مدلسازی تناسب زمین برای توسعه شهری با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه و GIS

مطالعه موردی: حوضه آبخیز زیارت استان گلستان

احسان الوندی[1] مهتاب فروتن دانش[2]

محمدرضا دهمرده قلعه‌نو[3]

تاریخ دریافت مقاله: ۹٤/۰۲/۲۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۹٤/۰٦/۳۱

****

چکیده

تغییرات کاربری اراضی در اثر فعالیت‌های انسانی یکی از موضوعات مهم در برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای می‌باشد. در بسیاری از مناطق ایران، کاربری اراضی و مدیریت زمین بدون توجه به قابلیت و توان سرزمین می‌باشد که سبب اتلاف سرمایه و کاهش ظرفیت محیطی می‌گردد. در این تحقیق از روش توصیفی- تحلیلی همراه با بهره‌گیری از ابزارهای مدیریتی (روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه) در کنار قابلیت‌های بالای نرم افزار ArcGIS امکان مدل‌سازی تناسب زمین برای توسعه شهری در حوضه آبخیز زیارت استان گلستان، با توجه به معیارهای شیب، ارتفاع از سطح دریا، بافت خاک، پوشش گیاهی، جهت شیب، سنگ مادر، فاصله از گسل و فاصله از رودخانه، فراهم شده است. در این تحقیق با مراجعه به ۱۰ نفر از متخصصین در رشته مربوطه و با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی(AHP) وزنی برای هر معیار تعیین شده است. در ادامه به منظور تلفیق نقشه‌های معیار و محاسبه میزان تناسب زمین برای توسعه شهری از تکنیک‌های SAW و TOPSIS همراه با بهره‌گیری از قابلیت‌های نرم افزار ArcGIS 10.1 استفاده شده است. در نهایت در این تحقیق به بررسی سازگاری بین کاربری‌های موجود در حوضه آبخیز زیارت استان گلستان پرداخته شده است. با توجه به نتایج بدست آمده از مدلسازی تناسب زمین، وسعت مناطق دارای شرایط توسعه شهری با استفاده از تکنیک‌های TOPSIS و SAW به ترتیب ۳۷ و۷۹/٤ هکتار از کل مساحت حوضه آبخیز زیارت محاسبه شده است، اما در حال حاضر وسعت مناطق مسکونی در این حوضه ۱٤۱/۳ هکتار می‌باشد. در مدل‌سازی تناسب زمین برای توسعه شهری با توجه به وجود وابستگی‌های مکانی میان نقشه‌های معیار، بهترین روش در تلفیق معیارها و محاسبه میزان تناسب کاربری، استفاده از تکنیک TOPSIS است. نتایج سازگاری کاربری‌ها نشان داد، کاربری اراضی مسکونی با میزان سازگاری ۰/۱۱۸۲٤٥ کمترین سازگاری را بین کاربری‌های فعلی موجود در این حوضه دارد. در پایان می‌توان گفت، با توجه به توانایی‌های بالای روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه و ArcGIS در مدل‌سازی تناسب زمین برای توسعه شهری، هر قدر نظرات کارشناسی دقیق‌تر و داده‌ها و اطلاعات به روزتر باشند، استفاده از این فنون و ابزار با نتایج بهتری همراه است.

واژه‌های کلیدی: سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS)، تصمیم‌گیری چند معیاره، تناسب زمین، حوضه آبخیز زیارت.

****

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان (نویسنده مسئول) alvandiu_2010@yahoo.com

۲- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری mahtab.forootan@yahoo.com

۳- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل mr.dahmardeh@yahoo.com

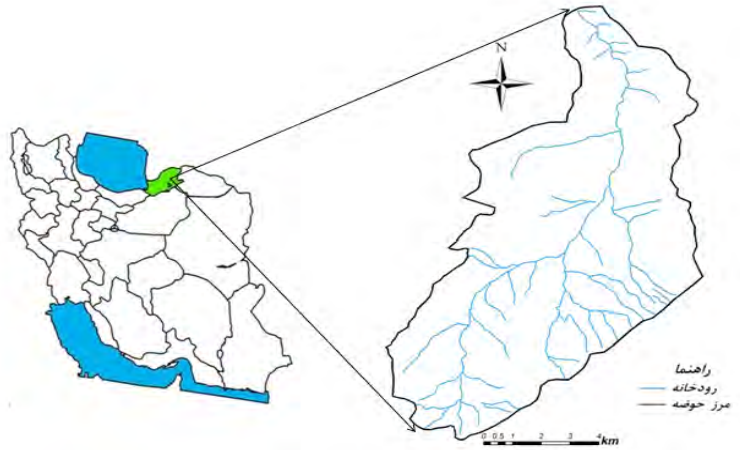
۱- مقدمه

توسعه پایدار را می‌توان اداره و بهره‌برداری صحیح و کارا از منابع طبیعی، منابع مالی و منابع انسانی به منظور دستیابی به الگوی مصرف مناسب و مطلوب و به کارگیری امکانات فنی و تشکیلاتی مناسب که تأمین کننده نیاز نسل امروز و نسل آینده می‌باشد تعریف نمود *(صدوق، ۱۳۸۰)*. رشد روز افزون شهرها متأثر از رشد جمعیت و مهاجرت، منجر به ساخت و سازهای بدون برنامه و تغییرات زیاد ساختار فضایی، توسعه فیزیکی شهرها در مکان‌های نامساعد گشته است که هدایت آگاهانه و ساماندهی اساسی را می‌طلبد *(قربانی وهمکاران،۱۳۹۲)*. برای حفظ منابع جهت استفاده نسل‌های آینده باید بین استعداد ذاتی و بهره‌برداری از آن توازنی برقرار باشد که این توازن از طریق ارزیابی تناسب اراضی میسر می‌گردد *(شاهرخ و ایوبی، ۱۳۹۳)*. ارزیابی تناسب اراضی از روش‌هایی است که برای تعیین سازگاری اراضی برای نوع خاصی از انواع استفاده‌ها به کار می‌رود و از اراضی با توجه به استعداد و پتانسیل تولیدی- شان استفاده می‌شود *(شاهرخ و همکاران، ۱۳۹۱)*.

از دهه ۱۹۹۰، راهبرد یکپارچه کردن تصمیم‌گیری چند معیاره با GIS برای حل مسائل برنامه‌ریزی فضایی، توجه چشمگیری در میان برنامه‌ریزان پیدا کرده است. سیستم اطلاعات مکانی بعنوان ابزاری که براحتی می‌تواند با حجم انبوهی از داده کار کرده و آنها را مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد، بستری مناسب به منظور تلفیق با روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره به نظر می‌رسد *(نصیری، ۱۳۸۸)*. حل مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره دارای پیچیدگی است، به ویژه آنکه اغلب معیارهای مزبور با یکدیگر تضاد داشته، افزایش مطلوبیت یکی می‌تواند باعث کاهش مطلوبیت دیگری شود. به همین دلیل روش‌هایی تحت عنوان تصمیم- گیری چند معیاره (MCDM) توسعه داده شده است که به حل مسائل مزبور کمک می‌کند *(پرهیزکار و غفاری‌گیلانده، ۱۳۸۵)*. به منظور تصمیم‌گیری در مورد حل مسائل فضایی، استفاده از مدل یکپارچه تصمیم‌گیری چند معیاره با GIS می‌تواند کارایی بالایی داشته باشد چرا که در این روش از یکسو می- توان با استفاده از راهبرد تصمیم‌گیری چند معیاره، چارچوب مدونی را برای در نظر گرفتن معیارهای مؤثر بر مسائل فضایی و ارزش‌دهی به این معیارها فراهم کرد و از سوی دیگر با ابزار تحلیل‌گر قدرتمندی چون GIS حجم انبوهی از داده‌های مربوط به این معیارها را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و مناسب‌ترین تصمیم‌ها را اتخاذ کرد *(نصیری، ۱۳۸۸)*.

کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و GIS در زمینه‌های مختلف مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. نصیری(۱۳۸۸) کاربرد تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مکانی با GIS در کاربری اراضی شهری را مورد مطالعه قرار داد. نتایج بیانگر آن است که مهم‌ترین کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مکانی در مباحث برنامه‌ریزی شهری، تعیین میزان مناسبت کاربری‌های مختلف برای هر واحد مکانی می‌باشد که با کمک GIS و سیستم- های تصمیم‌گیری چند معیاره مکانی قابل محاسبه است. بختیاری‌فر و همکاران(۱۳۹۰) مدلسازی تغییر کاربری زمین با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و GIS را مورد بررسی قرار دادند. نتایج بیانگر آن است که در تخصیص کاربری‌ها، در نظر گرفتن مناسبت و سازگاری کاربری‌ها به صورت همزمان امری ضروری است. عدیلی و همکاران (۱۳۸٦) ارزیابی تناسب کاربری زمین شهری: تصمیم سازی مکانی-گروهی بر مبنای GIS و همچنین فتاحی و آقاجانی(۱۳۹۱) الگوهای توسعه مجتمع‌های مسکونی با روش تصمیم‌گیری چند معیاره مبتنی بر GIS را مورد بررسی قرار دادند. فلاح شمسی و همکاران(۱۳۸٦) مکان‌یابی خود- کار کاربری زمین با استفاده از ارزیابی چند عامله تناسب سرزمین و نیز کنعانی و همکاران (۱۳۹۰) پهنه‌بندی کاربری توسعه شهری بر اساس توان‌های اکولوژیک در استان مازندارن را مورد مطالعه قرار دادند.

غفاری و شفقی(۱۳۸۹) ارزیابی سازگاری کاربری اراضی شهری با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی را مورد بررسی قرار دادند. همچنین مزیدی و صفرزاده (۱۳۹۰) استفاده از تکنیک‌های MADM در



نگاره ۱: نقشه موقعت جغرافیایی حوزه زیارت در استان گلستان ایران

شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر کاربری اراضی مسکونی در شهر یاسوج و جان و همکاران (۲۰۱۳) روشی را برای ارزیابی مکان مزارع خورشیدی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تصمیم‌گیری چند معیاره (MADM) در جنوب شرقی اسپانیا مورد مطالعه قرار دادند.

حوضه آبخیز زیارت استان گلستان از حوضه‌های مهم و در عین حال بحرانی از نظر تغییر کاربری (توسعه مناطق مسکونی)، فرسایش و سیل‌خیزی در استان گلستان به شمار می‌رود. این حوضه در سال‌های اخیر بدون توجه به توان اکولوژیکی سرزمین برای توسعه شهری و در نبود توجه مسئولان مربوطه دستخوش تغییرات شدید کاربری قرار گرفته است و بدون توجه به تناسب زمین، در مناطق نامناسب اقدام به ساخت و سازهای غیر اصولی شده است. با توجه به این که تغییر در عرصه طبیعت برای توسعه شهری بدون توجه به مسائل اکولوژیکی و توان سرزمین غیر منطقی است.

بدین منظور هدف از این تحقیق استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه و ArcGIS در مدلسازی تناسب زمین برای توسعه شهری در حوضه آبخیز زیارت استان گلستان با توجه به توان اکولوژیکی آن می‌باشد. همچنین در این تحقیق به سازگاری بین کاربری‌های موجود در این حوضه آبخیز پرداخته شده است. بر همین اساس پاسخ به سؤال زیر، هسته اصلی متدولوژی این تحقیق را تشکیل می‌دهد:

چگونه می‌توان با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه و قابلیت‌های ArcGIS به مدلسازی تناسب زمین برای توسعه شهری در حوضه آبخیز زیارت استان گلستان دست یافت؟

۲- مواد و روش

۲-۱- مشخصات منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه حوضه آبخیز زیارت می‌باشد که با مساحت ۹۵ کیلومتر مربع و محیط ۵۱/۴۰ کیلومتر در استان گلستان، در شهرستان گرگان و بین طول جغرافیایی ″۵۳ ′۲۳ °۵۴ تا ″۱۱ ′۳۱ °۵۴ شرقی و عرض جغرافیایی ″۵۱ ′۳۶ °۳۶ و تا ″۵۹ ′۴۳ °۳۶ شمالی قرار گرفته است. حداکثر ارتفاع حوضه ۳۰۳۰ متر و حداقل آن ۵۷۰ متر و بارندگی متوسط سالانه ۷۵۰ میلی‌متر می‌باشد (نگاره ۱) *(مهندسین مشاور روان آب، ۱۳۸۴)*.

۲-۲- روش تحقیق

در این تحقیق از روش توصیفی- تحلیلی همراه با بهره‌گیری از ابزارهای مدیریتی همچون روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM) در کنار قابلیت‌های بالای نرم‌افزار ArcGIS، به منظور مدلسازی تناسب زمین برای توسعه شهری و همچنین تعیین سازگاری بین کاربری‌های موجود درحوضه آبخیز زیارت استان گلستان استفاده شده است. مدل تناسب کاربری، میزان تناسب سرزمین را برای انواع کاربری‌های

به صورت کمی محاسبه می‌کند. این مدل از طریق ترکیب روش‌ها و ابزارهایی همچون ArcGIS و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره توسعه می‌یابد *(بختیاری‌فر و همکاران،۱۳۹۰)*. مراحل توسعه و عملی کردن مدلسازی تناسب زمین برای توسعه شهری در حوضه آبخیز زیارت استان گلستان با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه و با بهره‌گیری از نرم افزار ArcGIS 10.1 در نگاره ۲ ارائه شده است. در ادامه مراحل گام به گام روش تحقیق ارائه شده است.

نگاره ۲: مدل مفهومی مناسبت کاربری توسعه شهری

الف) تعیین معیارهای ارزیابی و استانداردسازی معیارها: قبل از تعیین معیارهای ارزیابی مورد نظر جهت تعیین مناطق مناسب، برای کاربری توسعه شهری ابتدا بایستی منابع موجود را بررسی نمود. به طور کلی منابع به دو دسته پایدار و ناپایدار تقسیم‌بندی می‌شود. منابع پایدار به منابعی اطلاق می‌شود که در بستر فیزیکی خود ثابت هستند. منابع ناپایدار، منابعی هستند که در جای خود ثابت نبوده و تغییرات این منابع حتی اگر تحت تأثیر نیروهای طبیعی و انسانی واقع نشوند، در واحد زمان کند خواهد بود *(توفیق،۱۳۸٤؛ نصیری، ۱۳۸۸؛ مخدوم، ۱۳۸۹)*.

پس از شناسایی منابع موجود حوضه آبخیز زیارت استان گلستان، برای تعیین میزان تناسب زمین برای کاربری شهری، با مبنا قرار گرفتن مدل مخدوم و استفاده از نظرات کارشناسی، معیارهای شیب، ارتفاع از سطح دریا، بافت خاک، پوشش گیاهی، جهت شیب، سنگ مادر، فاصله از گسل و فاصله از رودخانه انتخاب شدند.

بعد از تعیین این معیارها برای ارزیابی واحدهای مکانی به ازای کاربری توسعه شهری، هر معیار به صورت یک لایه نقشه در پایگاه داده مبتنی بر ArcGIS آماده‌سازی و تحت عنوان نقشه‌های معیار ذخیره شده است. در ادامه کلیه معیارها مطابق مدل اکولوژیکی ایران *(مخدوم، ۱۳۸۹)* طبقه‌بندی شدند. با توجه به این که هر کدام از طبقات نقشه‌های معیار دارای ارزش متفاوتی است، با ارائه پرسشنامه و نظرسنجی از متخصصین در رشته مربوطه، به هر کدام از طبقات نقشه‌های معیار به ازای کاربری شهری، ارزشی به صورت عددی تعلق گرفت، به گونه‌ای که مجموع ارزش‌های تعلق گرفته به طبقات مختلف هر معیار برابر یک باشد.

ب) وزندهی معیارها و تهیه نقشه معیار استاندارد شده وزنی: برای تعیین میزان تناسب زمین برای توسعه شهری، معیارهای ارزیابی مختلفی وجود دارد، اما اهمیت این معیارها برای توسعه شهری متفاوت است. برای نمونه معیار شیب اهمیت بیشتری را نسبت به جهت شیب دارا است. بنابراین لازم است که اهمیت هر کدام از این معیارها در تعیین میزان تناسب زمین برای توسعه شهری مشخص شود. در این مرحله به منظور وزندهی معیارها، با مراجعه به ۱۰ نفر از متخصصین در رشته مربوطه وزنی برای هر یک از معیارها با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی(AHP) استخراج شده است. در روشAHP، تصمیم گیرنده می‌بایست هر زوج از معیارهای تصمیم‌گیری را با همدیگر مقایسه کند. مقایسه اهمیت نسبی هر زوج معیار نسبت به یکدیگر، در ابتدا به صورت کیفی انجام شده و سپس در مقیاس عددی (۱ تا ۹) کمی می‌شود. در این روش با تشکیل ماتریس که ارائه دهنده آرای بیان شده در خصوص مقایسه هر زوج معیار تصمیم‌گیری است، در نهایت وزن نسبی هر معیار تعیین

می‌شود *(اصغر پور، ۱۳۸۵؛ آذر و رجب زاده، ۱۳۸۹)*.

نقشه‌های معیار دارای مقیاس‌های متنوعی هستند. پس از مشخص شدن وزن اختصاص یافته به هر یک از معیارها و طبقه‌بندی صورت گرفته روی آنها، به منظور ترکیب نقشه‌های معیار لازم است، نقشه مختلف را استاندارد نمود. برای این منظور مقدار وزن اختصاص یافته به هر معیار در ارزش طبقات مختلف آن معیار ضرب می‌شود.

ج) تلفیق معیارهای ارزیابی و محاسبه میزان تناسب: در این تحقیق به منظور تلفیق نقشه‌های معیار استاندارد شده وزنی تهیه شده و محاسبه میزان تناسب زمین برای توسعه شهری از تکنیکهای TOPSIS و SAW استفاده شده است.

روش TOPSIS

این تکنیک بر این مفهوم بنا شده است که بهترین واحد مکانی به طور هم زمان باید کمترین فاصله را با واحد ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن، A_i^+) و بیشترین فاصله را با واحد ایده‌آل منفی (بدترین حالت ممکن، A_i^-) داشته باشد. واحد ایده‌آل معرف گزینه فرضی است که مطلوب‌ترین سطح استاندارد شده وزنی از هر معیار در میان گزینه‌های مورد نظر را دارد و همین طور واحد ایده‌آل منفی شامل بدترین سطح استاندارد شده وزنی در میان گزینه‌هاست. بدین منظور ابتدا به تعیین ارزش حداکثر و حداقل در رابطه با هر یک از لایه‌های نقشه استاندارد شده وزنی بر اساس رابطه‌های ۱ و ۲ پرداخته شده است *(آذر و رجب زاده، ۱۳۸۹)*.

$$\text{واحد ایده‌آل مثبت} = A^+ = \{(\max v_{ij} \mid j \in J_1), (\min v_{ij} \mid j \in J_2) \mid i = 1,2,...,m\} \quad (۱)$$

$$\text{واحد ایده‌آل منفی} = A^- = \{(\min v_{ij} \mid j \in J_1), (\max v_{ij} \mid j \in J_2) \mid i = 1,2,...,m\} \quad (۲)$$

$$A_i^+ = (v_1^+, v_2^+, ..., v_n^+)$$

$$A_i^- = (v_1^-, v_2^-, ..., v_n^-)$$

سپس محاسبه فاصله براساس نرم اقلیدسی به ازاء نقطه ایده‌آل منفی و گزینه مثبت و همین فاصله به ازاء نقطه ایده‌آل مثبت و گزینه منفی با استفاده از رابطه‌های (۳ و ٤).

$$d_i^+ = \left\{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^+)^2\right\}^{\frac{1}{2}}, \quad (i=1,2,...,m) \quad (۳)$$

$$d_i^- = \left\{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^-)^2\right\}^{\frac{1}{2}}, \quad (i=1,2,...,m) \quad (٤)$$

در نهایت میزان نزدیکی نسبی به نقطه ایده‌آل با استفاده از رابطه ۵ برآورد شده است.

$$C_{i+} = \frac{d_i^-}{(d_i^- + d_i^+)}, \quad (i=1,2,...,m) \quad (۵)$$

به طوری که $0 \le Ci+ \le 1$ است و هر اندازه یک گزینه به نقطه ایده‌آل نزدیک‌تر باشد Ci+ به سمت ۱ میل می‌کند.

روش SAW

روش SAW یکی از قدیمی‌ترین روش‌های به کارگیری شده در MADM است. در این روش برای ارزیابی هر واحد مکانی یا Ai از رابطه ٦ استفاده می‌شود *(شریفی و همکاران، ۲۰۰۲؛ اصغر پور، ۱۳۸۵؛ بختیاری‌فر و همکاران، ۱۳۹۰)*.

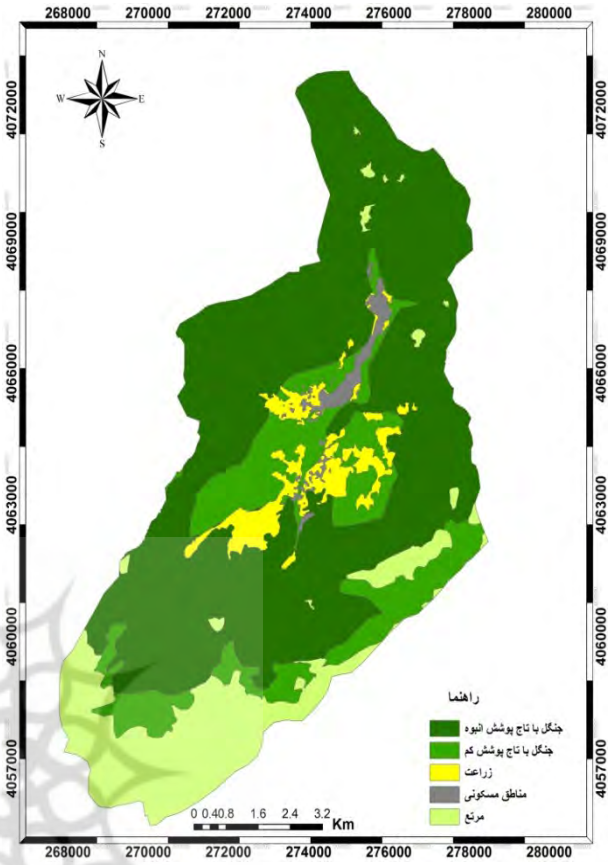
$$A^* = \left\{A_i \mid \max \sum_{j=1}^{n} w_j r_{ij}\right\} \quad (٦)$$

در این رابطه rij معرف مناسبت واحد i ام در ارتباط با معیار j ام و wj وزن استاندارد شده معیار j ام است، به گونه‌ای که $\sum w_j = ۱$. وزن‌ها اهمیت نسبی هر معیار را به نمایش می‌گذارند. با تعیین ارزش حداکثر Ai ، اولویت‌دارترین واحد انتخاب می‌شود *(شریفی و همکاران، ۲۰۰۲؛ اصغر پور، ۱۳۸۵؛ بختیاری‌فر و همکاران، ۱۳۹۰)*.

۲-۳- مدل سازگاری کاربری‌ها

در این تحقیق پس از مدل‌سازی تناسب زمین برای توسعه شهری، به بررسی سازگاری بین کاربری‌های موجود در حوضه آبخیز زیارت استان گلستان پرداخته شده است. مدل سازگاری کاربری‌ها، میزان سازگاری کاربری هر واحد مکانی را با کاربری‌های واحدهای مکانی مجاور محاسبه می‌کند. در نگاره ۳ کاربری فعلی حوضه آبخیز زیارت نشان داده شده است.

در این تحقیق برای توسعه مدل سازگاری کاربری‌ها از عملگرهای ArcGIS 10.1 و روش AHP استفاده شده است. در ادامه مراحل بررسی سازگاری کاربری‌های موجود در حوضه آبخیز زیارت استان گلستان ارائه شده است.



نگاره ۳: نقشه کاربری فعلی حوضه آبخیز زیارت استان گلستان

الف) ماتریس سازگاری کاربری‌ها

از ماتریس سازگاری کاربری‌ها برای حصول شرایط سازگاری میان کاربری‌های همسایه استفاده می‌شود.

این ماتریس به کمک دانش کارشناسی، سطوح مختلف سازگاری را میان کاربری‌های مختلف مشخص می‌کند *(طالعی و همکاران، ۲۰۰۷؛ بختیاری‌فر و همکاران،۱۳۹۰)*. جدول ۱ ماتریس سازگاری کاربری‌ها را برای حوضه آبخیز زیارت استان گلستان نشان می‌دهد.

ب) کمّی‌سازی سطوح سازگاری

در این مرحله، به کمک روش AHP، مقادیر کیفی موجود در ماتریس سازگاری کاربری‌ها (جدول ۱) به مقادیر کمّی تبدیل شده است *(طالعی و همکاران، ۲۰۰۷؛ اصغرپور، ۱۳۸۵؛ بختیاری‌فر و همکاران،۱۳۹۰)*.

جدول ۲ مقدار عددی برای سطوح سازگاری با استفاده از روش AHP را نشان می‌دهد. در اولویت‌بندی عناصر و فعالیت‌ها با توجه به معیارهای مختلف، برای اینکه نتایج معتبری را در دنیای واقعی بدست آوریم، درجه خاصی از ناسازگاری لازم است.AHP ناسازگاری کلی قضاوت‌ها را به وسیله نرخ سازگاری محاسبه می‌کند.

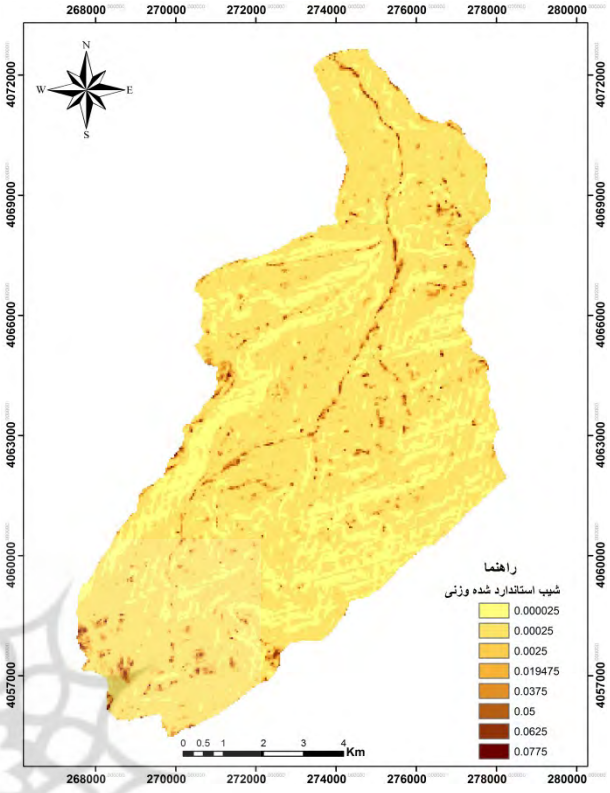
جدول ۱: ماتریس سازگاری کاربری‌های حوزه آبخیز زیارت استان گلستان

	جنگل با تاج پوشش انبوه	جنگل با تاج پوشش کم	مرتع	کشاورزی	اراضی مسکونی
جنگل با تاج پوشش انبوه	سازگاری بالا	سازگاری متوسط	سازگاری متوسط	سازگاری متوسط	سازگاری کم
جنگل با تاج پوشش کم		سازگاری بالا	سازگاری متوسط	سازگاری متوسط	سازگاری کم
مرتع			سازگاری بالا	ناسازگاری متوسط	سازگاری کم
کشاورزی				سازگاری بالا	سازگاری کم
اراضی مسکونی					سازگاری بالا

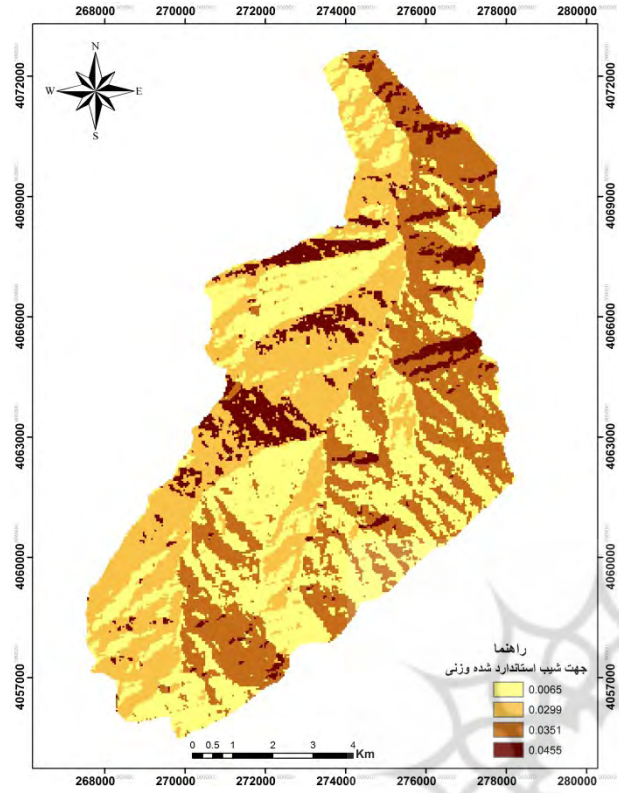
ماخذ: طالعی و همکاران، ۲۰۰۷، مطالعات نگارنده

جدول ۲: مقدار عددی برای سطوح سازگاری با استفاده از روش AHP

سطح سازگاری	سازگاری بالا	سازگاری متوسط	سازگاری کم	ناسازگاری متوسط	ناسازگاری بالا
سازگاری بالا	۱	۳	۵	۷	۹
سازگاری متوسط	۱/۳	۱	۳	٤	۷
سازگاری کم	۱/۵	۱/۳	۱	۲	٤
ناسازگاری متوسط	۱/۷	۱/٤	۱/۲	۱	۳
ناسازگاری بالا	۱/۹	۱/۷	۱/٤	۱/۳	۱



نگاره ٤: معیار شیب استاندارد شده وزنی



نگاره۵: معیار جهت شیب استاندارد شده وزنی

این سازگاری نشان می‌دهد که تا چه اندازه می‌توان به اولویت‌های حاصل از اعضای گروه و یا اولویت‌های جدول‌های ترکیب اعتماد کرد. تجربه نشان داده است که اگر نرخ سازگاری (C.R.) کمتر از ۰/۱۰ باشد، می‌توان سازگاری مقایسه‌ها را پذیرفت، در غیر اینصورت باید مقایسه‌ها مجدداً انجام گیرد *(آذر و رجب زاده، ۱۳۸۹)*. در این تحقیق همچنین به منظور مقایسه نرخ سازگاری قضاوت‌های حاصل از اعضای گروه، از روش بردارهای ویژه استفاده شده است.

ج) محاسبه میزان سازگاری کاربری‌ها

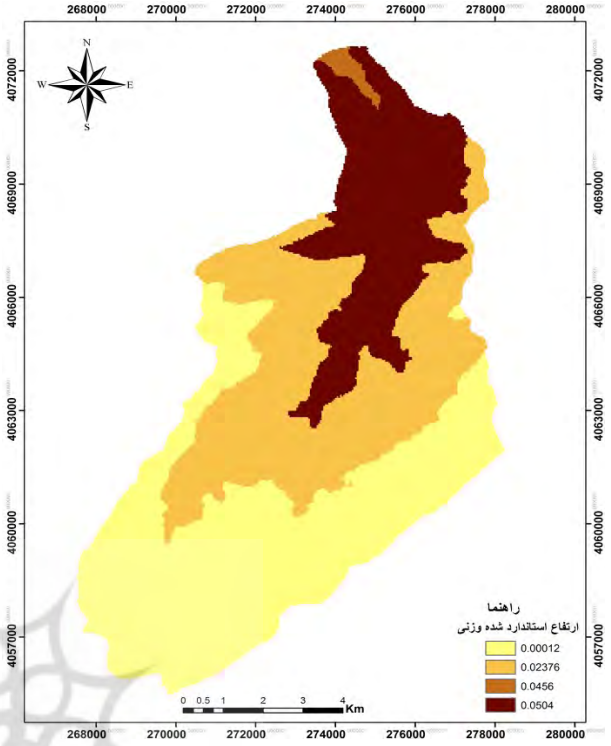
با استفاده از روش جمع‌بندی مناسبت، باید مقدار سازگاری کلی هر واحد مکانی بر اساس مقادیر سازگاری آن واحد با هر کدام از همسایه‌ها محاسبه شود. در این تحقیق از سازگاری ساده کاربری‌ها استفاده شده است (رابطه ۷). برای محاسبه سازگاری ساده هر واحد مکانی، باید مقدار سازگاری بین کاربری آن و هر کدام از کاربری‌های واحدهای همسایه‌اش از جدول سازگاری کاربری‌ها استخراج شود. میانگین این مقادیر با عنوان سازگاری ساده به واحد مکانی مورد بررسی منتسب می‌شود *(بختیاری‌فر و همکاران،۱۳۹۰)*. سازگاری ساده واحد مکانی i عبارت است از:

$$C_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} c_{ij}}{n} \qquad (۷)$$

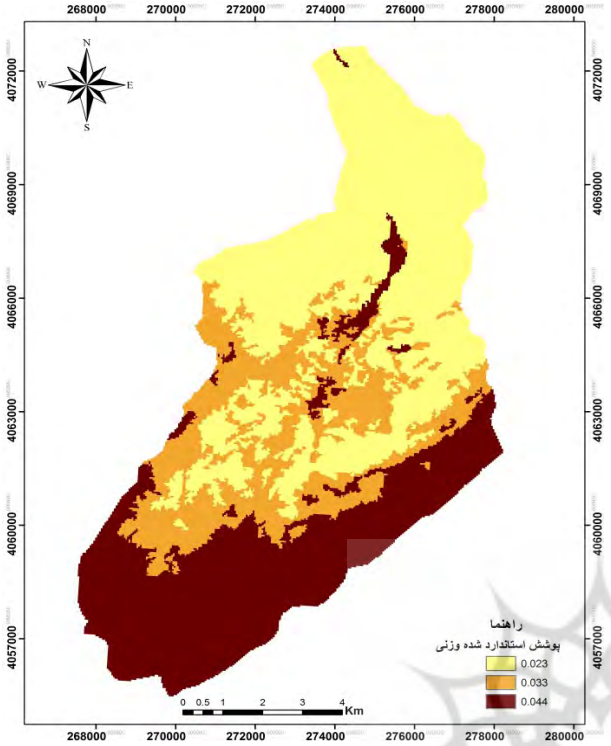
که در آن cij مقدار سازگاری واحدi با همسایه j ام آن و n تعداد همسایه‌های واحد i است.

۳- نتایج و بحث

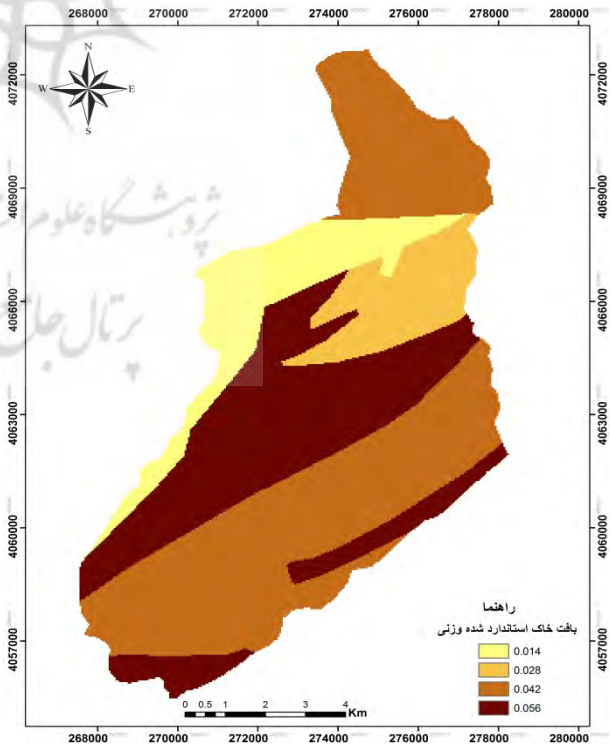
با توجه به وزن اختصاص یافته به هر یک از معیارهای مورد بررسی این تحقیق و طبقه‌بندی صورت گرفته روی آنها، نقشه‌های معیار استاندارد شده وزنی تهیه شده است. در نگاره‌های ٤ تا ۹ نقشه‌های معیار استاندارد شده وزنی



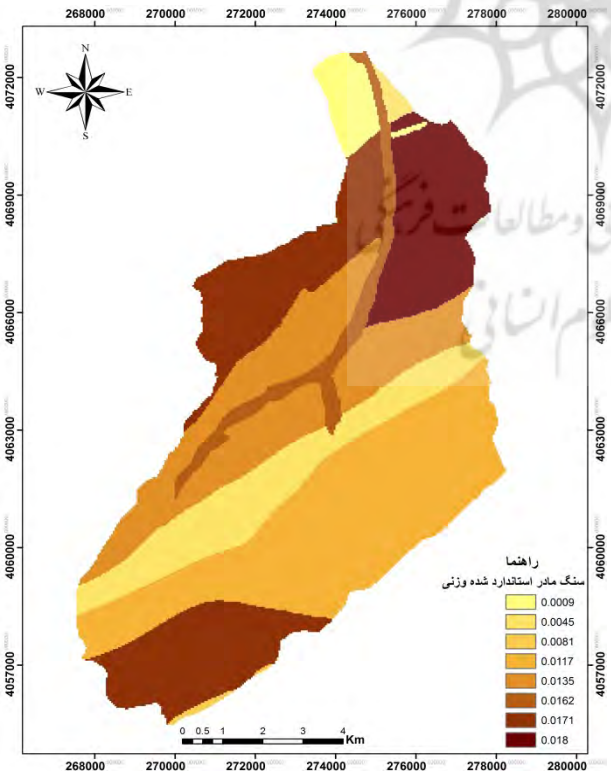
نگاره ٦: معیار ارتفاع استاندارد شده وزنی



نگاره ۷: معیار پوشش استاندارد شده وزنی

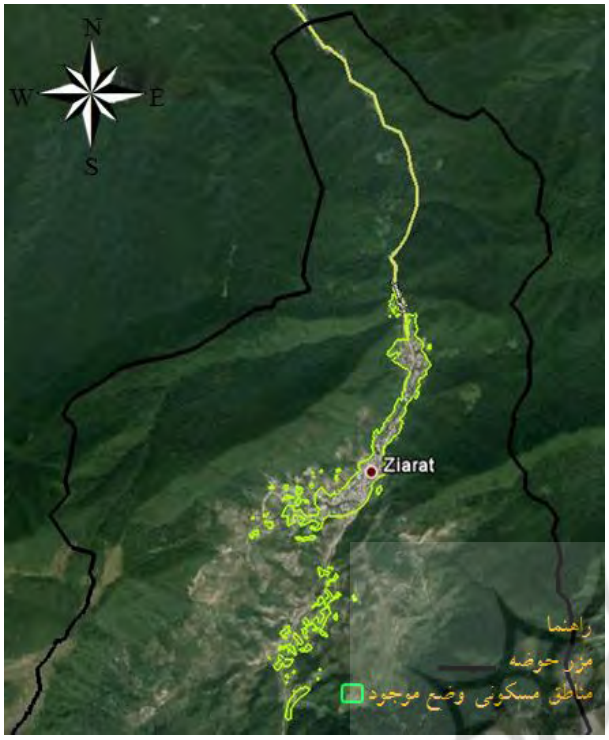


نگاره ۸: معیار بافت خاک استاندارد شد وزنی

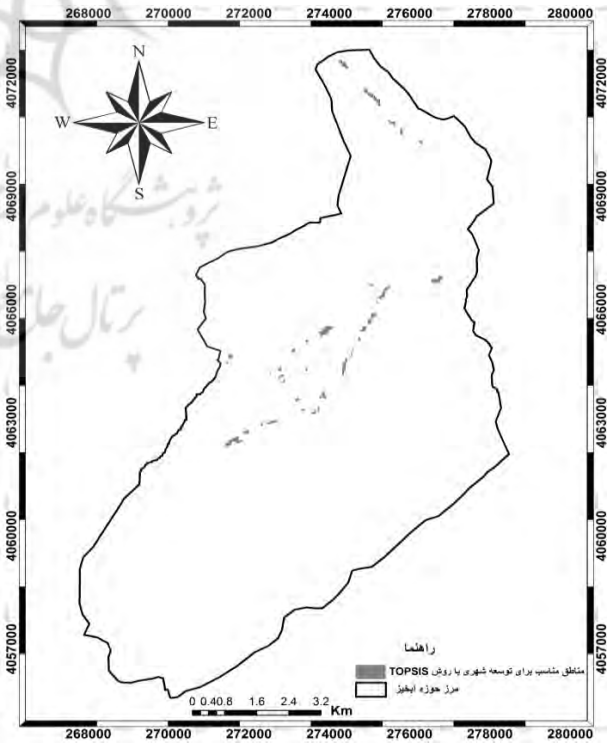


نگاره ۹: معیار سنگ مادر استاندارد شد وزنی

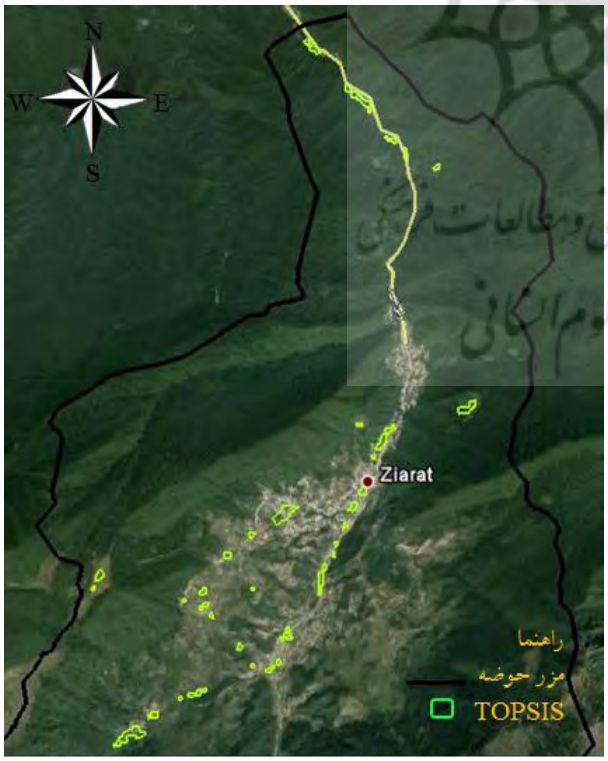
نگاره ۱۰: موقعیت مناطق مسکونی وضعیت فعلی حوزه آبخیز



نگاره ۱۱: تطبیق مناطق مسکونی وضعیت فعلی حوزه آبخیز با تصویر Google Earth



نگاره ۱۲: مدل‌سازی تناسب زمین برای توسعه شهری با استفاده از تکنیک TOPSIS



نگاره ۱۳: تطبیق تناسب زمین برای توسعه شهری با استفاده از تکنیک TOPSIS با تصویر Google Earth

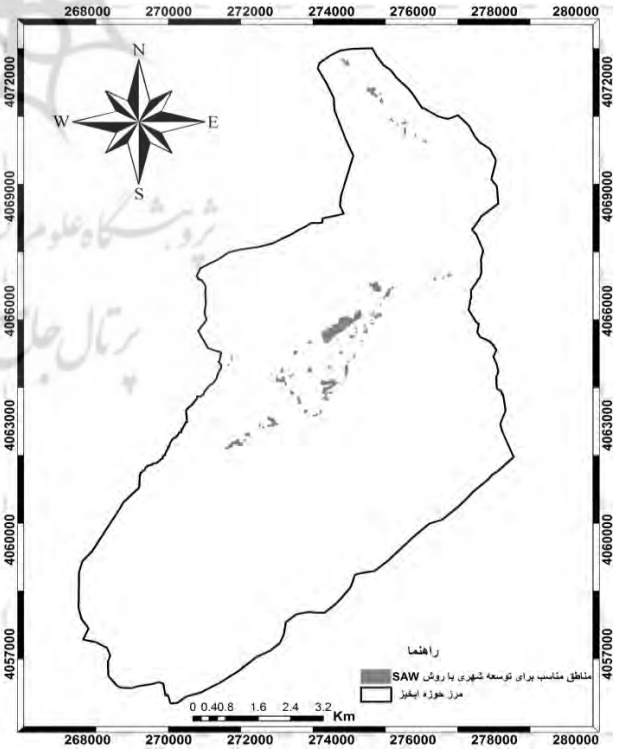
نشان داده شده است. همانطور که در نگاره‌ها مشخص است، نقشه‌ها در بازه ۰ تا ۱ طبقه‌بندی شده‌اند.

موقعیت مناطق مسکونی کاربری فعلی حوضه آبخیز زیارت و تطبیق آن با تصویر Google Earth در نگاره‌های ۱۰ و ۱۱ نشان داده شده است. نتایج مدل‌سازی تناسب زمین برای توسعه شهری در حوضه آبخیز زیارت استان گلستان با استفاده از تکنیک‌های TOPSIS و SAW، همچنین تطبیق آنها با تصویر Google Earth در نگاره‌های ۱۲ تا ۱۵ ارائه شده است. همانطور که در نگاره‌ها مشخص است، مناطق مستعد برای توسعه شهری عمدتاً در جاهایی که معیارهای ارزیابی از نظر کارشناسان شرایط مناسبی را برای توسعه شهری دارند قرار گرفته‌اند.

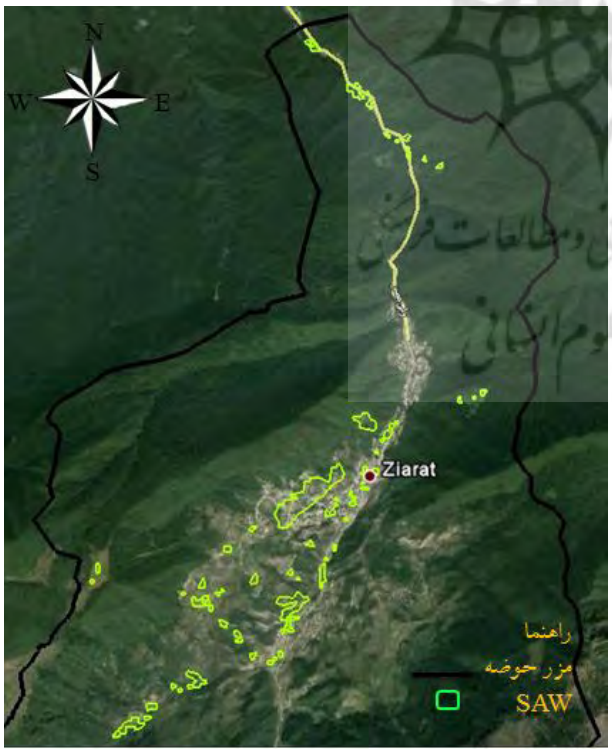
با توجه به معیارهای ارزیابی در نظر گرفته شده در این تحقیق، وسعت مناطق دارای شرایط توسعه شهری با استفاده از تکنیک TOPSIS، ۳۷ هکتار و با استفاده از تکنیک SAW، ۷۹/٤ هکتار از کل مساحت حوضه آبخیز زیارت محاسبه شده است، اما در حال حاضر وسعت مناطق مسکونی در این حوضه ۱٤۱/۳ هکتار می‌باشد. همانطور که در نگاره‌های ۱۲تا ۱۵ مشخص است، در تکنیک‌های TOPSIS و SAW، بیشتر موقعیت مکان‌های تناسب زمین برای توسعه شهری همپوشانی دارند، فقط در تکنیک SAW وسعت مکان‌ها نسبت به تکنیک TOPSIS بیشتر است.

در جدول ۳ وزن نسبی سطوح سازگاری و نرخ سازگاری(C.R.) مقایسه‌ها با استفاده از روش بردارهای ویژه ارائه شده است. همانطور که در جدول مشخص است نرخ سازگاری مقایسه‌ها ۰/۰۳ است و از ۰/۱۰ کمتر است، بنابراین می‌توان سازگاری مقایسه‌ها را پذیرفت.

بررسی سازگاری کاربری‌ها، به آن دلیل است که ایجاد یک کاربری جدید طوری باشد که بیشترین تعامل و ارتباط مثبت را با واحدهای همسایه داشته باشد. در جدول ٤ مقدار سازگاری کاربری‌های موجود در حوضه آبخیز زیارت بیان شده است. همانطور که مشخص است، کاربری اراضی



نگاره ١٤: مدلسازی تناسب زمین برای توسعه شهری با استفاده از تکنیک SAW



نگاره ۱۵: تطبیق تناسب زمین برای توسعه شهری با استفاده از تکنیک SAW با تصویر Google Earth

جدول ۳: وزن نسبی سطوح سازگاری و نرخ سازگاری(C.R.)

سطح سازگاری	وزن نسبی	مجموع وزنی (WSV)	بردار سازگاری (C.V)	λ_{max}	شاخص سازگاری (C.I)	نرخ سازگاری (C.R)
سازگاری بالا	۰/۵۱۴۲۰۷	۲/۷۳۰۱۴۴	۵/۳۰۹۴۲۶	۵/۱۵۰۵۰۵	۰/۰۳۷۶۲۶	۰/۰۳۳۵۹۵
سازگاری متوسط	۰/۲۵۵۳۰۵	۱/۳۳۹۸۸۸	۵/۲۴۸۱۸۴			
سازگاری کم	۰/۱۱۸۲۴۵	۰/۶۰۳۶۸۶	۵/۱۰۵۳۶۳			
ناسازگاری متوسط	۰/۰۷۵۶۹۴	۰/۳۸۱۳۰۶	۵/۰۳۷۴۹۲			
ناسازگاری بالا	۰/۰۳۶۵۴۹	۰/۱۸۴۶۴۶	۵/۰۵۲۰۵۸			

مسکونی با میزان سازگاری ۰/۱۱۸۲۴۵ کمترین سازگاری و کاربری مرتع با میزان سازگاری ۰/۲۵۵۳۰۵ بیشترین سازگاری را بین کاربری‌های فعلی موجود در این حوضه آبخیز دارند.

در این تحقیق هدف استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه و قابلیت‌های بالای ArcGIS در مدلسازی تناسب زمین برای توسعه شهری در حوضه آبخیز زیارت استان گلستان است. بدین منظور دو تکنیک SAW به دلیل سهولت استفاده و TOPSIS به دلیل کاربرد فراوان، از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه به عنوان نمونه انتخاب شده است. استفاده از این تکنیک‌ها همراه با بهره‌گیری از توانایی‌های بالای ArcGIS که می‌تواند حجم انبوهی از داده‌های مربوط به معیارهای ارزیابی را مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد، می‌تواند مناطق مناسب برای توسعه اراضی مسکونی در سطح این حوضه را با توجه به معیارهای ارزیابی مورد نظر در این تحقیق شناسایی کند.

جدول ٤: مقدار سازگاری کاربری‌ها موجود در حوضه آبخیز زیارت

کاربری فعلی	میزان سازگاری کاربری فعلی
جنگل با تاج پوشش انبوه	۰/۲۳۵۳۱۲
جنگل با تاج پوشش کم	۰/۲۲۰۲۱۰
مرتع	۰/۲۵۵۳۰۵
کشاورزی	۰/۲۱۱۲۷٤
اراضی مسکونی	۰/۱۱۸۲٤۵

تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه با ArcGIS چارچوب مناسبی را به منظور حل مسائل پیچیده‌ی تصمیم‌گیری فضایی فراهم می‌کند. در این تحقیق پس از تلفیق نقشه‌های معیار استاندارد شده وزنی با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه و ArcGIS، مناطق مستعد تناسب زمین برای توسعه شهری مشخص شده است. همانطور که مشخص است، روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه و ArcGIS مدلسازی تناسب زمین برای توسعه شهری را در این حوضه با توجه به نظرات کارشناسی و مبانی ریاضی انجام داده است. بهترین مکان‌هایی که با توجه به معیارهای ارزیابی و نظرات کارشناسی شرایط مناسبی را برای توسعه شهری دارند برای ما شناسایی کرده‌اند. هرچه تعداد معیارهای ارزیابی و نظرات کارشناسی بیشتری در امر تصمیم‌گیری دخالت داده شود نتایج به واقعیت نزدیکتر خواهد بود. همانطور که در جدول ٤ مشخص است کاربری اراضی مسکونی کمترین سازگاری را در بین کاربری‌های فعلی موجود در این حوضه آبخیز دارد و به عنوان کاربری ناسازگار در بین کابری‌های موجود در این حوضه شناخته شده است. بنابراین می‌توان گفت که توسعه اراضی مسکونی در این حوضه آبخیز که بیشترین سطح حوضه را اراضی طبیعی و جنگلی تشکیل می‌دهد به عنوان یک کاربری ناسازگار می‌باشد و باید روند افزایش این کاربری در این حوضه کاهش یابد.

در مدلسازی تناسب زمین برای توسعه شهری در حوضه آبخیز زیارت استان گلستان، با استفاده از تکنیک‌های SAW و TOPSIS همراه با بهره‌گیری از قابلیت‌های نرم‌افزار

ArcGIS 10.1، با وجود وابستگی‌های مکانی میان نقشه‌های معیار و اینکه نمی‌توان نقشه‌های معیار را مستقل از یکدیگر در نظر گرفت، بهترین روش در تلفیق معیارها و محاسبه میزان تناسب کاربری، استفاده از تکنیک TOPSIS است. این تکنیک غالباً در حل مسائل پیچیده تصمیم‌گیری فضایی که اغلب شامل وابستگی‌های متقابل بین معیارها هستند استفاده می‌گردد که با نتایج بختیاری‌فر و همکاران(۱۳۹۰) و نصیری(۱۳۸۸) همخوانی دارد. بنابراین می‌توان گفت تکنیک TOPSIS به همراه قابلیت‌های ArcGIS می‌تواند به عنوان یک روش مناسب برای مدلسازی تناسب زمین برای کاربری های مختلف مورد استفاده قرار گیرد. استفاده از تکنیک SAW و ArcGIS نیز بدلیل سهولت استفاده از آن کاربرد فراوانی در حل مسائل پیچیده تصمیم‌گیری فضایی و مدل‌سازی تناسب زمین برای توسعه شهری دارد ولی در این تکنیک معیارهای ارزیابی باید از همدیگر مستقل باشند و هیچ همبستگی بین معیارها وجود نداشته باشد که با نتایج نصیری(۱۳۸۸) همخوانی دارد.

کاربرد تکنیک TOPSIS و ArcGIS در مدلسازی تناسب زمین برای توسعه شهری توانمندی بسیاری دارند و زمانی که کنار هم استفاده می‌شوند، کاستی‌های همدیگر را از بین برده و در مدیریت و برنامه‌ریزی بهتر به مدیران و برنامه‌ریزان کمک خواهد کرد که با نتایج فاضل‌نیا و همکاران(۱۳۹۰) و غفاری گیلانده و همکاران (۱۳۹۳) مبنی بر توانمندی بالای استفاده از تکنیک TOPSIS و ArcGIS در اولویت‌بندی و پیدا کردن بهترین مکان‌های شهری همخوانی دارد. به کارگیری تکنیک TOPSIS همراه با قابلیت‌های بالای ArcGIS شرایطی را مهیا می‌کنند که بهترین واحد مکانی را که به طور همزمان کمترین فاصله را با واحد ایده‌آل مثبت و بیشترین فاصله را با واحد ایده‌آل منفی از بین معیارهای ارزیابی مورد نظر دارند برای ما شناسایی کرده و مناطق مناسب توسعه مناطق مسکونی شناسایی شوند. این مناطق می‌توانند به تصمیمات مدیریتی کمک کرده و در برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای مورد استفاده قرار بگیرند.

٤- نتیجه‌گیری

حوضه آبخیز زیارت استان گلستان در سال‌های اخیر بدون توجه به مسائل اکولوژیکی و توان سرزمین دستخوش تغییرات شدید کاربری اراضی قرار گرفته است. در این حوضه آبخیز بدون توجه به تناسب زمین، در مناطق نامناسب اقدام به ساخت و سازهای غیر اصولی شده است. بدین منظور در این تحقیق به تهیه مدلی مبتنی بر روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه و ArcGIS به منظور مدلسازی تناسب زمین برای توسعه شهری در حوضه آبخیز زیارت استان گلستان با توجه به مبانی ریاضی و مسائل اکولوژیکی پرداخته شده است.

همانطور که در نتایج مدلسازی تناسب زمین با استفاده از تکنیک‌های SAW و TOPSIS همراه با بهره‌گیری از قابلیت‌های نرم‌افزار ArcGIS 10.1 مشخص است وسعت کمی از این حوضه شرایط ایجاد مناطق شهری را دارا است و این مناطق نیز عمدتاً در مکان‌هایی که از نظر کارشناسان و با توجه به معیارهای ارزیابی مورد مطالعه در این تحقیق در موقعیت مناسب برای توسعه شهری قرار دارند، ایجاد شده است. با این وجود در شرایط کاربری فعلی این حوضه آبخیز وسعت مناطق مسکونی بیش از دو برابر وسعت اراضی است که از نتایج مدل‌سازی تناسب زمین بدست آمده است. همچنین مناطق مسکونی در شرایط کابری فعلی این حوضه در مکان‌های نامناسب از قبیل شیب‌های تند و در حریم رودخانه‌ها احداث شده‌اند که شرایط ایجاد کاربری مسکونی را دارا نمی باشد. در پایان می‌توان گفت تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه با ArcGIS ساده و انعطاف‌پذیر است به طوری که هر تعداد معیار می‌تواند در حل یک مسأله به کار گرفته شود. با این حال با توجه به توانمندی‌های بالای روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه و ArcGIS در مدل‌سازی تناسب زمین برای توسعه شهری هر چه قدر نظرات کارشناسی دقیق‌تر و داده‌ها و اطلاعات به روزتر باشند، به همان نسبت انتظار می‌رود که استفاده از این فنون و ابزار با نتایج مثبت برجسته‌تری همراه باشد.

۵- منابع و مآخذ

۱. آذر، ع. و رجب‌زاده، ع. (۱۳۸۹) تصمیم‌گیری کاربردی رویکردMADM. تهران، انتشارات نگاه دانش. ۲۳۰ص.

۲. اصغرپور، م. (۱۳۸۵) تصمیم‌گیری‌های چند معیاره. تهران، انتشارات دانشگاه تهران. ۳۹۹ص.

۳. بختیاری‌فر، م. مسگری، م. کریمی، م. و چهرقانی، ا. (۱۳۹۰) مدل‌سازی تغییر کاربری زمین با استفاده از روش‌های تصمیم گیری چند معیاره و GIS . محیط‌شناسی. سال سی و هفتم. شماره ۵۸. ص ۴۳-۵۲.

٤. پرهیزکار، ا. و غفاری‌گیلانده، ع. (۱۳۸۵). (ترجمه). مالچفسکی، ی. سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چندمعیاری، انتشارات سمت. ۵۹۷ ص.

۵. توفیق، ف. (۱۳۸٤) آمایش سرزمین، مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی ایران، ص ۸۰-۸۵.

٦. شاهرخ، و. ایوبی، ش. و جلالیان، ا.(۱۳۹۱) ارزیابی تناسب اراضی برای کشت گلخانه‌ای خیار در مقایسه با سایر کاربری‌های موجود در منطقه مبارکه و زرین شهر به کمک تکنیک فرایند تحلیل سلسه مراتبی. علوم و فنون کشت گلخانه‌ای. سال سوم. شماره نهم. ص ۱۳.

۷. شاهرخ، و. و ایوبی، ش. (۱۳۹۳) ارزیابی تناسب ارضی با استفاده از تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در منطقه زرین شهر و مبارکه (اصفهان). مجله علمی مهندسی زراعی. جلد ۳۷. شماره ۱. ص ١٦.

۸. شرکت مهندسین مشاور روان آب. (۱۳۸٤) طرح جامع جنگل‌کاری چند منظوره حوضه آبخیز زیارت. سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، اداره کل منابع طبیعی استان گلستان، ۱۰۹ ص.

۹. صدوق، م. (۱۳۸۰) توسعه و توسعه پایدار، فصلنامه محیط زیست، شماره ۳٦. ص ۱۳-۱٤.

۱۰.عدیلی، ا. علی‌محمدی، ع و طالعی، م. (۱۳۸٦) ارزیابی تناسب کاربری زمین شهری: تصمیم‌سازی مکانی-گروهی بر مبنای GIS، مجموعه مقالات همایش ژئوماتیک، سازمان نقشه برداری کشور، ص ۱۱.

۱۱.غفاری گیلانده، ع. کاملی فر، ز و یزدانی، م. (۱۳۹۳) اولویت بندی تناسب اراضی در فرایند مکان‌گزینی فضای سبز شهری با استفاده از فنون تحلیل چند معیاره مطالعه موردی: منطقه یک شهرداری تبریز، نشریه تحقیقات کاربری علوم جغرافیایی، سال چهاردهم، شماره ۳۲، ص ۲۰.

۱۲.غفاری، ر. و شفقی، س.(۱۳۸۹) ارزیابی سازگاری کاربری اراضی شهری با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چند معیاره فازی. مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای. سال اول، شماره چهارم.ص ۵۹-۷۶.

۱۳.فاضل‌نیا، غ. کیانی، ا و محمودیان، ح. (۱۳۹۰) مکانیابی و اولویت‌بندی پارک‌های شهری با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبیTOPSIS و سیستم اطلاعات جغرافیایی، پژوهش های جغرافیای انسانی، شماره ۷۸،ص ۱۳۷-۱۵۲.

١٤.فتاحی، م. و آقاجانی، ح. (۱۳۹۱) الگوهای توسعه مجتمع‌های مسکونی با روش تصمیم‌گیری چند معیاره (FuzzyAHP_OWA) مبتنی بر GIS مطالعه موردی: شهر مشهد. فصل نامه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری چشم‌انداز زاگرس. سال چهارم. شماره ۱۳. ص ۲۱.

۱۵.فلاح شمسی، ر. سبحانی، ه. سعید، ا. درویش صفت، ع. و فرجی دانا، ا. (۲۰۰٦) مکان یابی خودکار کاربری زمین با استفاده از ارزیابی چند عامله تناسب سرزمین مطالعه موردی: برنامه ریزی اقتصادی زمین در حوضه آبخیز کلیبرچای وسطی(ارسباران شمالی)، جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، شماره۵۹، ص ۱۰.

١٦.قربانی، ر. محمود زاده، ح و تقی پور، ع. (۱۳۹۲) تحلیل تناسب اراضی (LSA) برای توسعه شهری در محدوده مجموعه شهری تبریز با استفاده از روش تحلیل فرایند سلسله مراتبی. جغرافیا و آمایش شهری- منطقه‌ای، شماره ۸، ص ۱-۱٤.

۱۷.کنعانی، م. دیوسالار، ا. قدمی، م.(۱۳۹۰) پهنه‌بندی کاربری توسعه شهری بر اساس توان‌های اکولوژیک مطالعه موردی: استان مازندران. فصلنامه جغرافیا و آمایش سرزمین. سال اول. شماره اول. ص ١٦.

۱۸.مخدوم، م.(۱۳۸۹) شالوده آمایش سرزمین. تهران. انتشارات دانشگاه تهران.ص ۲۸۹.

۱۹.مزیدی، ا. و صفرزاده، م.(۱۳۹۰) شناسایی و رتبه-بندی عوامل مؤثر بر کاربری اراضی مسکونی با استفاده از تکنیک‌های MADM مطالعه‌ی موردی؛ شهر یاسوج. جغرافیا و توسعه. شماره ۲۱. ص ۸۱-۹۶.

۲۰.نصیری، ا. (۱۳۸۸) کاربرد تلفیق روش‌های تصمیم گیری چند معیاره مکانی(SMCDM) با GIS در کاربری اراضی شهری. همایش و نمایشگاه ژئوماتیک.

21. Juan, S.L., Jeronimo, T.S., Pedro, S.E., Socorro, G.C., 2013. Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations: Case study in south-eastern Spain, Renewable and Sustainable Energy Reviews 24, pp: 556-544.

22. Saaty, T., (1980) The Analytical Hierarchy Process, New York, McGraw-Hill.

23. Sharifi,M.A., M.V.,Herwijnen .2002. Spatial Decision Support Systems, Lecture Series, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC).

24. Taleai, M., A.Sharifi, R.Sliuzas and M.Mesgari. 2007. Evaluating the compatibility of multi-functional and intensive urban land uses, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Vol. 9 4)), pp: 391-375.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی