

ارزیابی تناسب اراضی برای توسعه فیزیکی شهر سبزوار به روش فازی سلسله مراتبی

الهه اکبری^۱، فرزانه کاویان^۲

^۱ کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS و عضو هیات علمی گروه آب و هواشناسی و ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری
^۲ کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه حکیم سبزواری.
تاریخ دریافت: ۹۴/۴/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱/۱۴

چکیده

در دهه های اخیر، رشد شتابان جمعیت شهری منجر به گسترش فیزیکی شهرها گشته است. این انفجار جمعیتی و توسعه شهری بدون برنامه ناشی از آن به ویژه در کشورهای در حال توسعه، عواقب زیان باری نظیر به زیر ساخت رفتن اراضی زراعی و نزدیک شدن و یا استقرار در نواحی در معرض خطرات طبیعی را به دنبال دارد. ارزیابی تناسب اراضی (LSA) با کارگیری معیارهای متعدد، می تواند اقدام مهمی در جهت تحقق معیارهای توسعه پایدار و ایمن شهری باشد. سیستم اطلاعات جغرافیایی با توانایی تحلیل روابط فضایی به سیاست گذاران شهری امکان مرتبط ساختن منابع اطلاعات مجزا و اجرای تحلیل های پیچیده را می دهد. در این پژوهش، با استفاده از تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی و با بهره گیری از هشت معیار شیب، ارتفاع، جهت شیب، فاصله از گسل، فاصله از راههای اصلی، فاصله از آب های سطحی، پوشش زمین و جنس خاک به بررسی تناسب اراضی بخش مرکزی شهرستان سبزوار به منظور توسعه شهری پرداخته است. در این روش با انتخاب معیارهای مختلف، تعیین وزن هر معیار، تهیه و تولید نقشه های معیار در محیط GIS و در نهایت تلفیق نقشه های معیار اقدام به محاسبه شاخص تناسب برای محدوده مورد مطالعه گردید. این نقشه نهایی بر مبنای شاخص تناسب به پنج طبقه تناسب خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم تقسیم بندی شد. نتایج، حاکی از این است که در مجموع حدود ۶۰ درصد از محدوده مورد بررسی در طبقه با تناسب زیاد و خیلی زیاد و همچنین ۱۶ درصد در طبقه با تناسب کم و خیلی کم قرار دارد که علت اصلی آن را می توان وجود رشته کوه جغتای در بخش های شمالی منطقه دانست. بر طبق این بررسی جهات شرق، شمال و شمال شرقی شهر مناسب ترین جهات به منظور توسعه شهر سبزوار هستند.

واژه های کلیدی: ارزیابی تناسب اراضی، توسعه فیزیکی، تحلیل چند متغیره، تحلیل فازی سلسله مراتبی، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS).

مقدمه

بیشترین مقدار این افزایش در کشورهای در حال توسعه رخ خواهد داد (Dutta, 2012: 2).
ایران همانند دیگر کشورهای در حال توسعه، سطح بالایی از شهرنشینی را تجربه کرده است که کالبد فیزیکی نواحی شهری را کاملاً دگرگون ساخته است (Soltani et al., 2011: 22). در حال حاضر سهم جمعیت شهری از کل جمعیت کشور ۷۱/۴ درصد است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰: ۷).
این رشد شتابان، توسعه گسترده و سریع شهرها در نواحی پیرامونی خود را به دنبال داشت؛ لذا زمین های اطراف شهرها بدون توجه به اینکه آیا سرزمین تاب و توان تحمل این توسعه را داراست به

شهرنشینی و رشد شهری یکی از شایع ترین مسائل پیش روی جوامع مدرن است (Soltani et al., 2011: 22). در سرتاسر جهان، کشورها به طور فزاینده ای در حال شهری شدن هستند. در آغاز قرن بیستم تقریباً ۱۵ درصد از جمعیت جهان در نواحی شهری زندگی می کردند. بر طبق برآورد اخیر سازمان ملل تا سال ۲۰۵۰ تقریباً سه چهارم جمعیت جهان در شهرها و شهرک ها زندگی خواهند کرد، در حالی که

قدمی (۱۳۹۱) با به کارگیری مدل‌های مختلف کمی مانند منحنی شیب تراکم، بررسی قاعده اندازه - تراکم اظهار می‌دارند که پراکنده‌رویی ویژگی بارز توسعه کالبدی شهر سبزوار است و شهر سبزوار دارای الگوی توسعه افقی و پراکنده است. این رشد پراکنده و افقی به معنای به زیر ساخت رفتن زمین‌های اطراف شهر سبزوار است؛ لذا همچنان که ذکر آن رفت به منظور توسعه پایدار و اندیشیده شهری نیاز است زمین‌های پیرامونی شهر به لحاظ پتانسیل آنها برای توسعه شهری مورد ارزیابی قرار گیرند و بهترین مسیرها و جهات برای توسعه شهری مشخص گردد.

از آنجایی که ابهام و عدم قطعیت، به طور ذاتی بر علوم انسانی به ویژه در محیط‌های برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری حاکم می‌باشد (امینی فسخودی، ۱۳۸۴: ۴۰) و مباحث مهم کاربردی با گزاره‌های زبانی توأم هستند، مجموعه‌های فازی در مسایل تصمیم‌گیری از کارآمدترین روش‌ها در مقایسه با مجموعه‌های کلاسیک به شمار می‌آیند (بریمانی و راستی، ۱۳۹۳: ۳). یکی از مشکلات AHP کلاسیک که معمولاً موجب نگرانی تصمیم‌گیرندگان می‌شود، وجود قضاوت‌های ذهنی در تشکیل ماتریس مقایسات زوجی است. از این رو برای رتبه‌بندی گزینه‌ها بر مبنای مقایسات زوجی، روش تحلیل سلسله مراتبی کلاسیک کارایی خوبی ندارد (صادقی صادق‌آبادی و همکاران، ۱۳۸۸: ۵۰). از آنجایی که برنامه‌ریزی در مورد توسعه فیزیکی شهر جزو پیش‌بینی‌های بلند مدت و تصمیم‌گیری‌های مهم شهر محسوب می‌شود؛ لذا ضرورت استفاده از روش کارآمدتر نظیر فازی AHP احساس می‌شود.

در این راستا، می‌توان به تحقیقات اکساروی^۲ و همکاران (۲۰۱۲)، دوتا^۳ (۲۰۱۲)، چاندیو^۴ و همکاران (۲۰۱۳)، ابورأس^۵ و همکاران (۲۰۱۵)، جین^۶ و همکاران (۲۰۱۵)، ضیائیان و همکاران (۱۳۹۰)، کرم (۱۳۸۴)، قربانی و همکاران (۱۳۹۲)، قرخلو و

زیر ساخت و ساز رفتند. جهت برنامه‌ریزی بهتر برای آینده شهر نیاز است مراجع شهری بدانند که توسعه شهر در کدام سو با کم‌ترین مشکلات و بیش‌ترین منافع روبرو خواهد شد؛ بنابراین تحلیل تناسب زمین برای توسعه کالبدی شهری یکی از اصلی‌ترین مقولاتی است که جغرافی‌دانان و برنامه‌ریزان شهری با آن سرو کار دارند (کرم، ۱۳۸۴: ۹۳؛ عرب اسدی و رستمی، ۱۳۹۵: ۲۷).

ارزیابی تناسب زمین^۱ جداسازی طبیعت یا کیفیت زمین به اجزای تشکیل دهنده آن بر مبنای توانایی‌های زمین در به کار رفتن برای یک کاربری یا هدف خاص است (MacDonald, 2006: 5). ارزیابی تناسب زمین شبیه انتخاب مکان مناسب (مکان‌یابی) است با این تفاوت که هدف تناسب اراضی جداسازی بهترین گزینه‌ها نیست، بلکه هدف آن تهیه نقشه شاخص تناسب برای کل منطقه مورد مطالعه است (Kumar and Biswas, 2013: 46). بررسی تناسب اراضی شهری امکان حرکت سنجیده و اندیشیده را برای انسان فراهم می‌سازد. تناسب اراضی یک مسئله تصمیم‌گیری است که ارزیابی آن مستلزم استفاده و بررسی معیارهای گوناگون است. چنانچه ارزیابی تناسب زمین به صورت یک مسئله تصمیم‌گیری با معیارهای چند گانه با سیستم اطلاعات جغرافیایی یکپارچه شود، الگویی برای کاربری زمین مهیا می‌کند که مناقشات را به حداقل رسانده و نظرات دست اندرکاران را نیز تا حد زیادی لحاظ می‌کند (کرم و محمدی، ۱۳۸۸: ۶۰).

شهر سبزوار نیز به پیروی از روند شتابان توسعه شهری در دهه‌های اخیر شاهد رشد بسیار جمعیت بوده است. عوامل اصلی رشد جمعیت شهر سبزوار از دهه چهل به بعد عبارتند از اجرای اصلاحات ارضی، اجرای برنامه‌های عمرانی سوم، چهارم و پنجم، گسترش فعالیت‌های عمرانی، گسترش وسایل نقلیه مدرن، مهاجرت‌های روستا شهری، ایجاد پهنه‌های حاشیه‌نشینی و تهیه طرح‌های آماده‌سازی برای شهر در محدوده توسعه پیوسته و ناپیوسته. حسینی و

2-Xiaorui
3-Dutta
4-Chandioa
5-Aburas
6-Jin

از تکنیک FAHP برای وزن‌دهی به معیارها و ارجحیت‌های مربوط به زمین‌های منتخب استفاده شده است. رویکرد فازی مورد استفاده در این مطالعه تحلیل توسعه‌ای فازی (fuzzy extent analysis) و غیر فازی‌سازی مرکزیت (centroid defuzzification) است و با محاسبه شاخص وفق‌پذیری برای هر پیکسل در محیط GIS، کارایی مکان‌های مناسب برای توسعه مسکونی ارزیابی شده‌اند. آنها در نهایت اظهار می‌دارند که تقریباً ۸ درصد از محدوده مورد مطالعه به خاطر مشخصه‌های مناسب شکل زمین برای توسعه مسکونی مناسب است. قنواتی و گودرزی (۱۳۹۲) نیز با به کارگیری سیزده شاخص و با تلفیق دو مدل منطق فازی و AHP به بررسی مکان‌یابی بهینه توسعه شهری شهرستان بروجرد پرداختند. نتایج تحقیق از تناسب مناطق مرکزی و شمالی برای توسعه شهر حکایت دارد، در حالی که نامناسب‌ترین مناطق، مناطق غربی، شمال غربی، شرقی و برخی مناطق جنوبی هستند که اغلب به دلیل توپوگرافی نامناسب، نزدیکی به گسل، فاصله کم از رودخانه و ساختار زمین شناسی نامناسب است. ابوراس^۴ و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیقی در مالزی، به منظور تحلیل تناسب اراضی برای توسعه شهری از مدل AHP و معیارهای نظیر خطوط بافت خاک، تراکم جمعیت، پوشش زمین، فاصله از راهها و غیره استفاده کرده‌اند. آنها بیان نموده‌اند که با استفاده از این مدل، می‌توان از اکوسیستم نواحی حاشیه شهر محافظت نموده و به توسعه پایدار دست یافت. پورخباز و همکاران (۱۳۹۶) نیز به منظور مدل‌سازی اکولوژیک توسعه شهر اراک از مدل AHP و Fuzzy AHP استفاده کرده‌اند. آنها به کارایی بالاتر روش Fuzzy AHP اذعان نموده و همینطور درصد اراضی مناسب و نامناسب برای توسعه شهری را بیان کرده‌اند. در این پژوهش، سعی بر آن است که با استفاده از معیارهای هشت‌گانه و همچنین با بهره‌گیری از روش فازی سلسله مراتبی (FAHP)^۵ در محیط GIS و Idrisi تناسب زمین برای توسعه کالبدی و شهری در منطقه بخش مرکزی شهرستان سبزوار ارزیابی شود.

همکاران (۱۳۸۸)، که با به کارگیری یکی از روش‌های تحلیل سلسله مراتبی، منطق فازی، فازی سلسله مراتبی، ترکیب خطی وزن دارو در محیط GIS به بررسی تناسب اراضی برای توسعه شهری پرداخته‌اند، اشاره نمود. علاوه بر این، کومار و بیس واس^۱ (۲۰۱۳) با استفاده از تکنیک AHP در منطقه شهری شیمل (هندوستان) با استفاده از پنج معیار شیب، نزدیک به جاده، جهت لیتولوژی و قابلیت زمین، به شناسایی مکان‌های بالقوه توسعه شهری پرداخته‌اند. نامبردگان ذکر کردند که استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) می‌تواند سبب تشویق مشارکت عمومی در فرایند تصمیم‌گیری‌های شهری شود و به برنامه‌ریزان و مراجع قدرت مختلف برای تنظیم طرحی متناسب برای توسعه پایدار منطقه کمک کند.

لیو^۲ و همکاران (۲۰۱۴) نیز در مطالعه‌ای با به کارگیری دو مدل ارزیابی چند متغیره (میانگین‌گیری وزن‌دار ترتیبی (OWA)، روش نقطه ایده‌آل (IPM) و با استفاده از معیارهای فرصت (opportunity) و محدودیت توسعه (constraint) به بررسی تناسب اراضی پیرامون شهر بیجینگ پرداخته‌اند. این محققین ادعا کردند که با توجه به میزان مطابقت کلی ۹۱ درصدی و ضریب کاپای ۰/۷۸ هر دو روش به لحاظ توزیع فضایی شاخص تناسب زمین، نقشه تناسب اراضی مشابهی تولید می‌کند. جوادیان کوتنایی و همکاران (۱۳۹۳) با به کارگیری ۹ معیار اصلی و ۳۱ معیار فرعی و با استفاده از مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP)، به ارزیابی توان اکولوژیک توسعه شهری شهر ساری پرداخته‌اند. آنها به منظور جلوگیری از نابودی منابع حیاتی، استراتژی‌هایی را مطرح می‌کنند.

همچنین دادرس^۳ و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای به منظور شناسایی زمین‌های مناسب برای توسعه مسکونی بر مبنای مشخصه‌های شکل زمین از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تکنیک FAHP استفاده کرده‌اند. در این مطالعه از نرم‌افزار GIS برای تجسم، طبقه‌بندی معیارها و زیرمعیارها و محاسبات و

1- Kumar and Biswas
2- Liu
3- Dadras

4- Aburas
5- Fuzzy Analytic Hierarchy Process

روش تحقیق

در فرآیند تعیین تناسب اراضی شهر سبزوار به منظور توسعه فیزیکی، ابتدا با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و جستجو در مقالات داخلی و خارجی به بررسی مفاهیم بنیادی در ارتباط با تناسب اراضی پرداخته شد. در جمع‌بندی نهایی، معیارهای مناسب برای ارزیابی تناسب اراضی با مطالعه مقالات مرتبط و اخذ نظر کارشناسان و متخصصین مختلف مانند اساتید دانشگاه و کارشناسان ادارات مدیریت شهری سبزوار از طریق بررسی پرسش‌نامه تهیه گردید که شامل معیار شیب، ارتفاع، جهت، فاصله از گسل، فاصله از راههای اصلی، فاصله از آب‌های سطحی، پوشش زمین و جنس خاک است. نقشه‌های پایه معیارهای مورد بررسی، نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰، نقشه رقوم کاربری - پوشش زمین منطقه هستند. علاوه بر نقشه‌های مبنای فوق نقشه‌های فاصله از راههای اصلی، فاصله از آب‌های سطحی و نقشه درصد شیب، جهت و ارتفاع نیز با استفاده از نقشه توپوگرافی منطقه تهیه گردید.

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی - فازی: یکی از تکنیک‌های چند متغیره که در روش ارزیابی تناسب اراضی مبتنی بر GIS ایجاد شده است، روش تحلیل سلسله مراتبی است (Malczewski, 2004: 35). این تکنیک نخستین بار در دهه ۷۰ میلادی بوسیله ساعتی ابداع شد. بنا بر تعریف AHP عبارت است از یک روش تصمیم‌گیری که توسط آن می‌توان تصمیماتی که وابسته به معیارهای مختلف است را اتخاذ نمود (زیاری و حسین‌مردی، ۱۳۸۸: ۴۵). در حقیقت این روش بر اساس تصمیم‌گیری بر مقایسات زوجی است و از پیچیدگی مفهومی تصمیم‌گیری به‌طور قابل توجهی می‌کاهد؛ زیرا تنها دو مولفه (مقایسه دودویی) در یک زمان بررسی می‌گردند (احدنژاد روشنی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۷۸).

از آنجایی که هر نقشه معیار یا هر خصیصه دارای محدوده و مقیاس اندازه‌گیری متفاوتی است، برای همسان‌سازی مقیاسهای اندازه‌گیری و تبدیل آنها به واحدهای قابل مقایسه از فرآیند استانداردسازی معیارها

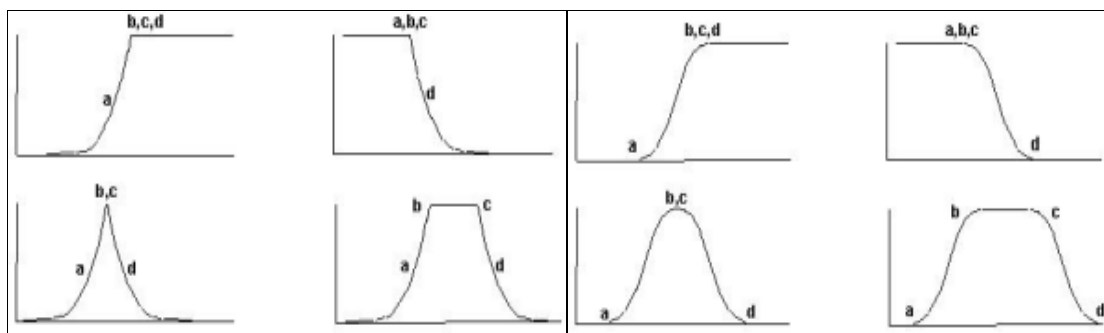
استفاده می‌شود. در این بررسی برای استانداردسازی داده‌ها از روش فازی استفاده شده است. استانداردهای داده‌ها، کلیه مقادیر و ارزشهای لایه‌های نقشه‌ای را به دامنه یکسانی، مثلاً بین صفر تا یک تبدیل می‌کند. فرآیند استانداردسازی در روش فازی از طریق قالب‌بندی مجدد مقادیر و ارزش‌ها به شکل یک مجموعه عضویت عملی می‌گردد. در این حالت بیش‌ترین ارزش یعنی مقدار یک به حداکثر عضویت و کم‌ترین ارزش یعنی عدد صفر به حداقل عضویت در مجموعه تعلق می‌گیرد (Sui, 1999: 103). مسئله مهم در فرآیند استانداردسازی فازی انتخاب تابع فازی مناسب برای هر معیار است. از توابع مشهور می‌توان به توابع sigmoidal، j-shape، linear اشاره کرد (متکان و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۲۶). به‌منظور انتخاب تابع مناسب برای فازی نمودن هر معیار باید نوع معیار از نظر روند ارزش آن (افزایشی، کاهشی، افزایشی - کاهششی) تعیین شود (کشاورز و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۳۷).

در این پژوهش، از توابع Sigmoidal و J شکل در محیط نرم‌افزاری IDRISI استفاده شده و ارزش آنها به واحدهای قابل مقایسه‌ای از صفر تا یک تبدیل شده است. در توابع عضویت فازی در محیط IDRISI برای فازی کردن لایه‌های نقشه‌ای، باید موقعیت حدود آستانه بر روی نمودار تابع عضویت تعیین شود (a) عضویت از صفر بالاتر می‌رود، b) عضویت معادل ۱، c) عضویت از یک پایین‌تر می‌رود و d) عضویت معادل صفر). در زیر اشکال توابع فازی مورد استفاده (اشکال ۱ الی ۳) و روابط مربوط به هر یک آمده است. تابع عضویت Sigmoidal از رابطه زیر بدست می‌آید (متکان و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۲۶).

$$1) a = (x-a) / (b-a) * p_i / 2 \text{ If } x > b \rightarrow \mu = 1$$

همچنین تابع عضویت j-shape نیز از رابطه زیر به دست می‌آید (ساسان‌پور و موسی‌وند، ۱۳۸۹: ۳۸).

$$2) \mu = 1 / (1 + ((x-a) / (b-a))^2) \text{ If } z > b \rightarrow \mu = 1$$



شکل ۱ و ۲: تابع عضویت Sigmoidal و z-shape به ترتیب از چپ به راست (متکان و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۲۶)

جدول ۱: شاخص تصادفی RI برای تعداد معیارهای مختلف

| تعداد معیار | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ |
|-------------|---|---|------|-----|------|------|------|------|------|------|
| RI | ۰ | ۰ | ۰/۵۸ | ۰/۹ | ۱/۱۲ | ۱/۲۴ | ۱/۳۲ | ۱/۴۱ | ۱/۴۵ | ۱/۴۵ |

ماخذ: (کرم و محمدی، ۱۳۸۸: ۶۷ و ۶۸)

وزن معیار / سطر ماتریس \times ستون وزن ها $= \lambda_{max}$ (4) ارزش گذاری λ_{max} باید به تعداد معیارها و برای همه آنها محاسبه شده و سپس از مجموع آنها در رابطه (۱)، CI حاصل می‌گردد. شاخص دیگر مورد نیاز شاخص تصادفی (RI) است که متناسب با تعداد معیارها از جدول (۱) بدست می‌آید و در نهایت نرخ سازگاری از رابطه ۵ محاسبه می‌شود.

(کرم و محمدی، ۱۳۸۸: ۶۷ و ۶۸) $CR = CI/RI$ (5)

محدوده و قلمرو پژوهش

محدوده مورد مطالعه، بخش مرکزی شهرستان سبزوار است که محدوده طول جغرافیایی $43^{\circ}45'$ تا $55^{\circ}46'$ و عرض جغرافیایی $11^{\circ}36'$ تا $25^{\circ}36'$ را شامل می‌گردد (شکل ۴). شهر سبزوار که مرکزیت بخش مرکزی شهرستان سبزوار را بر عهده دارد، با مساحت $31/6$ کیلومتر مربع در دشتی به همین نام و در بین دو رشته کوه جغتای و ششتمد در ارتفاع 790 متری واقع شده است (برغمندی، ۱۳۸۹: ۱۳). جمعیت شهر سبزوار بر مبنای سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۰ مرکز آمار ایران $557,231$ نفر است. حسینی و قدمی (۱۳۹۲) با بیان اینکه طی دو دهه اخیر همزمان با افزایش جمعیت شهر سبزوار تراکم جمعیتی نه تنها افزایش نداشته بلکه کاهش یافته است، معتقدند شهر سبزوار نرخ رشد توسعه

از آنجایی که معمولاً رقومی سازی در فرمت برداری انجام می‌شود، نیاز به رستری کردن نقشه‌ها پیش از ورود و انتقال به نرم افزار IDRISI وجود دارد. در نهایت با انتقال لایه‌های رستری به نرم افزار IDRISI، فازی سازی لایه‌ها انجام شد. سپس با تلفیق مدل AHP و Fuzzy تمامی لایه‌های استاندارد شده در هر یک از وزن‌های حاصل از مدل تحلیل سلسله مراتبی ضرب شد و در نهایت لایه تناسب اراضی تولید گشت. از آنجا که استفاده از ماتریس مقایسات ناسازگار، وزن‌های اشتباه و غیرواقعی را تولید خواهد نمود (زنجیرچی، ۱۳۹۰: ۲۲۷)، لذا در مرحله آخر برای پی بردن به سازگاری مقایسه‌ها اقدام به محاسبه نرخ سازگاری^۱ (CR) گردید. ساعتی عدد $0/1$ را به عنوان حد قال قبول CR ارائه می‌دهد و معتقد است چنانچه میزان ناسازگاری بیش‌تر از $0/1$ باشد بهتر است در قضاوت‌ها تجدید نظر گردد (قدسی‌پور، ۱۳۸۹: ۶۷). نرخ سازگاری از طریق محاسبه شاخص سازگاری^۲ (CI) حاصل می‌شود:

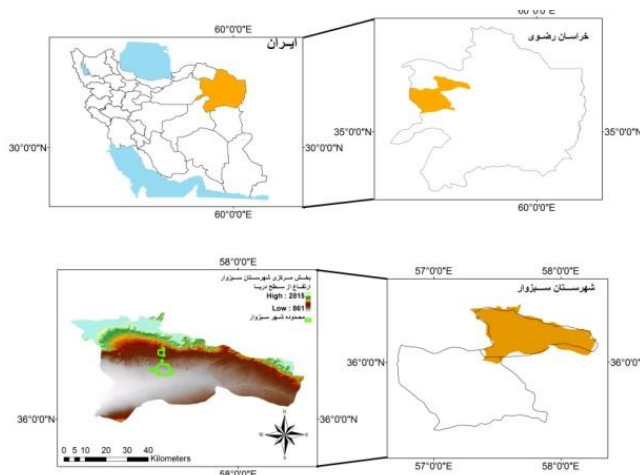
$$3) CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

در رابطه بالا λ_{max} عنصر بردار ویژه و n تعداد معیارهاست. عنصر بردار ویژه نیز از رابطه ۴ به دست می‌آید:

- 1- Consistency Rate
- 2- Consistency index

دانست. بنابراین با توجه به درصد بالای اراضی پیرامونی که روز به روز بر مساحت شهر افزوده می‌گردند، بررسی اراضی پیرامونی شهر سبزوار به لحاظ تناسب و پتانسیل، توسعه شهری اهمیت بالایی دارد؛ لذا هدف از این تحقیق، بررسی تناسب اراضی پیرامونی شهر سبزوار به منظور توسعه این شهر در محدوده بخش مرکزی شهرستان سبزوار است.

کالبدی بالایی در این مدت داشته است. همچنین بررسی تغییرات شیب تراکم در شهر سبزوار حاکی از کاهش شیب از مرکز به پیرامون و بالتبع حومه شدن گسترش شهر است. آنها همچنین اظهار می‌دارند طی سال‌های ۸۵-۱۳۸۲ هفتاد درصد از رشد شهر سبزوار ناشی از گسترش افقی بوده است. لذا می‌توان شهر سبزوار را شهری دارای الگوی توسعه افقی و پراکنده



شکل ۴: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

از جمله عوامل طبیعی که تاثیر بسیاری در تعیین مکان‌های بهینه برای ایجاد تاسیسات و زیر ساخت‌های شهری دارد، شیب زمین است؛ زیرا نحوه کاربری زمین با توجه به جهت و درصد شیب آن می‌تواند بر بسیاری از هزینه‌های عمرانی نظیر تسطیح اراضی تاثیر گذار باشد (میکانیکی و صادقی، ۱۳۹۱: ۵۲). ارتفاع به عنوان معیار مهم دیگر نقش بسزایی در افزایش یا کاهش تناسب اراضی ایفا می‌کند، چرا که مکان‌های واقع در مناطق صخره‌ای یا مرتفع یا نزدیک به این مناطق برای خانه‌سازی مناسب نیستند؛ زیرا توسعه در این نواحی هزینه زیادی برای دولت به همراه می‌آورد و در هنگام زمین‌لرزه نیز به آسانی تخریب می‌شوند، همچنین تامین زیرساخت‌هایی مانند جاده، منابع آب، برق و غیره در این نواحی بسیار هزینه‌بر است (Soltani et al., 2011: 24).

آریا و کابرال (۲۰۱۰) معتقد هستند در حال حاضر نگرانی زیست محیطی اصلی که نیاز به بررسی و

نتایج و بحث

گسترش شهر در اراضی پیرامونی به واسطه رشد و توسعه شتابان شهری در دهه‌های اخیر امری اجتناب‌ناپذیر است. این توسعه بدون در نظر گرفتن مشخصات زمینی که شهر در آن گسترش می‌یابد و بدون توجه به محدودیت‌ها و امکانات موجود نتیجه‌ای جز توسعه ناپایدار و ناسالم شهری نخواهد داشت؛ لذا نقشه تناسب اراضی ابزاری سودمند در دست برنامه‌ریزان و مدیران شهری خواهد بود که از طریق اقدام اندیشیده و سنجیده، امکان توسعه مناسب شهری را فراهم می‌آورد. در این پژوهش، با بهره‌گیری از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی و با به کارگیری معیارهای هشت‌گانه (ارتفاع، شیب، جهت، فاصله از گسل، فاصله از راه‌های اصلی، فاصله از آب-های سطحی، جنس خاک، پوشش زمین) نقشه تناسب اراضی شهر سبزوار تهیه گردید.

برای توسعه آتی شهری رعایت حریم مسیل‌ها و آبراهه‌ها (معیار فاصله از آب‌های سطحی) می‌باشد (روستایی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۶۰).

معیار دیگر جهت شیب است. جهات جنوبی معمولاً خشک‌تر هستند و برای مدت طولانی‌تری در معرض نور خورشید هستند؛ این مسئله سبب الزام به استفاده از تسهیلات تهویه‌کننده و انرژی می‌شود، لذا این جهات کم‌تر مناسب توسعه هستند (Soltani et al., 2011: 24). فاصله از راههای اصلی به عنوان آخرین معیار به سبب نیاز به انتقال فرآورده‌های خام و مصالح، عامل مهمی در تناسب مکان است؛ بنابراین تلاش بر این است که مکان انتخابی در صورت امکان نزدیک‌تر به هر گونه جاده موجود واقع شود (Kumar and Biswas, 2013: 48).

پس از آماده‌سازی نقشه‌های معیار در محیط GIS هر یک از نقشه‌ها بر مبنای قواعد موجود در جدول (۲) فازی‌سازی شد (شکل ۵ تا ۱۲). در مرحله بعد به منظور تعیین اهمیت نسبی هر یک از معیارهای مورد نظر از مدل تحلیل سلسله مراتبی استفاده گردید. جدول (۳) ماتریس مقایسه زوجی معیارها را نشان می‌دهد.

نظارت دقیق دارند، آن دسته از نگرانی‌ها هستند که توسط رشد شهری در اراضی با ارزش ایجاد شده‌اند. آنها بیان می‌کنند که شهرها به عنوان یکی از پویاترین مکان‌ها در سطح زمین با گسترش خود در اراضی پیرامونی (جنگل‌ها، مراتع و اراضی زراعی) و تبدیل آنها به مناطق شهری اثرات قابل توجهی بر اکوسیستم پیرامونی خواهند داشت. در اکثر موارد توسعه شهر به سمت نواحی روستایی اطراف است، جایی که در آن اراضی زراعی بیش‌تر و نواحی مسکونی کم‌تری قرار دارد؛ لذا معیار پوشش زمین یکی از معیارهای اصلی در بررسی تناسب اراضی برای توسعه شهری است.

نگرانی عمده دیگر و مهم در انتخاب فاکتورهای مختلف ایمنی در برابر مخاطرات طبیعی است؛ لذا مشخصه جنس خاک مهم در نظر گرفته می‌شود، زیرا قابلیت تحمل و مشخصه‌های تراکم‌پذیری خاک و سنگ بستر باید نیاز به ایمنی را برآورده سازد. فاصله از گسل نیز عامل مهمی در تامین ایمنی نواحی است، زیرا وجود خطرات فیزیکی سبب کاهش تناسب یک مکان می‌گردد (Soltani et al., 2011: 24). از میان بلایای طبیعی سیل به‌عنوان مکررترین و مخرب‌ترین آنها در جهان محسوب می‌شود (یاراحمدی و نیکجو، ۱۳۹۱، ۱۵۲)، لذا یکی از موارد مهم در پهنه‌بندی

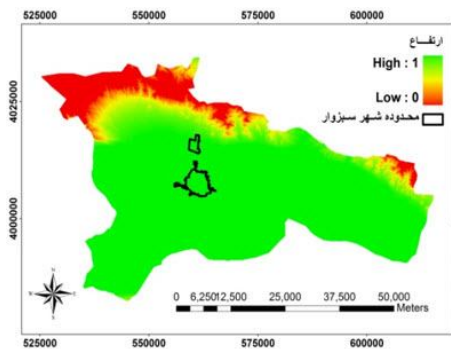
جدول ۲: قواعد فازی کردن نقشه‌های معیار و مقادیر a, b, c, d و نام و نوع تابع

| نام تابع فازی | نوع تابع فازی | حد آستانه | | لایه نقشه |
|---------------|---------------|-----------|------|-----------------------------------|
| | | c,d | a,b | |
| linear | کاهشی | ۳۰ | ۱۰ | ۱. شیب (درصد) |
| Crisp | | | | ۲. جهت شیب* |
| linear | کاهشی | ۲۰۰۰ | ۱۲۰۰ | ۳. ارتفاع (متر) |
| Sigmoidial | افزایشی | ۳ | ۱ | ۴. فاصله از گسل (کیلومتر) |
| Sigmoidial | کاهشی | ۱۵ | ۵ | ۵. فاصله از راههای اصلی (کیلومتر) |
| j-shape | افزایشی | ۵۰۰ | ۵۰ | ۶. فاصله از آب‌های سطحی (متر) |
| Crisp | | | | ۷. پوشش زمین** |
| Crisp | | | | ۸. جنس خاک*** |

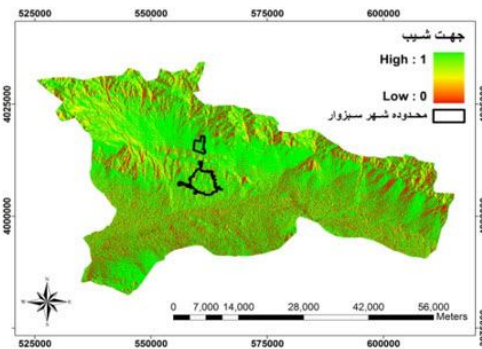
* جهت شیب: بی جهت و جنوب معادل ۱، شرق و غرب به ترتیب ۰، ۲ و ۰، ۲، شمال معادل ۰، ۰. پوشش زمین: مراتع ضعیف معادل ۱، مراتع متوسط دیم‌کاری‌ها و زمین‌های زراعی با قابلیت کم به ترتیب ۰، ۰، ۴، ۰، ۲، زمین‌های زراعی با قابلیت متوسط و زیاد، مراتع خوب و اراضی با قابلیت باغداری معادل ۰، ۰. جنس خاک: آبرفت معادل ۱، سنگ‌های آهکی و ماسه سنگی به ترتیب ۰، ۰، ۴ و ۰، ۰، ۴. سنگ‌های ماری معادل صفر. (قربانی و همکاران، ۱۳۹۲)، ضیائیان و همکاران (۱۳۹۰)، عزیزیان و همکاران (۱۳۹۲)، کرم (۱۳۸۴)، (Kmar and Biswas (2013).

جدول ۳: ماتریس مقایسه معیارها در فرایند تحلیل سلسله مراتبی و وزن هر یک از معیارها (نویسندگان)

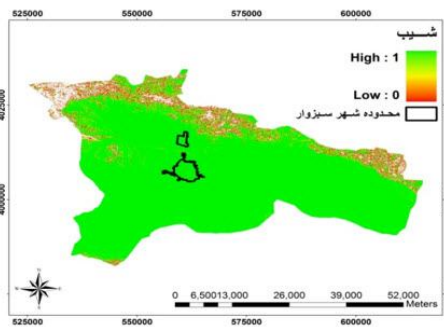
| وزن نهایی | جهت شیب | جنس خاک | ف. از آبهای سطحی | ف. از گسل | ارتفاع | ف. از راههای اصلی | پوشش زمین | شیب | |
|-----------|---------|---------|------------------|-----------|--------|-------------------|-----------|-----|-------------------|
| ۰/۳۲۸۳ | ۷ | ۶ | ۵ | ۵ | ۴ | ۳ | ۲ | ۱ | شیب |
| ۰/۲۲۵۸ | ۵ | ۴ | ۴ | ۳ | ۳ | ۳ | ۱ | - | پوشش زمین |
| ۰/۱۳۲۲ | ۴ | ۳ | ۳ | ۲ | ۲ | ۱ | - | - | ف. از راههای اصلی |
| ۰/۱۰۱۸ | ۴ | ۳ | ۲ | ۲ | ۱ | - | - | - | ارتفاع |
| ۰/۰۷۸۸ | ۴ | ۲ | ۲ | ۱ | - | - | - | - | ف. از گسل |
| ۰/۰۵۸۸ | ۳ | ۲ | ۱ | - | - | - | - | - | ف. از آبهای سطحی |
| ۰/۰۴۶۴ | ۳ | ۱ | - | - | - | - | - | - | جنس خاک |
| ۰/۰۲۷۹ | ۱ | - | - | - | - | - | - | - | جهت شیب |
| ۰/۰۳۶۷ | | | | | | | | | ضریب سازگاری (CR) |



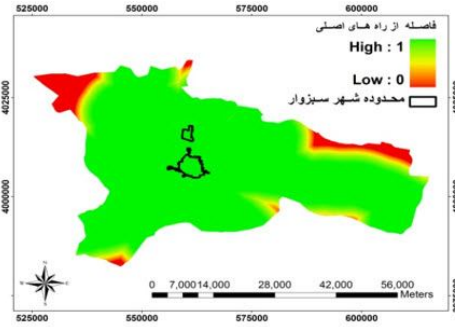
شکل ۶: نقشه فازی شده ارتفاع



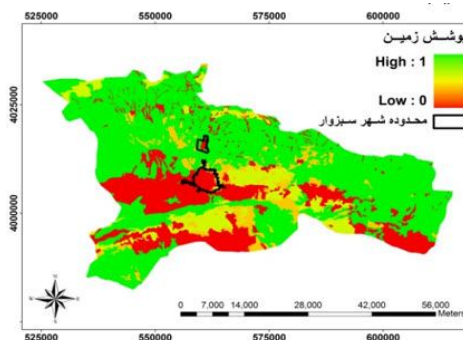
شکل ۵: نقشه فازی شده جهت شیب



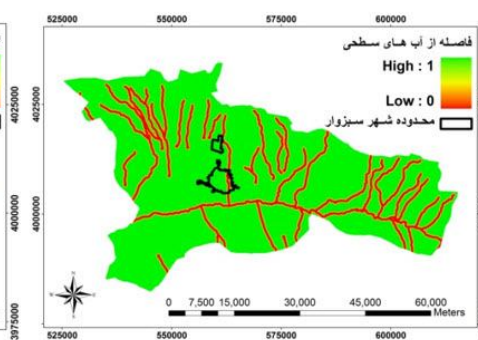
شکل ۸: نقشه فازی شده شیب



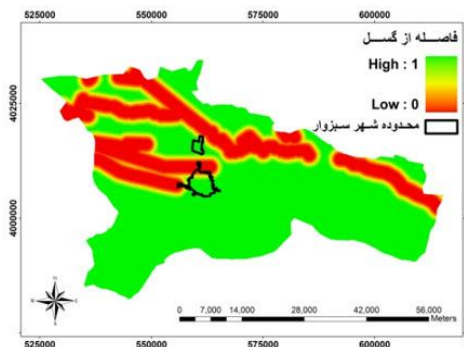
شکل ۷: نقشه فازی شده فاصله از راههای اصلی



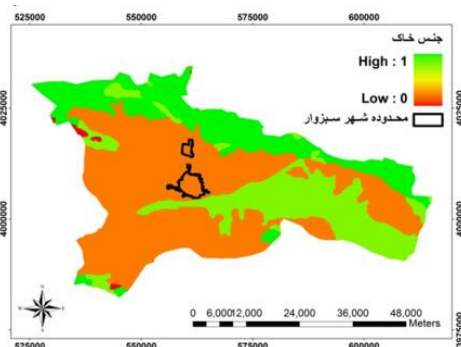
شکل ۱۰: نقشه فازی شده پوشش زمین



شکل ۹: نقشه فازی شده فاصله از آبهای سطحی



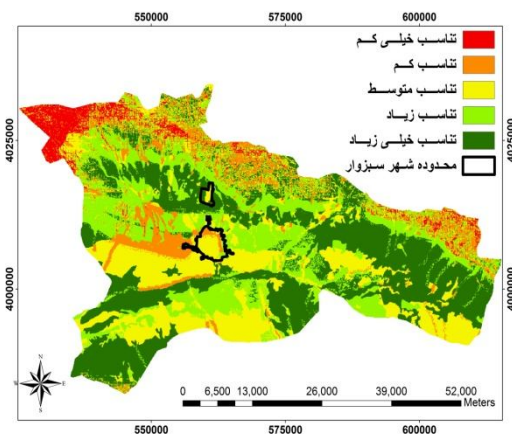
شکل ۱۲: نقشه فازی شده فاصله از گسل



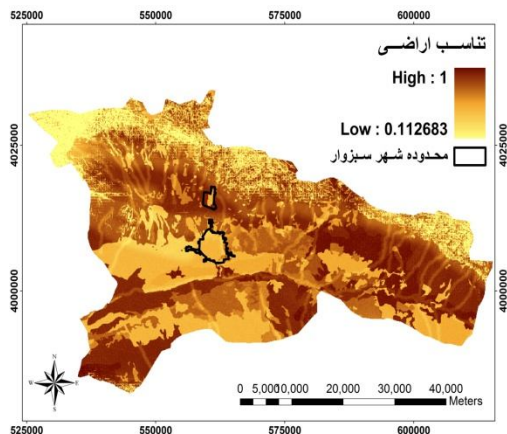
شکل ۱۱: نقشه فازی شده جنس خاک

سمت یک که با تیره‌ترین رنگ نمایش داده شده‌اند) گویای بیشترین تناسب برای توسعه کالبدی و مقادیر کم‌تر (به سمت صفر که با روشن‌ترین رنگ نمایش داده شده‌اند) گویای کم‌ترین تناسب برای توسعه کالبدی است. در مرحله بعد با استفاده از عملیات طبقه‌بندی مجدد و روش شکستگی‌های طبیعی نقشه خروجی به یک نقشه طبقه‌بندی شده تبدیل شد که مقادیر و ارزش‌های آن در پنج گروه پهنه‌های با تناسب بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم و بسیار کم گروه‌بندی شده‌اند (شکل ۱۴).

در مرحله نهایی با توجه به قرار داشتن ضریب CR (۰/۰۳) در محدوده قابل قبول با هم‌پوشانی وزندار لایه‌های فازی در محیط GIS نقشه رستری تناسب اراضی برای محدوده بخش مرکزی شهرستان سبزوار تهیه گردید. شکل (۱۳) نقشه تناسب اراضی بخش مرکزی شهرستان سبزوار را برای توسعه شهر سبزوار نشان می‌دهد. نقشه حاصل دارای فرمت رستری است و در آن هر پیکسل دارای امتیازی بین ۰ تا ۱ است که تناسب آن پیکسل را برای توسعه کالبدی نشان می‌دهد. در این نقشه مقادیر بالا (به



شکل ۱۴: نقشه طبقه‌بندی مجدد تناسب اراضی



شکل ۱۳: نقشه تناسب اراضی

مساحت و درصد اراضی واقع در هر طبقه تناسب اراضی را برای توسعه کالبدی شهر سبزوار در بخش مرکزی شهرستان سبزوار نشان می‌دهد. جدول ۵ سهم شهر سبزوار کنونی را بیان می‌کند که به هر کدام از طبقات تناسب بدست آمده در این تحقیق تعلق دارند.

نتایج نشان می‌دهد از محدوده ۲۲۹۹/۸۲ کیلومترمربعی بخش مرکزی شهرستان سبزوار، ۲۷/۹۴ درصد در محدوده با تناسب زیاد و ۳۲/۱۵ درصد در محدوده با تناسب بسیار زیاد قرار دارد. به عبارت دیگر در مجموع حدود ۶۰ درصد از محدوده ارزیابی شده به لحاظ عوامل مورد بررسی تناسب خوبی برای توسعه کالبدی شهر سبزوار دارد. جدول ۴

جدول ۴: نتایج ارزیابی و پهنه‌بندی تناسب زمین برای توسعه کالبدی شهر سبزوار در بخش مرکزی شهرستان سبزوار

| درجه تناسب | مساحت (کیلومتر مربع) | درصد |
|------------|----------------------|-------|
| بسیار کم | ۱۹۵/۱۵ | ۸/۴۸ |
| کم | ۱۸۱/۹۹ | ۷/۹۱ |
| متوسط | ۵۴۰/۵۷ | ۲۳/۵۰ |
| زیاد | ۶۴۲/۶۵ | ۲۷/۹۴ |
| بسیار زیاد | ۷۳۹/۴۶ | ۳۲/۱۵ |
| جمع | ۲۲۹۹/۸۲ | ۱۰۰ |

(منبع: نویسندگان)

جدول ۵: سهم شهر سبزوار کنونی از هر کدام از طبقات تناسب بدست آمده

| درجه تناسب | مساحت (کیلومتر مربع) | درصد |
|------------|----------------------|-------|
| کم | ۵/۸ | ۱۸/۵۵ |
| متوسط | ۱۸/۵۵ | ۵۸/۵۶ |
| زیاد | ۳/۴ | ۱۰/۷۴ |
| خیلی زیاد | ۳/۸ | ۱۲/۱۳ |

(منبع: نویسندگان)

سبزوار از عوامل کاهش تناسب اراضی برای توسعه شهری در این محدوده‌ها است. با توجه به مطالب ذکر شده، جهات شمال و شمال شرقی شهر سبزوار، مناسب‌ترین جهات برای توسعه شهر سبزوار شناخته می‌شوند.

به منظور ارزیابی درجه دقت و صحت نتایج عملیات تحلیل جداول متقاطع بین نقشه نهایی طبقه‌بندی شده و برخی معیارهای اصلی (شیب، فاصله از گسل، پوشش زمین) در محیط GIS انجام گردید. نتایج تحلیل جدول متقاطع نشان داد که از کل اراضی با شیب صفر تا ۱۰ درصد ۲۸/۵۴ درصد در طبقه زمین‌های با تناسب زیاد و ۴۰/۱۱ درصد در طبقه زمین‌های با تناسب خیلی زیاد قرار گرفته‌اند. به عبارت دیگر حدود ۶۸،۶۵ درصد از زمین‌های با شیب ۰ تا ۱۰ درصد برای توسعه کالبدی تناسب خوبی دارند. مابقی اراضی با شیب کم نیز به علت قرارگیری در زمین‌های زراعی و مراتع در طبقه با تناسب متوسط و کم قرار دارند. از سوی دیگر از کل اراضی با شیب بیش‌تر از ۳۰ درصد تنها ۱/۸۱ درصد در طبقه با تناسب زیاد و ۰/۳۶ درصد در طبقه با تناسب خیلی زیاد قرار گرفته‌اند که بخشی از این ارقام نیز احتمالاً به خطاهای رقوم‌سازی، کارتوگرافی و خطاهای

از مساحت بخش مرکزی شهرستان سبزوار (۲۲۹۹/۸۲ کیلومتر مربع)، سهم شهر سبزوار در حال حاضر ۱/۳۷ درصد است، که در این تحقیق، به منظور ارزیابی روند توسعه شهر سبزوار، محدوده بخش مرکزی شهرستان سبزوار بررسی گردید. تحلیل بصری پراکنش فضایی شاخص تناسب اراضی حاکی از این است که متناسب‌ترین زمین‌ها در بخش مرکزی منطقه به صورت نواری از غرب به شرق کشیده شده‌اند، همچنین بخش‌هایی در جنوب و جنوب غرب منطقه دارای بالاترین شاخص تناسب اراضی هستند. عوامل موثر در افزایش تناسب این بخش‌ها را می‌توان وجود اراضی بایر و مراتع درجه ۳، شیب کم‌تر از ۱۰ درصدی منطقه، نزدیکی به جاده ترانزیتی تهران-مشهد، جاده سبزوار-اسفراین، سبزوار-بردسکن و فاصله بیش از ۳ کیلومتری از گسل‌های اصلی منطقه دانست. این در حالی است که کم‌ترین تناسب اراضی در محدوده شمال شرق و شمال غربی منطقه مورد مطالعه مشاهده می‌شود که می‌توان علل عمده عدم تناسب این نواحی را وجود رشته کوه جغتای در شمال منطقه و در نتیجه شیب بیش از ۳۰ درصدی زمین و تهدید وجود گسل‌ها دانست؛ همچنین وجود اراضی زراعی در بخش‌های غربی، جنوبی و جنوب غربی شهر

از آنجا که ارزیابی تناسب اراضی مستلزم بررسی معیارهای گوناگون است، لذا مشارکت افراد مختلف با زمینه‌های تخصصی متفاوت را می‌طلبد. این مسئله ضرورت استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره را آشکار می‌سازد. از میان روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چند معیاره، روش فازی سلسله مراتبی در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به اینکه عدم قطعیت یکی از وجوه اصلی در تصمیم‌گیری‌های انسانی است، روش فازی سلسله مراتبی با داشتن مزیت‌های روش AHP مانند سادگی، انعطاف‌پذیری، به‌کارگیری همزمان معیارهای کمی و کیفی و قابلیت بررسی نرخ سازگاری و نداشتن محدودیت‌های این روش مانند عدم توجه ابهام مربوط به قضاوت‌های تصمیم‌گیرندگان در مورد مقادیر عددی، اثرگذاری فوق‌العاده ترجیحات و قضاوت‌های شخصی بر نتایج AHP، مورد استفاده قرار گرفت.

در این پژوهش، با بررسی وضعیت اراضی بخش مرکزی شهرستان سبزوار بر مبنای هشت معیار منتخب اقدام به تعیین جهات مناسب توسعه شهر سبزوار کرده است. نتایج نشان می‌دهد از محدوده ۲۲۹۹/۸۲ کیلومتر مربعی بخش مرکزی شهرستان سبزوار، ۲۷/۹۴ درصد در محدوده با تناسب زیاد و ۳۲/۱۵ درصد در محدوده با تناسب بسیار زیاد قرار دارد. به عبارت دیگر در مجموع ۶۰ درصد از محدوده ارزیابی شده به لحاظ عوامل مورد بررسی تناسب خوبی برای توسعه کالبدی دارد. این در حالی است که نزدیک به ۱۶ درصد محدوده در پهنه‌های با تناسب کم و خیلی کم قرار دارند. براساس تحلیل مکانی نقشه تناسب اراضی معین می‌گردد که متناسب‌ترین زمین‌ها در منطقه مورد مطالعه، به صورت نواری از غرب به شرق و نیز بخش‌هایی در جنوب و جنوب غرب منطقه قرار دارند. در حالی که کم‌ترین تناسب اراضی در محدوده شمال شرق و شمال غربی منطقه به علت وجود رشته کوه جغتای در شمال منطقه و در نتیجه شیب بیش از ۳۰ درصدی زمین و تهدید وجود گسل‌ها به چشم می‌خورد. از دلایل تناسب زیاد اراضی در مناطق ذکر شده می‌توان به وجود اراضی بایر و

نقشه‌ای مربوط می‌گردد. همچنین بررسی نتایج تحلیل جدول متقاطع بین نقشه تناسب اراضی و معیار پوشش زمین نشان داد که تنها سهم اندکی (۲/۱۱ درصد) از اراضی با قابلیت کشاورزی و مراتع مرغوب در محدوده با تناسب زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته‌اند و مابقی اراضی در محدوده با تناسب متوسط و کم قرار گرفته‌اند. همچنین ۷۸/۴۸ درصد از اراضی با پوشش مناسب برای توسعه شهری (اراضی بایر، مراتع درجه ۳ و ...) در طبقه با تناسب زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته‌اند و تنها ۵/۴۵ درصد از این اراضی در محدوده با تناسب خیلی کم قرار گرفته‌اند که دلیل آن را می‌توان قرارگیری آنها در اراضی با شیب بالا و ارتفاع زیاد دانست. در ارتباط با معیار فاصله از گسل حدود ۹۷/۱۵ درصد از زمین‌های با تناسب خیلی زیاد و ۷۲/۹ درصد از اراضی با تناسب زیاد در فاصله بیش از ۱ کیلومتری از گسل‌ها قرار دارند. این ارقام حاکی از تطابق شاخص تناسب در نقشه نهایی با فاصله اراضی از گسل‌های منطقه است.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

کالبد امروزی شهرها نتیجه و محصول تصمیمات و اقدامات گذشتگان است، واضح است که آنچه امروز انجام می‌شود شکل‌دهنده آینده شهرها خواهد بود، لذا برنامه‌ریزی و مدیریت درست شهر وظیفه‌ای مقطعی و کوتاه مدت نیست بلکه تعهدی است که نسل امروز در برابر نسل‌های آینده بر عهده دارد. توسعه شهری بدون توجه به محدودیت‌ها و امکانات طبیعی و انسانی نتیجه‌ای جز قرارگیری در معرض مخاطرات طبیعی بیشتر، از بین رفتن و زوال سرمایه‌های اکولوژیکی، هزینه‌های بالای ساخت و ساز و... نخواهد داشت. ارزیابی تناسب زمین، به معنای ارزیابی کیفیت زمینی مشخص برای کاربری معین (در اینجا توسعه شهری)، با کمک به مدیران شهری در شناسایی مناطق دارای ارزش اکولوژیکی و مناطق خطر از توسعه شهر در این نواحی جلوگیری می‌کند و امکان تحقق توسعه پایدار و ایمن شهری را فراهم می‌آورد.

فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP)، روش‌های هوش مصنوعی مانند روش سلول‌های خودکار (CA) و الگوریتم ژنتیک (Genetic Algorithms) به منظور ارزیابی تناسب زمین نیز امکان‌پذیر است.

منابع

۱. احد نژاد روشتی، محسن، قرخلو، مهدی و زیاری، کرامت‌اله ۱۳۸۹. مدل‌سازی آسیب‌پذیری ساختمانی شهرها در برابر زلزله با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی نمونه موردی: شهر زنجان، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۹، زاهدان، صص ۱۷۱-۱۹۸.
۲. امینی فسخودی، عباس. ۱۳۸۴. کاربرد استنتاج منطقی فازی در مطالعات برنامه‌ریزی و توسعه منطقه‌ای، مجله دانش و توسعه، شماره ۱۷، مشهد، صص ۶۱-۳۹.
۳. برغمندی، اکرم. ۱۳۸۹. بررسی و ارزیابی شاخص‌های زیست‌اقلیمی موثر بر آسایش انسان (مطالعه موردی شهر سبزوار)، رساله کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، استاد راهنما: محمد باعقیده، دانشگاه حکیم سبزواری، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی. گروه جغرافیا.
۴. بریمانی، فرامرز و هادی راستی، ۱۳۹۳. بررسی تطبیقی میزان دقت روش‌های AHP فازی و AHP کلاسیک برای رتبه‌بندی شاخص‌های مؤثر بر کیفیت زندگی مطالعه موردی: دهستان مهبان شهرستان نیکشهر، جغرافیا و توسعه، شماره ۳۴، زاهدان، صص ۱۴-۱.
۵. پورخباز، حمیدرضا، کمانی، سمانه، جوانمردی، سعیده و شهرام، یوسفی خانقاه (۱۳۹۶). مدل‌سازی اکولوژیک توسعه شهری با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری تعاملی AHP و Fuzzy AHP (مطالعه موردی حاشیه شهر اراک). برنامه‌ریزی و آمایش فضا. دوره ۲۱، شماره ۱، تهران. صص ۱۶۵-۱۳۳.
۶. جوادیان کوتنایی، سارا و ملاماسی، سعید و اورک، ندا و مرشدی، جعفر (۱۳۹۳). تدوین الگوی ارزیابی توان اکولوژیک توسعه شهری با بهره‌گیری از فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) (نمونه موردی: شهرستان ساری)، آمایش سرزمین، دوره ۶، شماره ۱، تهران. صص ۱۵۳-۱۷۸.
۷. حسینی، هادی و قدمی مصطفی (۱۳۹۲). تحلیل الگوی توسعه کالبدی-فضایی شهر سبزوار، فصلنامه علمی پژوهشی-فضای جغرافیایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، سال سیزدهم، شماره ۴۴، اهر. صص ۲۱۹-۲۴۰.

مراعات درجه ۳، شیب کم‌تر از ۱۰ درصدی منطقه، نزدیکی به جاده ترانزیتی تهران-مشهد، جاده سبزوار-اسفراین، سبزوار-بردسکن و فاصله بیش از ۳ کیلومتری از گسل‌های اصلی منطقه اشاره کرد.

بررسی تناسب اراضی شهر سبزوار نیز دلالت بر تناسب متوسط، زیاد و خیلی زیاد آن به ترتیب به میزان ۵۸/۵۶، ۱۰/۷۴ و ۱۲/۱۳ درصد در بخش‌های جنوبی، مرکزی و توحیدشهر دارد. اگر چه طرح جامع در سال ۱۳۷۴ گسترش کالبدی شهر سبزوار را در تمام جهات هشتگانه کم و بیش بلا مانع دانسته است، بر اساس نقشه نهایی و نتایج به دست آمده، جهات شمال، شرق و شمال شرق شهر سبزوار مناسب‌ترین جهات برای توسعه شهر هستند. بررسی میزان و جهات توسعه شهر سبزوار در چند دهه اخیر نشان می‌دهد که در این مدت شهر تقریباً در تمام جهات گسترش یافته است؛ البته میزان این گسترش در جهت شرق و شمال شرق بیش‌تر از سایر جهات بوده است. این نکته حکایت از این دارد که رشد شهر سبزوار در سال‌های اخیر بر مبنای معیارهای مورد بررسی تا حد زیادی در جهتی مناسب اتفاق افتاده است. در نبود نقشه تناسب اراضی شهر سبزوار شاید یکی از دلایل توسعه بیش‌تر شهر در جهت شمال با توجه به شیب شمالی-جنوبی، مقرر طبیعی شهر، سهولت دفع فاضلاب در این قسمت باشد؛ چرا که در حال حاضر به دلیل غیر قابل نفوذ بودن سنگ بستر شهر دفع فاضلاب یکی از مشکلات خانوارهای شهری به ویژه در بافت قدیم محسوب می‌شود. همچنین عواملی چون وجود اراضی دولتی، وجود راههای ارتباطی، شرایط مناسب آب و هوایی از جمله علل دیگر توسعه شهر به سمت بخش‌های شمالی است.

پیشنهادها

از آنجا که در این پژوهش، تنها بر مبنای تعداد محدودی از معیارها انجام شده است، بهتر است نقشه نهایی به تنهایی مبنای تصمیم‌گیری قرار نگیرد و به منظور تعیین تناسب اراضی به نحوی دقیق‌تر، مجموعه‌ای از معیارهای زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی مورد بررسی قرار گیرند. همچنین استفاده از سایر روش‌ها مانند تاپسیس فازی (Fuzzy Topsis)،

۸. روستایی، شهرپور، اصغری زمانی، اکبر و زلفی، علی (۱۳۹۳). پهنه‌بندی زمین برای توسعه شهری بخش مرکزی منطقه آزاد ارس با استفاده از مدل AHP، جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۱۸، شماره ۴۷، تبریز. صص ۱۴۹-۱۶۹.
۹. زنجیرچی، سید محمود ۱۳۹۰. فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی، نوبت اول. تهران: انتشارات صانعی شه‌میرزادی.
۱۰. زیاری، یوسفعلی و حسین مردی، مهدی ۱۳۸۸. بررسی و تحلیل کاربری اراضی شهری و وزندهی معیارهای مکانیابی جایگاه‌های پمپ گاز CNG با استفاده از مدل AHP مطالعه موردی: منطقه ۴ گازی شهر تهران، فصلنامه علمی پژوهشی جغرافیای انسانی، سال دوم، شماره اول، تهران. صص ۵۲-۳۹.
۱۱. ساسان‌پور، فرزانه. موسی‌وند، جعفر، ۱۳۸۹. تاثیر عوامل انسان ساخت در تشدید پیامدهای مخاطرات طبیعی در محیط‌های کلان شهری با کاربرد منطق فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، جلد ۱۳، شماره ۱۶، تهران. صص ۲۹-۵۰.
۱۲. صادقی صادق آبادی، زینب، صابر ساعتی، سعید محرابیان، عاطفه خدادوست، ۱۳۸۸. ترکیب DEA فازی و AHP برای رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیری، مجله ریاضیات کاربردی واحد لاهیجان، سال ششم، شماره ۲۰. لاهیجان. صص ۵۵ - ۴۹.
۱۳. ضیائی‌ان، پرویز و سلیمانی مقدم، هادی و برزگر، صادق ۱۳۹۰. تعیین جهت بهینه گسترش شهر مشهد با استفاده از مدل ارزیابی چندعامله، RS و GIS. جغرافیا، سال نهم، شماره ۳۰، تهران. صص ۹۴-۷۶.
۱۴. عرب اسدی، حسین و معصومه رستمی ۱۳۹۵. ارزیابی توان اکولوژیک شهر میامی به منظور توسعه پایدار شهری با استفاده از روش AHP. فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۳۷. صص ۳۷-۲۵.
۱۵. عزیزیان، محمدصادق، نقدی، فریده، مهدی، ملازاده، ۱۳۹۲. ارزیابی توان اکولوژیک حاشیه شهر تبریز به منظور توسعه پایدار شهری با رویکرد MCE. مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال چهارم، شماره سیزدهم، مردودشت. صص ۱۲۸-۱۱۳.
۱۶. قدسی‌پور، سیدحسن ۱۳۸۹. فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، نوبت اول. تهران. انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
۱۷. قربانی، رسول و محمودزاده، حسن و تقی‌پور، علی‌اکبر ۱۳۹۲. تحلیل تناسب اراضی (LSA) برای توسعه
- شهری در محدوده مجموعه شهری تبریز با استفاده از روش تحلیل فرایند سلسله مراتبی، جغرافیا و آمایش شهری-منطقه‌ای، دوره ۳، شماره ۸، زاهدان. صص ۱-۱۴.
۱۸. قرخلو، مهدی و پورخباز، حمیدرضا و امیری، محمدجواد و فرجی سبکبار، حسنعلی ۱۳۸۸. ارزیابی اکولوژیکی تناسب اراضی جهت تعیین نقاط بالقوه توسعه شهری با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: منطقه قزوین)، فصلنامه مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، سال اول، شماره ۲، اصفهان. صص ۶۸-۵۱.
۱۹. قنواتی، عزتاله و گودرزی دلفانی، عاطفه ۱۳۹۲. مکان‌یابی بهینه توسعه شهری با تاکید بر پارامترهای طبیعی با استفاده از مدل تلفیقی فازی/AHP مطالعه موردی شهرستان بروجرد، دوفصلنامه ژئومورفولوژی کاربردی ایران، سال اول، شماره اول، سبزوار. صص ۶۰-۴۵.
۲۰. کرم، امیر و محمدی، اعظم. ۱۳۸۸. ارزیابی و پهنه‌بندی تناسب زمین برای توسعه فیزیکی شهر کرج و اراضی پیرامونی بر پایه فاکتورهای طبیعی و روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال اول، شماره ۴، تهران. صص ۷۴-۵۹.
۲۱. کرم، عبدالامیر ۱۳۸۴. تحلیل تناسب زمین برای توسعه کالبدی در محور شمالغرب شیراز با استفاده از رویکرد ارزیابی چند معیاری (MCE) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (ساج)، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۴، تهران. صص ۱۰۶-۹۳.
۲۲. کشاورزی، اکبر و خاشعی سیوکی، عباس و نجفی، محمد حسین ۱۳۹۲. مکانیابی مناسب استحصال آب شرب با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی (مطالعه موردی: آبخوان بیرجند)، آب و فاضلاب، دوره ۲۵، شماره ۹۱، اصفهان. صص ۱۴۲-۱۳۵.
۲۳. متکان، علی اکبر و شکیبیا، علیرضا و پورعلی، سید حسین و نظم‌فر، حسین ۱۳۸۷. مکان‌یابی مناطق مناسب جهت دفن پسماند با استفاده از GIS (ناحیه مورد مطالعه: شهر تبریز)، علوم محیطی، سال ششم، شماره ۲، تهران. صص ۱۳۲-۱۲۱.
۲۴. مرکز آمار ایران ۱۳۹۰. گزیده نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۹۰، دفتر ریاست روابط عمومی و همکاری‌های بین‌الملل، تهران.
۲۵. میکائیکی، جواد و صادقی، حجت‌اله ۱۳۹۱. تعیین الگوی فضایی بهینه استقرار مراکز خدمات روستایی با

33. Jin, G., Li, Z., Lin, Q., Shi, CH., Liu, B., and Yao, L. 2015. Land Use Suitability Assessment in Low-Slope Hilly Regions under the Impact of Urbanization in Yunnan, China, *Advances in Meteorology*, Article ID 848795. Vol. 2015, 9 pages.
34. Kumar, M., and Biswas, B. 2013. Identification of Potential Sites for Urban Development Using GIS Based Multi Criteria Evaluation Technique. A Case Study of Shimla Municipal Area, Shimla District, Himachal Pradesh, India, *Journal of Settlements and Spatial Planning*, 4 (1): 45-51.
35. Liu L., Zhang K., Zhang Z., and Borthwick A. 2014. Land-use suitability analysis for urban development in Beijing, *Journal of Environmental Management*, 145: 170-179.
36. MacDonald, J. 2006. A Decision-Support Model of Land Suitability Analysis for the Ohio Lake Erie Balanced Growth Program, a study for EcoCity Cleveland foundation, pages 51, available online from <http://www.gcbl.org/files/resources/lakeeriebalancedgrowthjoefinalreport.pdf>.
37. Malczewski, J. 2004. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview, *Progress in Planning*, 62 (1): 3-65.
38. Soltani, S.R., Mahiny, A.S, and Monavari, S.M. 2011. Urban land use management, based on GIS and multi criteria assessment (Case study: Tehran Province, Iran). Proceeded In International Conference on Multimedia Technology (ICMT), Hangzhou, CHINA.
39. Sui, D.Z. 1999. A Fuzzy GIS Modeling Approach for Urban land Evaluation. *Computer, Environment, and Urban systems*. 16: 101-115.
40. Xiaorui, X., Chuanglin, F., Zhenbo, W., and Haitao, M. 2012. Urban Construction Land Suitability Evaluation Based on Improved Multi-criteria Evaluation Based on GIS (MCE-GIS): Case of New Hefei City, China, *Chinese Geographical Science*, 23(6): 740-753
- رویکرد تناسب اراضی به روش AHP (مطالعه موردی: بخش دهدز، شهرستان ایذه)، مجله پژوهش و برنامه‌ریزی روستایی، دوره اول، شماره دوم، مشهد. صص ۴۷-۶۹.
۲۶. یاراحمدی، جمشید و نیکجو، محمدرضا ۱۳۹۱. بررسی تاثیر تغییر کاربری اراضی بر وقوع سیلاب‌ها در حوضه صوفیچای، جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال شانزدهم، شماره ۳۹، تبریز. صص ۱۶۹-۱۵۱.
27. Aburas M., Abullah, S., Ramli, M., Ash'aari, Z. 2015. A Review of Land Suitability Analysis for Urban Growth by using the GIS-Based Analytic Hierarchy Process, *Asian Journal of Applied Sciences*, 3 (6).
28. Aburas, M.M., Abdullah, S.H., Ramli, M.F., and Ash'ari, Z.H. 2017. Land Suitability Analysis of Urban Growth in Seremban Malaysia, Using GIS Based Analytical Hierarchy Process. *Procedia Engineering*, 198, pp.1128-1136.
29. Araya, Y., and Cabral, P. 2010. Analysis and Modeling of Urban Land Cover Change in Setúbal and Sesimbra, Portugal, *Remote Sensing*, 2 (6): 1549-1563.
30. Chandio, I. Matori, A. Yusof, K., Talpur, H., and Aminu, M. 2013. GIS-based land suitability analysis of sustainable hillside development, fourth international symposium on infrastructure engineering in developing countries, 77: 87-94.
31. Dadras, M., Shafri, H., Pradhan, N.A., and Safarpour, S. 2014. Combining Fuzzy-Analytic Hierarchy Process to Identify Suitable Lands for Residential Development Based on Landform Impacts. *International Journal of Remote Sensing & Geoscience*. 3 (4): 28-39.
32. Dutta. V. 2012. Land use Dynamics and Peri-urban Growth Characteristics of a Sprawling City Devour the Master Plan and Urban Suitability, Fuzzy Multi-criteria Decision Making Approach, proceeded In 13th Global Development Conference "Urbanization and Development: Delving Deeper into the Nexus", Budapest, Hungary.