محیط‌شناسی، دورهٔ ٤١، شمارهٔ ٣، پاییز ١٣٩٤، صفحهٔ ٦١٢-٥٨٩

ارزیابی توان اکولوژیکی یاسوج به منظور استقرار کاربری توسعهٔ شهری

سیدعلی جوزی[1]*، سیده‌زینب حسینی[2]

۱. دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکدهٔ فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی- واحد تهران شمال

۲. کارشناس ارشد، مهندسی منابع طبیعی، محیط‌زیست، ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان Zeinab.hosseini90@yahoo.com

تاریخ وصول مقاله:۹۲/۱۰/۱۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۹٤/٥/١٩

چکیده

حوزهٔ مطالعاتی یاسوج با مساحت ۱۲۷/۶ کیلومتر مربع منطقه‌ای کوهستانی است که در شرق استان کهگیلویه و بویراحمد واقع شده است. این مطالعه با هدف ارزیابی توان اکولوژیکی محدودهٔ مطالعاتی یاسوج به منظور استقرار کاربری توسعهٔ شهری انجام شده است. بدین منظور پس از شناسایی منابع اکولوژیکی عرصهٔ در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، لایه‌های اطلاعاتی به محیط نرم‌افزار Arc GIS معرفی شدند. از اطلاعات بیست‌ویک لایه به‌منزلهٔ نقشه‌های معیار استفاده شد. در این پژوهش از روش ارزشیابی چندمعیارهٔ مکانمند استفاده شد. نخست به تولید نقشه‌های معیار و استانداردسازی آن‌ها مبادرت شد. این مهم با استفاده از روش فازی و توابع خطی صورت گرفت. کار وزن‌دهی به معیارها، با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی در محیط نرم‌افزار Expert Choice انجام شد. با هدف تحلیل تناسب سرزمین از روش ترکیب خطی وزن‌دار استفاده و با تلفیق لایه‌های اطلاعاتی نقشهٔ فازی ارزیابی توان اکولوژیکی تهیه شد. نقشهٔ نهایی نشان می‌دهد که ۲۷/۸ درصد از منطقهٔ مورد مطالعه دارای توان عالی، ۴۰/۴۶ درصد از منطقه دارای توان خوب، ۱۳/۱۷ درصد از منطقه دارای توان متوسط برای استقرار کاربری توسعهٔ شهری است.

کلیدواژه

ارزیابی توان اکولوژیک، ارزشیابی چندمعیارهٔ مکانمند (SMCEM)، توسعهٔ شهری، سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی (GIS)، یاسوج.

۱. سرآغاز

ایجاد شهر از بدو شکل‌گیری تمدن بشری، همواره مورد نظر دولتمردان قرار گرفته است. شهرسازی همواره با مسائلی مانند توسعهٔ شهری، مشکلات اشتغال و بیکاری، مهاجرت، ترافیک، کمبود مسکن، حاشیه‌نشینی، افزایش بی‌رویهٔ جمعیت، تخریب و تبدیل اراضی، بروز آلودگی‌های آب، هوا، خاک، افزایش صدا و بسیاری از پدیده‌های دیگر همراه است. مشکلات شهری به یکدیگر پیوسته‌اند و در صورت بی‌توجهی به یکی از آنان، مشکلات دیگری بروز می‌کند. بروز مشکلات زیست‌محیطی در ابعاد مختلف، ناشی از رعایت‌نکردن ملاحظات و معیارهای زیست‌محیطی در مکان‌یابی شهرهای جدید است. گسترش بدون برنامهٔ شهرها و ترکیب‌بندی ناموزون آن‌ها اگرچه حاصل مجموعه‌ای از عوامل تاریخی - سیاسی و اقتصادی - اجتماعی است، سرچشمهٔ بسیاری از مسائل و بحران‌های زیست‌محیطی نیز شده است (شناور، ۱۳۸۷).

برای رسیدن به توسعهٔ پایدار داشتن برنامه‌ریزی با تکیه بر ارزیابی همه‌جانبهٔ محیط طبیعی امری ضروری است. با توجه به اینکه محیط‌زیست طبیعی، دارای توان اکولوژیکی محدودی برای استفاده‌های انسان است، ارزیابی توان اکولوژیکی به‌منزلهٔ هستهٔ مطالعات زیست‌محیطی با پیشگیری بحران‌های موجود، بستر مناسبی برای برنامه‌ریزی زیست‌محیطی فراهم می‌آورد. تحلیل قابلیت اراضی برای

* نویسنده مسئول: تلفن: ۰۹۱۲۶۱۹۴۶۷۶ Email: sajozi@yahoo.com

توسعهٔ شهری از اصلی‌ترین مقولاتی است که برنامه‌ریزان شهری با آن سر و کار دارند (نقدی و همکاران، ۱۳۹۰). در زمینهٔ ارزیابی توان اکولوژیکی سرزمین برای استقرار کاربری توسعهٔ شهری مطالعات مختلفی در دنیا انجام شده است که به مواردی از آن‌ها اشاره خواهیم کرد:

جوزی و رضاییان (۱۳۸۸)، به طراحی مدل نوین ارزیابی توان اکولوژیک سرزمین ایران به منظور استقرار کاربری توسعهٔ شهری و خدماتی پرداخته‌اند. در این پژوهش ابتدا با استفاده از روش دلفی و با تکمیل ۷۵۰ پرسش‌نامهٔ نظرسنجی خبرگان گرایش‌های مورد نظر، فاکتورهای مورد نظر اولویت‌بندی و تأثیرگذاری و میزان ارزش هر یک از عوامل شناسایی شده و آزمون تحلیل حساسیت مدل، به روش سیمپلکس و با استفاده از نرم‌افزار Lingo صورت گرفته است. از این مدل به طور مطالعهٔ موردی در ارزیابی توان منطقهٔ ۲۲ شهرداری تهران، استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که وجود عوامل محدودکننده‌ای همچون استقرار برخی از واحدهای زیست‌محیطی در مسیل رودخانه، مناطق عبور گسل، همچنین اراضی تپه‌ماهوری مانع از اختصاص این واحدها به کاربری توسعهٔ شهری و خدماتی می‌شود (جوزی و رضاییان، ۱۳۸۸).

قرخلو و همکاران (۱۳۸۸)، توان اکولوژیکی منطقهٔ قزوین را برای تعیین نقاط بالقوهٔ توسعهٔ شهری با استفاده از سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی ارزیابی کردند. در این تحقیق پس از مطالعهٔ پارامترهای اکولوژیک، اعم از پارامترهای فیزیکی (شامل توپوگرافی، ارتفاع، شیب، خاک، سنگ مادر، بارندگی و دما) و پارامترهای زیستی (شامل پوشش گیاهی و مناطق حفاظت‌شده) که در کاربری توسعهٔ شهری مؤثرند، شناسایی و نقشه‌سازی این پارامترها به کمک GIS[1] انجام شد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که تنها یک طبقهٔ (مناسب) کاربری توسعهٔ شهری در منطقهٔ مورد مطالعه وجود دارد (قرخلو و همکاران، ۱۳۸۸).

Merwe و Hendrik در سال ۱۹۹۷، به ارزیابی سرزمین و تصمیم‌گیری برای تنظیم توسعهٔ شهری در آفریقای جنوبی پرداخته‌اند. در این تحقیق در خصوص آنالیزهای چندمعیاره در محیط GIS برای ارزیابی توسعهٔ مناسب، با توجه به معیارهای مناسب و وزن‌دهی معیارها و تعیین مکان مناسب برای هر نوع کاربری، بحث شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که به دلیل مشارکت عمومی در فرایند تصمیم‌گیری، پذیرش تکنولوژی GIS یک تکنولوژی مناسب برای توسعهٔ کاربری‌هاست (Merwe and Hendrik, 1997).

Lwasa در سال ۲۰۰۵، استفاده از سرزمین در کامپالا[2] را با استفاده سیستم اطلاعات جغرافیایی برنامه‌ریزی کرده است. معیارهای استفاده‌شده در این مقاله عبارت‌اند از: شیب، خاک، زهکشی، فاصله از شبکهٔ جاده‌ای. این مقاله روش جایگزینی GIS مبتنی بر مدل آمایش شهری را به‌منزلهٔ روشی برجسته برای شناسایی معیارهای ارزیابی، طبقه‌بندی سرزمین بر اساس معیارها، ایجاد یک مدل مناسب و ارزیابی مناطق بالقوه و پیشنهادی برای مسکن با استفاده مدل مناسب را تصدیق می‌کند (Lwasa, 2005).

Dong و همکاران (۲۰۰۸)، توسعهٔ شهری جینگ جینجا در چین را با استفاده از سنجش از دور و تکنولوژی GIS ارزیابی کرده‌اند. ارزیابی سرزمین برای توسعهٔ شهری در مقیاس منطقه‌ای نیازی ضروری است، زیرا در نهایت مناسب‌ترین منطقه و مقیاس برای توسعهٔ شهری را مشخص می‌کند. در این مقاله سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی ادغام و یک مدل ارزیابی تکمیلی را توسعه دادند که از طریق تکنیک AHP[3] حمایت می‌شود. شاخص توسعهٔ شهری مناسب (UDSI)[4] با استفاده از این مدل محاسبه شده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که ارزیابی جامع توسعهٔ شهری می‌تواند در یک روش عملیاتی با استفاده از داده‌های سنجش از دور و تجزیه و تحلیل مکانی GIS و تکنیک مدل‌سازی AHP انجام شود (Dong, et al., 2008).

Xue و Bian در سال ۲۰۰۸، در مقاله‌ای کیفیت سرزمین با استفاده از GIS و MCE[5] را ارزیابی کردند. در این مقاله از ترکیب GIS و MCE به‌منزلهٔ یک تکنولوژی کلیدی برای ارزیابی کیفیت سرزمین اشاره شده است. این تکنولوژی برای طرح‌ریزی سرزمین در تانگشان[6] به کار برده شده است. این تحقیق نشان می‌دهد که تکنولوژی GIS همراه MCE می‌تواند اطلاعات منابع مرتبط را با هم ادغام و کیفیت و تناسب زمین را محاسبه کند (Xue and Bian, 2008).

Drobne و Lisec در سال ۲۰۰۹، در مقاله‌ای کاربرد آنالیزهای تصمیم‌گیری چندمعیاره را در محیط GIS بررسی کرده‌اند. در این مطالعه در مورد نقش رابطهٔ تصمیم‌گیری چندمعیاره در سیستم اطلاعات جغرافیایی و کاربرد سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در آنالیزهای تصمیم‌گیری چندمعیاره بحث شده است (Drobne and Lisec, 2009).

در مطالعات تعیین پتانسیل و توان اکولوژیکی، عموماً تحلیل‌های فضایی، چندمتغیره و چندمعیاری‌اند. برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیرندگان سرزمین برای حل مسائل خویش با طیف وسیعی از داده‌ها و اطلاعات مواجه‌اند که استفاده، تلفیق و تحلیل آن‌ها به سبب حجم بالا و ماهیت متفاوت، معمولاً بسیار پیچیده و مشکل است. سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی دارای قابلیت‌های فراوانی در زمینهٔ گردآوری، ذخیره، ویرایش، تحلیل داده‌ها و مدل‌سازی است، ازاین‌رو ابزار مفیدی برای برنامه‌ریزان فضایی در زمینهٔ ارزشیابی چندمعیاره محسوب می‌شود. برای تحلیل و ارزشیابی چندمعیارهٔ تناسب سرزمین، تاکنون روش‌های متعددی پیشنهاد شده که از این بین روش ترکیب خطی وزن‌دار از متداول‌ترین آن‌هاست. این روش به دلیل سادگی نسبی و راحتی اجرای آن در قالب سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی، همچنین دخیل‌کردن اطلاعات و تجارب تیم تحلیل‌گر و دیدگاه‌های آن‌ها در خصوص اهمیت و بازنگری معیارها، کاربردهای فراوانی در شاخه‌های مختلف علوم مدیریت و منابع طبیعی و محیط‌زیست دارد. در این مطالعه با هدف ارزیابی پتانسیل و توان اکولوژیکی یاسوج، تلاش شده است بر پایهٔ به کارگیری تکنیک ترکیب خطی وزن‌دار، تناسب منطقه برای کاربری توسعهٔ شهری با استفاده از سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی و تکنیک فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی AHP، پیش‌بینی شود.

یاسوج از نظر تقسیمات سیاسی کشور مرکز استان کهگیلویه و بویراحمد و شهرستان بویراحمد است که در بخش شرقی استان و در منطقهٔ کوهستانی و سردسیر زاگرس واقع شده است. این محدوده از سمت شمال به استان اصفهان، از سمت شرق و جنوب به استان فارس و از سمت غرب و جنوب‌غربی به شهرستان‌های دهدشت و گچساران محدود می‌شود. شیب عمومی گسترهٔ شهر از طرف جنوب‌شرقی به شمال‌غربی است و متوسط ارتفاع آن حدود ۱۸۵۰ متر از سطح دریاست (مزیدی و صفرزاده، ۱۳۹۰).

جمعیت یاسوج در سال‌های ۱۳۴۵، ۱۳۵۵، ۱۳۶۵، ۱۳۷۵، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ به ترتیب ۹۳۱، ۴۵۲۴، ۲۹۹۹۱، ۶۹۱۳۳، ۱۰۰۵۴۴ و ۱۰۸۵۰۵ نفر بوده است. متوسط رشد سالانهٔ این منطقه طی دوره‌های ۵۵-۴۵، ۶۵-۵۵، ۷۵-۶۵، ۸۵-۷۵ و ۹۰-۸۵ به ترتیب معادل ۱۷/۱، ۲۰/۸، ۱۰/۳۰، ۷/۲۰ و ۱/۵ درصد بوده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰). آمار نشان می‌دهد شهر دورهٔ اوج رشد جمعیت خود را طی کرده است و به مرور به سمت ثبات و تعادل جمعیتی پیش می‌رود.

بدون‌شک در بین تمامی شهرهای استان کهگیلویه و بویراحمد، یاسوج تنها شهری است که جمعیت و وسعت آن به طور شایان ملاحظه‌ای، آن هم به دلیل تمرکزهای خدماتی مختلف افزایش خواهد یافت. این شهر به دلیل ویژگی‌های خاص از جمله مرکزیت سیاسی و اداری استان، استقرار نهادها و سازمان‌های دولتی و برخورداری از خدمات و تسهیلات بیشتر نسبت به سایر شهرهای استان و

مهاجرت از شهرها و روستاهای استان به این شهر، تاکنون از رشد جمعیت بالایی برخوردار بوده است (فرج‌زاده، ۱۳۸۵). ازاین‌رو با برنامه‌ریزی بهینهٔ مبتنی بر اصول علمی و رعایت موازین اکولوژیک و ارزیابی قابلیت اراضی برای توسعهٔ شهری در چشم‌انداز آینده می‌توان از مشکلات آتی کاست یا حتی از آن جلوگیری کرد.

۲. مواد و روش‌ها

در این تحقیق برای تعیین پتانسیل و توان اکولوژیکی یاسوج به منظور استقرار کاربری توسعهٔ شهری از روش ارزشیابی چندمعیارهٔ مکانمند استفاده شده است. وسعت محدودهٔ مطالعاتی یاسوج ۱۲۷/۶ کیلومتر مربع و مقیاس استفاده‌شده در این تحقیق ۱:۱۰۰۰۰۰ بوده است. ابتدا معیارها و متغیرهای مورد نظر برای ارزشیابی مکانمند محدودهٔ مطالعاتی یاسوج مشخص شد. به منظور استانداردسازی ارزش‌ها و یکسان‌سازی مقیاس معیارها و لایه‌های اطلاعاتی از روش فازی و برای وزن‌دهی معیارها از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) استفاده شد. در نهایت برای تحلیل نهایی ارزشیابی چندمعیارهٔ مکانمند (SMCE) نیز از تکنیک ترکیب خطی وزن‌دار (WLC)[۷] بهره‌گیری شد.

۱.۲. تهیهٔ نقشه‌های منابع اکولوژیک با استفاده از سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی

برای تهیهٔ نقشه‌های لازم ابتدا کار شناسایی، تهیه و تولید منابع پایدار و ناپایدار انجام و معیارها و متغیرهای موردنظر برای ارزیابی حوزهٔ مطالعاتی یاسوج مشخص شد. با توجه به ماهیت و فرایند وقت‌گیر تولید نقشه‌ها و توان‌سنجی به منظور دسترسی و تأمین برخی داده‌ها به شکل جدول‌ها و نقشه‌های پشتیبان از اطلاعات موجود در دستگاه‌هایی چون استانداری منطقه، ادارهٔ کل منابع طبیعی، سازمان حفاظت محیط‌زیست استان، ادارهٔ کل هواشناسی استان بهره‌گیری شد. همچنین، نقشه‌های رقومی از جمله نقشهٔ توپوگرافی، زمین‌شناسی، خاک، نقشهٔ تیپ و تراکم پوشش گیاهی، کاربری اراضی و داده‌های مربوط به محیط اقتصادی و اجتماعی، اطلاعات مربوط به حیات‌وحش موجود در سطح منطقه و داده‌های هواشناسی شامل پارامترهای بارش، درجهٔ حرارت، رطوبت نسبی و سرعت باد غالب در ایستگاه‌های موجود و مجاور در منطقه و با بررسی گزارش‌های تهیه‌شده در منطقهٔ مورد مطالعه از طریق سایر سازمان‌های دولتی، اطلاعات مرتبط با محدودهٔ مورد مطالعه جمع‌آوری شد.

نقشه‌های تهیه‌شده در قالب برداری به محیط سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی منتقل شد. در این نرم‌افزار رابطه‌های توپولوژیک برای هر لایه نقشه تهیه و یک پایگاه اطلاعاتی طرح‌ریزی و تمامی لایه‌های منابع پایه منطقه به شکل هم‌مقیاس تهیه شد. برای کلیهٔ لایه‌ها سامانهٔ مختصات یکسان UTM[۸] پیش‌بینی شد. کل منطقهٔ مورد مطالعه در زون ۳۹ شمالی قرار دارد.

۲.۲. ارزشیابی چندمعیارهٔ مکانمند به روش ترکیب خطی وزن‌دار

در این مطالعه هدف از اجرای این تکنیک انتخاب بهترین گزینه (مکان) بر مبنای رتبه‌بندی آن‌ها از طریق ارزشیابی معیارها بود. روش ترکیب خطی بر اساس اهمیت نسبی هر معیار کار وزن‌دهی را انجام می‌دهد. در این روش ابتدا معیارها استاندارد می‌شوند. در ادامه از حاصل‌ضرب وزن نسبی در ارزش یا مقدار هر معیار، یک نمره یا امتیاز نهایی بر مبنای هر گزینهٔ مکانی حاصل می‌شود. در این بین گزینه‌ای که بیشترین امتیاز را کسب کند به‌منزلهٔ مکان یا طبقهٔ مناسب معرفی می‌شود. روش ترکیب خطی وزن‌دار رایج‌ترین تکنیک در تحلیل ارزیابی و تصمیم‌گیری چندمعیاره است. در این روش قاعدهٔ تصمیم‌گیری برای ارزیابی مقدار هر آلترناتیو یا گزینهٔ A_i از رابطهٔ زیر استفاده می‌شود.

$$A_i = \Sigma\ WjXij \qquad (۱)$$

در رابطهٔ ۱، X_{ij}: معرف نمرهٔ گزینهٔ iام در ارتباط با صفت jام و W_j: وزن استانداردشدهٔ هر یک از شاخص‌هاست، به طوری که مجموع وزن‌ها برابر یک است و آلترناتیو ارجح از طریق تعریف مقدار بیشینهٔ A_i انتخاب می‌شود. نمودار ۱ مراحل اجرای روش ترکیب خطی وزن‌دار در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی را نشان می‌دهد.

۳.۲. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی

به منظور طرح‌ریزی مدل، گام نخست تعیین معیارهای مناسب است. بدین‌منظور با توجه به شناسایی وضعیت جغرافیایی و محیطی یاسوج به‌منزلهٔ محل تحقیق، پارامترهای زیست‌محیطی یاسوج از قبیل عوامل و عناصر اقلیمی، شکل زمین، سنگ مادر، خاک، منابع آب، پوشش گیاهی و اطلاعات توپوگرافی و قابلیت اراضی و حریم‌های موجود در منطقه بررسی شد. سپس، معیارهای مؤثر در ارزیابی توان توسعهٔ شهری با استفاده از مطالعات گذشته‌نگر و کتابخانه‌ای انجام شده است که مهم‌ترین مراجع آن در سطح کشور: مدل اکولوژیکی کاربری توسعهٔ شهری روستایی و صنعتی (مخدوم، ۱۳۸۷) و مدل نوین کاربری توسعهٔ شهری و خدماتی (جوزی و رضاییان، ۱۳۸۸) بوده است. همچنین به منظور رعایت الگوهای محیط‌زیستی، ۲۱ معیار مؤثر برای ارزیابی توان اکولوژیکی یاسوج به منظور استقرار کاربری توسعهٔ شهری انتخاب شد که عبارت‌اند از: جهت جغرافیایی، شیب، ارتفاع از سطح دریا، بافت خاک، عمق خاک، سنگ مادر، سازندهای زمین‌شناسی، آب‌های سطحی، کمیت منابع آب در واحد سطح، متوسط بارندگی سالیانه، متوسط درجهٔ حرارت سالیانه، سرعت باد، تیپ و تراکم پوشش گیاهی، کاربری اراضی، گسل‌ها، حریم جنگل‌ها و مراتع درجهٔ ۱ و ۲، اراضی زراعی، فاصله از منابع آب، فرودگاه و شهرک‌های صنعتی.

تشکیل ساختار سلسله‌مراتبی: در این مرحله در گام نخست ساختار سلسله‌مراتبی با هدف ارزیابی توان اکولوژیکی یاسوج به منظور استقرار کاربری توسعهٔ شهری تشکیل شد. در این ساختار، محیط فیزیکوشیمیایی، بیولوژیکی و محیط اقتصادی و اجتماعی به‌منزلهٔ معیارهای اصلی در سطح دوم ساختار سلسله‌مراتبی، در سطح سوم زیرمعیارهای هر سه محیط و در سطح آخر فاکتورهای زیرمعیارهای انتخاب‌شده، قرار گرفتند. سپس، زیرمعیارهای ساختار سلسله‌مراتبی در محیط فیزیکوشیمیایی به عوامل فیزیوگرافی، خاک‌شناسی، زمین‌شناسی، منابع آب، عوامل اقلیمی و محیط بیولوژیکی به تراکم پوشش گیاهی و تیپ پوشش گیاهی و محیط اقتصادی و اجتماعی به کاربری اراضی و حریم‌ها طبقه‌بندی و نسبت به معیارهای اصلی با یکدیگر مقایسهٔ زوجی شدند.

در محیط فیزیکوشیمیایی پارامترهای فیزیوگرافی شامل شیب، ارتفاع، جهت و پارامترهای خاک‌شناسی شامل بافت و عمق خاک و پارامترهای زمین‌شناسی شامل سنگ مادر، سازندها و پارامترهای منابع آب شامل رودخانه‌ها، کمیت منابع آب در واحد سطح و پارامترهای اقلیم شامل متوسط درجهٔ حرارت سالیانه، متوسط بارندگی سالانه و سرعت باد غالب با یکدیگر مقایسهٔ زوجی شدند. در محیط اقتصادی و اجتماعی پارامترهای حرایم شامل گسل‌ها، جنگل‌ها و مراتع درجهٔ یک و دو، رودخانه‌ها، اراضی زراعی، فرودگاه و شهرک‌های صنعتی با یکدیگر مقایسهٔ زوجی شدند.

برای اولویت‌بندی بین معیارهای مختلف به معیارهای منتخب وزن داده شد تا درجهٔ اهمیت هر فاکتور یا معیار در تعیین توان یا ظرفیت برد منطقه قابل محاسبه باشد. وزن‌دهی در این بخش نسبی است. سیستم نمره‌دهی در این روش بر اساس طیف ۹تایی ساعتی صورت می‌گیرد که در جدول ۱ روند ترجیحات سیستم نشان داده شده است.

نمودار ۱. فرایند روش ارزشیابی چندمعیارهٔ مکانمند

جدول ۱. سیستم نمره‌دهی در فرایند سلسله‌مراتبی

کاملاً مرجح	Extremely preferred	۹
ترجیح خیلی قوی	Very strongly preferred	۷
ترجیح قوی	Strongly preferred	۵
کمی مرجح	Moderately preferred	۳
ترجیح یکسان	Equally preferred	۱
ترجیحات بین فواصل	-	۸، ۶، ۴، ۲

(قدسی‌پور، ۱۳۸۹)

در این پژوهش پس از آنکه معیارهای حائز اهمیت در ساختار سلسله‌مراتبی کاربری توسعهٔ شهری تعیین و ماتریس‌های مقایسهٔ زوجی در هر سطح ایجاد شدند، جداول تهیه‌شده در قالب پرسش‌نامه‌های زوجی در اختیار کارشناسان دفتر فنی استانداری و معاونت برنامه‌ریزی استانداری استان کهگیلویه و بویراحمد قرار گرفت. کارشناسان مربوطه بر اساس تخصص و تجربهٔ خود به پرسش‌نامهٔ مربوطه بر اساس مقایسهٔ دو به دویی و با رتبه‌بندی ۹ تا یک نهم، مقادیر دلخواه خود را وارد ماتریس‌ها کردند.

عناصر قطر اصلی ماتریس، یک است، زیرا هر شاخص با خودش مقایسه می‌شود. همچنین، مقادیر زیر قطر اصلی معکوس مقادیر بالای قطر اصلی ماتریس‌اند. در این روش اگر اهمیت پارامتر موجود در سطر بیشتر از پارامتر واقع در ستون باشد، میزان اهمیت با اعداد صحیح نشان داده می‌شود.

سپس، قضاوت‌های فردی با استفاده از میانگین هندسی آن‌ها به قضاوت گروهی برای هر مقایسهٔ زوجی تبدیل شد. بدین ترتیب با استفاده از پرسش‌نامهٔ مخصوص AHP برای اولویت‌دهی بین معیارهای مختلف ارزشیابی، به هر یک از معیارها که بیانگر محیط فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی و اقتصادی- اجتماعی است، وزنی اختصاص داده شد.

x_{ijl}: مؤلفهٔ مربوط به شخص kام برای مقایسهٔ سیستم i به سیستم j است. بنابراین، میانگین هندسی برای تمامی مؤلفه‌های متناظر به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$x_{ij} = (\Pi^{k}_{l=1}\, x_{ijl})^{1/k} \qquad (۲)$$

در مرحلهٔ بعد با استفاده از نرم‌افزار EXPert Choice وزن هر یک از شاخص‌ها نسبت به شاخص‌های سطح بالاتر محاسبه و با تلفیق وزن نسبی، وزن نهایی هر معیار مشخص شد. معیاری که وزن بیشتری را کسب کرده، دارای اهمیت بیشتری نسبت به سایر معیارهاست.

۴.۲. استانداردسازی به روش فازی

در این تحقیق با استعانت از روش فازی و توابع خطی، استانداردسازی نقشه‌های معیار انجام شد. بر اساس این منطق، بین حالت قابل قبول و غیر قابل قبول، می‌توان درجات مختلف مقبولیت را تصور کرد. معمولاً دامنهٔ تغییرات استانداردسازی بین اعدادی مثل ۰ و ۱ (مقیاس اعداد حقیقی) یا ۰ و ۲۵۵ (مقیاس بایت) است که با یک تابع عضویت، مشخص می‌شود. به منظور فازی‌کردن نقشه‌های فاکتور، تعیین مقادیر آستانهٔ معیارها، نوع و شکل تابع عضویت آن‌ها ضرورت دارد. در منطق فازی، هر منطقه با توجه به میزانی که معیار مورد نظر را رعایت می‌کند، مقدار عضویتی می‌گیرد که بیان‌کنندهٔ میزان مطلوبیت آن ناحیه است. بدین‌ترتیب هر ناحیه، با مقدار عضویت بالاتر از مطلوبیت بالاتری برخوردار است. ازاین‌رو عدد ۱ از بالاترین مطلوبیت و عدد صفر فاقد مطلوبیت است و طیفی از ارزش‌ها بین این دو عدد قرار می‌گیرند.

تابع عضویت فازی از طریق رابطهٔ خطی بین مقدار حداقل تعیین‌شده از سوی کاربر (دارای عضویت صفر) تا مقدار حداکثر تعیین‌شده از سوی کاربر (دارای عضویت یک) مشخص می‌شود. در اجرای دستور، دو حالت کمینه و بیشینه برای داده‌ها در نظر می‌گیرد. تمامی ارزش‌های کمتر از عدد کمینهٔ داده‌شده به سیستم، عضویت صفر به خود می‌گیرند و تمامی ارزش‌های بزرگ‌تر از عدد بیشینهٔ داده‌شده، عضویت ۱ می‌گیرند.

۳. نتایج

به منظور تعیین پتانسیل و توان اکولوژیک محدودهٔ مطالعاتی یاسوج برای استقرار کاربری توسعهٔ شهری نخست نقشه‌های ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت جغرافیایی به شرح زیر تولید شد:

۱.۳. تهیهٔ نقشهٔ ارتفاع از سطح دریا

برای تهیهٔ نقشهٔ ارتفاع از سطح دریا، از ویژگی‌های خطوط میزان منحنی روی نقشهٔ توپوگرافی استفاده شد. برای تهیهٔ نقشهٔ طبقات ارتفاع از سطح دریا در محیط GIS ابتدا مدل رقومی ارتفاعی DEM[9] تهیه شد. سپس با استفاده از فرمان Spatial Analyst Tools طبقه‌بندی و نوسان طبقات یا تعداد طبقات مورد انتظار تعیین و با استفاده از فرمان Conversion Tools نقشهٔ حاصل از غالب رستری به برداری تبدیل شد.

۲.۳. تهیهٔ نقشهٔ شیب

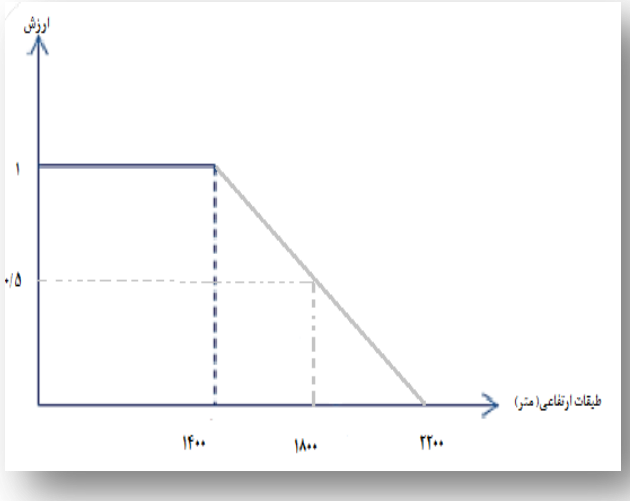
خطوط میزان منحنی، تغییرات شیب هر ناحیه را که می‌تواند از صفر تا ۹۰ درجه نوسان داشته باشد نشان می‌دهد. با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی DEM، نقشهٔ طبقات شیب در محیط GIS از طریق فرمان‌های Spatial Analyst Tools و Surface تهیه و از طریق فرمان Conversion Tools، از غالب رستری به وکتوری تبدیل می‌شود.

۳.۳. تهیهٔ نقشهٔ جهت جغرافیایی

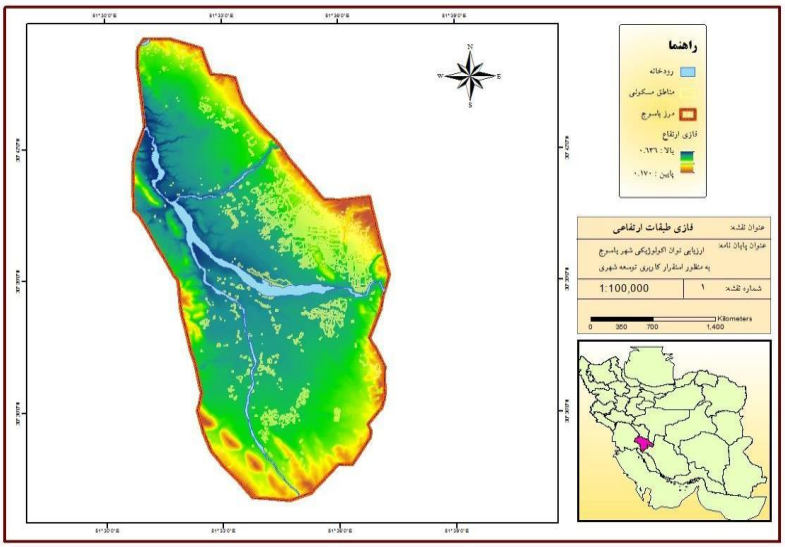
با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی DEM، نقشهٔ طبقات جهت جغرافیایی در محیط GIS از طریق فرمان‌های Spatial Analyst Tools و Surface تهیه و از طریق فرمان Conversion Tools از غالب رستری به وکتوری تبدیل شد. تعداد طبقات جهت جغرافیایی، به ۹ طبقه تقسیم شد.

۴.۳. نتایج استانداردسازی نقشه‌های معیار در محیط GIS به روش فازی

لایهٔ طبقات ارتفاعی: طبق تجربیات مناسب‌ترین طبقه‌بندی ارتفاع از سطح دریا برای ایران و در منطقهٔ زاگرس، حوزهٔ مطالعاتی یاسوج دارای دو طبقه است که بیشترین ارتفاع در این منطقه ۲۱۰۰ است. لایهٔ طبقات ارتفاعی رستری منطقهٔ مطالعاتی یاسوج برای استانداردسازی با استفاده از تابع خطی فازی بین صفر و یک طبقه‌بندی مجدد شد. در این تابع ارتفاع ۲۲۰۰ به‌منزلهٔ لایهٔ محدودیت در نظر گرفته شده است، در منطقهٔ مورد مطالعه بالاترین ارتفاع ۲۱۰۰ است. طبقهٔ ارتفاعی ۱۴۰۰ ارزش یک و طبقات ارتفاعی بین ۲۲۰۰–۱۴۰۰ عضویتی از صفر تا یک را به خود می‌گیرند. نمودار ۲ تابع خطی استانداردسازی فازی طبقات ارتفاعی و نقشهٔ ۱ لایهٔ استانداردشدهٔ طبقات ارتفاعی را نشان می‌دهد. در این تابع مقدار ماکسیمم و مینیمم به ترتیب طبقاتی‌اند که ارزش یک و صفر دارند.

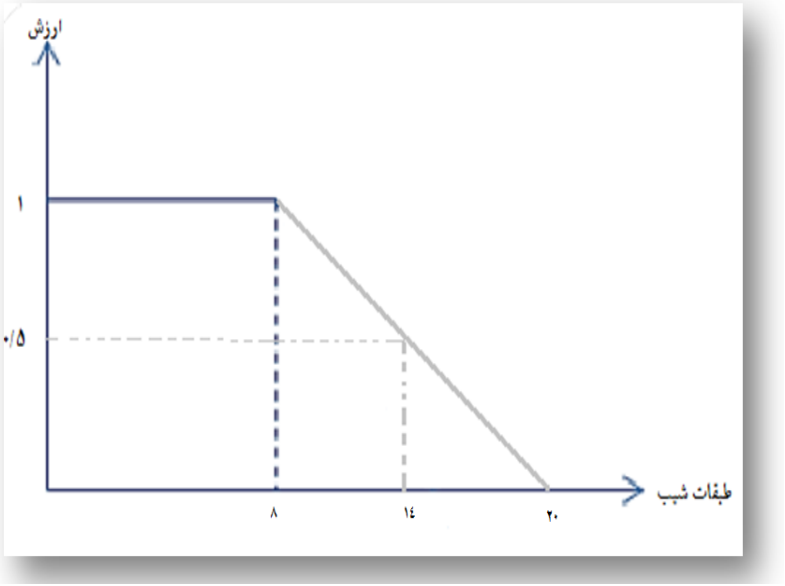


نمودار ۲. تابع خطی طبقات ارتفاعی

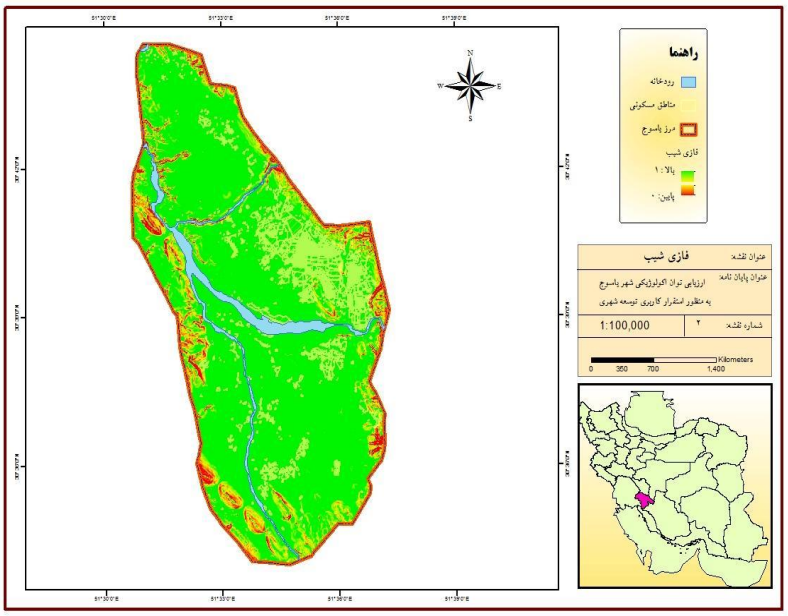


نقشهٔ ۱. نقشهٔ استانداردشدهٔ طبقات ارتفاع (۱۳۹۱)

لایهٔ طبقات شیب: تعداد طبقات شیب طبق تجربیات و رایج‌ترین طبقه‌بندی در GIS، به ۹ طبقه تقسیم شد: ۲-۰، ۵-۲، ۸-۵، ۱۲-۸، ۱۵-۱۲، ۲۰-۱۵، ۳۰-۲۰، ۶۵-۳۰ و بیشتر از ۶۵. در این لایه شیب بالای ۲۰ به‌منزلهٔ لایهٔ محدودیت در نظر گرفته شده است. طبقات شیب محدودهٔ مطالعاتی یاسوج برای استانداردسازی با استفاده از تابع خطی فازی بین صفر و یک طبقه‌بندی مجدد شدند. در این تابع شیب بالای ۲۰ درجه به‌منزلهٔ لایهٔ محدودیت در نظر گرفته شده است. شیب ۱ تا ۹ درجهٔ ارزش یک و طبقات بین ۹ تا ۲۰ درجهٔ عضویتی از صفر تا یک را به خود می‌گیرند. نمودار ۳ تابع خطی فازی و نقشهٔ ۲ نقشهٔ لایهٔ استانداردشدهٔ طبقات شیب را نشان می‌دهد.

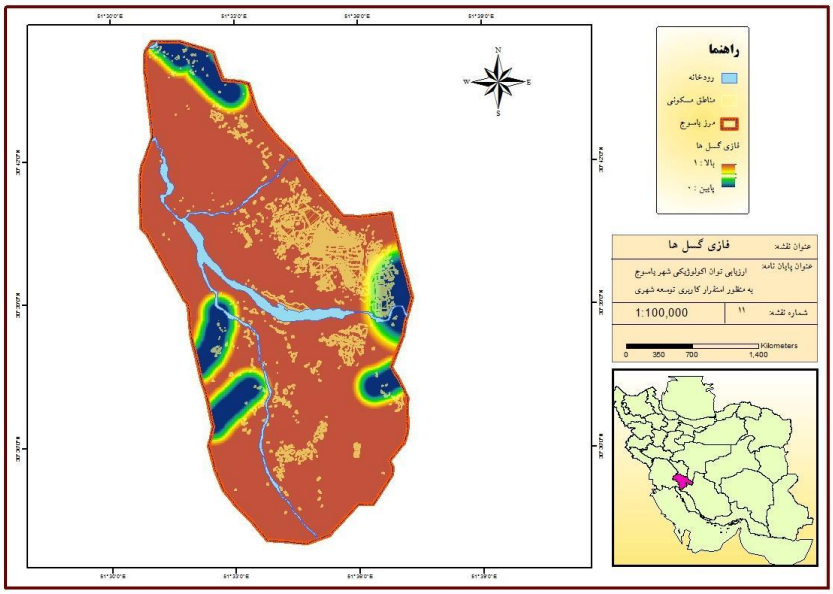


نمودار ۳. تابع خطی طبقات شیب



نقشهٔ ۲. نقشهٔ استانداردشدهٔ طبقات شیب (۱۳۹۱)

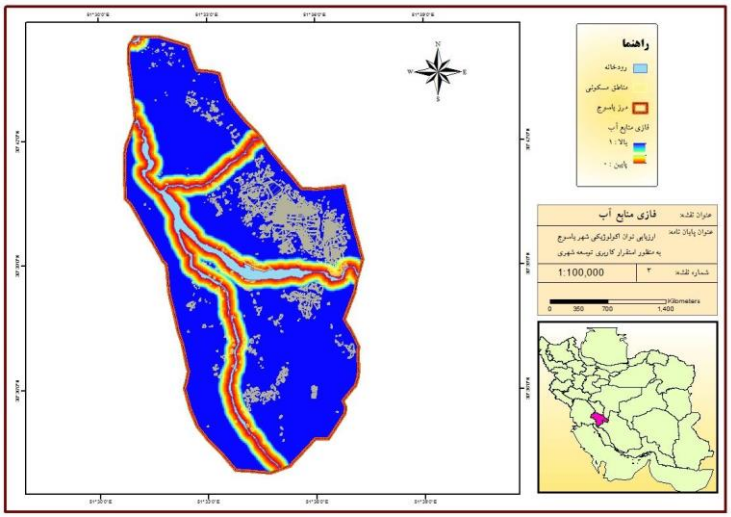
گسل‌ها: برای اجرای محدودیت‌ها، حریم گسل‌های اصلی و فرعی طبق ضوابط و مقررات وزارت مسکن و شهرسازی به ترتیب ۱۰۰۰ و ۳۰۰ متر در نظر گرفته شده است. برای تهیهٔ نقشه‌های فازی گسل‌های اصلی و فرعی در محیط GIS، ابتدا از طریق فرمان Distance حریم‌های رستری برای آن‌ها ایجاد و در نهایت تابع خطی فازی برای گسل‌ها اجرا شد. در این مطالعه نقشه‌های فازی گسل‌های اصلی و فرعی جداگانه تهیه و در نهایت با هم تلفیق شدند. برای گسل‌های اصلی مقدار مینیمم ۱۰۰۰ متر و برای گسل‌های فرعی ۳۰۰ متر در نظر گرفته شده است. نقشهٔ ۳ نقشهٔ استانداردشدهٔ گسل‌های اصلی و فرعی در محدودهٔ مطالعاتی یاسوج را نشان می‌دهد.



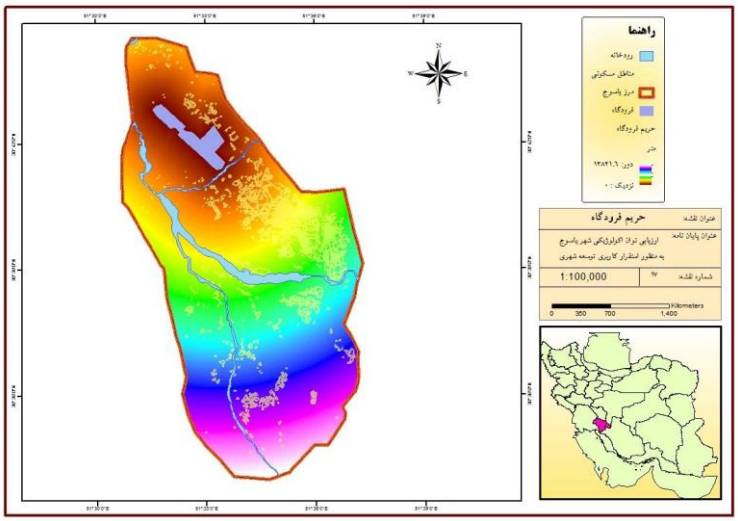
نقشهٔ ۳. نقشهٔ استانداردشدهٔ گسل‌های اصلی و فرعی (۱۳۹۱)

لایهٔ فاصله از منابع آب‌های سطحی: برای تهیهٔ نقشه‌های استانداردشدهٔ فازی فاصله از منابع آب‌های سطحی ابتدا از طریق فرمان Distance حریم رستری ایجاد، سپس بر اساس ضوابط و مقررات وزارت نیرو، تابع خطی حریم رودخانه‌ها ترسیم شد. در این تابع فاصله‌های کمتر از ۱۰۰ متر ارزش صفر به خود گرفتند. نقشهٔ ۴ نقشهٔ استانداردشدهٔ فاصله از آب‌های سطحی در محدودهٔ مطالعاتی یاسوج را نشان می‌دهد.

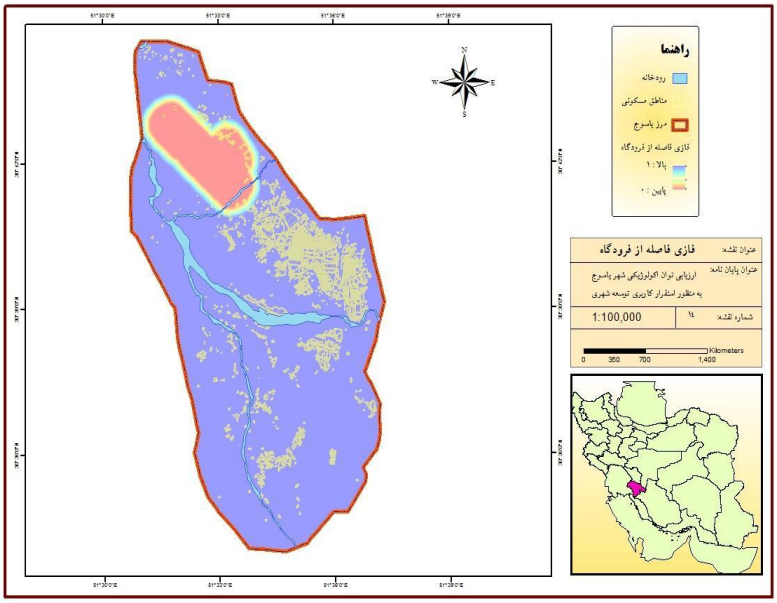
لایهٔ فاصله از فرودگاه: برای تهیهٔ نقشهٔ استانداردشدهٔ لایهٔ فاصله از فرودگاه ابتدا با استفاده ار فرمان Distance حریم رستری برای آن ایجاد، سپس با استفاده از ضوابط و مقررات موجود تابع خطی برای آن ترسیم شد. در این تابع فاصلهٔ کمتر از ۵۰۰ متر ارزش صفر به خود می‌گیرد. نقشهٔ ۵ نقشهٔ حریم فرودگاه از طریق فرمان Distance و نقشهٔ ۶ نقشهٔ استانداردشدهٔ فاصله از فرودگاه در محدودهٔ مطالعاتی یاسوج را نشان می‌دهد.



نقشهٔ ۴. نقشهٔ استانداردشدهٔ فاصله از آب‌های سطحی (۱۳۹۱)

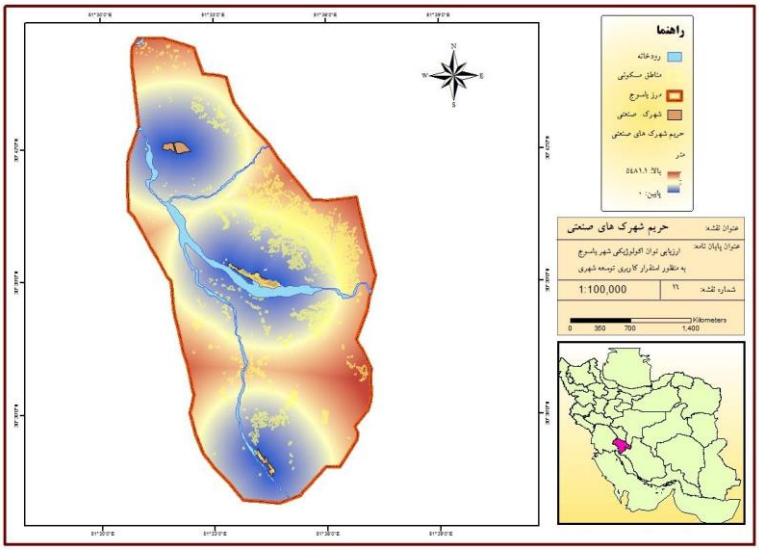


نقشهٔ ۵. نقشهٔ حریم فرودگاه از طریق فرمان Distance (۱۳۹۱)

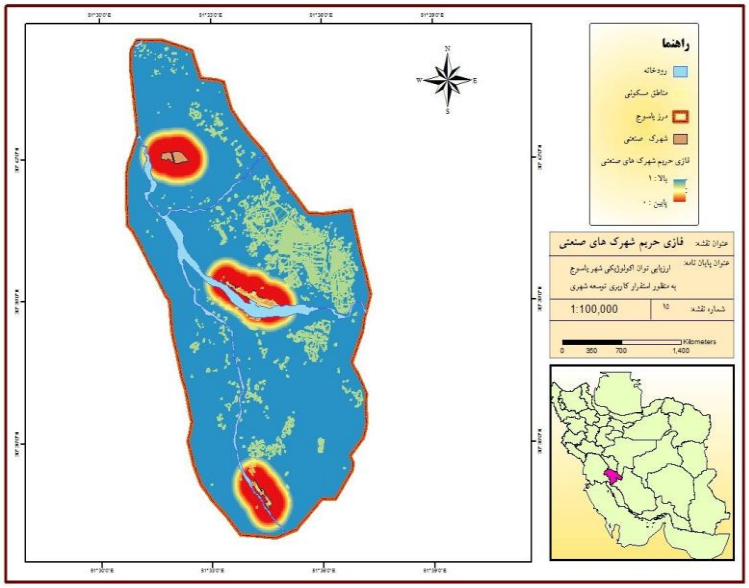


نقشهٔ ۶. نقشهٔ استانداردشدهٔ فاصله از فرودگاه (۱۳۹۱)

لایهٔ فاصله از شهرک‌های صنعتی: برای تهیهٔ لایهٔ فاصله از شهرک‌های صنعتی از فرمان Distance استفاده و با استفاده از قوانین و ضوابط موجود تابع خطی این لایه ترسیم شد. در این تابع فاصلهٔ کمتر از ۵۰۰ متر صفر در نظر گرفته شده است. نقشهٔ ۷ نقشهٔ حریم شهرک‌های صنعتی در محدودهٔ مطالعاتی یاسوج و نقشهٔ ۸ نقشهٔ استانداردشدهٔ حریم شهرک‌های صنعتی در محدودهٔ مطالعاتی یاسوج را نشان می‌دهد.



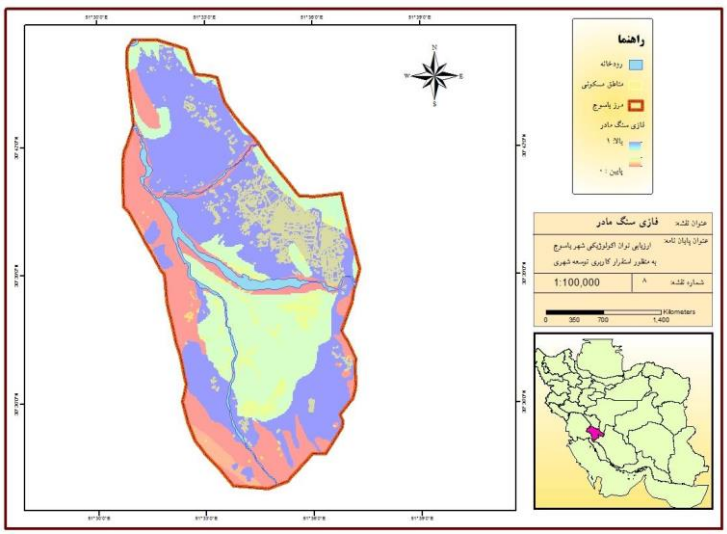
نقشهٔ ۷. نقشهٔ حریم شهرک‌های صنعتی (۱۳۹۱)



نقشهٔ ۸. نقشهٔ استانداردشدهٔ حریم شهرک‌های صنعتی (۱۳۹۱)

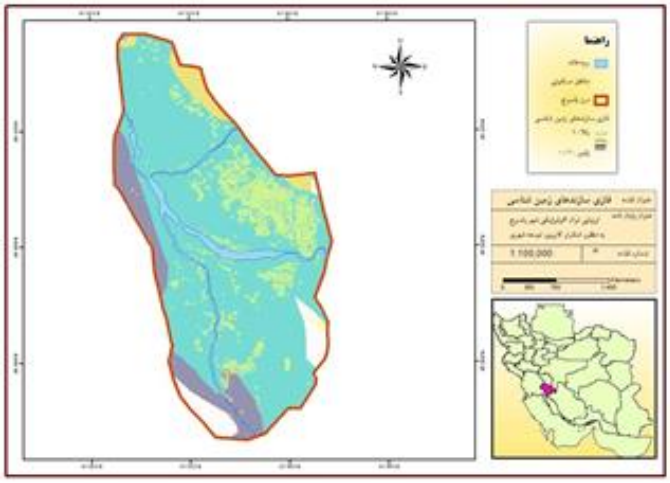
لایهٔ سنگ مادر: برای تهیهٔ نقشه‌های استانداردشدهٔ لایه‌هایی که به صورت کیفی کلاس‌بندی شده‌اند، یک field به جداول آن‌ها اضافه شد و ارزش‌های آن‌ها با استفاده از فرمان Field Calculator در جداول توصیفی آن‌ها وارد شدند. سپس، لایه‌های وکتوری به رستری تبدیل شدند.

برای استانداردسازی لایهٔ سنگ مادر، طبقات معیار سنگ مادر بین صفر و یک ارزش‌گذاری شدند. طبقات آبرفتی معادل یک و طبقات سنگ‌های آهکی و ماسه‌سنگ عضویتی از صفر تا یک و طبقات سنگ‌های مارنی ارزش خیلی ناچیز تقریباً معادل صفر را به خود گرفتند. این ارزش‌ها از طریق فرمان Field Calculator به جدول توصیفی لایه اضافه شدند. سپس، از طریق فرمان Polygon to Raster از غالب برداری به رستری تبدیل شد. نقشهٔ ۹ نقشهٔ استانداردشدهٔ لایهٔ سنگ مادر در محدودهٔ مطالعاتی یاسوج را نشان می‌دهد.



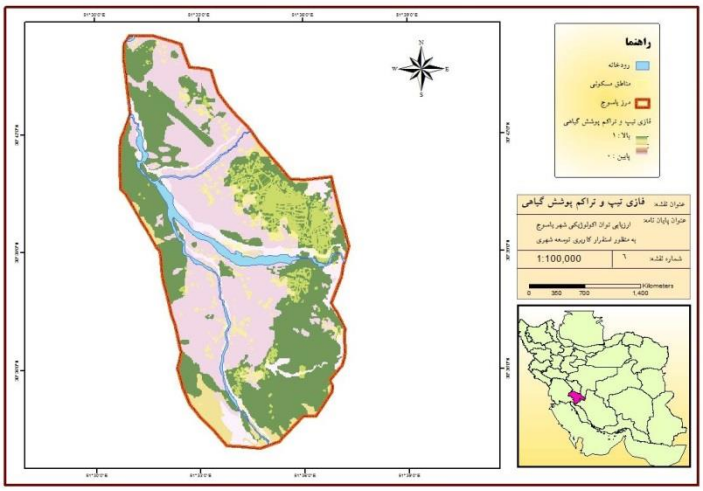
نقشهٔ ۹. نقشهٔ استانداردشدهٔ لایهٔ سنگ مادر (۱۳۹۱)

لایهٔ سازندهای زمین‌شناسی: برای استانداردسازی لایهٔ سازندها، طبقات این لایه بین صفر و یک ارزش‌گذاری شدند. طبقهٔ تشکیلات کواترنری معادل یک و تشکیلات جهرم، بختیاری، آسماری و تشکیلات پابده عضویتی از صفر تا یک را به خود گرفتند. این ارزش‌ها از طریق فرمان Field Calculator به جدول توصیفی لایه اضافه و در نهایت از طریق فرمان Polygon to Raster از غالب برداری به رستری تبدیل شدند. نقشهٔ ۱۰ نقشهٔ استانداردشدهٔ لایهٔ سازندهای زمین‌شناسی در محدودهٔ مطالعاتی یاسوج را نشان می‌دهد.



نقشهٔ ۱۰. نقشهٔ استانداردشدهٔ سازندهای زمین‌شناسی (۱۳۹۱)

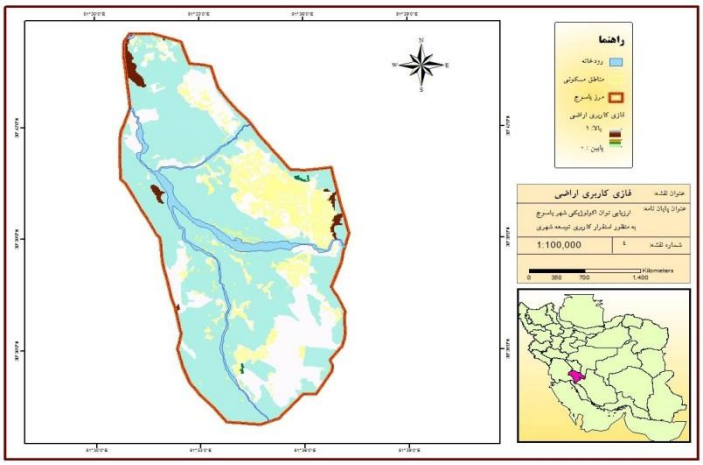
لایهٔ تیپ و تراکم پوشش گیاهی: برای استانداردسازی لایهٔ تیپ و تراکم پوشش گیاهی، طبقات لایه را بین صفر و یک ارزش‌گذاری کردیم؛ به این ترتیب که شهر و مناطق سکونتگاهی معادل یک، مراتع با تراکم کم و متوسط، زمین‌های زراعی دیم و جنگل‌های تنک عضویتی از صفر تا یک و جنگل‌های انبوه و مراتع درجهٔ یک و اراضی زراعی و باغات با قابلیت متوسط و زیاد، بستر رودخانه‌ها و بیشه‌زارها معادل صفر قرار گرفتند. این ارزش‌ها از طریق فرمان Field Calculator به جدول توصیفی لایه اضافه شدند و با فرمان Polygon to Raster لایه از غالب برداری به رستری تبدیل شد. نقشهٔ ۱۱ نقشهٔ استانداردشدهٔ تیپ و تراکم پوشش گیاهی در محدودهٔ مطالعاتی یاسوج را نشان می‌دهد.



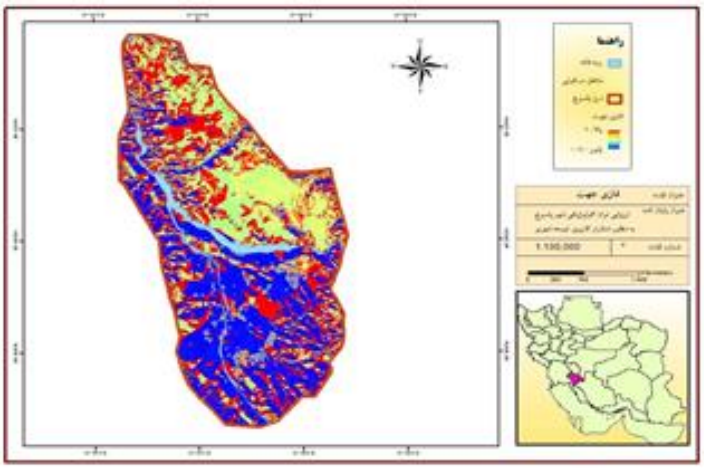
نقشهٔ ۱۱. نقشهٔ استانداردشدهٔ تیپ و تراکم پوشش گیاهی (۱۳۹۱)

لایهٔ کاربری اراضی: برای استانداردسازی لایهٔ کاربری اراضی ابتدا طبقات لایه بین صفر و یک ارزش‌گذاری شدند. در این لایه مناطق مسکونی و محدوده‌های در حال ساخت ارزش یک و مناطق نظامی، ندامتگاه، شهرک‌های صنعتی و جوشکاری و فرودگاه، بستر رودخانه‌ها و جنگل‌های انبوه و مراتع درجهٔ یک و اراضی زراعی آبی و باغات و ... ارزش صفر و اراضی دیم‌کاری، جنگل‌های تنک و مراتع کم‌تراکم عضویتی از صفر تا یک را به خود می‌گیرند. این ارزش‌ها از طریق دستور Field Calculator به جدول توصیفی لایه اضافه و در نهایت با فرمان Polygon to Raster از غالب برداری به رستری تبدیل می‌شوند. نقشهٔ ۱۲ نقشهٔ استانداردشدهٔ کاربری اراضی در محدودهٔ مطالعاتی را نشان می‌دهد.

لایهٔ جهت جغرافیایی: برای استانداردسازی لایهٔ جهت جغرافیایی طبقات این معیار بین صفر و یک ارزش‌گذاری شدند. طبقهٔ بدون جهت و جنوب، معادل یک، طبقات غرب، شرق و جنوب‌غربی و شرقی، شمال‌غربی و شرقی و شمال عضویتی از صفر تا یک را به خود گرفتند. در نهایت با استفاده از دستور Polygon to Raster از غالب برداری به رستری تبدیل می‌شوند. نقشهٔ ۱۳ نقشهٔ استانداردشدهٔ طبقات جهت جغرافیایی در محدودهٔ مطالعاتی یاسوج را نشان می‌دهد.

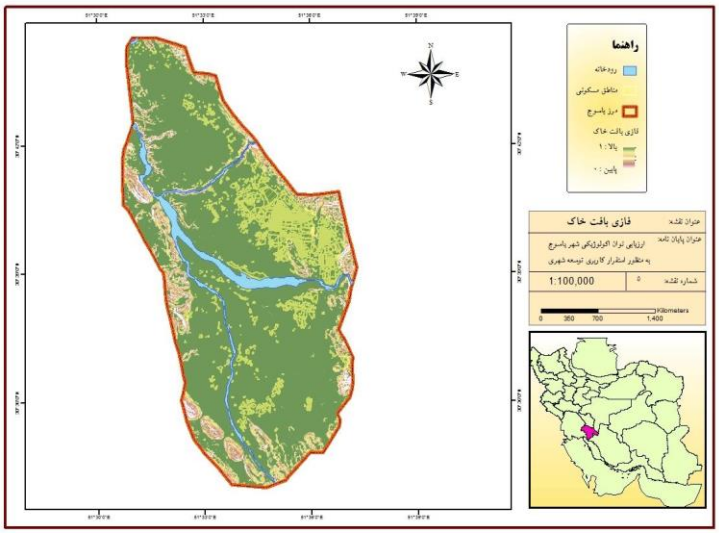


نقشهٔ ۱۲. نقشهٔ استانداردشدهٔ کاربری اراضی (۱۳۹۱)

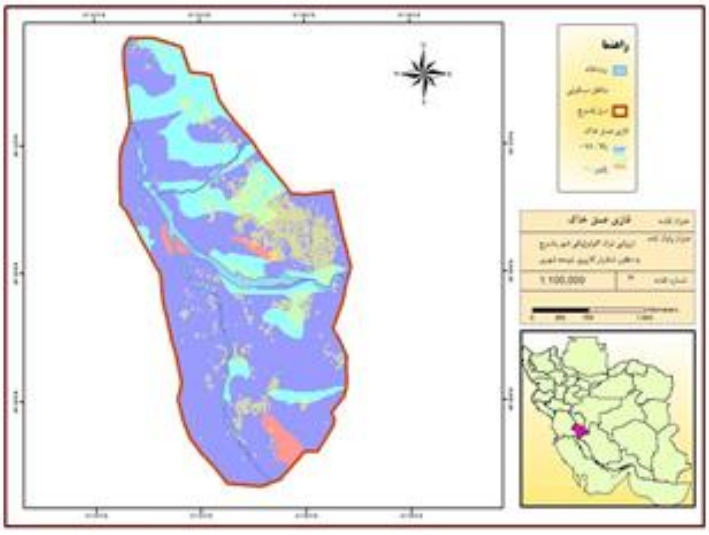


نقشهٔ ۱۳. نقشهٔ استانداردشدهٔ طبقات جهت جغرافیایی

لایهٔ بافت خاک: برای استانداردسازی لایهٔ بافت خاک، طبقات این معیار بین صفر و یک ارزش‌گذاری شدند. به جلگه‌های آبرفتی ارزش یک و دشت‌های آبرفتی، پادگانه‌ها و مخروط‌افکنه‌های آبرفتی عضویتی از صفر تا یک داده شد و این ارزش‌ها با استفاده از دستور Field Calculator به جدول توصیفی لایه اضافه و از طریق دستور Polygon to Raster از غالب برداری به رستری تبدیل شدند. نقشهٔ ۱۴ نقشهٔ استانداردشدهٔ بافت خاک در محدودهٔ مطالعاتی یاسوج را نشان می‌دهد.



نقشهٔ ۱۴. نقشهٔ استانداردشدهٔ بافت خاک (۱۳۹۱)



نقشهٔ ۱۵. نقشهٔ استانداردشدهٔ عمق خاک (۱۳۹۱)

لایهٔ عمق خاک: طبقات لایهٔ عمق نیز برای استانداردسازی بین یک و صفر ارزش‌گذاری شدند و با استفاده از دستور Field Calculator به جدول توصیفی لایه وارد می‌شوند و از طریق دستور Polygon to Raster به غالب رستری تبدیل شدند. نقشهٔ ۱۵ نقشهٔ استانداردشدهٔ عمق خاک در محدودهٔ مطالعاتی یاسوج را نشان می‌دهد.

۵.۳. نتایج وزن‌دهی به معیارها

برای تعیین اولویت، معیارهای منتخب وزن‌دهی شدند تا درجهٔ اهمیت هر معیار در تعیین توان یا ظرفیت برد منطقه قابل محاسبه باشد.

برای انجام فرایند AHP از روش مقایسهٔ زوجی و تکنیک بردار ویژه استفاده شد. بدین منظور ماتریس‌های مقایسهٔ زوجی در هر سطح ایجاد شدند. جداول تهیه‌شده در قالب پرسش‌نامه در اختیار کارشناسان دفتر فنی استانداری و معاونت برنامه‌ریزی استانداری کهگیلویه و بویراحمد قرار گرفت. کارشناسان مربوطه بر اساس تخصص و تجربهٔ خود به پرسش‌نامهٔ مربوطه بر اساس مقایسهٔ دو به دویی و با رتبه‌بندی ۹ تا یک نهم، مقادیر دلخواه خود را وارد ماتریس‌ها کردند. در نهایت میانگین هندسی مقایسات زوجی محاسبه شد و ماتریس‌های نهایی ایجاد شدند. میزان اهمیت نسبی هر جفت معیار بین ۱ تا ۹ بود. عملیات محاسبهٔ وزن‌ها، علاوه بر نرم‌افزار Expert choice به صورت دستی نیز انجام شد.

در مرحلهٔ اول از طریق جمع‌کردن مقادیر هر ستون ماتریس مقایسهٔ دوتایی و در مرحلهٔ دوم از طریق تقسیم‌کردن هر مؤلفهٔ ماتریس بر مجموع ستون و در نهایت تقسیم‌کردن مجموع امتیازات نرمال‌شده برای هر ردیف بر تعداد معیارها وزن‌های نسبی هر فاکتور محاسبه شدند. در نهایت با استفاده از حاصل‌ضرب وزن نسبی معیارهای اصلی و زیرمعیارها و فاکتورها، وزن نهایی هر فاکتور به دست می‌آید. در جدول ۲ وزن‌های نهایی معیارهای مؤثر در ارزیابی توان اکولوژیکی توسعهٔ شهری یاسوج از طریق نرم‌افزار Expert choice آورده شده است. با توجه به ماتریس هندسی معیارهای اصلی شامل محیط‌های فیزیکوشیمیایی و اقتصادی- اجتماعی و بیولوژیکی، محیط فیزیکوشیمیایی وزن ۰/۷۴۳ و محیط اقتصادی- اجتماعی وزن ۰/۱۹۴ و محیط بیولوژیکی وزن ۰/۰۶۳ را به خود اختصاص دادند. طبق نظرسنجی محیط فیزیکوشیمیایی در کاربری توسعهٔ شهری نسبت به محیط اقتصادی- اجتماعی و بیولوژیکی وزن و اهمیت بیشتری و از ۲۱ معیار غربال‌شده برای استقرار کاربری توسعهٔ شهری، معیار شیب بیشترین وزن را به خود اختصاص داده است. میزان شیب در ارزیابی منابع زمینی به‌منزلهٔ مؤلفهٔ مهم مطرح است و همواره در مطالعات منابع زمینی استفاده می‌شود. آثار زاویهٔ شیب روی کاربری‌های مختلف بسیار چشمگیر است و نقش تعیین‌کننده‌ای در تخصیص منابع به کاربری‌ها ایفا می‌کند. استقرار واحدها در اراضی‌ای که شیب کمی دارند یا شیب آن‌ها زیاد است با مشکلاتی از نظر ایجاد زیرساخت‌ها و تسطیح اراضی مواجه‌اند که باید در مکان‌یابی‌ها به آن توجه شود.

جدول ۲. وزن نهایی معیارهای مؤثر از طریق نرم‌افزار Expert choice

معیار	وزن نهایی	معیار	وزن نهایی
شیب	۰/۲۶۳	فاصله از گسل‌ها	۰/۰۱۴
کاربری اراضی	۰/۱۶۲	عمق خاک	۰/۰۱۳
کمیت منابع آب	۰/۱۵۰	سازند زمین‌شناسی	۰/۰۱۱
بافت خاک	۰/۰۸۹	فاصله از جنگل و مراتع	۰/۰۰۸
ارتفاع از سطح دریا	۰/۰۷۲	متوسط بارندگی سالانه	۰/۰۰۵
آب‌های سطحی	۰/۰۵	اراضی زراعی	۰/۰۰۵
تراکم پوشش گیاهی	۰/۰۵	متوسط درجهٔ حرارت	۰/۰۰۳
جهت جغرافیایی	۰/۰۴۱	فاصله از رودخانه‌ها	۰/۰۰۳
سنگ مادر	۰/۰۳۱	فرودگاه	۰/۰۰۱
سرعت باد	۰/۰۲۱	شهرک‌های صنعتی	۰/۰۰۱
تیپ پوشش گیاهی	۰/۰۱۶		

پس از انجام عملیات AHP، وزن‌های به‌دست‌آمده و نسبت CR ارزیابی می‌شوند. شرط پذیرش نتیجهٔ کار این است که نسبت CR کمتر از ۰/۱ باشد. در صورتی که نسبت توافق از ۰/۱ بیشتر باشد، آنگاه با اعمال تغییراتی در ماتریس مقایسهٔ دوتایی آن را برای حد قابل قبول تنظیم می‌کنیم. شایان یادآوری است نسبت CR در این تحقیق عدد ۰/۰۶ به دست آمد که نشان‌دهندهٔ قابل قبول بودن نتیجه است. وزن‌های محاسبه‌شده از این روش در تلفیق لایه‌ها به روش WLC استفاده می‌شوند.

۶.۳. ارزیابی توان اکولوژیکی یاسوج به منظور استقرار کاربری توسعهٔ شهری با استفاده از روش WLC

روش ترکیبی خطی وزن‌دار (WLC) را می‌توان با استفاده از GIS و قابلیت‌های همپوشانی این سیستم اجرا کرد. به منظور ارزیابی توان اکولوژیکی منطقه، بر اساس درجهٔ توان به منظور کاربری توسعهٔ شهری، نخست کار شناسایی منابع اکولوژیکی پایدار و ناپایدار انجام شد. سپس، نقشه‌های منابع اکولوژیکی در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ تهیه و پس از رقومی‌شدن به سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی معرفی شدند. پس از ورود لایه‌ها به سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی و هم‌مقیاس‌شدن، ادغام لایه‌ها با استفاده از روش روی‌هم‌گذاری انجام شد. در این مرحله وزن‌های به‌دست‌آمده از نرم‌افزار Expert Choice در هر طبقه از لایه‌های اطلاعاتی وارد شدند. به منظور روی‌هم‌گذاری نقشه‌ها، کلیهٔ داده‌ها بایستی در یک دامنه قرار گیرند و دارای واحد اندازه‌گیری مشترک باشند تا به درستی ادغام شوند و نتیجهٔ درستی حاصل شود. برای این کار از تابع فازی استفاده شد.

W_i= وزن لایه‌هاست که با استفاده از تکنیک AHP محاسبه شده است.

S_i= لایه‌های نرمال‌سازی‌شده.

Result: $W_1 S_1 + W_2 S_2 + \ldots + W_i S_i$

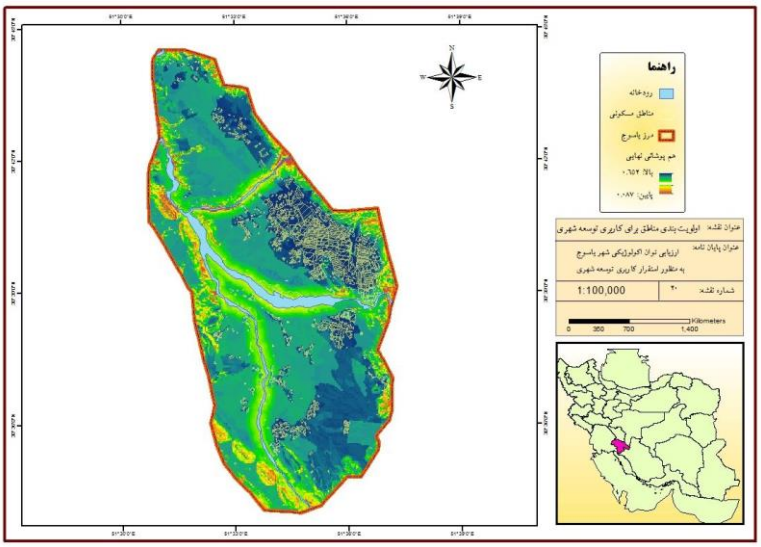
سپس، لایه‌های معیار استانداردشدهٔ وزنی برای انجام تحلیل ارزیابی چندمعیاره در نرم‌افزار Arc GIS و با استفاده از فرمان‌های Raster Calculate واقع در Spatial Analyst فراخوانی و به منظور دستیابی به امتیاز ارزیابی کلی بر اساس مدل ریاضی پیشنهادی زیر و دستور Fuzzy Overlay روی‌هم‌گذاری شدند و در نتیجه نقشه‌ای که بیانگر تمام خصوصیات لایه‌های تلفیق شده است، به دست آمد.

Urbun Land Use= ([Slop 01] × 0.263) + ([Land Use 01] × 0.162) + ([Quantity Water 01] × 0.150) + ([Soil Type 01]× 0.089) + ([hypso 01] × 0.072) + ([Surface Water 01] × 0.05) + ([Vegetation Density 01] × 0.05) + ([aspect 01] × 0.041) + ([Bed rock 01] × 0.031) + ([Wind power 01] × 0.021) + ([Vegetation type 01] × 0.016) + ([Fault 01] × 0.014) + ([Depth 01] × 0.013) + |([Geo 01] × 0.011) + ([Forest 01] × 0.008) + ([Rain 01] × 0.005) + ([Agriculture 01] × 0.005) + ([temperature 01] × 0.003) + ([River 01] × 0.003) + ([Airport 01] × 0.001) + ([Indst complex 01] × 0.001)

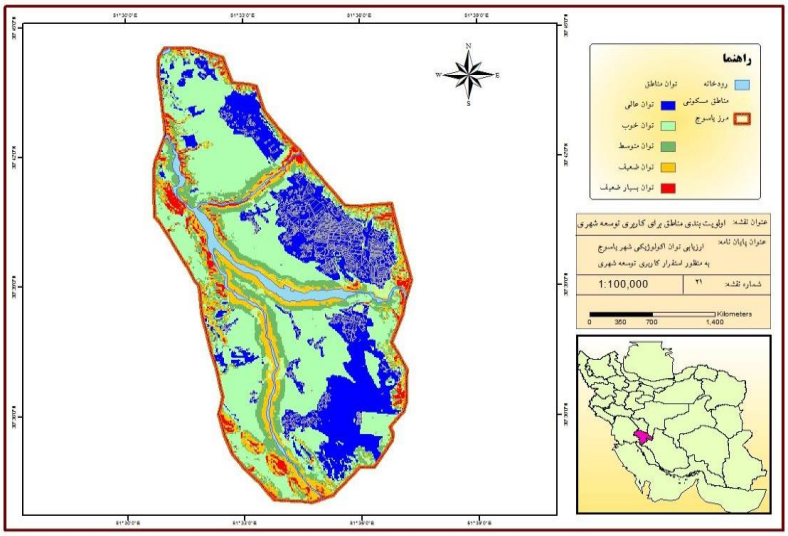
با استفاده از این نقشهٔ نهایی می‌توان به صورت تصویری توان اکولوژیکی و مکان‌های مناسب برای استقرار کاربری مورد نظر را نشان داد. این مرحله تماماً از طریق Arc GIS انجام شد. سپس، با توجه به هدف مطالعه نقشهٔ رستری نهایی به پنج کلاس توان عالی، توان خوب، توان متوسط، توان ضعیف و توان خیلی ضعیف طبقه‌بندی شده است. نقشهٔ ۱۶ نقشهٔ نهایی رستری ارزیابی توان اکولوژیکی یاسوج و نقشهٔ ۱۷ نقشهٔ نهایی طبقه‌بندی‌شدهٔ ارزیابی توان اکولوژیکی یاسوج به منظور توسعهٔ شهری را نشان می‌دهد.

نقشهٔ ۱۶، نمایانگر لایهٔ رستری ارزیابی توان اکولوژیکی یاسوج است که در آن بیشترین میزان مطلوبیت پیکسل‌ها ۰/۶۵۲ (مطلوب‌ترین پیکسل‌ها جهت کاربری توسعهٔ شهری) و کمترین میزان مطلوبیت آن‌ها ۰/۰۸۷ (پیکسل‌های دارای محدودیت جهت کاربری توسعهٔ شهری) است. میزان مطلوبیت سایر پیکسل‌ها به صورت اعداد فازی بین این دو مقدار گسترده شده‌اند. مطلوبیت

بیشتر نشان‌دهندهٔ درجهٔ توان بالاتر و مطلوبیت کمتر نشان‌دهندهٔ درجهٔ توان پایین‌تر برای استقرار کاربری توسعهٔ شهری است. میزان مطلوبیت هر پیکسل نشان‌دهندهٔ میزان مطلوبیت فاکتورها در آن پیکسل و وزن‌های اختصاص‌داده‌شده به آن‌هاست.



نقشهٔ ۱۶. نقشهٔ نهایی رستری (۱۳۹۱)



نقشهٔ ۱۷. نقشهٔ نهایی طبقه‌بندی‌شده (۱۳۹۱)

۴. بحث و نتیجه‌گیری

هدف از انجام این مطالعه ارزیابی پتانسیل و توان اکولوژیکی یاسوج به منظور استقرار کاربری توسعهٔ شهری است. به منظور دستیابی به این هدف پس از مطالعهٔ روش‌های مختلف، از روش ارزشیابی چندمعیارهٔ مکانمند استفاده شد. به طور کلی آنچه می‌توان از نتایج این روش‌ها استنتاج کرد، آن است که در این روش‌ها با توجه به میزان ریسکی که تصمیم‌گیر در نظر می‌گیرد، مکان‌های بیشتری انتخاب می‌شوند و می‌توان با اعمال لایه‌های اطلاعاتی مختلف و به ترتیب اهمیت، به ارزیابی توان اکولوژیک برای هدف موردنظر اقدام کرد.

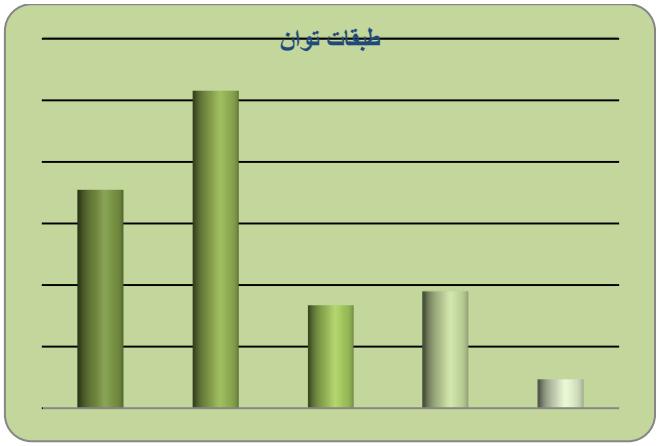
سپس، منابع اکولوژیکی پایدار و ناپایدار و عوامل و محدودیت‌های طبیعی در منطقه شناسایی شد. پس از تعیین معیارهای مؤثر، هر یک از معیارها و زیرمعیارهای تعیین‌شده در قالب ساختار فرایند سلسله‌مراتبی وارد شدند و وزن نسبی و نهایی هر یک از آن‌ها به کمک مقایسات زوجی در محیط نرم‌افزار Expert Choice محاسبه شد. پس از تعیین معیارها و وزن آن‌ها به منظور الگوسازی فضایی ابتدا اطلاعات مکانی و توصیفی به لایه‌های اطلاعاتی تبدیل شدند. پس از ایجاد پایگاه اطلاعاتی و استانداردسازی لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از تابع تحلیلی چندمعیارهٔ WLC نقشهٔ توان اکولوژیکی محدودهٔ مطالعاتی یاسوج برای استقرار کاربری توسعهٔ شهری تهیه شد.

نقشهٔ نهایی کلاس‌بندی‌شدهٔ حاصل از ارزیابی توان اکولوژیکی یاسوج به منظور استقرار کاربری توسعهٔ شهری در این مطالعه نشان‌دهندهٔ این امر است که در مجموع از مساحت ۱۲۷۳۶ هکتاری منطقهٔ مورد مطالعه حدود ۳۵۴۱ هکتار منطقه دارای توان عالی و ۵۱۵۳ هکتار منطقه دارای توان خوب، ۱۶۷۸ هکتار دارای توان متوسط، ۱۸۹۸ هکتار دارای توان ضعیف و ۴۶۶ هکتار از منطقهٔ مورد مطالعه دارای توان خیلی ضعیف است. جدول ۳ و نمودار ۴ مساحت طبقات توان اکولوژیکی یاسوج برای استقرار کاربری موردنظر را نشان می‌دهند.

توسعهٔ شهری را به اجمال می‌توان تأمین فضا و مکان مناسب و مطلوب برای انجام فعالیت‌های حیاتی شهری نامید. به این ترتیب توسعه الزاماً به معنای افزایش سطح نخواهد بود، بلکه هرگونه دگرگونی در استفادهٔ بهینه از سطوح و فضاها را می‌توان توسعهٔ شهری قلمداد کرد.

جدول ۳. مساحت طبقات توان اکولوژیکی یاسوج به منظور استقرار کاربری توسعهٔ شهری (۱۳۹۱)

چتوان منطقه	مساحت (هکتار)	مساحت (متر مربع)
عالی	۳۵۴۱	۳۵۴۱۴۸۰۷/۱۴
خوب	۵۱۵۳	۵۱۵۲۸۹۱۱/۰۱
متوسط	۱۶۷۸	۱۶۷۸۲۵۲۶/۷۷
ضعیف	۱۸۹۸	۱۸۹۷۶۵۲۰/۶۳
خیلی ضعیف	۴۶۶	۴۶۶۰۱۴۵/۶۲۲
جمع	۱۲۷۳۶	۱۲۷۳۶۲۹۱۱/۲



نمودار ۴. طبقات توان اکولوژیکی یاسوج (۱۳۹۱)

هر شهری نیازمند برنامه‌ریزی و طراحی و توسعهٔ خاص خویش است و با ملحوظ داشتن جمیع فرهنگی، اقتصادی، سیاسی، اقلیمی و ... نمی‌توان و نباید طرح و برنامهٔ واحدی را برای توسعهٔ شهرهای مختلف در نظر گرفت. مرکزیت سیاسی و ایجاد ادارات و دوایر مختلف و وجود امکانات و خدمات سطح برتر در یاسوج و وجود زمینه‌های اشتغال، به‌تدریج اغلب گروه‌های عشایری و روستایی را متقاعد به زندگی شهری در یاسوج می‌کند. در اثر رشد فزایندهٔ جمعیت که بیشتر به دلیل مهاجرت است تا افزایش طبیعی، محدودهٔ فیزیکی شهر از زمان ایجاد هستهٔ شهری تا به امروز همواره افزایش داشته است.

بررسی ویژگی‌های طبیعی و اکولوژیکی محدودهٔ یاسوج از جمله ویژگی‌های اقلیمی، مسائل زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی و توپوگرافی، خصوصیات زلزله‌خیزی، خاک‌شناسی، بررسی منابع آب و پوشش گیاهی و ... نقش بسیار مهمی در بافت کالبدی شهر دارند. شناسایی هر شهر بدون شناخت مسائل طبیعی که بستر هر شهر است، اجتناب‌ناپذیر است.

بررسی نتایج این مطالعه مبین این واقعیت است که با اجرای مدل WLC جهاتی برای توسعه استخراج می‌شوند که با شواهد میدانی و مقایسهٔ نتایج با واقعیت‌های موجود مطابقت می‌کنند. در مورد توسعهٔ فضایی یاسوج باید به چند نکته توجه کرد؛ اول اینکه یاسوج دارای بافت بسیار کم‌تراکم است و فضاهای خالی بسیاری در این شهر دیده می‌شوند و دوم اینکه وجود عوامل طبیعی و مصنوعی مانند رودخانهٔ بشار، رود مهریان و اراضی زراعی، رشته‌کوه‌های زاگرس و شهرک صنعتی بلوکو از جمله عوامل محدودکنندهٔ توسعهٔ یاسوج به شمار می‌روند. این عوامل سبب کنترل توسعهٔ فیزیکی و فضایی یاسوج می‌شوند که این کنترل فیزیکی در روند جمعیت‌پذیری شهر نیز مؤثر واقع خواهد شد.

بررسی‌ها نشان می‌دهند که بخش‌های شرقی، جنوبی و جنوب‌غربی یاسوج با محدودیت‌های طبیعی از جمله سلسله‌جبال زاگرس و جنگل‌های انبوه بلوط با تراکم بیش از ۵۰ درصد و شیب زیاد زمین (به دلیل کوهستانی‌بودن) مواجه می‌شوند. بخش‌های مرکزی و شمال‌غربی دارای ارتفاعات کمتری است. ارتفاع زمین از سمت جنوب به شمال و از سمت شرق به غرب کاهش می‌یابد. شدت ناهمواری‌ها و فشردگی آن‌ها بیشتر در شمال‌شرق و جنوب ناحیه دیده می‌شود. همان‌طور که گفته شد ارتفاع بالای ۲۲۰۰ یکی از عوامل محدودیت طبیعی برای استقرار کاربری توسعهٔ شهری است.

گسل دنا یکی دیگر از عوامل محدودکنندهٔ طبیعی برای استقرار کاربری توسعهٔ شهری در سمت شرق یاسوج محسوب می‌شود. این گسل فعال است و به سوی جنوب‌شرقی ناحیه منحرف می‌شود. مهم‌ترین دلیل فعال‌بودن آن وجود پادگانه‌های رودخانه‌ای نزدیک این گسل است. شهرها و مکان استقرار فعالیت‌های صنعتی باید در مناطقی که احتمال خطر زمین‌لرزه در آن‌ها کم و ساختگاه زمینی آن‌ها از نظر زمین‌شناسی، خاک‌شناسی و سایر مشخصه‌ها از مقاومت بیشتری برخوردار باشد، استقرار یابند. حریم گسل‌ها به دلیل تأثیر گسل در زمین‌لرزه‌ها به‌منزلهٔ یکی از بلایای طبیعی، مناسب توسعهٔ شهری نیست.

در قسمت جنوب و جنوب‌غربی اراضی زراعی با توجه به سیاست‌های حفظ اراضی مستعد کشاورزی، از جمله عوامل محدودکنندهٔ توسعهٔ شهری یاسوج محسوب می‌شوند. حاشیهٔ رودخانهٔ بشار در جنوب و رودخانهٔ مهریان در شمال‌غرب نیز به دلیل سیلاب‌گیربودن و امکان طغیان آب رودخانه در فصل زمستان قابل ساخت و ساز نیست و زمین‌های حواشی مذکور فاقد مقاومت کافی برای عملیات ساختمانی است.

در قسمت شمال‌غرب وجود محدودیت‌های مصنوعی ناشی از عوامل انسان‌ساخت از جمله فرودگاه و شهرک صنعتی و در قسمت جنوب‌غربی وجود شهرک صنعتی بلوکو که معمولاً با صرف هزینه‌های گزاف به وجود

آمده‌اند و نقش اساسی در تنظیم چارچوب طرح‌ریزی کالبدی یاسوج و برنامه‌های آینده دارد، به‌منزلهٔ عوامل محدودکننده محسوب می‌شوند.

با شناخت این موانع، شناخت امکانات و به دنبال آن تصمیم‌گیری برای انتخاب سیستم‌های توسعهٔ فیزیکی میسر می‌شود. در حقیقت شناختن دقیق محدودیت‌ها و موانع موجود خود معرف امکانات واقعی و ضرورت‌های توسعه نیز هستند، ازاین‌رو برنامه‌ریزان می‌توانند با طراحی دقیق و سنجیده به گونه‌ای عمل کنند که تأثیر موانع مختلف در فعالیت‌های عمرانی به حداقل برسد.

Merwe و Hendrik در سال ۱۹۹۷، به ارزیابی سرزمین و تصمیم‌گیری برای تنظیم توسعهٔ شهری در آفریقای جنوبی در محیط GIS پرداخته‌اند. متغیرهای مورد مطالعه از سوی آن‌ها عبارت‌اند از: ارتفاع از سطح دریا، شیب، فاصله از آب‌های زیرزمینی، فاصله از جاده‌ها، فاصله از کلان‌شهرها، فاصله از اراضی کشاورزی و خاک. Lwasa در سال ۲۰۰۵، به برنامه‌ریزی استفاده از سرزمین در کامپالا با استفاده سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداخته و از عوامل شیب، خاک، زهکشی، فاصله از شبکهٔ جاده‌ای استفاده کرده است. Dong و همکاران (۲۰۰۸)، توسعهٔ شهری جینگ جینجا در چین را با استفاده از سنجش از دور و تکنولوژی GIS ارزیابی کردند. معیارهای مورد مطالعه عبارت‌اند از: ارتفاع، شیب، زمین‌شناسی، شاخص رطوبت، بارش، تراکم رودخانه‌ها، کاربری زمین، تراکم خطوط راه‌آهن، تراکم جاده‌ها و تراکم جمعیت. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که ارزیابی جامع توسعهٔ شهری می‌تواند در یک روش عملیاتی با استفاده از داده‌های سنجش از دور و تجزیه و تحلیل مکانی GIS و تکنیک مدل‌سازی AHP انجام شود. جوزی و رضاییان (۱۳۸۸)، مدل نوینی طراحی و توان اکولوژیک سرزمین ایران را به منظور استقرار کاربری توسعهٔ شهری و خدماتی ارزیابی کرده‌اند. از این مدل به طور مطالعهٔ موردی در ارزیابی توان منطقهٔ ۲۲ شهرداری تهران، استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که استقرار واحدها در مسیل رودخانه، وجود گسل و اراضی تپه‌ماهوری از جمله عوامل محدودکننده برای توسعهٔ شهری در واحدهای زیست‌محیطی است.

تفاوت عمدهٔ تمامی روش‌های ارزیابی توان اکولوژیک در طرح‌ریزی مدل‌های به‌کار گرفته‌شده در آن‌هاست. مدل‌های اکولوژیک تعریف‌شده برای سرزمین ایران به دلایلی چند در تنویر و تفکیک توان مناطق کشور ناکارآمد است، از طرفی در مقایسه با شرایط کل کشور تعیین توان صورت می‌گیرد، در حالی که امروزه به تعیین مدل‌های بومی برای مناطق مختلف کشور نیازمندیم. در این مطالعه ارزیابی توان اکولوژیکی یاسوج برای استقرار کاربری توسعهٔ شهری با نگرشی همه‌جانبه به کلیهٔ پارامترهای اکولوژیکی در محدودهٔ یک حوزهٔ مدیریتی به‌منزلهٔ واحد برنامه‌ریزی و مدیریت سرزمین مدنظر بوده است که در این راستا، پارامترهای فیزیکی، زیستی و اقتصادی- اجتماعی مطالعه و شناسایی شدند. تحلیل تناسب سرزمین برای کاربری توسعهٔ شهری با استفاده از روش ارزشیابی چندمعیارهٔ مکانمند از جمله تکنیک ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) در محیط GIS انجام شد. با توجه به سابقهٔ اندک کاربرد این تکنیک‌ها در کشور و با توجه به نبود تجربهٔ استفاده از این تکنیک در یاسوج نتایج این مطالعه را می‌توان در نوع خود بدیع ارزیابی کرد. نتایج این مطالعه برای تعیین بهترین مکان مناسب برای توسعهٔ شهری که کمترین آثار سوء را در حال حاضر و در بلندمدت دارد و برای آگاهی مدیریت کلان به منظور برنامه‌ریزی اصولی و منطبق با معیارهای توسعهٔ همسو با محیط‌زیست در جهت بهبود رویه‌های مدیریتی در سطح حوزهٔ مورد مطالعه می‌تواند استفاده شود.

پیشنهادها

نکتهٔ مهمی را که می‌توان از مطالب مطرح‌شده برداشت کرد، این است که گسترش روزافزون شهر و دست‌اندازی به زمین‌های پیرامونی و ایجاد امکانات، چه در مرکز شهر و

چه در نقاط پیرامونی آن مواردی‌اند که سبب ایجاد مشکلات متعددی برای محیط‌زیست و جوامع محلی ساکن ایجاد می‌کنند که لذا بر این اساس پیشنهادهای زیر ارائه می‌شود:

۱. با توجه به اینکه ارزیابی توان اکولوژیکی به‌منزلهٔ یک ضرورت در برنامه‌ریزی استفاده از سرزمین مطرح شده، نیاز است که در هر منطقه یا حوضهٔ آبخیز ارزیابی توان اکولوژیک صورت گیرد. سپس بر مبنای نتایج، کاربری بهینه در منطقه اجرا شود.

۲. شفاف‌سازی ضوابط و مقررات کاربری زمین در حواشی شهر، نظارت و کنترل دقیق بر آن.

۳. بهبود وضعیت خدمات رفاهی و آموزشی و زیربنایی در منطقه که می‌تواند به طور غیرمستقیم در جهت توسعهٔ شهری یا کاربری‌های پیشنهادی در منطقه تأثیرگذار باشد.

۴. از آنجا که برای راه‌اندازی و اجرای هر سیستم GIS داشتن لایه‌های اطلاعاتی لازم است، نیاز است که بانک اطلاعاتی کامل و دقیقی از این مناطق تهیه شود و در اختیار کاربران قرار گیرد.

۵. در برخی موارد لازم است تپه‌ها و دامنه‌های کوهستانی اطراف شهر تسطیح یا تراس‌بندی شوند تا بدین‌وسیله از توسعهٔ بافت شهری در زمین‌های کشاورزی جلوگیری شود.

۶. مسئلهٔ مهاجرت روستایی به شهر از جمله دیگر مسائلی است که باید به آن توجه کرد و از طریق بارگذاری خدماتی و رفاهی در شهرهای دیگر استان از مهاجرت روستائیان به شهر جلوگیری کرد. طبعاً اقتصاد ضعیف مهاجران و ناتوانی در احداث ساختمان‌های چندطبقه‌ای سبب توسعهٔ فیزیکی شهر به صورت افقی خواهد شد.

۷. با توجه به اینکه توسعهٔ فیزیکی یاسوج در آینده با مشکلاتی مانند اراضی کشاورزی و رشته‌کوه زاگرس مواجه می‌شود، می‌توان با اعمال سیاست‌هایی از قبیل ساختمان‌سازی در ارتفاع از طریق افزایش تعداد طبقات و تراکم‌های ساختمانی به مرحلهٔ اجرا درآورد.

۸. در بررسی سیاست‌های مسکن باید به این امر مهم توجه داشت که عدالت و برابری مدنظر برنامه‌ریزان قرار گیرد و تفاوت‌های موجود در اندازه و کیفیت خانه‌ای مختلف اجتماعی به حداقل برسد. ازاین‌رو باید احداث باغ، خانه‌های تک‌خانواری با مساحت‌های زیاد در شهر مردود و ساختمان‌هایی را توسعه داد که بزرگ، مرتفع و پرتراکم باشند تا بتوانند مشکل فعلی مسکن را کاهش دهند.

تشکر و قدردانی

در پایان از استادان بزرگوار جناب آقایان دکتر جعفر مرشدی و دکتر سید کرامت‌الله فرج‌زاده که در ارائهٔ اطلاعات مهم و ذی‌قیمت ما را یاری فرمودند صمیمانه تشکر می‌کنیم.

یادداشت‌ها

1. Geographical Information System
2. Kampala
3. Analytic Hierarchy Process
4. Urban Development Suitability Index
5. Multi Criteria Evaluation
6. Tongshan
7. Weighted Linear Combination
8. Universal Transfer Mercator
9. Digital Train Model

منابع

جوزی، ع.، رضاییان، س. ۱۳۸۸. «طراحی مدل نوین ارزیابی توان اکولوژیک سرزمین ایران به منظور استقرار کاربری توسعهٔ شهری و خدماتی، علوم و تکنولوژی محیط‌زیست»، شمارهٔ ۴، صص ۱۳۹-۱۲۷.

شناور، ب. ۱۳۸۷. «ارزیابی توان سرزمین حوزهٔ آبخیز اعلاء و زرد خوزستان به منظور استقرار کاربری توسعهٔ شهری با استفاده از رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)». حسینی، رشتهٔ مهندسی منابع طبیعی- محیط‌زیست، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان.

فرج‌زاده، ک. ۱۳۸۵. «تحلیل فضایی الگوی توسعهٔ فیزیکی شهر یاسوج». صرافی، رشتهٔ شهرسازی، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی تهران.

قدسی‌پور، ح. ۱۳۸۹. *فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)*، چاپ هشتم، انتشارات دانشگاه امیرکبیر، تهران.

قرخلو، م.، پورخباز، ح.، امیری، م.، فرجی سبکبار، ح. ۱۳۸۸. «ارزیابی توان اکولوژیک منطقهٔ قزوین جهت تعیین نقاط بالقوهٔ توسعهٔ شهری با استفاده از سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی، مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای»، سال اول، شمارهٔ ۲، صص ۶۸-۵۱.

مخدوم، م. ۱۳۸۷۷. *شالودهٔ آمایش سرزمین*، چاپ هشتم، انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، تهران.

مزیدی، ا.، صفرزاده، م. ۱۳۸۹. «شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر کاربری اراضی مسکونی با استفاده از تکنیک‌های MADM (مطالعهٔ موردی: شهر یاسوج)»، فصلنامهٔ جغرافیا و توسعه، شمارهٔ ۲۱، صص ۹۶-۸۱.

مرکز آمار ایران. ۱۳۹۰. سرشماری عمومی نفوس مسکن شهرستان بویراحمد.

نقدی، ف.، حسینی، م.، صدر، ش. ۱۳۹۰. «ارزیابی توان اکولوژیک اراضی با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (مطالعهٔ موردی: اراضی حاشیهٔ شهر تبریز)»، مجلهٔ *کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی*، سال دوم، شمارهٔ ۱، صص ۹۸-۹۱.

Dong, J., Zhuang, D., Xu, X., Ying, L. 2008. Integrated evaluation of urban development suitability based on remote sensing and gis techniques- a case study in jingjinjji area china.Sensors For Urban Environmental Monitoning, 8: 5975-5986.

Dorbne, S., Lisec, A. 2009. Multi-attribute decision analysis in gis-weighed linear combination and ordered weighted averaging. Geographic Information Systems, 33: 459-474.

Lwasa, Sh. 2005. A geo-information approach for urban land use planning in kampala. Spatial Development Infrastructure Linkages WithnUrban Planning. From pharaohs to Geoinformatics FIG Working Week,8: 16-21.

Merewe, V., Hendrik, J. 1997. Gis-aided land evaluation and decision-making for regulating urban expansion: a south African case study.Geo Journal, 43:135-151.

Xue, F., Bian, Z. 2008. Gis combined with mce to evaluate land quality. International Federation For Information Processing, 1: 215-222.