دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال پانزدهم، شماره‌ی ۵۲
زمستان ۱۳۹۴، صفحات ۵۴-۳۷

حمیدرضا پورخباز[۱]
سعیده جوانمردی[۲]

مدل‌سازی فازی کاربری توسعه شهری جهت رتبه‌بندی تناسب اراضی با استفاده از روش تصمیم‌گیری OWA-AHP (مطالعه موردی: حوضه آبریز شور استان قزوین)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۲/۰۲

چکیده

برنامه‌ریزی اکولوژیکی همراه با تصمیم‌گیری چندمعیاره فرآیندی است که ارزیابی زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی کاربری اراضی را با هدف مدیریت منابع طبیعی، حفظ اکوسیستم‌ها و حل یا کاهش برخوردهای احتمالی زیست‌محیطی انجام می‌دهد. در این راستا آنالیز تناسب اراضی شامل طبقه‌بندی واحدهای مشاهداتی بر اساس تناسب‌شان برای یک فعالیت ویژه می‌باشد. این روش به‌عنوان یکی از مفیدترین ابزارهای فراهم شده توسط GIS است. از آن‌جا که توسعه شهری اثرات زیست‌محیطی بزرگی بر نواحی اطراف شهر دارد، ارزیابی کاربری توسعه شهری ضروری به نظر می‌رسد. حوضه آبریز شور استان قزوین در ارتباط با روند توسعه شهری مشکلاتی به دنبال دارد. این تحقیق در چارچوب مدل اکولوژیکی ایران و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره همچون OWA و AHP در محیط GIS و Idrisi، با هدف انتخاب نقاط مناسب برای کاربری توسعه شهری در منطقه مورد مطالعه انجام شده است. پس از مطالعه پارامترهای اکولوژیک، فرآیند آنالیز و طبقه‌بندی داده‌ها برای رسیدن به واحدهای زیست‌محیطی

۱- استادیار گروه محیط زیست، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان. E-mail: Pourkhabbaz@bkatu.ac.ir
۲- عضو هیات علمی گروه محیط زیست، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان.

Archive of SID
www.SID.ir

از طریق همپوشانی لایه‌های آماده انجام شد. مدل توسعه شهری و طبقات تناسب اراضی با استفاده از مجموعه داده‌های فضایی موردی این منطقه، بر اساس ارزش و وزن مرتب فاکتورها، تعیین گردید. تحقیق نشان می‌دهد روش ارزیابی با سناریوهای مختلف OWA نتایج متفاوتی به همراه داشت. نتایج مشخص کرد که روش OWA از طریق روش‌های ترکیب چندمعیاره، به آنالیز/ تصمیم‌گیرنده کمک می‌کند. متعاقباً، این روش درک بهتری از الگوهای تناسب اراضی را ارائه می‌کند.

کلید واژه‌ها: مدل‌سازی فازی، آنالیز تناسب اراضی، کاربری توسعه شهری، تصمیم‌گیری چند معیاره، OWA-AHP.

مقدمه

مدل‌ها، روش‌ها و پژوهش‌ها در اشکال مختلفی برای برنامه‌ریزی کاربری شهری توسعه داده شده‌اند (سانت ریورا[3] و همکاران، ۲۰۰۸: ۲۵۸). ارزیابی سرزمین در حقیقت میزان دستیابی به نیازهای یک کاربری که توسط سرزمین فراهم می‌شود، است (فائو[4]، ۱۹۷۶: ٦٧). تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)[5] شامل مجموعه گزینه‌ها است که بر اساس ناسازگاری‌های احتمالی معیارها ارزیابی می‌شوند (رینر[6] و مالچفسکی[7]، ۲۰۰۲: ۳۸۷). این تصمیم‌گیری‌ها ارتباط زیادی با ابزارهای GIS داشته تا مسائل پیچیده فضایی را در درون سیستم‌های پشتیبان تصمیم فضایی نشان دهند (دراگان[8] و همکاران، ۲۰۰۳: ۸٦٧، میسیاک[9] و همکاران، ۲۰۰۵: ۲۰٦). بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای از نوع مسائل چندمعیاره می‌باشد (فنگ[10] و سو[11]، ۱۹۹۹: ۳). در فرآیند مدل‌سازی، ماهیت دنیای طبیعی و اجتماعی مشخص شده و اساساً از طریق اشکال محاسباتی، در چارچوب رسمی بیان می‌گردد (بیان[12]، ۲۰۰: ۱۷۱). اهمیت ارزیابی توان اکولوژیک سرزمین تا به آن‌جا است که چنان‌چه سرزمین بالقوه فاقد توان اکولوژیکی مناسب برای اجرای کاربری خاصی باشد (حتی در صورت نیاز اقتصادی-اجتماعی به وجود آن کاربری) اجرای آن

3- Sant´e-Riveira
4- FAO
5- Multi-Criteria Decision Making
6- Rinner
7- Malczewski
8- Dragan
9- Mysiak
10- Feng
11- Xu
12-Bian

Archive of SID

www.SID.ir

طرح نه تنها سبب بهبود وضعیت زیست‌محیطی منطقه نمی‌گردد، بلکه تخریب بیش‌تر محیط را نیز به ارمغان خواهد آورد (برازیر[۱۳]، ۱۹۹۸: ۳۵۹، اورگر[۱۴]، ۲۰۰۰: ۱۵). یکی از تکنیک‌های قوی در ارتباط با تعیین نقاط مستعد توسعه شهری منطقه، استفاده از مدل منطق فازی با کمک روش تلفیقی میانگین وزنی مرتب و تحلیل سلسله مراتبی می‌باشد (قرخلو و همکاران، ۱۳۸۸: ۵۵). مالچفسکی (۲۰۰۶) در ترکیب تحلیل چند معیاره با سامانه اطلاعات جغرافیایی، OWA[۱۵] را به‌عنوان یک رهیافت ترکیبی چند معیاره مطرح نمود. او سیستم OWA-GIS را برای حل مشکل زیست‌محیطی حوضه آبخیز Cedar Creek در اونتاریوی کانادا به کار برد. جوانمردی و همکاران (۱۳۹۰) از روش‌های تصمیم‌گیری WLC-AHP[۱۶]جهت ارزیابی چند معیاره تناسب اراضی استفاده نمودند و به نتایج قابل قبولی رسیدند. پورخباز (۱۳۸۹) تکنیک‌های مختلف ارزیابی چندمعیاره را برای مدل‌سازی کاربری توسعه شهری در منطقه قزوین به‌کار گرفت. با توجه به توسعه و رشد ناموزون منطقه مطالعاتی، ضرورت ارزیابی و برنامه‌ریزی محیطی در آن احساس می‌گردد. از آن‌جا که توسعه شهری به‌عنوان تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌تواند تصور شود (پورخباز، ۱۳۸۹: ۲۱)، بنابراین، ارزیابی چندمعیاره جهت تعیین روند توسعه شهری به‌کار گرفته شده است. از این‌رو، هدف اصلی این تحقیق، آنالیز پارامترهای فضایی سرزمین در حوضه آبریز شور استان قزوین از طریق مدل آنالیز تناسب ایجاد شده در ArcGIS، به‌منظور تعیین نقاط مناسب توسعه شهری می‌باشد که ارائه مدل ارزیابی چندمعیاره فازی به این روند کمک بسزایی می‌کند. بدین منظور، از مدل‌های اکولوژیک حرفی، روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و نرم‌افزارهای مختلف ارزیابی استفاده گردید. ابتدا، توابع عضویت فازی فاکتورها جهت استانداردسازی‌شان تعریف و در مرحله بعد وزن آن‌ها با فرآیند تحلیل سلسله مراتبی تهیه شد، در نهایت تلفیق و ارزیابی لایه‌های موجود توسط روش ارزیابی چند معیاره OWA انجام گردید.

بر اساس نظریه فازی مجموعه‌ها، مجموعه‌های فازی، مجموعه‌ها یا رده‌هایی بدون مرزهای تند هستند که انتقال بین عضویت و غیر عضویت یک مکان در این مجموعه به‌صورت تدریجی می‌باشد (زاده[۱۷]، ۱۹۶۵: ۳۴۰). تئوری مجموعه فازی، یک‌پایه غنی ریاضی برای درک مشکلات تصمیم و سازمان‌دهی قوانین تصمیم در ارزیابی و ترکیب معیارها به وجود می‌آورد (ایستمان[۱۸]، ۲۰۰۶: ۱۱۲). این منطق ابزاری توانمند جهت حل مسایل مربوط به سیستم‌های پیچیده است. در تئوری مجموعه‌های فازی، مفهوم تابع عضویت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. تابع عضویت،

13- Brazier
14- Aurger
15- Ordered Weighted Averaging
16- Weighted Linear Combination
17- Zadeh
18- Eastman

Archive of SID

www.SID.ir

مقدار فازی بودن یک مجموعه فازی را مشخص می‌کند. لذا راه‌های تعیین تابع عضویت از لحاظ تئوری و در عمل بسیار انعطاف‌پذیر است (ابولماسوف[19] و ابرادویچ[20]، ۱۹۹۷: ۵۰). برای ورود به عملیات مکانیکی و پیش از انجام عملیات ادغام نمودن نقشه‌ها، لازم است که کلیه لایه‌های مورد استفاده از اعداد و مقادیر معیار ارائه شده استاندارد گردند. مقیاس معمولی برای استفاده در منطق فازی مقیاسی بین صفر و یک است، لیکن از آن‌جایی که مقیاس بایت در رایانه بیش از ۲۵٦ نخواهد بود، می‌توان به‌جای مقیاس ۱-۰ از مقیاس ۲۵۵-۰ استفاده نمود که در این مقیاس، اعداد نزدیک‌تر به ۲۵۵ مرغوبیت بیش‌تر را می‌رسانند (پورخباز، ۱۳۸۹: ۷٦).

آمایش سرزمین (برنامه‌ریزی منطقه‌ای کاربری اراضی) عبارت از"تنظیم رابطه بین انسان، سرزمین و فعالیت‌های انسان در سرزمین به‌منظور بهره‌برداری درخور و پایدار از جمیع امکانات انسانی و فضایی سرزمین در جهت بهبود وضعیت مادی و معنوی اجتماع در طول زمان" است (مخدوم، ۱۳۷۸: ۲٤). مالچفسکی (۲۰۰٤) آنالیز تناسب را چنین توصیف می‌کند:

در آنالیز تناسب اراضی، ناحیه به مجموعه واحدهای مطالعاتی کوچک همچون پلی گون‌ها (واحدهای سطحی) یا رسترها تقسیم می‌شود. سودهیرا[21] و همکاران (۲۰۰٤) بر این اعتقادند که مدل‌های پیش‌بینی و پیشرفت‌های روش‌شناختی در سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی برای آنالیز منطقه‌ای و پیش‌بینی وضعیت محیط‌زیست مورد توجه هستند و تاکید دارند این سامانه‌ها که مدل‌های پیش‌بینی ریاضی، پایگاه داده و اصول دانش را تلفیق می‌کنند، یکی از ابزارهای آینده‌نگری برای حل مشکلات محیط‌زیست منطقه‌ای می‌باشند؛ بنابراین اطلاعات کیفی باید در اصول علمی GIS ذخیره شده و برای مدل‌های پیش‌بینی استفاده شوند. آن‌ها همچنین می‌گویند که ساختار GIS برای حل مشکلات منطقه‌ای به رهیافت جدیدی جهت پیش‌بینی محیط‌زیست منطقه‌ای نیاز دارد.

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز رودخانه شور با مساحتی برابر ۱۱۵۲۷٤۳ هکتار، معادل ۷۳/۲ درصد از مساحت ناحیه قزوین را شامل شده و بخش وسیعی از مساحت این حوضه را دشت قزوین و تاکستان و بوئین‌زهرا تشکیل می‌دهد. محدوده پژوهش بخشی از حوضه آبریز شور بوده که در طول جغرافیایی ٤۹ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۰ دقیقه

19- Abolmasov
20- Obradovic
21- Sudhira

Archive of SID

www.SID.ir

شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه تا ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی قرار دارد و دارای مساحتی حدود ۲۰۶۰۹٤/٥٦ هکتار می‌باشد. بررسی منطقه مطالعاتی بیانگر دشتی و کوهستانی بودن این منطقه می‌باشد که این باعث تنوع معیارهای اکولوژیک از جمله توپوگرافی، شرایط اقلیمی، خاک و منابع آبی شده است (پورخباز، ۱۳۸۹: ۳۸).

مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر، بر اساس تجربیات دیگران، مدل اکولوژیک حرفی ایران برای کاربری توسعه شهری (مخدوم، ۱۳۷۸: ۱۱۲)، نظرات کارشناسی و اطلاعات و شاخص‌های اکولوژیک موجود در منطقه، معیارها و مشخصه‌های اکولوژیک تأثیرگذار در ارزیابی توسعه شهری در نظر گرفته شد. این معیارها در سه طبقه جهت ارزیابی توان توسعه شهری ارائه گردید، شامل فاکتورهایی همچون ارتفاع از سطح دریا (E)، درصد شیب (So)، جهت جغرافیایی (As)، میزان بارندگی (Cp)، دما (Ct)، رطوبت نسبی (Ch)، سرعت باد غالب (Cw)، زمین‌شناسی (سنگ مادر Li)، بافت خاک (Pte)، عمق خاک (Pd)، تحول‌یافتگی خاک (Ps)، دانه‌بندی خاک (Pg)، شرایط زهکشی خاک (Pdr)، فرسایش خاک (Es)، درصد تراکم پوشش گیاهی (Vgo) و دبی آب (Wc). جهت انجام تحقیق از مدل‌های اکولوژیک حرفی و از تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی مانند AHP و OWA و نرم‌افزارهای ArcGIS 9.3، Idrisi 32، Excel 2007 و Expert Choice 2000 استفاده شده است. ابتدا پارامترهای اکولوژیک لازم با عملیات ژئورفرنس، تصحیح و ویرایش، رقومی‌سازی، تعریف سیستم مختصات (UTM-39N)، درون‌یابی[۲۲] و با کمک توابع ادغام و برش در محیط ArcGIS 9.3 آماده‌سازی شدند.

استانداردسازی معیارها

در پایان مرحله آماده‌سازی معیارها و استخراج محدودیت‌ها و فاکتورها، محدودیت‌ها به‌صورت صفر و یک (بر اساس منطق بولین) طبقه‌بندی مجدد (استانداردسازی) گردیدند. پیش از انجام عملیات ادغام نمودن نقشه‌ها در اجرای مدل فازی، نیاز به وزن هر یک از فاکتورها و استانداردسازی آن‌ها (فازی سازی پارامترهای اکولوژیک)، مشخص نمودن توابع عضویت پارامترها و در نهایت ترکیب آن‌ها به روش MCE بود (پورخباز، ۱۳۸۹: ۳۰).

جهت انجام استانداردسازی، ابتدا لایه‌های وکتوری معیارها را به شکل رستری تبدیل می‌کنیم. خصوصیات داده‌های رستری منطقه مورد مطالعه در جدول (۱) آمده است. این لایه‌های رستری پس از ورود به نرم‌افزار Idrisi، به روش

22- Interpolation

Archive of SID

www.SID.ir

مقیاس‌گذاری خطی با استفاده مقادیر کمینه و بیشینه به‌عنوان نقاط مقیاس‌گذاری و با کمک تابع عضویت خطی استانداردسازی شدند. پس از استانداردسازی و بر اساس منطق فازی، لایه‌ای به وجود آمد که ارزش داده‌های آن در دامنه‌ای بین ۰ تا ۲۵۵ قرار داشت که در غیر این صورت، این کار با کشیدن لایه[۲۳] و به کمک توابع عضویت انجام گردید. در توابع خطی برای فازی کردن لایه‌های نقشه باید موقعیت حداقل ۲ تا ٤ نقطه a، b، c و d بر روی نمودار تابع عضویت خطی معین شود (ایستمان، ۲۰۰۳: ۳۳). جدول (۲) مقادیر آستانه و نوع تابع فازی را استانداردسازی نقشه معیارها نشان می‌دهد. جهت تعیین بردار وزن معیارها، از روش AHP کمک گرفته شد. پس از وزن‌دهی فاکتورها، مراحل مربوط به تلفیق لایه‌ها با استفاده از قواعد تصمیم‌گیری MCDM به‌منظور دست‌یابی به مناطق مستعد کاربری توسعه شهری آغاز گردید.

جدول ۱- مشخصات داده‌های مورد استفاده در تحقیق حاضر

Min X	۳۷۴۲۲۷/۱۹۸۴
Max X	۴۵۷۵۷۷/۱۹۸۴
Min Y	۳۹۹۹۱۶۹/۸۶۰۲
Max Y	۴۰۴۱۰۱۹/۸۶۰۲
مساحت	۲۰۶۰۹۴/۵۶ هکتار
تعداد ستون‌ها	۱۶۶۷
تعداد ردیف‌ها	۸۳۷
بزرگنمایی	۵۰ متر
سامانه تصویر	UTM-39N
واحد مرجع	متر

23- Stretch

Archive of SID

www.SID.ir

وزن‌دهی معیارها

روش مورد استفاده در تحقیق حاضر، مقایسه‌های زوجی (دوبه‌دو) توسعه‌یافته تحت عنوان فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) می‌باشد. این فرآیند، یکی از گسترده‌ترین ابزارهای تصمیم‌گیری چندمعیاره است (امکارپراساد[۲۴] و سوشیل[۲۵]، ۲۰۰٤: ۱۲). این وزن‌دهی، توسط ساعتی[۲۶] در یک مقیاس پیوسته به مقادیر کمی بین ۱ تا ۹ تبدیل شده‌اند (جدول ۳).

جدول ۲- استانداردسازی معیارهای پیوسته به روش فازی

معیار	نوع تابع	شکل تابع	نقاط کنترل			
			d	c	b	a
ارتفاع	خطی	متقارن	۲۹۰۵	۱۷۰۰	٤۰۱	۰
دما	خطی	متقارن	۲۷	۲٦	۲۲	۰
بارندگی	خطی	متقارن	۸۰۱	۸۰۰	٤۰۰	۰
رطوبت	خطی	متقارن	۸۱	۸۰	٦۰	۰
سرعت باد	خطی	کاهشی	۵۱	۳۰	۳۰	۳۰
عمق خاک	خطی	افزایشی	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۰
دبی آب	خطی	افزایشی	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۰

جدول ۳- ماتریس میزان ارجحیت نسبی معیارها در مقایسه زوجی

متغیرهای کلامی	درجه اهمیت
اهمیت یکسان	۱
ارجحیت متوسط	۳
ارجحیت زیاد	۵
ارجحیت بسیار زیاد	۷
ارجحیت فوق‌العاده	۹
ارجحیت‌های بینابین	۲و ٤و ٦و ۸

منبع: (ایستمان، ۲۰۰۱: ۱۲۳)

24- Omkarprasad
25- Sushil
26- Saaty

Archive of SID

www.SID.ir

ارزیابی چندمعیاره OWA و محاسبه وزن‌های آن

روش اجرای میانگین وزنی مرتب، یک نظریه نسبتاً جدیدی می‌باشد. در واقع OWA روش ارزیابی یا عملگر ترکیب چندمعیاره است (یاگر[۲۷]، ۱۹۸۸: ۱۸٦) که مجموعه وزن‌های فاکتورها و وزن‌های ترتیب را درگیر می‌کند (چانگ[۲۸] و چنگ[۲۹]، ۲۰۱۱: ۱۱۹).

وزن فاکتورها مشخص‌کننده اهمیت نسبی آن‌ها و وزن ترتیب مربوط به ارزش فاکتورها بر پایه سلول-به-سلول می‌باشد. عملگرهای AND و OR حالت‌های نهایی OWA را نشان داده و به‌ترتیب مربوط به عملگرهای MIN و MAX هستند. روش OWA نتایجی بسیار مشابه با نتایج AND، OR و WLC می‌تواند تولید کند زیرا که این روش‌ها، زیرمجموعه OWA هستند. در هر صورت، به دلیل اینکه وزن‌های ترتیب بر اساس پراکندگی و انحراف شان می‌توانند تغییر کنند، راه‌حل‌های (سناریوهای) زیادی جهت توسعه شهری به‌دست می‌آید. برای اجرای این روش و محاسبه وزن‌ها، از ساخت شش سناریوی وزنی و رابطه زیر استفاده می‌گردد. عملگر ترکیبی OWA مربوط به موقعیت iام مجموع وزن‌های ترتیب $v= v_1, v_2, \ldots, v_n$ است، چنان‌که (مالچفسکی، ۲۰۰٦: ۱۰):

$$v_j \in [0, 1], \quad j= 1, 2, \ldots, n, \qquad \sum_{j=1}^{n} v_j = 1$$

رابطه (۱)

$$OWA = \sum_{j=1}^{n} \left(\frac{u_j v_j}{\sum_{j=1}^{n} u_j v_j}\right) z_j \Pi c_i$$

که در آن: u_j وزن باز مرتب فاکتور j — c_i امتیاز محدودیت i

z_j ارزش باز مرتب فاکتور j — v_j وزن ترتیب فاکتور j

یاگر (۱۹۸۸) یک عملگر مهم و شاخص برای بردار وزنی W معرفی نمود، که به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Orness\ (W) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} (n - i)\, w_i$$

رابطه (۲)

به‌طوری‌که orness (W)= α پارامتر موقعیت شناخته می‌شود و دامنه تغییرات آن [0, 1] می‌باشد.

وزن‌های درجه‌ای در شش سناریو (مقادیر عملگر ORness) در جدول (٤) آورده شده است.

27- Yager
28- Chang
29- Cheng

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤- بردار وزنی ترتیبی OWA با کمک پارامتر موقعیت

ORness	روش ترکیبی	وزن‌های OWA							
		v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	v_6	v_7	v_8
۱	OWA (OR, MAX)	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۰/۸۰	OWA	۰/۲۳	۰/۰۹۵	۰/۰۸۵	۰/۰۸۰	۰/۰۷۰	۰/۰٦٥	۰/۰٦۰	۰/۰٥٥
۰/٥	OWA (WLC)	۰/۰٦۲	۰/۰٦۲	۰/۰٦۲	۰/۰٦۲	۰/۰٦۲	۰/۰٦۲	۰/۰٦۲	۰/۰٦۲
۰/۳٥	OWA	۰/۰۱٥	۰/۰۲۰	۰/۰۲٥	۰/۰۳۰	۰/۰۳٥	۰/۰٤۰	۰/۰٤٥	۰/۰٥۰
۰/۲	OWA	۰/۰۱	۰/۰۲۸	۰/۰۳۳	۰/۰۳۹	۰/۰٤٥	۰/۰٥۳	۰/۰٥٥	۰/۰٦۰
۰	OWA (AND, MIN)	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ORness	روش ترکیبی	وزن‌های OWA							
		v_9	v_{10}	v_{11}	v_{12}	v_{13}	v_{14}	v_{15}	v_{16}
۱	OWA (OR, MAX)	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۰/۸۰	OWA	۰/۰٥۰	۰/۰٤٥	۰/۰٤۰	۰/۰۳٥	۰/۰۳۰	۰/۰۲٥	۰/۰۲۰	۰/۰۱٥
۰/٥	OWA (WLC)	۰/۰٦۲	۰/۰٦۲	۰/۰٦۲	۰/۰٦۲	۰/۰٦۲	۰/۰٦۲	۰/۰٦۲	۰/۰٦۲
۰/۳٥	OWA	۰/۰٥٥	۰/۰٦۰	۰/۰٦٥	۰/۰۷۰	۰/۰۸۰	۰/۰۸٥	۰/۰۹٥	۰/۲۳
۰/۲	OWA	۰/۰٦۷	۰/۰۷۰	۰/۰۷۸	۰/۰۸۳	۰/۰۸۸	۰/۰۹۰	۰/۰۹۸	۰/۱۰۳
۰	OWA (AND, MIN)	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱

بر اساس این پارامتر، بردار وزنی W برای n معیار در ارزیابی چندمعیاره OWA به‌صورت زیر به‌دست می‌آید (چانگ و چنگ، ۲۰۱۱: ۱۲۲):

رابطه (۳)
$$w_n = \frac{((n-1)\alpha - n)w_1 + 1}{(n-1)\alpha + 1 - nw_1}$$

و w_1 از این فرمول به‌دست می‌آید:

رابطه (٤)
$$w_1[(n-1)\alpha + 1 - nw_1]^n = ((n-1)\alpha)^{n-1}.[((n-1)\alpha - n)w_1 + 1]$$

در هر صورت، اگر:

$\alpha = 0$ ، وزن‌های ترتیب مربوط به عملگر MIN می‌باشد: $v_n = 1$ و $v_j = 0$ برای سایر وزن‌ها و وزن‌های ترتیب به‌صورت $OWA_{i(MIN)} = MIN_j(a_{i1}, a_{i2}, \ldots, a_{in})$ است، که a ارزش معیارها می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

$\alpha = 1$، وزن‌های ترتیب مربوط به عملگر MAX می‌باشد: $v_1 = 1$ و $v_j = 0$ برای سایر وزن‌ها و وزن‌های ترتیب به‌صورت $OWA_{i(MAX)} = MAX_j(a_{i1}, a_{i2}, \ldots, a_{in})$ است.

$\alpha = 0/5$، برای تعیین وزن‌های ترتیب از رابطه $v_j = ۱/n$ (n تعداد فاکتورها) استفاده می‌گردد، که دامنه پیوسته از عملگر MIN تا عملگر MAX را در برمی‌گیرند. بنابراین، نتایج مشابه WLC می‌گردد.

رابطه (۵) $$OWA_{(WLC)} = \sum_{j=1}^{n} w_j \, a_j \Pi c_i$$

یافته‌ها و بحث

از آن‌جایی که داده‌های گوناگونی از منطقه مورد مطالعه با یکدیگر مورد تجزیه‌وتحلیل قرار می‌گیرند، تمامی داده‌ها باید از نظر هندسی هم‌خوانی و مطابقت داشته و از سامانه مختصات جغرافیایی و سامانه تصویر واحدی تبعیت نمایند. بعلاوه اندازه سلول تمامی نقشه‌های ورودی باید باهم برابر باشند. بنابراین در تحقیق حاضر که بر پایهٔ پارامترهای اکولوژیک صورت گرفته، ابتدا پارامترهای اکولوژیک (فیزیکی و زیستی) لازم برای ارزیابی توان اکولوژیک توسعه شهری مطالعه و شناسایی و سپس آماده‌سازی معیارها انجام گرفت. سپس با استفاده از تابع طبقه‌بندی مجدد در ماژول Spatial Analyst، این لایه بر اساس مدل ارزیابی توسعه شهری، طبقه‌بندی مجدد شدند. به‌عنوان مثال، برای تهیه نقشه DEM، از تمامی خطوط میزان منحنی نقشه ۱:۲۵۰۰۰ منطقه (تهیه شده از سازمان نقشه‌برداری کشور) با خطوط میزان ۱۰ متری در نرم‌افزار ArcGIS استفاده گردید. با اعمال توابع شبکه‌بندی نامنظم مثلث‌بندی TIN[۳۰]مدل رقومی ارتفاع شکل گرفت. همچنین برای آماده‌سازی لایه‌های اقلیمی، با کمک طول و عرض جغرافیایی ایستگاه‌های هواشناسی و ماژول Display XY data در نرم‌افزار ArcGIS، لایه نقطه‌ای بارندگی، دما، رطوبت و سرعت باد غالب ساخته و توسط تابع IDW[۳۱]درون‌یابی انجام گردید. شکل (۱) برخی از این معیارهای اکولوژیک را نشان می‌دهد. مدل طبقات ارتفاعی نشان می‌دهد که با رفتن به شمال منطقه، میزان ارتفاع افزایش می‌یابد به‌طوری‌که در نقاط شمالی که منطقه کوهستانی بوده و برای توسعه شهری از نظر این فاکتور نامناسب است. درصد شیب منطقه نیز، نشانه دشتی بودن نقاط جنوبی این منطقه است. تراکم پوشش گیاهی ۲۵-۰ درصد، مساحتی حدود ۵۵۹٤/۸۳ هکتار معادل ۲/۷ درصد از منطقه را در برگرفته که برای توسعه طبقه یک شهری مناسب است و

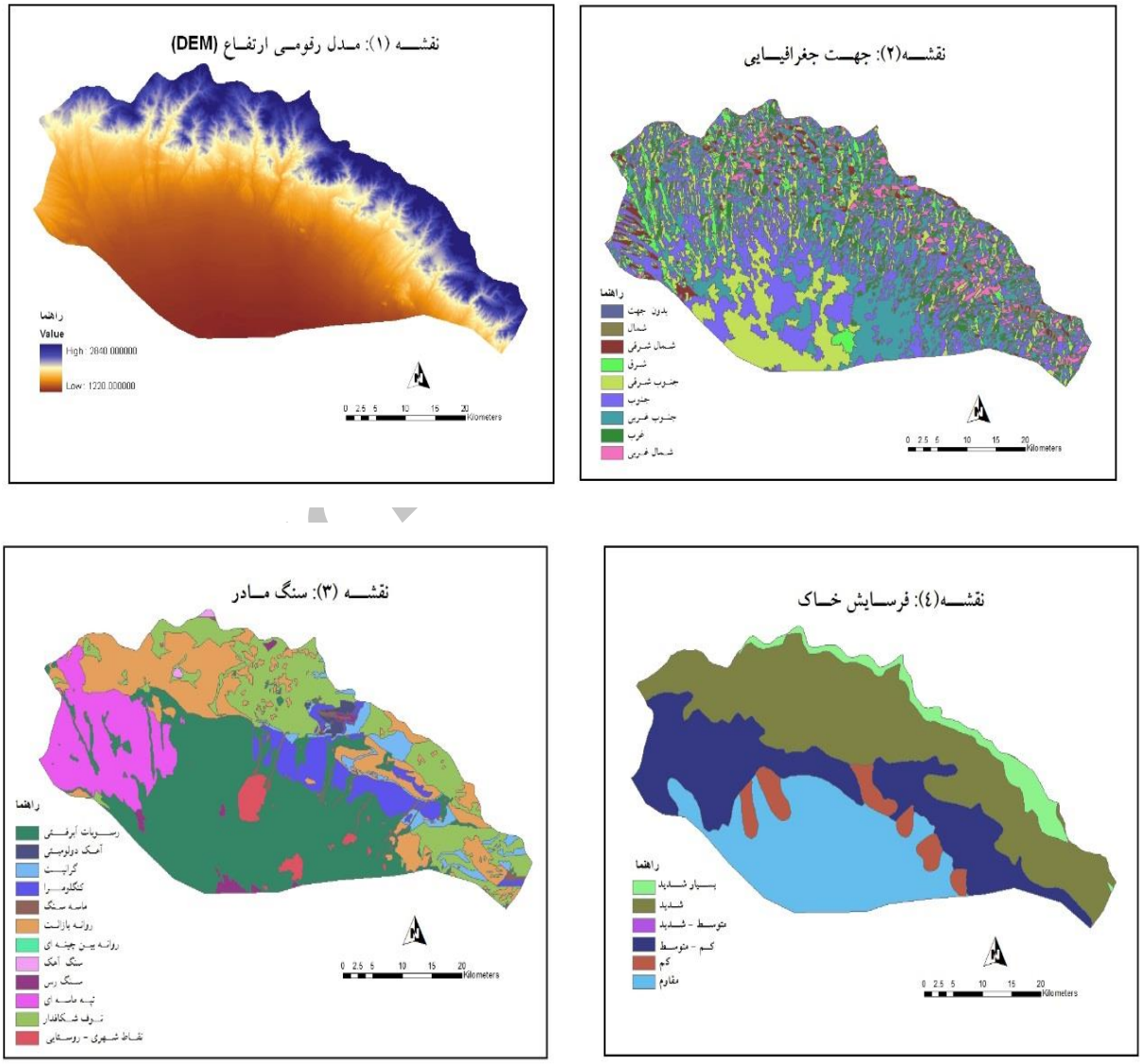
30- Triangulate Irregular Network
31- Inverse Distance Weighted

Archive of SID

www.SID.ir

تراکم‌های ۵۰-۲۵ درصد به مساحت ۵۶۰۱/۵۲ (معادل ۲/۷ درصد) و بیش از ۵۰ درصد به‌ترتیب نسبتاً مناسب و نامناسب برای توسعه شهری هستند.

حال جهت اجرای مدل‌سازی کاربری موردنظر با کمک منطق فازی، پس از انتقال لایه‌های رقومی به محیط Idrisi، ابتدا عملیات استانداردسازی لایه‌ها با کمک توابع فازی صورت گرفت. در روش منطق فازی هر نقطه از کاربری‌های مورد نظر با گرفتن یک مقدار عضویت مشخص با استفاده از مقادیر آستانه مختلف و توابع عضویت فازی، میزانی از مقبولیت را برای کاربری مورد نظر مشخص می‌سازد. نقشه‌های شیب و جهت با تابع عضویت User Defined و سایر نقشه‌ها، با تابع عضویت خطی استاندارد شدند.



شکل ۱: نقشه‌های طبقه‌بندی شده پارامترهای اکولوژیک

www.SID.ir

در شکل (۲)، مدل‌های فازی به همراه نوع و شکل تابع عضویت و همچنین روش فازی سازی تعدادی از فاکتورهای اکولوژیک آورده شده است. توابع عضویت نشان‌دهنده تغییر تناسب منطقه برای کاربری توسعه شهری به ازاء تغییر در واحد هر یک از پارامترهاست. در تحقیق حاضر، به‌منظور یکنواخت سازی لایه رطوبت نسبی از نوع خطی و شکل متقارن تابع عضویت استفاده گردید، که میزان مطلوبیت صفر برای رطوبت صفر و ۸۱ درصد و مطلوبیت ۲۵۵ برای رطوبت ٤٠/١ تا ۸۰ درصد در نظر گرفته شد. همچنین به‌منظور یکنواخت سازی لایه عمق خاک از نوع خطی و شکل فزاینده تابع عضویت استفاده گردید. میزان مطلوبیت از صفر (صفر سانتی‌متر) تا ۲۵۵ (۱۵۰ سانتی‌متر) افزایش می‌یابد و برای مناطق دارای حداقل عمق ۱۵۰ سانتی‌متر در مقدار بیشینه باقی می‌ماند. در مرحله بعد، وزن‌ها از طریق ماتریس دوجانبه مربعی مربوط به مقایسه‌های دوبه‌دو در میان فاکتورها محاسبه شدند. تمامی مراحل مربوط به محاسبه و وزن‌دهی معیارها در نرم‌افزارهای Excel 2007 و Expert Choice 2000 انجام گرفت و وزن نهایی معیارها و زیر معیارها به‌دست آمد (جدول ۵). برای تعیین درجه دقت و صحت وزن‌دهی از شاخص سازگاری استفاده شد، که میزان آن کم‌تر از ۰/۱ محاسبه گردید. بنابراین یکی از نتایج مهم تحقیق، دستیابی به وزن معیارها و زیرمعیارها می‌باشد. بر این اساس، زیرمعیارهای شیب و زهکشی بالاترین وزن و دما و تراکم پوشش گیاهی کم‌ترین وزن را به خود اختصاص دادند.

تلفیق لایه‌ها با منطق فازی OWA

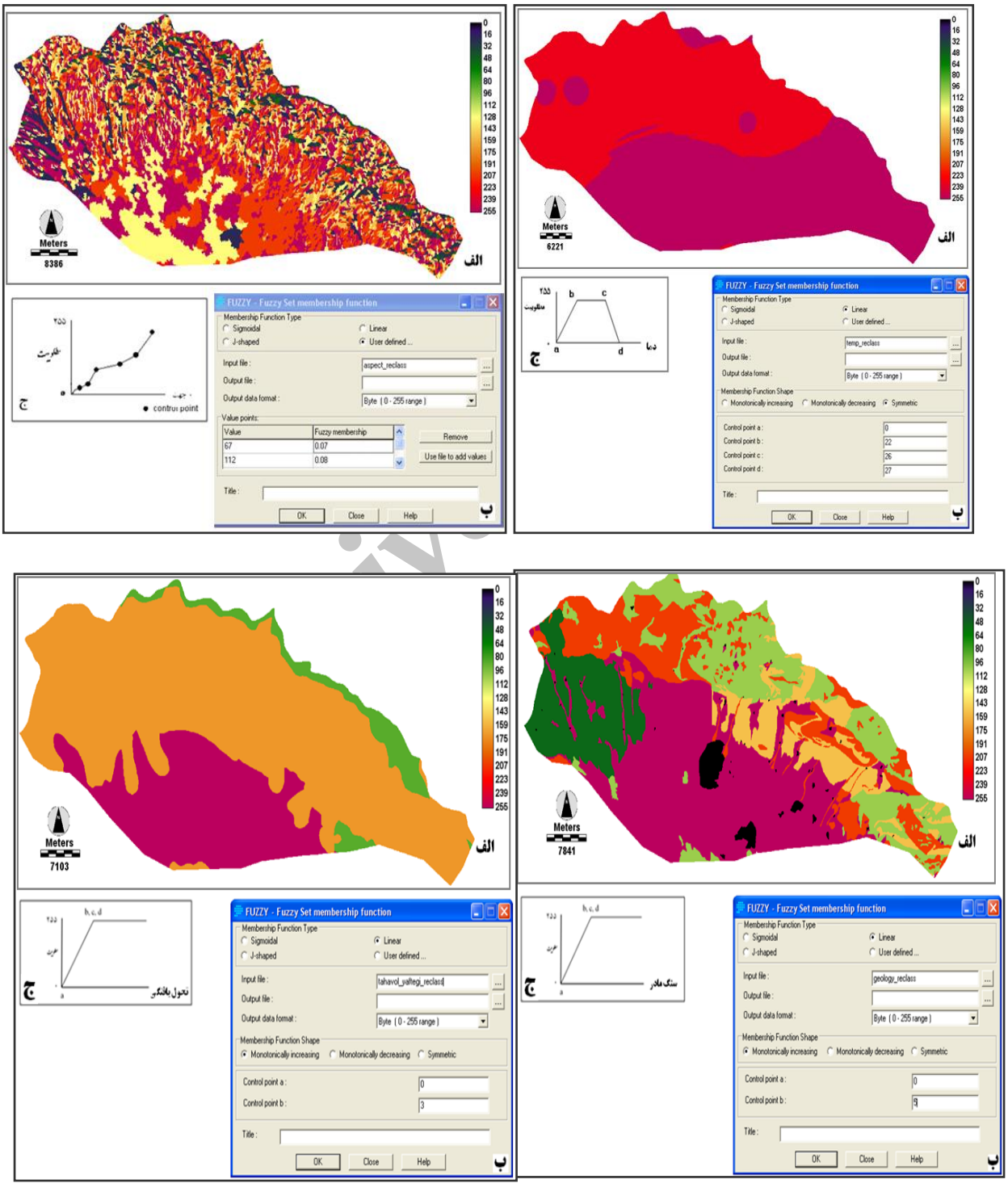
پس از فازی‌سازی لایه‌ها و تعیین بردار وزن معیارها، از روش OWA در محیط Idrisi جهت تلفیق لایه‌ها استفاده شد. به ازای هر سناریوی تعریف‌شده، نقشه ارزیابی توان اکولوژیک کاربری توسعه شهری در منطقه مورد مطالعه به دست آمد. این نقشه‌ها نمایانگر لایه‌های با طیفی از مطلوبیت‌های متفاوت پیکسل‌ها (۰ تا ۲۵۵) می‌باشد، که میزان مطلوبیت هر پیکسل تجلی‌بخش میزان مطلوبیت فاکتورها و نیز وزن‌های اختصاص داده شده به آن‌هاست.

در مرحله بعد، با کمک هیستوگرام نقشه‌ها و تعیین نقاط شکست، طبقات سه‌گانه توسعه شهری توسط ماژول‌های Stretch و Reclass به‌دست آمد. شکل (۳)، نقشه‌های نهایی طبقه‌بندی شده حاصل از اجرای روش منطق فازی-OWA با تابع عضویت خطی را برای برخی سناریوها نشان می‌دهد که طبقات سه‌گانه با اعداد ۱، ۲، ۳ در راهنمای نقشه مشخص شده‌اند. روش ارزیابی با سناریوهای مختلف OWA نتایج متفاوتی به همراه داشت. به‌طوری که سناریوی اول در واقع دقیقاً شبیه WLC بود، در حالی که سناریوی دوم به عملکرد AND شباهت داشته، که در روش بولین استفاده می‌گردد، بنابراین امتیاز تناسب بسیاری از نقاط منطقه پایین آمده و اکثر این نقاط طبقه سه

Archive of SID

www.SID.ir

(نامناسب) توسعه را نشان دادند. در هر صورت، فاکتور حداقل، به تنهایی خروجی نهایی را تعیین می‌کند. در سناریوی ششم، کل منطقه (به‌جز نواحی محدودیت) از امتیاز تناسب بالایی برخوردار گردید، در واقع این سناریو شبیه به عملگر OR عمل کرد، زیرا برای هر پیکسل، حداقل یک فاکتور، امتیاز نسبتاً بالایی دارد.

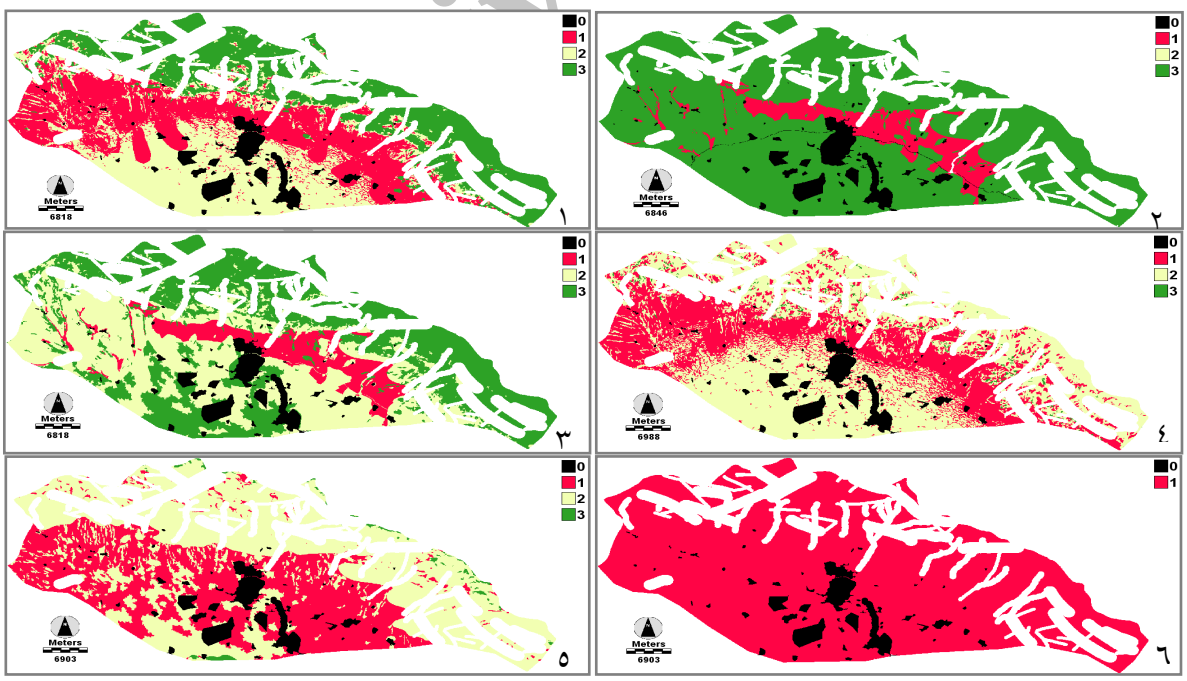


شکل ۲: نحوه پردازش مدل‌های فازی معیارهای اکولوژیک

www.SID.ir

جدول ۵- وزن نسبی و نهایت معیارها و زیرمعیارها

معیارهای اصلی	وزن	زیرمعیارها	وزن	وزن نهایی
فیزیوگرافی	۰/۵۱۷	ارتفاع	۰/۰۶۳	۰/۰۳۳
		شیب	۰/۷۷۰	۰/۳۹۸
		جهت	۰/۱۶۷	۰/۰۸۶
خاک/ پوشش گیاهی	۰/۳۵۹	بافت خاک	۰/۰۷۶	۰/۰۲۷
		عمق خاک	۰/۱۳۲	۰/۰۴۷
		زهکشی خاک	۰/۳۷۵	۰/۱۳۴
		فرسایش خاک	۰/۰۵۴	۰/۰۱۹
		دانه‌بندی خاک	۰/۲۰۸	۰/۰۷۵
		تحول‌یافتگی خاک	۰/۱۰۷	۰/۰۳۸
		سنگ مادر	۰/۰۳۰	۰/۰۱۱
		تراکم پوشش گیاهی	۰/۰۱۷	۰/۰۰۶
هیدرو کلیماتولوژی	۰/۱۲۴	بارندگی	۰/۱۰۴	۰/۰۱۳
		دما	۰/۰۳۰	۰/۰۰۴
		رطوبت نسبی	۰/۰۵۵	۰/۰۰۷
		سرعت باد غالب	۰/۱۹۶	۰/۰۲۴
		دبی آب	۰/۶۱۴	۰/۰۷۶



شکل ۳: نقشه‌های نهایی طبقه‌بندی شده سناریوهای شش‌گانه به روش OWA

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری

به دلیل آن‌که اجرای مدل‌های حرفی کاربری اراضی با روش AHP و منطق بولین (صفر و یک) نمی‌توانند فرآیند ارزیابی زیست‌محیطی را انجام دهند، بنابراین استفاده از مدل‌های تلفیقی تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی در این خصوص کمک بسزایی می‌نماید. نتایج تحقیق حاضر استفاده تلفیقی از روش‌های AHP و OWA در ارزیابی توان کاربری‌های زیست‌محیطی را به‌خوبی نشان می‌دهد و می‌تواند به‌عنوان الگویی مناسب در برنامه‌ریزی‌های اصولی و در سطح کلان مورد استفاده قرار گیرد. روش OWA مکانیسمی را برای هدایت تصمیم‌گیرنده/ تحلیل‌گر از طریق روش‌های ترکیبی چندمعیاره فراهم می‌آورد و به ما اجازه می‌دهد تا استراتژی‌ها و سناریوهای مختلفی را بیابیم. متعاقباً، این روش به درک بهتر الگوهای تناوبی تناسب اراضی کمک می‌کند. این مدل سطح ریسک مورد انتظار و وزن فاکتورها را در عمل تصمیم‌گیری کنترل می‌کند و با عمل ترکیبی وزن‌های ارجحیت و ترتیبی هر چه بهتر به ارزیابی توان کمک می‌نماید. در روش‌های فازی (از جمله OWA) به طرق گوناگون می‌توان در نتایج حاصل به نحوی تغییر ایجاد نمود که پاسخ‌های قابل قبول‌تری به‌دست آید، از جمله تغییر در مقادیر آستانه، تابع فازی، وزن‌های معیار، وزن‌های درجه‌ای (در مورد OWA) و تغییر محدوده طبقه‌بندی. در روش OWA برجستگی بهتری بین طیف‌های مختلف موجود در نقشه نهایی دیده می‌شود. این موضوع بیانگر این مهم می‌باشد که استفاده از وزن‌های درجه‌ای به تصمیم‌گیر کمک می‌نماید که تأثیر عوامل مهم‌تر را در نقشه نهایی بهتر وارد نماید.

جدول ٦- مساحت اراضی مناسب توسعه شهری (هکتار) در سناریوهای مختلف ارزیابی

سناریوها ← طبقات توسعه ↓	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم
مناسب	۵۵۹۷۲/۲۵	۱۸۳۵۸/۲۵	۱۸٤۵۰/۷۵	۵۸۸۳۳/۷۵	٦۸۳٦۵/۲۵	۱۵۰۸۵۲/۲۵
نسبتاً مناسب	۵۳۸۱۲/۲۵	۰	٦۸۷۱۱/۵۰	۹۰۲۲۲/۲۵	۸۱۰۰۳	۰
نامناسب	٤۱۰٦۷/۷۵	۱۳۰۹۸۲	٦۳٦۹۰	۱۷۹٦/۲۵	۱٤۸٤	۰
جمع	۱۵۰۸۵۲/۲۵					

در این تحقیق، با تلفیق کمیت‌های فازی و روش OWA، مدل‌سازی کاربری توسعه شهری انجام گرفت. در هر صورت، روش ارزیابی با سناریوهای مختلف OWA در منطق فازی با توابع عضویت خطی نتایج متفاوتی به همراه داشت (شکل (۳) و جدول (٦)). همان‌طور که مشاهده می‌شود مساحت نقاط مناسب توسعه شهری با تغییرات

Archive of SID

www.SID.ir

عملگر ORness متغیر بوده به‌طوری‌که در سناریوی دوم کم‌ترین مقدار (۱۲ درصد) و بالاترین درصد (به استثنای سناریوی ششم) مربوط به سناریوی پنجم (٤٥ درصد) می‌باشد. در واقع میزان مساحت طبقات مناسب برای توسعه کاربری شهری در منطقه مطالعاتی، بین ۱۲ تا ٤٥ درصد متغیر است. نتیجه کلی در ارتباط با ارزیابی به روش OWA این است که استراتژی مربوط به عملگر MIN به‌عنوان بدترین سناریو می‌باشد. در هر صورت روش ارزیابی بکار رفته در این تحقیق و وزن‌دهی معیارها، مزیت آن را نسبت به منطق بولین نشان می‌دهد. در تحقیقاتی چون پورابراهیم (۱۳۸۰)، معتدل رو (۱۳۸۲)، مظفری و اولی‌زاده (۱۳۸۷)، سودهیرا و همکاران (۲۰۰٤) ثابت شد که منطق بولین، فقط توانایی تفکیک مناطق را به دو دسته مطلوب و نامطلوب دارد که باعث از بین رفتن اطلاعات و بی‌دقتی در تجزیه‌وتحلیل‌ها می‌شود. در مقابل کارایی روش تحقیق حاضر در زمینه ارزیابی تناسب اراضی برای کاربری‌هایی چون کشاورزی، شهری، توریسم و مکان‌یابی مناطق مختلف مثلاً جهت دفن زباله مشخص بوده و در مطالعات پورخباز (۱۳۸۹)، جوانمردی و همکاران (۱۳۹۰)، دایی[۳۲] و همکاران (۲۰۰۱)، بادنکو[۳۳] و کورتنر (۲۰۰٤)، مالچفسکی (۲۰۰٦) و مهدس[۳٤] و همکاران (۲۰۰۸) به روشنی دیده می‌شود. شواهد نشان می‌دهد که طبقه مناسب شهری به‌صورت نواری از شرق تا غرب منطقه امتداد یافته و کوهستانی بودن شمال منطقه و وجود باغات و اراضی کشت آبی در جنوب منطقه، از عوامل مهم محدود کننده توسعه شهری منطقه مورد نظر می‌باشد که در نتایج حاصل از روش فازی این محدودیت‌ها مشخص گردیده است. در هر صورت پیشنهاد می‌شود که به دلیل انعطاف‌پذیری زیاد، طیف گسترده دسته‌بندی مناطق (۲۵۵-۰) و قدرت تصمیم‌گیری بالای مدل‌های فازی، بهتر است در ارزش‌گذاری لایه‌ها از این مدل‌ها استفاده شود.

32- Dai
33- Badenko and Kurtener
34- Mohaddes

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

- پور ابراهیم، ش (۱۳۸۰)، «برنامه‌ریزی جهت توسعه آتی جزیره قشم در بستر آمایش»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران.

- پورخباز، ح. ر (۱۳۸۹)، «مدل‌سازی توان اکولوژیک کاربری توسعه شهری»، رساله دکتری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.

- جوانمردی، س؛ فرجی سبکبار، ح؛ یاوری، ا؛ پورخباز، ح. ر (۱۳۹۰)، «ارزیابی چندمعیاره تناسب اراضی برای کاربری کشاورزی با استفاده از GIS (مطالعه موردی: منطقه قزوین)»، ***مجله پژوهش‌های محیط‌زیست***، شماره ۲ (٤)، صص ٦٠-٥١.

- زبردست، ا (۱۳۸۰)، «کاربرد AHP در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای»، ***مجله هنرهای زیبا***، شماره ۱۰، صص ۲۱-۱۳.

- قرخلو، م؛ پورخباز، ح. ر؛ امیری، م. ج؛ فرجی‌سبکبار، ح (۱۳۸۸)، «ارزیابی توان اکولوژیک منطقه قزوین جهت تعیین نقاط بالقوه توسعه شهری با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی»، ***مجله مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای***، شماره ۱ (۲)، صص ٦٨-٥١.

- مخدوم، م (۱۳۷۸)، «***شالوده آمایش سرزمین***»، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۰۰ ص.

- معتدل‌رو، ی (۱۳۸۲)، «ارزیابی توان اکولوژیکی حاشیه شهر رشت جهت توسعه شهری با بهره‌گیری از سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور»، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران.

- مظفری، غ. ع؛ اولی‌زاده، ا (۱۳۸۷)، «بررسی وضعیت توسعه فیزیکی شهر سقز و تعیین جهات بهینه توسعه آتی آن»، ***مجله محیط‌شناسی***، شماره ٤٧، صص ٢٠-١١.

- Abolmasov, B., Obradovic, I., (1997), "Evaluation of geological parameter for landslide hazard mapping by fuzzy logic", ***Engineering Geology and the Environment***, pp 50.

- Aurger, P., (2000), "Aggregation and emergence in ecological modeling", ***Ecol. Model.***, 127: 11-20.

Badenko, V., Kurtener, D., (2004), "Fuzzy modeling in GIS environment to support sustainable land use planning, In: 7th AGILE Conference on Geographic Information Science, 29 April-1May 2004, Heraklion, Greece, pp 333-342.

- Bian, L., (2004), "GIS for environmental modeling: an introduction. Computers", ***Environment and Urban Systems***, 28: 171–173.

- Brazier, A. M.,(1998), "Geographic Information system: A consistent approach to land use planning decisions around hazardous installations, ***Jour. Hazardous Materials***, 61: 355-361.

Archive of SID

www.SID.ir

- Chang, K.H., Cheng, C.H., (2011), "Evaluating the risk of failure using the fuzzy OWA and DEMATEL method", ***J. Intell***. ***Manuf***., 22: 113–129.
- Dai, F.C., Lee, C.F., Zhang, X.H., (2001), "GIS-based geo-environmental evaluation for urban land use planning: a case study", ***Journal of Engineering Geology***, 61: 257-271.
- 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 and Software***, 18: 861-868.
- Estman, R.J., (2001), "Idrisi32, Release 2. Tutorial", Clark University, New York, 237 PP.
Eastman, R. J., (2003), "Idrisi for windows user guide", Clark University, New York.
Eastman, R. J., (2006), "Guide to GIS and Image processing", Clark University, New York, 328 PP.
FAO, (1976), "A Framework for Land Evaluation", FAO, Rome.
- Feng, S., and Xu, L.D.(1999), Decision support for fuzzy comprehensive evaluation of urban development, ***Fuzzy Sets and Systems***, 105: 1-12.
- Malczewski, J., (2004), GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview, ***Progress in Planning***, 62: 3-65.
- Malczewski, J., (2006), "Integrating multicriteria analysis and geographic information systems: the ordered weighted averaging (OWA) approach", ***International Journal Environmental Technology and Management***, 6(1/2): 7–19.
- Mohaddes, S.A., Ghazali, M., Rahim, K.A., Nasir, M., Kamaid, A.V., (2008), "Fuzzy environmental-economic model for land use planning", ***American-Eurasian journal Agriculture & Environment Science***, 3(6): 850-854.
- Mysiak, J., Giupponi, C., Rosato, P., (2005), "Towards the development of a decision support system for water resource management", ***Environmental Modelling and Software***, 20: 203-214.
- Omkarprasad, V., Sushil, K., (2004), "Analytic hierarchy Process: An overview of applications, April.
- Rinner, C., Malczewski, J., (2002), "Web-enabled spatial decision analysis using ordered weighted averaging", ***Journal of Geographical Systems***, 4 (4): 385-403.
- Sant´e-Riveiraa, n., Crecente-Masedaa, R., Miranda-Barr´osa, D., (2008), "GIS-based planning support system for rural land-use allocation, ***Computers and electronics in agriculture,*** 63: 257–273.
- Sudhira, H.S., Ramachandra, T.V., Jagadish, K.S., (2004), "Urban sprawl: metrics, dynamics and modeling using GIS", ***International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation***, 5: 29-39.
- Yager, R.R.,(1988), On ordered weighted averaging aggregation operators in multi-criteria decision making, IEEE Trans, Syst, ***Man Cybernet***, 18 (1): 183–190.
Zadeh, L. A., (1965), "Fuzzy sets, ***Information and Control***, 8: 338–353.

Archive of SID

www.SID.ir