی متر جهت اندازه گیری ها مساحت انجام می گرفت. بدین ترتیب در انجام آنالیزها علاوه بر صرف وقت و هزینه زیاد سلیقه های فردی و شخصی در نتیجه آنالیزها تاثیر می گذاشت. همچنین بازیابی اطلاعات در تحلیل های دستی در صورتی امکان پذیر بود که تعداد لایه های انتخابی کم باشد و با افزایش لایه ها جهت بررسی و تحلیل، بازیابی اطلاعات به مراتب مشکل تر و چه بسا امکان پذیر نبود. (۱)

استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در برنامه ریزی شهری، امکان مکانیابی مناسب را برای عملکردهای شهری فراهم می آورد. این سیستم ها به دلیل استفاده از کامپیوتر از توانایی تجزیه و تحلیل حجم بزرگی از داده ها برخوردار اند و تاثیر سلیقه های شخصی در نتایج تحلیل ها کاهش می یابد، اما توجه بیش از حد به داده های جغرافیایی در قالب نقشه های شهری در GIS موجب به کار نگرفتن قدرت فوق العاده سیستم های تجزیه و تحلیل نظیر GIS خواهد شد. تصمیم گیری های مبتنی بر نتایج سیستم های اطلاعات جغرافیایی موجود نه تنها مفید نخواهند بود، بلکه به لحاظ فقدان اطلاعات جامع و همه جانبه از محیط پیرامون در این سیستم ها و عدم قطعیت(Uncertainty) و پیچیدگی (Complexity) دنیای واقعی گاها زیان بار نیز خواهد بود.

در این میان استفاده از سیستم های اطلاعات جغرافیایی بر اساس منطق فازی از انعطاف بیشتری برخوردار بوده و هوش و نبوغ انسانی را در تصمیم گیری ها بهتر منعکس می کنند. انسان ها عناصر هوشمند طبیعت هستند که برای درک محیط پیرامون خود اقدام به جمع آوری اطلاعات در قالب نقشه ها و اطلاعات توصیفی نموده و جهت نیل به اهداف خود اقدام به تصمیم گیری و برنامه ریزی می نمایند؛ انسان ها برای نظم بخشیدن و اولویت بندی اطلاعات نقشه ای، از توانایی های ذهنی و ابزارهای تصمیم گیری نظیر GIS استفاده می کنند. اما به دلیل محدودیت اطلاعاتی ابزارهای تصمیم گیری از جهان پیرامون و نیز محدودیت قدرت استدلال جامع و دقیق آنها، معمولا با عدم قطعیت و حتمیت مواجه هستیم؛ عدم حتمیت در رابطه با کفایت اطلاعات و عدم قطعیت در رابطه با جامعیت استنتاجات ابزارهایی مثل GIS.

بدین منظور مهمترین مساله ای که پیش روی است چگونگی تحت کنترل درآوردن پیچیدگی تغییرات عوارض شهری در محیط GIS است. بدین منظور بایستی از ابزارهای ساده سازی نظیر منطق Fuzzy برای مصالحه بین اطلاعات در دسترس GIS و میزان عدم حتمیت قابل قبول استفاده کرد. (۲)

منـطق فـازی

روشی جذاب برای حالتی است که قضاوتهای فردی و مبهم(FST) تئوری مجموعه های فازی در مورد یک پدیده منحصر به فرد، وارد مدلهای احتمالاتی یا ریاضی می گردد. مفاهیم نادقیق بسیاری در پیرامون ما وجود دارند که آنها را به صورت روزمره در قالب عبارتهای مختلف بیان می کنیم. به این جمله دقت کنید : « هوا خوب است.» هیچ کمیتی برای خوب بودن هوا مطرح نیست تا آن را اندازه بگیریم بلکه این یک حس کیفی است. در واقع مغز انسان با در نظر گرفتن فاکتور های مختلف و بر اساس تفکر استنتاجی جملات را تعریف و ارزش گذاری می نماید که مدل سازی آنها به زبان و فرمولهای ریاضی اگر غیر ممکن نباشد کاری بسیار پیچیده خواهد بود. منطق فازی تکنولوژی جدیدی است که شیوه هایی را که برای طراحی و مدل سازی یک سیستم نیازمند ریاضیات پیچیده و پیشرفته است، با استفاده از مقادیر زبانی و دانش فرد خبره جایگزین می سازد.

منطق یا تئوری فازی یک نوع منطق است که روش های نتیجه گیری در

مغز بشر را جایگزین میکند. مفهوم منطق فازی توسط دکتر لطفی زاده، پروفسور دانشگاه کالیفورنیا در برکلی، ارائه گردید و نه تنها به عنوان متدولوژی کنترل ارائه شد بلکه راهی برای پردازش داده ها، بر مبنای مجاز کردن عضویت گروهی کوچک به جای عضویت گروهی دسته ای ارائه کرد. به جهت نارسا و ناکافی بودن قابلیت کامپیوتر های ابتدایی تا دهه ۷۰ این تئوری در سیستم های کنترلی به کار برده نشد. با توجه به اینکه در این مقاله ما بر اساس متغیرهای زبانی اقدام به تحلیل خطر زمین لرزه خواهیم کرد دو مفهوم اصلی متغیرهای زبانی و تابع عضویت را مورد بررسی دقیق تر قرار می دهیم.

متـغیرهـای زبـانی

در زندگی روزمره، کلماتی را به کار می بریم که اغلب برای توصیف متغییرها استفاده می شوند. به عنوان مثال هنگامی که می گوییم «امروز سرد است» یا «دمای هوا امروز پایین است « از واژه «پایین»برای توصیف «دمای هوای امروز» استفاده کرده ایم به این معنی که متغیر دمای هوای امروز واژه «پایین» را به عنوان مقدار خود پذیرفته است. واضح است که متغیر «دمای هوای امروز» میتواند مقادیری نظیر ۳، ۸-، ۲۴ و... را اختیار کند. هنگامی که یک متغیر، اعداد را به عنوان مقدار بپذیرد ما یک چهارچوب ریاضی مشخص برای فرموله کردن آن داریم اما هنگامی که متغیر واژه ها را به عنوان مقدار می گیرد در آن صورت چهارچوب مشخص برای فرموله کردن آن درتئوری ریاضیات کلاسیک نداریم. در واقع در سیستم های عملی اطلاعات مهم از دو منبع سرچشمه می گیرند: یکی از منابع افراد خبره که دانش و آگاهی شان را در مورد سیستم با زبان طبیعی تعریف می کنند و منبع دیگر اندازه گیری ها و مدل های ریاضی هستند که از قواعد فیزیکی مشتق شده اند. بنابراین یک مساله مهم ترکیب این دو نوع اطلاعات در طراحی سیستم هاست. برای انجام این ترکیب سوال کلیدی این است که چگونه می توانیم دانش بشری را به یک فرمول ریاضی تبدیل کنیم؟

برای اینکه چنین چهارچوبی به دست آوریم مفهوم متغیر های زبانی تعریف شده است. در صحبت های عامیانه اگر یک متغیر بتواند واژه هایی از زبان طبیعی را به عنوان مقدار بپذیرد یک متغیر زبان شناختی نامیده می شود. برای فرموله کردن واژه ها در گزاره های ریاضی از مجموعه های فازی برای مشخص کردن واژه ها استفاده می کنیم و تعریف می کنیم: اگر یک متغیر بتواند واژه هایی از زبان طبیعی را به عنوان مقدار خود بپذیرد آنگاه متغیر زبان شناختی نامیده می شود که واژه ها بوسیله مجموعه های فازی در محدوده ای که متغیرها تعریف شده اند مشخص می گردد. پروفسور لطفی زاده در سال ۱۹۷۳ مفهوم زبان شناختی یا متغیر های فازی را ارائه داد. در واقع یکی از ویژگی های منطق فازی در استفاده از ساختار قانون پایه منطق فازی است که در طی آن مسائل کنترلی به یک سری قوانین اگر .. آنگاه ... تبدیل می شوند که پاسخگوی خروجی مطلوب سیستم برای شرایط ورودی داده شده به سیستم می باشد. این قوانین ساده و آشکار برای توصیف پاسخ دهی مطلوب سیستم با اصطلاحاتی از متغییر های زبان شناختی به جای فرمول های ریاضی استفاده می شوند.(۳)

توابع عضویت

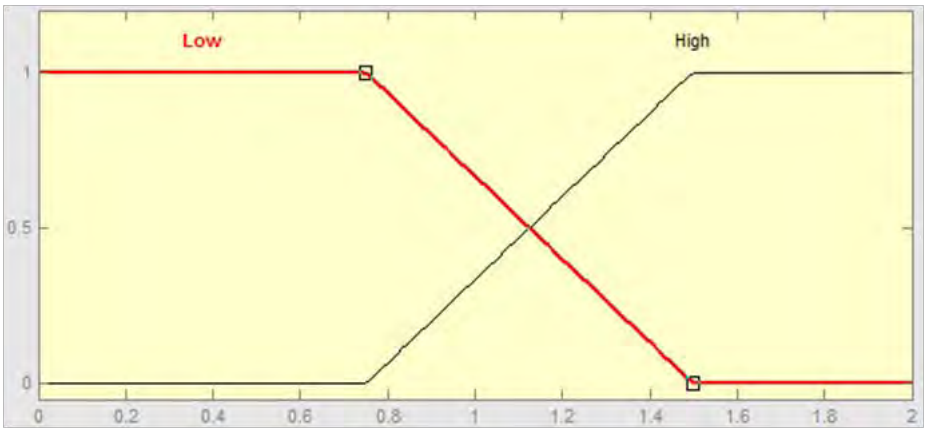
نحوه ایجاد مجموعه های فازی و تعریف تابع عضویت آنها بستگی به زمینه و دامنه کاربری آنها دارد. یک مجموعه فازی برای مفهوم مورد نظر با تعریف یک تابع عضویت مناسب برای آن کامل می شود. تعریف تابع عضویت مناسب بسیار مهم است؛ زیرا اگر تابع عضویت تعریف شده برای مجموعه فازی مناسب نباشد کلیه تحلیل و بررسی های پس از آن دچار انحراف می شوند.

یک تابع عضویت یک منحنی است که نشان می دهد که هر نقطه از فضای ورودی چگونه به یک مقدار عضویت(درجه عضویت) بین ۰ و ۱ نگاشته می شود.

مدل موتور استنتاج فازی برای مکانیابی محل احداث بیمارستان

در این روش با استفاده از متغیرهای زبانی، پارامترهای اولیه مربوط به مکانیابی بهینه به صورت فازی تبدیل می شود. پنج پارامتر «نزدیکی به مراکز جمعیتی»، «فاصله از گذرگاه های اصلی»، «فاصله از بیمارستان های موجود»، «فاصله از فضای سبز» و «فاصله از مناطق تجاری و شلوغ» برای تشکیل موتور استنتاج فازی مورد استفاده قرار گرفت. لازم به ذکر است که این مدل کاملا قابل گسترش بوده و میتوان هر نوع پارامتر مختلفی را به آن افزود تا محاسبات دقیق تر انجام شود. در این مقاله هر کدام از پارامترهای فوق به دو دسته تقسیم شدند: تراکم جمعیتی بالا و پایین، فاصله از راه های اصلی نزدیک و دور، فاصله از بیمارستان های موجود دور و نزدیک، فاصله از فضای سبز نزدیک و دور، فاصله از مناطق تجاری دور و نزدیک. سپس برای هر دسته با توجه به شرایط موجود یک تابع عضویت تعریف شد.

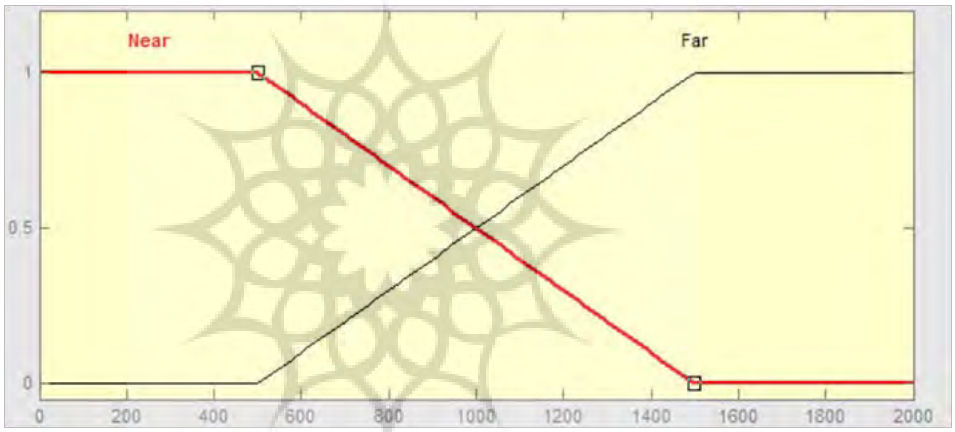
تـراکم جمـعیـتی



شکل ۱- توابع عضویت تراکم جمعیت(اعداد واقع بر محور افقی در ده هزار ضرب می شوند)

فاصله از گذرگاه های اصلی

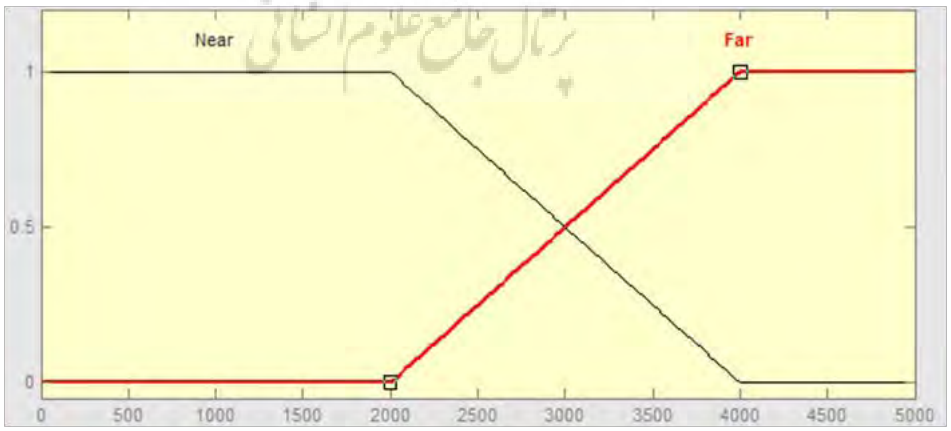
در این مقاله گذرگاه های اصلی گذرگاه هایی در داخل شهر تهران در نظر گرفته شده است که عرض آنها بیش از پانزده متر باشد



شکل ۲- توابع عضویت فاصله از راه های اصلی

فاصله از بیمارستان های موجود

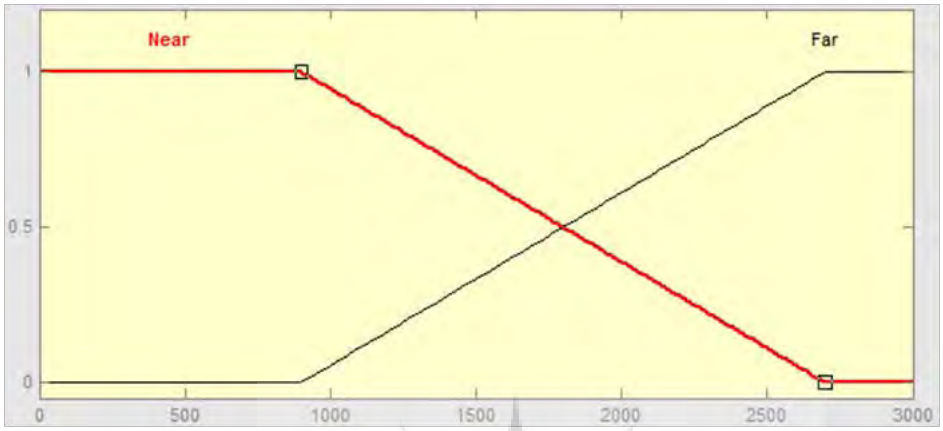
به منظور توزیع مناسب خدمات درمانی در سطح شهر، لازم است بیمارستان های جدید در مکان هایی احداث شوند که فاصله مناسبی از بیمارستان های موجود داشته باشند، تا توزیع آنها در سطح شهر مناسب تر باشد.



شکل ۳- توابع عضویت فاصله از بیمارستان ها

پارک ها و فضای سبز

نزدیکی بیمارستان به فضای سبز تاثیر مثبتی بر روحیه بیماران و همراهان آنها دارد.



شکل ۴-تابع عضویت فاصله از فضای سبز

بازار و مناطق تجاری

مناطق تجاری به دلیل ایجاد ازدحام و همین طور ترافیک ناشی از آن تاثیر نامطلوبی در دسترسی به مراکز خدمات درمانی و در نتیجه ارائه خدمات توسط این مراکز خواهند داشت.

شکل ۵- توابع عضویت فاصله از بازار و مناطق تجاری

مـدل سـازی فـازی

پس از تعیین پارامترهای ورودی، قوانین زبانی برای ورودی ها تعریف می شوند. در این مقاله از روش ساده فازی(Fuzzy simplified method) استفاده شده است، بدین منظور با در نظر گرفتن اولویت برای پارامترهای ورودی یک عدد به پارامتر خروجی اختصاص یافته است، برای کاربردهای مختلف می توان اولویت های متفاوتی در نظر گرفت، آنچه که در این مقاله مدنظر است، اولویت بیشتر به ترتیب به تراکم جمعیتی، فاصله از راه ها، فاصله از بیمارستان های موجود اختصاص داده شده است، بعد از این سه پارامتر فاصله از فضای سبز و فاصله از مراکز تجاری و شلوغ دارای اولویت تقریبا یکسانی اند.

در این پروژه ۳۲ قانون تدوین شده است، به طور مثال قانون های زیر را می توان ذکر کرد:

اگر تراکم جمعیتی بالا و فاصله به راه های اصلی نزدیک و فاصله از بیمارستان های موجود دور و فاصله به فضای سبز نزدیک و فاصله از مراکز تجاری دور باشد، آنگاه میزان مطلوبیت برابر ۲۰،۵ خواهد بود.

اگر تراکم جمعیتی بالا و فاصله به راه های اصلی دور و فاصله از بیمارستان های موجود دور و فاصله به فضای سبز نزدیک و فاصله از مراکز تجاری دور باشد، آنگاه میزان مطلوبیت برابر۱۸،۲۵ خواهد بود.

اگر تراکم جمعیتی بالا و فاصله به راه های اصلی نزدیک و فاصله از بیمارستان های موجود دور و فاصله به فضای سبز دور و فاصله از مراکز تجاری نزدیک باشد، آنگاه میزان مطلوبیت برابر۱۷ خواهد بود.

اگر تراکم جمعیتی کم و فاصله به راه های اصلی دور و فاصله از بیمارستان های موجود دور و فاصله به فضای سبز دور و فاصله از مراکز تجاری نزدیک باشد، آنگاه میزان مطلوبیت برابر۱۲،۲۵ خواهد بود.

برای محاسبه مقدار خروجی به روش ساده فازی، از فرمول زیر استفاده می شود،

1 – ***Apply the input values to the premise variables for every rule and compute the minimum of*** $\mu_A(x_0)$ ***and*** $\mu_B(y_0)$

$$\textit{Rule 1:}\quad m_1 = \min(\mu_A(x_1)\ \textit{and}\ \mu_B(y_1))$$

$$\textit{Rule 2:}\quad m_2 = \min(\mu_A(x_2)\ \textit{and}\ \mu_B(y_2))$$

$$\vdots$$

$$\textit{Rule } i\textit{:}\quad m_i = \min(\mu_A(x_i)\ \textit{and}\ \mu_B(y_i))$$

2 – ***compute the conclusion value per rule as:***

$$\textit{conclusion of rule 1:}\quad c_1' = m_1 c_1$$

$$\textit{conclusion of rule 2:}\quad c_2' = m_2 c_2$$

$$\vdots$$

$$\textit{conclusion of rule } i\textit{:}\quad c_i' = m_i c_i$$

3 – ***compute the final conclusion as:***

$$c' = \frac{\sum c_i'}{\sum m_i}$$

جدول ۱- لیست خلاصه قوانین تدوین شده

Fitness	Commercial	Park	Hospital	Road	Population	
20.5	far	near	far	near	High	1
18.75	near	near	far	near	High	2
18.75	far	far	far	near	High	3
17	near	far	far	near	High	4
18.5	far	near	near	near	High	5
16.75	near	near	near	near	High	6
16.75	far	far	near	near	High	7
15	near	far	near	near	High	8
17.25	far	near	far	far	High	9
16.5	near	near	far	far	High	10
16.5	far	far	far	far	High	11
14.75	near	far	far	far	High	12
15.75	far	near	near	far	High	13
14.5	near	near	near	far	High	14
14.5	far	far	near	far	High	15
12.75	near	far	near	far	High	16
18	far	near	far	near	Low	17
16.25	near	near	far	near	Low	18
16.25	far	far	far	near	Low	19
14.5	near	far	far	near	Low	20
15.75	far	near	near	near	Low	21
14.75	near	near	near	near	Low	22
14.25	far	far	near	near	Low	23
12.5	near	far	near	near	Low	24
15.5	far	near	far	far	Low	25
14	near	near	far	far	Low	26
14	far	far	far	far	Low	27
12.25	near	far	far	far	Low	28
13.75	far	near	near	far	Low	29
12	near	near	near	far	Low	30
12	far	far	near	far	Low	31
10.5	near	far	near	far	Low	32

آماده سازی لایه ها

برای انجام آنالیزها از نرم افزار ArcGIS و ابزارRaster Calculator این نرم افزار استفاده شده است، در نتیجه لازم است، لایه ها و داده های مورد نیاز در فرمت رستر تولید شوند، از سوی دیگر نیاز داریم که لایه هایی داشته باشیم که فاصله هر پیکسل آن از راه ها، بیمارستان، فضای سبز و مراکز تجاری مشخص شده باشد.

تراکم جمعیت

داده های تراکم جمعیت شهر تهران به صورت اطلاعات توصیفی برای مناطق مختلف شهر ذخیره شده است، در نتیجه باید این اطلاعات را به یک لایه رستری تبدیل کرد، بدین منظور از ابزار Convert feature to raster استفاده می شود، و فیلد جمعیت به ارزش هر پیکسل خروجی معرفی می گردد.

Attributes of census_zone

PERIMETER	CENSUSZONE	REGN_TGIS	REGIONS_ID	REGN_FRING	NO_FAMILY	POPULATION	POP_MEN	POP_WOMEN	POP_LITRAC
3806.0087	1032	1-	1-	1	276	993	502	491	797
14755.8385	5238	22	1-	22	418	1785	906	879	1295
4415.08623	1121	1	1	1	403	1594	921	673	1288
5303.11593	1123	1	1	1	395	1483	822	661	1208
6008.75297	1031	1	1	1	357	1463	738	725	1244
1596.8151	1088	1-	1-	1	385	1745	885	860	1197
4155.20323	1157	1	1	1	574	2237	1124	1113	1795
1570.63717	1033	1-	1-	1	350	1479	746	733	1199
4394.11869	1035	1	1	1	381	1370	693	677	1224
3061.80348	1156	1	1	1	390	1435	735	700	1217
9833.27678	4016	1-	1-	4	288	1241	746	495	987
1440.41336	1087	1	1	1	397	1788	916	872	1311
4170.51227	1096	1	1	1	376	1316	657	659	1161
2036.19776	1034	1	1	1	381	1504	789	715	1232
2445.21569	1142	1	1	1	396	1696	882	816	1390
1342.97186	1089	1	1	1	404	1668	864	804	1286
2177.29371	1120	1	1	1	369	1312	646	666	1138
2250.20052	1086	1	1	1	396	1311	674	637	1094
2921.7984	1095	1	1	1	368	1262	634	628	1147
2045.5771	1124	1	1	1	431	1539	762	777	1375

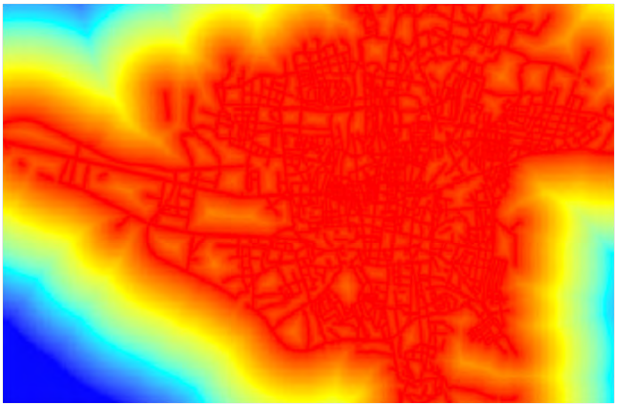
Record: 0 Show: All Selected Records (0 out of 3173 Selected) Options

شکل ۶- اطلاعات تراکم جمعیت برای هر پلیگون

شکل ۷- لایه رستری تولید شده

فاصـــله از راه هـــای اصـــلی

ابتدا باید راه های با عرض بالای ۱۵ متر را جدا کنیم، سپس راه های خارج شهر تهران را لایه حذف کنیم و در نهایت نیاز به یک لایه رستری داریم که ارزش هر پیکسل آن برابر کمترین فاصله از راه های اصلی باشد، برای تولید این لایه از ابزار Straight line استفاده می شود.



شکل ۸- فاصله از راه های اصلی(نقاط قرمز فاصله کم و آبی دارای فاصله زیاد)

برای سایر لایه ها نیز همین فرآیند طی می شود و لایه هایی تولید می شود که هر پیکسل آن دارای ارزشی است که کمترین فاصله از عارضه مورد نظر را در خود نگه می دارد.

شکل ۹- فاصله از مراکز تجاری

تـولیـد نقشـه نهـایـی

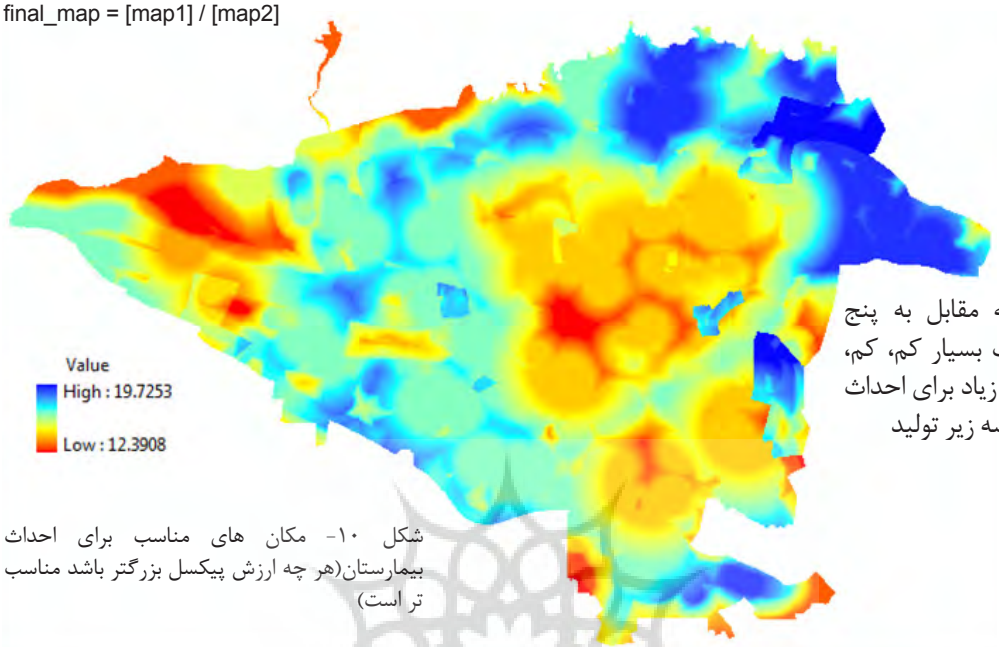
برای محاسبه به روش ساده فازی در ابزار Raster calculator از کدهای زیر استفاده شده است،

تعریف توابع عضویت

```
nearpark = con([DisPark] < 900, 1, con([DisPark] < 2700, (2700 - [DisPark]) / 1800, 0))
farpark = con([DisPark] < 900,0 ,con([DisPark] < 2700, ([DisPark] - 900) / 1800, 1))
nearCom = con([DistCom] < 1100, 1, con([DistCom] < 3300, (3300 - [DistCom]) / 2200, 0))
farCom = con([DistCom] < 1100, 0, con([DistCom] < 3300, ([DistCom] - 1100) / 2200, 1))
nearRoad = con([disroad] < 500, 1, con([disroad] < 1500, (1500 - [disroad]) / 1000, 0))
farRoad = con([disroad] < 500, 0, con([disroad] < 1500, ([disroad] - 500) / 1000, 1))
nearHosp = con([dismedical] < 2000, 1, con([dismedical] < 4000, (4000 - [dismedical]) / 2000, 0))
farHosp = con([dismedical] < 2000, 0, con([dismedical] < 4000, ([dismedical] - 2000) / 2000, 1))
lowPop = con([pop] < 7500, 1, con([pop] < 15000, (15000 - [pop]) / 7500, 0))
highPop = con([pop] < 7500, 0, con([pop] < 15000, ([pop] - 7500) / 7500, 1))
```

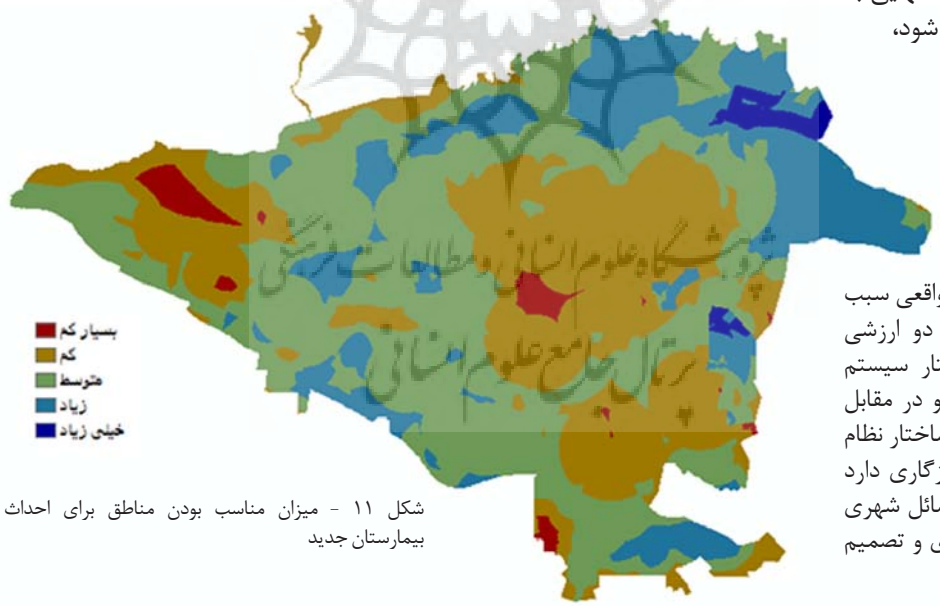
انـجـام روش سـاده فـازی

```
map1 = min([highPop],[nearRoad],[farHosp],[nearpark],[farCom]) * 20.5 + …
+ min([lowPop],[farRoad],[nearHosp],[farpark],[nearCom]) * 10.5
map2 = min([highPop],[nearRoad],[farHosp],[nearpark],[farCom]) + …
+ min([lowPop],[farRoad],[nearHosp],[farpark],[nearCom])
final_map = [map1] / [map2]
```



شکل ۱۰- مکان های مناسب برای احداث بیمارستان(هر چه ارزش پیکسل بزرگتر باشد مناسب تر است)

با طبقه بندی نقشه مقابل به پنج طبقه با درجه تناسب بسیار کم، کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد برای احداث بیمارستان جدید، نقشه زیر تولید می شود.



شکل ۱۱ - میزان مناسب بودن مناطق برای احداث بیمارستان جدید

با انجام محاسبات فوق نقشه نهایی به صورت تصویر زیر تولید می شود،

نـتیجـه گـیری

تفاوت دنیای ریاضی با جهان واقعی سبب شده است که منطق علمی دو ارزشی توانایی لازم برای تبیین رفتار سیستم های شهری را نداشته باشد و در مقابل منطق فازی بیش از پیش با ساختار نظام ها و سیستم های شهری سازگاری دارد و لذا این منطق در تحلیل مسائل شهری و به خصوص در تصمیم سازی و تصمیم گیری کارایی بهتری دارد.

مـنابـع

۱- سازمان نقشه برداری کشور، سیستم اطلاعات جغرافیایی، چاپخانه سازمان نقشه برداری کشور، ۱۳۷۵

۲- نوریان، فرشاد، ۱۳۸۵، مکانیابی کاربری اراضی شهری با استفاده از سیستم های اطلاعات جغرافیایی فازی(Fuzzy_GIS)(نمونه موردی پارکهای شهری زنجان)

۳- وجودی، مهدی، ۱۳۸۵، مدل استنتاج فازی برای تحلیل خطر زلزله

4- Vahidnia, Mohammad H & etal, 2009, Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives