سنجش از دور
و
GIS ایران

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

۳۷-۵۸

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

زهره معصومی[1*]، مژگان امیراصلانی[2]، ابوالفضل رضایی [1]
۱. استادیار دانشکدهٔ علوم زمین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایهٔ زنجان
۲. کارشناس ارشد شهرسازی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۵/۲۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۹/۱

چکیده

توسعهٔ روزافزون شهر و رشد بی‌رویهٔ جمعیت شهری منجر به گسترش مهارنشدنی 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 درمورد توسعهٔ شهری است. هدف تحقیق حاضر تعیین جهت بهینهٔ گسترش شهر، با درنظرگرفتن معیارهای توسعهٔ آتی است. برای تعیین زمین‌های مناسب برای توسعهٔ بهینهٔ آتی، از مجموعهٔ دَه معیار در قالب عوامل زیست‌محیطی، فیزیکی و اجتماعی استفاده شد. به‌منظور تجزیه و تحلیل معیارهای منتخب پژوهش، با استفاده از دیدگاه‌های کارشناسان مربوط به حوزهٔ 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) به‌منزلهٔ روش تصمیم‌گیری چندمعیاره، اولویت اراضی مناسب توسعهٔ شهر در محدودهٔ قانونی به‌دست آمد. نتایج بیانگر آن است که مناسب‌ترین مکان‌ها برای گسترش آتی شهر، نخست، زمین‌های شمال‌شرق و شرقی و در اولویت دوم، زمین‌های شمال‌غرب است. همچنین، ۱۵٪ گسترش از سال ۲۰۰۵ در زمین‌های نامطلوب بوده است.

کلیدواژه‌ها: توسعهٔ شهری، جهت بهینهٔ توسعه، سیستم اطلاعات مکانی، تاپسیس.

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: زنجان، بلوار استاد یوسف ثبوتی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایهٔ زنجان، دانشکدهٔ علوم زمین. تلفن: ۰۲۴۳۳۱۵۳۳۹۶، فکس: ۰۲۴۳۳۱۵۲۲۱۲.

Email: z.masoumi@iasbs.ac.ir

۱- مقدمه

در دنیای مدرن، فعالیت‌های بشری با سرعت زیادی درحال پیشرفت است. این امر موجب می‌شود توسعهٔ 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 درنتیجه، سیستم‌های شهری را با مشکلات چندی مواجه خواهد کرد (زنگی‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۴). برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری و آمایش سرزمین نقش بسیار مهمی در توسعهٔ مناسب و پایدار ایفا می‌کند (Cao et al., 2011). با نگاهی اجمالی به عوامل مهم در برنامه‌ریزی فضاهای شهری و توسعهٔ آن، می‌توان دریافت این مسئله یک مسئلهٔ تصمیم‌گیری چندمعیاره است و اغلب معیارها دارای خصوصیت مکانی‌اند. بنابراین برای مدیریت این سطح گسترده از داده‌های مکانی و توصیفی، سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS)[1]، 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 زمینهٔ حل مشکلات مکان‌مبنا، مانند آنالیز مناسبت، به خود جلب کرد (Phua and Minowa, 2007). این تکنیک‌ها به دو دستهٔ آنالیزهای چندمعیاره (MCA)[2] و آنالیزهای چندهدفه (MODA)[3] تقسیم می‌شوند (Türk and Çelik, 2013). MCAها، در مسائل چندمعیاره، در مواردی که تعداد معیارها کم و از پیش تعریف‌شده است، ابزار مناسبی محسوب می‌شوند. از سویی، MODA زمانی به‌کار می‌رود که معیارها تنوع و تعداد بسیاری داشته باشند و برتری آنها بر یکدیگر مهم باشد (Ullah and Mansourian, 2016).

با توجه به مطالب بیان‌شده، توسعهٔ فیزیکی شهرها و مدیریت آن با استفاده از سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برمبنای GIS موضوعی است که در چند سال اخیر، توجه بیشتر پژوهشگران و محققان را به خود جلب کرده است. ازاین‌رو، مطالعات بسیاری در این زمینه صورت گرفته است که هریک سعی در بیان راهکارهای کاربردی برای رفع معضلات این پدیده داشته‌اند. ازجملهٔ این مطالعات، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

حسینی و همکاران (۱۳۹۰)، در مطالعهٔ خود، با استفاده از دَه متغیر مربوط به عوامل طبیعی تأثیرگذار در گسترش و توسعهٔ 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 توسعهٔ شهر دیواندره با توجه به ویژگی‌های منطقه است، دست پیدا کنند. درنهایت، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد، با توجه به عوامل طبیعی موجود در منطقه، به‌رغم گسترش‌های رخداده در اطراف و جهات متفاوت و به‌خصوص جنوب و شمال، جهات شرقی شهر در اولویت توسعه قرار دارند. همچنین، محققان اثبات کرده‌اند که نبودِ مطالعات دقیق در این زمینه موجب شده ۵۶٪ از گسترش‌های رخداده نامناسب باشند.

هدف پژوهش دیگری که مجرد و حسینی‌فر (۱۳۹۱) انجام دادند مکان‌یابی نواحی مساعد برای توسعهٔ فیزیکی کلانشهر تهران برمبنای عوامل اقلیمی و جغرافیایی بوده است. بدین‌منظور، از روش مجموع وزن‌دار معیارها استفاده شده است. همچنین، وزن‌ها با استفاده از مدل AHP[4] به‌دست آمده‌اند. نتایج نشان می‌دهند که بهترین جهت برای توسعهٔ 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

بترلس و همکاران[1] (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 به‌کاررفته مجموع وزن‌دار عوامل بوده است. طبق نتایج، بین جهت رشد شهرهای مورد مطالعه و نواحی مساعد تعیین‌شده، 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[2] (۲۰۱۳) برای یافتن زمین‌های مستعد، به‌منظور توسعه در شهر سینای[3] 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 به‌دست آمده و معیارها با روش مجموع وزنی لایه‌ها تلفیق شده‌اند. نتایج نشان‌دهندهٔ فضاهای مساعد برای توسعهٔ شهری در سه اولویت است.

اولاه و منصوریان[4] (۲۰۱۶)، با هدف یافتن مناسبت زمین‌های اطراف شهر داکا[5] برای توسعهٔ شهری، تحقیقی انجام دادند. در این تحقیق، از وزن‌دهی به‌روش 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 توسعهٔ شهری تعریف شده است. درنهایت، از روش MCDM به‌منظور تلفیق معیارها و به‌دست‌آوردن نقشهٔ مناسبت نهایی استفاده شده است. نتایج شامل زمین‌های مستعد توسعهٔ شهر است.

با توجه به پیشینهٔ تحقیق ذکرشده، این تحقیق تلاش دارد نقش عوامل اجتماعی و اقتصادی تأثیرگذار در تعیین بهینهٔ جهت توسعهٔ شهری زنجان را، افزون‌بر عوامل زیست‌محیطی و فیزیکی، بررسی کند. همچنین، در اینجا از مدل TOPSIS در تعیین اولویت اراضی برای توسعهٔ آتی شهر استفاده شده است.

در ادامهٔ مقاله و در بخش دوم، به مبانی نظری مرتبط با موضوع تحقیق پرداخته خواهد شد. در بخش سوم، متدولوژی پژوهش و شیوهٔ به‌کارگیری مدل‌ها آورده شده است. درنهایت، در بخش چهارم، نتایج تحقیق به‌تفصیل بیان شده و مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

۲- مبانی نظری

در این بخش به‌صورت مختصر به مفاهیم اولیهٔ توسعهٔ شهری و عوامل ایجاد آن پرداخته خواهد شد. ازآنجاکه هدف اصلی تحقیق به‌دست‌آوردن جهات مناسب توسعهٔ شهر، با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ TOPSIS است، در این بخش به مفاهیم اولیهٔ این مدل و نیز مدل AHP، که در وزن‌دهی معیارها به‌کار رفته است، پرداخته می‌شود.

۲-۱- توسعهٔ شهری و ساماندهی آن

تا حدود دههٔ ۱۹۶۰، اصولاً مفهوم عام توسعه به توسعهٔ اقتصادی اشاره داشت. اما از دههٔ از ۱۹۶۰ به بعد، تغییرات اساسی در شیوهٔ نگرش به مفهوم و معیارهای آن به ظهور رسیده که اهداف و روش‌های برنامه‌ریزی را به‌شدت تحت تأثیر قرار داده است (مهدی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۵). توسعهٔ شهری عبارت است از گسترش هماهنگ و متعادل سطح اختصاص‌یافته 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، توسعهٔ شهری فقط منحصر

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

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 به‌شمار 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 فعالیتی 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، به‌نسبت 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[1] (۲۰۰۸) آن را بنا نهاده است، یکی از جامع‌ترین سامانه‌های طراحی‌شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. این روش امکان شبیه‌سازی مسئله را به‌صورت سلسله‌مراتبی فراهم و معیارهای متفاوت کمی و کیفی 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 مبتنی‌بر 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). ازآنجاکه مقادیر مربوط به مقایسهٔ دوبه‌دو به‌صورت 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. به‌منظور 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)

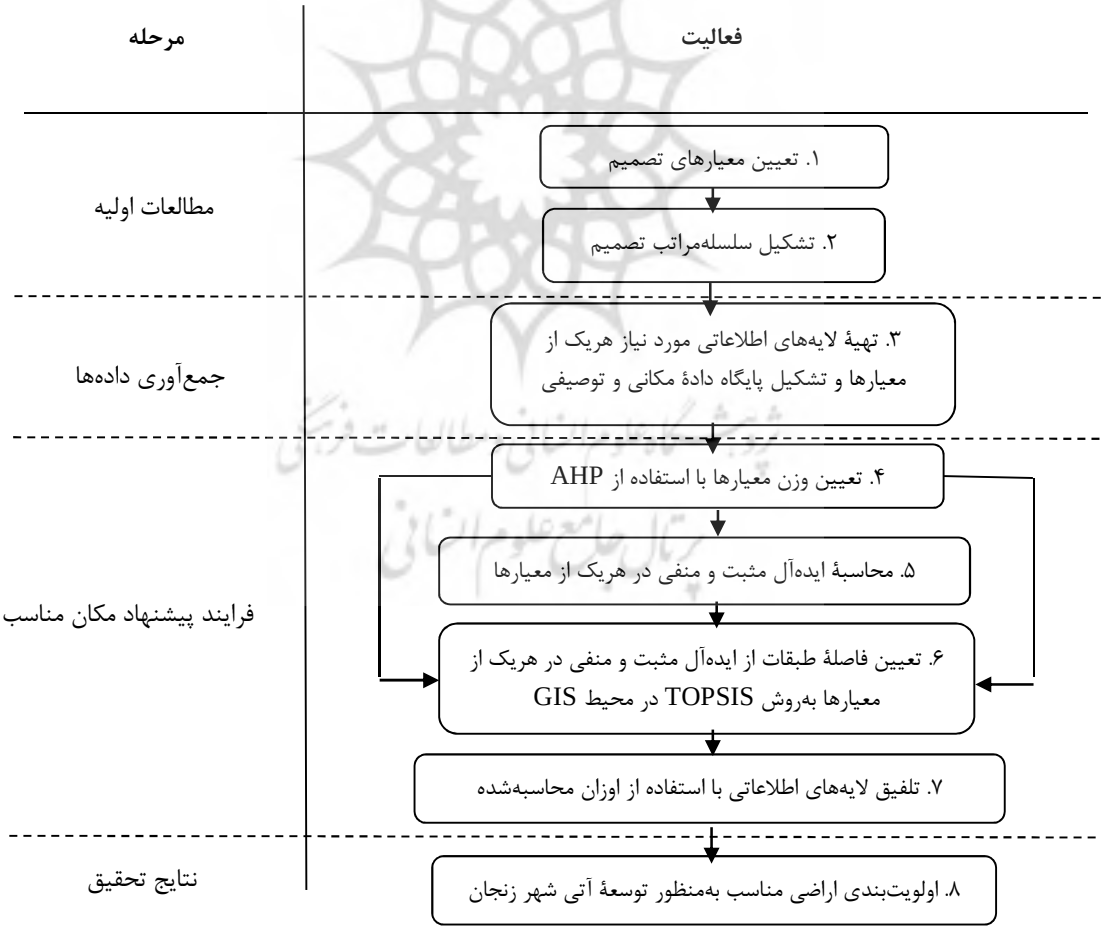
مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)، که برای تصمیم‌گیری‌های پیچیده طراحی شده‌اند، به دو دستهٔ مهم تقسیم می‌شوند: مدل‌های چندهدفه (MODM) و مدل‌های چندمعیاره (MADM)[2]. مدل‌های چندهدفه به‌منظور طراحی به‌کار می‌روند؛ درحالی‌که مدل‌های چندمعیاره برای انتخاب گزینهٔ برتر استفاده می‌شوند (Colson and Kochetkov,1983). هدف این مقاله انتخاب مکان مناسب از میان گزینه‌های متفاوت است؛ بنابراین، از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به این منظور استفاده شده است.

1. Saaty
2. Multiple Attribute Decision Making

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 چندمعیارهٔ گسستهٔ 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 گزینهٔ 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 فاصلهٔ تمامی گزینه‌ها از این دو حالت بررسی می‌شود. گزینه‌هایی که بیشترین فاصله را از راه‌حل‌های منفی دارند به‌منزلهٔ گزینه‌های مورد نظر انتخاب می‌شوند. در این میان، وقتی معیارها حالت مکانی دارند نیز این امر صادق است؛ یعنی هدف به‌دست‌آوردن 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، منطقهٔ 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 به‌تفصیل بررسی خواهد شد.



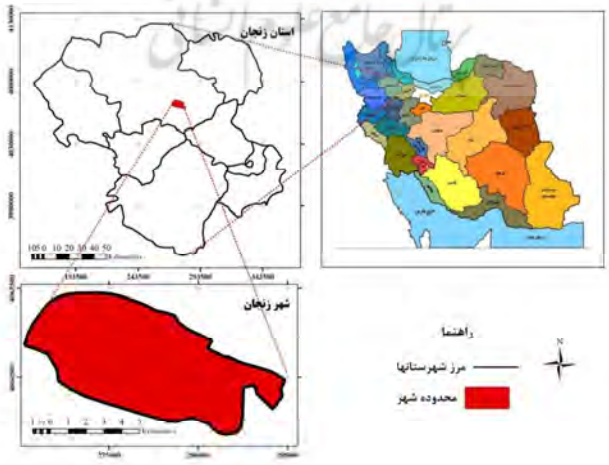
شکل ۱. مراحل کار در تحقیق

۳-۱- محدودهٔ 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 دقیقهٔ طول جغرافیایی و ۳۶ درجه و ۴۰ دقیقهٔ عرض جغرافیایی و نیز در مجموعه‌ای از ارتفاعات از طرف شمال، شمال‌شرق، جنوب و جنوب‌غرب قرار گرفته است. مساحت شهر ۲۴۶۹ هکتار است که ۱۷٪ مساحت شهرستان را تشکیل می‌دهد (آرمانشهر، ۱۳۸۳). نگاهی به پیشینهٔ تاریخی و تحولات وابسته به آن نشان می‌دهد که محدودهٔ شهر زنجان، با قدمت ۱۲۰۰ سال، تا اواخر دورهٔ قاجار ۱۸۵ هکتار بوده و در طی ۸۴ سال، ۴۸۴۰ هکتار افزایش یافته است (حبیبی و دیگران، ۱۳۸۷). افزون‌بر 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. درنتیجهٔ گسترش شهر، برخی زمین‌های کشاورزی اطراف شهر به زیر ساخت‌وسازهای بی‌رویه رفته است. از سوی دیگر، به‌علت رعایت‌نکردن 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- تهیهٔ لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز (معیارها و شرایط)

با توجه به اهداف پژوهش و انتخاب مکان مناسب به‌منظور توسعهٔ فیزیکی در مرحلهٔ جمع‌آوری داده‌ها، ابتدا باید مؤلفه‌های تأثیرگذار مشخص شود و برمبنای آن‌ها، داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز گردآوری و طبقه‌بندی شوند. بدین‌منظور، معیارها و شرایط مورد نظر در زمینهٔ بررسی زمین‌های مستعد برای کاربری شهری، با مطالعهٔ منابع و استفاده از دانش کارشناسی، استخراج شدند. داده‌های مکانی و توصیفی مزبور از سازمان‌ها و منابع گوناگون، به‌صورت رقومی و یا اطلاعات توصیفی، گردآوری و آمادهٔ 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

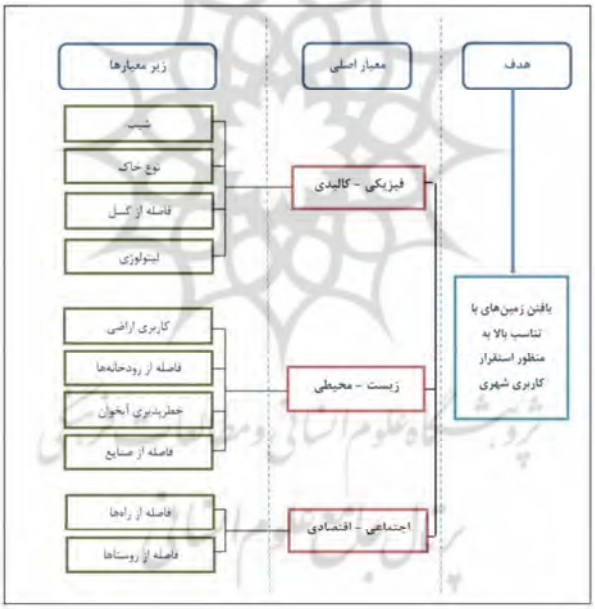
برای هر معیار، محدودیت‌ها و شرایطی وجود دارد. برای نمونه، شیب منطقه نباید از حد معینی تجاوز کند. این موارد به‌شکل شرط وارد مسئله می‌شوند. شرایط این تحقیق در جدول ۱ نشان داده شده است. همچنین، در جدول ۱، رده‌بندی مقدار هریک از زیرمعیارهای کمی و طبقه‌بندی مقادیر آن، با توجه به مناسبت زمین، آورده شده است.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

۳-۳- معیارها

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

۳-۳-۱- شیب

یکی از مهم‌ترین عوامل در توسعهٔ 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). نقشهٔ شیب محدودهٔ مطالعاتی در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۳. معیارهای اصلی و فرعی تأثیرگذار در مکان‌یابی توسعهٔ 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[1]	%۱S> و [1]%۳۰S<	درصد	٪۵-٪۱	٪۱۲-٪۵	٪۲۰-٪۱۲	٪۳۰-٪۲۰
حریم گسل	۳۰۰d>	متر	۱۵۰۰>	۱۰۰۰-۱۵۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰	۳۰۰-۵۰۰
فاصله از رودخانه	۵۰d>	متر	۱۰۰۰>	۵۰۰-۱۰۰۰	۳۰۰-۵۰۰	۱۵۰-۳۰۰
فاصله از صنایع	۵۰۰d>	متر	۲۰۰۰>	۱۵۰۰-۲۰۰۰	۱۰۰۰-۱۵۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰
فاصله از راه‌های ترانزیتی	۱۵۰d>	متر	۱۰۰۰>	۵۰۰-۱۰۰۰	۳۰۰-۵۰۰	۱۵۰-۳۰۰
فاصله از روستاها	۱۵۰۰d>	متر	۵۰۰۰>	۳۰۰۰-۵۰۰۰	۲۰۰۰-۳۰۰۰	۱۵۰۰-۲۰۰۰

۳-۳-۲- جنس خاک

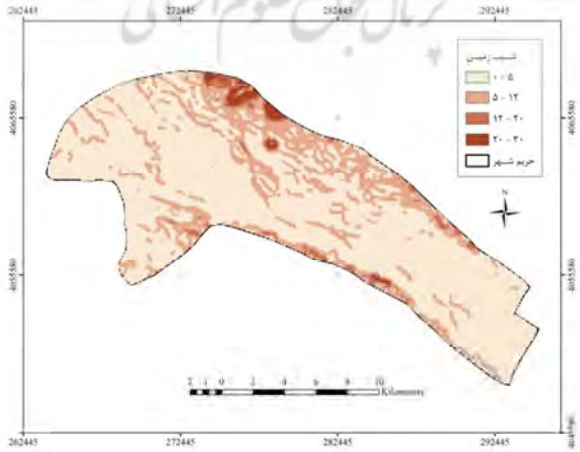
مطالعات خاک‌شناسی در طرح‌ریزی شهری با مقاصد و اهداف گوناگونی صورت می‌گیرد که مهم‌ترین آنها شامل بررسی استعداد زراعی و خصوصیات فیزیکی و مکانیکی خاک می‌شود. در مطالعات مهندسی، خاک از نظر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بررسی می‌شود و مواردی همچون تعیین مقاومت خاک، تهیهٔ پروفیل‌های خاک، تعیین دانه‌بندی خاک، تعیین 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). نقشهٔ خاک‌شناسی و تناسب اراضی وزارت جهاد کشاورزی نشان می‌دهد خاک‌های محدودهٔ حریم شهر زنجان در سه واحد فیزیوگرافی فلات‌های پست و بلند، دشت‌های آبرفتی دامنه‌ای و اراضی پست قرار می‌گیرند. شکل ۵ نقشهٔ مورد نظر را در محدودهٔ مطالعاتی نشان می‌دهد.

۳-۳-۳- لیتولوژی

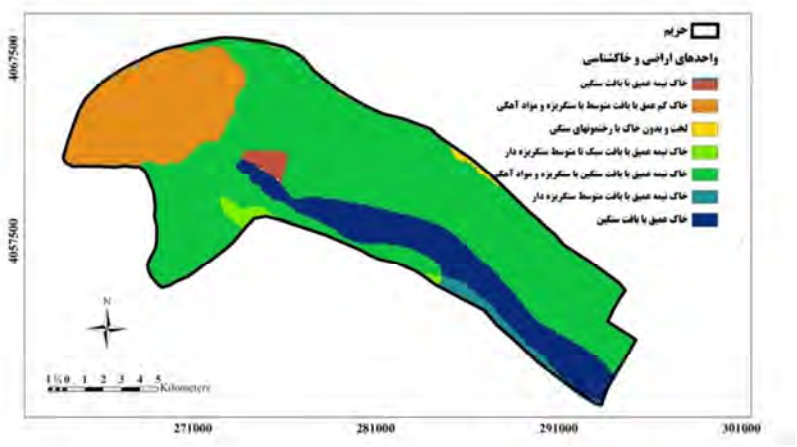
در برنامه‌ریزی شهری به‌ویژه از نظر بررسی زمین‌های مستعد کاربری شهری، مطالعات زمین‌شناسی، از دیدگاه شناخت قابلیت مقاومت و پایداری زمین (ظرفیت باربری)، دارای اهمیت است (رهنمائی، ۱۳۶۹). تشکیلات زمین‌شناسی منطقهٔ زنجان نشان می‌دهد، در بخش‌های جنوب‌شرق، شمال‌غرب و جنوب شهر، بازالت و آندوسیت به‌صورت محدود رخنمون دارند که جزء سنگ‌های آذرین و آتشفشانی دورهٔ کامبرین و اینفراکامبرین محسوب می‌شوند. در بخش‌های شمال شهر، در محدودهٔ انتهایی حریم آن، رخنمون‌هایی از گرانیت و گرانودیوریت ترشیری و دوران چهارم، در ارتفاعات بالای ۱۹۰۰ متر، دیده می‌شود. در محدودهٔ رودخانهٔ زنجان‌رود، سازندهای دوران سوم زمین‌شناسی مشهور به کنگلومرا و سنگ آهک آب شیرین پلیستوسن متمرکز و در حاشیهٔ جنوبی، تراست‌ها و پادگانه‌های رودخانه‌ای زنجان‌رود رخنمون دارند (حبیبی و همکاران، ۱۳۸۷). شکل ۶ نقشهٔ محدودهٔ مطالعاتی از دیدگاه لیتولوژی منطقه را نشان می‌دهد. این نقشه‌ها از سازمان زمین‌شناسی کشور اخذ شده است.

۳-۳-۴- حریم گسل

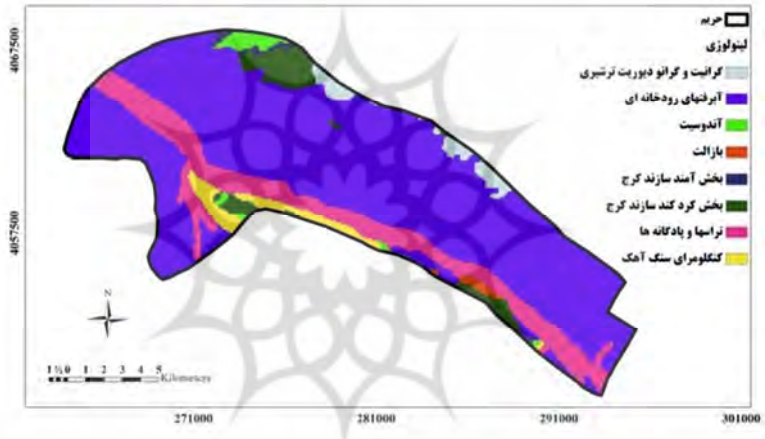
عامل دیگری که باید در توسعهٔ فیزیکی شهر رعایت شود وجود گسل‌ها و حریم آن است. خطرناک‌ترین مکان‌های ساختمان‌سازی، مکان‌های روی گسل‌ها، به‌منزلهٔ چشمه‌های لرزه‌ای، و نقاط با خاک نرم محسوب می‌شوند که انرژی زلزله را تشدید می‌کنند. بنابراین، تا حد امکان باید از چنین مکان‌هایی برای احداث مناطق مسکونی و ساختمانی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



شکل ۴. نقشهٔ شیب محدودهٔ مطالعاتی برحسب درصد شیب

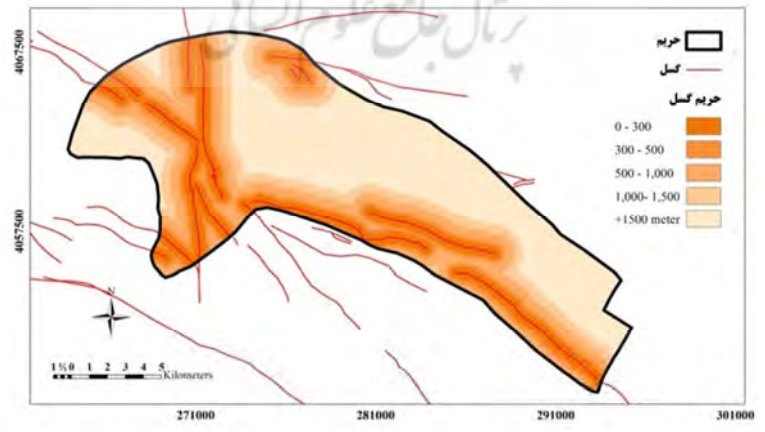


شکل ۵. نقشهٔ نوع خاک در محدودهٔ مطالعاتی



شکل ۶. نقشهٔ لیتولوژی محدودهٔ مطالعاتی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



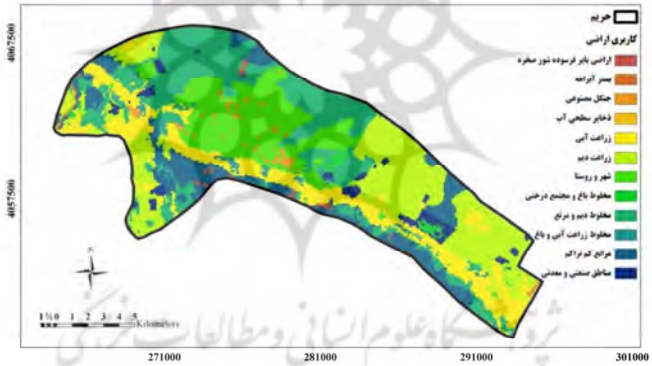
شکل ۷. گسل‌های موجود در منطقهٔ مطالعاتی و حریم آنها

۳-۳-۵- کاربری اراضی

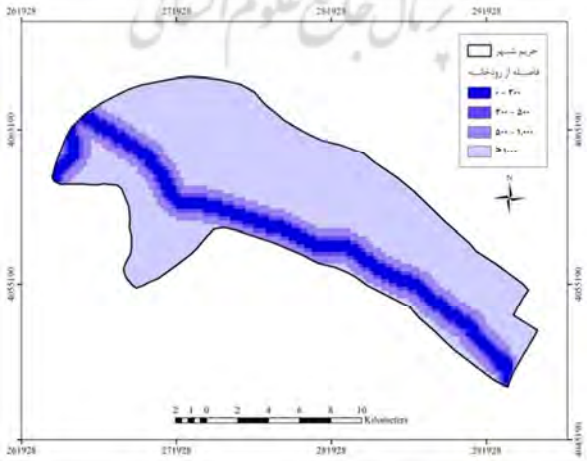
نکتهٔ مهم در مطالعات کاربری زمین و فضا این است که نتیجهٔ مطالعات گوناگون جمعیتی، اقتصادی و اجتماعی و زیست‌محیطی در آنها منعکس می‌شود. ازآنجاکه اراضی پیرامون شهرها ممکن است اراضی کشاورزی حاصلخیز باشند، لازم است با شناسایی ویژگی‌های کمی و کیفی این عوارض، از اشغال و به‌کارگیری آنان برای توسعهٔ فضایی شهری جلوگیری شود (قرخلو و همکاران، ۱۳۹۰). با توجه به نقشهٔ کاربری اراضی حریم شهر زنجان، بخش وسیعی از محدودهٔ اطراف شهر از اراضی مرغوب پوشیده شده است. اما زمین‌های کشاورزی آبی در راستای رودخانهٔ زنجان‌رود امتداد دارد؛ درنتیجه، توسعهٔ شهر با توجه به این معیار، به‌سمت جنوب و جنوب‌غرب زنجان مناسب نیست. شکل ۸ کاربری اراضی را در منطقهٔ مطالعاتی نشان می‌دهد.

۳-۳-۶- حریم رودخانه

از معیارهای دیگری که باید در توسعهٔ فیزیکی شهرها به آن توجه شود حریم رودخانه‌هاست. به همین دلیل، حریم رودها باید مشخص شود تا سیل ساختمان‌ها را تهدید نکند. همچنین، آلودگی آب‌های سطحی ناشی از فعالیت‌های شهری نیز باید در نظر گرفته شود. مهم‌ترین منبع آب‌های سطحی شهر زنجان رودخانهٔ دائمی زنجان‌رود است که از جنوب این شهر می‌گذرد.طبق آئین‌نامهٔ مربوط به بستر و حریم رودخانه‌های وزارت نیرو، حریم مجاز با بستر خشک رودخانه‌ها، مسیل‌ها و گذرگاه آبراهه‌های طبیعی برای عملیات لایروبی و بهره‌برداری، از یک تا بیست متر، و برای حفاظت کیفی آب رودخانه‌ها، تا یکصدوپنجاه متر از منتهی‌الیه بستر خواهد بود. شکل ۹ رودخانه‌ها و طبقه‌بندی فاصله از آنها را نشان می‌دهد.



شکل ۸. کاربری اراضی منطقهٔ مطالعاتی



شکل ۹. رودخانه‌ها و طبقه‌بندی فاصله از آنها در منطقهٔ مطالعاتی

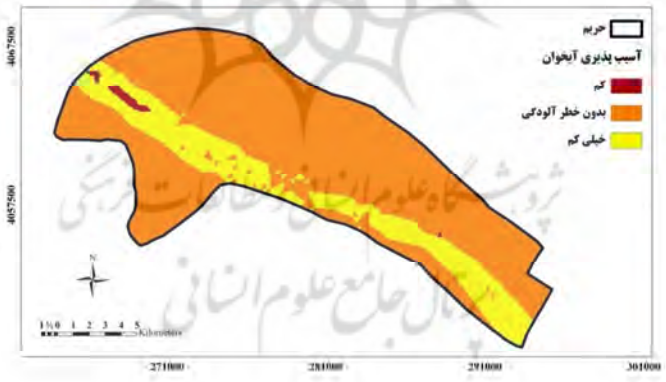
۳-۳-۷- آسیب‌پذیری آبخوان

از دیگر عوامل زیست‌محیطی که باید در توسعهٔ فیزیکی شهرها به آن توجه شود مطالعهٔ عمق آب زیرزمینی است. در مکان‌هایی که عمق آب زیرزمینی پایین است، شهر نمی‌تواند توسعه پیدا کند زیرا احتمال نشست ساختمان در زمین و آلوده‌شدن آب زیرزمینی وجود دارد. همچنین، یکی از منابع مهم تأمین آب در شهر زنجان آب‌های زیرزمینی است که خطر آلودگی آنها، بر اثر فعالیت‌های شهری، باید بررسی شود. مطالعات نشان می‌دهد، در نواحی نزدیک رودخانهٔ زنجان‌رود، حداقل عمق تراز آب زیرزمینی وجود دارد و رودخانه به‌صورت زهکش عمل می‌نماید و از آب‌های زیرزمینی دشت تغذیه می‌کند. بنابراین، در مناطق حاشیهٔ زنجان‌رود، سفره‌های آب زیرزمینی در نزدیکی سطح زمین قرار دارند (آرمانشهر، ۱۳۸۳).

آسیب‌پذیری آبخوان از طریق مدل DRASTIC[1] در تحقیق پری زنگنه و همکاران (۱۳۹۳) به‌دست آمده است. شکل ۱۰ مناطق گوناگون آبخوان زنجان را، براساس درجات متفاوت آسیب‌پذیری، نشان می‌دهد.

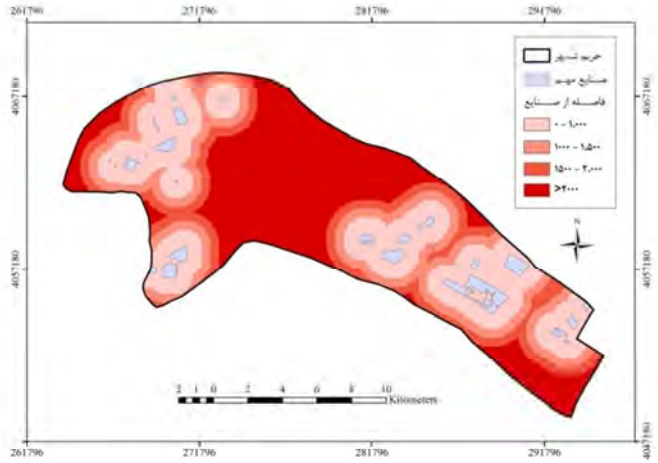
۳-۳-۸- فاصله از صنایع و معادن

کارخانه‌ها، کارگاه‌ها و شهرک‌های صنعتی نقش مهمی در آلودگی صوتی، هوا، خاک، آب‌های زیرزمینی و سطحی دارند. در مکان‌یابی اراضی مناسب برای توسعهٔ شهری، رعایت فاصلهٔ مناسب از محدودهٔ شهرها، به‌خصوص صنایع که از لحاظ آلودگی هوا و صوتی میزان بالایی دارند، از مهم‌ترین موارد است. در ضمن، توسعهٔ شهر باید در خلاف جهت وزش باد از سمت صنایع صورت گیرد. با توجه به پراکندگی شهرک‌های صنعتی و معادن در اطراف زنجان و مطالعهٔ مستندات موجود در سازمان حفاظت محیط‌زیست، رعایت حریم پانصد متر به بالا از صنایع و معدن، به‌منظور توسعهٔ شهری، در نظر گرفته شده است. شکل ۱۱ موقعیت صنایع و معادن مهم و حریم آنها را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰. آسیب‌پذیری آبخوان در محدودهٔ مطالعاتی
منبع: پری زنگنه و همکاران، ۱۳۹۳

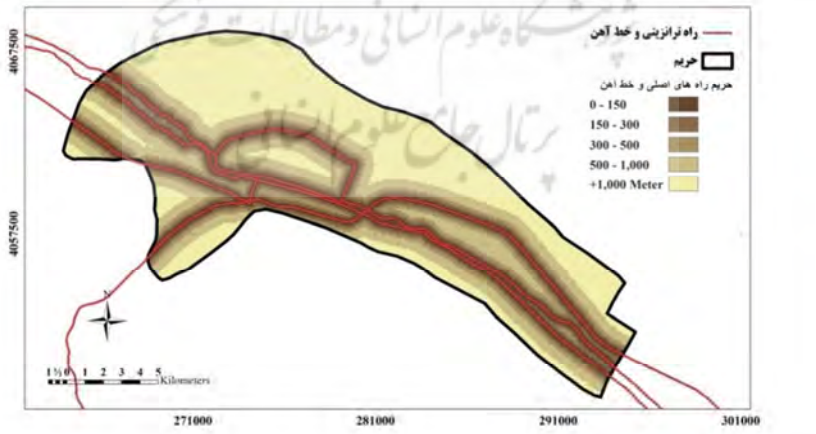
۱. در این مدل، هفت پارامتر عمق سطح ایستابی، تغذیهٔ خالص آبخوان، جنس آبخوان، جنس خاک سطحی، توپوگرافی، جنس منطقهٔ تهویه (غیراشباع) و هدایت الکتریکی آبخوان بررسی می‌شود. برای مطالعهٔ بیشتر در این مورد، رک.: Aller et al., 1987.



شکل ۱۱. حریم صنایع و معادن مهم در منطقهٔ مطالعاتی

۳-۳-۹- فاصله از راه‌های اصلی و خط آهن

طبق مصوبهٔ شورای عالی شهرسازی و معماری، به‌منظور حفظ حریم راه‌ها در محدودهٔ استحفاظی و جلوگیری از توسعهٔ بی‌رویهٔ شهرها به‌سمت جاده‌ها، احداث هرگونه ساختمان و تأسیسات در طرفین تمامی راه‌های بین‌شهری واقع در محدودهٔ استحفاظی و حریم شهرها، به‌فاصلهٔ ۱۵۰ متر از حریم قانونی راه، ممنوع است. بنابراین، با توجه به عبور خط‌آهن زنجان، جادهٔ ترانزیتی تهران- زنجان و زنجان- تبریز و به‌موازات آن، آزادراه زنجان- قزوین و زنجان- میانه، با رعایت حریم یکصدوپنجاه متر به بالا، با هدف توسعهٔ شهری، بررسی شده است. شکل ۱۰ حریم راه‌های اصلی و خط‌آهن در منطقهٔ مطالعاتی نشان می‌دهد.



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

۳-۳-۱۰ فاصله از روستا

افـزون‌بـر رشـد طبیعـی جمعیـت در هـر شـهر، عوامـل غیرطبیعی دیگری، همچـون ادغـام روسـتاها بـا شـهر، در افزایش جمعیت شهرها دخیل‌اند. از سویی، چـون افـزایش جمعیـت فعـال شـهر باعـث بـالارفتن نـرخ بیکـاری و پـایین‌آمـدن اشـتغال مـی‌شـود، درنهایـت، ممکـن اسـت مشکلات اجتماعی و اقتصادی در شـهرها افـزایش یابـد. از دیگر نتایج ادغام روستاها با شهر می‌توان بـه ایـن موضـوع اشاره کرد که بافت ارگانیک روستا سیمای شهری را بـرهم می‌زند و در بافت محلات شهری، دوگانگی پدیـد مـی‌آورد. بنـابراین، زمـین‌هـایی بـا فاصلـهٔ یـک کیلـومتر بـه بـالا از روستاهای اطراف شهر زنجان، برای توسعهٔ شـهری مـدنظر قرار گرفتـه‌انـد. شـکل ۱۱ روسـتاهای موجـود در منطقـهٔ مطالعاتی و طبقه‌بندی فواصل از آنها را نشان می‌دهد.

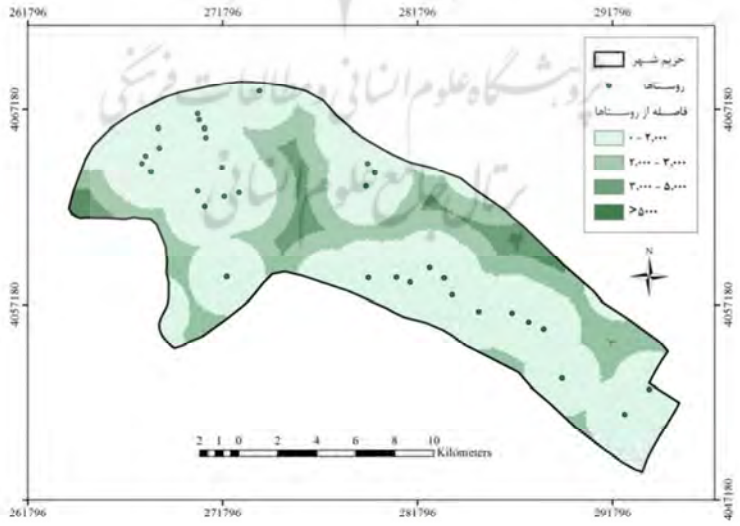
۳-۴- وزن‌دهی معیارها با روش AHP

پس از تعیین معیارهای مؤثر و واردکردن آنها به‌صـورت لایه‌های رقومی در محیط نرم‌افزارهای سیستم اطلاعات مکانی، در مرحلهٔ بعد، با استفاده از دیدگاه‌های دَه تن از کارشناسان منتخب پژوهش، لایه‌ها ارزش‌گذاری شدند. کارشناسان وزن‌های به‌دست‌آمده از ارزش‌گذاری هریک از معیارها را، در ماتریس مقایسهٔ زوجی در طیف ۱ تا ۹ (Saaty, 2008)، انجـام داده و تحلیـل کـرده‌انـد. بـرای به‌دست‌آوردن اوزان مورد نظر، ایـن مراحـل طـی شـده اسـت: مقایسـهٔ زوجـی گزینـه‌هـا بـا اسـتفاده از پرسشنامه‌های طراحـی‌شـده، ایجـاد مـاتریس مقایسـه، استانداردسـازی مقـادیر مـاتریس و درنهایـت، بررسـی میزان سازگاری و نهایی‌کردن مقادیر وزن (برای مطالعهٔ بیشتر در زمینهٔ روش AHP، رک.: قدسی‌پور، ۱۳۸۴).

۳-۵- اجرای روش

در این بخش، به مراحل عملی‌کردن روش مورد استفاده خواهیم پرداخت. جزئیات مراحل، بـه‌ترتیـب، در ادامـه آمده است.

- به‌دست‌آوردن مـاتریس تصـمیم: در ابتـدا، مـاتریس تصمیمی تشکیل می‌شود که شامل m گزینه، یعنـی پیکسل‌های مورد بررسی، و n معیار، یعنی لایـه‌هـای مورد بررسی مسئله است. نمونه‌ای از این ماتریس در رابطه (۱) آمده است.



شکل ۱۱. روستاهای موجود در منطقهٔ مطالعاتی و طبقه‌بندی فواصل از آنها

$$D=\begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ \bullet \\ \bullet \\ \bullet \\ A_i \\ \bullet \\ \bullet \\ \bullet \\ A_m \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{cccccccccc} x_1 & & x_2 & & \bullet & \bullet & \bullet & & & x_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} x_{11} & & x_{12} & . & . & . & x_{1j} & . & . & . & x_{1n} \\ x_{21} & & x_{22} & . & . & . & x_{2j} & . & . & . & x_{2n} \\ . & & . & & & & . & & & & . \\ . & & . & & & & . & & & & . \\ . & & . & & & & . & & & & . \\ x_{i1} & & x_{i2} & . & . & . & x_{ij} & . & . & . & x_{in} \\ . & & & & & & . & & & & . \\ . & & & & & & . & & & & . \\ . & & & & & & . & & & & . \\ x_{m1} & & x_{m2} & . & . & . & x_{mj} & . & . & . & x_{mn} \end{bmatrix} \end{array}$$

رابطهٔ (۱)

A_i پیکسل iاُم و x_{ij} مقدار عددی به‌دست‌آمده از پیکسل iام در لایهٔ jاُم 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.

$$r_{ij}=\frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} X_{ij}}} \qquad , j=1,2,\ldots,n,\ i=1,2,\ldots,m$$

رابطهٔ (۲)

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

- وزن‌دهی: در این مرحله، وزنی که ازطریق محاسبات AHP برای هر معیار تعیین شده است وارد محاسبات می‌شود؛ به این ترتیب که وزن هر معیار در لایهٔ نرمال‌شده ضرب می‌شود. درواقع، ماتریس (V) حاصل‌ضرب مقادیر استاندارد هر معیار در اوزان مربوط به خود است.

$$V_{ij}=\begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \ldots & w_n r_{1n} \\ w_2 r_{21} & w_2 r_{22} & & w_n r_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \ldots & w_n r_{mn} \end{bmatrix}$$

رابطهٔ (۳)

w_iها اوزان به‌دست‌آمده از روش AHP برای هر معیارند.

- تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت و راه‌حل ایده‌آل منفی: در این مرحله، با توجه به نوع معیار و اثرگذاری آن در هدف تصمیم‌گیری، ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی تعیین می‌شود. معیارهایی که دارای تأثیرگذاری مثبت در هدف مسئله‌اند، ایده‌آل مثبت بیشترین مقدار و ایده‌آل منفی کمترین مقدار را در آن معیار خواهد داشت. این مقادیر با استفاده از رابطه (۴) محاسبه می‌شود

$$A^{+}=\left\{\left(\max_i v_{ij}\,|\,j\in J\right),\left(\min_i |\,j\in J'\right)\quad i=1,2,\ldots,m\right\}$$
$$=\left\{v_1^{+},v_2^{+},\ldots,v_n^{+}\right\}$$
$$A^{-}=\left\{\left(\min_i v_{ij}\,|\,j\in J\right),\left(\max_i |\,j\in J'\right)\quad i=1,2,\ldots,m\right\}$$
$$=\left\{v_1^{-},v_2^{-},\ldots,v_n^{-}\right\}$$

رابطهٔ (۴)

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

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

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

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

رابطهٔ (۵)

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

- تعیین نزدیکی نسبی یک گزینه به راه‌حل ایده‌آل: پس از یافتن فاصله‌های مثبت و منفی برای هر گزینه، فاصلهٔ نسبی گزینه‌های تصمیم‌گیری (پیکسل‌های منطقهٔ مطالعاتی) به‌کمک رابطه (۶) به‌دست می‌آید.

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

در این معادله، CL_i مقدار نزدیکی پیکسل iاُم را به ایده‌آل منفی نشان می‌دهد. این مقدار میان ۰ و ۱ در نوسان است. درنهایت، مقادیر CL برای هر پیکسل در منطقهٔ 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 مقایسهٔ زوجی گزینه‌ها، اوزان مربوط به هر معیار با استفاده از روش AHP به‌دست آمد. این مقادیر در جدول ۲ ارائه شده‌اند.

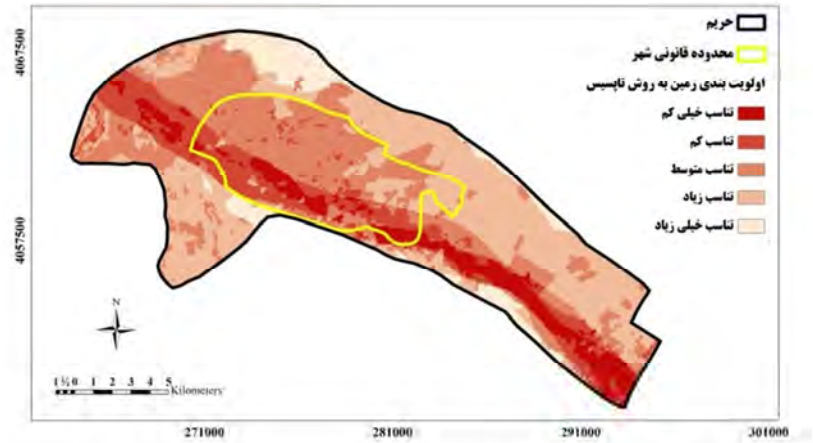
جدول ۲. وزن نهایی زیرمعیارهای پژوهش براساس مدل AHP

معیار	زیرمعیار	وزن نهایی
فیزیکی- کالبدی	شیب	۰.۱۱۲
	خاک‌شناسی	۰.۰۹۷
	لیتولوژی	۰.۱۱۲
	حریم گسل	۰.۱۴۲
زیست‌محیطی	کاربری اراضی	۰.۰۴۵
	فاصله از رودخانه	۰.۰۹۴
	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

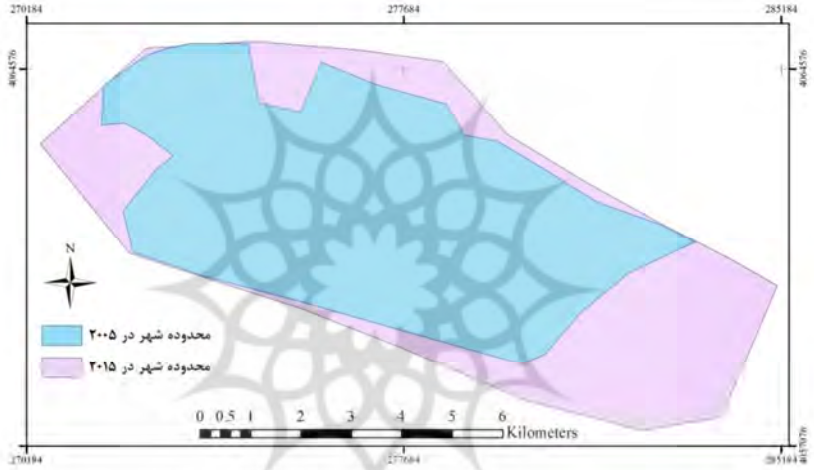
پس از اعمال وزن‌ها و اجرای مراحل تاپسیس، نقشهٔ به‌دست‌آمده در شکل ۱۲ نشان داده شده است. در این شکل، مناطق به پنج دستهٔ تناسب بسیار زیاد، تناسب زیاد، تناسب متوسط، تناسب کم و تناسب بسیار کم طبقه‌بندی شده‌اند.

همان‌طورکه در شکل ۱۲ ملاحظه می‌شود، قسمت‌هایی از شمال‌غرب و نیز شرق و شمال‌شرق شهر برای توسعهٔ 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 توسعهٔ شهر محسوب می‌شوند. علت اصلی این امر می‌تواند نزدیکی به رودخانهٔ زنجان‌رود، عمق کم آب‌های زیرزمینی و وجود آزادراه تبریز-تهران در این منطقه باشد. همچنین، از کل مساحت محدودهٔ مطالعاتی، ۶.۹ کیلومتر مربع (۲٪) در اراضی با تناسب بسیار پایین، ۴۹.۵ کیلومترمربع (۲۰٪) در تناسب کم، ۱۵۹ کیلومترمربع (۶۶٪) در تناسب متوسط، ۲۲ کیلومترمربع (۱۰٪) در تناسب زیاد و ۲.۳ کیلومترمربع (۱.۵٪) در تناسب بسیار زیاد قرار دارند.

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



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



شکل ۱۳. مقایسهٔ جهات توسعهٔ شهر از ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵

۴-۲- ارزیابی و بحث

به‌منظور بررسی کارآیی روش تاپسیس، این روش با روش مجموع وزنی لایه‌ها (WS)[1]، از زیرمجموعهٔ روش‌های MCDM، مقایسه شده است. در روش مجموع وزنی، تناسب هر پیکسل در منطقه با استفاده از رابطهٔ (۷) تعیین می‌شود. نتایج حاصل از این روش در شکل ۱۴ آمده است.

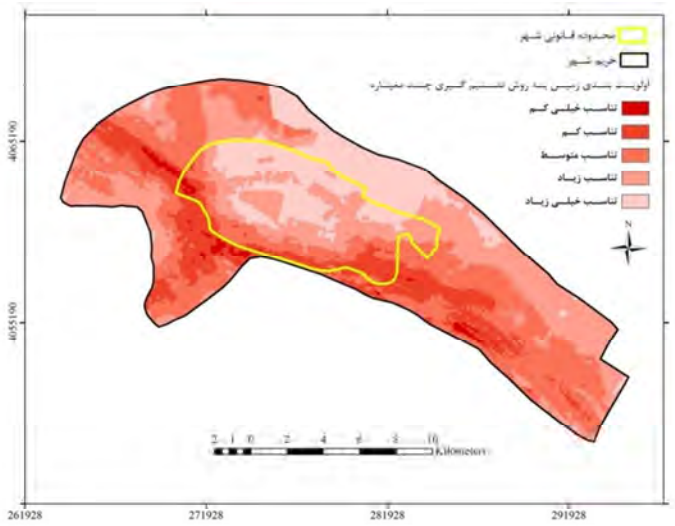
$$S_i = \sum_{i=1}^{n} W_i C_i$$

رابطهٔ (۷)

S_{ij} مناسبت نهایی هر پیکسل برای استقرار کاربری شهری، W_i وزن معیار iاُم، که در اینجا از وزن‌های به‌دست‌آمده از روش AHP استفاده شده، و C_i مقدار معیار در لایهٔ مورد نظر است.

با مقایسهٔ شکل‌های ۱۲ و ۱۴ در حالت کلی، می‌توان گفت در هر دو مدل، در زمینهٔ جهت توسعهٔ شهر، محدوده‌ها با یکدیگر همخوانی مناسبی دارند. به‌منظور مقایسهٔ 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



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

رده‌بندی مورد نظر، بررسی شده است. برای نمونه، از معیار اصلی فیزیکیـ کالبدی، معیار حریم گسـل بـالاترین وزن را به خود اختصاص داده که اولین لایهٔ مـورد بررسـی اسـت. جدول ۳ نتـایج حاصـل از روش‌هـای تاپسـیس و مجمـوع وزنی لایه‌ها را درمورد این زیرمعیار نشان می‌دهد.

به‌منظور استخراج مساحت‌ها در جدول‌های ۳ تـا ۶، ابتدا پـنج کـلاس تناسـب حاصـل از روش تاپسـیس و مجموع وزنی لایه‌ها کلاسه‌بندی دوباره شده‌انـد و بـرای هریـک، لایـه‌ای جداگانـه تعریـف شـده اسـت. سـپس، طبقه‌بندی دوباره در لایهٔ هـدف، ماننـد لایـهٔ فاصـله از گسل، اراضی کشاورزی و موارد مشابه نیـز انجـام شـده است و درنهایت دو لایـه، یعنـی تناسـب اراضـی بـرای کاربری شهری (در دو روش) و لایهٔ مربوط بـه معیارهـا، با یکدیگر هم‌پوشانی شده‌اند.

جدول ۳. نتایج حاصل از دو روش تاپسیس و مجموع وزنی لایه‌ها درمورد 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)	درصد	مساحت (مترمربع)	درصد	مساحت (مترمربع)	درصد	مساحت (مترمربع)	درصد	مساحت (مترمربع)	درصد	مساحت (مترمربع)	درصد
تناسب بسیار زیاد	۰	۰	۲۵۳۹۸۷۱	۵		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

همان‌گونه‌که 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. درصورتی‌که 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 درمورد آبخوان نشان می‌دهد. این معیار نیز مهم‌ترین معیار در دستهٔ 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 وزنی لایه‌ها، در مناطق دارای خطر متوسط، بیشترین اختصاص کاربری به کاربری شهری ملاحظه می‌شود؛ هرچند در این روش نیز، سختگیری در بخش‌های پرخطر به‌چشم می‌خورد.

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

همان‌طورکه در جدول ۵ نیز مشاهده می‌شود، در روش تاپسیس، در فواصل زیاد از راه‌ها، تناسب بیشتری برای کاربری شهری به‌دست آمده است. درحقیقت، ۲۹٪ و ۵۳٪ زمین‌ها، با تناسب زیاد و متوسط، در فاصلهٔ 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.

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

روش مجموع وزنی لایه‌ها		روش TOPSIS		فاصله از گسل	تناسب
درصد	مساحت (مترمربع)	درصد	مساحت (مترمربع)		
۴۹	۱۴۹۲۸۷۰۸	۲۹	۸۸۳۷۰۴۳	۱۵۰۰<	تناسب بسیار زیاد
۱۵	۲۴۹۱۰۲۲.۲۸۶	۶۴	۱۹۴۳۲۷۶۸	۱۰۰۰-۱۵۰۰	تناسب زیاد
۸.۱	۴۸۳۰۰۶۳.۱۴۳	۶	۲۰۵۱۴۷۶	۵۰۰-۱۰۰۰	تناسب متوسط
۱۷	۲۷۳۵۱۸۵.۱۴۳	۰	۰	۳۰۰-۵۰۰	تناسب کم
۷.۹	۵۴۱۷۹۰۳.۱۴۳	۰	۰	۰-۳۰۰	تناسب خیلی کم

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

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

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

کاربری	روش TOPSIS				روش مجموع وزنی لایه‌ها			
	کاربری کشاورزی		**کاربری صنعتی**		**کاربری کشاورزی**		**کاربری صنعتی**	
تناسب	مساحت (مترمربع)	درصد	مساحت (مترمربع)	درصد	مساحت (مترمربع)	درصد	مساحت (مترمربع)	درصد
تناسب بسیار زیاد	۲۰۵۳۹	۰.۰۲	۰	۰	۸۳۸۷۱۱۸	۰.۰۹	۲۰۶۴۲	.۰۱
تناسب زیاد	۵۷۳۴۹۷۷	۰.۰۶	۰	۰	۲۹۴۰۹۵۳۸	۰.۳۴	۱۲۷۴۲۰۲	.۰۱۸
تناسب متوسط	۱۸۸۲۲۶۰۶	۰.۲۲	۱۵۵۰۴۵	۰.۰۸	۲۲۰۱۱۳۷۲	۰.۲۵	۲۵۷۷۰۶۷	۰.۳۷
تناسب کم	۶۰۹۱۹۱۶۵	۰.۶۹	۱۷۱۹۲۷۰	۰.۷۳	۱۷۷۴۰۳۲۹	۰.۲۱	۲۰۲۵۶۶۸	۰.۲۹
تناسب بسیار کم	۱۶۵۹۳۰۹	۰.۰۱	۴۶۰۹۲۰	۰.۱۹	۸۳۸۷۱۱۸	۰.۰۹	۹۴۴۶۹۲	۰.۱۳

به‌دلیل 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 درمورد کاربری کشاورزی نیز مساحت اختصاص‌یافته، در تناسب بسیار زیاد و زیاد، در کمترین حالت است. این درحالی 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 به‌چشم می‌خورد

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، بخش‌های جنوبی حریم شهر جزء مناطق با تناسب کم ارزیابی شده‌اند. طبق بازدیدهای میدانی صورت‌گرفته از منطقهٔ مطالعاتی و بررسی معیارهای واردشده 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 زنجان‌رود محسوب می‌شود و در لیتولوژی نیز، دارای ساختارتراس‌ها و پادگانه‌هاست که جزء مناطق نامرغوب به‌شمار می‌روند. بزرگراه تهران- تبریز نیز از این منطقه عبور می‌کند. همچنین در لایهٔ فاصله از گسل، ملاحظه می‌شود که گسل فعال، با عنوان «گسل شمال زنجان»، از این منطقه عبور می‌کند. قسمت‌هایی از شمال و شمال‌شرق شهر بخش‌های مناسب برای توسعه ارزیابی شده‌اند. با مطالعات میدانی صورت‌گرفته 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 مطالعهٔ معیارها نیز، در این قسمت‌ها مورد مشخصی برای منع پیشروی شهر دیده نمی‌شود.

۵- نتیجه‌گیری

در مطالعهٔ حاضر، فضا و مسیر مناسب توسعهٔ فیزیکی شهر زنجان در آینده بررسی شد. به این منظور، در ابتدا، معیارهای مؤثر در مکان‌یابی توسعهٔ 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، به‌منظور گسترش فیزیکی شهر، مدل تاپسیس به‌کار رفت. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد اراضی

شمال‌غرب زنجان در اولویت و اراضی شمال‌شرق و شرق و جنوب زنجان، بعد از حد فاصل رودخانهٔ زنجان‌رود، در مرتبهٔ دوم و همچنین، اراضی غرب در مرتبهٔ سوم قرار دارند. مقایسهٔ 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٪ توسعهٔ شهری از سال ۲۰۰۵ در زمین‌های نامناسب صورت گرفته که لازم است اقدامات مورد نیاز، در زمینهٔ توسعهٔ 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 جنبهٔ بهتری پیدا می‌کند و دقیق‌تر خواهد شد. همچنین، واردکردن سیاست‌های تصمیم‌گیران در این زمینه نیز باعث عملی‌ترشدن تحلیل مناسبت خواهد شد.

۶- منابع

آرمانشهر، ۱۳۸۲، **بازنگری طرح تفضیلی شهر زنجان: مطالعات محیطی زنجان**.

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

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

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

بمانیان، م.ر.، محمودنژاد، ه.، ۱۳۸۷، **نظریه‌های توسعهٔ کالبدی شهر**، انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، چاپ اول، تهران.

پری زنگنه، ع.ح.، شوقی، م.، زمانی، ع.ع.، خسروی، ی.، ۱۳۹۳، **مطالعهٔ 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**، دانشکدهٔ علوم زمین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایهٔ 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 توسعهٔ فیزیکی شهری با مدل منطق فازی؛ نمونهٔ موردی: شهر دیواندره**، فصلنامهٔ تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال ۱۹، شمارهٔ ۲۳، صص. ۸۳-۶۳.

حسین اف، ف.ام،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 ی 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.

شیعه، ا.، ۱۳۷۹، **کارگاه برنامه‌ریزی شهری (رشتهٔ 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 بهینهٔ توسعهٔ فیزیکی شهر بابلسر برمبنای معیارهای طبیعی**، مجلهٔ جغرافیا و توسعه، شمارهٔ ۲۳، صص. ۱۲۲-۹۹.

قدسی‌پور، ح.، ۱۳۸۴، **فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی AHP**، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، مرکز انتشارات امیرکبیر.

مجرد، ف.، حسینی‌فر، س.، ۱۳۹۱، **مکانیابی نواحی مساعد برای توسعهٔ فیزیکی کلانشهر تهران برمبنای عناصر اقلیمی و جغرافیایی**، فصلنامهٔ جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شمارهٔ ۳ ، اصفهان، صص. ۴۲-۲۳.

مهدی‌زاده، ج.، پیرزاده نهوجی، ح.، امیری، م.، جهانشاهی، م.ح.، ۱۳۸۵، **برنامه‌ریزی راهبردی توسعهٔ 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.

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-Holand 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 UrbanPlanning 71: 207–22

Saaty, T., 2008, **Decision Making with the**

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.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی