

ارزیابی توان توسعه شهری با رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره (مطالعه موردی: شهر قائن)

فاطمه عباس‌پور^{*}، سیدسعیدرضا احمدی‌زاده^۲

۱ دانشجوی دکتری علوم و مهندسی محیط زیست، دانشگاه بیرجند، ایران
۲ دانشیار گروه محیط زیست، دانشگاه بیرجند، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۲۹؛ تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۰۷/۰۷)

چکیده

یکی از مشکلات عمده در برنامه‌ریزی شهری با توجه به رشد جمعیت و کمبود مکان‌های مناسب برای رشد شهری، تعیین اراضی مناسب برای گسترش فیزیکی شهر است. شهر قائن مرکز اداری-سیاسی شهرستان قائنات در استان خراسان جنوبی از نظر اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و صنعتی در حال توسعه می‌باشد و از آنجایی که استفاده از سرزمین بدون در نظر گرفتن پتانسیل‌های اکولوژیک، علاوه بر تخریب محیط زیست، آنرا از توسعه پایدار نیز دور می‌کند بنابراین، تعیین قابلیت‌های اکولوژیک شهر به منظور توسعه شهری آن ضروری است. این پژوهش با هدف تعیین مکان‌های مناسب جهت توسعه شهری، در شهر قائن، انجام گرفت. بدین منظور از میان روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاری (MCDM)، روش ترکیب‌خطی‌وزن‌دار به دلیل امکان استانداردسازی نقشه‌های معیار و اختصاص وزن‌های متفاوت به آنها، انتخاب و در سامانه اطلاعات جغرافیایی بر پایه مشاهدات محیط طبیعی (۶ معیار)، توان اکولوژیک شهر مذکور در محدوده حریم نهایی شهر و اراضی پیرامونی آن ارزیابی شد. نتایج حاکی از آن است که از مجموع ۲۲۵/۱۲ کیلومتر مربع مساحت محدوده مورد مطالعه، ۵۰/۲۱ کیلومتر مربع جهت توسعه شهری از تناسب زیادی برخوردار است و ۷/۲۶ کیلومتر مربع تناسب متوسط و ۱/۹۵ کیلومتر مربع تناسب کمی جهت توسعه شهری دارند و مساحت ۱۶۵/۷ کیلومتر مربع برای توسعه شهر قائن نامناسب ارزیابی شد و قابلیت توسعه شهری را ندارد. در حال حاضر، پراکنش فضایی مراکز جمعیتی شهر بیشتر در کاربری تناسب زیاد قرار دارد که به دلیل دارا بودن اراضی با شیب مناسب و شرایط خوب خاک‌شناسی و زمین‌شناسی ظرفیت بسیار خوبی برای توسعه و جمعیت‌پذیری دارد.

کلید واژه‌ها: ارزیابی توان اکولوژیک، فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، منطق فازی، روش ترکیب خطی وزن‌دار، تصمیم‌گیری چند معیاره

سرآغاز

درک مکانیسم فرآیند رشد شهری در برنامه‌ریزی و مدیریت شهری به منظور رسیدن به شکل شهری پایدار بسیار مهم است. تناسب زمین یکی از متغیرهای مهم موثر بر شهرنشینی است و باید در شبیه‌سازی و مدل‌سازی رشد شهری مورد توجه قرار گیرد. (Saxena & Jat, 2020) شهر پدیده‌ای جغرافیایی است که در بستر طبیعت و طی زمان شکل می‌گیرد. از این رو هر شهری می‌باید در درجه نخست با اعتبار امکانات طبیعی خود و با ارزیابی صحیح تجارب کسب شده در زمینه استفاده از منابع و امکانات موجود، به توسعه جامع و پایدار شهری دست یابد (Srivastava, 2003). با توجه به توسعه روزافزون شهرها، مشکلات بیشتری نیز به وجود می‌آید و به صورت مسایل بسیار جدی در زندگی روزمره بشر ظاهر می‌شود. از سویی نمی‌توان توسعه شهرها را که از جنبه‌های ضروری برای ادامه حیات و فعالیت‌های انسان است، محدود کرد بلکه باید شهرها را متناسب با نیازهای امروز و فردای بشر آماده کرد به طوری که از وارد کردن آسیب به محیط‌زیست نیز جلوگیری شود (Mirkatouli & Kanani, 2011). بنابراین، تنها راه کاهش تبعات توسعه، انجام دادن مطالعات محیط‌زیستی است که در حال حاضر، منطقی‌ترین راه برای مطالعات محیط‌زیست در چارچوب برنامه‌ریزی منطقه‌ای، دخالت دادن جنبه‌های اکولوژیک در برنامه‌ریزی و سازمان‌دهی کاربری زمین است (Hajizadeh et al., 2015).

اهمیت ارزیابی توان اکولوژیک سرزمین تا به آنجاست که چنانچه سرزمین بالقوه فاقد توان اکولوژیک مناسب برای اجرای کاربری خاصی باشد (حتی در صورت نیاز اقتصادی-اجتماعی به وجود آن کاربری) اجرای آن طرح نه تنها سبب بهبود وضعیت محیط‌زیستی منطقه نمی‌گردد، بلکه تخریب بیشتر محیط را نیز به ارمغان خواهد آورد (Brazier, 1998; Jozi, Rezaian, 2009). ارزیابی توان اکولوژیک به عنوان یک ضرورت در برنامه‌های اقتصادی-اجتماعی کشور می‌باشد. بنابراین بجاست که برای یافتن مکان‌های مناسب جهت توسعه شهری، تمرکززدایی و ایجاد تعادل در محیط‌زیست، کاهش بحران‌های محیط‌زیستی و توزیع مناسب خدمات عمومی شهری، تفکر و نظریه‌های برنامه‌ریزی شهری بر اساس دیدگاه‌های آمایش سرزمین و محیط‌زیست و به عبارتی «آمایش شهری» شکل

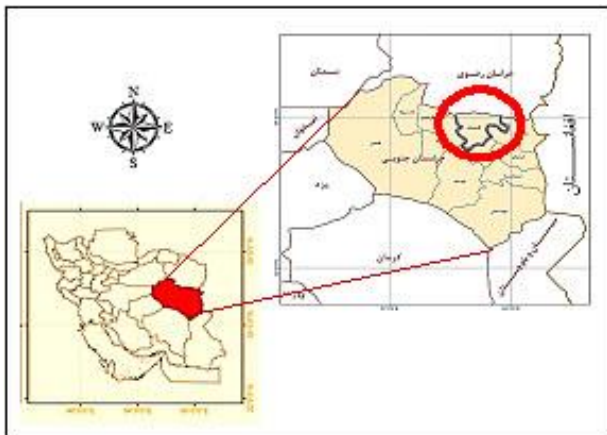
گیرد تا مانع اوج‌گیری بحران‌ها گردد (kamyab et al., 2011). در حال حاضر در کشور، اکثر نهادها جهت مکان‌یابی مناطق مناسب کاربری مدنظر خود متأسفانه صرفاً معیارهای خاص آن کاربری را مورد توجه قرار می‌دهند. در حالی که در امر مکان‌یابی، توجه به جنبه‌های اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی نیز لازم می‌نماید. از این رو، استفاده از یک رویکرد پیکسل-مینا، فازی و وزن‌دار، قادر خواهد بود انعطاف‌پذیری و دقت لازم را فراهم نماید (Reza soltani et al., 2012).

ارزیابی مستمر منابع با استفاده از رهیافت‌ها و ابزارهای توسعه پایدار از جمله روش ارزیابی چند معیاره^(۱) می‌تواند راهکار مناسبی برای برنامه‌ریزی در جهت کاهش فشارهای محیطی و تامین نیازهای شهری به صورت صحیح باشد. در زمینه توان اکولوژیکی سرزمین، تجربه کانادا و استرالیا نمونه‌های خوبی می‌باشند که از اواخر سال ۱۹۵۰ و اوایل ۱۹۶۰ اقدامات جدی در این زمینه در جهان به ویژه در این دو کشور آغاز شد (Arab Asadi & Rostami, 2016). از جمله سوابق مطالعات انجام شده در ایران، پژوهش انجام شده توسط (Rasooli et al., 2012) است که به ارزیابی روش‌های تحلیل سلسله‌مراتبی و ترکیب خطی وزنی در مکان‌یابی محل دفن مواد زاید شهری در شهرستان مرند پرداخته‌اند. (Dehshour et al., 2013)، فضاهای مناسب شهری را با استفاده از روش‌های تحلیل سلسله‌مراتبی و ترکیب خطی وزنی شناسایی و مکان‌یابی نموده‌اند. همچنین (Azizian et al., 2013) توان اکولوژیک حاشیه شهر تبریز را به منظور توسعه پایدار شهری با رویکرد MCE ارزیابی نمودند. در پژوهشی دیگر (saeidi, et al., 2014)، ارزش منظره‌ای سیمای سرزمین را در مسیرهای پیاده‌روی آبخیز زیارت استان گلستان به روش ترکیب خطی وزن‌دار ارزیابی و مدل‌سازی کرده‌اند. (Arab Asadi & Rostami, 2016) نیز به ارزیابی توان اکولوژیک شهر میامی به منظور توسعه پایدار شهری با استفاده از روش AHP پرداختند، مطالعات گسترده‌ای نیز بر روی موضوع ارزیابی توان با رویکرد ارزیابی چندمعیاره در محیط GIS در سطح جهان انجام گرفته است (Malczewski, 1999; Lotfi et al, 2009; Boroushaki & Malczewski 2010; Peng et al., 2014; Rajeshbhai Desai & Bhagat, 2017; Shekhar, 2017; Kara & Akcıt, 2021).

همچنین (Akinci et al., 2013) نیز با استفاده از روش AHP

روش تحقیق

یکی از مشکلات عمده در برنامه‌ریزی شهری با توجه به رشد جمعیت و کمبود مکان‌های مناسب برای رشد شهری، تعیین اراضی مناسب برای گسترش فیزیکی شهر می‌باشد. روش‌های ارزیابی چندمعیاری، مجموعه‌ی ارزشمندی از فنون و روش‌هایی



شکل (۱): موقعیت شهر قاین در استان خراسان جنوبی

را برای نشان دادن اولویت‌های تصمیم‌گیران و ترکیب آنها در مطالعات موردی برپایه‌ی GIS پیش رو می‌گذارد و در تبیین دامنه وسیعی از موقعیت‌های تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرند (Malczewski, 2006).

بهترین مدل، مدلی است که با کمترین تعداد عامل، بهترین نتیجه را به دست دهد (Hajizadeh et al., 2015). به منظور ارزیابی تناسب زمین و تحلیل‌های تصمیم‌گیری چند معیاری، روش‌ها و مدل‌های متعددی ابداع شده و توسعه یافته است. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از روش‌های ارزیابی و تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاری است که کاربرد وسیعی در عرصه‌ی علوم زمین و برنامه‌ریزی فضا و محیط دارد. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در دهه‌ی میلادی بوسیله‌ی ساعتی^(۳) ابداع شد و بعدها به وسیله‌ی محققین مختلف در ارزیابی‌ها و برنامه‌ریزی‌ها مورد استفاده قرار گرفت. AHP فضایی را نیز می‌توان به عنوان روشی برای رتبه‌بندی پتانسیل مناطق برای اختصاص آنها به یک کاربری خاص مورد استفاده قرار داد. GIS به عنوان روشی برای ارزیابی محیطی و AHP نیز به عنوان ابزاری برای تصمیم‌گیری و تحلیل مطرح می‌باشد که می‌تواند معیارهای چندگانه را تحلیل و مقایسه کند (Ahmadizadeh & Banay, 2009).

و GIS به بررسی تناسب زمین جهت کاربری کشاورزی به دلیل احداث سه سد بزرگ در کشور ترکیه پرداختند و مشخص شد که بیشترین تاثیر منفی را در منطقه مورد مطالعه، فاکتور شیب دارد. (Rashid, 2019) نیز از قابلیت رویکرد تجزیه و تحلیل تصمیم چند معیاره مبتنی بر GIS (MCDA) در فرمول‌بندی یک مدل مهاجرت فضایی به نام مدل پتانسیل مهاجرت برای مدل‌سازی توزیع بالقوه مهاجران در مناطق شهری استفاده کرده است.

تحقیق حاضر به دنبال پاسخ این سؤال است که با فرض بر اینکه مکان توسعه شهر (حریم) با توان اکولوژیکی به دست آمده از نتایج تحقیق انطباق دارد، چه مناطقی جهت توسعه شهری برای ۵۰ سال آینده مناسب هستند، به طوری که این مناطق با طرح تفصیلی شهر و توان اکولوژیک آن انطباق داشته باشد؟ شهر قاین دارای نرخ رشد جمعیتی معادل با ۱/۵۲ درصد (مرکز آمار ایران) در بازه زمانی ۱۳۹۰-۱۳۸۵ است. از آنجا که یکی از اهداف طرح‌های توسعه اخیر، گسترش شهری و صنعتی بوده، تعیین قابلیت‌های اکولوژیک شهر قاین به منظور توسعه شهری آن و نیز برنامه‌ریزی در جهت همگرایی طرح‌های توسعه و محیط‌زیست، ضروری به نظر می‌رسد. در این نوشتار تلاش می‌شود با استفاده از برخی عوامل و فاکتورهای طبیعی و همچنین کاربرد منطق فازی با رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره، تناسب زمین برای توسعه فیزیکی شهر قاین و اراضی پیرامونی آن ارزیابی شود.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه

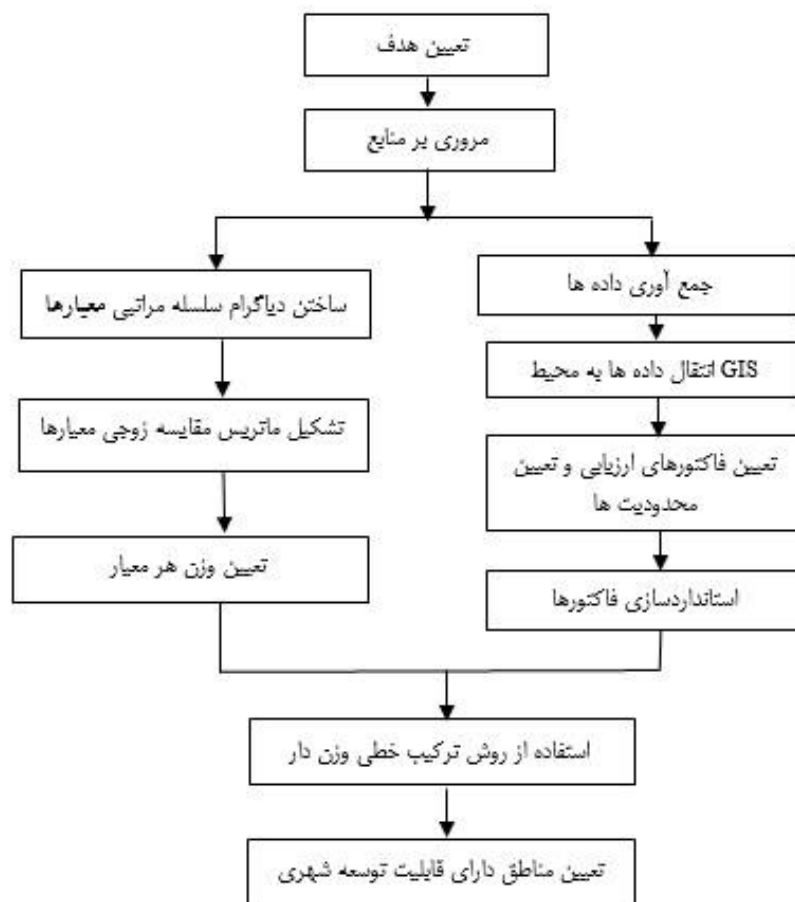
شهر قاین با وسعت تقریبی ۷/۲۶ کیلومترمربع مرکز اداری-سیاسی شهرستان قائنات (واقع در استان خراسان جنوبی) و مرکز اداری-سیاسی بخش مرکزی است. در مختصات جغرافیایی متوسط ۳۳ درجه و ۲۳ دقیقه عرض شمالی و ۵۹ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی واقع شده است. ارتفاع متوسط شهر از سطح دریا ۱۴۴۰ متر می‌باشد. مهمترین جبهه‌های هوا در منطقه، توده‌های سیبریایی و مدیترانه‌ای است. میانگین بارندگی سالانه ۱۸۵/۱ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالانه قاین ۱۳/۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. از لحاظ پهنه‌بندی شیب، شهر قاین در طبقه شیب ۱ تا ۲ درصد واقع شده است.

انتخاب معیارهای ارزیابی در نظر گرفت. بر این اساس، مراحل پژوهش حاضر جهت ارزیابی توان اکولوژیک توسعه شهری به شرح زیر می‌باشد (شکل ۲):

- شناسایی معیارهای موثر بر ارزیابی توان اکولوژیک شهر قائن،
- تهیه نقشه‌های معیار و محدودیت،
- استانداردسازی معیارها (با روش فازی) و محدودیت‌ها (با منطق بولین)،
- تعیین وزن معیارها با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی^(۶)
- ادغام معیارها و محدودیت‌ها با روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) به منظور ارزیابی توان اکولوژیک توسعه شهری قائن،
- طبقه‌بندی خروجی حاصل از ارزیابی توان اکولوژیک توسعه شهری با روش شکست طبیعی^(۷)

برای تحلیل ارزیابی چندمعیاری روش‌های متعددی وجود دارد که از میان آنها، روش ترکیب خطی وزن‌دار^(۴) نسبت به سایر روش‌ها رایج‌تر است. طی رویکرد ارزیابی چندمعیاری، با روش ترکیب خطی وزن‌دار به طرق گوناگون می‌توان در نتایج حاصل به نحوی تغییر ایجاد نمود که پاسخ‌های قابل قبول‌تری به دست آید از جمله تغییر در مقادیر آستانه، تابع فازی، وزن معیارها و تغییر محدوده طبقه‌بندی (Reza soltani et al., 2012).

در فرآیند ارزیابی چند معیاره^(۵)، پس از شناسایی هدف، مجموعه‌ای از معیارها مورد توجه قرار می‌گیرد که این معیارها پارامترهای قابل سنجش کمی در ارتباط با اهداف تصمیم‌گیری بوده و باید قابل اندازه‌گیری باشند. نقشه‌های معیار در دو نوع نقشه معیارهای عامل و نقشه‌های محدودیت تهیه می‌گردند. باید توجه داشت که فنون فراگیر و جهانی برای تعیین مجموعه‌ای از معیارهای ارزیابی وجود ندارد. از این‌رو، مطالعات موردی و اسناد دولتی مرتبط با موضوع موردنظر را می‌توان به عنوان راهنما در



شکل (۲): مدل مفهومی تعیین اراضی مناسب توسعه شهری

است و اندازه هر عنصر تصویر (پیکسل) در نقشه‌ها معادل ۱۰۰ در ۱۰۰ متر در نظر گرفته شد.

جهت تبدیل واحدهای نامتجانس معیارها به واحدهای مشابه و قابل مقایسه، استانداردهای داده‌ها^(۸) ضروری است. در این پژوهش به منظور استانداردسازی داده‌ها، روش فازی بکار گرفته شد. این روش احتمال عضویت یک پیکسل را به مجموعه‌های فازی با توجه به تابع عضویت فازی ارزیابی می‌کند. مجموعه‌های فازی فاقد مرز مشخصی هستند و عضویت یا عدم عضویت یک مکان در مجموعه‌ای خاص به صورت تدریجی است (Hosseini et al, 2011).

در این مرحله، استانداردهای فاکتورها و تبدیل آنها به مقیاس بایت^(۹) در بازه ۰ تا ۲۵۵ و در محیط نرم‌افزاری IDRISI توسط تابع عضویت تعریفی کاربر^(۱۰) برای نقشه‌های معیار (کیفی) زمین‌شناسی، خاک‌شناسی و کاربری اراضی صورت گرفت. همچنین به منظور استانداردسازی معیارهای فاصله از منابع آب و شیب، تابع عضویت خطی کاهشی و برای معیار فاصله از گسل تابع عضویت خطی افزایشی بکار گرفته شد. در این نرم‌افزار جهت فازی کردن نقشه‌ها با توابع خطی، باید موقعیت حداقل ۲ تا ۴ نقطه (a, b, c, d) بر روی نمودارهای خطی مشخص شود (Eastman, 2003). شکل (۳) نقشه‌های فاکتور که فازی شده‌اند را نشان می‌دهد.

در این پژوهش ابتدا با مروری بر منابع و تحقیقات انجام شده در زمینه ارزیابی توان توسعه شهری و نیز با بهره‌گیری از نظرات کارشناسان محیط‌زیست، معیارها و متغیرهای مختلفی که در برنامه‌ریزی توسعه شهری در شهر قائن دخالت دارند انتخاب شدند. انتخاب و تعیین این عوامل بواسطه این که امکان تهیه آنها وجود داشته، بوده است و همچنین تهیه لایه‌های مکانی برای برخی از عوامل و آماده‌سازی آنها بسیار هزینه بر یا مشکل است.

در راستای پژوهش (Hajizadeh et al., 2015)، از آنجایی که در ارزیابی‌های توان اکولوژیک بهتر است با کمترین داده ارزیابی بهتری انجام دهیم و همچنین گاهی تعداد زیاد معیارها، همپوشانی و همبستگی آنها را بالا می‌برد بنابراین، تعداد محدودی لایه که اطمینان حاصل شده با لایه‌های دیگر همبستگی ندارند، انتخاب گردید. بر این اساس معیارهای در نظر گرفته شده در این بررسی شامل ۶ معیار: شیب، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، فاصله از گسل، کاربری اراضی و فاصله از منابع آبی می‌باشد. سپس به منظور گردآوری اطلاعات و داده‌های موردنظر از طریق روش کتابخانه‌ای و مراجعه به سازمان‌ها و ادارات، اقدامات لازم انجام گرفت. جهت تحلیل فضایی و ارزیابی چندمعیاره از نرم‌افزار ایدرسی استفاده شد. برای کلیه نقشه‌ها سیستم مختصات UTM و بیضوی مبنا WGS1984 در نظر گرفته شد. محدوده مورد مطالعه در زون ۴۰ شمالی واقع شده

جدول (۱): حد آستانه و نوع تابع فازی جهت استانداردسازی نقشه‌های معیار در منطق فازی

نام تابع فازی	نوع تابع فازی	نقاط کنترل*				لایه نقشه
		a	b	c	d	
Linear	کاهشی	-	-	۳	۱۵	شیب (درصد)
Linear	کاهشی	-	-	۵۰۰	۷۲۵۰	فاصله از منابع آبی (متر)
Linear	افزایشی	۳۵۰	۵۲۸۰	-	-	فاصله از گسل (متر)

*در نرم‌افزار ایدرسی a, b, c و d محدوده‌های مجازی می‌باشند که توسط کاربر تعریف می‌شوند.

نقشه‌های محدودیت به کار گرفته شده را نشان می‌دهد. پس از استانداردسازی نقشه‌های معیار، باید وزن و اهمیت نسبی هر یک از آنها را در رابطه با هدف موردنظر تعیین نمود. در این پژوهش به منظور وزن‌دهی معیارها از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) استفاده شد. این روش ابزاری قدرتمند و انعطاف‌پذیر برای بررسی کمی و کیفی مسایل چند معیاری

پس از وزن‌دهی به معیارها و تهیه نقشه‌های فازی استاندارد، نقشه‌های محدودیت ایجاد شدند. محدودیت‌های استفاده شده در این تحقیق با مرور منابع و بهره‌گیری از نظرات کارشناسان تعیین شدند (جدول ۲). در این مرحله با استفاده از منطق بولین به عرصه‌های دارای محدودیت، ارزش صفر و به مناطقی که قابلیت توسعه دارند ارزش یک اختصاص داده شد. شکل (۴)

وزن‌های موردنیاز در محیط ایدریسی بکار گرفته شدند. برای تعیین درجه دقت و صحت وزن‌دهی نیز از نرخ سازگاری^(۱۱) که بر مبنای رویکرد بردار ویژه^(۱۲) تئوری گراف^(۱۳) محاسبه می‌گردد، استفاده می‌شود. چنانچه نرخ سازگاری معادل ۰/۱ یا کمتر از آن باشد وزن‌دهی صحیح است در غیر این صورت وزن‌های نسبی داده شده به معیارها باید تغییر یابند و ضروری است وزن‌دهی مجدداً انجام گیرد.

می‌باشد که خصوصیت اصلی آن بر اساس مقایسه‌های دو به دو است. در این پژوهش یک سری مقایسه دو به دو از اهمیت نسبی معیارها با استفاده از مقیاس ۹ کمیته ساعتی (جدول ۳) برای ارزیابی به عمل آمد. این مقایسه‌های دو به دو سپس برای ایجاد یکسری وزن‌ها (که جمع جبری آنها برابر یک است) تحلیل می‌شوند. معیارها و وزن‌های نسبی به دست آمده برای هر یک از معیارها، داده‌های ورودی اصلی برای تحلیل ارزیابی چند معیاری در محیط GIS می‌باشند. این وزن‌های نسبی به عنوان

جدول (۲): محدودیت‌های مورد استفاده در تعیین قابلیت توسعه شهری

محدودیت‌ها	ارزش صفر	ارزش غیر صفر
حریم آب شرب	تا ۱۰۰ متر	سایر مناطق
فاصله از غسل	تا ۳۵۰ متر	بیشتر از ۳۵۰ متر
شیب	< ۱۵ درصد	> ۱۵ درصد
کاربری اراضی	اراضی بدون پوشش گیاهی و بیرون‌زدگی سنگی / بیشه‌زار و درختچه‌زار	زراعت آبی / دیم / مرتع / مناطق مسکونی
خاک‌شناسی	پوشش خاکی خیلی کم عمق تا کم عمق سنگریزه‌دار و غیریکنواخت / غالباً لخت و فاقد پوشش گیاهی، خاک‌های کم‌عمق بر روی مارنهای گچی و نمکی	سایر مناطق
زمین‌شناسی	Recent alluvium	سایر مناطق

جدول (۳): مقیاس ۹ کمیته ساعتی

میزان اهمیت	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
تعریف	اهمیت برابر	اهمیت برابر تا متوسط	اهمیت متوسط	اهمیت متوسط تا قوی	اهمیت قوی	اهمیت قوی تا بسیار قوی	اهمیت بسیار قوی	اهمیت بسیار قوی تا فوق‌العاده قوی	اهمیت فوق‌العاده قوی

ساختاری پیوسته (۲۵۵-۰) فراهم می‌کند و بنابراین، اطلاعات مهم درباره درجه مطلوبیت را حفظ می‌نماید. ضمن آن که امکان اختصاص وزن‌های متفاوت را به معیارها می‌دهد که این کار منجر به جبران فاکتورها با هم می‌شود (Salman Mahini & Kamyab, 2011). همچنین سبب حفظ درجه اهمیت هر معیار و در نتیجه انتخاب مناطق مستعد با طیفی از تناسب و توجه به انواع معیارهای محیط‌زیستی و اقتصادی-اجتماعی می‌شود از طرفی می‌توان تعداد معیارهای ارزیابی را نیز متناسب با امکانات و محدودیت‌های پژوهش افزایش داد. گزارش Reza soltani et al., (2012) نیز موید این مطلب می‌باشد. در واقع روش ترکیب خطی وزن‌دار یک فن میانگین‌گیری است

پس از استانداردسازی و وزن‌دهی معیارها می‌توان ارزیابی چند معیاری که هدف از آن، انتخاب بهترین گزینه یا بهترین مکان یا پیکسل بر مبنای رتبه‌بندی آنها است را انجام داد. بنابراین، پس از این مراحل، نقشه‌های معیار مذکور با رویکرد ارزیابی چند معیاره و با روش ترکیب خطی وزن‌دار در محیط GIS با هم ترکیب شدند. این روش ضمن این که نسبت به سایر روش‌ها رایج‌تر است، دربردارنده رویکرد جبرانی نیز می‌باشد. بدین معنا که پایین بودن امتیاز یک معیار، توسط بالابودن معیاری دیگر جبران می‌شود. همچنین این روش می‌تواند در بررسی موضوعات مربوط به برنامه‌ریزی توسعه شهری کاربرد مطلوبی داشته باشد. این روش امکان استانداردسازی معیارها با منطبق فازی را در

می‌دهد، هر چه مقدار امتیاز بیشتر باشد تناسب زمین نیز بیشتر است.

یافته‌های تحقیق

در پژوهش حاضر، پس از تعیین معیارهای موثر و مشخص نمودن محدودیت‌ها، با به کارگیری توابع فازی مناسب (جدول ۱)، نقشه استاندارد شده معیارها به دست آمد. در گام بعدی مطابق جدول (۵)، معیارها از طریق روش تحلیل سلسله‌مراتبی وزن‌دار شدند. وزن‌های حاصل، اهمیت نسبی این پارامترها را در تعیین توان اکولوژیک توسعه شهر قائل نشان می‌دهند. در این پژوهش، شاخص سازگاری به‌دست آمده برای وزن‌دهی به معیارها معادل ۰/۰۴ بوده و از آنجایی که کمتر از ۰/۱ است نشان می‌دهد که وزن‌دهی به طور صحیح انجام شده است.

جدول (۴): نتایج حاصل از وزن‌دهی معیارها

وزن معیار	معیار
۰/۲۱۷۱	شیب
۰/۱۷۲۰	خاک‌شناسی
۰/۱۳۶۳	زمین‌شناسی
۰/۱۰۸۰	کاربری اراضی
۰/۲۸۷۷	فاصله از منابع آبی
۰/۰۷۸۹	فاصله از گسل

شکل (۳) نقشه‌های معیار (کیفی) فازی شده توسط تابع عضویت تعریفی کاربر (زمین‌شناسی، خاک‌شناسی و کاربری اراضی) و تابع عضویت خطی کاهشی برای معیارهای فاصله از منابع آب و شیب و تابع عضویت خطی افزایشی برای معیار فاصله از گسل را نشان می‌دهد.

به منظور ارزیابی توان اکولوژیک شهر قائل جهت کاربری توسعه شهری، نقشه‌های استاندارد شده و محدودیت‌ها با توجه به اوزان حاصل از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی با به کارگیری روش ترکیب خطی وزن‌دار مطابق آنچه شرح داده شد، با هم ادغام و در چهار طبقه تناسب زیاد، تناسب متوسط، تناسب کم و نامناسب طبقه‌بندی شدند. نقشه حاصل در شکل (۵) نمایش داده شده است. با توجه به این شکل، از مجموع ۲۲۵/۱۲ کیلومتر مربع مساحت محدوده مورد مطالعه (۲۵ کیلومتر از مرکز شهر به اطراف)، ۵۰/۲۱ کیلومتر مربع (۲۲/۳۰ درصد) برای توسعه

که نوع تحلیل‌ها را ما بین دو تابع AND (حداقل) و OR (حداکثر) قرار می‌دهد (Salman Mahini & Kamyab, 2011; Eastman, 2010). در این روش، به منظور تلفیق لایه‌های محدودیت و تهیه لایه نهایی محدودیت‌های منطقه از منطق تقاطع بولین (منطق AND) یا به عبارتی حاصلضرب محدودیت‌ها (ΠC_j)، استفاده می‌شود. در تلفیق محدودیت‌ها با استفاده از این منطق، وزن همه معیارها برابر در نظر گرفته می‌شود.

$$S = \sum W_j X_i \Pi C_j \quad (1)$$

در این رابطه:

S: مطلوبیت (Suitability map)، W_j: وزن فاکتور، X_i: ارزش فازی فاکتور، Π: نمایه حاصلضرب، C_j: معیار محدودیت

به عبارت دیگر ابتدا هر یک از فاکتورهای استاندارد شده با روش فازی، در وزن متناظر خود که حاصل فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی می‌باشد ضرب شدند. سپس با جمع نتایج حاصل و ضرب آن در حاصلضرب محدودیت‌ها، مناطق نامناسب حذف شدند و در نهایت نقشه تناسب اراضی برای کاربری توسعه شهری محدوده مورد مطالعه (شهر قاین) به دست آمد (شکل ۵).

در آخر، نقشه تناسب اراضی حاصله از روش ترکیب خطی وزن‌دار، با استفاده از روش بهینه‌سازی شکست طبیعی (Jenks) و تابع GVF^(۱۴) در محیط GIS به چهار طبقه تقسیم شد. در این روش، شکست‌های طبیعی هیستوگرام طوری استخراج می‌شوند که مجموع واریانس هر طبقه حداقل می‌باشد (Memarin et al., 2006):

$$GVF = 1 - \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{N_j} (Z_{ij} - \bar{Z})^2}{\sum_{i=1}^N (Z_i - \bar{Z})^2} \quad (2)$$

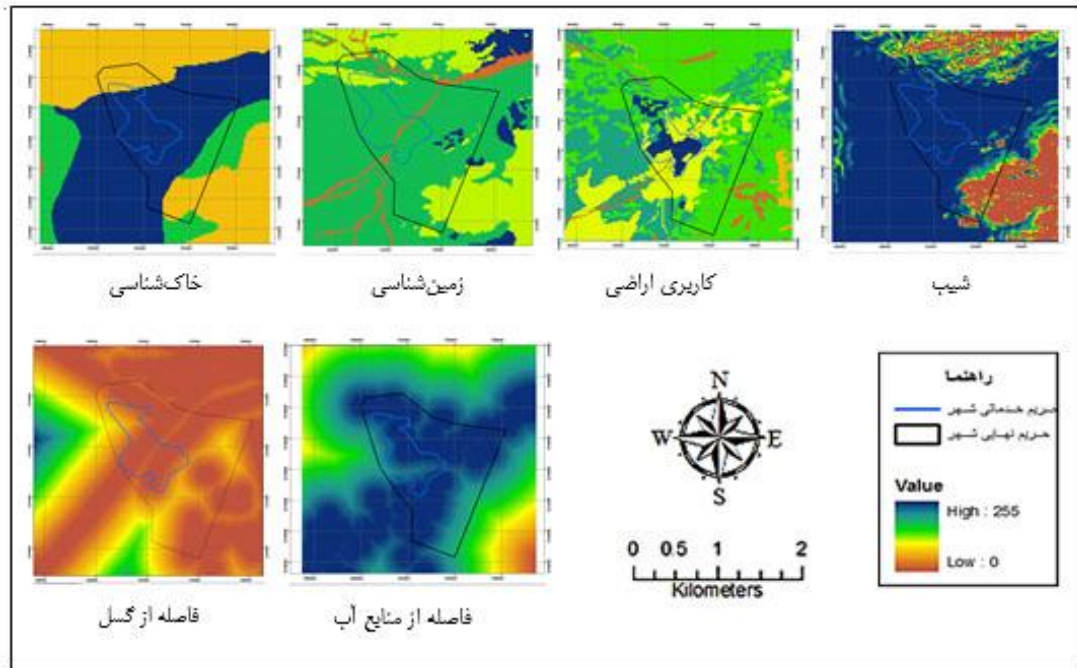
در این رابطه:

Z_i: شاخص داده و طبقه، K: تعداد طبقات، N: تعداد داده، Z_{ij}: ارزش استاندارد شده داده i در طبقه j، Z_j: میانگین استاندارد شده داده در طبقه j، Z_i: ارزش استاندارد شده داده i، Z: میانگین استاندارد شده داده.

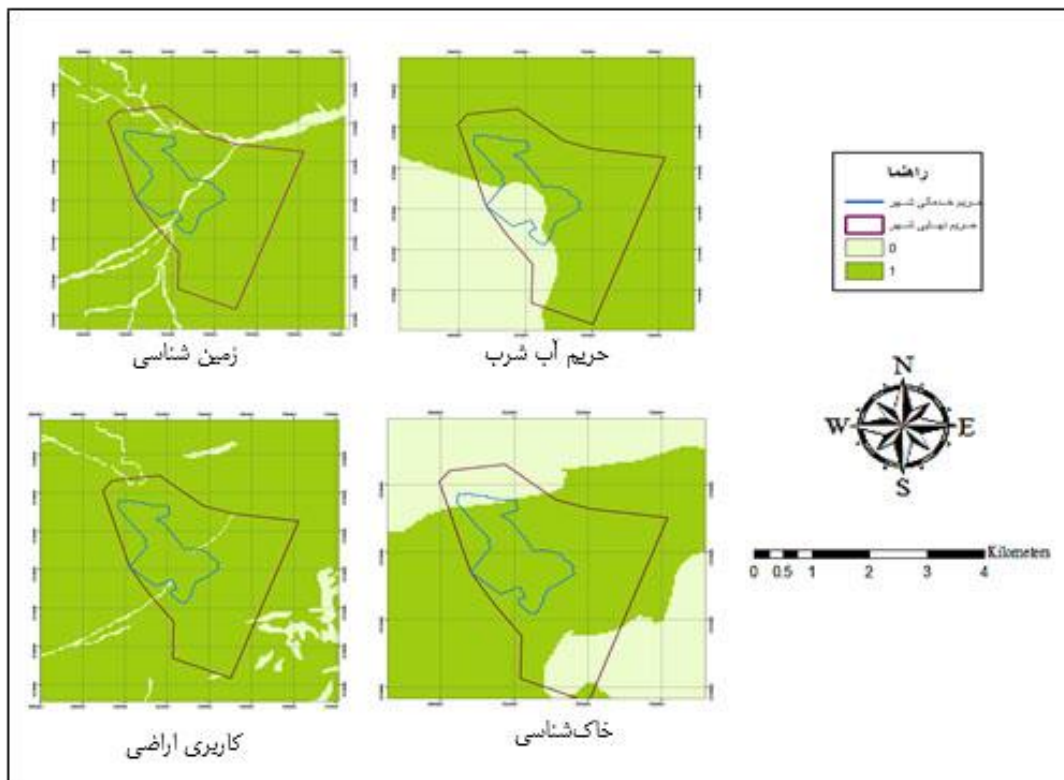
در نقشه‌ی نهایی تناسب زمین، هر پیکسل دارای امتیازی است که تناسب آن پیکسل را برای توسعه‌ی فیزیکی و شهری نشان

شهری دارند و مساحت ۱۶۵/۷ کیلومتر مربع (۷۳/۶۰ درصد) برای توسعه شهر قائن نامناسب ارزیابی شد و قابلیت توسعه شهری را ندارد.

شهری شهر قائن از تناسب زیادی برخوردار می‌باشند و ۷/۲۶ کیلومتر مربع (۳/۲۲ درصد) از منطقه مورد مطالعه تناسب متوسط و ۱/۹۵ کیلومتر مربع (۰/۸۶ درصد) تناسب کمی جهت توسعه



شکل (۳): لایه‌های اطلاعاتی استاندارد شده



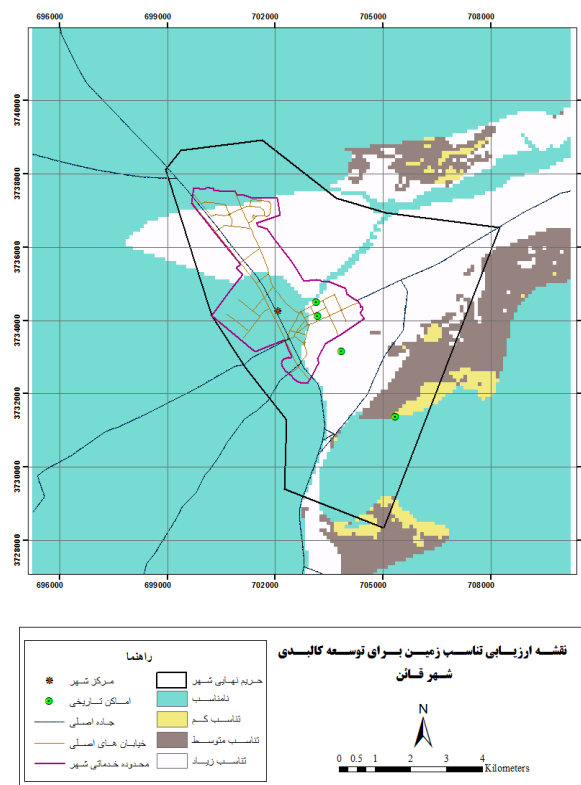
شکل (۴): نقشه محدودیت‌های مورد استفاده در تعیین قابلیت توسعه شهری قاین

این صورت برای محاسبه وزن عناصر نمی‌توان از قوانین سلسله‌مراتبی استفاده کرد. این مطلب را شاید بتوان یکی از مهمترین محدودیت‌های این روش برشمرد (Sharifipour et al., 2010).

در برخی از مطالعات انجام شده برای ارزیابی چند معیاره (Gharekhlou, 2009; Nuri and Jouzi, 2002)، از منطق بولین استفاده شده است. این منطق ضعف‌هایی دارد که در این پژوهش سعی بر آن بوده که با به کارگیری روش فازی، این ضعف‌ها را برطرف نماید. در روش بولین (صفر و یک) انعطاف‌پذیری مناسبی وجود ندارد. زیرا، مکان‌یابی بر اساس معیارهای مطلق و قطعی می‌باشد و دامنه مقادیر معیارها محدود است. این روش صرفاً به واسطه سادگی و سهولت کار مورد استفاده قرار می‌گیرد و در آن، حد میانه در نظر گرفته نمی‌شود و مکان تعیین شده باید به طور قطع معیارهای موردنظر را داشته باشد که این مساله برای مناطقی که حد میانه شرایط مدنظر را دارند نوعی نقص تلقی می‌شود در حالی که روش‌های مبتنی بر منطق فازی (مانند ترکیب خطی وزن‌دار) پاسخگوی شرایط مبهم و غیرقطعی است و به علت دارا بودن دامنه وسیعی از طبقه‌بندی‌ها (دامنه‌ی ۰-۲۵۵ و یا ۰-۱) از قدرت تصمیم‌گیری بالاتری برخوردار هستند. نتایج مشابهی توسط سایر محققان گزارش شده است (Reza soltani et al., 2012).

بدیهی است دقت نقشه‌ی نهایی تا حد زیادی وابسته به دقت نقشه‌های پایه و اندازه‌ی پیکسل‌ها می‌باشد. از طرف دیگر دقت هر مدل نیز به کیفیت پارامترها بستگی دارد. در پژوهش حاضر نیز چنانچه دقت بالاتری مدنظر باشد پیشنهاد می‌گردد ارزیابی در وسعت کمتر و با پیکسل‌هایی کوچکتر صورت گیرد، ضمن آن که می‌توان تعداد معیارهای ارزیابی را نیز متناسب با امکانات و محدودیت‌های پژوهش افزایش داد. به منظور ارزیابی دقیق‌تر، به کارگیری سایر لایه‌های اطلاعاتی از قبیل خطوط انتقال نیرو، حریم رودخانه، لرزه‌خیزی و فاصله از جاده توصیه می‌شود که در پژوهش حاضر امکان تهیه آنها وجود نداشته اما در صورت وجود و استفاده از آنها، نتایج بهتری حاصل خواهد شد.

بر اساس آنچه که در شکل (۵) نشان داده شده است بخش اعظم اراضی پیرامون شهر در محدوده مورد مطالعه، برای توسعه شهری توان مناسبی ندارند اما بخش شمال‌شرقی شهر به دلیل دارا بودن اراضی با شیب مناسب و شرایط خوب خاک‌شناسی و



شکل (۵): نتیجه ارزیابی تناسب زمین برای کاربری توسعه شهری شهر قاین

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر به منظور تعیین توان اکولوژیک شهر قاین جهت پهنه‌بندی مناطق مناسب توسعه شهری انجام گرفته است. بر این اساس، جهت تولید نقشه‌های محدودیت از منطق بولین و برای استانداردسازی معیارها از توابع فازی استفاده گردید. همچنین مقایسه زوجی معیارها و وزن‌دهی آنها با بهره‌گیری از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی صورت گرفت. مطالعات مختلفی پیرامون استفاده از این روش و تایید کارایی آن در ایران و جهان صورت گرفته است (Kooshki et al., 2020; Abhishek et al., 2017; Shenavar et al., 2016). انعطاف‌پذیری، ارزیابی معیارها و زیرمعیارها و امکان رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها از مزایای این روش هستند اما در عین حال، در یک سلسله مراتب باید وابستگی‌ها به صورت خطی (از بالا به پایین و برعکس) باشد. چنانچه وابستگی دوطرفه بوده، یعنی وزن معیارها به وزن گزینه‌ها و وزن گزینه‌ها نیز به وزن معیارها وابسته باشد، مساله از حالت سلسله مراتب خارج شده و تشکیل شبکه می‌دهد که در

شهری را ندارند. این امر ناشی از کم‌توجهی به معیارهای اکولوژیکی در تعیین حریم نهایی و توجه بیشتر به پارامترهای سیاسی و اقتصادی-اجتماعی می‌باشد. در محدوده حریم نهایی شهر، مساحت مناطقی که تناسب کمی برای توسعه شهری دارند ۱/۷۹ کیلومترمربع (۳/۱۰ درصد از مساحت حریم نهایی) و مناطقی که از تناسب متوسط برخوردار می‌باشند، ۶/۸۷ کیلومترمربع (۱۱/۹۲ درصد از مساحت حریم نهایی) می‌باشد. محدوده خدماتی شهر پس از انطباق با نقشه نهایی تناسب زمین، صرفاً در دو طبقه تناسب زیاد و نامناسب قرار دارد در این محدوده، از مجموع مساحت ۱۰/۹۹ کیلومترمربع، ۵/۶۷ کیلومترمربع آن (۵۱/۶ درصد مساحت محدوده خدماتی) دارای تناسب زیاد جهت توسعه شهری می‌باشند و ۵/۳۲ کیلومترمربع (۴۸/۴ درصد مساحت محدوده خدماتی) این محدوده برای توسعه شهری نامناسب هستند. از جمله دلایل تمرکز جمعیت در محدوده نامناسب از حیث توسعه شهری، فشارهای اقتصادی و پایین بودن قیمت زمین در این مناطق می‌باشد. به طور کلی ارزیابی توان اکولوژیک توسعه شهری با استفاده از روش ارزیابی چندمعیاری در محیط سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی می‌تواند ابزاری مناسب جهت همگرایی برنامه‌های توسعه شهری و توسعه پایدار نواحی شهری باشد.

یادداشت‌ها

1. Multi criteria evaluation (MCE)
2. Analytic Hierarchy Process (AHP)
3. Saaty, 1980
4. Weighted linear combination (WLC)
5. Multi criteria evaluation (MCE)
6. AHP
7. Natural Breaks
8. Standardization
9. Byte
10. User Defined
11. Consistency Ration (C.R)
12. Eigenvector
13. Graph Theory
14. Goodness of Variance Fit (GVF)

زمین‌شناسی ظرفیت بسیار خوبی جهت توسعه و جمعیت‌پذیری دارد و در حال حاضر، پراکنش فضایی مراکز جمعیتی شهر نیز بیشتر در کاربری تناسب زیاد قرار گرفته است. سمت شمال و جنوب شرقی عمدتاً توسط ارتفاعات محدود می‌شود. بنابراین، این سمت از شهر به دلیل نامناسب بودن شیب و مغایرت جدی آن با ضرورت‌های توسعه شهری، فاقد ظرفیت جمعیت‌پذیری است. به طور کلی، ارتفاعات به دلیل وجود شیب زیاد، ناهموار بودن اراضی، محدودیت زمین مناسب، نبود خاک مناسب، شرایط به نسبت سخت اقلیمی و مشکلات آرایه خدمات شهری به این مناطق برای استقرار شهر و جمعیت‌پذیری، خیلی مناسب نیستند. وجود ارتفاعات ابودر در شرق و جنوب شرقی و ارتفاعات مزار «علی‌آباد» در غرب و جنوب شرقی شهر یکی از عوامل طبیعی محدودکننده توسعه شهر می‌باشد. از دیگر موانع آن می‌توان به رودخانه‌های قاین و غرقاب، اقلیم خشک منطقه (جهت شرقی باد غالب که حاوی ماسه‌بادی است) و نیز واقع شدن شهر در پهنه با خطر نسبی بالای زمین‌لرزه اشاره کرد. شهر قاین و پیرامون آن بر روی دو واحد شکل زمین قرار گرفته است که عبارتند از: واحد دشت‌های دامنه‌ای نسبتاً ملایم با شیب نسبتاً ملایم (۲ تا ۳ درصد) و پستی و بلندی اندک، واحد دشت‌های دامنه‌ای ملایم با شیب ملایم (۵ تا ۲ درصد) که هر دو واحد سیل‌گیر و دارای خاک عمیق با بافت متوسط تا سنگین هستند و از جمله محدودیت‌های آنها فرسایش آبی، بادی و شوری در برخی قسمت‌هاست.

از انطباق حریم نهایی (بر اساس طرح جامع شهر قائن) با نقشه نهایی تناسب زمین شهر قائن (شکل ۵)، از مجموع ۵۷/۶۲ کیلومترمربع مساحت محدوده حریم نهایی شهر، بخش اعظم آن به مساحت ۲۷/۲۴ کیلومترمربع (۴۷/۳ درصد از مساحت حریم نهایی) در طبقه تناسب زیاد جهت توسعه شهری قرار گرفته و مطابق با اصول توسعه پایدار اکولوژیکی می‌باشد. ۲۱/۷۰ کیلومترمربع (۳۷/۷ درصد از مساحت حریم نهایی) از مساحت در نظر گرفته شده برای حریم نهایی شهر، در طبقه نامناسب توسعه شهری قرار دارد که از نظر اکولوژیکی قابلیت کاربری توسعه

فهرست منابع

Abhishek, R.D. & Sejal, S.B. 2017. Analysis of Suitable Locations of Urban Green Space based on AHP for Surat city. *Journals of Recent Activities in Infrastructure Science*. 2(1).

- Ahmadizadeh, S.R. & Banay Razavi, M. 2009. Suitability Analysis of Urban Green Space Areas using Analytical Hierarchy Processing (AHP) and GIS (Case study: Birjand), *Journal of Geographical Research*, 24 (2): 118-97 (In Persian).
- Arab Asadi, H. & Rostami, M. 2016. Miami Ecological Capability Evaluation for Urban Sustainable Development by Using AHP Method. *Human & Environment*, 14(2), 25-37 (In Persian).
- Azizian, M.S.; Naghdi, F. & Mulazadeh, M. 2013. Assessing the ecological potential of the suburbs of Tabriz for sustainable urban development with the MCE approach, *Journal of Urban Research and Planning*, Fourth Year, 13: 128-113 (In Persian).
- Boroushaki, S., & Malczewski, J. 2010. Measuring consensus for collaborative decision-making: A GIS-based approach. *Computers, environment and urban systems*, 34(4), 322-332.
- Brazier, A. & Greenwood, L. 1998. Geographic Information system: A consistent approach to land use planning decisions around hazardous installations. *Journal Hazardous Materials*, 61(1): 355-361.
- Dehshour, T. & Danehkar, A., & Al-Sheikh, A. & Ahmadian, R. 2013. Identification and location of suitable urban spaces with emphasis on environmental criteria (sample study: Mahmoudabad city of Mazandaran). *Land Management*, 5 (1), 155-179 (In Persian).
- Eastman, J.R. 2010. *Applied Remote Sensing and GIS with Idrisi*. Translated and compiled by: Mahini, A.S., Kamyab, H. Mehr mahdis Publications, Tehran. 582p.
- Eastman, Ronald. 2003. *Idrisi for windows user guide*. New York, Clark University.
- Gharekhlou, M.; Pourkhabaz, H.R.; Amiri, M.J. & Sabokbar, H.A.F. 2009. Urban land evaluation of Ghazvin region with geographic information system. *Urban and Regional Studies and Researches*, 2, 51- 68.
- Hajizadeh, F.; Mirkarimi, S.; Salman Mahiny, A. & Mohammadzadeh, M. 2015. Calculation of Ecological Conformity Urban of Development in Gorgan. *Town and Country Planning*, 7(2), 209-230. doi: 10.22059/jtcp.2015.57188 (In Persian).
- Hosseini, H.; Karam, A.; Safari, A. & Qanvati, A. 2011. Evaluating and locating the directions of physical development of the city using fuzzy logic model (Case study: Diwandara city), *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*, 20 (23): 83-63 (In Persian).
- Jozi, S.; Rezaian, S. 2009. A new model for evaluation of Iran's ecological capabilities to establish service and civil development application (case study: district 22 of Tehran). *Journal of Environmental Science and Technology*, 11(4), 127-138 (In Persian).
- kamyab, H.; Salman Mahiny, A.; Hoseini, S. & Gholamalifard, M. 2011. Using Neural Network for Urban Growth Modelling (Case Study: Gorgan City). *Human Geography Research*, 76: 113-99 (In Persian).
- Kara, C.; Akcit, N. 2021. The multi-criteria analysis for sustainable urban growth by using Fuzzy Method: case study Trikomo, Cyprus. *AIMS Geosciences*, 7(4), 623-636.
- Kooshki, P.; Pourkhabbaz, H. R.; Yousefi Khanghah, S. & Javanmardi S. 2020. Ecological Capacity Modeling of Urban Development (Case Study: Boroujerd City Margin). *MJSP*. 24 (2):111-140 (In Persian).
- Lotfi, S.; Habibi, K. & Koohsari, M. J. 2009. An Analysis of Urban land development using Multi-Criteria Decision Model and Geographical Information System (A Case Study of Babolsar City). *American Journal of Environmental Sciences*, 5(1): 87-93.
- Malczewski, J. 1999. *GIS and multicriteria decision analysis*. John Wiley & Sons.
- Malczewski, J. 2006. Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based multicriteria evaluation for land-use suitability analysis. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 8(4): 270-277.

- Memarian, H.; Tajbakhsh, M.; Safdari, A. & Akhondi, E. 2006. Statistical Landslide Risk Zonation on the Shourijeh Formation in GIS Framework (Case study: Estarkhy watershed in the northeast of Iran). URL: <http://www.ngdir.Ir/Papers/PapersDetail.asp>.
- Mirkatouli, J. & Kanani, M. 2011. Assessment of Ecological Capability of Urban Development by Using Multi-criteria Decision Making Model (MCDM) and GIS (Case Study: Sari City, Mazandaran Province). *Human Geography Research*. 75: 88-75 (In Persian).
- Nuri, J.; Jouzi, S.A. 2002. Ecological land evaluation in 22nd region of Tehran municipality for urban development. *Journal of Environmental sciences and Technology*, 12: 33-43.
- Rashid, M. F. A. 2019. Capabilities of a GIS-based multi-criteria decision analysis approach in modelling migration. *GeoJournal*, 84(2), 483-496.
- Rasooli, A.; Mahmoudzadeh, H.; Yazdchi, S. & Zarrinbal, M. 2012. Evaluation of hierarchical analysis methods and linear weight composition in locating landfills, geography and urban-regional planning, No. 4: 52-41 (In Persian).
- Reza soltani, S.; monavari, S.; Salman mahini, A. & Alesheikh, A. 2012. An Improved Integrated Model of Urban Development for Tehran Province. *Journal of Natural Environment*, 65(3), 379-392. doi: 10.22059/jne.2012.29791 (In Persian).
- Saaty, T. L. 1980. *The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resources allocation*. New York: McGraw.
- Saeidi, S.; mohammadzadeh, M.; Salmanmahiny, A. & mirkarimi, S. 2014. Assessing & modeling of landscape scenic values using the method of weighted linear combination (Case study: Walking tracks of Ziarat watershed, Golestan Province). *Journal of Natural Environment*, 67(3), 301-311. doi: 10.22059/jne.2014.52729 (In Persian).
- Salman Mahini, A. & Kamyab, H.R. 2011. *Remote Sensing & Applied Geographic Information Systems with Idrisi Software*, Mehr Mahdis Publications (In Persian).
- Saxena, A. & Jat, M. K. 2020. Land suitability and urban growth modeling: Development of SLEUTH-Suitability. *Computers, Environment and Urban Systems*, 81, 101475.
- Sharifipour, R.; Ahmadian, R. & Danehkar, A. 2010. Determining and prioritizing the location criteria of the new city of Pars using multi-location evaluation criteria and the application of hierarchical analysis, *Journal of Land Management*, 2 (2): 65-51 (In Persian).
- Shenavar, B.; Hosseini, S. M. & Orak, N. 2016. Assessing land capability for urban landuse by the weighted linear composition (WLC) in GIS (Case study: Zardrud watersheds of khouzestan province). *Journal of Environmental Science and Technology*. 18(3): 99-116.
- Srivastava, S.K. & Gupa, R.D. 2003. Monitoring of changes in landuse/ landcover using multi-sensor satellite data. *Map India Conference*.