Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)
https://doi.org/10.22067/jgrd.2025.89965.1481
مقالهٔ پژوهشی- مطالعه موردی

بهینه‌سازی آمایش سرزمین با در نظر گرفتن اولویت‌های برنامه‌ریزی نمونه موردی استان گلستان

یونس غلامی (دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری و روستایی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران)
y.gholami@hsu.ac.ir

مصطفی ایستگلدی (استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه زابل،زابل، ایران)
m.istgaldi@uoz.ac.ir

عبدالله چمنی (دانش‌آموختهٔ دکتری علوم مرتع، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران)
chamani@gau.ac.ir

صص ۳۲۰ ـ ۲۹۳

چکیده

برنامه‌ریزی استفادهٔ منطقی از سرزمین (آمایش سرزمین) یا «تعیین اولویت بین کاربری‌ها» راه حل مناسبی برای جلوگیری از تخریب محیط زیست و دستیابی به توسعهٔ پایدار است که در آن کاربری‌های مورد استفادهٔ انسان در طبیعت بر مبنای توان محیطی منطقه تعیین می‌گردند. هدف این تحقیق، بررسی و ارائهٔ یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری محیط زیستی مکانی برای اجرای آنالیزهای آمایش سرزمین با به‌کارگیری روش‌های نوین ارزیابی چند معیاره/ و ارائهٔ یک مدل نرم‌افزاری براساس آن است. نتایج اجرای مدل‌های ارزیابی سرزمین برای سه کاربری کشاورزی، جنگل‌داری، و توسعهٔ شهری، روستایی و صنعتی در استان گلستان مبتنی بر روش ارزیابی چندمعیارهٔ مکانی نشان داد که ٤٢/٢ درصد از سطح استان دارای تضاد بین اهداف (کاربری‌ها) برای دو کاربری و ١١/٨ درصد از سطح کل استان دارای تضاد بین اهداف برای هر سه کاربری مورد بررسی می‌باشند. انتخاب کاربری بهینه با اجرای روش تخصیص چندمنظورهٔ سرزمین در استان گلستان در سه سناریوی برنامه‌ریزی، قابلیت اولویت‌بندی بین اهداف و برقراری تعادلی بین پتانسیل‌های موجود و نیاز جامعه را نشان داد.

تاریخ دریافت: ١٤٠٣/٠٧/٠٣ تاریخ بازنگری: ١٤٠٣/١١/٢٤ تاریخ تصویب: ١٤٠٣/١١/٢٥

همچنین، سیستم نرم‌افزاری SDSSLPI انعطاف‌پذیری مورد نیاز در کنترل و دخالت متغیرهای برنامه‌ریزی براساس هدف برنامه‌ریزی و همچنین اعمال تغییرات مورد نیاز در مدل ارزیابی براساس شرایط ویژه در منطقه را فراهم آورده است.

واژگان کلیدی: تصمیم‌گیری، کاربری اراضی، GIS ، آمایش سرزمین، استان گلستان

۱. مقدمه

رویکرد آمایش سرزمین را می‌توان «ادراک عینی و فضایی زبان سرزمینی» نامید. این رویکرد با به‌کارگیری رویکرد یکپارچگی قلمروی، سازمانی، سیاستی و فرابخشی، سعی در فراهم‌سازی دقت در ترکیب و تجزیهٔ مؤلفه‌های سازمان فضایی دارد (امیرانتخابی و همکاران، ۱٤۰۱). ارزیابی توان اکولوژیک تعیین می‌کند که هر یک از فعالیت‌های انسانی در کدام پهنه از سرزمین قابل انجام دادن است و بالعکس در هر یک از پهنه‌ها چه فعالیت‌هایی قابل انجام دادن نیست یا انجام دادن آن صرفهٔ اقتصادی به دنبال ندارد یا مخرب پایداری محیطی است (فرجی و صحنه، ۱۳۹۹). برنامه‌ریزی استفاده از سرزمین از نوع برنامه‌ریزی فضایی است و به این اعتبار، بسیاری از اطلاعات وابسته به مکان نقش مهمی در فرایند برنامه‌ریزی و مدیریت دارد. با گسترش فنون و دانش مدیریت جامع، نیاز و تقاضا برای سیستم‌های اطلاعاتی چند بعدی و دینامیک به‌سرعت در حال افزایش است(عباسپور و همکاران، ۲۰۱۷). این امر با ایجاد سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) که می‌تواند با توجه به قابلیت‌هایی که دارد، انواع داده‌ها را در سطوح مختلف با مقیاس‌های متفاوت در یک سیستم یکپارچه پیوند دهد، در حال پیشرفت روزافزون است و به همین دلیل در امر مدیریت به‌ویژه وقتی ارتباط داده و مکان از اصول قاعده مدیریت باشد به عنوان ابزاری قدرتمند می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد(باجا و همکاران، ۱۳۹٦) بهره‌گیری از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی که بستری برای شبیه‌سازی دنیای واقعی (شبیه‌سازی پدیده‌ها و فرایندها) است، توسعهٔ مدل‌ها در راستای تحلیل مناسب‌تر فرایندهای حاکم بر دنیای واقعی را به‌صورت کارا و بهینه، امکان‌پذیر می‌سازد. همچنین با استفاده از فن‌آوری GIS می‌توان با تلفیق روش‌ها و ابزارها، سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری

(DSS[1]) برای مسائل مربوط به آنالیزهای مکانی و مدیریت بهینهٔ سرزمین، پایه‌گذاری کرد(کولین و همکاران، ۲۰۱۱) یک DSS را می‌توان به‌عنوان یک سیستم کامپیوتری انعطاف‌پذیر یکپارچه با قابلیت تصمیم‌سازی با استفاده از داده‌ها و دانش خبره تعریف کرد. این سیستم قابلیت تحلیل چند عاملی را دارد. یک DSS شامل المان‌های "GIS"، "تحلیل داده و پردازش تصویر"، "مدل‌سازی و سامانه‌های هوشمند"، "شبیه‌سازی و بهینه‌سازی یک رابط مناسب با استفاده‌کننده" است(عباسپور و همکاران، ۲۰۱۷). تعداد زیادی از مشکلات جغرافیایی مستقیماً از طریق کاربرد مستقیم یک متدولوژی مخصوص قابل حل نیستند. این قبیل مشکلات اغلب نیاز به مشارکت تعداد زیادی از ذی‌نفعان و متولیان با اهداف مختلف و اغلب متضاد دارند. در مدیریت استفادهٔ سرزمین، ترکیب اهداف چندگانه برای تصمیم‌سازی و تحقیق برای سیاست‌های مطلوب استفادهٔ سرزمین به‌منظور توسعهٔ ناحیه‌ای پایدار حیاتی و ضروری هستند(جیانگ و اسمن، ۲۰۰۹)این موضوع و دیگر انواع مشکلات چند منظوره، به سه دلیل یک چالش مهم را فراروی محققان و پژوهشگران قرار می‌دهند: اولاً، اینها مشکلات بهینه‌سازی ترکیبی هستند که اغلب نیازمند وقت زیادی برای حل مشکل هستند. ثانیاً، تحقیق به‌منظور حل این مشکلات اغلب مشارکت متولیان و ذی‌نفعانی را می‌طلبد که پیش‌زمینه‌های مختلف دارند و مشکل را از دیدگاه‌های مختلف می‌بینند. در نهایت، یک راه حل که همهٔ معیارها را ببیند، ممکن است وجود نداشته باشد. در عوض، ذی‌نفعان و متولیان قبل از اینکه به یک راه حل نهایی بتوانند برسند، به امتحان تعادل‌ها ما بین آلترناتیوهای رقابتی نیاز دارند، در نتیجه، توسعهٔ رویکردهای راه حل از آن جهت اهمیت دارند که: ۱) بر حسب پیچیدگی زمان، کارا می‌باشند، ۲) براساس قابلیت آنها برای پیدا کردن یک واریته راه حل‌های با کیفیت بالا مؤثر می‌باشند و ۳) متقابل می‌باشند؛ زیرا تصمیم‌گیران می‌توانند به وسیلهٔ معیارها آزمایش کنند، به‌صورت بصری آلترناتیوها را جستجو کنند و دربارهٔ یک مشکل که راه حل آن را جستجو می‌کنند، بیشتر یاد بگیرند (عباسپور و همکاران، ۱۳۸۹). به‌طور کلی انتخاب و طراحی بهینه در بسیاری از مسائل علمی و فنی باعث تولید بهترین محصول یا جواب ممکن در یک شرایط خاص می‌شود یعنی در ارزیابی چند منظوره، متدهای طراحی و تصمیم‌گیری متعددی

1. Decision Support System

به وجود می‌آید، اما بهترین روش کدام است و چگونه می‌توان آن را پیدا کرد؟ به‌طور کلی در آمایش سرزمین به دنبال بهترین جواب ممکن می‌گردیم، اما از میان این همه راه حل و پاسخ، کدام یک بهینه است؟

مدل‌های ارائه شده برای برنامه‌ریزی استفاده از سرزمین در کشور، مدل‌های قیاسی است که در حین مفید بودن به نظر می‌رسد به دلیل مبتنی بودن بر روش‌های دستی تجزیه و تحلیل که خودساده‌سازی را در فرایند تدوین شده، ایجاب می‌نماید، می‌تواند مورد ارزیابی قرار گرفته و با بهره‌گیری از روش‌های مدل‌سازی ریاضی و بهره‌گیری مناسب از فناوری‌های اطلاعات زمینی، امکان توسعه و بهینه‌سازی آنها وجود داشته باشد. به‌عنوان مثال، در مواردی که برای هر واحد سرزمین، تناسب برای چند کاربری وجود داشته باشد و بین کاربری‌ها، تعارض وجود داشته باشد که لازم است بهترین کاربری برای منطقه انتخاب شده و سایر کاربری‌ها، حذف گردند، توسعهٔ مدل‌های ریاضی تخصیص چند منظورهٔ سرزمین (MOLA[۲]) براساس روش‌های نوین نظیر الگوریتم‌های بهینه‌سازی ژنتیک، مدل‌سازی شبکه‌های عصبی، سلول‌های خودکار و ... در محیط GIS، انتخاب کاربری بهینه را به شکل مناسب ممکن می‌سازد. مروه و همکاران (۱۹۹۷)؛ وی و چای، (۲۰۰٤)؛ هاگینز و همکاران (۲۰۰۸)؛ اگزوی و خان، (۲۰۰۵)؛ ماتیوز و همکاران (۲۰۰٦)؛ اگرل و همکاران (۲۰۰٤)؛ و هولکزمپر و سپللت، (۲۰۰۷) همچنین، توسعهٔ سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری که علاوه بر ایجاد زیرساخت‌های اطلاعاتی یکپارچه، امکان توسعهٔ سناریوهای مختلف و تحلیل‌های مرتبط با هر یک از سناریوها را در قالب سیستم‌های نرم‌افزاری فراهم می‌سازد و می‌تواند به مدیران و برنامه‌ریزان در پیش‌بینی و تصمیم‌گیری کمک نماید، می‌تواند نقش اساسی در بهبود مدیریت سرزمین ایفا نماید. اتخاذ چنین رویکردی در کشور با توجه به نقایص فراوانی که در نظام اطلاعاتی کشور و بهره‌گیری از فناوری‌های اطلاعاتی وجود دارد، ضروری و اجتناب ناپذیر است.

[۲] - Multi-Objective Land Allocation

۲. پیشینهٔ پژوهش

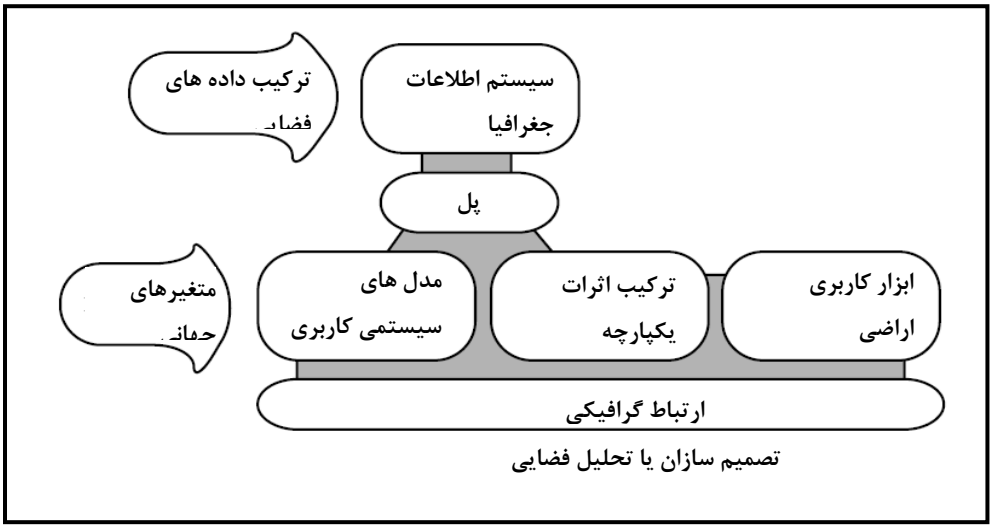
در کشور ایران، مطالعات استفاده از سیستم‌های حمایت در تصمیم‌گیری به‌صورت پراکنده و در قالب برخی از پایان‌نامه‌های دانشجویی در زمینه‌های مختلف، اجرا شده است. لیکن مطالعات مربوط به توسعهٔ مدل‌های ریاضی در برنامه‌ریزی استفاده از سرزمین، تا کنون اجرا نگردیده است. درحالی‌که در سایر کشورها نمونه‌های زیادی از مدل‌سازی و بهره‌گیری از روش‌های ریاضی تخصیص چند منظوره سرزمین و توسعه DSS برای بهینه‌سازی آن، یافت می‌شود که می‌توان به مطالعات مروه و همکاران (۱۹۹۷)؛ وی و چای ، (۲۰۰٤)؛ هاگینز و همکاران (۲۰۰۸)؛ اگزوی و خان، (۲۰۰۵)؛ ماتیوز و همکاران (۲۰۰٦)؛ اگرل و همکاران (۲۰۰٤)؛ (۲۰۰٤)؛ و هولکزمپر و سپللت، (۲۰۰۷) اشاره کرد. مروه و همکاران (۱۹۹۷)، روش تخصیص چندمنظوره سرزمین[3] را در آفریقای جنوبی برای اهداف کشاورزی تجاری، توسعهٔ شهری، مزارع کوچک و حفاظت از محیط مورد استفاده قرار داده‌اند.

هیگینز و همکاران[4] (۲۰۰۸)، یک روش چندمنظوره به‌نام GRASP[5] را به‌عنوان روش برنامه‌نویسی تکاملی به منظور تعیین راه حل‌ها در طول فضای Pareto به کار برده‌اند. محدودهٔ مورد مطالعه یک جوزه آبریز با مساحتی در حدود ۱٤۲،۰۰۰ هکتار در استرالیای شرقی با هدف آزمایش متدولوژی و ارزیابی حساسیت منفعت‌های محیط زیستی ناسازگار بوده است. این روش به تصمیم‌گیر اجازه می‌دهد که میزان تعادل را در بین اهداف جستجو نماید. در این تحقیق، مشکل براساس مدل برنامه‌نویسی صحیح چندمنظوره و با استفاده از توابع هدف نشان‌دهندهٔ تنوع زیستی، رواناب و چرخه کربن مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق هنگام به کار بردن متدولوژی برای جستجوی پارتو فوت[6] در یک مدل دو منظوره اتصال و سرعت حرکت رواناب، نمودار تعادل با شکل محدب، تفکیک مناسب راه حل‌ها در طول فضا را نشان داد. این تحقیق نشان داد که اضافه نمودن هدف سوم به مدل، به‌طور قابل

1. Multi-Objectove Land Allocation
2. Higgins
3. Greedy Randomised Adaptive Search Procedure
4. Pareto front

ملاحظه‌ای پارتو فوت را تغییر می‌دهد. این مسئله حساسیت بالای بررسی مطالعات محیط زیستی چندمنظوره را با اضافه کردن اهداف جدید نشان می‌دهد.

ماتیوز و همکاران[۷] (۲۰۰۶)، در تحقیقی تحت عنوان «ترکیب روش‌های شورایی و مبتنی بر کامپیوتر برای برنامه‌ریزی چندمنظورهٔ استفاده از سرزمین» خروجی‌های یک کارگاه شورایی به‌منظور مقایسهٔ طرح‌های استفاده از سرزمین پیشنهاد شده توسط مدیر سرزمین یا کارشناسان با نتایج یک DSS را ارائه می‌دهند. اجزاء تشکیل‌دهندهٔ DSS در شکل زیر نشان داده شده است:



شکل ۱. اجزاء تشکیل‌دهندهٔ DSS در تحقیق

منبع: ماتیوز و همکاران (۲۰۰۶)

در این تحقیق با توجه به اینکه ابزارهای استفاده از سرزمین براساس الگوریتم‌های ژنتیک چندمنظوره (mGA)[۸] است، امکان تولید دامنه‌ای از طرح‌های جایگزین که ساختار trade-off بین اهداف را تعریف می‌کنند، وجود دارد. نتایج اجرای mGA شباهت زیادی با نتایج افراد کارشناس دارد. براساس نتایج این تحقیق، mGA از این نظر که با یک اجرا میزان trade-off را با استفاده از جمعیت نشان می‌دهد، مؤثر است، ولی محدودیت‌هایی نیز دارد که عبارتند از:

5. Matthews
1. Multi-Objective Gentic Algorithms (mGA)

دارا بودن ماهیت تصادفی، نیاز به پارامترسازی دقیق و نیاز به نمایش مشکل در فضایی که عملگرهای mGA می‌توانند مؤثر باشند.

برون و دو[۹] (۲۰۰۷)، روش بازپخت شبیه سازی شده[۱۰] مبتنی بر دانش را به‌منظور تخصیص مکانی چندمنظوره استفاده کرده‌اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که تکنیک‌های بهینه‌سازی در حل مشکل تخصیص مکانی مؤثر هستند. در این تحقیق ۱۲۰۰ مجموعه از از راه حل‌ها تولید شد که در واقع نقشه‌های تخصیص هستند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که راه حل‌های تولید شده توسط این روش، نسبت به راه حل‌های تولیدی توسط روش بهینه پارتو[۱۱] و روش پارتو استاندارد بازپخت شبیه سازی[۱۲] مؤثرتر هستند.

ددی[۱۳] و همکاران (۲۰۱٦)، پژوهشی با عنوان «پراکندگی شهر و اثرات آن بر تغییر کاربری اراضی اتیوپی مرکزی» نتایج حاصل از داده‌های کیفی به‌دست‌آمده از مصاحبه و متمرکز کردن بحث‌های گروهی نشان می‌دهند که در آغاز برنامه‌ریزی زمین فراتر از اندازه کل که اختصاص یافته بود، مورد استفاده قرار گرفت.

مدیری و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی با عنوان مدل‌سازی پویایی رشد شهری از طریق DNA شهری در منطقهٔ کلان‌شهر تهران به این نتیجه رسیدند که برای در نظر گرفتن تغییرات کاربری زمین در تهران، تصاویر ETM+TM سال‌های ۱۹۸۵، ۱۹۹۲، ۲۰۰۰ و ۲۰۲۰ انتخاب شدند تا با الگوریتم CA-GA برای مدل‌سازی رشد مناطق شهری مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. کاپا کل نتایج در شهر تهران حدود ۰/۹۳ است که بیانگر دقت و اطمینان مورد نیاز روش‌های مدل‌سازی اتوماتای ژنتیکی سلولی ترکیبی برای مدل‌سازی توسعهٔ شهری است.

بشیر (۲۰۲٤) در بررسی تشخیص تغییر پوشش کاربری اراضی در شهر بغداد برای سال ۲۰۰۰ و ۲۰۲٤ با استفاده از الگوریتم جنگل تصادفی نشان داد که با توجه به پایداری نسبی توده‌های آبی، درصد توده‌های آبی اندکی از ۳/۰۸ درصد به ۲/۵۳ درصد کاهش یافت. در

2. Duh & Brown

۱۰ simulated annealing

۱۱ Pareto optimal

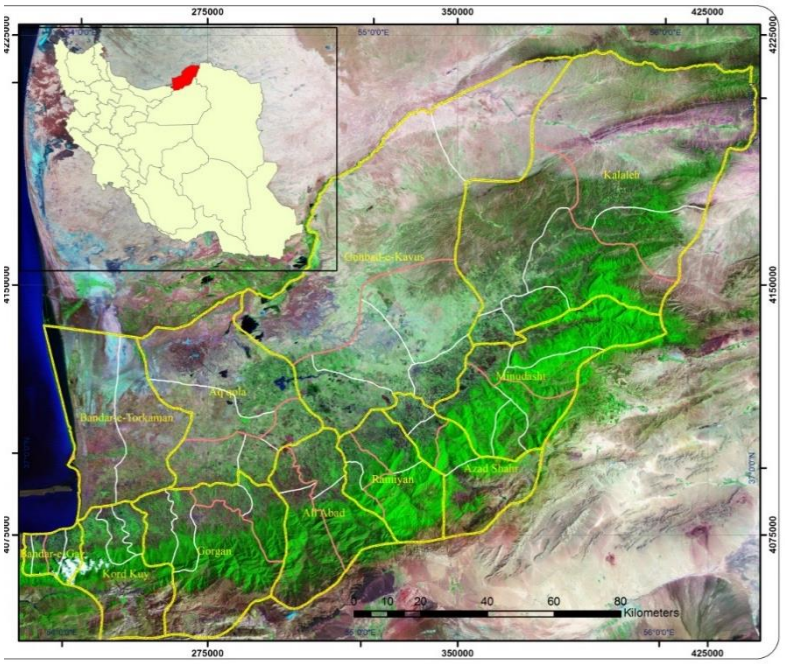
۱۲ Standard Pareto simulated annealing

13. Dadi

نهایت در اراضی خشک افزایش جزئی مشاهده شد. درصد زمین‌های بایر از ۱۹,۱۲ درصد به ۲۰,٤۰ درصد افزایش یافته است که ممکن است منعکس‌کنندهٔ تخریب زمین و افزایش بیابان‌زایی باشد. مقایسهٔ تغییرات کاربری و پوشش زمین در یک دورهٔ طولانی، تأثیر فعالیت‌های انسانی و تغییرات آب و هوایی را بر محیط‌زیست نشان می‌دهد و امکان ارزیابی عمیق‌تر تخریب محیط‌زیست و شناسایی مناطق آسیب‌دیده را فراهم می‌کند.

۳. روش‌شناسی پژوهش

استان گلستان از استان‌های شمالی ایران است. مرکز این استان گرگان است. گرگان (که به یونانی هیرکانیا گفته می‌شد) یکی از شهرهای مهم ایران در طول تاریخ بوده‌است. استان گلستان به لحاظ برخورداری ازجاذبه‌های غنی گردشگری به‌خصوص جاذبه‌های اکوتوریسم یکی از قطب‌های گردشگری در شمال ایران محسوب می‌گردد. فرهنگ و تاریخ بیش از ۵۰۰۰ سال، مملو از آثار ارزشمند و ذی‌قیمت به‌جای ماندهٔ تاریخی که اقوام گوناگون کرد، لر، ترک، بلوچ، عرب، ترکمن و...را در چهار اقلیم متفاوت در خود جای داده و ایرانی کوچک را در این خانهٔ سرسبز به وجود آورده است (سالنامه آماری استان گلستان، ۱۳۸۲).



شکل ۲. موقعیت استان گلستان و تقسیمات کشوری در آن

منبع:نگارندگان

استان گلستان با مساحت ۲۰٤۳۷/۷٤ کیلومتر مربع، ۱/۳ درصد مساحت کل کشور را تشکیل می‌دهد. این استان بین ۳٦ درجه و ۲٤ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۵٦ درجه و ۱٤ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ و در بخش شمالی کشور واقع شده است. از نظر محدودهٔ سیاسی، استان گلستان از شمال به کشور ترکمنستان از جنوب به استان سمنان، از شرق به استان خراسان و از غرب به دریای خزر و استان مازندران محدود می‌شود (سالنامه آماری استان گلستان، ۱۳۸۲) و برای شناخت پتانسیل منطقه و توسعهٔ مدل ریاضی برای ارزیابی تناسب سرزمین برای کاربری‌های مجاز در منطقه مناسب می‌باشد. از مدل‌های ارزیابی توان اکولوژیک برای کاربری‌های مختلف که توسط مخدوم (۱۳۷۸) برای ایران بومی‌سازی شده‌اند، به‌عنوان مبنا استفاده گردیده و از روش‌های نوین ارزیابی چندمعیارهٔ مکانی (SMCE) و مجموعه‌های فازی در بستر GIS برای اصلاح و ارائه در قالب مدل ریاضی تصمیم‌گیری استفاده گردیده است.

٤. یافته‌های پژوهش

مناطق مورد ارزیابی ممکن است برای چندین نوع استفاده (کاربری) مطلوبیت داشته باشند؛ درحالی‌که در بیشتر مواقع (اهداف ناسازگار) نمی‌توان در یک تکه از سرزمین به اجرای بیش از یک کاربری پرداخت. بنابرین شایسته است بین گزینه‌های موجود (گزینه‌های تصمیم)، بهترین گزینه را انتخاب کرد. چنین فرایندی را تعیین اولویت بین کاربری‌ها می‌نامند که در واقع همان برنامه‌ریزی استفاده از سرزمین یا آمایش سرزمین است (مخدوم، ۱۳۷۸). یکی از اهداف این تحقیق، بهینه‌سازی این فرایند با امکان دخالت اولویت‌های برنامه‌ریزی بوده است. برهمین‌اساس، نقش سیستم پشتیبان در تصمیم‌گیری در این بخش، فراهم‌سازی امکان بهینه‌سازی تصمیم‌گیری در فرایند تعیین اولویت بین کاربری‌ها (آمایش سرزمین) است.

برای این منظور، همان‌طورکه در فصل قبل تشریح گردید، از روش تخصیص چندمنظوره سرزمین (MOLA) استفاده گردید. برای لحاظ کردن اولویت‌های برنامه‌ریزی، می‌توان برای هر هدف، یک وزن نسبی در نظر گرفت.

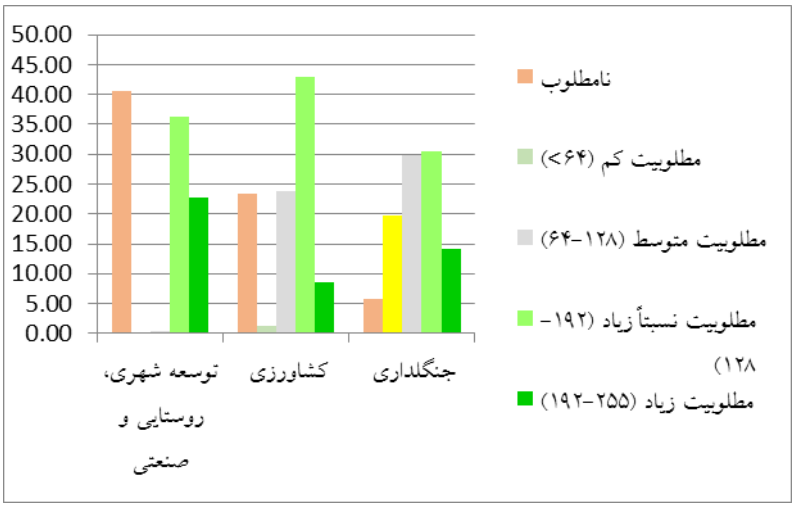
قبل از اجرای فرایند تخصیص چند هدفه سرزمین به کاربری مناسب، لازم است برنامه‌ریز تعیین نماید که چه مقدار (مساحت) از هر کاربری مورد نیاز است. تعیین مساحت مورد نیاز از هر کاربر، معمولاً براساس اهداف و راهبردهای توسعهٔ فضایی در بالادست و سیاست‌گذاری‌های کلان استان و کشور تعیین می‌گردد. از طرفی دیگر، برای تعیین مساحت مورد نیاز برای هر کاربری، میزان منابع (اراضی مطلوب) موجود یا به عبارتی زمین قابل اختصاص به آن کاربری نیز مهم است و باید توسط برنامه‌ریز و تصمیم‌گیر در نظر گرفته شود. برای این منظور، می‌توان از نقشه‌های مطلوبیت اراضی (توان سرزمین) برای هر کاربری استفاده نمود تا به میزان منابع موجود دست یافت. در این تحقیق، با گروه‌بندی آماری مساحت اراضی مناسب برای هر کاربری در ۵ طبقه مطلوبیت (نامطلوب، مطلوبیت کم، مطلوبیت متوسط، مطلوبیت نسبتاً زیاد و مطلوبیت زیاد)، اطلاعات اراضی قابل اختصاص برای هر کاربری تعیین گردید. جدول شمارهٔ۱ مساحت‌های کاربریها را در طبقات ذکرشده بر حسب کیلومتر مربع نمایش می‌دهد. درصد مساحت هر یک از طبقات نسبت به مساحت کل استان برای هر کاربری نیز در نمودار۳ مقایسه شده است. چنانچه فقط طبقات با مطلوبیت نسبتاً زیاد

و زیاد را در نظر بگیریم، طبق جدول و نمودار ذیل برای هر کاربری سطحی حدود ۵۰ درصد استان قابل اختصاص به آن کاربری است که البته بخش عمده‌ای از این اراضی برای بیش از یک هدف، دارای مطلوبیت هستند .

جدول ۱. مساحت اراضی با طبقات مطلوبیت مختلف برای هر کاربری بر حسب کیلومتر مربع در استان گلستان

	جنگلداری	کشاورزی	مناطق ساخته شده
بدون مطلوبیت	۱۱٦۷/٦۹	٤۷۰۱/۵٦	۸۱۲۵/۹٤
مطلوبیت کم (٦٤ >)	۳۹۳۸/۸۱	۲٤۲/۸۱	۰
مطلوبیت متوسط (۱۲۸-٦٤)	۵۹۹۸/۷۵	٤۷٤۹	۷٤/۹٤
مطلوبیت نسبتاً زیاد (۱۹۲-۱۲۸)	٦۱۲۵/۵۰	۸٦۰٤/۸۱	۷۲۳۵/٦۹
مطلوبیت زیاد (۲۵۵-۱۹۲)	۲۸۳٤/۵۰	۱۷۲۱/٦۹	٤۵٤۳/۷۵

منبع: محاسبات نگارندگان



شکل۳. نمودار مقایسه‌ای درصد مساحت‌های هر کاربری در طبقات مطلوبیت مختلف نسبت به سطح کل استان گلستان

منبع: محاسبات نگارندگان

از دیگر آنالیزهایی که می‌تواند علاوه بر روشن شدن وضعیت منطقه از لحاظ کاربری اراضی موجود (در حال حاضر)، به تعیین مساحت مناسب برای کاربری‌های مورد نیاز در

فرایند آمایش سرزمین به برنامه‌ریز کمک کند، آنالیز وضعیت موجود کاربری اراضی در ارتباط با مطلوبیت اراضی است. درواقع می‌توان بررسی کرد که چه میزان از هر کاربری در طبقات مختلف مطلوبیت برای آن کاربری قرار دارند و چه میزان از هر کاربری برای کاربری‌های دیگر دارای تناسب هستند. در ذیل، جدول آنالیز درصد مساحت هر یک از کاربری‌های موجود در طبقات مختلف مطلوبیت برای کاربری‌های جنگلداری، کشاورزی و توسعهٔ شهری، روستایی و صنعتی ارائه شده است. به‌عنوان مثال، براساس جدول ۲، ۱۰۰ درصد اراضی که براساس ارزیابی توان سرزمین در طبقه مطلوبیت زیاد برای کشاورزی قرار گرفتند، در حال حاضر (کاربری جاری) نیز دارای کاربری کشاورزی هستند، درحالی‌که ۵۸ درصد از اراضی که درطبقهٔ مطلوبیت نسبتاً زیاد توان سرزمین برای کشاورزی قرار گرفتند، در حال حاضر دارای کاربری مرتع هستند. با در نظر گرفتن جدول مساحت‌ها (جدول ۲)، این درصد از اراضی معادل ٤۹۹۰ کیلومتر مربع می‌باشد. این نوع آنالیز می‌تواند دید مناسبی را به برنامه‌ریز و تصمیم‌گیر برای بررسی پتانسیل‌ها و تعیین مساحت قابل احتساب برای کاربری‌های مورد نیاز بدهد.

جدول ۲.درصد مساحت اراضی با طبقات مختلف مطلوبیت برای کشاورزی در هریک از کلاس‌های کاربری اراضی جاری

	طبقات مطلوبیت برای کاربری کشاورزی براساس ارزیابی توان سرزمین				
کاربری جاری	مطلوبیت زیاد	مطلوبیت نسبتاً زیاد	مطلوبیت متوسط	مطلوبیت کم	بدون مطلوبیت
کشاورزی	۱۰۰	٤۱/۹٤	۲٦/۵۱	٤۸/۲۱	۲/۵۳
جنگل	۰	۰	۰	۰	۸۵/۲٦
مرتع	۰	۵۸/۰٦	۷۳/٤۹	۵۱/۷۹	۹/۱۳
مسکونی	۰	۰	۰	۰	۱/٤٤
پهنه آبی	۰	۰	۰	۰	۱/٦٤

جدول ۳. درصد مساحت اراضی با طبقات مختلف مطلوبیت برای جنگل‌داری در هریک از کلاس‌های کاربری اراضی جاری

طبقات مطلوبیت برای کاربری جنگلداری بر اساس ارزیابی توان سرزمین

کاربری جاری	مطلوبیت زیاد	مطلوبیت نسبتاً زیاد	مطلوبیت متوسط	مطلوبیت کم	بدون مطلوبیت
کشاورزی	۱۲/٦۳	٤٦/۷۳	٤٤/٦۹	۲۲/۲٦	٤/۸۰
جنگل	۸۳/۹۷	۱۲/٤۷	۳/۲۰	۰/۲٤	٤۸/۸٥
مرتع	۳/٤۲	٤۰/۸۱	٥۲/۱۱	۷۷/٥۰	۲٤/٥۰
مسکونی	۰	۰	۰	۰	٥/٦۸
پهنه آبی	۰	۰	۰	۰	۱٦/۱۷

منبع: محاسبات نگارندگان

جدول ٤.درصد مساحت اراضی با طبقات مختلف مطلوبیت برای توسعهٔ شهری، روستایی و صنعتی در هریک از کلاس‌های کاربری اراضی جاری

	طبقات مطلوبیت برای توسعه شهری، روستایی و صنعتی بر اساس ارزیابی توان سرزمین				
کاربری جاری	مطلوبیت زیاد	مطلوبیت نسبتاً زیاد	مطلوبیت متوسط	مطلوبیت کم	بدون مطلوبیت
کشاورزی	٦۸/٤٦	۱۹/٤٤	۳/٥۰	۰	۲۸/۲۸
جنگل	۳/۲٤	٤/٤۹	۲۸/۱۹	۰	٤۲/۰۷
مرتع	۲۸/۳۰	۷٦/۰۷	٦۸/۳۰	۰	۲۷/۰
مسکونی	۰	۰	۰	۰	۰/۸۲
پهنه آبی	۰	۰	۰	۰	۱/۸۳

منبع: محاسبات نگارندگان

برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران، با به‌کارگیری قابلیت‌های سیستم پشتیبان در تصمیم‌گیری به‌کار گرفته شده در این تحقیق، امکان طراحی سناریوهای مختلف براساس اولویت‌های متفاوت را دارند. در این تحقیق، برای اجرای فرایند آمایش سرزمین سه سناریو به‌عنوان نمونه طراحی گردید تا قابلیت سیستم پشتیبان در تصمیم‌گیری برای اختصاص چند منظورهٔ سرزمین بررسی گردد. در ادامه این سه سناریو تشریح و نتایج آنالیزها ارائه گردیده است.

سناریو اول: اهداف با اولویت یکسان و توسعهٔ همهٔ کاربری‌ها نسبت به وضع موجود

در این سناریو، کلیهٔ اهداف دارای اولویت یکسان هستند (یعنی وزن مساوی برای همه آنها در نظر گرفته می شود). در این سناریو، برای هر کاربری، مساحت‌ها به گونه‌ای تعیین شدند که نسبت به وضع موجود، افزایش سطح یا توسعه داشته باشیم. تعیین مساحت‌ها براساس بررسی جداول ۳ تا ٤ و پتانسیل‌های موجود تعیین گردیدند.

جدول ٥، مساحت‌های مورد نیاز برای هر کاربری و وزن در نظر گرفته شده برای هر هدف در این سناریو در نظر گرفته شده است.

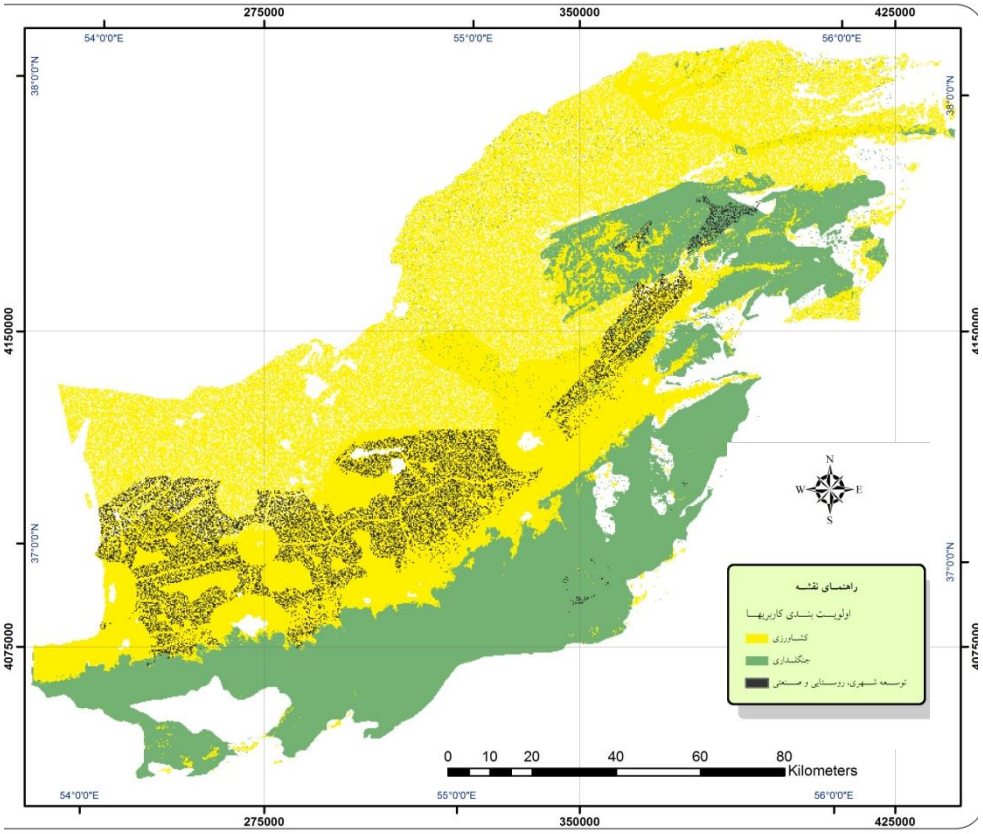
جدول ۵. اهداف و اولویت‌ها و میزان مساحت مورد نیاز برای هر هدف در سناریو اول

اهداف	تعیین اولویت برای هدف (وزن)	مساحت مورد نیاز (کیلومتر مربع)
کشاورزی	۱	٦۸۳٦ (مساحت موجود) + ۲۵۰۰ (توسعه جدید)
جنگل‌داری	۱	۳۹۱۸ (مساحت موجود) + ۱۵۰۰ (توسعه جدید)
توسعه شهری، روستایی و صنعتی	۱	۱۰۰۰ (توسعه جدید)

منبع: محاسبات نگارندگان

برای اجرای این فرایند، از نرم‌افزار IDRISI استفاده شد. ابتدا با استفاده از تابع Rank، به هر سلول در لایهٔ رستری مطلوبیت برای هر کاربری، یک رتبه اختصاص داده شد. سپس لایه‌های مرتب شده مطلوبیت برای هر کاربری، به‌عنوان اهداف، وارد الگوریتم MOLA در این نرم‌افزار گردیدند تا با توجه به وزن و مساحت تعیین شده، نقشهٔ اولویت‌بندی کاربری‌ها (آمایش سرزمین) حاصل گردد.

شکل ٤. نقشهٔ حاصل شده از اختصاص سرزمین براساس سناریوی فوق را نشان می‌دهد.



شکل ٤. نقشه اولویت‌بندی کاربری‌ها (آمایش سرزمین) براساس سناریو اول

منبع: محاسبات نگارندگان

سناریو دوم: اولویت با توسعهٔ جنگل‌داری، به همراه توسعهٔ شهری، روستایی و صنعتی و حفظ کاربری‌های کشاورزی موجود

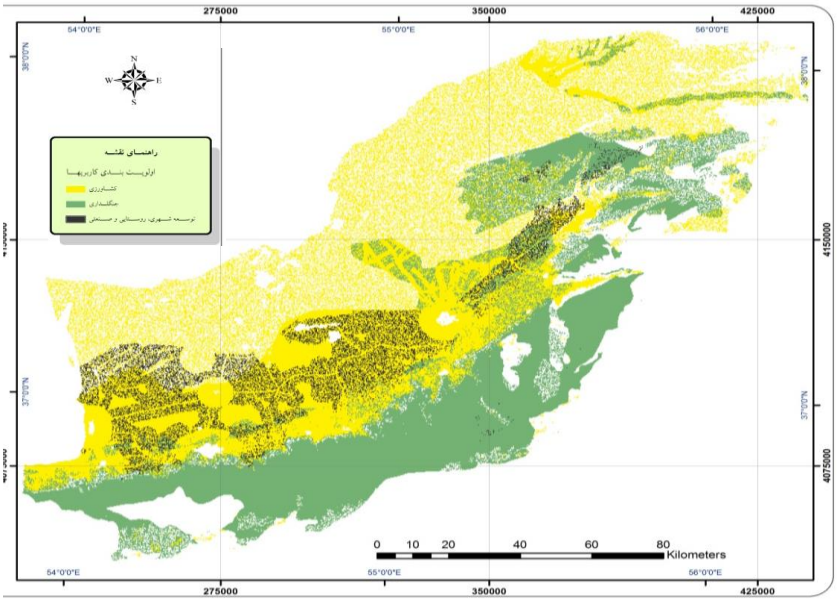
در این سناریو فرض بر این است که هدف، توسعهٔ کاربری‌های جنگل‌داری و شهری، روستایی و صنعتی است و کاربری کشاورزی به میزان مساحت موجود لازم است حفظ گردد. همچنین، توسعهٔ کاربری جنگل‌داری دارای اولویت بالا است. براین‌اساس، به هدف جنگل‌داری، وزن ۵ و به سایر اهداف وزن ۱ اختصاص داده شد. اطلاعات مربوط به سناریو دوم در جدول ٦ خلاصه شده است.

جدول ٦- اهداف و اولویت‌ها و میزان مساحت مورد نیاز برای هر هدف در سناریو دوم

اهداف	تعیین اولویت برای هدف (وزن)	مساحت مورد نیاز (کیلومتر مربع)

کشاورزی	۱	٦٨٣٦ (مساحت موجود)
جنگلداری	۵	۳۹۱۸ (مساحت موجود) + ۱۵۰۰ (توسعه جدید)
توسعه شهری، روستایی و صنعتی	۱	۱۰۰۰ (توسعه جدید)

منبع: محاسبات نگارندگان



شکل ۵. نقشهٔ اولویت‌بندی کاربری‌ها (آمایش سرزمین) براساس سناریو دوم

منبع: محاسبات نگارندگان

سناریو سوم: اولویت با توسعهٔ شهری، روستایی و صنعتی با حفظ کاربری‌های کشاورزی و جنگل‌داری به میزان موجود

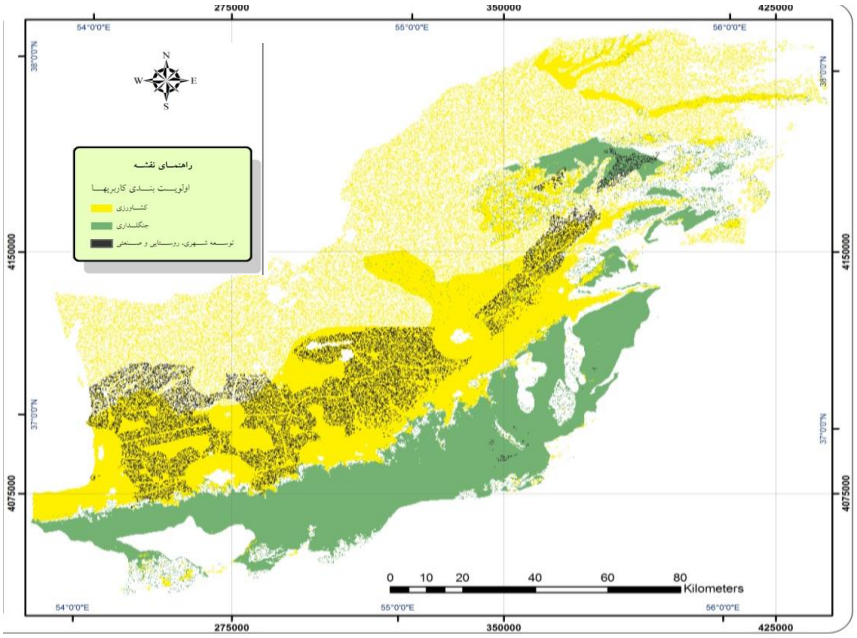
در این سناریو، فرض بر این است که اولویت با هدف توسعه ۱۰۰۰ کیلومتر مربع کاربری شهری با حفظ کاربری‌های کشاورزی و جنگل‌داری به میزان موجود است. برای این منظور، به هدف توسعهٔ شهری، روستایی و صنعتی وزن ۵ و به سایر اهداف وزن ۱ اختصاص داده شد. اطلاعات مربوط به سناریو سوم، در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول ۷. اهداف و اولویت‌ها و میزان مساحت مورد نیاز برای هر هدف در سناریو سوم

اهداف	تعیین اولویت برای هدف (وزن)	مساحت مورد نیاز (کیلومتر مربع)

کشاورزی	۱	٦٨٣٦ (مساحت موجود)
جنگلداری	۱	۳۹۱۸ (مساحت موجود)
توسعه شهری، روستایی و صنعتی	۵	۱۰۰۰ (توسعه جدید)

منبع: محاسبات نگارندگان



شکل ٦. نقشهٔ اولویت‌بندی کاربری‌ها (آمایش سرزمین) براساس سناریو سوم

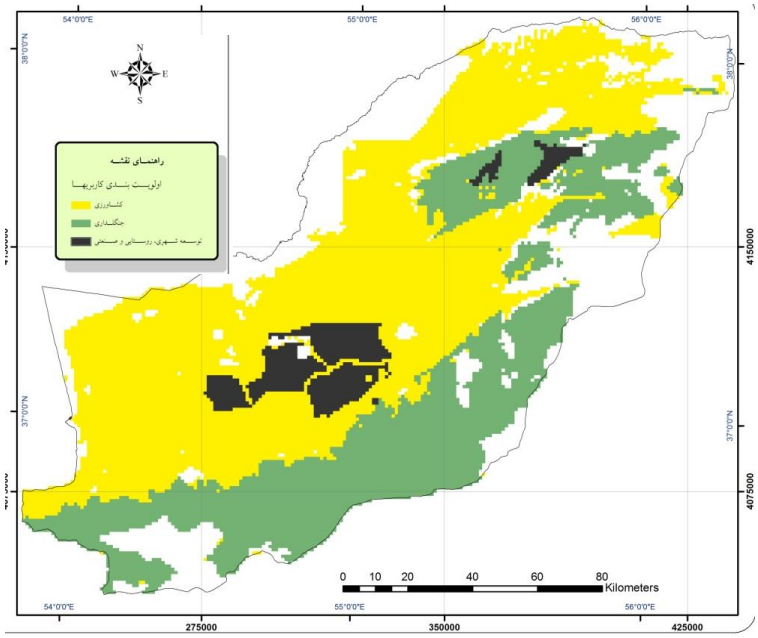
منبع: محاسبات نگارندگان

اصلاح فرایند تخصیص چندمنظوره سرزمین و توسعه یک روش جدید به منظور لحاظ کردن ارتباطات مکانی در بهینه‌سازی تعیین اولویت بین کاربری‌ها است.

روش MOLA دارای اشکال اساسی در ارتباط با عدم استفاده از ارتباطات مکانی در فرایند تخصیص سرزمین است و در آن هر مکان (سلول در لایه رستری) به‌صورت مستقل از مکان‌های همسایه در الگوریتم دیده می‌شود؛ درحالیکه در واقعیت، ارتباطات مکانی با سلول‌های اطراف نیز در انتخاب کاربری بهینه دارای اهمیت است. نتایج حاصل شده در هر سه سناریو (شکل‌های ۲ تا ۵) به‌وضوح، مسئلهٔ مربوط به عدم دخالت ارتباطات مکانی را در این فرایند نشان می‌دهند (درجه گسستگی زیاد در هر کاربری). به‌عنوان مثال، اگر هدف

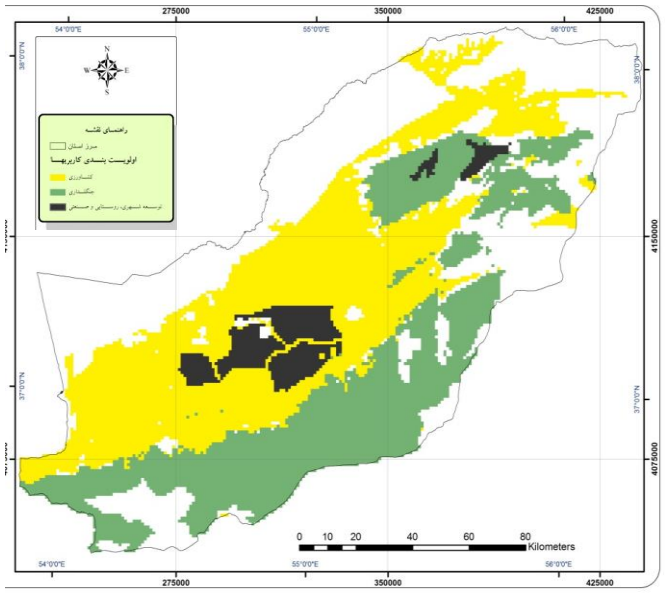
اختصاص اراضی برای توسعهٔ شهری باشد، سلول‌های گسسته و مجزا حاصل شده در نقشه‌های بالا، برای این هدف ارزشی ندارند.

در این تحقیق برای رفع این مسئله، یک الگوریتم جدید برای تابع مرتب‌سازی سلول‌ها براساس مطلوبیت طراحی و برنامه‌نویسی شد. جهت مقایسهٔ عملکرد این الگوریتم با نتایج ارائه شده در شکل‌های ۲ تا ۵، این سه سناریو با همان ویژگی‌های تشریح شده با روش جدید اجرا گردیدند و نتایج آنها در شکل‌های ۷ تا ۹ ارائه گردیده است.



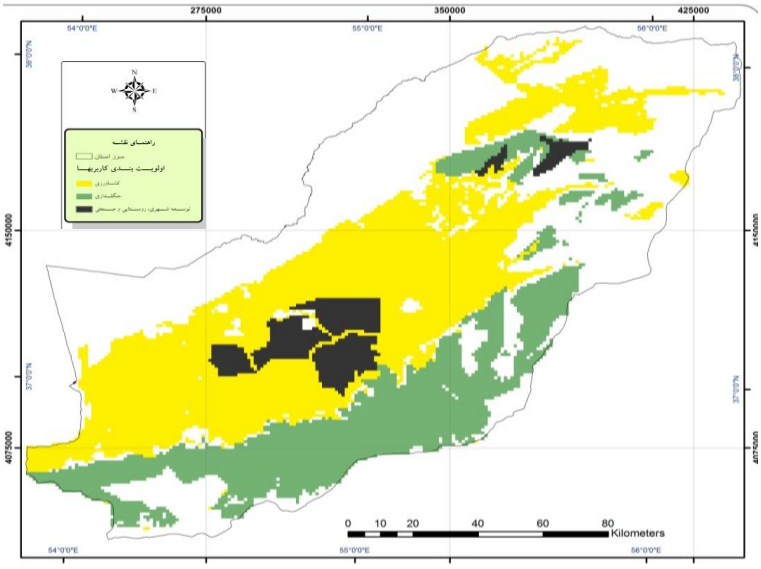
شکل ۷. نقشه اولویت‌بندی کاربری‌ها با استفاده از الگوریتم جدید براساس سناریو اول

منبع: محاسبات نگارندگان



شکل ۸. نقشهٔ اولویت‌بندی کاربری‌ها (آمایش سرزمین) براساس سناریو دوم

منبع: محاسبات نگارندگان



شکل ۹. نقشهٔ اولویت‌بندی کاربری‌ها با استفاده از الگوریتم جدید براساس سناریو سوم

منبع: محاسبات نگارندگان

۵. نتیجه‌گیری

مسئلهٔ اصلی در مطالعات آمایش سرزمین یک مسئلهٔ تصمیم‌گیری مکانی[۱۴] است که در آن تمرکز بر موقعیت و توزیع پدیده‌ها، تعاملات بین انسان‌ها، کالاها و خدمات بین مکان‌ها و مناطق است. در واقع، مسائل وابسته به کلیهٔ پدیده‌های فوق شامل یک بعد مکان نیز می‌باشند. در آنالیز مسئله برنامه‌ریزی مکانی یک تصمیم‌گیر لازم است موارد ذیل را در نظر بگیرد

– روابط پیچیده بین متغیرهای برنامه‌ریزی (تضاد یا ناسازگاری‌ها در اهداف برنامه‌ریزی)

– روابط پیچیده بین گزینه‌های تصمیم‌گیری

– عدم قطعیت برای آینده (شرایط آب و هوایی، اقتصاد، سیاست و ...)

– دامنهٔ گسترده پارامترهای مؤثر اعم از پارامترهای فیزیکی یا انسانی (خاک، آب، فناوری، اقتصاد، اکولوژی، اجتماعی و ...)

– دامنهٔ اثرگذاری تصمیمات (به‌عنوان مثال تصمیم‌گیری در مورد قطع یارانه ممکن است اثرات زیادی بر تغییرات کاربری، تولید، حفاظت، و ... داشته باشد).

– مسائل مکانی–زمانی (مانند تغییرات کاربری در مکان و زمان).

– مقیاس از محلی به جهانی

– اهداف کوتاه مدت در مقابل اهداف بلند مدت

سیستم‌های تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی مکانی در واقع تلاشی است برای حل چنین مسائلی که از رابطهٔ انسان با محیط زیست ناشی می‌شود. در مطالعات بسیاری به این نکته اذعان شده است که استفاده از یک دیدگاه سیستماتیک در قالب یک چارجوب تصمیم‌گیری مکانی می‌تواند در مقابله با پیچیدگی‌های اشاره شده بسیار مؤثر باشد در این تحقیق، برای مسئلهٔ برنامه‌ریزی استفاده از سرزمین (آمایش سرزمین) یک دیدگاه براساس روش‌های نوین ارزیابی چندمعیاره/چندمنظوره مکانی در کشور پیشنهاد شده است. در حال حاضر، ابزارها و تکنیک‌های بسیار زیادی در حمایت از جنبه‌های مختلف فرایند تصمیم‌گیری توسعه داده شده است که به‌عنوان نمونه می‌توان به پیشرفت‌ها در روش‌های آنالیز و مدلسازی داده‌های مکانی و غیرمکانی، تکنیک‌های نقشه‌سازی رقومی و نمایش سه بعدی، و فناوری‌های اطلاعاتی و

1. Spatial decision making

ارتباطی اشاره نمود. یکی از اهداف اصلی در توسعهٔ یک سیستم پشتیبان در تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی، استفادهٔ مؤثر از پیشرفت‌ها و فناوری‌های اشاره شده در چارچوب مدل تصمیم‌گیری است. با وجود اینکه در دنیا نمونه‌های نسبتاً زیادی از تلاش برای توسعهٔ چنین سیستم‌هایی بوده است (کیتینگ و همکاران، ۲۰۰۳؛ پوندت، ۲۰۰۳؛ روتر و همکاران، ۲۰۰۵؛ سانت و کرسنت، ۲۰۰۷؛ استیونز و همکاران، ۲۰۰۷؛ مانوس و همکاران، ۲۰۱۰) ولیکن در ایران به نظر می‌رسد سیستم پیشنهادی (SDSSLPI) اولین تلاش در راستای بهره‌گیری از پیشرفت‌ها و راه حلهای ارائه شده در مقابله با پیچیدگی‌های تصمیم‌گیری مکانی باشد. از مزیت‌های سیستم پیشنهادی می‌توان به انعطاف‌پذیری آن در کنترل و دخالت متغیرهای برنامه‌ریزی براساس هدف و همچنین اعمال تغییرات مورد نیاز در مدل ارزیابی براساس شرایط ویژه در منطقه اشاره کرد. پیاده‌سازی این سیستم در بستر نرم‌افزار ArcGIS که یکی از رایج‌ترین سیستم‌های نرم‌افزاری مورد استفاده در دنیا است، این امکان را فراهم ساخته است که از فناوری‌ها و ابزارهای تحلیلی پیشرفته و بروز در دنیا در این چارچوب استفاده گردد.

سیستم SDSSLPI به‌عنوان یک مجموعه ابزارهای نرم‌افزاری برای اجرای سناریوهای مختلف ارزیابی توان سرزمین برای کاربری‌های مختلف و آمایش سرزمین به شکل بسیار مؤثر می‌تواند مورد استفاده کارشناسان، مدیران و برنامه‌ریزان قرار گیرد. از مزایا و قابلیت‌های این سیستم می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

– فراهم‌سازی یک مدل داده و پایگاه اطلاعات جغرافیایی یکپارچه برای مدیریت اطلاعات مکانی و غیرمکانی برای کل کشور با دارا بودن قابلیت به‌روزرسانی و استفادهٔ همزمان چند کاربر.

– فراهم‌سازی واسطه‌های گرافیکی کاربرپسند برای دسترسی کاربران به پایگاه اطلاعات و بهره‌برداری از داده‌ها برای منظورهای مختلف.

– فراهم‌سازی ابزارهای نرم‌افزاری جهت اجرای مدل‌های ارزیابی توان سرزمین با قابلیت تغییر و به‌روزرسانی مدل‌های ارزیابی براساس هدف و شرایط منطقه

– فراهم‌سازی امکان نمایش مناسب داده‌ها (visualization) و گزینه‌ها که در امر تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی نقش مناسبی را ایفا می‌نمایند.

– امکان توسعهٔ آتی و اضافه کردن مدل‌های نرم‌افزاری

این سیستم می‌تواند به استفادهٔ مؤثرتر از دیدگاه‌های علمی در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی با حمایت تصمیم‌گیران در شناخت دقیق‌تر مسئله، گردآوری اطلاعات مورد نیاز، مدل‌سازی، بررسی و تحلیل نتایج و نهایتاً تصمیم‌گیری کمک نماید. استفاده از این سیستم برای تصمیم‌گیران این فرصت را فراهم می‌آورد تا درک واقعی‌تری از نتایج تصمیم‌گیری حاصل گردد. در واقع امکان توسعه سناریوهای مختلف براساس اهداف مورد نظر و دیدن تبعات هر تصمیم می‌تواند بسیار مؤثر در انتخاب گزینهٔ نهایی برای برنامه‌ریزان باشد.

به منظور تحلیل توان یا مطلوبیت سرزمین برای هر کاربری، از یکپارچه‌سازی روش‌های چندمعیاره مکانی (SMCE) و AHP در یک محیط GIS فازی استفاده گردیده است. روش استفاده شده برای اجرای آنالیزهای مکانی براساس دیدگاه فوق در مقایسه با روش سنتی متداول در ایران (مخدوم، ۱۳۷۸) از مزایای زیادی برخوردار است که از جمله می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

– استفاده از مجموعه‌های فازی در مقایسه با منطق بولین که از یک مرزبندی گسسته (crisp) استفاده می‌کند، با پدیده‌های دنیای واقعی که عمدتاً دارای تغییرات تدریجی هستند، انطباق بیشتری دارد. در واقع روش crisp برای تعیین مرزهای پدیده‌های طبیعی بسیار غیرواقعی می‌باشد

– لحاظ کردن اهمیت نسبی فاکتورها در آنالیز توان سرزمین؛ در فرایند تصمیم‌گیری عموماً برخی از فاکتورها از اهمیت بالاتری نسبت به سایر فاکتورها برخوردارند.

– استفادهٔ مؤثر از نظرات کارشناسی در تعیین اهمیت نسبی فاکتورها

– استفاده از قالب رستری برای داده‌ها در مقایسه با قالب وکتور در روش سنتی، از انعطاف‌پذیری بسیار بالاتری در سرعت آنالیز و توابع قابل استفاده برای آنالیز برخوردار است.

در مجموع می‌توان اذعان داشت که سیستم پیشنهادی برای ارزیابی توان و آمایش سرزمین از دو جنبهٔ کلی دارای اهمیت است:

– روش استفاده‌شده در آنالیز توان سرزمین، یک سیستم مناسب و قابل انعطاف را برای تصمیم‌گیری در فرایند آمایش سرزمین فراهم آورده است و فراهم‌سازی امکان اولویت‌بندی

گزینه‌های تصمیم، در نظر گرفتن تعادل (tradeoff) در تصمیم‌گیری با اهداف متضاد و سناریوسازی و نمایش تبعات آن از مزیت‌های کلیدی آن می‌باشد.

– یکپارچه‌سازی ابزارها و فناوری‌های نرم‌افزاری در کنار مدل‌های تحلیلی به‌عنوان یک سیستم پشتیبان در تصمیم‌گیری مکانی برای آمایش سرزمین، به‌عنوان اولین تلاش در کشور در این تحقیق ارائه شده است که می‌تواند حمایت‌کنندهٔ کارشناسان و برنامه‌ریزان در اجرای مطالعات آمایش سرزمین در کشور باشد.

قابلیت و پتانسیل‌های فناوری‌های اطلاعات زمینی این امکان را فراهم می‌سازد که توسعهٔ مدل‌ها را با روش‌های مناسب‌تر و کاراتری اجرا نمود. سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی می‌تواند به‌عنوان بستری برای توسعهٔ سیستم‌های برنامه‌ریزی و مدیریتی مورد استفاده قرار گیرند که اتخاذ چنین نگرشی به بهره‌گیری از فناوری‌های اطلاعات زمینی در کشور بسیار نو می‌باشد. در تحقیق حاضر علاوه بر اینکه سعی می‌گردد از قابلیت‌های GIS در توسعهٔ مدل‌های نوین برای بخش‌های مختلف فرایند آمایش سرزمین به نحو مطلوب استفاده گردد، توسعهٔ سامانهٔ پشتیبان تصمیم‌گیری برای کمک به برنامه‌ریزان و مدیران در سطوح مختلف اجرایی کشور در راستای بهینه‌سازی فرایند مدیریتی برنامه‌ریزی استفاده از سرزمین، نیز صورت می‌پذیرد.

در مجموع می‌توان نوآوری تحقیق حاضر را در چهار جنبهٔ اصلی ذیل بیان نمود:

– استفاده از روش ارزیابی چندمعیارهٔ مکانی (SMCE) در ارزیابی قابلیت سرزمین و همچنین استفاده از روش‌های نوین وزن‌دهی به منظور تعیین اهمیت هر یک از پارامترهای مؤثر

– استفاده از روش‌های نوین تخصیص چندمنظورهٔ سرزمین (MOLA) به منظور تعیین اولویت بین کاربری‌ها (در واقع همان برنامه‌ریزی استفاده از سرزمین یا آمایش سرزمین.

– ارتقاء سطح تجزیه و تحلیل از سطح پلی گون به سطح پیکسل و در نتیجه ارتقاء مقیاس مطالعه

– توسعهٔ نرم‌افزاری سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی برای آمایش سرزمین (SDSSLPI) برای نخستین بار در کشور که قابل استفاده برای کلیه استان‌ها است.

٦. پیشنهادها

برای تحقیقات آتی در ارتباط با استفاده از روش‌های ارزیابی چندمعیاره/چندمنظوره و سیستم‌های پشتیبان در تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی مکانی در آمایش سرزمین، مطالعات ذیل پیشنهاد می‌گردد:

– در مدیریت کاربری اراضی، ذی‌نفعان مختلف (سازمان‌ها و گروه‌های مختلف مردم) دارای اهداف متفاوت می‌باشند که این باعث تبدیل این فرایند به یک مسئلهٔ پیچیده شده است؛ چراکه تصمیم‌گیری و انتخاب گزینهٔ نهایی توسط یک نهاد یا سازمان، به گونه‌ای که کلیهٔ ذی‌نفعان را راضی کند، کار مشکلی است. در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی براساس تشریک مساعی[۱۵] به‌عنوان راه حل برای مسئلهٔ فوق، به یک موضوع مورد توجه در تحقیقات اخیر مرتبط با این زمینه در دنیا تبدیل شده است این تحقیقات روش‌های علمی را برای دخالت کلیهٔ ذی‌نفعان (سازمان‌ها و مردم) در فرایند تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی جستجو می‌کنند که ضمن لحاظ کردن اهداف متفاوت، از نیروی گروه‌های ذینفع نیز در فرایند برنامه‌ریزی استفاده می‌نماید. ازآنجاکه اساس روش‌ها و راه حل‌های قابل استفاده برای مسئلهٔ فوق منطبق بر ارزیابی‌های چندمعیاره و چندهدفه‌ای است که در این تحقیق نیز به‌کار گرفته شده است، لذا پیشنهاد می‌گردد یک بررسی علمی به منظور توسعه و سازگاری این نوع برنامه‌ریزی برای آمایش سرزمین کشور صورت پذیرد.

– در تحقیق حاضر، پارامتر ارتباطات مکانی در فرایند تخصیص چند منظوره سرزمین لحاظ شد که این کار با اصلاح روش موجود در نرم‌افزار IDRISI صورت پذیرفت (بخش ۳–۲–۳) ولیکن لحاظ کردن پارامترها یا اهدافی که وابسته به ارتباطات مکانی می‌باشند، علیرغم برخورداری از اهمیت بالا، به دلیل پیچیدگی در محاسبات و نیاز به حجم بالای محاسبات، بسیار کمتر به آن توجه شده است و تنها در سال‌های اخیر تعدادی از مطالعات روش‌هایی را برای لحاظ کردن اهداف مکانی[۱٦] به‌کار گرفته و معرفی کرده‌اند. بنابراین، به‌عنوان تحقیقات

---

[۱۵] - Collaborative decision making and planning

[۱٦] - Spatial objectives

آتی بررسی و توسعهٔ روش‌های تصمیم‌گیری مکانی به منظور لحاظ کردن اهداف مکانی در تصمیم‌گیری پیشنهاد می‌گردد.

– یکی از مراحل برنامه‌ریزی استفاده از سرزمین، اختصاص اراضی به کاربری بهینه در یک فضای چندهدفه می‌باشد. در این تحقیق، از روش MOLA برای این منظور استفاده گردیده است. لیکن روش‌ها و الگوریتم‌های متفاوتی برای جستجوی بین گزینه‌ها و انتخاب گزینهٔ بهینه توسعه داده شده و یا در حال توسعه است. از جمله می‌توان به بهینه‌سازی Geneticو یا به روش بازپخت شبیه سازی شده اشاره نمود. یک تحقیق و بررسی جامع به منظور استفاده از پیشرفت‌های فوق در فرایند آمایش سرزمین در کشور، ضروری به نظر می‌رسد.

کتابنامه

۱. امیرانتخابی، ش؛ اکبری، م؛ طالشی‌انبوهی، م؛ و درویشی، ه. ا . (۱٤۰۱). تحلیل ظرفیت‌سنجی توسعهٔ منطقه‌ای با رویکرد آمایش سرزمین (مورد مطالعه: استان کرمانشاه). *برنامه‌ریزی توسعهٔ کالبدی، ۸(۳)، ٦٥-۷۸. doi: 10.30473/psp.2023.58891.2468*

۲. سرور، ر. (۱۳۸٥). *جغرافیای کاربردی و آمایش سرزمین*. تهران: انتشارات سمت.

۳. فرجی، ا؛ و صحنه، ف. (۱۳۹۹). ارزیابی توان اکولوژیک سرزمین در استان گلستان به منظور توسعهٔ کاربری‌های کشاورزی با رویکرد آمایش سرزمین. *مجله علمی " آمایش سرزمین"، ۱۲(۲)، ۲٥۳-۲۷٤.* doi: 10.22059/jtcp.2020.294811.670053

٤. مخدوم، م. (۱۳۷۸). *شالودهٔ آمایش سرزمین*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

5. Abbaspour, M., Mahiny, A., Arjmandy, R., & Naimi, B. (2011). Integrated approach for land use suitability analysis. Int. *Agrophys, 25* (4), 311- 318.
6. Baja S., Chapman D. M., & Dragovich D., (2017). Spatial based compromise programming for multiple criteria decision making in land use planning. Environ. Model. *Assess., 12*, 171-184.
7. Chowdary, V. M., Rao, N. H., & Sarma, P. B. S. (2005). Decision support framework for assessment of non-point-source pollution of groundwater in large irrigation projects. *Agricultural Water Management*, *75*, 194–225.

8. Collins M.G., Steiner F.R., & Rushman M.J., (2011). Land-use suitability analysis in the United States: Historical development and promising technological achievements. Environ. *Manag, 28*, 611-621.

9. Congalton, R. G. (1991). A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data, *Remote Sensing and the Environment, 37,* 35-46.
10. Crossman, N. D., Perry, L. M., Brett A. Bryan, B. A., & Bertram Ostendorf, B. (2006). CREDOS: A conservation reserve evaluation and design optimisation system. *Environmental Modelling & Software*, In Press.
11. Dargam, F. C. C. & Perz, E. W. (1998). A decision support system for power plant design. *European Journal of Operational Research, 109*, 310-320.
12. de Araujo Go´es, A. G., M.A.B. Alvarengaa, M. A. B., & e Melo, P. F. F. (2005). NAROAS: a neural network-based advanced operator support system for the assessment of systems reliability. *Reliability Engineering and System Safety, 87*,149-161.
13. Diamond, J. T. & Wright, J. R. (1988). Design of an Integrated Spatial Information System for Multiobjective Land-Use Planning. *Environment and Planning B: Planning and Design*, *15*, 205-214.
14. Dye, A. S. & Shaw, S. L. (2006). A GIS-based spatial decision support system for tourists of Great Smoky Mountains National Park. *Journal of Retailing and Consumer Services*, In Press.
15. Eastman, J.R. (2006). *Guide to gis and image processing*. Clark University, Worcester.
16. Eastman, J.R., Jin, W.G., Kyem, P.A.K. & Toledano, J. (1995). Raster procedures for multicriteria multiobjective decisions. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 6 (1), 539-547.
17. Ekanayake, G. & Dayawansa, N. (2003). Land suitability identification for a production forest through gis techniques. In: *GIS development*.
18. Eom, H. B., & Lee, S. M. (1990). A survey of decision support system applications (1971–April 1988). *Interfaces*, *20*(3), 65–79.
19. Fao & Unep. (1999). The future of our land - facing the challenge. In, Rome.
20. Fassioa, A., Giupponia, C., Hiedererc, R. & Simotad, C. (2005). A decision support tool for simulating the effects of alternative policies affecting water resources: an application at the European scale. *Journal of Hydrology*, 304, 462-476.
21. Geertman, S.C.M. (2006). Potentials for planning support: A planning-conceptual approach. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 33, 863-880
22. Guariso, G., & Werthner, H. (1989). *Environmental decision support systems*. Chichester Halsted Press, New York.
23. Jankowski, P. (1995). Integrating geographical information systems and multiple criteria decision making methods. *International journal of Geographical Information Systems*, *9*(3), 251–273.

24. Janssen, R., Van Herwijnen ,M., Stewart, T.J. & Aerts, J. (2008). Multiobjective decision support for land-use planning. *Environment and Planning B-Planning & Design*, *35*, 740-756
25. Janssena, R., Goosena, H., Verhoevenb, M. L., Verhoevenb, J. T. A., Omtzigta, A. Q. A., & Maltby, E. (2005). Decision support for integrated wetland management. *Environmental Modelling & Software, 20*, 215-229.
26. Jiang H., & Eastman J.R., (2000). Application of fuzzy measures in multi-criteria evaluation in GIS. Int. J. Geogr. Inf. *Sci*, *14*,173-184.
27. Keating, B.A., Carberry, P.S., Hammer, G.L., Probert, M.E., Robertson, M.J., Holzworth, D., ... & Smith, C.J. (2003). An overview of apsim, a model designed for farming systems simulation. *European Journal of Agronomy*, 18, 267- 288.
28. Modiri.M.,Gholami.Y., & Hosseini,S. A.(2023). Urban growth dynamics modeling through urban DNA in Tehran metropolitan region.*Annal of GIS*,1-20.
29. Klosterman, R.E. (1997). Planning support systems: A new perspective on computer-aided planning. *Journal of Planning Education and Research*, 17,317-408.
30. Makhdoum, M.F. (1992) Environmental unit: An arbitrary ecosystem for land evaluation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 41, 209-214.
31. Malczewski, J. (2004a). Gis-based land-use suitability analysis: A critical overview. *Progress in Planning, 62*, 3-65
32. Malczewski, J. (2004b). Gis-based land-use suitability analysis: A critical overview. *Progress in Planning, 62*, 3-65
33. Malczewski, J. (2006). Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: Gis-based multicriteria evaluation for land-use suitability analysis. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, *8*, 270-277.
34. Malczewski, J. (2010). Multiple criteria decision analysis and geographic information systems. *Trends in multiple criteria decision analysis* (ed. by M. Ehrgott, J.R. Figueira and S. Greco), pp. 369-39 ه. Springer US.
35. Manos, B.D., Papathanasiou, J., Bournaris, T. & Voudouris, K. (2010). A dss for sustainable development and environmental protection of agricultural regions. *Environmental Monitoring and Assessment*, 164, 43-52
36. Mcmullen, P.R. & Frazier, G.V .(1988). Using simulated annealing to solve a multiobjective assembly line balancing problem with parallel workstations. *International Journal of Production Research*, 36, 2717-2741.
37. Mendoza, G.A. & Martins, H. (2006). Multi-criteria decision analysis in natural resource management: A critical review of methods and new modelling paradigms. *Forest Ecology and Management*, *230*, 1-22

38. Pundt, H. (2003). Integrating environmental modeling and gi technology. *Environmental Modelling & Software*, *18*, 851-852
39. Roetter, R.P ,.Hoanh, C.T., Laborte, A.G., Van Keulen, H., Van Ittersum, M.K., Dreiser, C., ... & Van Laar, H.H. (2005). Integration of systems network (sysnet) tools for regional land use scenario analysis in asia. *Environmental Modelling & Software, 20*, 291-307
40. Roubelat, F. (2006). Scenarios to challenge strategic paradigms: Lessons from 2025, *Futures*, *38*, 519-527.
41. Santé, I. & Crecente, R. (2007). Luse, a decision support system for exploration of rural land use allocation: Application to the terra ch لdistrict of galicia (n.W. Spain). *Agricultural Systems*, *94*, 341-356.
42. Sharifi, M.A., Van Herwijnen, M., & Van Den Toorn, W.H. (2007). Spatial decision support systems. In, p. 234. *ITC*, Enschede.
43. Shim, J.P., Warkentin, M., Courtney, J.F., Power, D.J ,.Sharda, R., & Carlsson, C. (2002). Past, present, and future of decision support technology. *Decision Support Systems*, 33, 111-126.
44. Stevens, D., Dragicevic, S., & Rothley, K. (2007). Icity: A gis-ca modelling tool for urban planning and decision making. *Environmental Modelling & Software,22*, 761-773.
45. Stewart, T.J., Janssen, R., & Van Herwijnen, M. (2004). A genetic algorithm approach to multiobjective land use planning. *Computers & Operations Research*, *31*, 2293-2313.
46. Swart, R.J., Raskin, P. & Robinson, J. (2004). The problem of the future: Sustainability science and scenario analysis. *Global Environmental Change Part A*, *14*, 137-146
47. Van Herwijnen, M. (1999). *Spatial decision support for environmental management*. Elinkwijk bv, Amsterdam.
48. Wright, J., ReVelle, C., & Cohon, J. (1983). A Multiobjective Integer Programming Model for the Land Acquisition Problem. *Regional Science and Urban Economics*, *13*, 31-53.
49. Yue, C. D., & Yang, G. G-L. (2006). Decision support system for exploiting local renewable energy sources: A case study of the Chigu area of southwestern Taiwan. *Energy Policy*, In Press.
50. Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, *8*, 338-353.
51. Zavala, M. A. & Burkey, T. V. (1997). Application of ecological models to landscape planning: the case of Mediterranean basin. *Landscape & Urban Planning*, *38*, 213-227.
52. Zhou, P., Ang, B. W. & Poh, K. L. (2006). Decision analysis in energy and environmental modeling: *An update. Energy*, *31*, 2604–2622.
53. Zhou, Q., Huang, G. H., & Chan, C. W. (2004). Development of an intelligent decision support system for air pollution control at coal-fired power plants. *Expert Systems with Applications*, *26*, 335–356.