جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، شماره ۱۹، تابستان ۱۳۹۵
وصول مقاله : ۱۳۹۴/۵/۱۱
تأیید نهایی : ۱۳۹۵/۲/۲۳
صفحات : ۱۴۲ - ۱۲۳

مقایسهٔ کارایی روش‌های TOPSIS رستری و MOLA در آمایش سرزمین مورد شناسی: حوضهٔ آبخیز حبله‌رود

آزاده مهری [۱]، دکتر عبدالرسول سلمان ماهینی [۲]

چکیده

امروزه به دلیل وجود بحران‌های محیط زیستی حاصل از استفادهٔ غیر منطقی و تبدیل زمین، ارزیابی توان بوم‌شناختی و آمایش کاربری‌ها در سرزمین قبل از اجرای توسعه، امری ضروری است. روش‌های متفاوتی در جهان برای ارزیابی و آمایش سرزمین استفاده می‌شوند. روش‌های رتبه‌بندی براساس شباهت به راه حل ایده آل (TOPSIS) و تخصیص کاربری‌ها بر اساس اهداف چندگانه (MOLA)، از جمله روش‌های ارزیابی و آمایش چندمعیاره هستند. در این مقاله از روش‌های TOPSIS و MOLA برای آمایش رستری سرزمین در حوضهٔ حبله‌رود استفاده شده است. برای این منظور، از نقشه‌های توان بوم‌شناختی، اقتصادی و اجتماعی به عنوان معیار ارزیابی استفاده شد و کاربری‌های آبزی‌پروری، باغداری، توسعه و مرتعداری به عنوان گزینه‌های ارزیابی در نظر گرفته شدند. در ابتدا روش آنتروپی برای وزن‌دهی نقشه‌های توان استفاده شد. سپس، روش TOPSIS برای اولویت‌بندی کاربری‌ها در منطقه استفاده شد. روش‌های آنتروپی و TOPSIS هر دو به شکل رستری در نرم‌افزار ایدریسی اجرا شدند. در مرحلهٔ بعد به منظور مقایسهٔ نتایج، روش MOLA نیز در نرم‌افزار ایدریسی برای آمایش کاربری‌ها استفاده شد. نتایج حاصل از دو روش، مورد تحلیل و مقایسه قرار گرفت. همچنین، به منظور بررسی نحوهٔ چینش کاربری‌ها، پارامترهای سیمای سرزمین برای نقشه‌های آمایش نهایی به وسیلهٔ نرم‌افزار FRAGSTATS محاسبه شد. نتایج نشان داد روش‌های TOPSIS و MOLA هردو نقشه‌های آمایش مطلوبی را ارائه می‌کنند؛ اما نحوهٔ چینش کاربری‌ها در منطقه در آنها متفاوت است؛ به طوری که نتایج آنها تنها در ۵۷/۴۱ درصد مساحت منطقه با یکدیگر هم‌پوشانی دارند. تحلیل پارامترهای سیمای سرزمین نشان داد کاربری‌ها در روش TOPSIS دارای پیوستگی بیشتری هستند؛ در حالی‌که در روش MOLA کاربری‌ها در بعضی مناطق دارای پراکندگی هستند. هر دو روش مورد استفاده دارای نواقص و مزایایی هستند و یکی از مسائل مهم در مطالعات آمایش سرزمین ارائه راهکارهایی برای بهبود این روش‌ها و یا حتی استفاده از نتایج ترکیبی این مدل‌هاست.

کلید واژگان: TOPSIS، آنتروپی، MOLA، آمایش سرزمین.

۱- دانشجوی دکتری آمایش محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان az.mehri@yahoo.com
۲- دانشیار و عضو هیئت علمی گروه محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان (نویسنده مسؤول) rassoulmahiny@gmail.com

مقدمه

انسان امروزه با انبوهی از مشکلات محیط‌زیستی روبروست. تبدیل زمین، فرسایش، کویرزایی، جنگل‌زدایی و مسمومیت و آلودگی زمین‌ها که سلامت منابع طبیعی جهان را به مخاطره انداخته‌اند، در بیشتر موارد به واسطهٔ استفادهٔ غیر منطقی از زمین روی می‌دهند. تبدیل زمین از یک نوع استفاده به استفاده دیگر، میزان فرسایش را تا ۱۰۰۰ برابر روی کره زمین بالا برده است (مخدوم،۱۳۸۵: ۱۳). مشکلات محیط‌زیستی فراوان، گویای این واقعیت است که محیط‌زیست طبیعی توان بوم‌شناختی محدودی برای استفادهٔ انسان از آن دارد؛ بنابراین، برای انجام توسعهٔ در محیط‌زیست، پیش از برنامه‌ریزی برای استفاده از آن، باید به ارزیابی توان بوم‌شناختی آن در چارچوب یک برنامه‌ریزی منطقه‌ای پرداخت (همان: ۱۴). این تفکر مقدمه‌ای برای آمایش سرزمین شد. به طور کلی، آمایش سرزمین عبارت است از: تنظیم رابطهٔ انسان، سرزمین و فعالیت‌های انسان در سرزمین به منظور بهره‌برداری درخور و پایدار از جمیع امکانات انسانی و فضایی سرزمین در جهت بهبود وضعیت مادی و معنوی اجتماع در طول زمان (همان: ۱۶).

«آمایش» استفادهٔ بهینه و عقلانی و پی بردن به ارزش فضا به منظور کارکردهای مؤثر اقتصادی و اجتماعی است. هدف کلی آمایش سرزمین، سازماندهی فضا به منظور بهره‌وری مطلوب از سرزمین در چهارچوب منافع ملی است. در این تعریف اجزاء تشکیل‌دهندهٔ فضا، جمعیت، فعالیت‌های اقتصادی، اجتماعی و محیط است (پوراحمد،۱۳۸۰: ۴۸۰). در واقع آمایش سرزمین نوعی برنامه‌ریزی برای زمین است که به سرزمین به عنوان عامل اساسی و تعیین کننده در تأمین اهداف توسعه توجه دارد. با توجه به اینکه تأکید بر رشد اقتصادی موجب شده که برنامه‌ریزی اقتصادی صرفاً بر اساس تولید و مصرف ملی و بدون توجه به آثار کالبدی و محیط‌زیستی انواع فعالیت‌ها ارزیابی شود؛ اکنون باید توجه داشت که توزیع فضایی و جغرافیایی فعالیت‌های اقتصادی و معیارهای محیطی از مهمترین ارکان آمایشی است که بایستی در برنامه‌ریزی‌های فضایی- مکانی مورد توجه قرارگیرد (کارگروهمکاران،۱۳۹۱: ۹۲).

در بحث آمایش سرزمین، مقولهٔ فضا و تحلیل قانونمندی‌های حاکم بر شکل‌گیری آن کلیدی‌ترین نقش را در برنامه‌ریزی دارد از این رو، برنامه‌ریزی آمایش فضای توسعه، فرایند سازماندهی بهره‌برداری عقلایی از امکانات، منابع و استعدادهای فضای ملی و منطقه‌ای به منظور پیشرفت متعادل و موزون جامعه و اقدامی هدفمند است که آشفتگی فضایی و عدم تعادل‌های منطقه و سازمان‌دهی فضای ملی برای برنامه‌های توسعه را بدون رویارویی با مشکلات فضایی آینده قابل حصول نموده و بهره‌وری از سرزمین را بهینه می‌نماید (رضایی و خاوریان گرمسیر، ۱۳۹۳: ۳). به دنبال این طرز فکر، نظام آمایش سرزمین به وجود می‌آید و لزوم گستردگی فضایی و مکان‌یابی مناسب برای فعالیت‌ها و عملکردهای بشری شکل یک ضرورت حتمی به خود می‌گیرد (رضایی و خاوریان گرمسیر،۱۳۹۳: ۳).

آمایش سرزمین در ایران برای تنظیم ارتباط بین انسان، فضا و فعالیت‌های انسان در فضا انجام می‌شود و لذا تأکید خاصی بر دیدگاه فضایی (مکانی، جغرافیایی) در برنامه‌ریزی توسعه و تکامل ملی دارد. هدف و آرمان چنین دیدگاهی توزیع جمعیت و فعالیت‌های عمرانی در پهنهٔ سرزمین، اجرای استراتژی بهزیستی برای فرد و جامعه، استفادهٔ مطلوب از منابع طبیعی و نیروی انسانی در جهت کفایت اقتصادی و اجتماعی است (پوراحمد،۱۳۸۰: ۴۸۰). در کشور ایران با عنایت به رسمیت یافتن دفتر آمایش سرزمین و مطالعات جدی در این زمینه از سال ۱۳۵۳ تلاش شده است تا در زمینه‌های مختلف خلاءهای موجود اطلاعاتی و مطلاعاتی پر شود (خنیفر،۱۳۸۹: ۲۴). در مطالعات متعددی در مناطق مختلف کشور به آمایش سرزمین پرداخته شده است؛ برای نمونه، بیات و همکاران (۱۳۹۰) به برنامه‌ریزی کاربری اراضی و تهیهٔ نقشهٔ آمایش در حوضهٔ ماهیدشت کرمانشاه پرداختند. ابتدا با استفاده از از توابع موجود در GIS نقشهٔ طبقات ارتفاع،

شیب، جهت، خاک، تیپ و تراکم پوشش گیاهی به روش دوتایی باهم ترکیب شدند و واحدهای محیط‌زیستی تهیه گردید. سپس برای هر یک از واحدها، ارزیابی توان بوم‌شناختی برای کاربری‌های مختلف صورت گرفت. در مرحلهٔ آخر، نقشهٔ آمایش سرزمین با استفاده از اولویت‌بندی بین کاربری‌ها با روش کیفی قیاسی تولید شد (بیات و همکاران،۱۳۹۰: ۱۱۹). میردیلمی و همکاران (۱۳۹۰) نیز نقشهٔ آمایش سرزمین حوضهٔ آبخیز کچیک واقع در استان گلستان را بر اساس مدل سیستمی رایج در آمایش سرزمین و به روش دو ترکیبی تهیه کردند. ابتدا نقشهٔ واحدهای محیط‌زیستی بر اساس ترکیب نقشه‌های پایه اجرا گردید. سپس نقشهٔ توان کاربری‌ها بر اساس ارزیابی توان بوم‌شناختی در هر یک از واحدها تهیه شد. در نهایت نقشهٔ آمایش به روش کیفی قیاسی تعیین گردید (میردیلمی و همکاران،۱۳۹۰: ۶۵). بابایی و اونق (۱۳۸۵) برای آمایش حوضهٔ پشتکوه و دهداردرگاهی و مخدوم (۱۳۷۹) برای آمایش حوضهٔ جنگلی ارسباران نیز از روش‌های دو ترکیبی و کیفی قیاسی استفاده کردند. نجفی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۲) از دو روش سیستمی و تخصیص سرزمین چند فاکتوره برای تعیین توان اکولوژیک و آمایش سرزمین حوضه آبخیز چراغویس در جنوب شهرستان سقز استفاده نمودند. نتایج نشان داد نقشهٔ آمایش به دست آمده از روش تخصیص سرزمین چندفاکتوره از توانایی بهتری برای آمایش کاربری‌ها در آبخیز مورد مطالعه برخوردار بوده و نقش مؤثری در کاهش فرسایش و رسوب دارد (نجفی‌نژاد و همکاران،۱۳۹۲: ۱).

امروزه در کل جهان مسألهٔ آمایش سرزمین، به شکل وسیعی در مطالعات مختلف مورد بحث قرار گرفته است. آمایش سرزمین را به عنوان «تخصیص سرزمین به طبقات مختلف کاربری با توجه به معیارهای صورت‌بندی شده در طی فرآیند ارزیابی سرزمین» توصیف شده است (Riveria & Maseda, 2006: 165). انواع مختلفی از مدل‌های آمایش سرزمین از قبیل سیستم‌های خبره، مدل‌های ریاضی، مدل‌های شبیه‌سازی مکانی و ارزیابی چندمعیاره در جهان مورد استفاده قرار می‌گیرند. اولین کاربردهای ارزیابی چندمعیاره برای آمایش منطقه‌ای در GIS اجرا نشدند و تلاش آنها برای رتبه‌بندی گزینه‌های مختلف بود. ادغام روش‌های ارزیابی چندمعیاره در GIS امکان تبدیل این رتبه‌بندی‌ها را به نقشه‌های تخصیص کاربری سرزمین فراهم کرد (همان:۱۷۴). ترکیب کاربردهای روش‌های ارزیابی چندمعیاره و GIS به طور فراوان جهت دستیابی به نقشه‌های تناسب سرزمین یا انتخاب مکان‌هایی برای یک فعالیت خاص صورت گرفته است (همان:۱۷۲).

روش رتبه‌بندی بر اساس تشابه به راه حل ایده آل یا همان TOPSIS[1] یکی از روش‌های ارزیابی چند معیاره است که توسط هوانگ و یون (۱۹۸۱) ایجاد شد. در این روش گزینه‌ای مناسب است و اولویت بالاتری دارد که حداقل فاصله را نسبت به راه حل ایده آل مثبت و حداکثر فاصله را نسبت به راه حل ایده آل منفی داشته باشد (فرجی سبکبار و رضاعلی،۱۳۸۸: ۷۵). این روش در مطالعات مختلفی استفاده شده است؛ برای نمونه، نسترن و همکاران (۱۳۸۹) به تحلیل و اولویت‌بندی توسعهٔ پایدار مناطق شهری اصفهان با روش TOPSIS پرداختند. ابتدا ۲۱ شاخص مورد بررسی از طریق مدل آنتروپی شانون وزن‌دهی شدند و سپس TOPSIS به عنوان روش تصمیم‌گیری استفاده شد (نسترن و همکاران،۱۳۸۹: ۸۳). کنعانی و بابازاده (۱۳۹۰) به منظور تحلیل توسعهٔ صنعتی شهرستان آمل و ارزیابی توان بوم‌شناختی و پهنه‌بندی کاربری توسعهٔ صنعتی از روش TOPSIS استفاده کردند (کنعانی و بابازاده،۱۳۹۰: ۲۲). نوری و همکاران (۱۳۹۱) از روش TOPSIS برای اولویت‌بندی قطب‌های گردشگری استان کرمانشاه استفاده کردند. ابزار پژوهش پرسش‌نامه است که با استفاده از روش دلفی، ۱۰ شاخص برای مناطق نمونه ارزیابی و سپس با پیمایش داده‌های حاصل از پرسشنامه در روش TOPSIS، قطب‌های گردشگری

1 - Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

اولویت‌بندی شدند (نوری و همکاران،۱۳۹۱: ۷۵). فاضل‌نیا و همکاران (۱۳۹۰) مکان‌یابی و اولویت‌بندی پارک‌های شهری را با استفاده از روش TOPSIS و سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام دادند (فاضل‌نیا و همکاران،۱۳۹۰: ۱۳۷). Malczewski (1996) روش TOPSIS را به صورت رستری در نرم‌افزار ایدریسی برای مکان‌یابی تسهیلات خطرناک، مانند کارخانه‌های مواد شیمیایی و راکتورهای هسته‌ای، اجرا کرد. این روش برای یک کاربری اجرا گردید (Malczewski, 1996: 955).

روش تخصیص کاربری‌ها بر اساس اهداف چندگانه که به اختصار MOLA[1] نامیده می‌شود، یکی دیگر از روش‌های ارزیابی چندمعیاره است. به منظور بهینه‌سازی کاربری‌ها در آمایش سرزمین، Eastman (1995) یک رویه اکتشافی را بر پایه مفهوم نقطهٔ ایده‌آل پیشنهاد کرده و آن را در رویه (ماژول) MOLA در نرم‌افزار ایدریسی اجرا کردند (Riveria & Maseda, 2006: 173). فرایند MOLA برای حل مشکل تعارض کاربری‌ها طراحی شده است و راه حلی مناسب برای کل کاربری‌ها ارائه می‌نماید (سلمان ماهینی و کامیاب،۱۳۸۸: ۲۶۰). در مطالعه‌ای از کاربرد این روش، سلمان ماهینی و همکاران (۱۳۸۵) از روش MOLA برای زون‌بندی منطقهٔ حفاظت شدهٔ جهان‌نما استفاده کردند. در این پژوهش، ابتدا توسط روش ارزیابی چند متغیره و یا همان MCE[2] منابع پایدار بوم‌شناختی بررسی و نقشه‌های تناسب برای هر زون تهیه شدند. سپس با استفاده از MOLA نقشهٔ نهایی زون‌بندی در منطقه تهیه شد (سلمان ماهینی و همکاران، ۱۳۸۵: ۳). حجه فروش‌نیا و همکاران (۲۰۱۱) نیز از روش MCE و MOLA برای زون‌بندی پناه‌گاه حیات وحش قمیشلو استفاده کردند (Hajehforooshnia, 2011: 254). کبودی (۱۳۹۱) ارتقای روش MOLA در آمایش سرزمین بر مبنای ارزش‌های اقتصادی، اجتماعی و راهبردی را مورد بررسی قرار داد (کبودی،۱۳۹۱: ۱). روش‌های مورد استفاده بسته به هدف آمایش، تعریف مناسب‌ترین مناطق برای یک کاربری مجزا یا تخصیص بهینهٔ کاربری‌های متفاوت هستند. درحالی که اهداف روش TOPSIS در طبقهٔ اول قرار می‌گیرد، MOLA برای انتخاب کاربری بهینه برای هر واحد مکانی طراحی شد (Riveria & Maseda, 2006: 174). در این پژوهش از روش‌های TOPSIS و آنتروپی برای آمایش کاربری‌های استفاده شده است. روش TOPSIS اغلب برای تعیین اولویت بین چند گزینه و بر پایهٔ وکتور مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در بررسی روش‌های بهینهٔ تخصیص کاربری به سرزمین مشخص می‌شود، انواع گوناگونی در این زمینه وجود دارند که هریک نقاط قوّت و ضعف خاصی دارند و برای استفاده در محیط‌های غیر نقشه‌ای یا نقش‌ای و وکتوری یا رستری مناسب هستند. برای روشن شدن این موضوع که آیا می‌توان از روش TOPSIS رستری نیز برای تخصیص بهینهٔ سرزمین به کاربری‌ها استفاده کرد، این پژوهش انجام شده است. در این صورت، هدف اصلی این پژوهش مقایسهٔ کارآیی روش‌های TOPSIS رستری و MOLA در آمایش سرزمین و شناخت نواقص و مزایای آنها نسبت به یکدیگر است. در این پژوهش کاربرد این روش بر پایهٔ نقشه‌های رستری و در محیط نرم‌افزار ایدریسی بررسی شده است. همچنین، به منظور مقایسهٔ نتایج روش MOLA در نرم‌افزار ایدریسی اجرا شد.

محدودهٔ مورد مطالعه

حوضهٔ آبخیز حبله‌رود در استان‌های تهران و سمنان قرار دارد. این آبخیز با متوسط سالانه نزولات جوی حدود ۲۱۰/۶۳ میلی‌متر در سال و متوسط دمای سالانه ۱۳/۴۷ درجه، از جمله حوضه‌های خشک و نیمه خشک کشور شمرده می‌شود. پوشش گیاهی منطقه عمدتاً از مراتع با تیپ‌های مختلف و در مواردی نیز درختزارهای ارس و گونه‌های همراه تشکیل شده است. این محدوده به لحاظ جغرافیایی در منطقه‌ای

1 - Multi-Objective Land Allocation
2 -Multi-Criteria Evaluation

قرار گرفته است که از نظر زیستگاهی دارای غنای قابل توجهی است. دامنهٔ ارتفاعی حدود ۷۴۰ تا ۴۰۵۳ متر، میزان بارندگی سالیانه ۱۴۰ تا ۵۹۱ میلی‌متر، میانگین دمای سالیانه ۲ تا ۱۹ درجه سانتی‌گراد و وجود اکوسیستم‌های رودخانه‌ای، کوهستانی و کوهپایه‌ای (در اراضی شمالی) و اکوسیستم خشک و بیابانی (در اراضی جنوبی) سبب می‌شوند، منطقه به لحاظ پرندگان و پستانداران دارای تنوع قابل توجهی باشد. این آبخیز با مرز مناطق حفاظت شده کویر و جاجرود و پارک ملی کویر تلاقی دارد. حوضهٔ آبخیز حبله‌رود به ۱۸ زیرحوضه تقسیم شده است. پژوهش حاضر در زیرحوضهٔ شماره یک (گرمسار) حوضهٔ حبله‌رود اجرا شده است. بر مبنای اولویت‌های در نظرگرفته شده در تعیین زیرحوضه پایلوت، این زیر حوضه دارای بیشترین اولویت بوده است (سلمان ماهینی و همکاران،۱۳۹۲: ۳۵-۹۷). موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه در حوضهٔ آبخیز حبله‌رود در شکل ۱ ارائه شده است.

شکل ۱: موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه

منبع: نگارندگان

جمع‌آوری داده‌ها

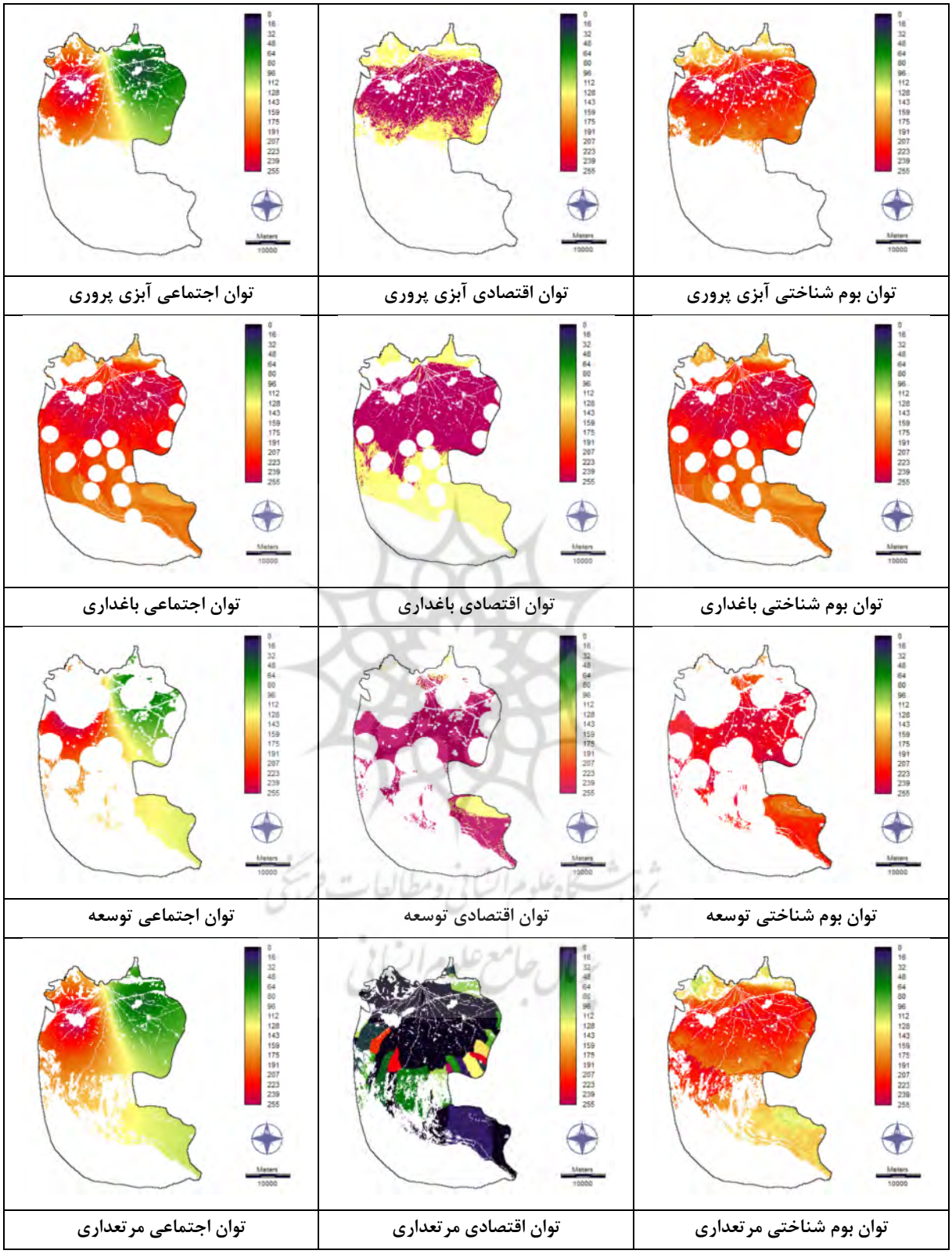
کاربری‌های مورد استفاده در آمایش شامل آبزی‌پروری، باغداری، توسعه و مرتعداری هستند. آمایش کاربری‌ها در سرزمین بر اساس توان بوم‌شناختی، اقتصادی و اجتماعی کاربری‌ها در منطقه است. در حقیقت، کاربری‌های مورد نظر به عنوان گزینه‌هایی درنظر گرفته شده‌اند که براساس سه معیار توان بوم‌شناختی، اقتصادی و اجتمای برای هر پیکسل منطقه اولویت‌بندی شده‌اند. نقشه‌های توان برای کاربری‌های مذکور به واسطهٔ طرح ارزیابی توان و آمایش سرزمین حبله‌رود، از قبل در دسترس هستند. این نقشه‌ها براساس روش WLC در نرم‌افزار ایدریسی تهیه شده‌اند[1]. تمام نقشه‌ها در مقیاس صفر تا ۲۵۵ استاندارد هستند و با افزایش ارزش‌ها مطلوبیت منطقه برای کاربری افزایش می‌یابد (سلمان ماهینی و همکاران،۱۳۹۲: ۲۰۹). نقشه‌های توان در شکل ۲ ارائه شده است.

مواد و روش‌ها

روش آنتروپی

آنتروپی، مفهوم عمده ای در علوم فیزیکی، علوم اجتماعی و نظریهٔ اطلاعات به شمار می‌آید؛ به طوری که نشان‌دهندهٔ مقدار عدم اطمینان موجود از محتوای مورد انتظار اطلاعاتی از یک پیام است. به عبارتی دیگر، آنتروپی در نظریهٔ اطلاعات، معیاری است برای مقدار عدم اطمینان بیان شده به وسیلهٔ توزیع احتمال گسسته (p_i) به طوری که این عدم اطمینان، در صورت پخش بودن توزیع، بیشتر از مواردی است که توزیع فراوانی باریک‌تر باشد (فرجی سبکبار و رضاعلی،۱۳۸۸: ۷۷). در این مقاله، از روش آنتروپی برای وزن‌دهی هریک از معیارها یا نقشه‌های توان استفاده شده است. این روش به کمک رویهٔ Marco Modeler در نرم‌افزار ایدریسی اجرا شد. این مدل‌ها به صورت خلاصه در جدول ۱ ارائه شده‌اند. اجرای روش آنتروپی نیازمند استفاده از رویه‌های متعدد است. این مدل برای اولین بار با صرف ۵ تا ۶ ساعت زمان و بعد از چند بار اصلاح و اجرای مجدد تهیه شد؛ اما پس از ساختن این مدل، هر بار با انتخاب دکمهٔ اجرای مدل نهایی، تمامی مراحل و زیرمدل ها به طور خودکار اجرا خواهند شد. به این ترتیب، می‌توان در صورت تغییر نقشه های اولیه، آنتروپی را مجدداً به سرعت اجرا کرد. زمان اجرای مدل حدود ۱ دقیقه است. قابل ذکر است که این مدل در حقیقت روش آنتروپی را برای هریک از پیکسل‌های منطقه اجرا می‌کند.

۱ - خوانندگان محترم می‌توانند برای اطلاع بیشتر از جزئیات روش تهیه نقشه-ها به سلمان ماهینی و همکاران (۱۳۹۲) مراجعه کنند.



شکل ۲: نقشه‌های اولیهٔ مورد استفاده برای آمایش کاربری‌ها

منبع: (سلمان ماهینی و همکاران،۱۳۹۲: ۲۰۹)

جدول ۱: مدل آنتروپی تهیه شده در رویهٔ Marco Modeler در نرم‌افزار ایدریسی

لایه‌های ورودی	رویه	لایه خروجی
زیرمدل D_mce		
Mce_abzi, Mce_bagh, Mce_develop, Mce_range	Add	add
Mce_abzi, add	Divide	Mce_abzi_p
Mce_ bagh, add	Divide	Mce_bagh_p
Mce_ develop, add	Divide	Mce_develop_p
Mce_ range, add	Divide	Mce_range_p
Mce_abzi_p	Transform(Ln)	Mce_abzi_ln
Mce_bagh_p	Transform(Ln)	Mce_bagh_ln
Mce_develop_p	Transform(Ln)	Mce_develop_ln
Mce_range_p	Transform(Ln)	Mce_range_ln
Mce_abzi_p, Mce_abzi_ln	Multiply	Mce_abzi_lnp
Mce_bagh_p, Mce_bagh_ln	Multiply	Mce_bagh_lnp
Mce_develop_p, Mce_develop_ln	Multiply	Mce_develop_lnp
Mce_range _p, Mce_range_ln	Multiply	Mce range_lnp
Mce_abzi_lnp, Mce_bagh_lnp, Mce_develop_lnp, Mce range_lnp	Add	Add_lnp
Add_lnp	Scalar (×0.7213)	E_mce
E_mce, marz	Overlay	D_mce
مدل نهایی آنتروپی		
Mce_abzi, Mce_bagh, Mce_develop, Mce_range, marz	زیرمدل D_mce	D_mce
Economic _abzi, Economic _bagh, Economic _develop, Economic _range, marz	زیرمدل D_mce	D_ economic
Social _abzi, Social _bagh, Social _develop, Social _range, marz	زیرمدل D_mce	D_ Social
D_mce, D_ economic, D_ Social	Add	add
D_mce, add	Divide	W_mce
D_ economic, add	Divide	W_ economic
D_ Social, add	Divide	W_ Social

منبع: نگارندگان

روش TOPSIS

هوانگ و یون (۱۹۸۱) فن رتبه‌بندی براساس شباهت به راه حل ایده آل را براساس این مفهوم ایجاد کردند که در آن گزینه‌هایی مناسب‌اند و اولویت بالاتری دارند که حداقل فاصله را نسبت به راه حل ایده آل مثبت و دورترین فاصله را نسبت به را ه حل ایده آل منفی داشته باشند. معمولاً این روش را می‌توان برای وضعیت‌های گسسته که تعداد گزینه‌ها محدود و مشخص‌اند، به کار برد. معمولاً چند گزینه و تعدادی معیار وجود دارد که بر اساس آن راه حل ایده آل مثبت و منفی شناسایی می‌شوند. مقادیر به دست آمده همیشه بین صفر و یک است (فرجی سبکبار و رضاعلی،۱۳۸۸: ۷۶).

در این مقاله، از روش TOPSIS برای اولویت‌بندی گزینه‌ها یا کاربری‌ها در سطح منطقه استفاده شده است. در این روش برای هر پیکسل منطقه براساس نقشه‌های توان و نقشه‌های وزن آنها، کاربری‌ها تعیین اولویت می‌شوند. این روش به کمک رویه Marco Modeler در نرم‌افزار ایدریسی اجرا شد. ساخت این مدل نیازمند یک مدل اصلی و چهار زیر مدل است که در جدول ۲ به صورت خلاصه ارائه شده است. اجرای روش TOPSIS نیازمند استفاده از رویه‌های متعدد است. این مدل به دلیل بیشتر بودن مراحل روش TOPSIS، از مدل آنتروپی پیچیده‌تر است. این مدل‌ها و زیر مدل‌ها بعد از صرف زمان بسیار و خطایابی، اصلاح و اجرای مکرر تهیه شده‌اند. با این حال، همانند مدل آنتروپی با ساختن این مدل، هر بار با انتخاب دکمهٔ اجرای مدل اول، تمامی مراحل و زیرمدل‌ها به طور خودکار اجرا خواهند شد. به این ترتیب می‌توان در صورت تغییر نقشه‌های اولیه، مدل را مجدداً به

سرعت اجرا کرد. زمان اجرای مدل حدود ۳ دقیقه است. قابل ذکر است که این مدل در حقیقت روش TOPSIS را برای هریک از پیکسل‌های منطقه اجرا می‌کند. در مرحلهٔ بعد باید بین چهار نقشهٔ حاصل از TOPSIS، برای هر پیکسل بین کاربری‌ها تعیین اولویت شود. این کار با اجرای مکرر رویه‌های Maximum، Scalar و Reclass صورت گرفت. در مرحلهٔ بعد، باید از میان نقشه‌های اولویت‌بندی، بهترین چینش ممکن کاربری‌ها را در منطقه به صورت یک نقشهٔ واحد ارائه کرد. برای این کار ابتدا مساحت مورد نیاز برای هر کاربری در منطقه تعیین شد. منطقهٔ مورد نیاز برای هر کاربری در ابتدا از اولویت اول کاربری برداشته شد و سپس در صورت نیاز از اولویت‌های بعدی بخش هایی انتخاب شد. برای این کار از روش شایستگی ناحیه‌ای سرزمین استفاده شد. برای این روش نقشه‌های حاصل از TOPSIS برای هر کاربری، بر مبنای حداقل مساحت مورد نیاز و آستانهٔ مطلوبیت تحلیل شدند.

جدول ۲ : مدل TOPSIS تهیه شده در رویهٔ Marco Modeler در نرم‌افزار ایدریسی

لایه‌های ورودی	رویه	لایه‌های خروجی
زیرمدل Stage1		
Mce_abzi	Scalar (^2)	Mce_abzi_power
Mce_ bagh	Scalar (^2)	Mce_bagh_power
Mce_ develop	Scalar (^2)	Mce_develop_power
Mce_ range	Scalar (^2)	Mce_range_power
Mce_abzi_power, Mce_bagh_power, Mce_develop_power, Mce_range_power	Add	Mce_sum
Mce_sum	Scalar (^1/2)	Mce_sum_power
Mce_abzi, Mce_sum_power	Divide	Mce_abzi_stage1
Mce_bagh, Mce_sum_power	Divide	Mce_bagh_stage1
Mce_develop, Mce_sum_power	Divide	Mce_develop_stage1
Mce_range, Mce_sum_power	Divide	Mce_range_stage1
Mce_abzi_stage1, W_mce	Multiply	Mce_abzi_stage1w
Mce_bagh_stage1, W_mce	Multiply	Mce_bagh_stage1w
Mce_develop_stage1, W_mce	Multiply	Mce_develop_stage1w
Mce_range_stage1, W_mce	Multiply	Mce range_stage1w
Mce_abzi_stage1w, Mce_bagh_stage1w, Mce_develop_stage1w, Mce range_stage1w	Max	Mce_stage1_max
Mce_abzi_stage1w, Mce_stage1_max	Subtract	Mce_abzi_stage2
Mce_bagh_stage1w, Mce_stage1_max	Subtract	Mce_bagh_stage2
Mce_develop_stage1w, Mce_stage1_max	Subtract	Mce_develop_stage2
Mce_rangei_stage1w, Mce_stage1_max	Subtract	Mce_range_stage2
Mce_abzi_stage2	Scalar (^2)	Mce_abzi_stage2_power
Mce_bagh_stage2	Scalar (^2)	Mce_bagh_stage2_power
Mce_develop_stage2	Scalar (^2)	Mce_develop_stage2_power
Mce_range_stage2	Scalar (^2)	Mce_range_stage2_power
زیرمدل Stage2		
Mce_abzi, Mce_bagh, Mce_develop, Mce_range, w_mce	Stage1 زیرمدل	Mce_abzi_stage2_power, Mce_bagh_stage2_power, Mce_develop_stage2_power, Mce_range_stage2_power
Economic _abzi, Economic _bagh, Economic _develop, Economic _range, w_economic	Stage1 زیرمدل	Economic_abzi_stage2_power, Economic_bagh_stage2_power, Economic_develop_stage2_power, Economic_range_stage2_power

Social _abzi, Social _bagh, Social _develop, Social _range, w_social	Stage1 زیرمدل	Social _abzi_stage2_power, Social_bagh_stage2_power, Social_develop_stage2_power, Social_range_stage2_power
Mce_abzi_stage2_power, Economic_abzi_stage2_power, Social _abzi_stage2_power	Add	Total_abzi
Mce_bagh_stage2_power, Economic_bagh_stage2_power, Social _bagh_stage2_power	Add	Total_bagh
Mce_develop_stage2_power,Economic_develop_stage2_power, Social _develop_stage2_power	Add	Total_develop
Mce_range_stage2_power, Economic_range_stage2_power, Social _range_stage2_power	Add	Total_range
Total_abzi	Scalar (^1/2)	Ideal_abzi
Total_bagh	Scalar (^1/2)	Ideal_bagh
Total_develop	Scalar (^1/2)	Ideal_develop
Total_range	Scalar (^1/2)	Ideal_range
مدل نهایی TOPSIS		
Mce_abzi, Mce_bagh, Mce_develop,Mce_range, w_mce, Economic _abzi, Economic _bagh, Economic _develop, Economic _range, w_economic, Social _abzi, Social _bagh, Social _develop, Social _range, w_social	Stage2 زیرمدل	Ideal_abzi, Ideal_bagh, Ideal_develop, Ideal_range
	Stage4 زیرمدل*	nideal_abzi, nideal_bagh, nideal_develop, nideal_range
Ideal_abzi, nideal_abzi	Add	Topsis_abzi
Ideal_bagh, nideal_bagh	Add	Topsis_bagh
Ideal_develop, nideal_develop	Add	Topsis_develop
Ideal_range, nideal_range	Add	Topsis_range
nideal_abzi, Topsis_abzi	Divide	Topsis_abzi_final
nideal_bagh, Topsis_bagh	Divide	Topsis_bagh_final
nideal_develop, Topsis_develop	Divide	Topsis_develop_final
nideal_range, Topsis_range	Divide	Topsis_range_final

*زیر مدل Stage4 مانند زیر مدل Stage2 تهیه شده است. دراین زیر مدل، یک زیر مدل به نام Stage3 قرار دارد که مانند زیر مدل Stage1 ساخته می‌شود، با این تفاوت که در آن به جای رویهٔ Max از رویهٔ Min استفاده شده است.

منبع: نگارندگان

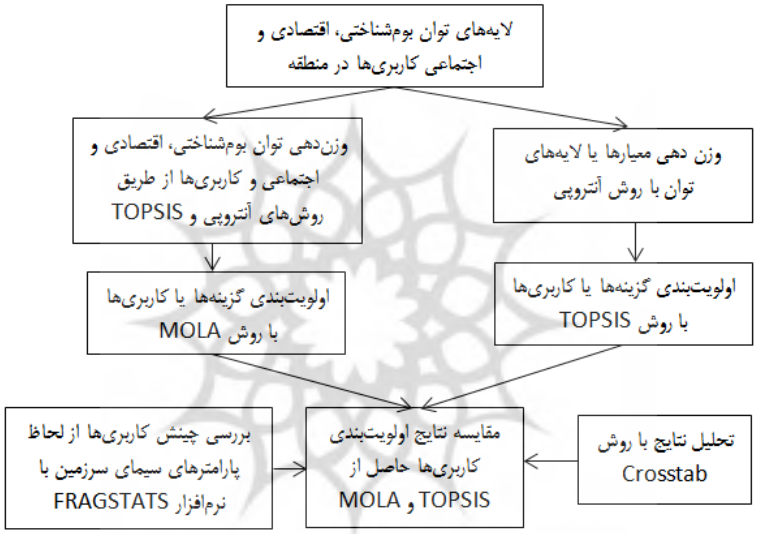
روش MOLA

اساس روش MOLA انتخاب زون‌هایی است که بیشترین ارزش‌ها را برای هر پهنه داشته و در ضمن از حداقل مساحت مورد نظر نیز برخوردار باشند؛ بنابراین، در این کار نوعی مقایسهٔ چند جانبه و همزمان با در نظر گرفتن پارامترهایی مثل اندازهٔ منطقه، یکپارچگی و جانمایی در سطح کل منطقه صورت می‌گیرد. در فرایند انتخاب کاربری‌ها به روش MOLA، بر اساس وزن‌ها و مساحت دلخواه داده شده، ترکیبات مختلف بارها و بارها تکرار می‌شوند تا در نهایت شروط مورد نظر را تأمین کنند و نتایجی به دست آید که بهترین شرایط را دارا باشد. بر اساس این روش، کاربری‌های ناسازگار تشخیص داده شده و از میان آنها بهترین انتخاب می‌شود (سلمان ماهینی و همکاران،۱۳۹۲: ۲۹۱).

در این مقاله به منظور مقایسهٔ نتایج، روش MOLA در نرم‌افزار ایدریسی برای اولویت‌بندی و بهگزینی کاربری‌ها اجرا شد. روش MOLA به یک نقشهٔ مطلوبیت برای هر کاربری نیاز دارد. به این منظور نقشه‌های توان بوم‌شناختی، اقتصادی و اجتماعی برای هر کاربری با یکدیگر ترکیب شدند. این کار نیازمند تعیین وزن مشخص برای هریک از نقشه‌های توان است. همچنین، روش MOLA نیاز به وزن مشخص برای هر کاربری دارد. وزن‌دهی نقشه‌های توان و وزن‌های کاربری‌ها به ترتیب از طریق روش‌های آنتروپی و TOPSIS صورت گرفت. در ابتدا میانگین

نقشه‌های توان در کل منطقه محاسبه شد. سپس، روش‌های TOPSIS و آنتروپی در محیط اکسل اجرا شدند. وزن‌های حاصل از TOPSIS نیز برای استفاده در MOLA بر پایهٔ مجموع یک استاندارد شدند. وزن‌های نقشه‌های توان بوم‌شناختی، اقتصادی و اجتماعی به ترتیب برابر ۰/۴۷، ۰/۱۹ و ۰/۳۴ به دست آمد. وزن‌های هر یک از کاربری‌های آبزی‌پروری، باغداری، توسعه و مرتعداری به ترتیب برابر ۰/۲۵، ۰/۴۳، ۰/۱۷ و ۰/۱۵ تعیین شدند. مساحت‌های مورد نیاز برای اجرای MOLA نیز مشابه با روش TOPSIS تعیین شد.

برای اجرای MOLA نیاز است، سلول‌های نقشهٔ مطلوبیت از لحاظ اهمیت رتبه‌بندی شوند. در این مطالعه سلول‌های نقشه‌های مطلوبیت با استفاده از رویهٔ RANK رتبه‌بندی شدند. در نهایت، نتایج حاصل از TOPSIS و MOLA از لحاظ مطلوبیت توان کاربری‌ها، چینش کاربری‌ها از لحاظ پارامترهای سیمای سرزمین و الگوی مکانی با استفاده از رویه Crosstab در نرم‌افزار ایدریسی و نرم‌افزار FRAGSTATS مورد بررسی قرار گرفت. نمودار جریانی کار در شکل ۳ ارائه شده است.

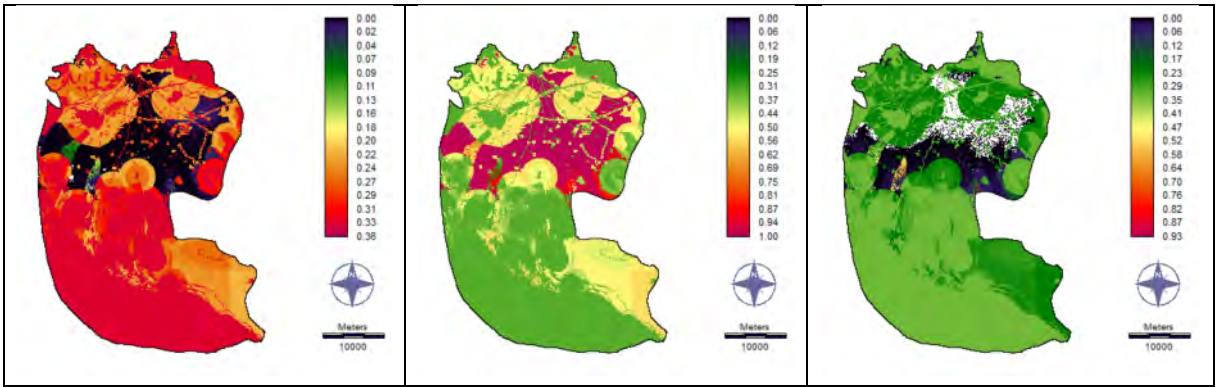


شکل ۳: نمودار جریانی انجام پژوهش

منبع: نگارندگان

یافته‌های تحقیق

نتایج حاصل از روش آنتروپی در شکل ۴ ارائه شده است. همان‌گونه که در شکل نشان داده شده است، نتیجهٔ این روش سه نقشه است که هریک اهمیت یا وزن توان بوم‌شناختی، اقتصادی و اجتماعی را در منطقه نشان می‌دهند. این نقشه‌ها در مرحلهٔ بعد به عنوان وزن معیارها در روش TOPSIS استفاده می‌شوند.

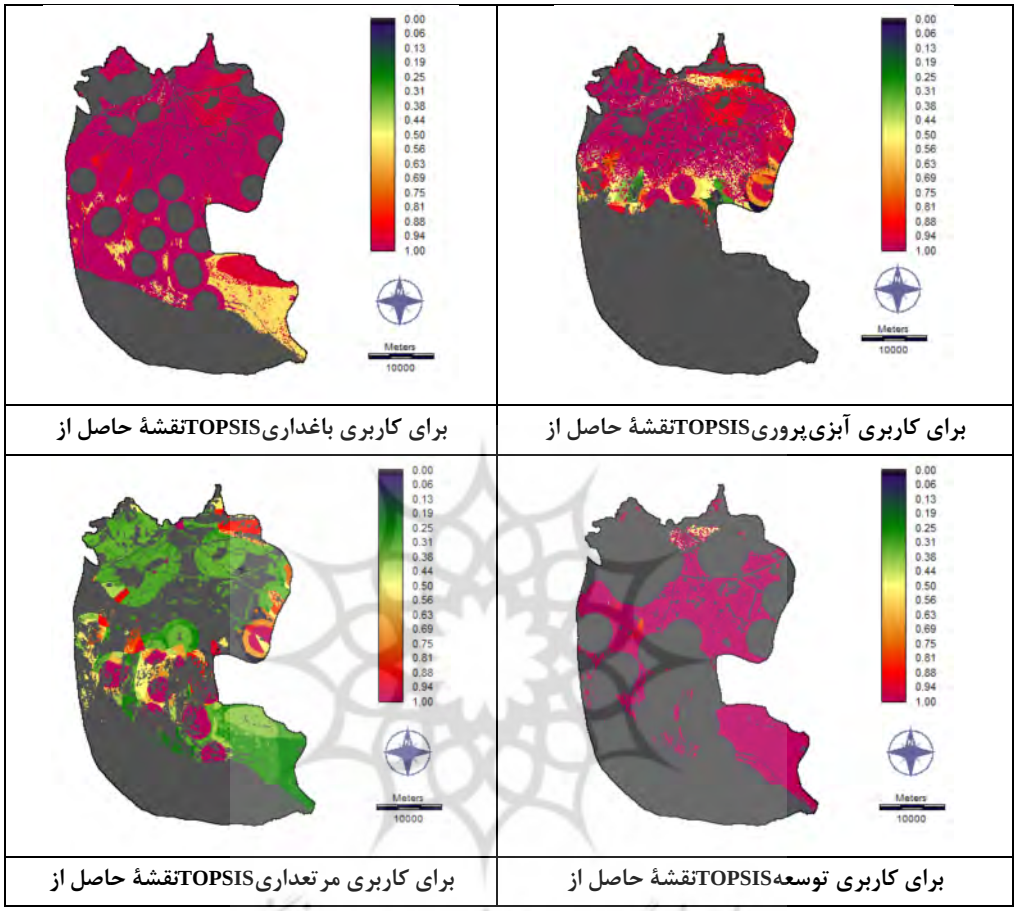


نقشهٔ وزن توان بوم‌شناختی در منطقه	نقشهٔ وزن توان اقتصادی در منطقه	نقشهٔ وزن توان اجتماعی در منطقه

شکل ۴ : وزن‌های تعیین شده توسط روش آنتروپی

منبع: نگارندگان

شکل ۵ نتایج اولیه حاصل از اجـرای TOPSIS را نشـان می‌دهد. نتیجه این روش چهار نقشه است کـه اولویـت هـر کـاربری را در منطقـه بـا توجـه بـه وجـود سـایر کاربری‌هـا تعیـین مـی‌کنـد. در هـر نقشـه، ارزش هـر پیکسل اهمیت آن کاربری را در مقایسه با پیکسل هـم موقعیت خود در سایر نقشه‌ها نشان می‌دهد.



برای کاربری آبزی‌پروریTOPSISنقشهٔ حاصل از | برای کاربری باغداریTOPSISنقشهٔ حاصل از

برای کاربری توسعهTOPSISنقشهٔ حاصل از | برای کاربری مرتعداریTOPSISنقشهٔ حاصل از

شکل ۵ : نتایج اولیهٔ حاصل از روش TOPSIS

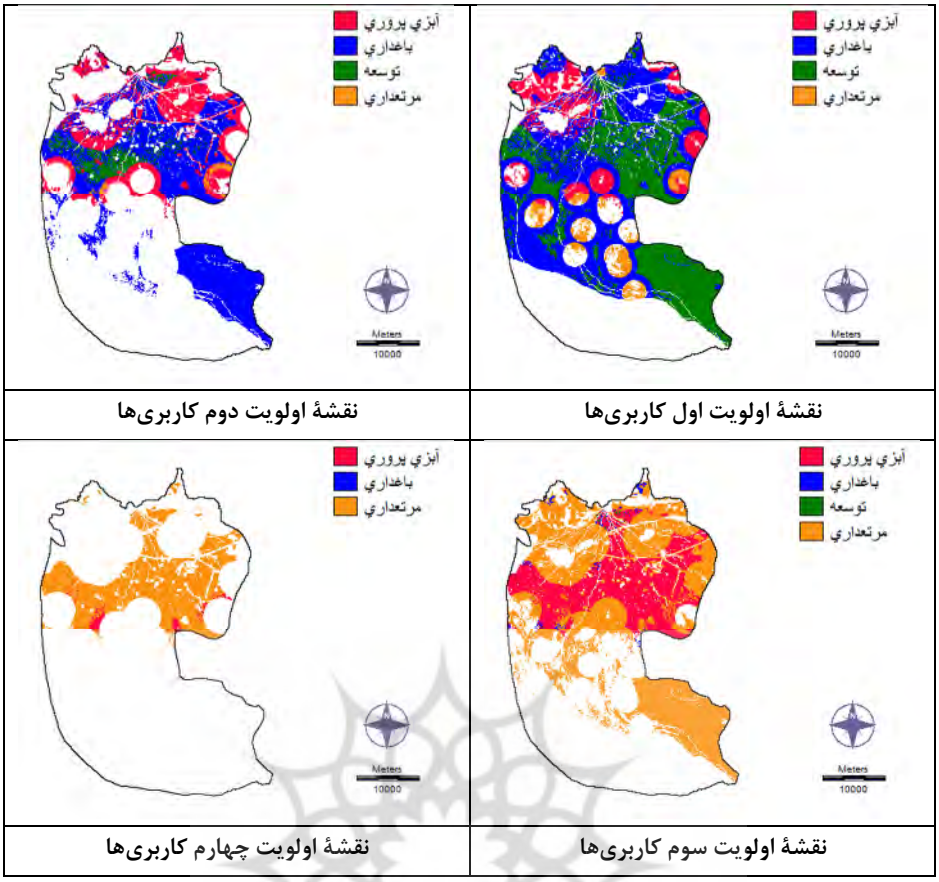
منبع: نگارندگان

در مرحلهٔ بعد بین این چهار نقشه بـرای هـر پیکسـل بـرای کـاربری‌هـا تعیـین اولویـت شـد. نقشـه‌هـای کـاربری‌هـای مناسـب در اولویـت اول تـا چهـارم و همچنین اولویت‌بندی برای هریک از کاربری‌ها به طـور جداگانه در شکل‌های ۶ و ۷ ارائه شده اسـت. مسـاحت کاربری‌ها در اولویت‌هـای اول تـا چهـارم در جـدول ۳ ارائه شده است.

جدول۳ : مساحت کاربری‌ها در اولویت‌های مختلف در روش TOPSIS (واحد هکتار)

کاربری	اولویت اول	اولویت دوم	اولویت سوم	اولویت چهارم
آبزی‌پروری	۱۱۱۴۸/۰۳	۱۷۷۵۳/۷۱	۲۳۲۴۷/۴۰	۱۰۳۴/۹۴
باغداری	۴۱۶۴۹/۳۱	۳۴۷۵۵/۷۱	۷۴۳/۳۳	۱/۱۷
توسعه	۳۳۲۱۳/۳۳	۴۷۶۳/۳۲	۱۳۱/۴۰	۰/۰۰
مرتعداری	۵۳۳۲/۳۱	۱۰۳۴/۹۴	۴۷۱۹۷/۴۵	۲۳۰۷۸/۹۱

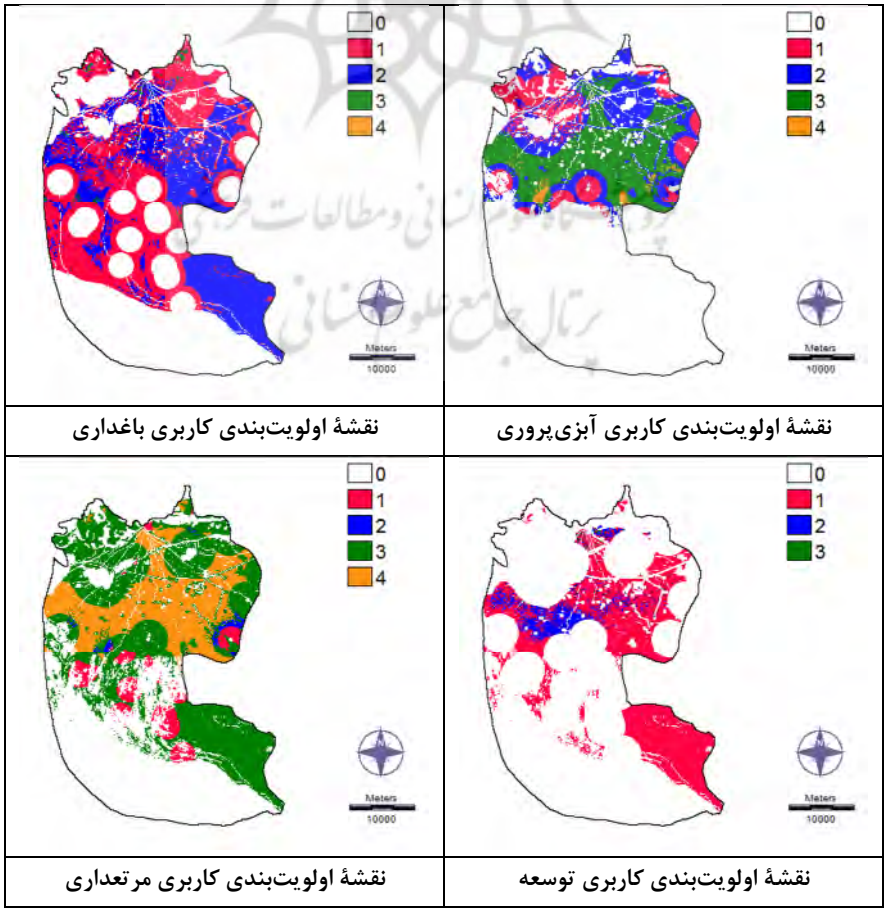
منبع: نگارندگان



نقشهٔ اولویت اول کاربری‌ها | نقشهٔ اولویت دوم کاربری‌ها

نقشهٔ اولویت سوم کاربری‌ها | نقشهٔ اولویت چهارم کاربری‌ها

شکل ۶ :نقشه‌های کاربری‌های مناسب در اولویت اول تا چهارم با روش TOPSIS منبع: نگارندگان

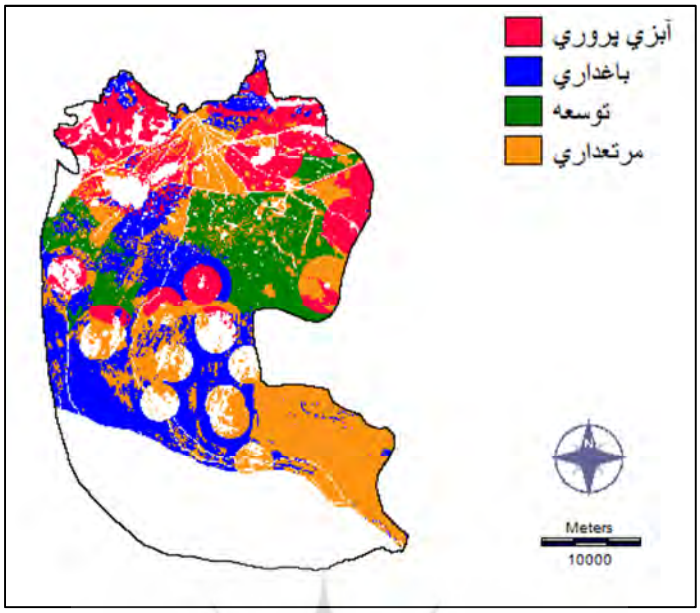


نقشهٔ اولویت‌بندی کاربری آبزی‌پروری | نقشهٔ اولویت‌بندی کاربری باغداری

نقشهٔ اولویت‌بندی کاربری توسعه | نقشهٔ اولویت‌بندی کاربری مرتعداری

شکل ۷: نقشه‌های اولویت‌بندی کاربری‌های در منطقه با روش TOPSIS منبع: نگارندگان

نقشهٔ نهایی چینش کاربری‌ها در شکل ۸ ارائه شده است.



شکل ۸: نقشهٔ نهایی چینش کاربری‌ها در منطقه به روش TOPSIS

منبع: نگارندگان

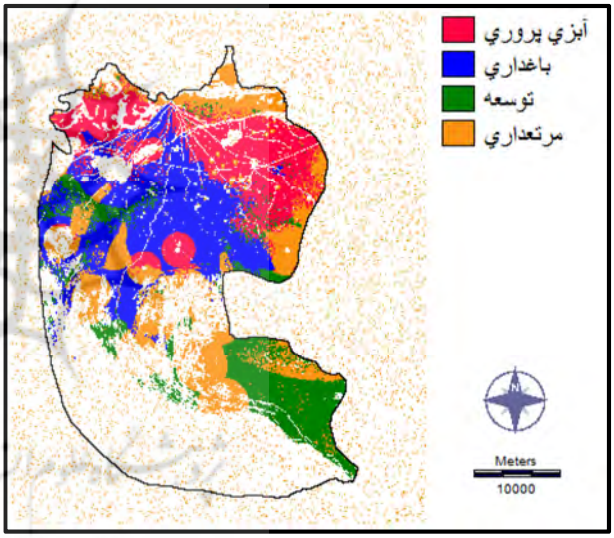
به منظور بررسی صحت نتایج TOPSIS، میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات نقشه‌های توان برای کاربری‌های مختلف در چینش نهایی کاربری‌ها محاسبه گردید. محاسبات در جدول ۴ ارائه شده است. خانه‌های رنگی در جدول نشان دهنده مناسب‌ترین ارزش‌ها هستند.

جدول ۴ : توان سرزمین برای کاربری‌های مختلف در چینش نهایی کاربری‌ها به روش TOPSIS

ضریب تغییرات توان بوم‌شناختی				انحراف معیار توان بوم‌شناختی				میانگین توان بوم‌شناختی				کاربری‌ها در
مرتعداری	توسعه	باغداری	آبزی‌پروری	مرتعداری	توسعه	باغداری	آبزی‌پروری	مرتعداری	توسعه	باغداری	آبزی‌پروری	نقشهٔ نهایی
۰/۱۹	۸/۰۵	۰/۹۵	۰/۱۷	۳۵/۹۹	۲۰/۸۹	۱۱۰/۳۳	۳۲/۷۸	۱۸۸/۷۱	۲/۶۰	۱۱۵/۹۲	۱۹۳/۷۹	آبزی‌پروری
۱/۳۳	۲/۴۹	۰/۱۳	۱/۶۱	۹۳/۷۵	۷۸/۴۰	۲۶/۳۳	۹۴/۰۵	۷۰/۳۵	۳۱/۵۲	۲۰۱/۵۶	۵۸/۴۱	باغداری
۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۱۴	۱۷/۵۵	۵/۸۸	۱۱/۵۰	۲۸/۱۷	۲۰۷/۳۰	۲۳۵/۷۹	۲۳۱/۳۶	۲۰۸/۴۴	توسعه
۰/۲۱	۰/۸۷	۰/۴۵	۱/۳۰	۳۶/۸۵	۱۰۶/۶۹	۷۷/۸۷	۱۰۲/۴۷	۱۷۵/۶۸	۱۲۲/۶۳	۱۷۱/۷۶	۷۸/۷۹	مرتعداری
ضریب تغییرات توان اقتصادی				**انحراف معیار توان اقتصادی**				**میانگین توان اقتصادی**				**کاربری‌ها در**
مرتعداری	توسعه	باغداری	آبزی‌پروری	مرتعداری	توسعه	باغداری	آبزی‌پروری	مرتعداری	توسعه	باغداری	آبزی‌پروری	نقشه نهایی
۱/۷۳	۸/۰۵	۱/۰۰	۰/۳۴	۳۶/۸۱	۱۵/۹۸	۱۱۸/۳۴	۶۳/۰۶	۲۱/۲۸	۱/۹۹	۱۱۸/۹۳	۱۸۴/۰۴	آبزی‌پروری
۴/۵۳	۲/۵۱	۰/۳۶	۱/۶۹	۲۵/۶۱	۸۵/۷۶	۶۱/۱۵	۱۰۰/۷۴	۵/۶۶	۳۴/۱۵	۱۶۹/۹۹	۵۹/۶۸	باغداری
۱/۸۵	۰/۰۰	۰/۰۶	۰/۲۸	۶۲/۲۴	۰/۰۰	۱۴/۴۶	۶۱/۰۲	۳۳/۶۶	۲۵۵/۰۰	۲۵۳/۳۶	۲۱۷/۹۳	توسعه
۱/۶۹	۰/۹۲	۰/۵۷	۱/۳۶	۵۳/۰۰	۱۱۹/۱۸	۸۹/۹۶	۱۱۰/۲۹	۳۱/۲۹	۱۳۰/۲۰	۱۵۷/۶۸	۸۰/۸۳	مرتعداری
ضریب تغییرات توان اجتماعی				**انحراف معیار توان اجتماعی**				**میانگین توان اجتماعی**				**کاربری‌ها در**
مرتعداری	توسعه	باغداری	آبزی‌پروری	مرتعداری	توسعه	باغداری	آبزی‌پروری	مرتعداری	توسعه	باغداری	آبزی‌پروری	نقشهٔ نهایی
۰/۴۸	۸/۷۳	۱/۲۸	۰/۵۵	۶۳/۵۹	۱۵/۶۸	۷۴/۹۸	۶۹/۶۸	۱۳۱/۹۷	۱/۸۰	۵۸/۴۸	۱۲۷/۸۲	آبزی‌پروری
۱/۳۷	۲/۵۵	۰/۲۴	۱/۶۵	۹۰/۷۲	۷۲/۱۹	۳۷/۷۱	۸۹/۳۶	۶۶/۲۱	۲۸/۲۶	۱۵۸/۰۲	۵۴/۰۰	باغداری
۰/۳۷	۰/۳۹	۰/۴۰	۰/۴۴	۴۶/۶۳	۵۲/۶۹	۴۹/۵۲	۵۲/۶۷	۱۲۶/۱۵	۱۳۳/۵۳	۱۲۴/۷۹	۱۱۹/۹۴	توسعه
۰/۳۰	۰/۹۴	۰/۵۶	۱/۵۰	۳۹/۵۱	۷۲/۷۰	۶۲/۷۰	۷۶/۵۳	۱۳۳/۲۴	۷۷/۴۸	۱۱۰/۹۹	۵۱/۰۹	مرتعداری

منبع: نگارندگان

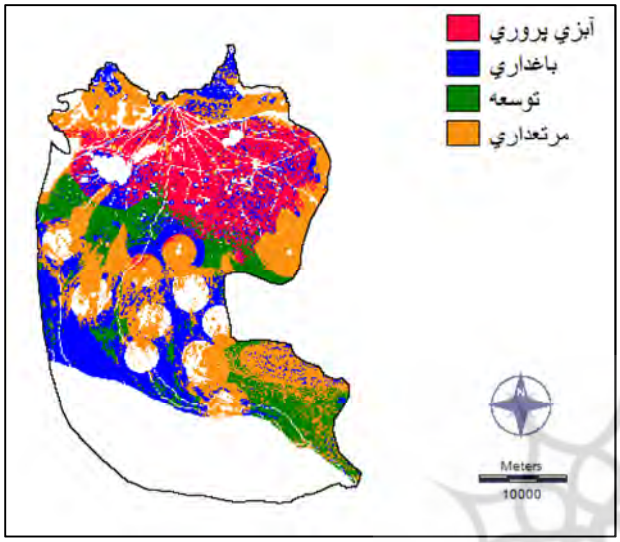
همان گونه که از جدول مشخص است، روش TOPSIS نتایج قابل قبولی را ارائه کرده است. هرکاربری در نقشهٔ نهایی به گونه‌ای انتخاب شده که دارای بالاترین توان بوم‌شناختی برای آن کاربری در مقایسه با توان بوم‌شناختی سایر کاربری‌هاست. همچنین، این مناطق دارای کمترین انحراف معیار و ضریب تغییرات هستند. این نتایج در مورد توان اقتصادی و اجتماعی برای همه کاربری‌ها صادق نیست. برخی کاربری‌ها در نقشهٔ نهایی در مناطقی قرار گرفته‌اند که دارای اهمیت دوم از نظر توان برای آن کاربری هستند که می‌تواند به دلیل اختصاص وزن بیشتر به توان بوم شناختی نسبت به توان اقتصادی و اجتماعی باشد. نتایج حاصل از اجرای MOLA در شکل ۹ ارائه شده است.



شکل ۹ : چینش کاربری‌ها حاصل از اجرای اول MOLA

منبع: نگارندگان

همانطور که مشخص است MOLA در دستیابی به کاربری مرتعداری که کمترین وزن را داشته و موفق نبوده است. بررسی نقشه با لایه‌های توان نشان داد، MOLA ابتدا کاربری‌های دارای وزن بیشتر همانند باغداری را در بهترین تناسب آنها انتخاب نموده است و سپس در دستیابی به کاربری مرتعداری با کمبود مساحت مورد نیاز مواجه شده است؛ به همین دلیل، مساحت مورد نیاز از کاربری مرتعداری را در خارج از مرز منطقه انتخاب نموده است. برای مقایسه با نتایج TOPSIS، مساحت مورد نیاز ثابت نگه داشته شد و وزن کاربری‌ها تغییر داده شد. MOLA حدود ۲۰ بار با وزن‌های مختلف اجرا گردید. در نهایت بهترین اجرا با وزن‌های ۰/۲۵، ۰/۲۵، ۰/۱۷ و ۰/۳۳ به ترتیب برای کاربری‌های آبزی‌پروری، باغداری، توسعه و مرتعداری به دست آمد. نقشه نهایی در شکل ۱۰ ارائه شده است.



شکل ۱۰: چینش نهایی کاربری‌ها در منطقه به روش MOLA

منبع: نگارندگان

همانند روش TOPSIS، به منظور بررسی صحت نتایج MOLA، میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات نقشه‌های توان برای کاربری‌های مختلف در چینش نهایی کاربری‌ها محاسبه گردید. محاسبات در جدول ۵ ارائه شده است. خانه‌های رنگی در جدول نشان دهندهٔ مناسب‌ترین ارزش‌ها هستند.

جدول ۵: توان بوم‌شناختی سرزمین برای کاربری‌های مختلف در چینش نهایی کاربری‌ها به روش MOLA

ضریب تغییرات توان بوم‌شناختی				انحراف معیار توان بوم‌شناختی				میانگین توان بوم‌شناختی				کاربری‌ها در نقشهٔ نهایی
مرتعداری	توسعه	باغداری	آبزی‌پروری	مرتعداری	توسعه	باغداری	آبزی‌پروری	مرتعداری	توسعه	باغداری	آبزی‌پروری	
۰/۰۶	۰/۹۹	۰/۲۸	۰/۰۶	۱۲/۴۷	۱۱۷/۶۸	۶۲/۳۶	۱۳/۳۴	۲۱۶/۸۸	۱۱۹/۲۱	۲۱۹/۱۶	۲۲۴/۲۹	آبزی‌پروری
۱/۳۶	۲/۶۷	۰/۱۴	۱/۵۲	۹۴/۳۷	۷۱/۰۹	۲۷/۶۶	۹۳/۹۷	۶۹/۲۰	۲۶/۵۹	۲۰۱/۵۲	۶۱/۶۵	باغداری
۰/۱۵	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۹۷	۲۶/۸۴	۱۱/۰۲	۲۳/۷۹	۱۰۴/۳۱	۱۷۶/۶۶	۲۲۶/۳۵	۲۰۹/۷۰	۱۰۷/۴۴	توسعه
۰/۲۱	۱/۵۱	۰/۷۹	۰/۹۰	۳۵/۷۹	۹۷/۵۸	۹۷/۴۳	۹۲/۷۶	۱۷۳/۲۶	۶۴/۴۳	۱۲۳/۸۵	۱۰۲/۷۰	مرتعداری
ضریب تغییرات توان اقتصادی				**انحراف معیار توان اقتصادی**				**میانگین توان اقتصادی**				**کاربری‌ها در نقشهٔ نهایی**
مرتعداری	توسعه	باغداری	آبزی‌پروری	مرتعداری	توسعه	باغداری	آبزی‌پروری	مرتعداری	توسعه	باغداری	آبزی‌پروری	
۲/۳۷	۰/۹۹	۰/۲۸	۰/۰۳	۶/۸۵	۱۲۷/۳۶	۶۶/۷۴	۷/۱۲	۲/۹۰	۱۲۹/۰۸	۲۳۵/۸۱	۲۵۴/۶۰	آبزی‌پروری
۳/۴۳	۲/۶۷	۰/۳۶	۱/۶۲	۷/۰۱	۷۴/۷۱	۶۱/۹۵	۹۷/۸۹	۲/۰۴	۲۷/۰۸	۱۷۲/۵۵	۶۰/۵۷	باغداری
۱/۴۹	۰/۰۰	۰/۳۳	۱/۰۵	۲۶/۵۹	۰/۰۰	۶۴/۴۰	۱۱۳/۳۲	۱۷/۸۶	۲۵۵/۰۰	۱۹۴/۱۵	۱۰۸/۲۸	توسعه
۱/۲۹	۱/۶۰	۰/۸۹	۱/۰۰	۶۶/۰۶	۱۰۱/۱۹	۱۰۳/۳۴	۸۷/۱۶	۵۱/۰۴	۶۳/۳۵	۱۱۶/۵۵	۸۷/۵۲	مرتعداری
ضریب تغییرات توان اجتماعی				**انحراف معیار توان اجتماعی**				**میانگین توان اجتماعی**				**کاربری‌ها در نقشهٔ نهایی**
مرتعداری	توسعه	باغداری	آبزی‌پروری	مرتعداری	توسعه	باغداری	آبزی‌پروری	مرتعداری	توسعه	باغداری	آبزی‌پروری	
۰/۴۹	۱/۰۹	۰/۶۲	۰/۵۷	۵۸/۹۵	۵۸/۶۸	۶۴/۹۴	۶۴/۸۹	۱۱۹/۱۹	۵۳/۹۹	۱۰۴/۱۶	۱۱۳/۹۸	آبزی‌پروری
۱/۵۳	۲/۹۰	۰/۳۱	۱/۷۸	۷۷/۸۶	۴۲/۱۴	۴۴/۶۵	۷۴/۹۴	۵۰/۷۸	۱۴/۵۴	۱۴۲/۶۴	۴۲/۲۰	باغداری
۰/۲۷	۰/۲۸	۰/۲۹	۱/۰۳	۴۱/۱۸	۴۶/۴۱	۴۳/۷۰	۹۵/۳۴	۱۵۲/۵۸	۱۶۳/۵۵	۱۵۲/۹۷	۹۲/۶۵	توسعه
۰/۳۰	۱/۶۰	۰/۸۸	۱/۰۴	۴۲/۰۹	۷۰/۵۴	۷۳/۸۶	۸۱/۵۹	۱۳۸/۸۹	۴۴/۲۰	۸۴/۰۰	۷۸/۳۳	مرتعداری

منبع: نگارندگان

همان‌گونه که از جدول مشخص است، روش MOLA نتایج قابل قبولی را از نظر معیارهای آمایش بوم‌شناختی، اقتصادی و اجتماعی ارائه کرده است. همانند روش TOPSIS، هرکاربری در نقشهٔ نهایی به گونه‌ای انتخاب شده است که دارای بالاترین توان بوم‌شناختی برای آن کاربری در مقایسه با توان بوم‌شناختی سایر کاربری‌هاست. همچنین، به استثنای کاربری آبزی‌پروری، این مناطق دارای کمترین انحراف معیار و ضریب تغییرات هستند؛ البته، در این روش نیز برخی کاربری‌ها در نقشهٔ نهایی در مناطقی قرار گرفته‌اند که دارای اهمیت دوم از نظر توان برای آن کاربری هستند که می‌تواند به دلیل اختصاص وزن های بیشتر به توان بوم‌شناختی نسبت به توان اقتصادی و اجتماعی در روش آنتروپی باشد؛ از این‌رو، می‌توان گفت که نتایج روش MOLA می‌تواند به عنوان چینش اولیه کاربری‌ها در آمایش مد نظر قرار گیرد.

مقایسهٔ نتایج TOPSIS و MOLA

جداول مورد بررسی نشان دادند؛ هر دو روش مورد استفاده نتایج مطلوبی را از نظر چینش کاربری‌ها ارائه کرده‌اند. با این حال، مقایسهٔ نقشهٔ نهایی چینش کاربری‌ها در روش TOPSIS و MOLA تفاوت زیادی را بین آنها نشان می‌دهد. دو روش مناطق متفاوتی را برای کاربری‌ها تعیین کردند. نقشهٔ چینش نهایی حاصل از دو روش تنها در ۵۱/۴۸ درصد مساحت منطقه مشابه هستند. مساحت کاربری‌ها در نقشهٔ نهایی در جدول ۶ ارائه شده است. علی‌رغم اینکه هر دو روش عملکرد درستی داشته‌اند؛ اما مقایسهٔ جداول ۴ و ۵ نشان می‌دهد در برخی موارد MOLA و در برخی موارد TOPSIS از نظر میانگین توان‌ها عملکرد بهتری داشته‌اند. به منظور مقایسهٔ بهتر، دو نقشهٔ نهایی با یکدیگر ترکیب (Crosstab) شدند و برای طبقات تشکیل شده مجدداً میانگین توان‌های بوم‌شناختی محاسبه شد. محاسبات در جدول ۷ ارائه شده است. خانه‌های رنگی در جدول نشان دهندهٔ مناسب‌ترین ارزش‌ها هستند.

همان‌گونه که از جدول ۷ مشخص است، هر دو روش در چهار طبقهٔ کاربری مشابه را انتخاب کرده‌اند که این مقدار برابر ۵۱/۴۷ درصد مساحت منطقه است. روش MOLA در پنج طبقه (معادل ۱۳۲۹۱/۹۰ هکتار) و

روش TOPSIS در هفت طبقه (معادل ۱۹۰۰۹/۷۰ هکتار) از نظر میانگین توان بوم‌شناختی بهتر عمل کرده‌اند. در طبقهٔ ششم و هفتم هیچ کدام از روش‌ها، کاربریِ دارای بیشترین توان را انتخاب نکرده‌اند؛ اما در طبقه ششم توان کاربری انتخاب شده توسط TOPSIS و در طبقهٔ هفتم توان کاربری انتخاب شده توسط MOLA بالاتر بوده است.

جدول۶ : مساحت کاربری‌ها در نقشهٔ نهایی چینش کاربری‌ها

کاربری	روش TOPSIS (هکتار)	روش MOLA (هکتار)
آبزی‌پروری	۱۹۰۴۰/۸۴	۱۹۲۹۸/۹۷
باغداری	۲۳۱۴۶/۵۹	۲۲۸۹۷/۸۳
توسعه	۱۵۰۰۹/۸۸	۱۵۰۴۱/۶۵
مرتعداری	۳۴۱۴۵/۶۷	۳۴۰۰۹/۵۹

منبع: نگارندگان

جدول۷ : میانگین توان بوم‌شناختی سرزمین برای کاربری‌های مختلف در طبقات نقشهٔ ترکیبی TOPSIS و MOLA

شماره طبقه	مساحت (هکتار)	کاربری‌های حاصل از TOPSIS	کاربری‌های حاصل از MOLA	آبزی‌پروری	باغداری	توسعه	مرتعداری
۱	۱۹۷۸۴۵/۰۷	0	0	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۲	۸۵/۵۰	آبزی‌پروری	0	۱۴۱/۷۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۲۴/۸۷
۳	۹/۴۵	مرتعداری	0	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۱۵/۸۸
۴	۶۵۳۸/۸۰	آبزی‌پروری	آبزی‌پروری	۲۲۷/۲۸	۱۸۵/۱۲	۰/۳۳	۲۱۷/۱۲
۵	۷۴۰/۰۰	باغداری	آبزی‌پروری	۲۲۶/۷۴	۲۳۵/۸۸	۱۳/۲۶	۲۱۳/۴۷
۶	۷۱۳۱/۴۷	توسعه	آبزی‌پروری	۲۲۱/۳۵	۲۳۸/۹۴	۲۳۷/۵۳	۲۱۶/۵۳
۷	۴۸۸۸/۶۹	مرتعداری	آبزی‌پروری	۲۲۴/۲۰	۲۳۳/۳۱	۱۲۱/۶۵	۲۱۷/۵۹
۸	۱۲۵۳/۰۲	آبزی‌پروری	باغداری	۱۸۹/۴۲	۲۱۳/۱۱	۸/۴۱	۱۸۲/۱۶
۹	۱۸۱۷۱/۵۹	باغداری	باغداری	۳۵/۰۷	۱۹۶/۳۰	۹/۹۷	۳۷/۹۲
۱۰	۸۱۸/۳۱	توسعه	باغداری	۲۰۳/۲۱	۲۳۴/۸۴	۲۲۹/۵۲	۲۰۴/۴۸
۱۱	۲۶۵۴/۹۱	مرتعداری	باغداری	۱۳۹/۶۴	۲۲۱/۴۵	۸۶/۳۸	۱۸۸/۲۸
۱۲	۰/۷۲	آبزی‌پروری	توسعه	۱۸۶/۳۶	۱۹۲/۵۰	۲۰۹/۲۵	۱۶۹/۶۳
۱۳	۲۱۹۲/۸۳	باغداری	توسعه	۲۱۱/۳۴	۲۳۷/۶۸	۲۳۰/۲۶	۱۹۹/۴۶
۱۴	۴۲۸۳/۱۵	توسعه	توسعه	۱۹۸/۳۶	۲۲۵/۵۹	۲۳۵/۷۳	۱۹۲/۶۱
۱۵	۸۵۶۴/۹۵	مرتعداری	توسعه	۳۵/۳۷	۱۹۴/۵۹	۲۲۰/۶۵	۱۶۲/۸۴
۱۶	۱۱۱۶۲/۷۹	آبزی‌پروری	مرتعداری	۱۷۵/۰۷	۶۵/۳۶	۳/۲۷	۱۷۳/۳۰
۱۷	۲۰۴۲/۱۷	باغداری	مرتعداری	۴۰/۹۱	۱۹۷/۰۸	۱۶/۴۵	۱۶۸/۳۹
۱۸	۲۷۷۶/۹۵	توسعه	مرتعداری	۱۹۲/۳۵	۲۱۹/۷۶	۲۳۳/۲۶	۲۰۷/۰۸
۱۹	۱۸۰۲۷/۶۸	مرتعداری	مرتعداری	۵۱/۰۸	۱۳۷/۰۰	۸۱/۷۳	۱۶۸/۵۸

منبع: نگارندگان

علاوه بر بررسی نتایج از لحاظ مطلوبیت توان کاربری‌ها، چینش کاربری‌ها از لحاظ پارامترهای سیمای سرزمین و الگوی مکانی نیز مورد بررسی قرار گرفت. مقایسهٔ نقشه‌های حاصل از TOPSIS و MOLA

نشان می‌دهد، روش TOPSIS کاربری‌ها را در لکه‌های پیوسته‌تر با پراکندگی کمتر انتخاب کرده است. در روش MOLA، بعضی از مناطق دارای لکه‌هایی با تکه‌تکه شدگی بیشتر هستند. به منظور بررسی کمّی و دقیق‌تر این موضوع، برخی از پارامترهای سیمای سرزمین به کمک نرم‌افزار FRAGSTATS محاسبه شدند. پارامترهای سیمای سرزمین و مقدار آنها برای کاربری‌های مختلف در نقشه‌های نهایی در جدول ۸ ارائه شده است.

جدول ۸ : پارامترهای سیمای سرزمین محاسبه شده برای نقشهٔ چینش نهایی کاربری‌ها به روش TOPSIS و MOLA

کاربری	روش	CA	PLAND	PD	ED	NLSI	PAFRAC
آبزی‌پروری	TOPSIS	۱۹۰۴۰/۲۲	۶/۵۸	۰/۴۷	۶/۰۳	۰/۰۷	۱/۴۰
	MOLA	۱۹۲۹۸/۳۴	۶/۶۷	۰/۸۵	۱۲/۱۵	۰/۱۵	۱/۵۳
باغداری	TOPSIS	۲۳۱۴۵/۸۴	۸/۰۰	۰/۱۷	۸/۶۴	۰/۰۸	۱/۴۲
	MOLA	۲۲۸۹۷/۰۸	۷/۹۲	۲/۵۲	۱۵/۴۷	۰/۱۶	۱/۵۲
توسعه	TOPSIS	۱۵۰۰۹/۳۹	۵/۱۹	۰/۰۰	۴/۸۸	۰/۰۷	N/A*
	MOLA	۱۵۰۴۱/۱۶	۵/۲۰	۰/۸۰	۹/۰۹	۰/۱۴	۱/۴۸
مرتعداری	TOPSIS	۳۴۱۴۴/۵۶	۱۱/۸۱	۱/۵۵	۱۴/۱۷	۰/۰۹	۱/۴۲
	MOLA	۳۴۰۰۸/۴۸	۱۱/۷۶	۱/۴۵	۱۲/۶۲	۰/۱۰	۱/۴۷

*PAFRAC نیازمند لکه‌هایی با اندازهٔ مختلف است. هنگامی که تعداد لکه‌ها کمتر از ۱۰ عدد باشد یا لکه‌ها دارای اندازهٔ مشابه باشند، PAFRAC تعریف نشده است و N/A را گزارش می‌کند.

منبع: نگارندگان

CA و PLAND به ترتیب نشان‌دهندهٔ مساحت هر کاربری به هکتار و درصد آن در کل منطقه هستند.

PD تعداد لکه‌ها موجود در هر کاربری را در ۱۰۰ هکتار نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشخص است، تعداد لکه‌های هر کاربری به استثنای مرتعداری، در روش TOPSIS بسیار کمتر از روش MOLA است و نشان دهندهٔ پراکندگی بیشتر لکه‌ها در روش MOLA است.

ED تراکم حاشیهٔ لکه‌ها را به متر در هر هکتار بیان می‌کند. در مناطقی با مساحت برابر، حاشیه یا محیط بیشتر نشان‌دهندهٔ لکه‌های پراکنده‌تر یا لکه‌هایی با چین‌خوردگی بیشتر است. به استثنای کاربری مرتعداری، تراکم حاشیهٔ لکه‌ها در روش TOPSIS بسیار کمتر از MOLA است.

شاخص NLSI شاخص شکل نرمال شده را بیان می‌کند و مقادیر صفر تا یک را شامل می‌شود. مقدار صفر نشان‌دهندهٔ حداکثر پیوستگی و یک نشان‌دهندهٔ حداکثر پراکندگی لکه‌هاست. در مورد این شاخص نیز روش TOPSIS عملکرد بهتری داشته است و مناطقی با پیوستگی بیشتر را برای کاربری‌ها انتخاب کرده است.

PAFRAC نشان‌دهندهٔ شاخص چین‌خوردگی است و مقادیری از یک تا ۲ را شامل می‌شود. مقدار یک برای لکه‌هایی با محیط ساده‌تر مانند مربع است و مقدار ۲ لکه‌های پیچیده‌تر را نشان می‌دهد. در این مورد نیز عملکرد TOPSIS کمی بهتر از MOLA است.

بحث و نتیجه‌گیری

مقایسهٔ نتایج حاصل از دو روش TOPSIS و MOLA برای آمایش کاربری‌ها نشان داد، انتخاب روش‌های مختلف تأثیر زیادی در نتایج نهایی خواهد داشت. در برخی بخش‌های منطقه روش MOLA و در برخی بخش‌ها روش TOPSIS نتایج مناسب‌تری را از لحاظ مطلوبیت توان کاربری‌ها نسبت به یکدیگر ارائه کرده‌اند؛ ولی نتایج MOLA در بعضی مناطق دارای پراکندگی هستند. روش TOPSIS نتایج مناسبی را از لحاظ مطلوبیت توان کاربری‌ها ارائه کرد و لکه‌های اختصاص داده شده به کاربری‌ها دارای پیوستگی

بیشتر هستند. هر دو روش ارائه شده دارای مزایا و نواقصی هستند. استفاده از روش TOPSIS رستری به دلیل اینکه رویهٔ مشخصی برای اجرای آن بر روی نقشه‌های رستری در دسترس نبود، نسبت به MOLA مشکل‌تر است. شاید به همین دلیل است که در اغلب موارد روش TOPSIS بر پایه وکتور مورد استفاده قرار گرفته است. انتخاب نقشهٔ نهایی کاربری‌ها در منطقه می‌تواند از میان نقشه‌های اولویت‌بندی با درجات مختلف و نه ضرورتاً بالاترین اولویت صورت گیرد. این موضوع که به سناریوسازی نیاز دارد، می‌تواند موضوع پژوهش‌های بعدی باشد. روش TOPSIS علاوه بر نقشهٔ چینش نهایی کاربری‌ها یک نقشه اولویت‌بندی برای هرکاربری ارائه می‌دهد. این اولویت‌بندی برخلاف طبقه‌بندی معمول مطلوبیت کاربری که تنها بر اساس مطلوبیت خود کاربری انجام می‌شود، در مقایسه با مطلوبیت سایر کاربری‌ها انجام می شود. روش MOLA به دلیل وجود یک رویهٔ مشخص و امکان اجرای سریع‌تر آن با تکرارهای بیشتر دارای مزیت است. اجرای MOLA نسبت به مساحت و وزن مورد نیاز کاربری‌ها حساس است و در صورت عدم تعادل این دو نتیجه‌ای به دست نمی‌آید. همان گونه که در این پژوهش نشان داده شد، اجرای روش MOLA با وزن‌های مورد نظر نتایج مناسبی را ارائه نکرده است؛ بلکه بهترین نتایج زمانی ارائه شد که تناسب نسبی بین وزن‌ها و مساحت تعیین شده برای هرکاربری در نظر گرفته شد. روش MOLA نتایج را در برخی مناطق به صورت پراکنده ارائه می‌کند. اغلب با استفاده از یک فیلتر و پس‌پردازش‌ها این مشکل رفع می‌شود. استفاده از روش TOPSIS زمان بیشتری از MOLA می‌برد؛ اما نتایج کمتر پراکنده ارائه می‌کند. می‌توان برای پژوهش‌های آینده به بررسی راهکارهایی برای بهبود روش‌های رتبه‌بندی (Rank) نقشه‌ها قبل از ورود به MOLA پرداخت.

منابع

بابایی، علیرضا؛ اونق، مجید (۱۳۸۵). ارزیابی توان توسعه و آمایش حوضهٔ آبخیز پشتکوه، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال سیزدهم، شماره اول، صص ۱۳۷- ۱۲۷.

بیات، باقر؛ متکان، علی اکبر؛ رحمانی، بیژن؛ عربی، بهناز (۱۳۹۰). برنامه‌ریزی جامع کاربری اراضی و آمایش سرزمین در حوضه‌های آبریز شهری با استفاده از GIS- مطالعهٔ موردی: حوضهٔ آبریز ماهیدشت، فصلنامهٔ جغرافیایی آمایش محیط، شماره ۱۳، صص ۱۳۵-۱۱۹.

پوراحمد، احمد (۱۳۸۰). آمایش سرزمین و ایجاد تعادل در نظام شهری کشور، نشریهٔ دانشکده ادبیات و علوم انسانی تهران، شماره ۱۶۰، صص ۴۹۰-۴۷۶.

خنیفر، حسین (۱۳۸۹). درآمدی بر مفهوم آمایش سرزمین و کاربردهای آن در ایران. آمایش سرزمین، سال دوم، شماره دوم، صص ۲۶-۵.

دهداردرگاهی، محمد؛ مجید، مخدوم (۱۳۷۹). آمایش سرزمین حوضه‌های جنگلی ارسباران، محیط شناسی، شماره ۲۶، صص ۳۴-۲۵.

رضایی، محمدرضا؛ خاوریان گرمسیر، امیررضا (۱۳۹۳). تحلیلی بر معیارها و شاخص‌های مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی با تأکید بر اصول برنامه‌ریزی فضایی و آمایش سرزمین در ایران، فصلنامهٔ جغرافیا و آمایش شهری-منطقه‌ای، شماره ۱۲، صص ۱۲-۱.

سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ جزی، هوشنگ؛ کریمی‌پور، هدی؛ مهری، آزاده؛ کامیاب، حمیدرضا؛ زارع گاریزی، آرش؛ منصوری، محمدرضا؛ شریعت پناهی، فردین؛ راستین، محمد؛ نجفی‌نژاد، علی؛ پیشداد سلیمان آباد، لیلا؛ مومنی، ایمان. (۱۳۹۲). ارزیابی توان و آمایش سرزمین مدیریت یکپارچه آبخیز. سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، معاونت آبخیزداری، طرح مدیریت پایدار منابع آب و خاک حبله رود.

سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ کامیاب، حمیدرضا (۱۳۸۸). سنجش از دور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی کاربردی با نرم‌افزار ایدریسی، انتشارات مهر مهدیس، تهران، چاپ اول.

سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ قائمی، رمضانعلی؛ دزیانی، سمانه (۱۳۸۵). مطالعهٔ زیستگاه‌های در حال تخریب و زون‌بندی منطقهٔ حفاظت شدهٔ جهان‌نما، اداره کل محیط زیست استان گلستان، ص ۱۳۱.

فاضل‌نیا، غریب؛ کیانی، اکبر؛ محمودیان، حشمت ا... (۱۳۹۰). مکان‌یابی و اولویت‌بندی پارک‌های شهری با استفاده از روش

تحلیل سلسله مراتبی TOPSIS و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهر الشتر)، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، شماره ۷۸، صص ۱۵۲-۱۳۷.

فرجی سبکبار، حسنعلی؛ رضاعلی، منصور (۱۳۸۸). مقایسهٔ مدل‌های گسسته و پیوسته مکانی. مطالعه موردی: مکان‌یابی محل واحدهای تولید روستایی بخش طرقبه، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، شماره ۶۷، صص ۸۳-۶۹.

کارگر، بهمن؛ بحیرایی، حمید؛ عباسی سمنانی، علیرضا (۱۳۹۱). آمایش ناحیه‌ای کشور بر اساس شاخص SWOT(مطالعه موردی: منطقه مرزی ایران و ترکمنستان)، فصلنامه آمایش محیطی، شماره ۱۶، صص ۱۰۶-۸۹.

کبودی، عبدالله (۱۳۹۱). بهینه سازی روش MOLA در آمایش سرزمین با استفاده از ارزش‌های اقتصادی اجتماعی و راهبردی (مطالعه موردی: استان گلستان)، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده محیط‌زیست.

کنعانی، محمدرضا؛ بابازاده، زینب (۱۳۹۰). تحلیل توسعه بر اساس توان‌های اکولوژیک با مدل تاپسیس، مطالعه موردی: شهرستان آمل استان مازندران، فصلنامهٔ علمی پژوهشی اکوسیستم‌های طبیعی ایران، سال اول، شماره چهارم، صص ۳۱-۲۲.

مخدوم، مجید (۱۳۸۵). شالودهٔ آمایش سرزمین، مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، چاپ هفتم.

میردیلمی، سیده زهره؛ حشمتی، غلامعلی و همت زاده، یلدا (۱۳۹۰). آمایش حوضهٔ آبخیز کچیک بر اساس مدل سیستمی رایج در آمایش سرزمین به روش دو ترکیبی، مجلهٔ کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، سال دوم، شماره۳، صص ۷۵-۶۵.

نجفی‌نژاد، علی؛ پیشداد سلیمان آباد، لیلا؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول (۱۳۹۲). مقایسهٔ کارایی دو روش سیستمی و تخصیص سرزمین چندفاکتوره در فرایند آمایش سرزمین با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، مجلهٔ کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، سال چهارم، شماره۱، صص۱۱-۱.

نسترن، مهین؛ ابوالحسنی، فرحناز؛ ایزدی، ملیحه (۱۳۸۹). کاربرد تکنیک تاپسیس در تحلیل و اولویت‌بندی توسعهٔ پایدار مناطق شهری (مطالعه موردی: مناطق شهری اصفهان)، مجلهٔ جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۱، شماره ۲، صص۱۰۰-۸۳.

نوری، غلامرضا؛ فتوحی، صمد؛ تقی‌زاده، زهرا (۱۳۹۱). اولویت‌بندی قطب‌های گردشگری استان کرمانشاه بر اساس پتانسیل مناطق نمونهٔ گردشگری با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ تاپسیس، جغرافیا و پایداری محیط، شماره ۴، صص ۹۴-۷۵.

Eastman, J. R., (1995). Idrisi for windows, version 2- users guide, Clark University, Worcester).

Hajehforooshnia, S.; soffianian, A.; Salmanmahiny, A.; fakheran, S. (2011). Multi objective land allocation (MOLA) for zoning Ghamishloo Wildlife Sanctuary in Iran, journal for nature conservation, 19: 254-262.

Hwang, C. L.; Yoon, K, (1981). Multiple attribute decision making: methods and applications, a state of the art survey, springer.

Malczewski, J. (1996). A GIS-based approach to multiple criteria group decision-making, International journal of geographical information systems.10:8; 955-971.

Riveria, I. S.; Maseda, R. C. (2006). A review of rural land use planning models. Environmental and planning B: Planning and design, 33: 165-183.

Van Diepen, C. A.; Van Keulen, H; Wolf, J.; Berkhout, J. A. A. (1991). Land evaluation: from intuition to quantification, in Advance in soil science, 15: 139-204.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی