نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۱۹، شماره ۵۱، بهار ۱۳۹٤، صفحات ۱۰۵-۸۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۰/۲۸ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۳/۰۵/۲۷

ارزیابی توان اکولوژیکی استان آذربایجان غربی جهت تعیین مناطق مستعد توسعه شهری با استفاده از منطق فازی

عیسی جوکارسرهنگی[۱]
حسین جباری[۲]

چکیده

با توجه به این که تعیین مقدار دقـیق توان سرزمین برای کاربری‌های مختلف غیرعملی است، با به‌کارگیری منطق فازی به‌عنوان منطق مدل‌سازی ریاضی فرآیندهای غیردقیق و مبهم، می‌توان زمینه‌ای برای مدل‌سازی فرایندهای مطرح در تعیین توان اکولوژیکی فراهم ساخت. برای این منظور، در این تحقیق مدل اکولوژیکی توسعه شهری ایران به‌عنوان مبنا مدنظر قرار گرفت و با استفاده از منطق فازی برای استان آذربایجان‌غربی اجرا شد. فازی‌سازی نقشه‌های منابع اکولوژیکی، در واقع کاربرد سیستم استنتاج‌گر فازی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به‌منظور تعیین درجه عضویت و همپوشانی فازی لایه‌های مختلف برای توسعه شهری است. نتایج ارزیابی توان اکولوژیکی برای توسعه شهری و تحلیل نقاط قوت و ضعف منطق فازی در مقایسه با پیاده‌سازی مدل مبتنی بر مدل مخدوم (ایران) نشان داد که با به‌کارگیری موتور استنتاج‌گر فازی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی ارزیابی توان اکولوژیکی به خصوص در کناره‌های مرز یگان‌های تشکیل‌دهنده نقشه‌های منابع اکولوژیکی، نزدیک‌تر به واقعیت انجام می‌گیرد. در نهایت به‌منظور تخصیص سرزمین به‌کاربری‌های مختلف در استان، به مطالعات اقتصادی و اجتماعی و مدل‌سازی‌های بیش‌تری نیاز است.

واژگان کلیدی: توان اکولوژیکی، آمایش سرزمین، توسعه شهری، منطق فازی، آذربایجان‌غربی.

۱ـ دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه مازندران.

۲ـ کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه مازندران. E-Mail:e.jokar@umz.ac.ir

مقدمه

امروزه جمعیت شهرنشین کشورهای در حال توسعه بسیار سریع‌تر از کشورهای پیش‌رفته رو به افزایش است و جهان در مسیری قرار گرفته که روند آن حاکی از تبدیل زمین به یک سیاره شهری است و انتظار می‌رود به تدریج جامعه روستایی در آینده نزدیک به یک اقلیت کوچک تبدیل شود (پورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۸: ۱۱۷). در یک سطح انتزاعی و ذهنی پایداری با حفاظت و یا بهبود سیستم‌های یکپارچه طبیعی، که در کل زندگی در روی زمین را شامل می‌شود، ارتباط دارد. نقطه مرکزی و کانون این سیستم‌ها منابع اکولوژیکی است. آمایش سرزمین در تلاش است که رابطه بین انسان و سرزمین و فعالیت‌های انسان در سرزمین را به‌منظور بهره‌برداری درخور و پایدار از جمیع امکانات انسانی و فضایی سرزمین در جهت بهبود وضعیت مادی و معنوی اجتماع در طول زمان تنظیم کند (Makhdoum, 1999). در این تحقیق با تـوجه به گستردگی موضوع آمایش، فقط به مدل‌سازی و ارزیابی توان اکولوژیکی با منطق فازی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداخته شده است. تعیین قدرت بالقوه و یا نوع کاربرد طبیعی سرزمین به‌عنوان تعریف تعیین توان کولوژیک مدنظر است. برای رسیدن به این منظور بایستی وضعیت معیارهای اکولوژیکی مانند شیب، ارتفاع، تیپ خاک، اقلیم و سنگ مادر مورد شناسایی و تجزیه و تحلیل، و هم‌چنین جمع‌بندی و ارزیابی قرار گیرد و قدرت بالقوه عرصه‌های مختلف سرزمین برای کاربری‌های مورد نظر تعیین گردد. برنامه‌ریز مدیریت کاربری زمین با دید اکولوژیکی یا آمایش سرزمین در مقیاس ملی، منطقه‌ای و محلی، تنها راه‌حل منطقی گسستن چرخه شوم فقر جامعه و بحران محیط‌زیست و ایجاد بسترلازم برای نیل به توسعه پایدار است (N. Ramakrishna, 2003). شناسایی قابلیت‌ها و توانمندی‌های سرزمین پیش از اجرای فعالیت‌های گوناگون بسیار حایز اهمیت است. در غیر این صورت، استفاده از قابلیت‌های سرزمین به‌نوعی صورت خواهد گرفت که محدودیت‌های طبیعی و اکولوژیکی مانع از استمرار فعالیت‌ها شده، عملاً بسیاری از سرمایه‌گذاری‌های انجام شده به هدر خواهد رفت. بنابراین مهم است که بر استعدادهای مختلف چشم‌اندازها تمرکز کنیم و در این زمینه اشتباه در کاربری زمین می‌تواند منابعی کمیاب را به‌خطر اندازد. در ارزیابی توان اکولوژیکی قابلیت توان شهری بسیار مهم و

تأثیرگذار است، به‌طوری که تعاریف مختلفی در تحقیقات گوناگون از ارزیابی قابلیت توان اکولوژیکی صورت گرفته است. خوشبختانه در برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران مطالعات آمایش سرزمین قانونی گردید (Tawfigh, 2006). نخستین تجربه تعیین توان اکولوژیکی در ایران را مخدوم ارائه کرده است. از نمونه‌های بارز آن در مناطق مختلف ایران شامل منطقه ساحلی شمال (وزارت مسکن و شهرسازی، ۱۳۷۲) استان‌های گیلان و مازندران (مخدوم، ۱۳۷۰)، آبخیز کرخه (مخدوم، ۱۳۷۹) استان گلستان (اونق و میرکریمی، ۱۳۷۷و ۱۳۷۸)، می‌باشد. در این تحقیقات با کاربرد ویژه مدل اکولوژیکی در مناطق مورد مطالعه، تجزیه و تحلیل و جمع‌بندی نقشه‌ها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) صورت گرفته و تناسب واحدهای زیست محیطی برای کاربری‌های مختلف با استفاده از زبان SQL تعیین گردیده است. از مدل F.A.O می‌توان به‌عنوان جامع‌ترین مدل ارزیابی تناسب در بخش کشاورزی نام برد (Ahmed et al., 2000; Kalogirou, 2002; Santé- Riveira et al., 2008). که در ایران نیز به کار گرفته شده است (Mohammadi and givi, 2001; Masih Abadi et al., 2001; Mohammad et al., 2007; Faraj zadeh and Merza Bayati, 2007). روش‌های ارزیابی چندمعیاره مانند WLC از دیگر روش های متداول در خصوص ارزیابی توان اکولوژیک به‌شمار می‌آید. (Geneletti et al., 2009; Store, 2001; Liu et al., 2007; Saroinsong et al., 2007; Ceballos and Lopez 2003; Dragan et al., 2003). این روش‌ها نیز با منطق و عملگرهای فازی پیاده‌سازی شده‌اند (Ceballos and Lopez 2003; Sicat, et al., 2005). به‌کارگیری روش‌هایی مانند OWA فازی (Malczewski, 2006)، برنامه‌ریزی خطی (Fallah Shamsi et al., 2005)، برنامه‌ریزی آرمانی فازی (Biswas and PAL, 2005) و تلفیق روش‌های AHP-WLC (UP&ARCI, 2000) از دیگر تحقیقات مرتبط با تعیین توان اکولوژیکی به‌شمار می‌رود. در بررسی این تحقیقات نکات زیر قابل ملاحظه است:

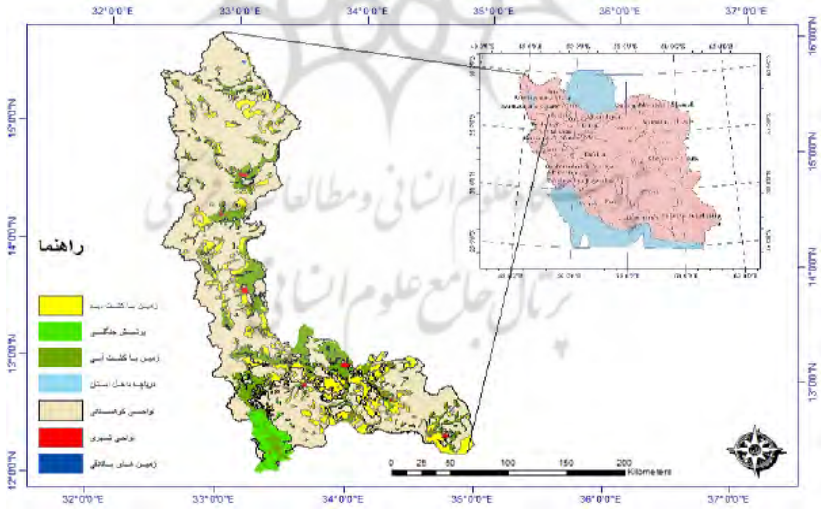
توان و ظرفیت اکولوژیکی محیط به‌خصوص محیط‌های شهری و پیرامون آن دارای معنی و مفهوم مبهم می‌باشد و نمی‌توان به‌طور مشخص و دقیق مقدار و درجه عضویت هر

عرصه از سرزمین را برای کاربری مشخصی، تعیین کرد که یکی از دلایل اصلی آن را می‌توان معیارهای متعدد اکولوژیکی و وزن‌های مورد انتصاب آن‌ها دانست. در روش‌های معمول ارزیابی توان اکولوژیکی، مرز بین یگان‌ها و کلاس‌های عوارض در نقشه‌ها به‌صورت مقدارهای [۰،۱] ذخیره می‌شوند. به‌عنوان مثال مرز کلاس‌ها در عوارضی مثل بافت خاک و یا نوع اقلیم به‌صورت قطعی بوده و تغییر تدریجی آن‌ها را نمی‌توان مدل‌سازی و نشان داد. در مدل‌های ارزیابی توان اکولوژیکی مبتنی بر منطق بولین، بسیاری از مقادیر عوارض به صورت کلاس‌هایی با مفاهیم ابهام‌آمیز همراه هستند که ضعف عمده این روش‌ها در تعریف مشخصات پارامترهای مورد نیاز برای مدل‌سازی توان اکولوژیکی می‌باشد. در بسیاری از مطالعات انجام گرفته مشاهده می‌گردد که مبانی و مفاهیمی مشابه برای مناطق مختلف جهت ارزیابی توان اکولوژیکی استفاده شده است که نتایج آن مدل‌سازی‌های مشابه برای تعیین توان اکولوژیکی بوده است که راه‌حل‌های مشابه برای مناطق مختلف را در پی داشته است.

منطق فازی قادر است بسیاری از مفاهیم و سیستم‌هایی را که غیردقیق و مبهم‌اند، صورت بندی ریاضی ببخشد و زمینه را برای تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد (Menhaj, 2008) و عدم یقین در جمع‌آوری، ذخیره سازی و تجزیه و تحلیل، تلفیق و ارزیابی داده‌های مورد نیاز فرایندها را مدل‌سازی کند. در بسیاری از تحقیقات انجام گرفته در زمینه تعیین توان اکولوژیکی وزن و اهمیت نسبی پارامترها مورد عنایت کمی واقع شده است و چنان‌که در موارد بسیار کمی نیز از روش‌های مرسوم مانند WLC و OWA فازی استفاده شده است ولی در این تحقیق در محیط نرم‌افزارArcGIS۱۰ این عمل با تابع فازی خطی انجام شد، که از نوع آوری‌های این تحقیق محسوب می‌شود. با توجه به نکات مذکور در این تحقیق متدولوژی جدید ارزیابی و تعیین توان اکولوژیکی مبتنی بر منطق فازی در محیط ArcGIS10 انجام گرفت که در کنار مشخص کردن پهنه‌های زمینی مناسب برای توسعه شهری در استان یکی از اهداف مهم این تحقیق می‌باشد. میزان تأثیرگذاری هر یک از معیارهای مکان‌گزینی در ارزیابی توان اکولوژیکی با رویکرد توسعه پایدار شهری به‌صورت نقشه تناسب اراضی برای توسعه شهری استان آذربایجان‌غربی ارائه شد.

مواد و روش‌ها

استان آذربایجان‌غربی با وسعت۳۷۵۹۰ کیلومترمربع (بدون احتساب دریاچه ارومیه) بین ۳۶ درجه و ۵ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۶ دقیقه عرض شمالی و ۴۴ درجه و ۳ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۲۴ دقیقه طول شرقی، در شمال‌غربی ایران واقع شده است (شکل۱). این استان از شمال به جمهوری خودمختار نخجوان وکشور ترکیه و از شرق به استان آذربایجان‌شرقی و از جنوب به استان کردستان و از غرب به کشورهای ترکیه و عراق محدود می‌شود. براساس تقسیمات کشوری استان آذربایجان غربی دارای ۱۷ شهرستان، ۴۰ بخش، ۳۸ شهر، ۱۱۳ دهستان و ۳۰۳۱ آبادی دارای سکنه می‌باشد. ناهمواری‌های عمده استان در قسمت غربی آن یعنی در نواحی مرزی ایران و ترکیه و عراق واقع گردیده است. این ارتفاعات که در واقع امتداد کوه‌های ارمنستان می‌باشند، از شمال به جنوب کشیده شده و در نهایت به سلسله‌جبال شمالی زاگرس منتهی می‌گردند. مرتفع‌ترین نقطه استان قله اورین به ارتفاع۳۶۲۲ متر در شهرستان خوی و کم‌ارتفاع‌ترین نقطه آن در محل خروج رودخانه زاب، از ایران به عراق به ارتفاع۶۲۰ متر در شهرستان سردشت واقع است (معاونت برنامه‌ریزی استانداری آذربایجان‌غربی،۱۳۹۰).



شکل (۱) نقشه موقعیت جغرافیایی استان آذربایجان‌غربی

برای تهیه نقشه های معیارهای اکولوژیکی منطقه در محیط GIS از نقشه‌های پوشش گیاهی در مقیاس۱:۲۵۰/۰۰۰ تولید شده در وزارت جهاد کشاورزی، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری؛ نقشه واحدهای اراضی درمقیاس۱:۲۵۰/۰۰۰، تولید شده در وزارت جهاد کشاورزی، سازمان جنگل‌ها؛ مراتع و آبخیزداری؛ نقشه توپوگرافی در مقیاس۱:۲۵۰/۰۰۰، تولید شده در سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، به‌منظور استخراج لایه منحنی میزان و تولید نقشه‌های ارتفاع، شیب و جهت شیب؛ تولید نقشه‌های آب و هوا و منابع آب در مقیاس۱:۲۵۰/۰۰۰، با استفاده از داده‌های ۲۵ ساله سازمان هواشناسی کشور، سازمان آب و فاضلاب استان آذربایجان‌غربی با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS10؛ تولید نقشه‌های بافت خاک، عمق خاک، زهکشی و فرسایش خاک در مقیاس۱:۲۵۰/۰۰۰، با استفاده از داده‌های سـازمان منابع طبیعی و جـنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری استان آذربایجان غربی و نقشه زمین‌شناسی در مقیاس ۱:۲۵۰/۰۰۰ استفاده شده و بر همین اساس میزان انواع کاربری‌های موجود در استان در جدول ۱ ارائه شد است.

جدول (۱) انواع کاربری‌های موجود در منطقه مورد مطالعه

کد	کاربری	مساحت(هکتار)	درصد
۱	محدوده مسکونی (سطوح‌شهری،روستایی و تأسیسات)	۱۴۲۸۱/۸۱	۰/۳۸
۲	جنگل انبوه	۱۷۶۸۶/۶۵	۰/۴۷
۳	جنگل نیمه انبوه	۲۰۹۸۵/۷۴	۰/۵۶
۴	جنگل تنک	۶۲۲۸۵/۶۹	۱/۶۷
۵	بیشه‌زار ودرختچه زار	۱۹۱/۴۳	۰/۰۱
۶	مراتع متراکم	۸۵۵۳۳۹/۷۰	۲۲/۹۰
۷	مراتع نیمه‌متراکم	۱۰۶۳۳۷۶/۴۴	۲۸/۴۸
۸	مراتع کم تراکم	۸۵۵۳۳۹/۷۰	۲۲/۹۰
۹	زراعات آبی وباغات	۴۹۹۰۱۱/۴۶	۱۳/۳۶
۱۰	زراعت دیم	۴۳۸۱۰۵/۸۱	۱۱/۷۳
۱۱	تپه‌های ماسه‌ای	۳۰۲۸/۲۳	۰/۰۸
۱۲	اراضی شور و نمکزار	۶۳۵۳۸/۴۲	۱/۷۰
۱۳	اراضی بدون پوشش و بیرون‌زدگی سنگی	۱۱۵۸۶۵/۶۲	۳/۱۰

۱۴	باتلاق منطقه مرطوب	۴۶۱۶/۹۲	۰/۱۲
۱۵	سطوح آبی	۹۵۱۸/۵۶	۰/۲۵
۱۶	بستر رودخانه	۱۱۰۰۵/۹۲	۰/۲۵
۱۷	نیزار	۳۰۲۸/۳۲	۰/۰۸
جمع کل در سطح استان		۳۷۳۴۳۳۰/۰۱	۱۰۰

مأخذ: اداره کل مسکن و شهرسازی-سازمان آبخیزداری و منابع طبیعی آذربایجان‌غربی (۱۳۹۱)

این تحقیق از نوع کاربردی و به روش توصیفی- تحلیلی است که در آن تعیین توان اکولوژیکی برای کاربری توسعه شهری در سه طبقه مدنظر قرار گرفت. مطابق با مدل اکولوژی توسعه شهری، طبقه ۱، ۲ و ۳ به‌ترتیب معادل طبقه مناسب، نسبتاً مناسب و ناقص لحاظ می‌گردد. هر یک از کاربری‌ها از نظر توان طبیعی شرایط خاصی را طلب می‌کنند. در این تحقیق با توجه به مدل اکولوژی توسعه شهری و بهره‌گیری از نتایج سایر تحقیقات از جمله مدل مخدوم و فائو در زمینه تعیین توان اکولوژیکی، نیازمندی کاربری‌های مورد نظر تعیین شد (جدول۲).

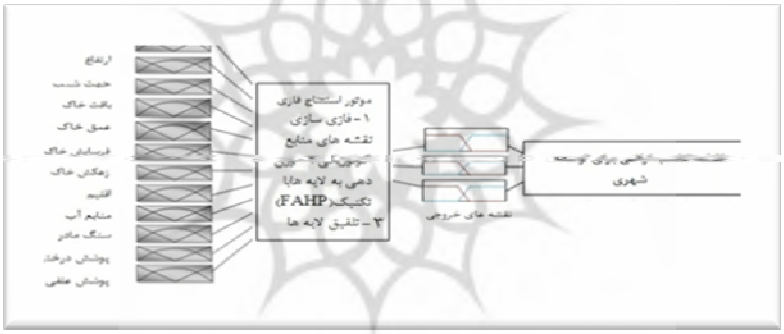
جدول (۲). مدل اکولوژیکی کاربری‌ها و پوشش‌های مورد نظر

پارامترها	توسعه شهری	
	مقادیرb	مقادیرa
شیب	۳درصد	۹درصد
ارتفاع	۸۰۰ (متر)	۱۸۰۰ (متر)
جهت شیب	S-W	N-WS
بافت خاک	۴-۵	۱-۲-۳
عمق خاک	۴-۵	۱-۲-۳
فرسایش خاک	۲-۴-۵	۱-۳
زهکش خاک	۱	۲-۳
اقلیم و آب و هوا	۱	۲-۳
منابع آب	۱	۲-۳
سنگ مادر	۱	۲-۳
پوشش درختی	۱	۲-۳-۴
پوشش علفی	۱	۲-۳-۴

منظور از اعداد مربوط به معیارها عبارتند از: معیار شیب، شیب‌ها به‌صورت خطی از۳ درصد (b) تا ۹درصد (a). در معیار ارتفاع، ارتفاعات برابر۸۰۰ متر(a) تا ۱۸۰۰ متر (b). در معیار بافت خاک اعداد ۵ و ۴ معادل اسمی خاک‌های لومی و لومی- رسی(b) و اعداد ۱،۲،۳ معادل اسمی خاک‌های رسی، لومی-رسی کم‌عمق، شنی کم‌عمق، لومی کم‌عمق و نمک‌زارها (a) می‌باشند. در معیار عمق خاک اعداد ۴ و ۵ معادل عمیق تا نیمه‌عمیق (b) و اعداد ۱،۲،۳ معادل ارزش‌های عمق متوسط، کم‌عمق، خیلی کم‌عمق (a) می‌باشد. در معیار فرسایش اعداد ۲،۴،۵معادل ارزش‌های خیلی کم، کم، متوسط (b)، و اعداد ۱و۳ معدل ارزش‌های زیاد و خلیلی زیاد(a) می باشند. در معیار زهکشی خاک اعداد عدد ۱ معادل ارزش خوب تا کامل (b) و اعداد ۲و۳ معادل ارزش‌های متوسط تا ناقص (a) می‌باشند. در معیار اقلیم و آب و هوا عدد ۱ معادل ارزش مدیترانه‌ای با باران‌های بهاره (b)، و اعداد ۲و۳ معادل ارزش‌های نیمه مرطوب و کوهستانی سرد (a) می‌باشند. در معیار منابع آب عدد ۱معادل مقادیر ۲۵۵ تا ۳۰۰ (b)، و اعداد ۲و۳ معدل ارزش‌های ۲۲۵ تا۱۵۰ و کم‌تر از ۱۵۰ (a) لیتر در روز برای هر نفر می‌باشند. در معیار سنگ مادر عدد ۱ معادل ماسه سنگ- آبرفت سیلابی و مخروط افکنه‌های کوهپایه‌ای جدید کم‌ارتفاع (b) و اعداد ۲و۳ معادل ارزش‌های رس- گرانیت- مخروط افکنه‌های قدیم و مرتفع و توف‌ها و مارن- شیست-گچ (a) می‌باشند. در معیار پوشش درختی عدد ۱ به معادل ارزش بسیار کم (کم‌تر از ۳۰درصد که شامل: جنگل‌های کم‌تراکم، و زمین‌های با پوشش گیاهی ضعیف) (b)، و اعداد ۲و۳و۴ معادل ارزش‌های کم (با پوشش۳۰ تا۶۰ درصد)، زیاد (با پوشش۶۰ تا ۸۰ درصد) و خیلی زیاد (با پوششی بیش از ۸۰ درصد) (a) هستند. در معیار پوشش علفی اعداد ۱ معادل ارزش بسیار کم (کم‌تر از ۳۰درصد که شامل: مراتع کم‌تراکم، و زمین‌های با پوشش گیاهی ضعیف) (b)، و اعداد۲ و ۳ و ۴ معادل ارزش‌های کم (با پوشش۳۰ تا ۵۰ درصد)، زیاد (با پوشش ۵۰ تا ۸۰ درصد) و خیلی زیاد (با پوششی بیش از۸۰درصد) (a) می‌باشند.

با توجه به این‌که در مدل‌های تعیین توان اکولوژی جهت توسعه شهری، واحد سرزمین به‌صورت واحد زیست‌محیطی یا پیکسل تعریف شده است، واحد زیست‌محیطی از همپوشانی نقشه واحد شکل زمین (تلفیق نقشه‌های شیب، جهت شیب و ارتفاع) با نقشه تیپ خاک و

سپس با نقشه پوشش گیاهی و تراکم آن، ایجاد شده و ویژگی‌های طبیعی هر واحد سرزمین از تلفیق نقشه‌های منابع اکولوژیکی حاصل گردید. سپس با مقایسه خصوصیات واحد سرزمین با نیازمندی‌های کاربری‌های مختلف، میزان توان اکولوژیک هر واحد سرزمین تعیین گردید. مطابق با مدل اکولوژی توسعه شهری تناسب هر پیکسل برای هر کاربری به‌صورت یک و یا صفر تعیین می‌گردد. به‌عبارت دیگر، اگر در یک پیکسل یا واحد زیست محیطی کلیه شرایط مدل اکولوژیکی با هم برقرار باشند، ارزش تناسب یک است و در غیراین صورت برابر با صفر می‌باشد. با توجه به مراحل تعیین توان اکولوژیک و ساختار موتورهای استنتاج‌گر فازی، ساختار کلی فرایند تعیین توان اکولوژیک با استفاده از منطق فازی را می‌توان مطابق با شکل۳ بیان کرد.



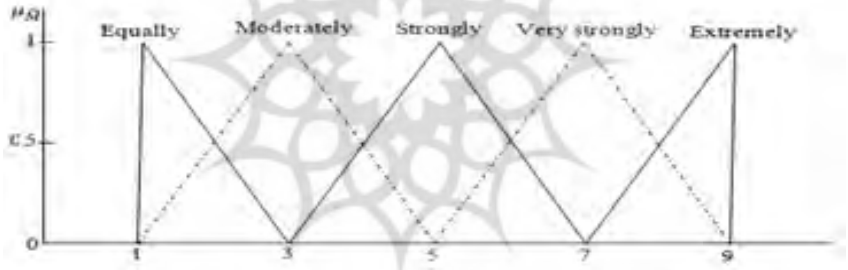
شکل (۲) ساختار کلی فرایند توان اکولوژیکی سرزمین با استفاده منطق فازی

تابع عضویت مقدار فازی بودن یک مجموعه فازی را مشخص می‌کند و در واقع تابعی که میزان درجه عضویت اعضای مختلف را به یک مجموعه نشان می‌دهد، تابع عضویت می‌گویند (دزفولی: ۱۳۸۵). تابع عضویت در مدل فازی برای اکثر پارامترهای منابع اکولوژیکی خطی بوده و به‌صورت معادله یک تعریف می‌شود. تابع به‌کار رفته تابع خطی نامتقارن است که در آن a و b حدود ارزش‌های به‌کار رفته برای هر یک از پارامترهای مورد مطالعه است. برای تعیین این حدود می‌توان حد بحرانی یا به‌عبارتی مقادیری که بیش‌تر یا کم‌تر از یک حد استاندارد، برای این متغیرها را به‌عنوان معیارانتخاب کرد که این مقادیر در جدول ۲ آمده است.

معادله (۱)

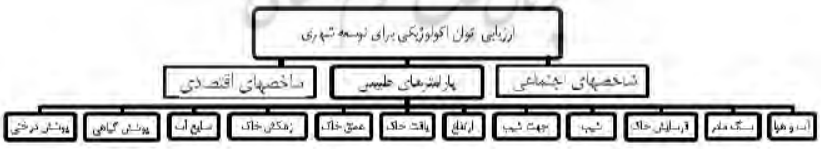
$$\mu A(X) = f(x) = \begin{cases} 0 & x \le a \\ x - a / b - a & b \le x \le a \\ 1 & x \le b \end{cases}$$

در روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، پس از تهیه نمودار سلسله‌مراتبی از تصمیم‌گیرنده (یا تصمیم‌گیرندگان) خواسته می‌شود تا عناصر هر سطح را نسبت به هم مقایسه کنند و اهمیت نسبی عناصر را با استفاده از طیف مشخص بیان کنند. به‌طور مثال در شکل ۴ نیز تابع عضویت فازی برای متغیرهای زبانی نشان داده شده است. مهم‌ترین گام در ارزیابی معیارهای توان اکولوژیکی انتخاب روش ارزیابی و تعریف حدود آن‌ها است، برای ارزیابی معیارها از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (روش چانگ) استفاده شد. که در هفت مرحله به‌شرح زیر است:



شکل (۴) تابع عضویت فازی برای متغیرهای زبانی(عطائی، ۱۳۸۹: ۱۰۵)

مرحله اول: تشکیل نمودار سلسله‌مراتبی معیارها که محاسبه وزن و امتیاز نهایی معیارهای اکولوژیکی توسعه شهری براساس آن انجام شد.



نمودار (۱) ساختار سلسه‌مراتبی مربوط به محاسبه وزن و امتیاز نهایی معیارهای ارزیابی توان اکولوژیکی

مرحله دوم: جهت تعریف اعداد فازی به‌منظور انجام مقایسه‌های زوجی، به‌طور مثال در جدول زیر نمونه‌ای از اعداد فازی مثلثی و توابع عضویت هر کدام نوشته شده است.

جدول (۳) نمونه‌ای از اعداد فازی تعریف شده در روش تحلیل سلسله‌مراتبی

عدد فازی	تعریف	مقیاس فازی مثلثی	دامنه	تابع عضویت
$\tilde{9}$	اهمیت مطلق	(۷و۹و۹)	$7\leq x\leq 9$	$\frac{x-7}{9-7}$
$\tilde{7}$	اهمیت خیلی قوی	(۵و۷و۹)	$7\leq x\leq 9$	$\frac{9-x}{9-7}$
			$5\leq x\leq 7$	$\frac{x-5}{7-5}$
$\tilde{5}$	اهمیت قوی	(۳و۵و۷)	$5\leq x\leq 7$	$\frac{7-x}{7-5}$
			$3\leq x\leq 5$	$\frac{x-3}{5-3}$
$\tilde{3}$	اهمیت ضعیف	(۱و۳و۵)	$3\leq x\leq 5$	$\frac{5-x}{5-3}$
			$1\leq x\leq 3$	$\frac{x-1}{3-1}$
$\tilde{1}$	اهمیت یکسان	(۱و۱و۳)	$1\leq x\leq 3$	$\frac{3-x}{3-1}$
۱	دقیقاً مساوی	(۱و۱و۱)	-	-

مرحله سوم: تشکیل ماتریس مقایسه زوجی $(\tilde{A})$ با به‌کارگیری اعداد فازی

$$\tilde{A}=\begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & 1 & \cdots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

مرحله چهارم: محاسبه S_i برای هریک از سطرهای ماتریس مقایسه زوجی S_i که خود یک عدد فازی مثلثی است از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} m_{gi}^{j} \otimes \left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1}$$

که در این رابطه i بیانگر شماره سطر و j بیان گر شماره ستون می باشد. M_{gi}^{j} در این رابطه اعداد فازی مثلثی ماتریس های مقایسه زوجی هستند. و مقادیر زیر عبارتند از:

$$\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = \left(\sum_{j=1}^{m} l_j \,,\sum_{j=1}^{m} m_j \,,\sum_{j=1}^{m} u_j\right)$$

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = \left(\sum_{i=1}^{n} l_i \,,\sum_{i=1}^{n} m_i \,,\sum_{i=1}^{n} u_i\right)$$

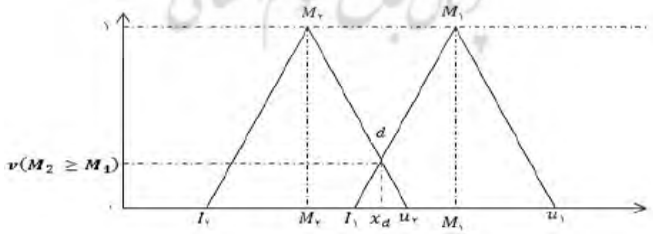
$$\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i}\right)$$

در روابط بالا l_i ،m_i ،u_i، به ترتیب مؤلفه‌های اول تا سوم اعداد فازی هستند.

مرحله پنجم: محاسبه درجه بزرگی S_iها نسبت به هم‌دیگر، به‌طور کلی اگر $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ و $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$ دو عدد فازی مثلثی باشند، طبق شکل ۵ درجه بزرگی M_1 نسبت به M_2 به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$v(M_2 \geq M_1) = hgt(M_2 \cap M_1) = \mu_{M_2}(d)$$

$$= \begin{cases} 1 & \text{if } m_2 \geq m_1 \\ 0 & \text{if } l_1 \geq u_2 \\ \dfrac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{otherwise} \end{cases}$$



شکل (۵) درجه بزرگی دو عدد فازی نسبت به هم

از طرف دیگر میزان بزرگی یک عدد فازی مثلثی از K عدد فازی مثلثی دیگر از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$\upsilon(M \geq M_1, M_2, ..., M_k)$$
$$= \upsilon[(M \geq M_1) and (M \geq M_2) and ... and (M \geq M_k)] MinV(M \geq M_i)$$
$$i = 1,2,3,..., k$$

مرحله ششم: محابسه وزن معیارها و گزینه‌ها در ماتریس‌های مقایسه زوجی

بدین منظور از رابطه مقابل استفاده می‌شود:

$$\acute{d}(A_i) = Min\ V(S_i \geq S_k) \quad k = 1,2,3,\dots,n \quad k \neq i$$

بنابراین بردار وزن نرمال نشده به‌صورت زیر خواهد بود:

$$W' = \left(\acute{d}(A_1), \acute{d}(A_2), \dots \acute{d}(A_n)\right)^T \quad A_I (i = 1,2,\dots,n)$$

مرحله هفتم: محاسبه بردار وزن نهایی

برای محاسبه بردار وزن نهایی باید وزن محاسبه شده در مرحله قبل را نرمال کرد بنابراین:

$$W = (d(A_1), d(A_2), ... d(A_n))T$$

یافته‌ها و بحث

با تشکیل ماتریس‌های مقایسه زوجی برای معیارها طبق فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، با انجام محاسبات مربوط به S_iها و درجه بزرگی، وزن نهایی دوازده معیار مشخص شد که به‌عنوان مثال ماتریس مقایسات زوجی برای معیارهای اقلیم، سنگ مادر و فرسایش خاک در جدول ۴ ارائه شد و محاسبات برای تعیین وزن نهایی این معیارها به‌شرح زیر انجام گرفت.

جدول (۴) ماتریس مقایسه زوجی برای معیارهای اقلیم، سنگ مادر و فرسایش خاک

معیارها	اقلیم	سنگ مادر	فرسایش خاک
اقلیم	(۱،۱،۱)	(۹، ۷، ۱، ۷، ۰)	(۹، ۸، ۱، ۷، ۰)
سنگ مادر	(۴، ۱، ۸، ۰، ۱، ۰)	(۱،۱،۱)	(۳، ۲، ۱، ۳، ۰)
فرسایش خاک	(۴، ۱، ۸، ۰، ۱، ۰)	(۳، ۱، ۱، ۳، ۰)	(۱،۱،۱)

$$S_{c_{11}} = (2.4, 3, 5.4) \times (0.033, 0.962, 0.192)$$
$$= (0.0792, 2.886, 1.036)$$

$$S_{c_{12}} = (1.4, 3, 5.4) \times (0.033, 0.962, 0.192)$$
$$= (0.0462, 2.886, 1.0368)$$

$$S_{c_{13}} = (1.4, 2.9, 5.4) \times (0.033, 0.962, 0.192)$$
$$= (0.0462, 2.78, 1.0368)$$

S_iها برای معیارهای شیب، ارتفاع و جهت جغرافیایی به‌شرح زیر است:

$$S_{c_{21}} = (2.6, 3.6, 9.8) \times (0.043, 0.113, 0.156)$$
$$= (0.111, 0.406, 1.528)$$

$$S_{c_{22}} = (2.3, 3.3, 9.3) \times (0.043, 0.113, 0.156)$$
$$= (0.0989, 0.372, 1.45)$$

$$S_{c_{23}} = (1.55, 2.7, 3.7) \times (0.043, 0.113, 0.156)$$
$$= (0.066, 0.305, 0.577)$$

S_iها برای معیارهای بافت، عمق و شرایط زهکشی خاک به‌شرح زیر است:

$$S_{c_{31}} = (1.7, 3.2, 6) \times (0.061, 0.108, 0.192) = (0.103, 0.345, 1.152)$$

$$S_{c_{32}} = (1.7, 3.3, 6) \times (0.061, 0.108, 0.192) = (0.103, 0.356, 1.152)$$

$$S_{c_{33}} = (1.8, 3, 4.3) \times (0.061, 0.108, 0.192) = (0.109, 0.324, 0.825)$$

S_iها برای معیارهای پوشش درختی، پوشش علفی و منابع آب به‌شرح زیر است:

$$S_{c_{41}} = (1.5, 2.7, 4.7) \times (0.045, 0.093, 0.188) = (0.067, 0.251, 0.886)$$

$$S_{c_{42}} = (1.4, 2.7, 4.4) \times (0.045, 0.093, 0.188) = (0.063, 0.251, 0.827)$$

$$S_{c_{43}} = (2.4, 5.3, 12.9) \times (0.045, 0.093, 0.188) = (0.108, 0.492, 2.425)$$

درجه بزرگی S_iها نسبت به هم به‌شرح زیر است:

$$v = (S_{c_{11}} \geq S_{c_{12}}) = 1 \quad v = (S_{c_{11}} \geq S_{c_{13}}) = 0.9$$

$$v = (S_{c_{12}} \geq S_{c_{11}}) = 1 \quad v = (S_{c_{12}} \geq S_{c_{13}}) = 0.9$$

$$v = (S_{c_{13}} \geq S_{c_{11}}) = 0.9 \quad v = (S_{c_{13}} \geq S_{c_{12}}) = 0.9$$

$$v = (S_{c_{21}} \geq S_{c_{22}}) = 0.97 \quad v = (S_{c_{21}} \geq S_{c_{23}}) = 82$$

$$v = (S_{c_{22}} \geq S_{c_{21}}) = 1 \quad v = (S_{c_{22}} \geq S_{c_{23}}) = 0.87$$

$$v = (S_{c_{23}} \geq S_{c_{21}}) = 1 \quad v = (S_{c_{23}} \geq S_{c_{22}}) = 1$$

$$v = (S_{c_{31}} \geq S_{c_{32}}) = 1 \quad v = (S_{c_{31}} \geq S_{c_{33}}) = 0.97$$

$$v = (S_{c_{32}} \geq S_{c_{31}}) = 1 \quad v = (S_{c_{32}} \geq S_{c_{33}}) = 0.98$$

$$v = (S_{c_{33}} \geq S_{c_{31}}) = 1 \quad v = (S_{c_{33}} \geq S_{c_{32}}) = 1$$

$$v = (S_{c_{41}} \geq S_{c_{42}}) = 1 \quad v = (S_{c_{41}} \geq S_{c_{43}}) = 1$$

$$v = (S_{c_{42}} \geq S_{c_{41}}) = 1 \quad v = (S_{c_{42}} \geq S_{c_{43}}) = 1$$

$$v = (S_{c_{43}} \geq S_{c_{41}}) = 0.63 \quad v = (S_{c_{43}} \geq S_{c_{42}}) = 0.74$$

حداقل درجه بزرگی S_iها، بردار وزن نرمال نشده و بردار وزن نرمال شده به‌شرح زیر است:

$$\hat{d}(C_{c_{11}}) = Min(1, 0.9) = 0.9\hat{d}(C_{c_{12}}) = Min(1, 0.9) = 0.9\hat{d}(C_{c_{13}}) = Min(0.9, 0.9) = 0.9$$

$$\hat{d}(C_{c_{21}}) = Min(0.97, 0.82) = 0.82\hat{d}(C_{c_{22}}) = Min(1, 0.87) = 0.87\hat{d}(C_{c_{23}}) = Min(1, 1) = 1$$

$$\hat{d}(C_{c_{31}}) = Min(1, 0.97) = 0.97\hat{d}(C_{c_{32}}) = Min(1, 0.98) = 0.98\hat{d}(C_{c_{33}}) = Min(1, 1) = 1$$

$$\hat{d}(C_{c_{41}}) = Min(1, 1) = 1\hat{d}(C_{c_{42}}) = Min(1, 1) = 1\hat{d}(C_{c_{43}}) = Min(0.63, 0.74) = 0.63$$

$$\hat{W} = (0.9, 0.9, 0.9)\hat{W} = (0.82, 0.87, 1)\hat{W} = (0.97, 0.98, 1)\hat{W} = (1, 1, 0.63)$$

Wوزن نهایی نرمال شده معیارها

$$= (0.333, 0.333, 0.333, 0.304, 0.323, 0.371, 0.328, 0.332, 0.338, 0.38, 0.38, 0.239)$$

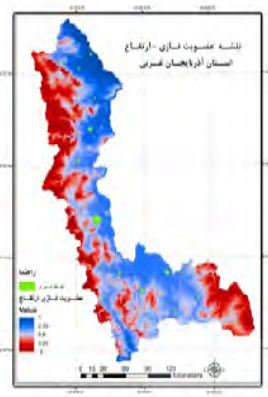
بعد از تهیه نقشه فازی برای دوازده معیار مورد مطالعه، وزن‌های تهیه شده با استفاده از تکنیک FAHP در این لایه‌ها ضرب و از حاصل جمع آن‌ها نقشه نهایی تناسب اراضی برای توسعه شهری تهیه شد (شکل۷).

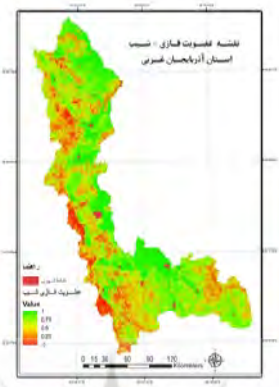
$$\mu_A = W_1 \cdot \mu_{A1} + \cdots + W_k \cdot \mu_{A1}$$

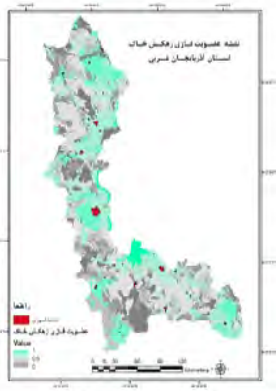
$$\mu_A = \sum_{j=1}^{k} W_i \cdot \mu_{A1(x)} \quad x \in X$$

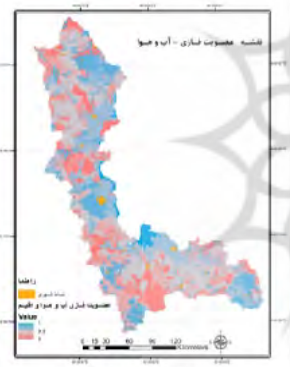
$$\sum_{j=1}^{k} W_i = 1 \quad W_j > 0 \quad \text{(معادله۲)}$$

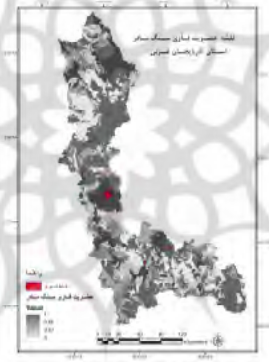
μ تابع عضویت مربوط به هر یک از پارامترها و W وزن اختصاص داده شده به هر یک از پارامترها می باشد. در این تحقیق با توجه به سهولت پیاده سازی منطق فازی در محیط ArcGIS۱۰ پیکسل به عنوان واحد سرزمین تعریف گردید. چون مبنای تصمیم‌گیری معمولاً واحدهای زیست محیطی یا مدیریتی هستند، واحدهای زیست محیطی مطابق با مدل اکولوژیکی توسعه شهری ایجاد شد. مقادیر پارامترهای مورد مطالعه به‌ترتیب برای ۱۲ معیار اقلیم، سنگ مادر، فرسایش خاک، درصد شیب، جهت جغرافیایی، ارتفاع، بافت خاک، عمق خاک، زهکش خاک، پوشش درخت، پوشش علفی و در نهایت منابع آب هر یک با حدود و معیار خاص خود در جدول ۲ مشخص شد. سپس بعد از اعمال معادله شماره یک بر روی فاکتورهای مورد مطالعه در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی و با توجه به این نکته که مقادیر فازی بین صفر و یک به‌صورت پیوسته تغییر می‌کند، نقشه فازی آن‌ها به‌طور مجزا به ترتیب برای هریک از معیارها به‌صورت شکل‌های ۶ تا ۱۷ تهیه گردید. این شکل‌ها نشانگر تغییرات پیوسته این پارامترها در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. حد بالای این میزان با عدد یک با رنگ معین در هر نقشه شرایط مطلوب را نشان می‌دهد و در واقع نشانگر مناطقی هستند که مقدار پارامترهای مورد مطالعه برابر با حد ایده‌آل (b) است و رنگ مشخص با مقدار عددی صفر نشان‌دهنده مناطقی هستند که این نقاط کم‌ترین میزان و شرایط (a) آن معیار را دارند و مناطق بین این دو حالت با چندین رنگ با شدت‌های مختلف نشان داده شده است. لذا هدف اصلی از شکل‌های ۶ تا ۱۷ نشان دادن روند تغییرات معیارها می‌باشد. در مرحله بعدی نقشه‌های ایجاد شده بر اساس میزان اهمیت در تناسب اراضی برای توسعه شهری با استفاده از دانش کارشناسی وزن‌دهی شدند. نتایج آن بعد از تلفیق لایه‌ها در نقشه شکل ۱۸ ارائه شده است. تغییرات رنگ از آبی به قرمز نشان‌دهنده شرایط بالا به ضعیف از نظر تناسب اراضی جهت توسعه شهری می‌باشد. نتایج حاصله نشان می‌دهد که ۴۴،۱۹ درصد منطقه از نظر تناسب اراضی برای توسعه شهری در رتبه ضعیف، ۲۸،۳۴ درصد منطقه در طبقه متوسط و ۲۷،۴۷ درصد در گروه با تناسب بالا (خوب) قرار می‌گیرد.


شکل۷. نقشه عضویت فازی ارتفاع

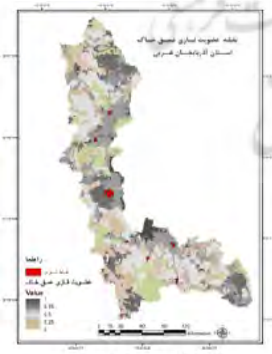

شکل۶. نقشه عضویت فازی شیب


شکل۸. نقشه عضویت فازی رهکش خاک

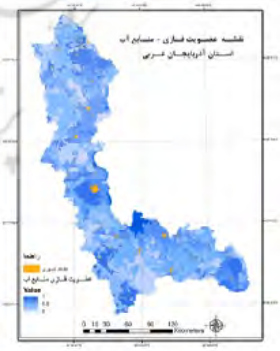

شکل۵. نقشه عضویت فازی آب و هوا

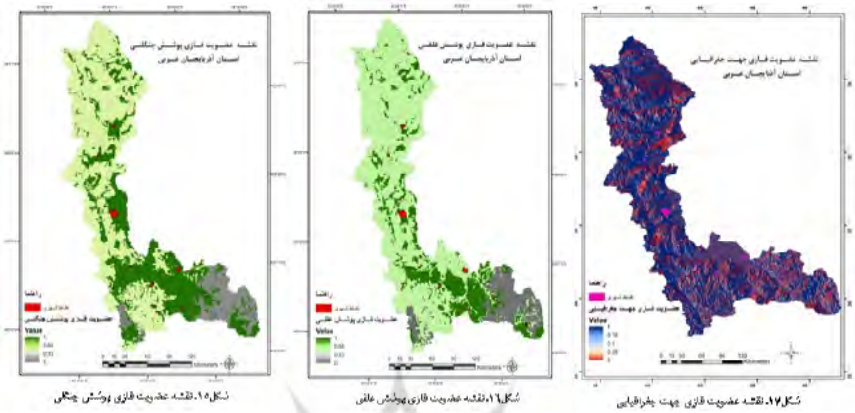

شکل۱۰. نقشه عضویت فازی سنگ مادر

شکل۱۱. نقشه عضویت فازی بافت خاک


شکل۱۲. نقشه عضویت فازی عمق خاک

شکل۱۳. نقشه عضویت فازی فرسایش خاک


شکل۱۴. نقشه عضویت فازی منابع آب



شکل ۱۷. نقشه عضویت فازی جهت چغرافیایی

شکل ۱۶. نقشه عضویت فازی پوشش علفی

شکل ۱۵. نقشه عضویت فازی پوشش جنگلی

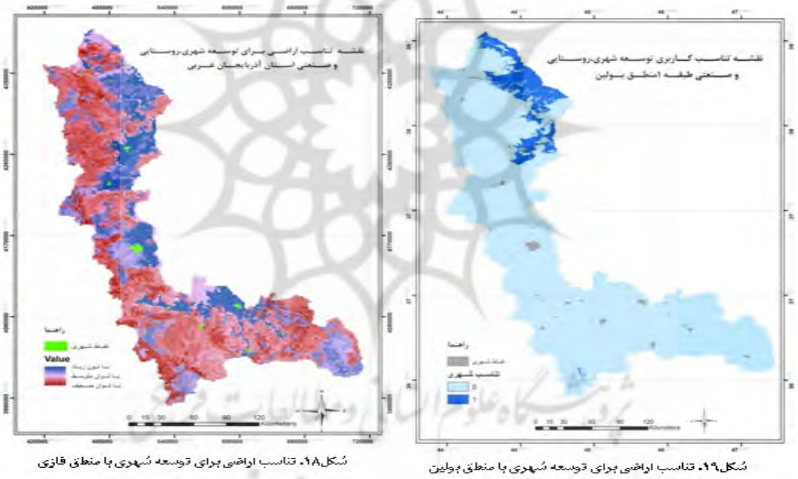
به‌منظور مقایسه نتایج پیاده‌سازی مدل اکولوژیکی کاربری توسعه شهری با دو روش مک هارگ و فازی، نقشه‌های توان اکولوژیکی کاربری شهری تهیه گردید. در مقایسه نتایج اجرای مدل اکولوژیکی توسعه شهری با استفاده از منطق فازی (شکل ۱۸) و مک هارگ (شکل ۱۹) می‌توان گفت که در اطراف مرز عوارض و کلاس‌های تشکیل‌دهنده نقشه‌های منابع اکولوژیکی در پیاده‌سازی مدل اکولوژیکی توسعه شهری با استفاده از منطق فازی نتایج با جزئیات بیش‌تری بیان می‌گردد.

جدول (۵) مقایسه کمی مساحت کاربری توسعه شهری(کیلومترمربع) در پیاده‌سازی مدل اکولوژیکی توسعه شهری با دو منطق بولین و منطق فازی

کاربری	منطق فازی(درصد)			منطق فازی(کیلومترمربع)			منطق بولین	
	زیاد	متوسط	ضعیف	زیاد	متوسط	ضعیف	دارد	ندارد
توسعه شهری	۱۷	۲۳	۶۰	۵۷۳۵،۸	۷۷۶۰،۲	۲۰۲۴۴	–	۳۳۷۴۰

با تحلیل جدول۵ می‌توان گفت که بر اساس پیاده‌سازی منطق بولین، مناطقی که تناسب آن‌ها برای کاربری توسعه شهری برابر با صفر است، در منطق فازی به‌طور متوسط ۱۷ درصد درکلاس با تناسب زیاد، ۲۳ درصد کلاس با تناسب متوسط و ۶۰ درصد در کلاس‌های با تناسب زیاد قرار گرفته‌اند. این امر بیانگر آن است که ۱۷درصد از مناطق که دارای تناسب زیاد و ۲۳درصد از مناطق که دارای تناسب متوسط هستند، به‌خاطر عدم رعایت یک یا چند معیار در منطق بولین حذف شده‌اند. عدم مدل‌سازی ابهام موجود در

تعریف معیارها را می‌توان دلیل این تفاوت ذکر کرد. به عنوان نمونه، در تعیین تناسب کاربری شهری برای طبقه ۱ با منطق بولین، میزان شیب مورد نیاز بازه [۰-۶] درصد تعریف شده است و یک پیکسل با شیب ۶،۱ درصد در کلاس با تناسب صفر قرار می‌گیرد که این امر در منطق فازی مدل‌سازی گردیده است. به‌طور کلی با به کارگیری منطق بولین، تناسب منطقه مورد مطالعه برای کاربری توسعه شهری به دو کلاس (۱۰،۲۵ درصد دارای تناسب یک و ۸۹،۷۵ درصد دارای تناسب صفر) تقسیم‌بندی شده است. در حالی که پیاده‌سازی منطق فازی، منطقه مورد مطالعه را به سه کلاس (۲۷،۴۷ درصد دارای تناسب زیاد، ۲۸،۳۴ درصد دارای تناسب متوسط و ۴۴،۱۹ درصد با تناسب ضعیف) طبقه‌بندی می‌کند. به‌عبارت دیگر با پیاده‌سازی منطق فازی، واقعیت را می‌توان به شکلی مناسب‌تر نمایش داد.



شکل۹. تناسب اراضی برای توسعه شهری با منطق بولین

شکل۱۰. تناسب اراضی برای توسعه شهری با منطق فازی

نتیجه‌گیری

امروزه به دلیل اهمیت توسعه پایدار، مطالعات آمایش سرزمین در هر منطقه امری ضروری و حیاتی محسوب می‌شود. یکی از مراحل اصلی آمایش، تعیین توان اکولوژیکی سرزمین است. در این تحقیق پیاده‌سازی تعیین توان اکولوژیکی سرزمین با روش متناسب با هدف تحقیق اجرا گردید. به‌عبارتی در این تحقیق برای تعیین توان اکولوژیکی سرزمین از منطق فازی

استفاده شده است. ابهام موجود در مدل‌های اکولوژیکی به‌دلیل ماهیت روش‌های کلاسیک و عدم انطباق آن‌ها با محتویات نقشه‌های منابع طبیعی موجود در کشور مقایسه این دو امر مهم را دچار ابهام می‌سازد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که منطق فازی در مدل‌سازی نقشه‌های منابع اکو لوژیکی موجود و انطباق آن‌ها با مدل‌های اکولوژیکی انعطاف‌پذیرتر و مناسب‌تر است. هم‌چنین به‌دلیل زیاد بودن حجم داده‌ها و منابع مورد استفاده برای ارزیابی توان اکولوژیکی با استفاده از منطق فازی در محیط GIS مراحل تولید و تلفیق نقشه‌های منابع اکولوژیکی نزدیک‌تر به دنیای واقعی انجام شده است. در این تحقیق به منظور تعیین درجه عضویت فازی نقشه‌های منابع اکولوژیکی از تلفیق دقت موضوعی نقشه و دقت هندسی استفاده شد. به‌عنوان مثال، در نقشه ارتفاع، با توجه به دانش کارشناسی و نتایج بسیاری از مدل‌سازی‌ها دقت موضوعی بازه، تغییر تدریجی ارتفاع ۱۰۰ متر تخمین زده شد و نحوه عضویت فازی با دقت هندسی مدل‌سازی گردید. با انطباق نقشه توان اکولوژیکی کاربری توسعه شهری با تناسب بالای منطق فازی شکل ۱۸ با محدوده شهرهای موجود در منطقه مورد مطالعه، مشاهده شد که شهرهای موجود در جنوب استان دارای توان اکولوژیکی ضعیف‌تری هستند. با انطباق نقشه توان اکولوژیکی کاربری توسعه شهری طبقه یک منطق بولین (شکل ۱۹) با محدوده شهرهای موجود در منطقه، مشاهده شد که به جز شش شهر موجود در شمال و یک شهر در جنوب استان، بقیه شهرهای موجود (۲۹ مرکز شهری) دارای توان اکولوژیکی ضعیف هستند. این درحالی است که با مدل‌سازی منابع اکولوژیکی با منطق فازی مشخص شد که تمامی مراکز شهری استان نیز دارای توان اکولوژیکی می‌باشند. با توجه به مقایسه کمّی مساحت و درصد کاربری‌ها در پیاده‌سازی مدل اکولوژیکی توسعه با دو منطق فازی و بولین (جدول‌های ۶ و ۷)، نمایش و تحلیل تغییر تدریجی میزان توان اکولوژیکی هر عرصه از سرزمین با منطق فازی به‌وضوح مشخص است. به‌طور کلی توان اکولوژیکی محدوده مورد مطالعه برای کاربری توسعه شهری نسبتاً مناسب است. به‌منظور تخصیص سرزمین به کاربری‌های مختلف، به مطالعات اقتصادی و اجتماعی و مدل‌سازی‌های بیش‌تری نیاز است. به‌صورت خاص می‌توان گفت که در مناطق کوهستانی سه معیار اقلیم، جهت‌های جغرافیایی و شیب از جمله معیارهای مؤثر در تعیین توان اکولوژیکی به‌شمار می‌آیند نتایج

تحقیق نشان داد که متغیرهای اقلیمی، جهت‌های جغرافیایی و شیب در محدوده مورد مطالعه عامل موثر در توسعه شهری می‌باشند، به‌طوری که اقلیم کوهستانی سرد، جهت‌های شمالی و غربی و شیب‌های بالای ۹ درصد مانع توسعه شهری استان می‌باشند. در مناطق غیرکوهستانی نیز متغیرهای عمق خاک، بافت خاک، منابع آب مهم‌ترین عوامل در موانع توسعه شهری بودند. با توجه به رشد و افزایش سرمایه‌گذاری‌ها در توسعه زیرساخت‌های شهری به‌منظور جلوگیری از اتلاف منابع اکولوژیکی استان، توسعه شهری استان در جهت‌های شرقی و جنوبی شهرهای موجود مناسب می‌باشد و به‌عنوان مثال شهر خوی قابلیت بالایی در توسعه شهری در جهت و سمت شرقی خود دارد. در نهایت شایان ذکر است که فرایند و روش مطالعه در این تحقیق مستقل از کاربری و تعداد معیارها می‌باشد. به‌طوری که می‌توان آن را با تغییرات لازم و منطبق با سایر مناطق کشور نیز مورد استفاده قرار داد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

ـ اونق، مجید، میرکریمی، س.ح (۱۳۷۸)، «هدایت توسعه پایدار استان گلستان (آمایش بستر طبیعی)»، مجموعه مقالات دومین همایش توانمندی‌های توسعه استان گلستان، گرگان، ص ۲۶۵-۲۷۵.

ـ اونق، مجید، میرکریمی، س.ح (۱۳۷۷). «ارزیابی توان اکولوژیکی و آمایش استان گلستان، گزارش طرح مطالعاتی»، اداره کل حفاظت محیط زیست گلستان، ص ۷۵.

ـ پورمحمدی، محمدرضا؛ قربانی، رسول؛ زالی، نادر؛ حکمتی فرید، صمد (۱۳۸۸)، «تحلیل ویژگی‌های نظام شهری منطقه آذربایجان با تأکید بر تأثیرات تمرکز اقتصادی کلان‌شهر تبریز»، ***نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی***، شماره۲۹، ص۱۱۷.

ـ توفیقی، ف. (۱۳۸۶)، «برنامه‌ریزی فضایی: تجربیات جهانی و مقایسه آن با شرایط ایران»، مرکز تحقیقات برنامه‌ریزی شهری و معماری.

ـ شورای توسعه و برنامه‌ریزی استان آذربایجان غربی، (۱۳۸۳)، «سند ملی توسعه استان آذربایجان غربی، مصوب جلسه مورخ ۱۳۸۳/۵/۲۴»، استانداری آذربایجان غربی.

ـ عطائی، محمد (۱۳۸۸)، «***تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی***»، دانشگاه صنعتی شاهرود.

– فرجزاده، منوچهر؛ میرزابیاتی، رضا (۱۳۸۶)، «امکان سنجی نواحی مستعد کشت زعفران در دشت نیشابور با استفاده از»، ***مجله مدرس علوم انسانی***، شماره ۵۰، صص ۹۲- ۶۷.

فلاح شمسی، سیدرشید، سبحانی، هوشنگ، ارسطو، سعید، درویش صفت، علی اصغر، فرجی دانا، احمد (۱۳۸۴)، «مدل برنامه‌ریزی خطی در تخصیص زمین به کاربری‌های مختلف در حوزه آبخیز کلیبر چای وسطی«، ***منابع طبیعی ایران***، دوره ۵۸، شماره ۳، صص ۵۸۹- ۵۷۹.

ـ کوره‌پزان دزفولی، ا. (۱۳۸۵)، «***اصول تئوری مجموعه‌های فازی و کاربرد آن در مدل‌سازی مسایل مهندسی آب***»، واحد صنعتی امیرکبیر، تهران.

– محمدی، ا، پاشای اول، ا، مساواتی، س.ا، صادقی، س، (۱۳۸۸)، «ارزیابی تناسب کیفی زمین برای محصولات مهم زراعی در گنبد کاووس شمال شرق ایران«، ***مجله علوم و تکنولوژی کشاورزی و علوم طبیعی***، شماره ۱۴، صص ۱۱۱- ۹۹.

- محمدی، ج، گیوی، ج. (۱۳۸۰)، «ارزیابی تناسب اراضی برای گندم آبی در منطقه فلاورجان (اصفهان) با استفاده از نظریه مجموعه‌های فازی»، ***مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی***، شماره ۵، صص ۱۱۶- ۱۰۳.

- مخدوم، مجید (۱۳۷۸)، «**شالوده آمایش سرزمین**»، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم.

ـ مخدوم، مجید (۱۳۷۰)، «ارزیابی توان اکولوژیکی منطقه گیان و مازندران برای توسعه شهری و صنعتی و توریسم»، ***مجله محیط‌شناسی***، شماره ۹۹، ص ۱۶-۱۸.

ـ مسیح آبادی، ی.هـ محمدی، س، پذیرا، ابراهیم (۱۳۸۰)، «بررسی تناسب اراضی برای محصولات منتخب در منطقه میناب»، ***مجله علوم خاک و آب، مختص ارزیابی خاک و زمین***، صص ۴۶-۳۱.

ـ منهاج، م، ب، (۱۳۸۷)، «***محاسبات فازی و هوش مصنوعی***»، چاپ اول، انتشارات دانش نگار.

ـ وزارت مسکن و شهرسازی (۱۳۷۲)، «مکان‌یابی و قابلیت اراضی ساحلی دریای خزر»، نشریه شماره ۸۵، ۱۳۷۲، ص ۴۷.

- Ahamed, T.R.N., Rao, K.G., Murthy, J.S.R., (2000), "GIS-based Fuzzy Membershi Model for Crop-land Suitability Analysis", ***Agricultural Systems***, 63, 75-95.

-Biswas, A., Pal, B.B., (2005), "Application of Fuzzy Goal Programming Technique to Land Use Planning in Agricultural System", ***Omega***, 33, pp. 391-398.

- Ceballos-Silva, A., Lopez-Blanco, J., (2003b), "Evaluating Biophysical Variables to Identify Suitable Areas for Oat in Central Mexico: A Multi-criteria and GIS Approach", ***Agriculture, Ecosystems and Environment*** 95, 371-377.

- Dragan, M., Feoli, E., Fernetti, .M., Zerihun,W., (2003), "Application of a Spatial Decision Support System (SDSS) to Reduce Soil Erosion in Northern Ethiopia", Environmental Modelling & Software, 861-868.

- F.A.O., (1976), "A Framework for Land Evaluation", F.A.O Soils Bull, pb No 32, Rome.

- Geneletti, D., Van Duren, I., (2008), "Protected Area Zoning for Conservation and Use: A Combination of Spatial Multicriteria and Multiobjective Evaluation", ***Landscape and Urban Planning*** 85, 97–110.

- Kalogirou, S., (2002), "Expert Systems and GIS: an Application of Land Suitability Evaluation, Computers", ***Environment and Urban Systems*** 26, 89-112.

- Malczewski, J., (2006), "Ordered Weighted Averaging with Fuzzy Quantifiers: GIS based Multicriteria Evaluation for Landuse Suitability Analysis", ***International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*** 8, 270-277.

- N. Ramakrishna, (2003), "Production system planning for natural resource conservation in a Micro Watershed", ***Electronic Green J***, Vol: 18, 1-10.

- Sante-Riveira, I., Crecente-Maseda, R., Miranda- Barros, D., (2008), "GIS-based Planning Support System for Rural Land-use Allocation", ***Computers and Electronics in Agriculture*** 63, 257-273.

- Sicat, R.S., Carranza, E.J.M., Nidumolu, U.B., (2005), "Fuzzy Modeling of Farmers' Knowledge for Land Suitability Classification", ***Agricultural Systems*** 83, 49-75.

- Store, R., Kangas, J., (2001), "Integrating Spatial Multi-criteria Evaluation and Expert Knowledge for GIS-based Habitat Suitability Modeling", ***Landscape and Urban Planning*** 55, 79-93.

پرتال جامع علوم انسانی