



سبش از دور

GIS ایران



سنجش از دور و GIS ایران سال نهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۶
Iranian Remote Sensing & GIS Vol.9, No. 4, Winter 2018

۲۷-۵۸

ارزیابی بهینه گسترش فیزیکی شهر زنجان با استفاده از سیستم‌های اطلاعات مکانی

زهره معصومی^{۱*}، مژگان امیراصلانی^۲، ابوالفضل رضایی^۱

۱. استادیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان

۲. کارشناس ارشد شهرسازی

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۹/۱

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۵/۲۳

چکیده

توسعه روزافزون شهر و رشد بی‌رویه جمعیت شهری منجر به گسترش مهارنشده ساختار فضایی شهرها شده است. این مسئله لزوم هدایت آگاهانه، ساماندهی و آمایش سرزمین را دوچندان کرده است. شهر زنجان، با توجه به محدودیت‌های فیزیکی و زیست‌محیطی، نیازمند برنامه‌ریزی دقیق در مورد توسعه شهری است. هدف تحقیق حاضر تعیین جهت بهینه گسترش شهر، با در نظر گرفتن معیارهای توسعه آتی است. برای تعیین زمین‌های مناسب برای توسعه بهینه آتی، از مجموعه ده معیار در قالب عوامل زیست‌محیطی، فیزیکی و اجتماعی استفاده شد. به منظور تجزیه و تحلیل معیارهای منتخب پژوهش، با استفاده از دیدگاه‌های کارشناسان مربوط به حوزه بحث و با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، این معیارها ارزش‌گذاری شدند. در ادامه، با اوزان به‌دست‌آمده در قالب تحلیل‌های مکانی در محیط، سیستم‌های اطلاعات مکانی بر معیارها اعمال شد. در پایان، با به‌کارگیری روش تاپسیس (TOPSIS) به‌منزله روش تصمیم‌گیری چندمعیاره، اولویت اراضی مناسب توسعه شهر در محدوده قانونی به‌دست آمد. نتایج بیانگر آن است که مناسب‌ترین مکان‌ها برای گسترش آتی شهر، نخست، زمین‌های شمال شرق و شرقی و در اولویت دوم، زمین‌های شمال غرب است. همچنین، ۱۵٪ گسترش از سال ۲۰۰۵ در زمین‌های نامطلوب بوده است.

کلیدواژه‌ها: توسعه شهری، جهت بهینه توسعه، سیستم اطلاعات مکانی، تاپسیس.

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: زنجان، بلوار استاد یوسف ثبوتی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان، دانشکده علوم زمین. تلفن: ۰۲۴۳۳۱۵۳۳۹۶، فکس:

۰۲۴۳۳۱۵۲۲۱۲

۱- مقدمه

در دنیای مدرن، فعالیت‌های بشری با سرعت زیادی در حال پیشرفت است. این امر موجب می‌شود توسعه فیزیکی شهرها فرایندی پویا و مداوم باشد (Ullah and Mansourian, 2016). اگر این روند سریع و بی‌برنامه باشد، به ترکیب فیزیکی نامناسبی از فضاهای شهری منجر خواهد شد و در نتیجه، سیستم‌های شهری را با مشکلات چندی مواجه خواهد کرد (زنگی‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۴). برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری و آمایش سرزمین نقش بسیار مهمی در توسعه مناسب و پایدار ایفا می‌کند (Cao et al., 2011). با نگاهی اجمالی به عوامل مهم در برنامه‌ریزی فضاهای شهری و توسعه آن، می‌توان دریافت این مسئله یک مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره است و اغلب معیارها دارای خصوصیت مکانی‌اند. بنابراین برای مدیریت این سطح گسترده از داده‌های مکانی و توصیفی، سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS)^۱، در کنار سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، کاربرد فراوانی پیدا خواهند کرد (Shen et al., 2011).

آنالیز مناسبت همواره یکی از مهم‌ترین چالش‌های موجود در بحث برنامه‌ریزی کاربری اراضی بوده است (Fao, 1996). از سال ۱۹۹۰، تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره براساس GIS توجه تصمیم‌گیرندگان و برنامه‌ریزان شهری را، در زمینه حل مشکلات مکان‌مبنا، مانند آنالیز مناسبت، به خود جلب کرد (Phua and Minowa, 2007). این تکنیک‌ها به دو دسته آنالیزهای چندمعیاره (MCA)^۲ و آنالیزهای چندهدفه (MODA)^۳ تقسیم می‌شوند (Türk and Çelik, 2013). MCAها، در مسائل چندمعیاره، در مواردی که تعداد معیارها کم و از پیش تعریف شده است، ابزار مناسبی محسوب می‌شوند. از سویی، MODA زمانی به کار می‌رود که معیارها تنوع و تعداد بسیاری داشته باشند و برتری آنها بر یکدیگر مهم باشد (Ullah and Mansourian, 2016).

با توجه به مطالب بیان شده، توسعه فیزیکی شهرها و

مدیریت آن با استفاده از سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره بر مبنای GIS موضوعی است که در چند سال اخیر، توجه بیشتر پژوهشگران و محققان را به خود جلب کرده است. از این‌رو، مطالعات بسیاری در این زمینه صورت گرفته است که هر یک سعی در بیان راهکارهای کاربردی برای رفع معضلات این پدیده داشته‌اند. از جمله این مطالعات، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

حسینی و همکاران (۱۳۹۰)، در مطالعه خود، با استفاده از ده متغیر مربوط به عوامل طبیعی تأثیرگذار در گسترش و توسعه کالبدی، از جهت شرایط کوهستانی و وجود عوارض طبیعی در منطقه، و با بهره‌گیری از تلفیق فازی معیارها سعی کرده‌اند به هدف پژوهش، که شناسایی جهت بهینه برای توسعه شهر دیواندره با توجه به ویژگی‌های منطقه است، دست پیدا کنند. در نهایت، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد، با توجه به عوامل طبیعی موجود در منطقه، به‌رغم گسترش‌های رخ داده در اطراف و جهات متفاوت و به‌خصوص جنوب و شمال، جهات شرقی شهر در اولویت توسعه قرار دارند. همچنین، محققان اثبات کرده‌اند که نبود مطالعات دقیق در این زمینه موجب شده ۵۶٪ از گسترش‌های رخ داده نامناسب باشند.

هدف پژوهش دیگری که مجرد و حسینی‌فر (۱۳۹۱) انجام دادند مکان‌یابی نواحی مساعد برای توسعه فیزیکی کلانشهر تهران بر مبنای عوامل اقلیمی و جغرافیایی بوده است. بدین منظور، از روش مجموع وزن دار معیارها استفاده شده است. همچنین، وزن‌ها با استفاده از مدل AHP^۴ به دست آمده‌اند. نتایج نشان می‌دهند که بهترین جهت برای توسعه کلانشهر تهران، با لحاظ عواملی چون پوشش گیاهی، شیب زمین و زمین‌های بایر موجود، جنوب شهر است.

1. Geospatial Information System
2. Multi-Criteria Analysis
3. Multi-Objective Decision Analysis
4. Analytical Hierarchical Process

در ادامه مقاله و در بخش دوم، به مبانی نظری مرتبط با موضوع تحقیق پرداخته خواهد شد. در بخش سوم، متدولوژی پژوهش و شیوه به کارگیری مدل‌ها آورده شده است. در نهایت، در بخش چهارم، نتایج تحقیق به تفصیل بیان شده و مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

۲- مبانی نظری

در این بخش به صورت مختصر به مفاهیم اولیه توسعه شهری و عوامل ایجاد آن پرداخته خواهد شد. از آنجاکه هدف اصلی تحقیق به دست آوردن جهات مناسب توسعه شهر، با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره TOPSIS است، در این بخش به مفاهیم اولیه این مدل و نیز مدل AHP، که در وزن‌دهی معیارها به کار رفته است، پرداخته می‌شود.

۲-۱- توسعه شهری و ساماندهی آن

تا حدود دهه ۱۹۶۰، اصولاً مفهوم عام توسعه به توسعه اقتصادی اشاره داشت. اما از دهه ۱۹۶۰ به بعد، تغییرات اساسی در شیوه نگرش به مفهوم و معیارهای آن به ظهور رسیده که اهداف و روش‌های برنامه‌ریزی را به شدت تحت تأثیر قرار داده است (مهدی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۵). توسعه شهری عبارت است از گسترش هماهنگ و متعادل سطح اختصاص یافته به ساختمان‌های مسکونی در یک شهر، با سطوح مورد نیاز کاربری‌های دیگر و نیز تجهیز این سطوح با تأسیسات، امکانات و موارد ضروری، در سطحی استاندارد (حسین‌اف، ۱۳۸۲). بنابراین، توسعه شهری فقط منحصر

بترلس و همکاران^۱ (۲۰۱۱)، با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی و مدل AHP، نواحی مساعد برای رشد شهری در سه شهر یونان را، با توجه به مخاطرات طبیعی، مطالعه کرده‌اند. روش به کاررفته مجموع وزن‌دار عوامل بوده است. طبق نتایج، بین جهت رشد شهرهای مورد مطالعه و نواحی مساعد تعیین شده، هماهنگی وجود ندارد. نویسندگان علت را عوامل اقتصادی و اجتماعی معرفی کردند که تا کنون، جهت رشد شهرهای مورد تحقیق را تعیین کرده است.

عفت و حجازی^۲ (۲۰۱۳) برای یافتن زمین‌های مستعد، به منظور توسعه در شهر سینای^۳ در مصر، از سه دسته معیار اجتماعی، محیطی و اقتصادی استفاده کرده‌اند. یکی از مهم‌ترین منابع اطلاعات مکانی در این تحقیق تصاویر ماهواره‌ای بوده است. از سویی، وزن لایه‌ها با استفاده از AHP به دست آمده و معیارها با روش مجموع وزنی لایه‌ها تلفیق شده‌اند. نتایج نشان‌دهنده فضاهای مساعد برای توسعه شهری در سه اولویت است.

اولاه و منصوریان^۴ (۲۰۱۶)، با هدف یافتن مناسب زمین‌های اطراف شهر داکا^۵ برای توسعه شهری، تحقیقی انجام دادند. در این تحقیق، از وزن‌دهی به روش AHP برای معیارهای فیزیکی، کاربری اراضی، تأسیسات و امکانات شهری استفاده شده است. در کل، چهارده معیار وارد مدل شده و در عین حال، قیودی نیز برای توسعه شهری تعریف شده است. در نهایت، از روش MCDM به منظور تلفیق معیارها و به دست آوردن نقشه مناسب نهایی استفاده شده است. نتایج شامل زمین‌های مستعد توسعه شهر است.

با توجه به پیشینه تحقیق ذکر شده، این تحقیق تلاش دارد نقش عوامل اجتماعی و اقتصادی تأثیرگذار در تعیین بهینه جهت توسعه شهری زنجان را، افزون بر عوامل زیست محیطی و فیزیکی، بررسی کند. همچنین، در اینجا از مدل TOPSIS در تعیین اولویت اراضی برای توسعه آتی شهر استفاده شده است.

1. Bathrellos et al.
2. Effat and Hegazy
3. Sinai
4. Mansourian and Ullah
5. Dhaka

را در مسئله وارد می‌کند. همچنین، این روش قادر است گزینه‌های گوناگون را در تصمیم‌گیری دخیل کند و روی معیارها و زیر آنها تحلیل حساسیت انجام دهد (قدسی‌پور، ۱۳۸۴). اساس روش AHP مبتنی بر مقایسات زوجی آلترناتیوها و معیارهای تصمیم‌گیری است. کاربرد آن بر سه اصل استوار است؛ ایجاد ساختار سلسله‌مراتبی، مقایسهٔ دوبه‌دو عناصر ساختار سلسله‌مراتبی و ارزش‌دهی معیارها (اصغرپور، ۱۳۸۷). از آنجاکه مقادیر مربوط به مقایسهٔ دوبه‌دو به صورت کارشناسی تعیین می‌شود، در برخی موارد، اولویت‌های افراد متفاوت متناقض است و امکان دارد وابستگی این روش به آرای تحلیلگران باعث آشفتگی و انحراف در محاسبات شود. به منظور حل این مشکل، ساعتی اندیکس عددی منحصربه‌فردی برای بررسی استحکام ماتریس مقایسهٔ دوبه‌دو مهیا کرد که این عدد نباید از ۰/۱ بیشتر باشد. این آهنگ سازگاری از تقسیم معیار سازگاری بر میانگین معیار سازگاری محاسبه می‌شود (قدسی‌پور، ۱۳۸۴).

۲-۳- مدل تاپسیس (TOPSIS)

مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)، که برای تصمیم‌گیری‌های پیچیده طراحی شده‌اند، به دو دستهٔ مهم تقسیم می‌شوند: مدل‌های چندهدفه (MODM) و مدل‌های چندمعیاره (MADM)^۲. مدل‌های چندهدفه به منظور طراحی به کار می‌روند؛ در حالی که مدل‌های چندمعیاره برای انتخاب گزینهٔ برتر استفاده می‌شوند (Colson and Kochetkov, 1983). هدف این مقاله انتخاب مکان مناسب از میان گزینه‌های متفاوت است؛ بنابراین، از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به این منظور استفاده شده است.

به توسعهٔ فیزیکی شهر نیست و باید تمامی فاکتورهای مؤثر در توسعه به مفهوم عام را مدنظر قرار داد (رهنما و عباس‌زاده، ۱۳۸۷).

از مباحث جدیدی که در توسعهٔ شهری مطرح شده توسعهٔ پایدار شهری است. توسعهٔ پایدار شهری شکلی از توسعهٔ شهری به شمار می‌رود که، ضمن حفاظت از منابع و شرایط اکولوژیکی محیط شهری، به نیازهای حال و آیندهٔ شهروندان توجه دارد تا طی زمان، شهر از نظر زیست‌محیطی قابل سکونت و زندگی باشد (پوراحمد و شمائی، ۱۳۸۴). بنابراین، مسئلهٔ ساماندهی فضایی توسعهٔ شهر، در این میان، از اهمیت خاصی برخوردار است.

ساماندهی فضایی با دو هدف بهینه‌کردن مکان‌ها و ساماندهی کارکردها و فعالیت‌ها صورت می‌پذیرد (ابراهیم‌زاده، ۱۳۸۶). مکان‌یابی فعالیت‌ها است که قابلیت‌ها و توانایی‌های فضا را، از جنبه‌های گوناگون مانند زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی، برای کاربردهای خاص تجزیه و تحلیل می‌کند (Masoumi et al., 2017). معیارهای مورد استفاده در مکان‌یابی، به نسبت نوع کاربرد، متفاوت‌اند اما همهٔ آنها در جهت انتخاب مکان مناسب همسو می‌شوند. استفاده از این معیارها نیاز به داشتن اطلاعات صحیح و کامل از مکان دارد و دستیابی به اطلاعات نیازمند تحقیقات گسترده و جامعی است که، پس از تجزیه و تحلیل اطلاعات، جمع‌آوری می‌شود و با ارزیابی آن‌ها، امکان تصمیم‌گیری وجود دارد (Mohajeri, 2007).

۲-۲- مدل فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، که ساعتی^۱ (۲۰۰۸) آن را بنا نهاده است، یکی از جامع‌ترین سامانه‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. این روش امکان شبیه‌سازی مسئله را به صورت سلسله‌مراتبی فراهم و معیارهای متفاوت کمی و کیفی

1. Saaty

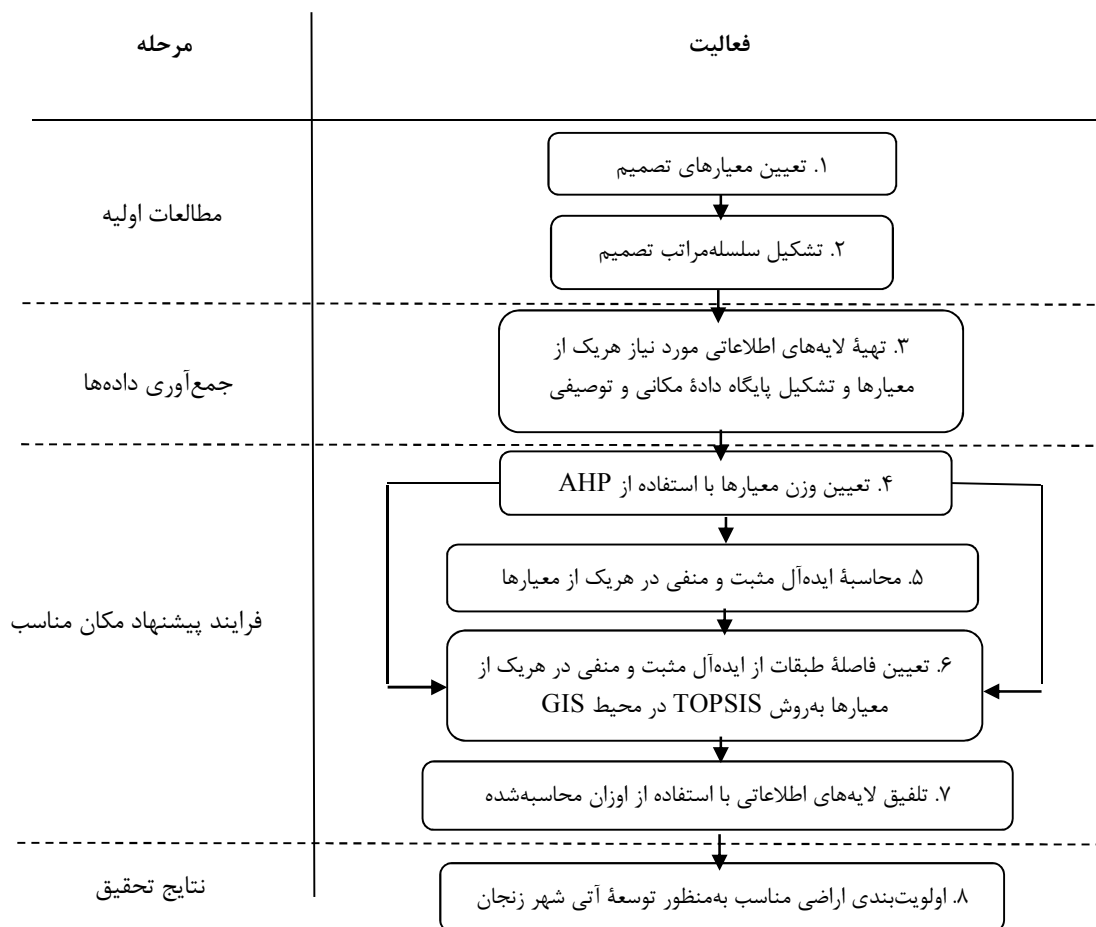
2. Multiple Attribute Decision Making

فاصله را از راه‌حل‌های منفی دارند به منزله گزینه‌های مورد نظر انتخاب می‌شوند. در این میان، وقتی معیارها حالت مکانی دارند نیز این امر صادق است؛ یعنی هدف به دست آوردن مکان‌هایی است که نزدیک‌ترین حالت به مکان‌های ایده‌آل را دارند و درعین‌حال، در دورترین فاصله از نامناسب‌ترین مکان‌ها هستند.

۳- روش تحقیق

در این قسمت، منطقه مطالعاتی و روش مدل‌سازی در تحقیق را معرفی خواهیم کرد. در شکل ۱، چارچوب اطلاعاتی روش تحقیق ارائه می‌شود و در بخش‌های بعدی، هریک از مراحل به تفصیل بررسی خواهد شد.

مدل تاپسیس یکی از بهترین مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به‌شمار می‌رود و از آن استفاده‌های زیادی شده است (Hwang and Yoon, 1981). در این روش، تحلیل چندمعیاره گسسته m گزینه با n معیار ارزیابی و گزینه‌ها، براساس شباهت به راه‌حل ایده‌آل، رتبه‌بندی می‌شوند (کارآموز و همکاران، ۱۳۸۵). اساس این تکنیک بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخابی باید کمترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و بیشترین فاصله را با راه‌حل منفی (بدترین حالت ممکن) داشته باشد. بنابراین در هر معیار، ابتدا، بهترین و بدترین راه‌حل ممکن تعریف می‌شود سپس فاصله تمامی گزینه‌ها از این دو حالت بررسی می‌شود. گزینه‌هایی که بیشترین



شکل ۱. مراحل کار در تحقیق

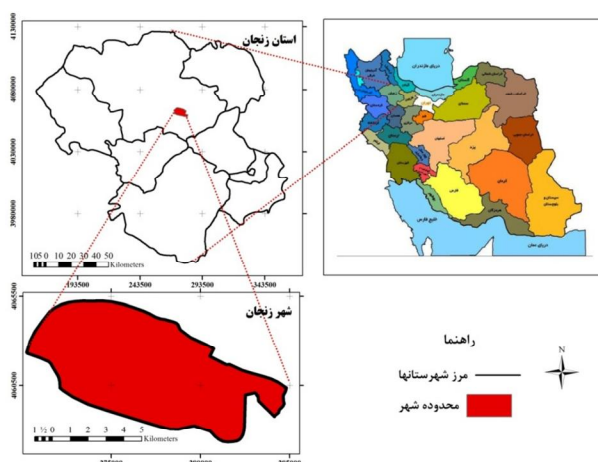
۳-۱- محدوده مورد مطالعه

شهر زنجان از شهرهای بخش شرقی استان زنجان است که بر سر راه تهران- تبریز، در ارتفاع متوسط ۱۶۶۳ متر از سطح دریا، واقع شده است. این شهر، از نظر موقعیت جغرافیایی، در ۴۸ درجه و ۲۲ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۶ درجه و ۴۰ دقیقه عرض جغرافیایی و نیز در مجموعه‌ای از ارتفاعات از طرف شمال، شمال شرق، جنوب و جنوب غرب قرار گرفته است. مساحت شهر ۲۴۶۹ هکتار است که ۱۷٪ مساحت شهرستان را تشکیل می‌دهد (آرمانشهر، ۱۳۸۳). نگاهی به پیشینه تاریخی و تحولات وابسته به آن نشان می‌دهد که محدوده شهر زنجان، با قدمت ۱۲۰۰ سال، تا اواخر دوره قاجار ۱۸۵ هکتار بوده و در طی ۸۴ سال، ۴۸۴۰ هکتار افزایش یافته است (حبیبی و دیگران، ۱۳۸۷). افزون بر رشد طبیعی جمعیت، نقش منطقه‌ای شهر زنجان و احداث بزرگراه تهران- زنجان، توسعه و گسترش صنعت، احداث برخی صنایع همچون مجتمع ذوب سرب و روی در شهر، گسترش خدمات اداری- آموزشی و فرهنگی و موارد دیگر باعث شده‌اند تا نقش مهاجرت و مهاجرپذیری این شهر پررنگ شود و در افزایش جمعیت و گسترش فیزیکی شهر زنجان تأثیرگذار باشد. در نتیجه گسترش شهر، برخی زمین‌های کشاورزی اطراف شهر به زیر ساخت‌وسازهای

بی‌رویه رفته است. از سوی دیگر، به علت رعایت نکردن اصول و مقررات شهرسازی، هزینه‌های زیرساختی و خدماتی افزایش فزاینده‌ای یافته است. برای نمونه، احداث شهرک‌های متعددی چون گلشهر، پونک و بهارستان معمولاً در راستای پاسخگویی به افزایش جمعیت و کمبود امکانات و اراضی بوده است.

۳-۲- تهیه لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز (معیارها و شرایط)

با توجه به اهداف پژوهش و انتخاب مکان مناسب به منظور توسعه فیزیکی در مرحله جمع‌آوری داده‌ها، ابتدا باید مؤلفه‌های تأثیرگذار مشخص شود و بر مبنای آن‌ها، داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز گردآوری و طبقه‌بندی شوند. بدین منظور، معیارها و شرایط مورد نظر در زمینه بررسی زمین‌های مستعد برای کاربری شهری، با مطالعه منابع و استفاده از دانش کارشناسی، استخراج شدند. داده‌های مکانی و توصیفی مزبور از سازمان‌ها و منابع گوناگون، به صورت رقومی و یا اطلاعات توصیفی، گردآوری و آماده ورود به محیط نرم‌افزارهای سیستم اطلاعات مکانی شد. شکل ۱ معیارهای اصلی و زیرمعیارهای مربوط به مسئله را نشان می‌دهد.



شکل ۲. موقعیت جغرافیایی شهر زنجان

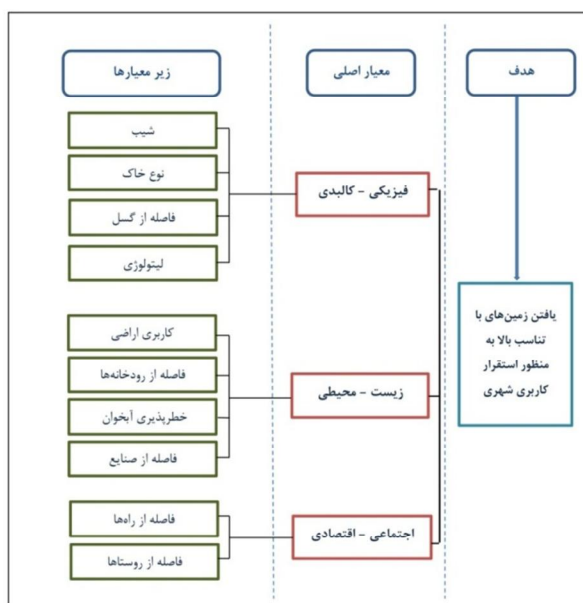
۳-۳-۱- شیب

یکی از مهم‌ترین عوامل در توسعه فیزیکی شهرها و احداث بنا شیب زمین است. مناسب‌ترین شیب برای ساخت‌وسازهای شهری شیب بین ۸-۱٪ است. مناطق با شیب کمتر از ۱٪ در دفع فاضلاب و آب‌های سطحی مشکل دارند و در مقابل، شیب بالای ۳۰٪ مشکلات جدی در ساخت‌وساز و سیمای شهری ایجاد خواهد کرد (شیعه، ۱۳۷۹). با توجه به اینکه شهر زنجان نیز در دشت زنجان واقع شده، شیب غالب بین ۰ تا ۸٪ است (حبیبی و همکاران، ۱۳۸۷). نقشه شیب محدوده مطالعاتی در شکل ۴ نشان داده شده است.

برای هر معیار، محدودیت‌ها و شرایطی وجود دارد. برای نمونه، شیب منطقه نباید از حد معینی تجاوز کند. این موارد به شکل شرط وارد مسئله می‌شوند. شرایط این تحقیق در جدول ۱ نشان داده شده است. همچنین، در جدول ۱، رده‌بندی مقدار هریک از زیرمعیارهای کمی و طبقه‌بندی مقادیر آن، با توجه به مناسبت زمین، آورده شده است. در جدول ۱، کلاس ۱ بهترین مقدار و کلاس ۴ مقادیر نامناسب را نشان می‌دهد. به منظور اعمال شرایط در تحقیق، مکان‌هایی که شرط تحقیق را ندارند از لایه مکانی مورد نظر حذف شده‌اند.

۳-۳- معیارها

در این بخش، هریک از معیارها و اهمیت آنها توضیح داده خواهد شد.



شکل ۳. معیارهای اصلی و فرعی تأثیرگذار در مکان‌یابی توسعه آتی شهر زنجان

جدول ۱. شرایط و مقادیر مربوط به زیرمعیارها (کلاس ۱ بهترین مقدار و کلاس ۴ بدترین مقدار را برای معیار مورد بررسی نشان می‌دهد)

زیرمعیار	شرایط	واحد	کلاس ۱	کلاس ۲	کلاس ۳	کلاس ۴
شیب ^۱	<math>1S\%> \text{ و } $30S\%$	درصد	۱-۵٪	۵-۱۲٪	۱۲-۲۰٪	۲۰-۳۰٪
حریم گسل	$300d>$	متر	$1500>$	۱۰۰۰-۱۵۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰	۳۰۰-۵۰۰
فاصله از رودخانه	$50d>$	متر	$1000>$	۵۰۰-۱۰۰۰	۳۰۰-۵۰۰	۱۵۰-۳۰۰
فاصله از صنایع	$50d>$	متر	$2000>$	۱۵۰۰-۲۰۰۰	۱۰۰۰-۱۵۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰
فاصله از راه‌های ترانزیتی	$150d>$	متر	$1000>$	۵۰۰-۱۰۰۰	۳۰۰-۵۰۰	۱۵۰-۳۰۰
فاصله از روستاها	$1500d>$	متر	$5000>$	۳۰۰۰-۵۰۰۰	۲۰۰۰-۳۰۰۰	۱۵۰۰-۲۰۰۰

۳-۳-۲- جنس خاک

مطالعات خاک‌شناسی در طرح‌ریزی شهری با مقاصد و اهداف گوناگونی صورت می‌گیرد که مهم‌ترین آنها شامل بررسی استعداد زراعی و خصوصیات فیزیکی و مکانیکی خاک می‌شود. در مطالعات مهندسی، خاک از نظر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بررسی می‌شود و مواردی همچون تعیین مقاومت خاک، تهیه پروفیل‌های خاک، تعیین دانه‌بندی خاک، تعیین PH خاک، تعیین جنس خاک و قابلیت نفوذ آب در آن برای عملیات ساختمانی و خاک‌برداری و اجرایی در طرح‌ریزی شهری مورد توجه‌اند (رهنمائی، ۱۳۶۹). نقشه خاک‌شناسی و تناسب اراضی وزارت جهاد کشاورزی نشان می‌دهد خاک‌های محدوده حریم شهر زنجان در سه واحد فیزیوگرافی فلات‌های پست و بلند، دشت‌های آبرفتی دامنه‌ای و اراضی پست قرار می‌گیرند. شکل ۵ نقشه مورد نظر را در محدوده مطالعاتی نشان می‌دهد.

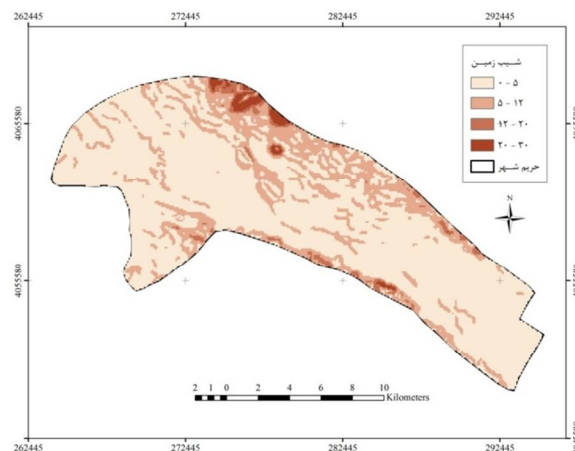
۳-۳-۳- لیتولوژی

در برنامه‌ریزی شهری به‌ویژه از نظر بررسی زمین‌های مستعد کاربری شهری، مطالعات زمین‌شناسی، از دیدگاه شناخت قابلیت مقاومت و پایداری زمین (ظرفیت باربری)، دارای اهمیت است (رهنمائی، ۱۳۶۹). تشکیلات زمین‌شناسی منطقه زنجان نشان می‌دهد، در بخش‌های جنوب‌شرق، شمال‌غرب و جنوب شهر، بازالت و آندوسیت به‌صورت محدود رخ‌نمون دارند که جزء سنگ‌های آذرین

و آتشفشانی دوره کامبرین و اینفراکامبرین محسوب می‌شوند. در بخش‌های شمال شهر، در محدوده انتهایی حریم آن، رخ‌نمون‌هایی از گرانیت و گرانودیوریت ترشیری و دوران چهارم، در ارتفاعات بالای ۱۹۰۰ متر، دیده می‌شود. در محدوده رودخانه زنجان‌رود، سازندهای دوران سوم زمین‌شناسی مشهور به کنگلومرا و سنگ آهک آب شیرین پلیستوسن متمرکز و در حاشیه جنوبی، تراست‌ها و پادگانه‌های رودخانه‌ای زنجان‌رود رخ‌نمون دارند (حبیبی و همکاران، ۱۳۸۷). شکل ۶ نقشه محدوده مطالعاتی از دیدگاه لیتولوژی منطقه را نشان می‌دهد. این نقشه‌ها از سازمان زمین‌شناسی کشور اخذ شده است.

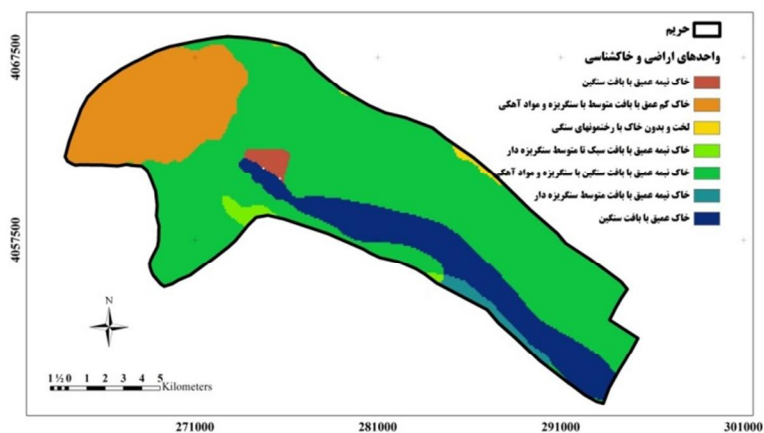
۳-۳-۴- حریم گسل

عامل دیگری که باید در توسعه فیزیکی شهر رعایت شود وجود گسل‌ها و حریم آن است. خطرناک‌ترین مکان‌های ساختمان‌سازی، مکان‌های روی گسل‌ها، به‌منزله چشمه‌های لرزه‌ای، و نقاط با خاک نرم محسوب می‌شوند که انرژی زلزله را تشدید می‌کنند. بنابراین، تا حد امکان باید از چنین مکان‌هایی برای احداث مناطق مسکونی و ساختمانی پرهیز شود و یا ساختمان با تراکم اندک در آنجا احداث شود (غضبان، ۱۳۸۱). شکل ۷ نقشه گسل‌های محدوده مطالعاتی را نشان می‌دهد. گسل‌های نشان داده‌شده از مطالعه ثبوتی و قدس (۱۳۸۶) استخراج شده‌اند.

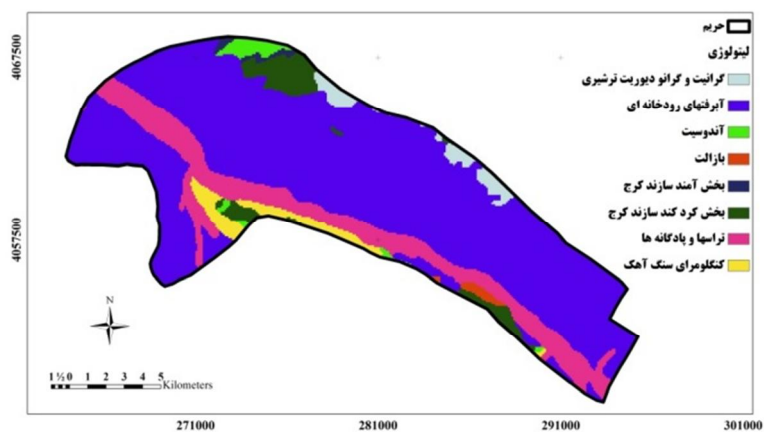


شکل ۴. نقشه شیب محدوده مطالعاتی برحسب درصد شیب

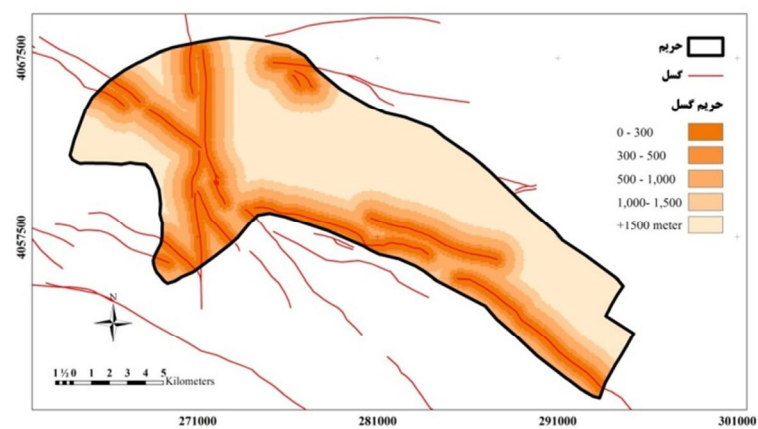
زهره معصومی و همکاران



شکل ۵. نقشه نوع خاک در محدوده مطالعاتی



شکل ۶. نقشه لیتولوژی محدوده مطالعاتی



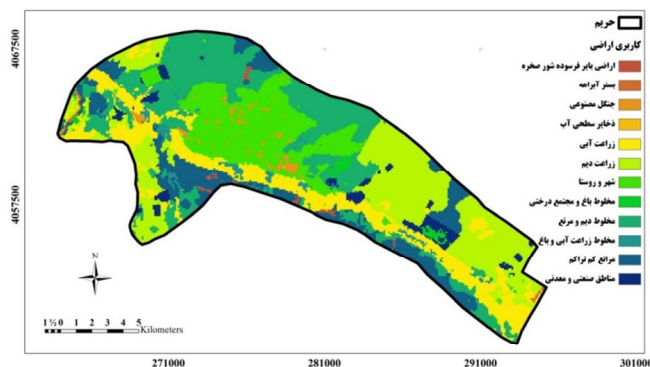
شکل ۷. گسل‌های موجود در منطقه مطالعاتی و حریم آنها

۳-۳-۵- کاربری اراضی

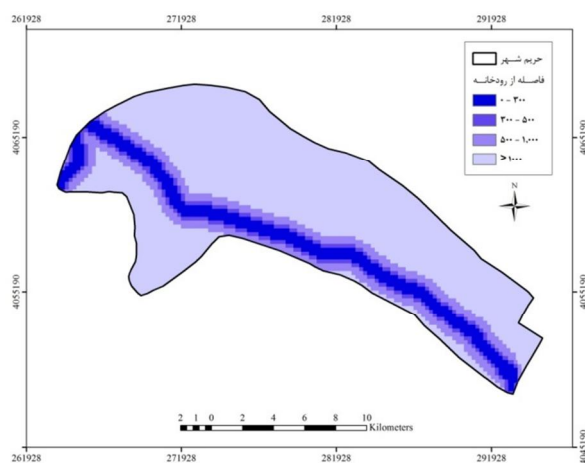
نکته مهم در مطالعات کاربری زمین و فضا این است که نتیجه مطالعات گوناگون جمعیتی، اقتصادی و اجتماعی و زیست محیطی در آنها منعکس می شود. از آنجاکه اراضی پیرامون شهرها ممکن است اراضی کشاورزی حاصلخیز باشند، لازم است با شناسایی ویژگی های کمی و کیفی این عوارض، از اشغال و به کارگیری آنان برای توسعه فضایی شهری جلوگیری شود (قرخلو و همکاران، ۱۳۹۰). با توجه به نقشه کاربری اراضی حریم شهر زنجان، بخش وسیعی از محدوده اطراف شهر از اراضی مرغوب پوشیده شده است. اما زمین های کشاورزی آبی در راستای رودخانه زنجان رود امتداد دارد؛ در نتیجه، توسعه شهر با توجه به این معیار، به سمت جنوب و جنوب غرب زنجان مناسب نیست. شکل ۸ کاربری اراضی را در منطقه مطالعاتی نشان می دهد.

۳-۳-۶- حریم رودخانه

از معیارهای دیگری که باید در توسعه فیزیکی شهرها به آن توجه شود حریم رودخانه است. به همین دلیل، حریم رودها باید مشخص شود تا سیل ساختمان ها را تهدید نکند. همچنین، آلودگی آب های سطحی ناشی از فعالیت های شهری نیز باید در نظر گرفته شود. مهم ترین منبع آب های سطحی شهر زنجان رودخانه دائمی زنجان رود است که از جنوب این شهر می گذرد. طبق آئین نامه مربوط به بستر و حریم رودخانه های وزارت نیرو، حریم مجاز با بستر خشک رودخانه ها، مسیل ها و گذرگاه آبراهه های طبیعی برای عملیات لایروبی و بهره برداری، از یک تا بیست متر، و برای حفاظت کیفی آب رودخانه ها، تا یکصد و پنجاه متر از منتهی الیه بستر خواهد بود. شکل ۹ رودخانه ها و طبقه بندی فاصله از آنها را نشان می دهد.



شکل ۸. کاربری اراضی منطقه مطالعاتی



شکل ۹. رودخانه ها و طبقه بندی فاصله از آنها در منطقه مطالعاتی

۳-۳-۷- آسیب پذیری آبخوان

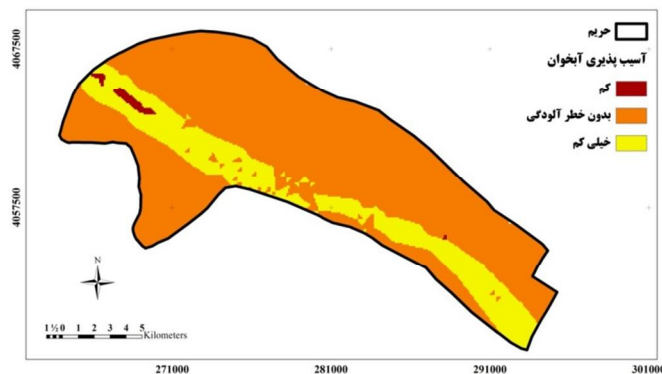
از دیگر عوامل زیست محیطی که باید در توسعه فیزیکی شهرها به آن توجه شود مطالعه عمق آب زیرزمینی است. در مکان هایی که عمق آب زیرزمینی پایین است، شهر نمی تواند توسعه پیدا کند زیرا احتمال نشست ساختمان در زمین و آلوده شدن آب زیرزمینی وجود دارد. همچنین، یکی از منابع مهم تأمین آب در شهر زنجان آب های زیرزمینی است که خطر آلودگی آنها، بر اثر فعالیت های شهری، باید بررسی شود. مطالعات نشان می دهد، در نواحی نزدیک رودخانه زنجان رود، حداقل عمق تراز آب زیرزمینی وجود دارد و رودخانه به صورت زهکش عمل می نماید و از آب های زیرزمینی دشت تغذیه می کند. بنابراین، در مناطق حاشیه زنجان رود، سفره های آب زیرزمینی در نزدیکی سطح زمین قرار دارند (آرمانشهر، ۱۳۸۳).

آسیب پذیری آبخوان از طریق مدل DRASTIC^۱ در تحقیق پری زنگنه و همکاران (۱۳۹۳) به دست آمده

است. شکل ۱۰ مناطق گوناگون آبخوان زنجان راه، براساس درجات متفاوت آسیب پذیری، نشان می دهد.

۳-۳-۸- فاصله از صنایع و معادن

کارخانه ها، کارگاه ها و شهرک های صنعتی نقش مهمی در آلودگی صوتی، هوا، خاک، آب های زیرزمینی و سطحی دارند. در مکان یابی اراضی مناسب برای توسعه شهری، رعایت فاصله مناسب از محدوده شهرها، به خصوص صنایع که از لحاظ آلودگی هوا و صوتی میزان بالایی دارند، از مهم ترین موارد است. در ضمن، توسعه شهر باید در خلاف جهت وزش باد از سمت صنایع صورت گیرد. با توجه به پراکندگی شهرک های صنعتی و معادن در اطراف زنجان و مطالعه مستندات موجود در سازمان حفاظت محیط زیست، رعایت حریم پانصد متر به بالا از صنایع و معدن، به منظور توسعه شهری، در نظر گرفته شده است. شکل ۱۱ موقعیت صنایع و معادن مهم و حریم آنها را نشان می دهد.

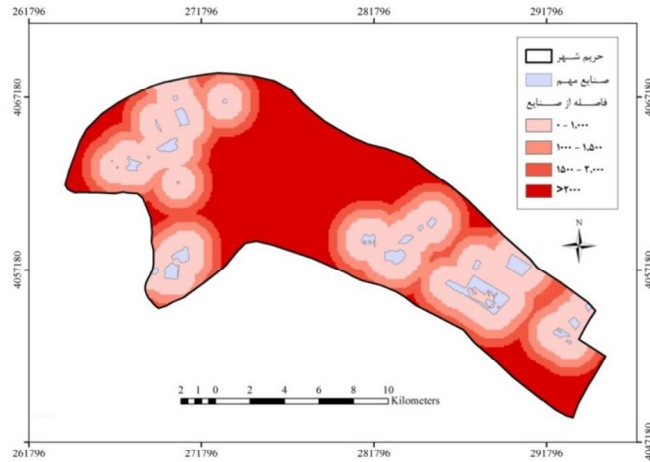


شکل ۱۰. آسیب پذیری آبخوان در محدوده مطالعاتی

منبع: پری زنگنه و همکاران، ۱۳۹۳

۱. در این مدل، هفت پارامتر عمق سطح ایستایی، تغذیه خالص آبخوان، جنس آبخوان، جنس خاک سطحی، توپوگرافی، جنس منطقه تهویه (غیراشباع) و هدایت الکتریکی آبخوان بررسی می شود. برای مطالعه بیشتر در این مورد، رک: Aller et al., 1987.

ارزیابی بهینه گسترش فیزیکی شهر زنجان ...

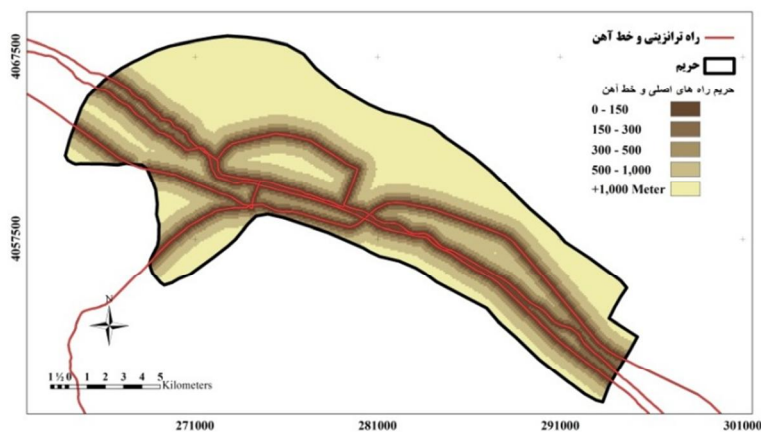


شکل ۱۱. حریم صنایع و معادن مهم در منطقه مطالعاتی

۳-۳-۹- فاصله از راه‌های اصلی و خط آهن

است. بنابراین، با توجه به عبور خط آهن زنجان، جاده ترانزیتی تهران- زنجان و زنجان- تبریز و به موازات آن، آزادراه زنجان- قزوین و زنجان- میانه، با رعایت حریم یکصدوپنجاه متر به بالا، با هدف توسعه شهری، بررسی شده است. شکل ۱۰ حریم راه‌های اصلی و خط آهن در منطقه مطالعاتی نشان می‌دهد.

طبق مصوبه شورای عالی شهرسازی و معماری، به منظور حفظ حریم راه‌ها در محدوده استحقاقی و جلوگیری از توسعه بی‌رویه شهرها به سمت جاده‌ها، احداث هرگونه ساختمان و تأسیسات در طرفین تمامی راه‌های بین‌شهری واقع در محدوده استحقاقی و حریم شهرها، به فاصله ۱۵۰ متر از حریم قانونی راه، ممنوع



شکل ۱۰. حریم راه‌های اصلی و خط آهن در منطقه مطالعاتی

۳-۳-۱۰ فاصله از روستا

افزون بر رشد طبیعی جمعیت در هر شهر، عوامل غیرطبیعی دیگری، همچون ادغام روستاها با شهر، در افزایش جمعیت شهرها دخیل اند. از سویی، چون افزایش جمعیت فعال شهر باعث بالارفتن نرخ بیکاری و پایین آمدن اشتغال می شود، درنهایت، ممکن است مشکلات اجتماعی و اقتصادی در شهرها افزایش یابد. از دیگر نتایج ادغام روستاها با شهر می توان به این موضوع اشاره کرد که بافت ارگانیک روستا سیمای شهری را برهم می زند و در بافت محلات شهری، دوگانگی پدید می آورد. بنابراین، زمین هایی با فاصله یک کیلومتر به بالا از روستاهای اطراف شهر زنجان، برای توسعه شهری مدنظر قرار گرفته اند. شکل ۱۱ روستاهای موجود در منطقه مطالعاتی و طبقه بندی فواصل از آنها را نشان می دهد.

۳-۴-۴ وزن دهی معیارها با روش AHP

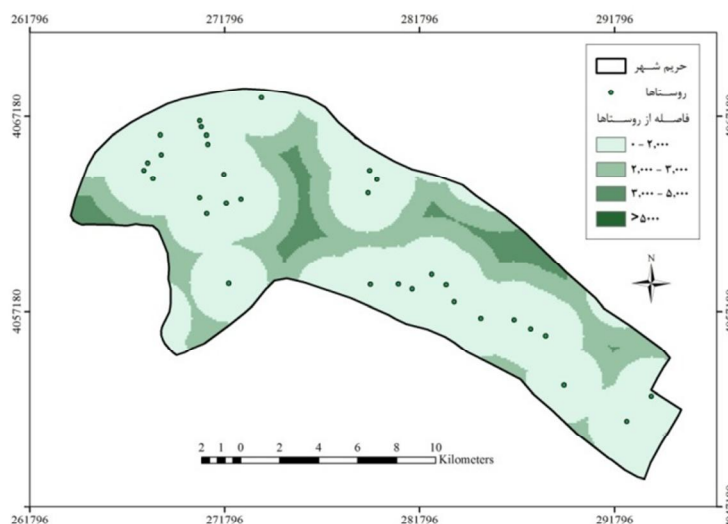
پس از تعیین معیارهای مؤثر و وارد کردن آنها به صورت لایه های رقومی در محیط نرم افزارهای سیستم اطلاعات مکانی، در مرحله بعد، با استفاده از دیدگاه های ده تن از کارشناسان منتخب پژوهش، لایه ها ارزش گذاری شدند.

کارشناسان وزن های به دست آمده از ارزش گذاری هر یک از معیارها را، در ماتریس مقایسه زوجی در طیف ۱ تا ۹ (Saaty, 2008)، انجام داده و تحلیل کرده اند. برای به دست آوردن اوزان مورد نظر، این مراحل طی شده است: مقایسه زوجی گزینه ها با استفاده از پرسشنامه های طراحی شده، ایجاد ماتریس مقایسه، استانداردسازی مقادیر ماتریس و درنهایت، بررسی میزان سازگاری و نهایی کردن مقادیر وزن (برای مطالعه بیشتر در زمینه روش AHP، رک: قدسی پور، ۱۳۸۴).

۳-۵-۵ اجرای روش

در این بخش، به مراحل عملی کردن روش مورد استفاده خواهیم پرداخت. جزئیات مراحل، به ترتیب، در ادامه آمده است.

- به دست آوردن ماتریس تصمیم: در ابتدا، ماتریس تصمیمی تشکیل می شود که شامل m گزینه، یعنی پیکسل های مورد بررسی، و n معیار، یعنی لایه های مورد بررسی مسئله است. نمونه ای از این ماتریس در رابطه (۱) آمده است.



شکل ۱۱. روستاهای موجود در منطقه مطالعاتی و طبقه بندی فواصل از آنها

رابطه (۳)

$$D = \begin{matrix} & X_1 & X_2 & \bullet & \bullet & \bullet & & X_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \bullet \\ \bullet \\ \bullet \\ A_i \\ \bullet \\ \bullet \\ \bullet \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & \dots & \dots & X_{1j} & \dots & \dots & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & \dots & \dots & X_{2j} & \dots & \dots & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{i1} & X_{i2} & \dots & \dots & \dots & X_{ij} & \dots & \dots & \dots & X_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & \dots & \dots & X_{mj} & \dots & \dots & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

رابطه (۱)

$$A^+ = \left\{ \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \mid i = 1, 2, \dots, m \right\}$$

$$= \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\}$$

$$A^- = \left\{ \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \mid i = 1, 2, \dots, m \right\}$$

$$= \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$$

رابطه (۴)

که در آن، z مربوط به معیارهای با تأثیرگذاری مثبت و z' مربوط به معیارهای با تأثیر منفی می‌شود.

محاسبه فاصله هر گزینه تا ایده‌آل‌های مثبت و منفی: در این مرحله، فاصله اقلیدسی هر پیکسل از ایده‌آل مثبت (بهترین مکان‌ها) و ایده‌آل منفی (بدترین مکان‌ها)، با استفاده از رابطه (۵)، محاسبه می‌شود.

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad i = 1, 2, \dots, m$$

رابطه (۵)

در رابطه (۵)، v_{ij} درایه‌های ماتریس موزون، v_j^+ گزینه ایده‌آل مثبت و v_j^- گزینه ایده‌آل منفی است.

تعیین نزدیکی نسبی یک گزینه به راه‌حل ایده‌آل: پس از یافتن فاصله‌های مثبت و منفی برای هر گزینه، فاصله نسبی گزینه‌های تصمیم‌گیری (پیکسل‌های منطقه مطالعاتی) به کمک رابطه (۶) به دست می‌آید.

A_i پیکسل i ام و x_{ij} مقدار عددی به دست آمده از پیکسل i ام در لایه j ام براساس معیار مورد بررسی است.

کمی‌سازی و بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم: در این مرحله، مقیاس‌های موجود در ماتریس تصمیم بدون مقیاس می‌شوند. این کار با استفاده از رابطه (۲) صورت می‌گیرد.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

رابطه (۲)

در این معادله، r_{ij} مقدار بدون مقیاس ارزش پیکسل‌ها برای هر معیار است.

وزن‌دهی: در این مرحله، وزنی که از طریق محاسبات AHP برای هر معیار تعیین شده است وارد محاسبات می‌شود؛ به این ترتیب که وزن هر معیار در لایه نرمال شده ضرب می‌شود. در واقع، ماتریس (V) حاصل ضرب مقادیر استاندارد هر معیار در اوزان مربوط به خود است.

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} W_1 r_{11} & W_2 r_{12} & \dots & W_n r_{1n} \\ W_2 r_{21} & W_2 r_{22} & & W_n r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ W_1 r_{m1} & W_2 r_{m2} & \dots & W_n r_{mn} \end{bmatrix}$$

پس از اعمال وزن‌ها و اجرای مراحل تاپسیس، نقشه به‌دست‌آمده در شکل ۱۲ نشان داده شده است. در این شکل، مناطق به پنج دسته تناسب بسیار زیاد، تناسب زیاد، تناسب متوسط، تناسب کم و تناسب بسیار کم طبقه‌بندی شده‌اند.

همان‌طور که در شکل ۱۲ ملاحظه می‌شود، قسمت‌هایی از شمال‌غرب و نیز شرق و شمال‌شرق شهر برای توسعه فیزیکی مطلوب است. همچنین، از حریم شهری، بخش‌هایی از جنوب‌غرب و پس از عبور از بستر زنجان‌رود مکان‌های مناسبی شناخته شده‌اند. این درحالی است که قسمت‌های غربی و جنوبی زمین‌های با تناسب بسیار پایین برای توسعه شهر محسوب می‌شوند. علت اصلی این امر می‌تواند نزدیکی به رودخانه زنجان‌رود، عمق کم آب‌های زیرزمینی و وجود آژادراه تبریز-تهران در این منطقه باشد. همچنین، از کل مساحت محدوده مطالعاتی، ۶۰۹ کیلومتر مربع (۲٪) در اراضی با تناسب بسیار پایین، ۴۹۰ کیلومتر مربع (۲۰٪) در تناسب کم، ۱۵۹ کیلومتر مربع (۶۶٪) در تناسب متوسط، ۲۲ کیلومتر مربع (۱۰٪) در تناسب زیاد و ۲۰۳ کیلومتر مربع (۱۵٪) در تناسب بسیار زیاد قرار دارند.

شکل ۱۳ مقایسه محدوده شهر در سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵ را نشان می‌دهد. این شکل به کمک تصاویر ماهواره‌ای ASTER، با قدرت تفکیک ۱۵ متر، استخراج شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، گسترش شهر بیشتر به سمت شرق بوده که در مقایسه با نتایج این تحقیق، مسیر مناسبی است. از سویی، برخی تغییرات به سمت غرب دیده می‌شود. با توجه به این مطلب که توسعه شهر به سمت غرب نامطلوب شناسایی شده است، باید تمهیداتی اندیشیده شود تا از توسعه بیشتر شهر به این سمت چشم‌پوشی شود. در کل، حدود ۱۵٪ توسعه شهر در زمین‌های با تناسب کم صورت پذیرفته است.

$$CL_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \quad (۶)$$

در این معادله، CL_i مقدار نزدیکی پیکسل i را به ایده‌آل منفی نشان می‌دهد. این مقدار میان ۰ و ۱ در نوسان است. درنهایت، مقادیر CL برای هر پیکسل در منطقه مطالعاتی نشان داده می‌شود.

۴- یافته‌های تحقیق

در این بخش، نتایج حاصل از اجرای مراحل تحقیق و روش مطرح‌شده بررسی خواهد شد.

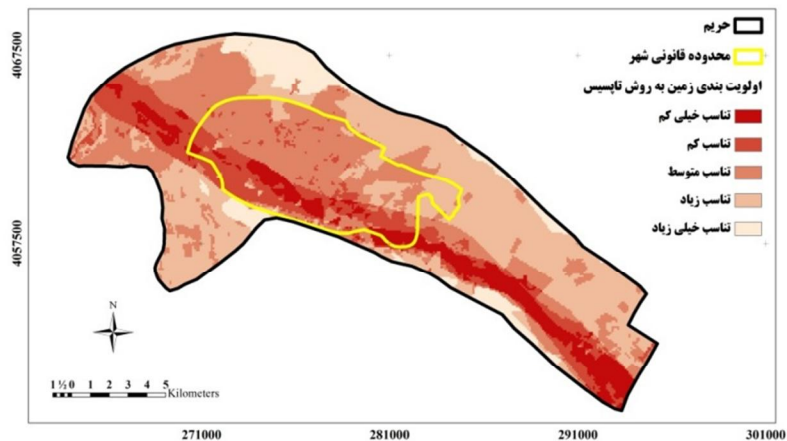
۴-۱- یافته‌های به‌دست‌آمده از روش تاپسیس

پس از بررسی پرسشنامه‌های مقایسه زوجی گزینه‌ها، اوزان مربوط به هر معیار با استفاده از روش AHP به‌دست آمد. این مقادیر در جدول ۲ ارائه شده‌اند.

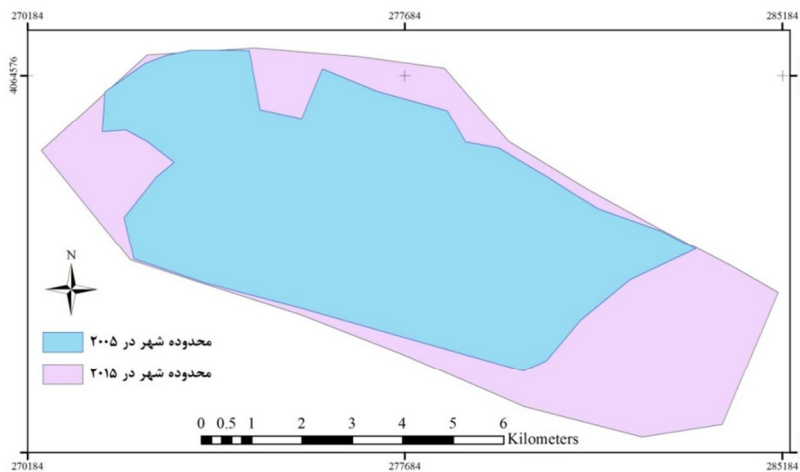
جدول ۲. وزن نهایی زیرمعیارهای پژوهش براساس مدل AHP

معیار	زیرمعیار	وزن نهایی
	شیب	۰.۱۱۲
	خاک‌شناسی	۰.۰۹۷
فیزیکی - کالبدی	لیتولوژی	۰.۱۱۲
	حریم گسل	۰.۱۴۲
	کاربری اراضی	۰.۰۴۵
	فاصله از رودخانه	۰.۰۹۴
زیست‌محیطی	آسیب‌پذیری آبخوان	۰.۱۵۶
	فاصله از صنایع و معادن	۰.۱۰۳
اجتماعی - اقتصادی	فاصله از راه‌های ترانزیتی و خط‌آهن	۰.۰۸۳
	فاصله از روستا	۰.۰۵۴
	مجموع	۱
	ضریب سازگاری	۰.۰۳

ارزیابی بهینه گسترش فیزیکی شهر زنجان ...



شکل ۱۲. رده‌بندی تناسب زمین‌ها برای گسترش فیزیکی شهر با استفاده از روش تاپسیس



شکل ۱۳. مقایسه جهات توسعه شهر از ۲۰۱۵ تا ۲۰۰۵

۲-۴- ارزیابی و بحث

به‌دست‌آمده از روش AHP استفاده شده، و C_i مقدار معیار در لایه مورد نظر است. با مقایسه شکل‌های ۱۲ و ۱۴ در حالت کلی، می‌توان گفت در هر دو مدل، در زمینه جهت توسعه شهر، محدوده‌ها با یکدیگر همخوانی مناسبی دارند. به‌منظور مقایسه دقیق‌تر دو مدل، از هر معیار اصلی زیرمعیار با وزن بالاتر انتخاب شده و سپس، مساحت تخصیص‌یافته با هر روش به کاربری شهری، در

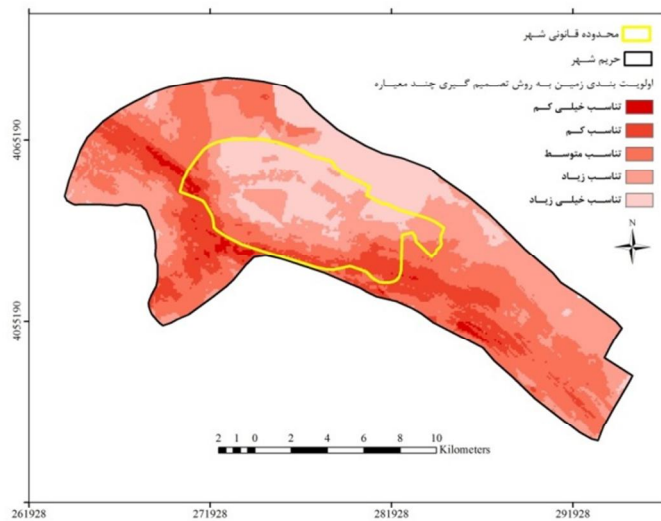
1. weighted sum

به‌منظور بررسی کارایی روش تاپسیس، این روش با روش مجموع وزنی لایه‌ها (WS)^۱، از زیرمجموعه روش‌های MCDM، مقایسه شده است. در روش مجموع وزنی، تناسب هر پیکسل در منطقه با استفاده از رابطه (۷) تعیین می‌شود. نتایج حاصل از این روش در شکل ۱۴ آمده است.

$$S_i = \sum_{j=1}^n W_j C_j \quad \text{رابطه (۷)}$$

S_{ij} مناسبت نهایی هر پیکسل برای استقرار کاربری شهری، W_i وزن معیار i ام، که در اینجا از وزن‌های

زهرة معصومی و همکاران



شکل ۱۴. رده‌بندی تناسب زمین‌ها برای گسترش فیزیکی شهر با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره

مجموع وزنی لایه‌ها کلاسه‌بندی دوباره شده‌اند و برای هر یک، لایه‌ای جداگانه تعریف شده است. سپس، طبقه‌بندی دوباره در لایه هدف، مانند لایه فاصله از گسل، اراضی کشاورزی و موارد مشابه نیز انجام شده است و در نهایت دو لایه، یعنی تناسب اراضی برای کاربری شهری (در دو روش) و لایه مربوط به معیارها، با یکدیگر هم‌پوشانی شده‌اند.

رده‌بندی مورد نظر، بررسی شده است. برای نمونه، از معیار اصلی فیزیکی کالبدی، معیار حریم گسل بالاترین وزن را به خود اختصاص داده که اولین لایه مورد بررسی است. جدول ۳ نتایج حاصل از روش‌های تاپسیس و مجموع وزنی لایه‌ها را در مورد این زیرمعیار نشان می‌دهد. به منظور استخراج مساحت‌ها در جدول‌های ۳ تا ۶، ابتدا پنج کلاس تناسب حاصل از روش تاپسیس و

جدول ۳. نتایج حاصل از دو روش تاپسیس و مجموع وزنی لایه‌ها در مورد زیرمعیار فاصله از گسل

خطرپذیری آبخوان	روش مجموع وزنی لایه‌ها						روش TOPSIS					
	خطر کم		خطر متوسط		خطر بالا		خطر کم		خطر متوسط		خطر بالا	
تناسب	مساحت (مترمربع)	٪	مساحت (مترمربع)	٪	مساحت (مترمربع)	٪	مساحت (مترمربع)	٪	مساحت (مترمربع)	٪	مساحت (مترمربع)	٪
تناسب بسیار زیاد	۰	۰	۲۵۳۹۸۷۱	۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
تناسب زیاد	۳۱۹۹۲	۱	۴۸۳۷۲۲۴	۹	۰	۰	۸۱۳۰۷۶۰	۴	۲۵۴۳۰۴	۱	۰	۰
تناسب متوسط	۲۰۳۴۶	۱	۱۳۹۴۶۹۴۴۱	۲۷	۰	۰	۱۵۴۹۶۸۹۸۹	۸۲	۴۶۸۲۳۵۶	۹	۰	۰
تناسب کم	۹۱۶۳۴۷	۵۲	۱۸۷۲۱۱۸۶	۳۷	۷۰۰	۰.۰۹	۲۲۱۹۲۶۸۱	۱۱	۴۱۱۸۸۴۱۳	۸۰	۰	۰
تناسب بسیار کم	۷۷۲۷۷۸	۴۴	۱۰۴۱۳۳۶۷	۲۱	۷۷۲۰۰۷	۹۹.۹	۲۲۶۷۵۱۱	۱	۵۰۷۱۵۳۱	۹	۷۶۳۴۵۲	۱۰۰

وزنی لایه‌ها، در مناطق دارای خطر متوسط، بیشترین اختصاص کاربری به کاربری شهری ملاحظه می‌شود؛ هرچند در این روش نیز، سختگیری در بخش‌های پرخطر به چشم می‌خورد.

فاصله از راه‌ها نیز، در معیارهای اجتماعی و اقتصادی، دارای بالاترین وزن بوده است که مشابه موارد دیگر، جدول ۵ مساحت‌های اختصاص یافته به کلاس‌های تناسب برای کاربری شهری براساس این معیار را نشان می‌دهد.

همان‌طور که در جدول ۵ نیز مشاهده می‌شود، در روش تاپسیس، در فواصل زیاد از راه‌ها، تناسب بیشتری برای کاربری شهری به دست آمده است. درحقیقت، ۲۹٪ و ۵۳٪ زمین‌ها، با تناسب زیاد و متوسط، در فاصله بیشتری از راه‌ها قرار دارند که مطلوب مسئله است. بنابراین، در این مورد نیز سختگیری بیشتر مدل تاپسیس، در مقایسه با مدل مجموع وزنی لایه‌ها، دیده می‌شود.

همان‌گونه که در جدول ۳ ملاحظه می‌شود، در روش تاپسیس، سختگیری بیشتری روی مکان‌های با مشخصات نامناسب صورت گرفته و مساحتی به آنها اختصاص داده نشده است. در صورتی که در روش مجموع وزنی لایه‌ها، حتی در زمین‌های با تناسب کم و بسیار کم هم، مساحتی اختصاص داده شده است.

جدول ۴ میزان اختصاص مناطق براساس مساحت در محدوده‌های کم‌خطر، خطر متوسط و آسیب‌پذیر را در مورد آبخوان نشان می‌دهد. این معیار نیز مهم‌ترین معیار در دسته معیارهای زیست‌محیطی است.

در جدول ۴ نیز، مشاهده می‌شود که مناطق با خطر بالای آسیب‌پذیری آبخوان، در روش تاپسیس، در مناسبت بسیار کم طبقه‌بندی شده و در دیگر کلاس‌های مناسبت، مساحت صفر به این مناطق اختصاص داده شده است. همچنین، بیشتر مساحت به زمین‌های مناسب در بخش‌های کم‌خطر آسیب‌پذیری آبخوان نسبت یافته است. در مقابل، در روش مجموع

جدول ۴. نتایج حاصل از دو روش تاپسیس و مجموع وزنی لایه‌ها در مورد زیرمعیار خطرپذیری آبخوان

تناسب	فاصله از گسل	روش TOPSIS		روش مجموع وزنی لایه‌ها	
		مساحت (مترمربع)	درصد	مساحت (مترمربع)	درصد
تناسب بسیار زیاد	۱۵۰۰ <	۸۸۳۷۰۴۳	۲۹	۱۴۹۲۸۷۰۸	۴۹
تناسب زیاد	۱۰۰۰-۱۵۰۰	۱۹۴۳۲۷۶۸	۶۴	۲۴۹۱۰۲۲۰۲۸۶	۱۵
تناسب متوسط	۵۰۰-۱۰۰۰	۲۰۵۱۴۷۶	۶	۴۸۳۰۰۶۳۰۱۴۳	۸.۱
تناسب کم	۵۰۰-۳۰۰	.	.	۲۷۳۵۱۸۵.۱۴۳	۱۷
تناسب خیلی کم	۰-۳۰۰	.	.	۵۴۱۷۹۰۳.۱۴۳	۷.۹

جدول ۵. نتایج حاصل از دو روش تاپسیس و مجموع وزنی لایه‌ها در مورد زیرمعیار فاصله از راه‌ها

تناسب	فاصله از راه	روش TOPSIS		روش مجموع وزنی لایه‌ها	
		مساحت (مترمربع)	درصد	مساحت (مترمربع)	درصد
تناسب بسیار زیاد	۱۰۰۰ <	۵۱۶۰۸۵	۱.۵	۳۶۱۷۲۳۰۷	۴۸
تناسب زیاد	۵۰۰-۱۰۰۰	۹۵۳۱۳۸۹	۲۹	۱۲۰۴۳۹۹۷	۱۶
تناسب متوسط	۳۰۰-۵۰۰	۱۷۳۱۴۸۸۱	۵۳	۸۶۲۵۰۸۵	۱۱
تناسب کم	۱۵۰-۳۰۰	۲۲۹۶۹۶۴	۷	۶۴۷۰۰۵۲	۸
تناسب بسیار کم	۰-۱۵۰	۲۹۰۵۷۷۱	۸	۱۱۵۳۶۲۸۷	۱۵

جدول ۶. نتایج حاصل از دو روش تاپسیس و مجموع وزنی لایه‌ها در مورد کاربری‌های کشاورزی

کاربری	روش Topsis				روش مجموع وزنی لایه‌ها			
	کاربری کشاورزی		کاربری صنعتی		کاربری کشاورزی		کاربری صنعتی	
	مساحت (مترمربع)	درصد	مساحت (مترمربع)	درصد	مساحت (مترمربع)	درصد	مساحت (مترمربع)	درصد
تناسب	۲۰۵۳۹	۰.۰۲	۰	۰	۸۳۸۷۱۱۸	۰.۰۹	۲۰۶۴۲	۰.۱
بسیار زیاد	۵۷۳۴۹۷۷	۰.۰۶	۰	۰	۲۹۴۰۹۵۳۸	۰.۳۴	۱۲۷۴۲۰۲	۰.۱۸
تناسب زیاد	۱۸۸۲۲۶۰۶	۰.۲۲	۱۵۵۰۴۵	۰.۰۸	۲۲۰۱۱۳۷۲	۰.۲۵	۲۵۷۷۰۶۷	۰.۳۷
متوسط	۶۰۹۱۹۱۶۵	۰.۶۹	۱۷۱۹۲۷۰	۰.۷۳	۱۷۷۴۰۳۲۹	۰.۲۱	۲۰۲۵۶۶۸	۰.۲۹
تناسب کم	۱۶۵۹۳۰۹	۰.۰۱	۴۶۰۹۲۰	۰.۱۹	۸۳۸۷۱۱۸	۰.۰۹	۹۴۴۶۹۲	۰.۱۳
بسیار کم								

عبور می‌کند. همچنین در لایه فاصله از گسل، ملاحظه می‌شود که گسل فعال، با عنوان «گسل شمال زنجان»، از این منطقه عبور می‌کند. قسمت‌هایی از شمال و شمال شرق شهر بخش‌های مناسب برای توسعه ارزیابی شده‌اند. با مطالعات میدانی صورت گرفته در این مناطق، اغلب زمین‌های بایر و گاه کشاورزی دیمی شیب نسبتاً مناسب دارند. حریم شهر در این مناطق، با رسیدن به ارتفاعات، محدود شده است. با مطالعه معیارها نیز، در این قسمت‌ها مورد مشخصی برای منع پیشروی شهر دیده نمی‌شود.

۵- نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر، فضا و مسیر مناسب توسعه فیزیکی شهر زنجان در آینده بررسی شد. به این منظور، در ابتدا، معیارهای مؤثر در مکان‌یابی توسعه فیزیکی شناسایی شد و اطلاعات و داده‌های مورد نیاز از سازمان‌های مربوط جمع‌آوری و سپس، وارد نرم‌افزارهای GIS شد. با استفاده از دیدگاه‌های کارشناسان متخصص، اولویت معیارها با روش AHP تعیین شد و سپس برای شناسایی مناطق بهینه، به منظور گسترش فیزیکی شهر، مدل تاپسیس به کار رفت. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد اراضی

به دلیل اهمیت زمین‌های کشاورزی و صنعتی در استان زنجان، در اینجا، معیار کاربری اراضی از دیدگاه میزان اختصاص زمین‌های کشاورزی و صنعتی به کاربری شهری نیز بررسی شده است. جدول ۶ نتایج این مقایسه را نشان می‌دهد.

مطابق با جدول ۶، در کلاس‌های تناسب بسیار زیاد و زیاد، هیچ مساحتی به کاربری صنعتی اختصاص داده نشده و در مورد کاربری کشاورزی نیز مساحت اختصاص یافته، در تناسب بسیار زیاد و زیاد، در کمترین حالت است. این در حالی است که در روش مجموع وزنی لایه‌ها، در کلاس‌های با تناسب بسیار زیاد و زیاد، هنوز اختصاص مساحت کاربری صنعتی و کشاورزی به کاربری شهری به چشم می‌خورد

با توجه به نتایج به دست آمده، بخش‌های جنوبی حریم شهر جزء مناطق با تناسب کم ارزیابی شده‌اند. طبق باز دیدهای میدانی صورت گرفته از منطقه مطالعاتی و بررسی معیارهای وارد شده به مدل، علت این امر می‌تواند وجود عواملی همچون فاصله از رودخانه، لیتولوژی، فاصله از راه‌های اصلی و فاصله از گسل باشد زیرا این قسمت مناطق حاشیه‌ای زنجان رود محسوب می‌شود و در لیتولوژی نیز، دارای ساختار تراس‌ها و پادگانه‌هاست که جزء مناطق نامرغوب به‌شمار می‌روند. بزرگراه تهران - تبریز نیز از این منطقه

پری زنگنه، ع.ح.، شوقی، م.، زمانی، ع.ع.، خسروی، ی.،
۱۳۹۳، مطالعه پتانسیل آلودگی آبخوان آب
شرب زنجان با مدل دراستیک و سیستم
اطلاعات جغرافیایی GIS، همایش ملی آب،
انسان و زمین، دانشگاه اصفهان، اصفهان.

پوراحمد، ا.، شمائی، ع.، ۱۳۸۴، نوسازی شهری از
دیدگاه علم جغرافیا، انتشارات دانشگاه تهران،
چاپ اول، تهران.

ثبوتی، ف.، قدس، ع.ر.، ۱۳۸۶، شناسایی گسل‌های
فعال استان زنجان، دانشکده علوم زمین، دانشگاه
تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان.

حبیبی، ک.، پوراحمد، ا.، مشکینی، ا.، ۱۳۸۷، از زنگان تا
زنجان، انتشارات دانشگاه زنجان، چاپ اول، زنجان.

حسینی، ه.، امیر، ک.، صفاری، ا.، عزت‌الله، ق.، بهشتی
جاوید، ا.، ۱۳۹۰، ارزیابی و مکانیابی جهات
توسعه فیزیکی شهری با مدل منطق فازی؛

نمونه موردی: شهر دیواندره، فصلنامه تحقیقات
کاربردی علوم جغرافیایی، سال ۱۹، شماره ۲۳،
صص. ۸۳-۶۳.

حسین اف، ف.ا.م.، ۱۳۸۲، برنامه ریزی و ساخت
شهرهای کوچک، ترجمه غلامرضا خسرویان،
چاپ اول، تبریز، نشر فروزنش.

رهنما، م.ر.، و عباس‌زاده، غ.ر.، ۱۳۸۷، اصول، مبانی و
مدل‌های سنجش فرم کالبدی شهر، انتشارات
جهاد دانشگاهی مشهد، چاپ اول، مشهد.

رهنمایی، م.ت.، ۱۳۶۹، مجموعه‌های مباحث و
روش‌های شهرسازی (جغرافیا)، وزارت مسکن و
شهرسازی.

زنگی آبادی، ع.، نسترن، م.، کمالی باغراهی، ا.، ۱۳۹۴،
تحلیل روند و توسعه فیزیکی-کالبدی شهر
کرمان از پیدایش تا کنون، نشریه مطالعات
نواحی شهری دانشگاه شهید باهنر کرمان، سال
دوم، شماره ۴، پیاپی ۵، صص. ۲۳-۴۲.

شمال غرب زنجان در اولویت و اراضی شمال شرق و
شرق و جنوب زنجان، بعد از حد فاصل رودخانه
زنجان رود، در مرتبه دوم و همچنین، اراضی غرب در
مرتبه سوم قرار دارند. مقایسه نتایج دو روش تاپسیس و
مجموع وزنی لایه‌ها نیز نشان داد در اختصاص مکان‌ها،
با توجه به معیارهای تعریف‌شده، مدل تاپسیس
سختگیری بیشتری دارد.

حدود ۱۵٪ توسعه شهری از سال ۲۰۰۵ در
زمین‌های نامناسب صورت گرفته که لازم است اقدامات
مورد نیاز، در زمینه توسعه بیش از این مقدار در
زمین‌های نامناسب، از سوی مسئولان انجام گیرد.

از سویی، با ورود پارامترهای بیشتر به مدل، به‌ویژه
پارامترهای اجتماعی و اقتصادی، مدل‌سازی جنبه
بهتری پیدا می‌کند و دقیق‌تر خواهد شد. همچنین،
واردکردن سیاست‌های تصمیم‌گیران در این زمینه نیز
باعث عملی‌تر شدن تحلیل مناسبت خواهد شد.

۶- منابع

آرمانشهر، ۱۳۸۲، بازنگری طرح تفصیلی شهر
زنجان: مطالعات محیطی زنجان.

ابراهیم‌زاده، ع.، ۱۳۸۶، مدل تحلیلی در ساماندهی
فضاهای ناحیه‌ای - مورد مطالعه: ناحیه سنگان
خاش، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۹، صص.
۵۳-۳۵.

احمدپور، ا.، فرهادی، ا.، قربانی، ر.، ۱۳۹۵، تعیین
مناطق بهینه به‌منظور توسعه شهرها و
شهرک‌های جدید با به‌کارگیری مدل‌های
کارآمد (مورد مطالعه: استان تهران)، آمایش
سرزمین، دوره ۸، شماره ۲، صص. ۳۶۳-۳۳۱.

اصغرپور، م.ج.، ۱۳۸۷، تصمیم‌گیری چندمعیاره،
انتشارات دانشگاه تهران، چاپ ششم.

بماینان، م.ر.، محمودنژاد، ه.، ۱۳۸۷، نظریه‌های
توسعه کالبدی شهر، انتشارات سازمان
شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، چاپ اول، تهران.

- Cao, K., Batty, M., Huang, B., Liu, Y., Yu, L. & Chen, J., 2011, **Spatial Multi-Objective Land Use Optimization: Extensions to the Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm-II**, International Journal of Geographical Information Sciences, Vol. 25, Issue 12, PP. 1949-1969.
- Colson, C. & Kochetkov, Y., 1983, **Theory and Practice of Multiple-Criteria Decision Making**, North-Holland Publishing Company.
- Effat, H. & Hegazy, M., 2013, **A Multidisciplinary Approach to Mapping Potential Urban Development Zones in Sinai Peninsula, Egypt Using Remote Sensing and GIS**, Journal of Geographical Information System, Vol. 5, PP. 567-583.
- FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations) 1996. **Guidelines for Land-use Planning**. Rome, Italy, FAO Development Series Report No. 1
- Hwang, C.L. & Yoon, K.P., 1981, **Multiple Attribute Decision-Making: Methods and Applications: A State-of-the Art Survey**, Springer, Berlin.
- Mohajeri, M., 2007, **Location of Multi-Platform Support and Crisis Management after Earth Quack with GIS; Case Study: 7th Region**, Master of science thesis, University of Tehran, 2007.
- Masoumi, Z., Maleki, J., Mesgari, M. & Mansourian, A., 2017, **Using an Evolutionary Algorithm in Multiobjective Geographic Analysis for Land Use Allocation and Decision Supporting**, Geographical Analysis, Vol. 49, Issue 1, PP. 58-83.
- Park, S., Jeon, S., Kim, S. & Choi, Ch., 2011, **Prediction and Comparison of Urban Growth by Land Suitability Index Mapping Using GIS and RS in South Korea**, Journal of landscape and Urban Planning, Vol. 99, Issue 2, PP. 104-114.
- Phua M-H and Minowa M 2007, **A GIS-based multi-criteria decision making approach to forest conservation planning at a landscape scale: A case study in the Kinabalu Area, Sabah, Malaysia**. Landscape and Urban Planning 71: 207-22
- Saaty, T., 2008, **Decision Making with the** شیعه، ا.، ۱۳۷۹، **کارگاه برنامه‌ریزی شهری (رشته جغرافیا)**، انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران.
- غضبان، ف.، ۱۳۸۱، **زمین‌شناسی زیست‌محیطی**، دانشگاه تهران، چاپ اول، تهران.
- کارآموز، م.، احمدی، آ.، فلاحی، م.، ۱۳۸۵، **مهندسی سیستم**، انتشارات دانشگاه صنعتی، چاپ اول، تهران.
- قرخلو، م.، داودی، م.، زندوی، س.م.، جرجانی، ع.، ۱۳۹۰، **مکان‌یابی مناطق بهینه توسعه فیزیکی شهر بابلسر برمبنای معیارهای طبیعی**، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۲۳، صص. ۹۹-۱۲۲.
- قدسی‌پور، ح.، ۱۳۸۴، **فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی AHP**، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، مرکز انتشارات امیرکبیر.
- مجرد، ف.، حسینی‌فر، س.، ۱۳۹۱، **مکانیابی نواحی مساعد برای توسعه فیزیکی کلانشهر تهران برمبنای عناصر اقلیمی و جغرافیایی**، فصلنامه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۳، اصفهان، صص. ۲۳-۴۲.
- مهدی‌زاده، ج.، پیرزاده نهوجی، ح.، امیری، م.، جهانشاهی، م.ح.، ۱۳۸۵، **برنامه‌ریزی راهبردی توسعه شهری (تجربیات اخیر جهانی و جایگاه آن در ایران)**، شرکت طرح و نقش سیما، چاپ دوم، تهران.
- Aller, L., Bennet, T., Lehr, H.J., Petty, Jr. & Hackett, G., 1987, **DRASTIC; A Standardized System for Evaluating Groundwater Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings**, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., EPA/600/2-85/018, P. 622.
- Bathrellos, G.D., Gaki-Papanastassiou, K., Skilodimou, H.D., Papanastassiou, D. & Chousianitis, K.G., 2011, **Potential Suitability for Urban Planning and Industry Development Using Natural Hazard Maps and Geological-Geomorphological Parameters**, Environmental Earth Science, Vol. 66, Issue 2, PP. 537-548.

- Analytic Hierarchy Process**, International Journal of Services Sciences, Vol. 1, PP. 83-97.
- Shen L Y, Ochoa J J, **Shah M N, and Zhang X** 2011 **The application of urban sustainability indicators: A comparison between various practices**. Habitat International, 29-17: 35.
- Turk E and Celik H M 2013, **Impacts of planners' different viewpoints on optimum land-use allocation European Planning Studies**, 21: 1937-57
- Ullah, KM. & Mansourian, A., 2016, **Evaluation of Land Suitability for Urban Land-Use Planning: Case Study Dhaka City**, Transactions in GIS, Vol. 20, Issue 1, PP. 20-37.