

توسعه یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی (SDSS) با رویکردی آمایشی در تحلیل تناسب اراضی

مرتضی امیدی پور^{۱*}، نجمه نیسانی سامانی^۲، آرا تومانیان^۳، حسنعلی فرجی سبکبار^۴

۱- دانشجوی دکتری سنجش‌ازدور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۲- استادیار گروه سنجش‌ازدور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۳- استادیار گروه سنجش‌ازدور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۴- دانشیار گروه جغرافیای انسانی دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۲۷

پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۲۴

چکیده

تحلیل تناسب اراضی، با توجه به ظرفیت‌ها و در نظر گرفتن ملاحظات اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی از مهم‌ترین مباحث جغرافیایی در برنامه‌های آمایش سرزمین است. نبود دیدگاهی یکپارچه و عدم قطعیت موجود در این مسائل موجب شده که تحلیل تناسب اراضی با تعارض‌هایی ذاتی همراه باشد. در حال حاضر تحلیل تناسب اراضی در برنامه‌های آمایش بدون در نظر گرفتن تعارضات حاکم بر جریان مدل‌سازی تحلیل اراضی صورت می‌گیرد. هدف پژوهش حاضر، توسعه یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی (SDSS) متناسب با نیاز برنامه‌های آمایشی، بر مبنای مدل لوسیس (LUCIS) است. پژوهش حاضر، بر سه نوع عمده کاربری اراضی یعنی شهری، کشاورزی و منابع طبیعی با دیدگاهی یکپارچه متمرکز می‌شود. در سامانه طراحی‌شده، تقاضا و ملاحظات مربوط به ذی‌نفعان، با توسعه و به‌کارگیری یک سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی (SDSS) عملیاتی شده است. در این راستا از تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDA)، در کنار قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) بهره گرفته شد. دست‌آورد تحقیق سیستمی مکانی متناسب با نظریات تصمیم‌گیرندگان است که تحلیل تناسب اراضی را با در نظر گرفتن تعارضات موجود مدل‌سازی می‌کند.

واژگان کلیدی: سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی، تناسب اراضی، کهگیلویه و بویراحمد، مدل لوسیس.

۱- مقدمه

به‌منظور ایجاد تعادل بین انسان، فعالیت و فضا انواع برنامه‌های آمایشی تدوین می‌شوند (مخدوم، ۱۳۸۹: ۲۸) که در آن‌ها استفاده بهینه و مطلوب از اراضی برای اهداف مختلف مورد تأکید است. هدف اصلی در این برنامه‌ها، بررسی چگونگی تقسیم و تخصیص زمین به انواع عملکردهاست (چاخر و موسیو، ۲۰۰۸: ۱۱۴)؛ بنابراین می‌توان برنامه‌ریزی کاربری زمین را نوعی برنامه آمایش دانست که می‌تواند در سطوح محلی، منطقه‌ای و در سطح ملی اجرا شود.

فعالیت‌های مختلف انسانی در زمین و الزامات اکولوژیکی، موجب می‌شود تا هر منطقه برای عملکردی خاص توسعه پیدا کند. در این‌صورت، نیاز است تا مناطق گوناگون را برای هر نوع توسعه اولویت‌بندی کرد (داداش پور و همکاران، ۱۳۹۲: ۳۳)؛ بنابراین ارزیابی تناسب سرزمین برای استفاده از اراضی از اصلی‌ترین مقولاتی است که برنامه‌ریزان با آن روبرو هستند (کولینز و همکاران، ۲۰۰۱؛ جورین و همکاران، ۲۰۰۱؛ مالچوسکی، ۲۰۰۴). می‌توان گفت که ارزیابی تناسب زمین، ابزاری برای طراحی و پیش‌بینی الگوی بهینه استفاده از کاربری زمین است که سعی دارد مناقشات و کشمکش‌های زیست‌محیطی را به حداقل برساند. چنانچه ارزیابی تناسب یا استعداد زمین به‌صورت یک مسئله تصمیم‌گیری با فاکتورها و معیارهای چندگانه با سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) یکپارچه شود، الگویی را برای برنامه‌ریزی کاربری زمین مهیا می‌کند که مناقشات را به حداقل رسانده و نظرات دست‌اندرکاران را تا حد زیادی لحاظ می‌کند (امیدی‌پور، ۱۳۹۴: ۳).

در فرایند برنامه‌ریزی کاربری زمین همواره معیارهای متعدد و غالباً متعارض وجود داشته است (کار و ژوئیک، ۲۰۰۷)؛ همچنین تصمیم‌گیری در رابطه با کاربری زمین عمدتاً بر مبنای تعامل میان فرد و یا گروه تصمیم‌گیرنده، همچنین براساس تحلیل‌های مکانی صورت می‌گیرد (جلوخوانی نیارکی و مالچوسکی، ۲۰۱۵؛ جلوخوانی نیارکی و همکاران، ۲۰۱۸؛ مالچوسکی، ۲۰۰۴). از این‌رو سامانه‌های پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی، می‌توانند به‌عنوان ابزاری توانمند جهت مواجهه با چنین مسائلی مورد استفاده قرار گیرند (گودچایلد و جانل، ۲۰۰۴؛ جلوخوانی نیارکی و مالچوسکی، ۲۰۱۵؛ ساگاماران و دگروت، ۲۰۱۰).



۲- بیان مسئله

برنامه‌ریزی کاربری زمین، به مثابه محصول نهایی فرایند برنامه‌ریزی فضایی^۱، به دنبال ارائه الگوی مطلوب زمین و تعیین اولویت‌های توسعه با توجه به ظرفیت‌هاست. این فرایند به دلیل عدم قطعیت شرایط و ویژگی‌های منطقه‌ای، با تعارض‌هایی ذاتی همراه است (داداش‌پور و همکاران، ۱۳۹۲: ص ۳۷). پرداختن به مسئله ناسازگاری کاربری اراضی از مهم‌ترین دغدغه‌های برنامه‌ریزان کاربری اراضی است. از سوی دیگر برنامه‌ریزان همواره با نوعی چالش تصمیم‌گیری درباره نحوه مداخله و اختصاص زمین به نوع خاصی از فعالیت مواجه‌اند.

استان کهگیلویه و بویراحمد با وجود دارا بودن منابع ارزشمندی همچون نفت، گاز، شرایط طبیعی، اقلیمی و جاذبه‌های گردشگری منحصربه‌فرد، از وضعیت توسعه اقتصادی و اجتماعی مطلوبی برخوردار نیست. توسعه اراضی در استان در طول زمان به‌طور سنتی و بدون طرح از پیش تعیین‌شده، براساس سلايق مالکین زمین صورت گرفته که این امر موجب نابسامانی‌هایی در ابعاد مختلف شده است (امیدی‌پور، ۱۳۹۴: ۹۷).

از آنجاکه اولویت انتخاب زمین برای عملکردی خاص، با پیچیدگی‌های زیادی همراه است، برای حل این مسائل باید از ابزارها و تمهیدات ویژه‌ای بهره گرفته شود. سیستم‌های پشتیبان تصمیم مکانی (SDSS)^۲ در همین راستا و در جهت رفع این محدودیت‌ها توسعه یافته‌اند. افزایش حجم داده‌های مکانی، نیاز به تحلیل این داده‌ها، آشکارشدن برخی از محدودیت‌های سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)^۳ و توسعه سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری (DSS)^۴، موجب توسعه چنین سیستم‌هایی شده است.

پژوهش حاضر در پی ارائه راه‌حلی برای افزایش کارایی تصمیم‌گیران در مبحث برنامه‌ریزی کاربری اراضی است. در این رابطه یک SDSS توسعه داده شده که بر مبنای مدل لوسیسی، مدل‌سازی کاربری اراضی را انجام خواهد داد؛ همچنین در این سامانه ابزارهایی برای پشتیبانی از تصمیمات ذی‌نفعان ارائه شده است.

۱- Spatial planning

۲- Spatial Decision Support Systems

۳- Geographic Information System (GIS)

۴- Decision Support Systems

۲- مبانی نظری

۲-۱- سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی (SDSS)

مفهوم SDSS به موازات توسعه DSS تکامل یافته است. در واقع SDSS همان DSS است به انضمام عنصر مکان. SDSS را می‌توان یک سیستم مبنی بر کامپیوتر تعریف کرد که در راستای پشتیبانی از کاربر یا گروهی از کاربران در حل یک مسئله تصمیم‌گیری مکانی نیمه‌ساختاریافته^۱ طراحی شده است (چاکر و موسیو، ۲۰۰۸). از نظر دنشام^۲ یک SDSS باید: (۱) سازوکارهایی برای ورود داده‌های مکانی فراهم آورد، (۲) امکان نمایش داده‌های مکانی را فراهم سازد، (۳) دارای قابلیت‌های تحلیلی برای مدل‌سازی مکانی باشد و (۴) از تصمیمات برنامه‌ریزان پشتیبانی کند. در مطالعه حاضر تلاش بر این بوده که هر چهار ویژگی ذکر شده، به صورت یکپارچه ایجاد گردد. مشخصات یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی در زیر ارائه شده است:



شکل ۱: مشخصات یک SDSS (ساگاماران و دگروت، ۲۰۱۰)

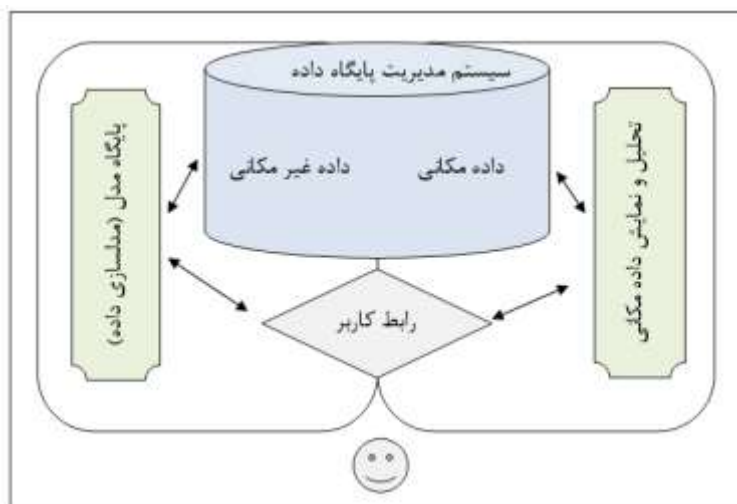
یک SDSS باید بتواند مسائل با ساختار ضعیف را حل کند، رابط کاربر مناسبی داشته باشد، انعطاف‌پذیر باشد و برای تحلیل و نمایش اطلاعات مکانی ابزارهای مناسبی را در اختیار

۱- Semi Structured

۲- Densham



مرتضی امیدی پور و همکاران ----- توسعه یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی (SDSS) ...
 تصمیم‌گیرندگان قرار دهد. مؤلفه‌های یک SDSS شامل پایگاه داده، مدل‌های مکانی، واسطه کاربر، ابزارهای گزارش‌دهی و بصری‌سازی، نرم‌افزارهای مختلف، پایگاه دانش و کاربر می‌باشد. البته باید به این نکته نیز اشاره داشت که در منابع علمی توافق نظر در رابطه با مؤلفه‌های اصلی SDSS وجود ندارد.



شکل ۲: مؤلفه‌های یک SDSS (امیدی پور، ۱۳۹۴: ۹۷)

مؤلفه‌های DSS به‌طور سنتی شامل، پایگاه داده، مدل و رابط کاربر است. همچنین پایگاه داده، رابط کاربر و قابلیت تولید، تحلیل و ارائه داده‌های مکانی نیز به‌عنوان مؤلفه‌های GIS می‌باشند. ترکیب روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره^۱ (MCDM) و قابلیت‌های تحلیلی GIS در تحلیل مکانی سبب شد تا محدودیت‌های روش‌های رایج MCDM در رابطه با تحلیل‌های مکانی رفع شود و این امر به‌نوبه خود سبب ایجاد MC-SDSSها شد (جلوخوانی نیارکی و مالچوسکی، ۲۰۱۵؛ مالچوسکی، ۲۰۰۴؛ مالچوسکی و رینر، ۲۰۱۶)^۲. روش‌های (MC-SDSS) از نظریه‌های تصمیم‌گیری اقتباس شده در این رابطه از GIS برای تحلیل‌های مکانی و از روش‌های MCDM برای در نظر گرفتن اولویت‌ها، وزن‌ها و نظرات ذی‌نفعان استفاده می‌شود. تحلیل تناسب اراضی و مکان‌یابی از جمله مواردی است که برای حل آن‌ها در بسیاری از موارد از MC-SDSS استفاده می‌شود. انگیزه اصلی برای ادغام GIS و MCDA نیاز برای افزودن قابلیت‌های GIS در تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی است. در

۱- Multiple-criteria decision-making (MCDM)

۲- Multi-criteria Spatial Decision Support Systems

بنیادی‌ترین سطح MC-SDSS روندی است که داده‌های جغرافیایی (نقشه‌های ورودی) و اولویت‌های تصمیم‌گیرندگان (خبرگان یا عاملین) را به نقشه تصمیم (خروجی) تبدیل می‌کند. این روند شامل استفاده از داده‌های جغرافیایی، اولویت تصمیم‌گیرندگان و ادغام داده‌ها و اولویت‌ها براساس قوانین تصمیم است (مالچوسکی و رینر، ۲۰۱۶). دو روش AHP و TOPSIS از جمله روش‌های پرکاربرد توسط محققین در مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌باشند (پورطاهری، ۱۳۹۲؛ رکن‌الدین‌افتخاری و همکاران، ۱۳۹۲). در مقایسه با سایر روش‌ها، AHP (علی‌رغم نقاط ضعفی که دارد) به‌عنوان پرکاربردترین و مورد استفاده‌ترین روش در مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره شناخته می‌شود.

۲-۲- تحلیل تناسب اراضی با مدل لوسیسی

تحلیل تناسب کاربری زمین^۱ (LSA) روشی برای تخصیص مناسب‌ترین اراضی به بهترین کاربری‌ها براساس مجموعه‌ای از معیارها و اهداف تعیین شده است (کار و ژوئیک، ۲۰۰۷). به‌منظور بررسی میزان ارزش نوع خاصی از زمین، عوارض را در قالب مجموعه‌ای از لایه‌های رستری رتبه‌بندی می‌کنند. در ادامه هر یک از لایه‌های رستری، با توجه به رتبه و وزنی که به آن‌ها اختصاص داده شده، با سایر لایه‌ها ترکیب می‌شوند و در نهایت خروجی آن یک نقشه تناسب است که در آن مناطق با بیشترین و کمترین اولویت برای کاربردی خاص ارزش‌گذاری می‌شوند. روش کار در این نوع تحلیل آسان به نظر می‌رسد هرچند که عدم رعایت برخی نکات و ضوابط ممکن است موجب نتیجه‌گیری اشتباه شود. برای مثال مقیاس اندازه‌گیری (اسمی، ترتیبی، فاصله‌ای و نسبی) از جمله ملاحظات است که باید در تحلیل تناسب اراضی مد نظر قرار گیرد. پیدایش سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) در پیشبرد روش‌های LSA نقشی کلیدی داشته است.

راهبرد تشخیص ناسازگاری کاربری زمین (LUCIS)^۲، مدلی هدف‌گراست که الگوهای آینده کاربری زمین و نیز تعارض‌های کاربری‌ها را نشان می‌دهد (کار و ژوئیک، ۲۰۰۷). منشأ فکری LUCIS از اثر آدام^۳، یکی از زیست‌شناسان قرن بیستم، اقتباس شده است. وی در مقاله «راهبرد توسعه اکوسیستم» چهار نوع اصلی کاربری زمین را در چارچوب مدلی ساده ارائه می‌دهد. در این مدل، اکوسیستم‌های دارای قابلیت رشد و حالت پویا، می‌تواند به‌منظور بهره‌برداری از مزایای دوطرفه، در ارتباط متقابل با نواحی صنعتی و شهری استفاده شود. در مدل آدام تمامی اراضی در چهار دسته تقسیم‌بندی می‌شوند:

1- Land Suitability Analyses (LSA)

2- Land Use Conflict Identification Strategy (LUCIS)

۳- Adam



مرتضی امیدی پور و همکاران ----- توسعه یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی (SDSS) ...

- نواحی تولیدکننده: در آن فرایند توالی توسط موانع انسانی تولید به تأخیر می‌افتد؛
 - نواحی حفاظتی یا طبیعی: در آن، توالی پذیرفته‌شده و سعی در محافظت از آن است؛
 - نواحی بینابین: در آن ترکیبی از مراحل اول و دوم اعمال می‌شود؛
 - نواحی شهری-صنعتی: از نظر بیولوژیکی دارای اهمیت کمی می‌باشند.
- مدل آدام، اساسی را برای طبقه‌بندی کاربری زمین در مدل لوسیسی فراهم ساخت. در جدول زیر طبقه‌بندی کاربری اراضی توسط آدام و نیز نحوه طبقه‌بندی اراضی در مدل لوسیسی ارائه شده است.

جدول ۱: انواع دسته‌های کاربری اراضی در مدل لوسیسی (کار و ژوئیک، ۲۰۰۷)

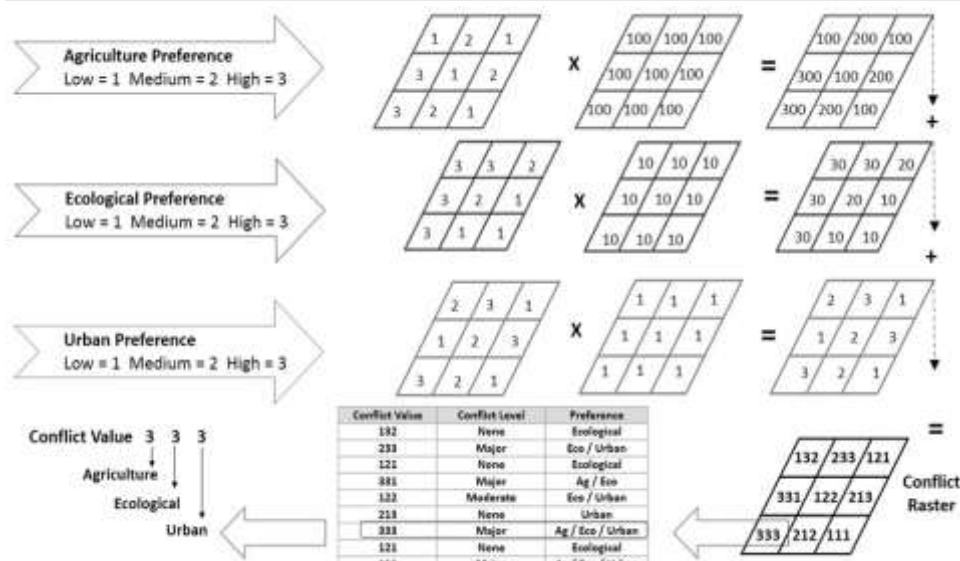
طبقه‌بندی کاربری اراضی اولیه از آدام	طبقه‌بندی کاربری اراضی در مدل LUCIS
تولیدکننده	کشاورزی: زمین‌هایی که جهت تولید استفاده می‌شوند
حفاظتی	حفاظتی: زمین‌های مشخص طبیعی
توافقی	
شهر / صنعت	شهری: زمین‌هایی که برای فعالیت انسان از جمله مسکونی، تجاری، اداری اوقات فراغت و کاربری صنعتی در نظر گرفته می‌شود.

استفاده از مدل LUCIS مستلزم وجود سه گروه از طرفداران، برای هر یک از کاربری‌های سه‌گانه است تا هر یک از آن‌ها، به دفاع و حمایت از سه نوع طبقه کاربری زمین بپردازند. در ادامه، هر سه نتیجه حاصل‌شده از دفاعیات آن‌ها، با یکدیگر مقایسه شده و با انجام این فرایند، مناطقی که در آن‌ها تضادهای بالقوه‌ای وجود دارد، مشخص می‌گردند (تایمز، ۲۰۰۹: ۳۲). شکل زیر مراحل مدل لوسیسی را به‌منظور تحلیل تناسب و شناسایی تعارض‌ها نشان می‌دهد.



شکل ۳: پنج مرحله اصلی در مدل لوسیسی

نتیجه اجرای مدل لوسیسی در مرحله اول تعیین میزان تناسب برای سه دسته کاربری اصلی است. مشخص شدن اولویت نهایی توسعه برای هر کدام از اهداف مستلزم عملیات همپوشانی و اخذ نظرات خبرگان است. در این تحقیق برای تعیین اولویت‌ها از روش AHP استفاده شده است. با توجه به این که مدل LUCIS، با تکیه بر سه طبقه عمده از کاربری‌های زمین اجرا می‌شود، لذا این سه طبقه، می‌توانند مکعبی را تشکیل دهند که در آن، هر یک از اضلاع، بیانگر یکی از کاربری‌ها است؛ بنابراین دیاگرام حاصل شده نیز حالت سه بعدی خواهد داشت. مکعب ایجاد شده از این تلفیق، مشتمل بر ۲۷ مکعب کوچک‌تر است که هر یک از آن‌ها، ترکیبات واحدی از مقادیر (۱) اولویت بالا، (۲) اولویت متوسط و (۳) اولویت کم برای سه نوع کاربری کشاورزی، حفاظتی و شهری است. برای شناسایی نواحی دارای تضاد، هر سه رستر نهایی مرتبط با اولویت‌های مختلف توسعه مجدداً با هم ترکیب می‌شوند و براساس امتیاز نهایی میزان تضاد شناسایی می‌شود (شکل ۴). تضاد و ناهمگونی بین کاربری‌ها در صورتی اتفاق می‌افتد که یک سلول مکانی در اولویت خود برای توسعه در هر سه کاربری ارزش یکسانی را داشته باشد. شکل زیر نحوه تولید نقشه تضاد را به تصویر کشیده است.



شکل ۴: مراحل تولید نقشه تضاد

در نقشه نهایی مقادیر دارای تضاد بین کاربری کشاورزی و شهری (سلول‌های حاوی مقادیر ۳۱۳، ۳۲۳ و ۲۱۲)، شهری و حفاظتی (سلول‌های حاوی مقادیر ۱۳۳، ۲۳۳ و ۱۲۲) و کشاورزی و حفاظتی (سلول‌های حاوی مقادیر ۳۳۱، ۳۲۲ و ۲۲۱) مشخص خواهد شد. در این حالت سایر مناطق باقیمانده سه ترکیب مختلف را در بر می‌گیرند که در آن‌ها، مقادیر اولویت برای هر سه نوع کاربری (۲۲۲، ۳۳۳ و ۱۱۱) یکسان است؛ بنابراین در هنگام تهیه نقشه تضاد بین کاربری‌ها، پنج دسته عمده از تضادها، وجود خواهند داشت. SDSS ارائه‌شده در این تحقیق به‌صورت خودکار نقشه‌های تضاد و نقشه‌های تناسب در هر سه دسته کاربری را ایجاد خواهد کرد.

در این مقاله تأکید اصلی بر روی توسعه سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی است و بنابراین به خوانندگان توصیه می‌شود برای اطلاعات بیشتر از مدل لوسیسی به کار و ژوئیک (۲۰۰۷) و امیدی پور و همکاران (۱۳۹۶) مراجعه شود. لوسیسی مدلی برای تحلیل و تخصیص تناسب اراضی است که می‌توان آن را در سطوح مختلف محلی، منطقه‌ای و ملی مورد استفاده قرار داد.

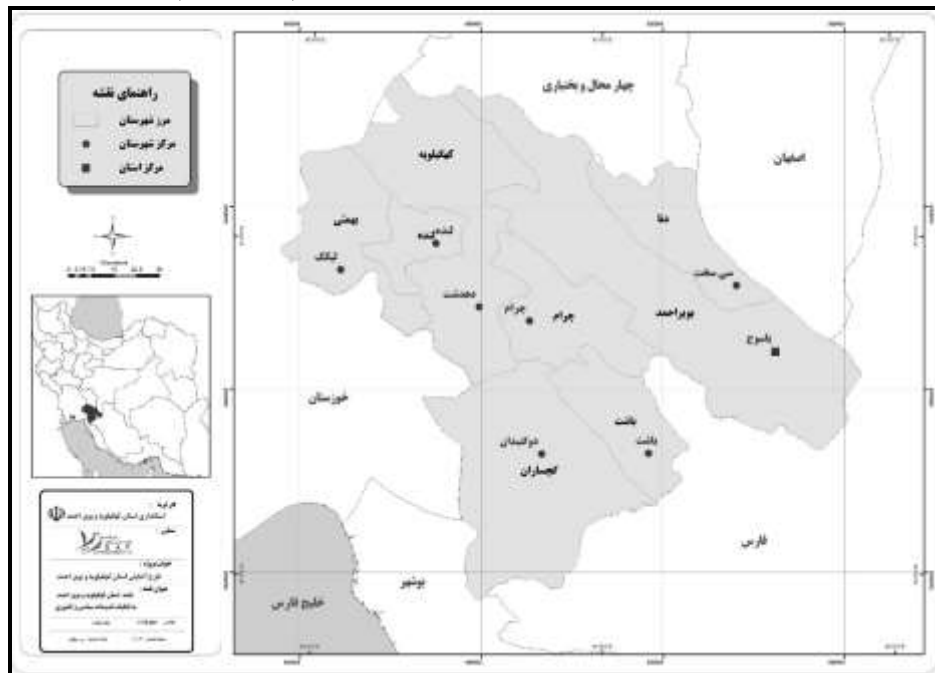
۳- روش تحقیق

از آنجاکه پژوهش حاضر به دنبال توسعه یک SDSS است از این‌رو در گروه پژوهش‌های کاربردی- اجرایی قرار می‌گیرد؛ در این رابطه تلاش بر آن بوده که یک جعبه‌ابزار در محیط نرم‌افزار ArcGIS توسعه داده شود که در زمینه برنامه‌ریزی کاربری اراضی از تصمیمات برنامه‌ریزان پشتیبانی کند. با استفاده از زبان برنامه‌نویسی پایتون^۱ و استفاده از قابلیت‌های Model Builder در نرم‌افزار ArcGIS جعبه‌ابزار مورد نظر طراحی و پیاده‌سازی شده است. در این تحقیق از ابزارها و نرم‌افزارهای زیر استفاده شده است:

- ◀ نرم‌افزار ArcGIS نرم‌افزار پایه جهت طراحی و پیاده‌سازی SDSS
- ◀ نرم‌افزار Python 2.7 جهت اسکریپت نویسی و توسعه ابزارهای مدل LUCIS
- ◀ نرم‌افزار Python win برای سهولت در نوشتن کدهای تحلیل مکانی
- ◀ برنامه Model Builder برای تجسم بصری و گرافیکی در نحوه اجرا ابزارهای توسعه‌داده‌شده

۳-۱- شناخت محدوده مورد مطالعه

استان کهگیلویه و بویراحمد با مساحتی حدود ۱۵۵۰۴ کیلومترمربع، واقع در دامنه‌های سلسله جبال زاگرس، بین ۲۹ درجه و ۵۶ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۵۳ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۵۳ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است (مهندسین مشاور، ساپ، ۱۳۹۳). این استان از شمال به استان چهارمحال و بختیاری، از جنوب به استان‌های فارس و بوشهر، از شرق به استان‌های فارس و اصفهان و از غرب به استان خوزستان محدود می‌شود (امیدی‌پور، ۱۳۹۴: ۹۰).



شکل ۵: موقعیت استان کهگیلویه و بویراحمد (مأخذ: مهندسین مشاور ساپ، ۱۳۹۴)

۴- یافته‌های تحقیق

برای تعریف اهداف در مدل لوسیسی باید پتانسیل‌ها و قابلیت‌های هر منطقه را مورد بررسی قرار داد. هدف از انجام این مرحله شناخت وضعیت موجود استان و تعریف اهداف برای ۳ دسته اصلی کاربری اراضی می‌باشد.

جدول ۲: وضعیت کلی و اختصاصی اهداف هر ۳ کاربری در منطقه مورد مطالعه

شهری	
گزینه مورد نظر	شناسایی زمین‌های مناسب برای توسعه شهری/روستایی
هدف ۱	شناسایی اراضی مستعد از نظر توان اکولوژیک.
هدف ۲	شناسایی اراضی مستعد از نظر اقتصادی و اجتماعی.
هدف ۳	شناسایی اراضی مستعد برای فعالیت‌های گردشگری (شایان و پارسایی، ۱۳۸۶، فرج‌زاده و همکاران، ۱۳۸۷).
هدف ۴	شناسایی اراضی مستعد برای توسعه فعالیت‌های صنعتی و معدنی.
هدف ۵	شناسایی اراضی که در آن‌ها توسعه سکونتگاه انسانی (شهری-روستایی) نباید صورت گیرد.

کشاورزی	
گزینه مورد نظر	شناسایی اراضی مستعد برای توسعه کشاورزی
هدف ۱	شناسایی اراضی مناسب برای کشت غلات دیم.
هدف ۲	شناسایی اراضی مناسب برای کشت برنج.
هدف ۳	شناسایی اراضی مستعد برای فعالیت‌های باغداری.
هدف ۴	شناسایی اراضی مناسب برای فعالیت شیلات (پرورش ماهی).
حفاظتی	
گزینه مورد نظر	شناسایی اراضی مستعد برای حفاظت دائمی از طریق سیاست‌های حفاظتی
هدف ۱	شناسایی اراضی که از نظر جغرافیایی باید حفاظت شوند.
هدف ۲	شناسایی اراضی که از نظر حقوقی و قانونی باید مورد حفاظت قرار گیرند.
هدف ۳	شناسایی اراضی مستعد که تنوع گونه‌ای منحصر به فرد دارند.

علاوه بر موارد ذکر شده در جدول بالا یک مجموعه سلسله مراتبی از اهداف و زیراهداف، که از هدف مربوط به هر سه دسته کاربری را پشتیبانی می‌کنند نیز تعریف خواهد شد (در اینجا برای رعایت اختصار، فقط به اهداف جزئی کاربری شهری پرداخته می‌شود).

جدول ۳: اهداف جزئی پشتیبان هدفی با نام «شناسایی اراضی مستعد از نظر توان اکولوژی»

هدف ۱ کاربری شهری	شناسایی اراضی مستعد از نظر توان اکولوژیک
هدف ۱/۱	شناسایی اراضی مناسب از نظر شکل زمین مناسب برای توسعه شهری
هدف جزئی ۱/۱/۱	شناسایی اراضی مناسب از نظر ارتفاعی.
هدف جزئی ۲/۱/۱	شناسایی اراضی مناسب از نظر شیب زمین.
هدف جزئی ۳/۱/۱	شناسایی اراضی مناسب از جنبه جهات جغرافیایی.

با بررسی و مرور منابع و نیز استفاده از نظرات خبرگان برای تمام اهداف جدولی به‌مانند جدول فوق ایجاد شده و ارزش‌های تناسب برای هر کلاس مشخص شده است.

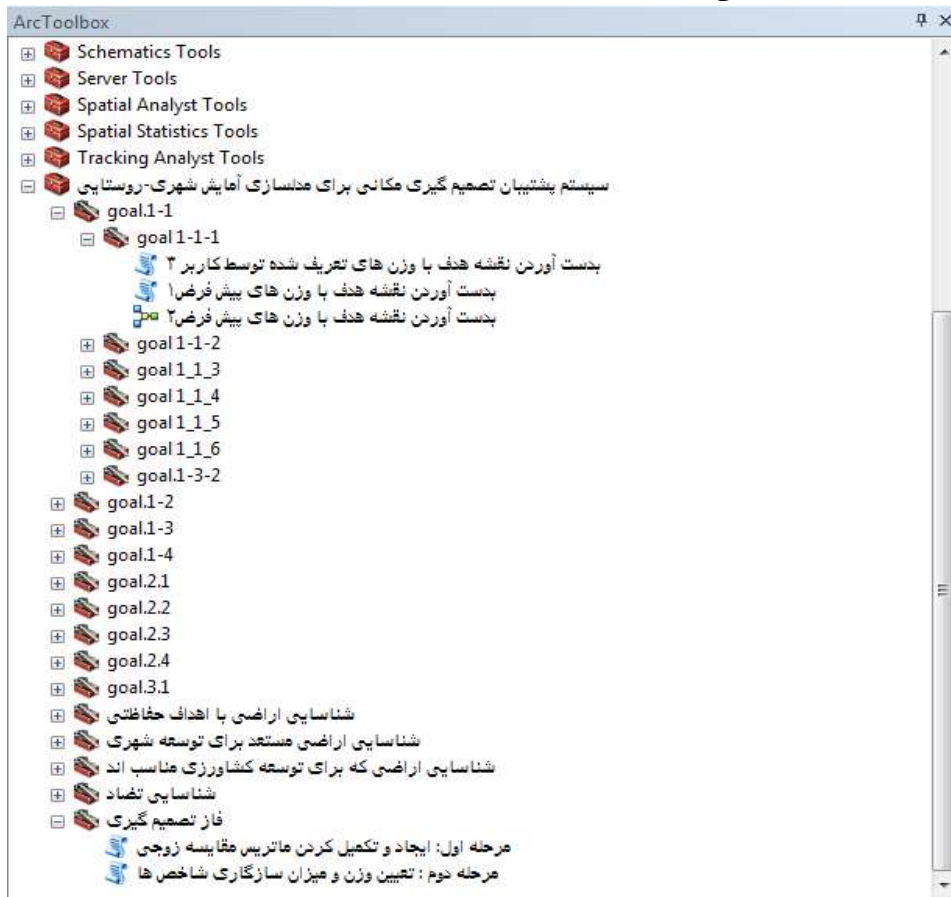
۴-۱- پیاده‌سازی سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی

در این مرحله با استفاده از زبان برنامه‌نویسی پایتون در محیط نرم‌افزار ArcGIS، جعبه‌ابزاری توسعه داده شد که تمامی مراحل مدل LUCIS را به‌صورت خودکار انجام می‌دهد. جعبه‌ابزار توسعه داده شده در شکل زیر مشاهده می‌شود. همان‌گونه که در شکل فوق مشاهده می‌شود برای هر کدام از اهداف یک ابزار ساخته شده است که یک سری امکانات را برای کاربر فراهم می‌سازد. برای مثال در رابطه با

مرتضی امیدی پور و همکاران ----- توسعه یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی (SDSS) ...

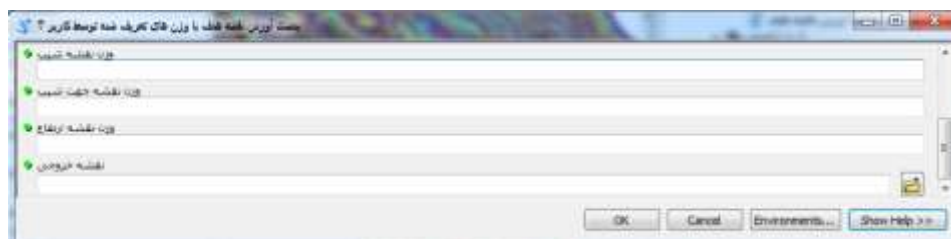
هدف جزئی (۱-۱-۱) ابزاری توسعه داده شده است که به چند صورت می‌تواند نقشه تناسب مربوطه را تولید نماید:

- به‌دست‌آوردن نقشه هدف با وزن‌های تعریف‌شده توسط کاربر
- به‌دست‌آوردن نقشه هدف با وزن‌های پیش‌فرض
- نمایش شکل گرافیکی توسط برنامه Model Builder برای درک بهتر کاربر از نحوه اجرای ابزار



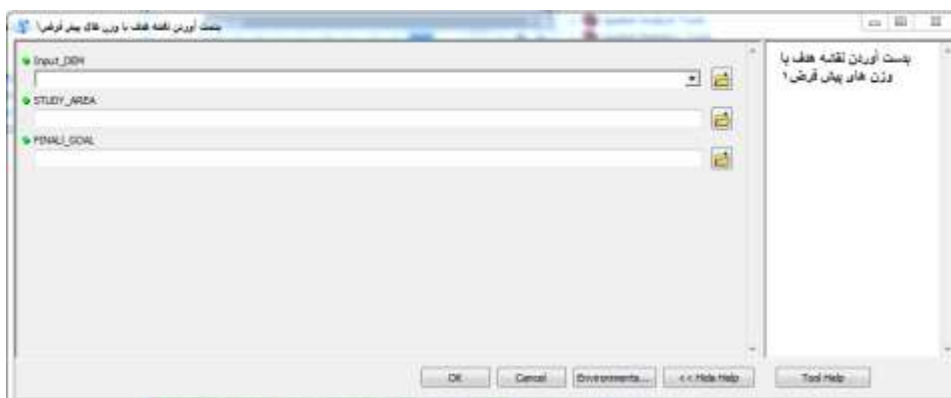
شکل ۵: جعبه‌ابزار توسعه‌داده‌شده در محیط ArcGIS

برای مثال هدف (۱-۱) پیدا کردن اراضی مناسب برای توسعه شهری از نظر شکل زمین است (به جدول تعریف اهداف مراجعه شود). برای به‌دست‌آوردن نقشه تناسب سه شاخص در نظر گرفته شده است. این سه شاخص عبارت‌اند از شیب، جهت شیب و ارتفاع. شکل زیر ابزار توسعه‌داده‌شده برای این هدف را نشان می‌دهد.



شکل ۶: ابزار ایجادشده برای به‌دست‌آوردن هدف (۱-۱) با استفاده از وزن‌های تعریف‌شده توسط کاربر

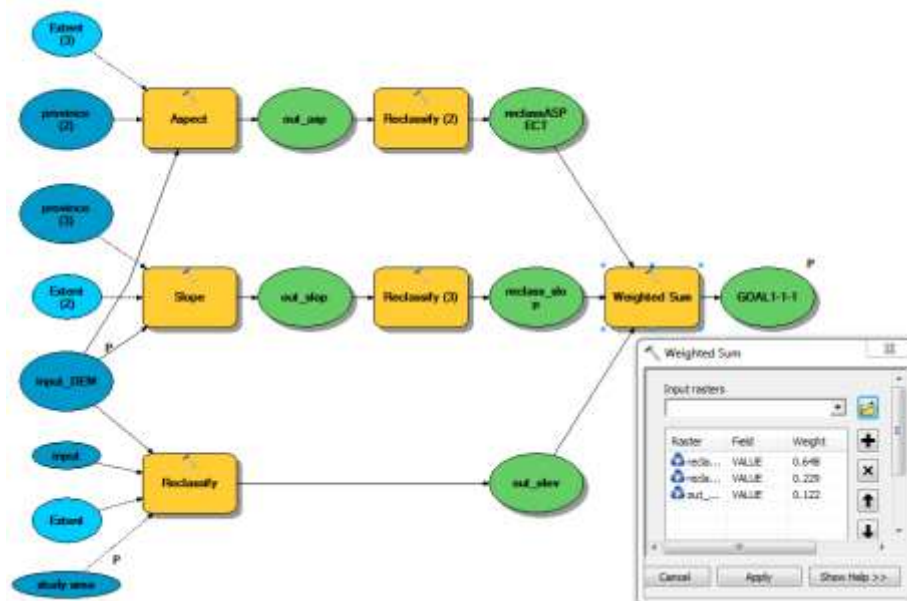
در حالت اول (شکل ۶) کاربر تنها وزن مربوط به هر ۳ معیار را به همراه محل ذخیره نقشه خروجی وارد می‌کند و سایر مراحل مدل‌سازی توسط سیستم انجام می‌شود.



شکل ۷: ابزار ایجادشده برای به‌دست‌آوردن هدف (۱-۱) با استفاده از وزن‌های پیش‌فرض

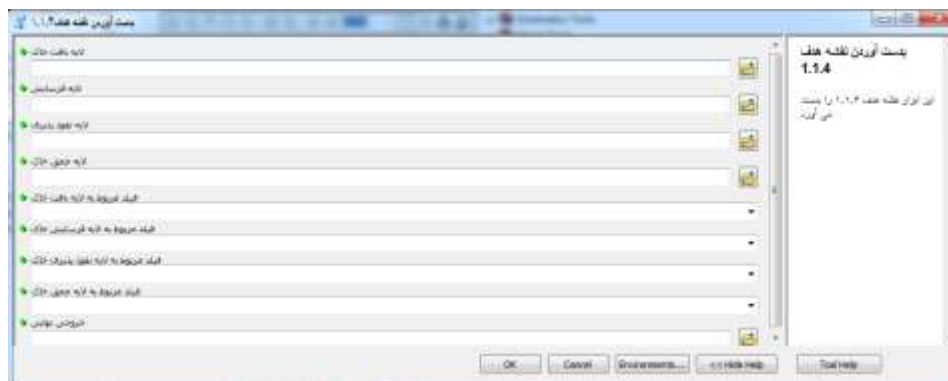
در حالت دوم (شکل ۷) کاربر تنها لایه DEM، محدوده مورد مطالعه و محل ذخیره نقشه تناسب نهایی را به سیستم معرفی می‌کند و سایر مراحل مدل‌سازی به‌صورت خودکار صورت می‌گیرد. همچنین برای اینکه کاربر درکی از فرایند نحوه مدل‌سازی داشته باشد با استفاده از Model Builder نیز ابزاری طراحی شده است که کاری مشابه با حالت دوم را انجام می‌دهد. این ابزار در درک بهتر کاربر از فرایند کار و وزن‌های تعریف‌شده نقش مؤثری ایفا خواهد کرد.

مرتضی امیدی پور و همکاران ----- توسعه یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی (SDSS) ...



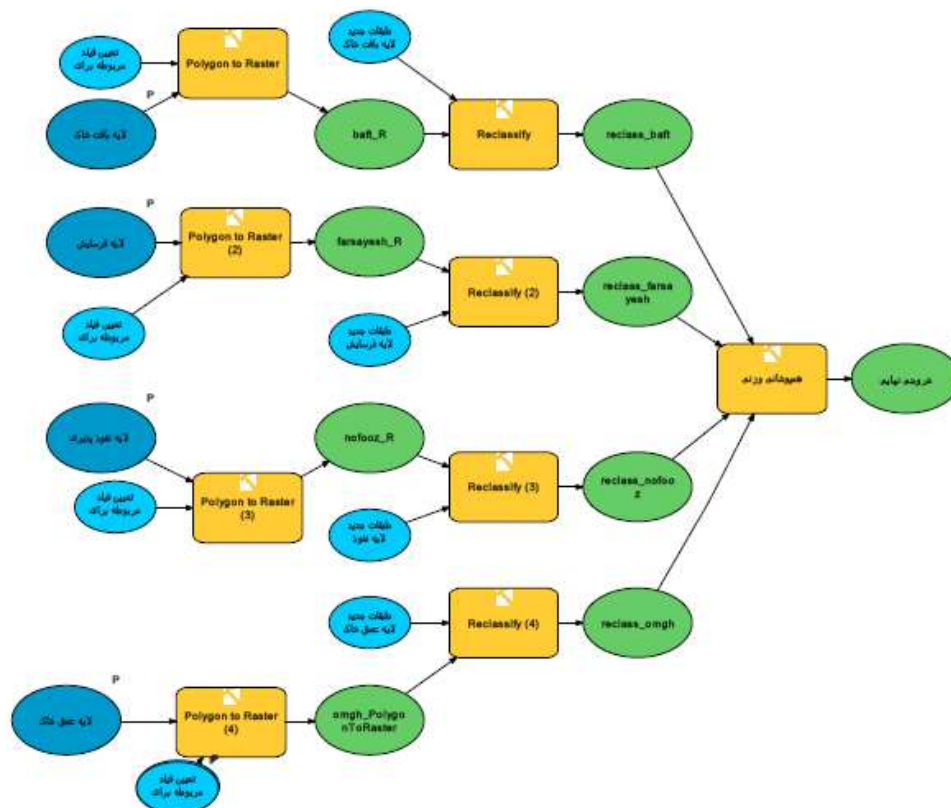
شکل ۸: ابزار ایجاد شده برای به دست آوردن هدف (۱-۱) با استفاده از Model Builder

باید به این نکته نیز اشاره کرد که برای هر کدام اهداف به شکل یکسان عمل نشده است و در توسعه هر ابزار سعی بر این بوده است که کاربر با وارد کردن حداقل ورودی‌ها به نتیجه مطلوب دست یابد. برای مثال برای هدف (۱-۴) ابزاری به شکل زیر طراحی شده است.



شکل ۹: ابزار ایجاد شده برای به دست آوردن هدف (۱-۴)

ابزار تولیدشده در شکل فوق کاری مشابه نمودار زیر انجام می‌دهد.



شکل ۱۰: فرایند کاری ابزار هدف (۱-۴)

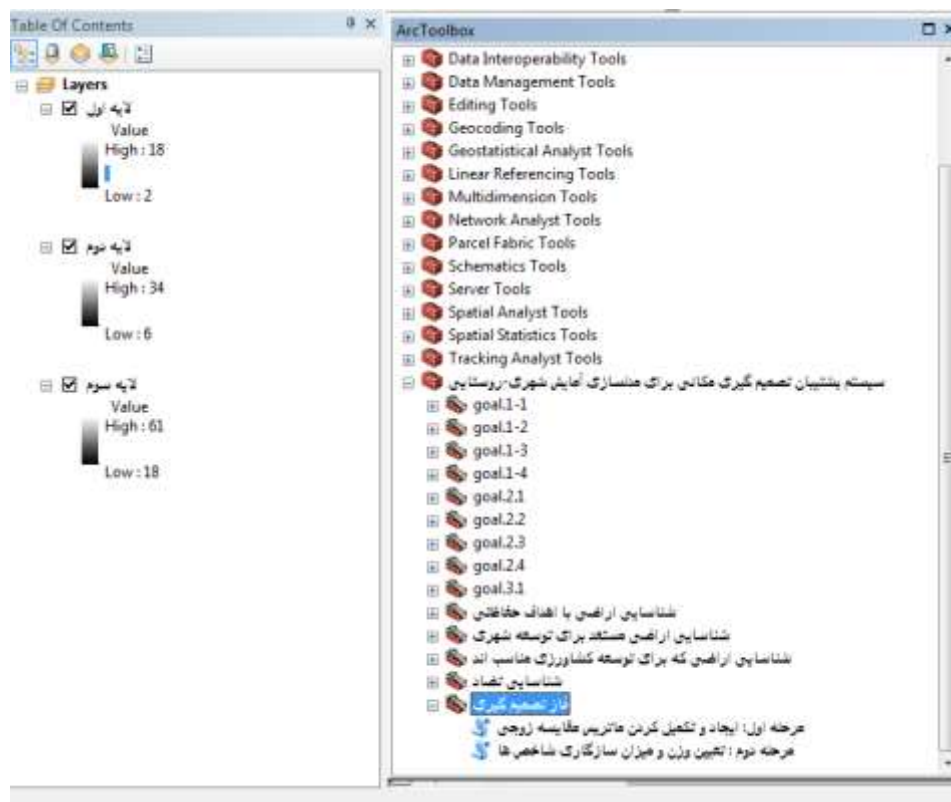
۲-۴- تعیین تناسب اراضی برای اهداف اصلی

پس از تهیه نقشه‌های تناسب توسط ابزارهای ایجادشده خروجی هر کدام از آن‌ها در مکان مشخصی ذخیره خواهد شد و سپس این خروجی‌ها به‌صورت خودکار به‌عنوان ورودی مرحله بعد (به‌دست‌آوردن نقشه هدف اصلی) فراخوانی خواهند شد. از آنجاکه مقیاس (منظور مقیاس سنجش داده است) در هر کدام از این نقشه‌ها متفاوت است، بنابراین قبل از تهیه نقشه هدف نهایی ابتدا باید فرایند نرمال‌سازی صورت گیرد. برای این منظور نیز ابزاری ایجاد شده است.

مرفعی امیدپور و همکاران ----- توسعه یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی (SDSS) ...

۳-۴- ایجاد ابزاری برای حمایت از تصمیم‌گیری

همان‌گونه که در بخش مبانی نظری در رابطه با روش‌های MC-SDSS توضیحاتی ارائه شد، یکی از نقاط ضعف GIS در رابطه با حمایت از تصمیم‌گیری کاربران است. تعامل مناسب بین تصمیم‌گیران و کامپیوتر یکی از ویژگی‌های SDSS است؛ بنابراین یک واسطه کاربر که تصمیم‌گیران بتوانند با SDSS و رایانه ارتباط برقرار کنند، موردنیاز است. در مراحل مختلف تحلیل تناسب اراضی به انجام مقایسات زوجی نیاز دارد. در تحقیق حاضر به دلیل ماهیت سلسله مراتبی اهداف تعریف، سادگی و بار محاسباتی کم از روش AHP استفاده شده است. ابزار تولیدشده در دو مرحله وزن شاخص‌ها را محاسبه می‌کند (مقایسه زوجی، محاسبه وزن).



شکل ۱۱: ایجاد ابزاری برای حمایت از تصمیم‌گیری

در مرحله اول براساس نام لایه‌هایی که در نرم‌افزار موجود است یک ماتریس مقایسه زوجی به‌صورت خودکار تولید می‌شود. در این مرحله کاربر تنها می‌بایست محل ذخیره جدول و نام جدول را به سیستم معرفی کند. سپس کاربر این ماتریس مقایسه زوجی را تکمیل خواهد کرد.



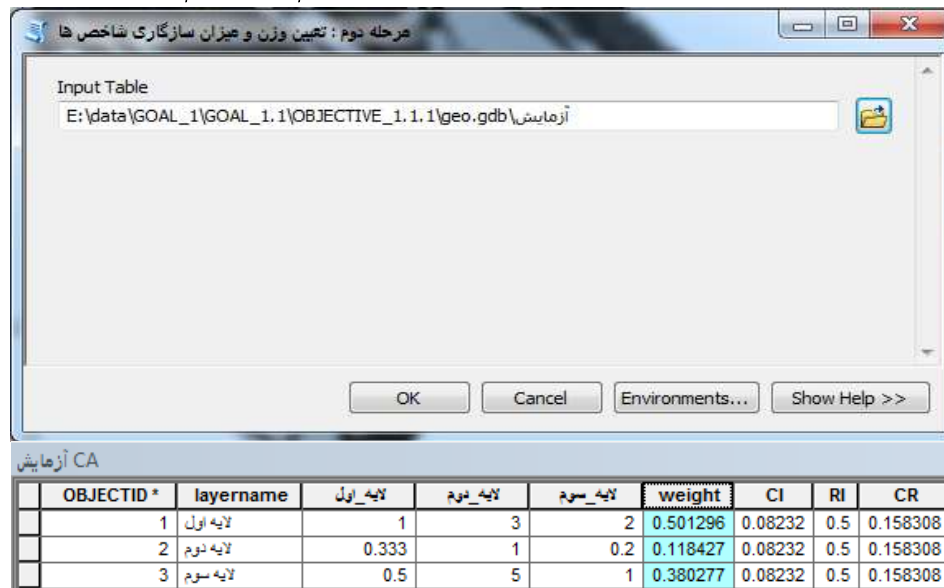
شکل ۱۲: توسعه ابزاری برای ایجاد ماتریس مقایسه زوجی

در مرحله دوم کاربر جدولی که مقایسات زوجی در آن تکمیل شده است را به‌عنوان ورودی به سیستم معرفی می‌کند و سیستم به‌صورت خودکار وزن شاخص‌ها را محاسبه می‌کند. محاسبه شاخص ناسازگاری از دیگر قابلیت‌های این ابزار است.

آزمایش				
	OBJECTID *	layername	لایه_اول	لایه_دوم
	1	لایه اول	1	3
	2	لایه دوم	0.333	1
▶	3	لایه سوم	0.5	5

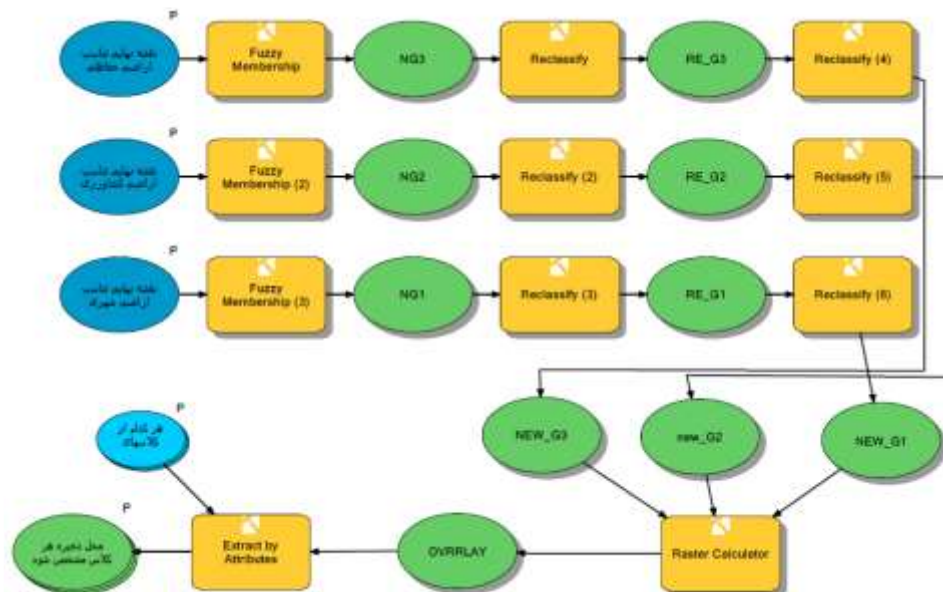
شکل ۱۳: انجام مقایسه زوجی توسط کاربر

برای مثال در شکل کاربر نام و محل جدول را تعریف و جدول ایجادشده را تکمیل نموده است. در مرحله بعد کاربر جدولی که مقایسه زوجی آن را تکمیل کرده است به سیستم معرفی می‌کند و وزن‌ها و میزان ناسازگاری قضاوت‌ها توسط سیستم محاسبه می‌شود (شکل ۱۴).



شکل ۱۴: محاسبه وزن‌ها و میزان ناسازگاری قضاوت‌ها توسط سیستم

پس از شناسایی نقشه‌های تناسب نهایی سه‌گانه (شهری، حفاظتی و کشاورزی) جهت شناسایی تضاد با استفاده از SDSS ایجاد شده، مقادیر اولویت نرمال شده به طبقاتی تقسیم می‌شوند تا بتوانند به‌طور منطقی با یکدیگر ترکیب گردند. اولویت مربوط به کاربری حفاظتی، به طبقات ۱۰، ۲۰ و ۳۰ و سرانجام اولویت کاربری شهری نیز به‌صورت کلاس‌های ۱، ۲ و ۳ طبقه‌بندی مجدد می‌گردند. در ادامه، هر سه لایه رستر با یکدیگر ترکیب شده تا با انجام آن رستر واحدی که مقادیر بالقوه تضاد را نشان می‌دهد، تهیه گردد. نتایج نهایی مربوط به رستر تضاد بالقوه، گستره‌ای بین ۳۳۳ تا ۱۱۱ دارد، باین‌حال برای هر یک از سه ستون بجای مقادیر ۳۳۳ تا ۱۱۱ مقادیر ۱ تا ۳ در نظر گرفته می‌شود. به‌عنوان مثال مقدار ۱۳۲، به‌عنوان مقدار تضاد بالقوه کاربری اراضی، نشان‌دهنده: (۱) اولویت پایین کاربری کشاورزی، (۲) اولویت بالای کاربری کشاورزی و (۳) اولویت متوسط کاربری شهری خواهد بود. در این مرحله نیز ابزاری ایجاد شده که به‌صورت خودکار نقشه‌های تضاد را تولید می‌کند. شکل زیر فرایند تولید نقشه تضاد برای هر کدام از کدها را نشان می‌دهد.



شکل ۱۵: فرایند تولید نقشه تضاد در SDSS ارائه شده

میزان تضاد و ناسازگاری کاربری زمین برای هر طبقه از زمین، با مقایسه هر گروه از کاربری‌های زمین با دیگر اولویت‌ها تعیین می‌گردد. تضاد زمانی قابل پیش‌بینی است که میزان اولویت‌های کاربری‌ها با یکدیگر برابر باشند؛ به عبارت دیگر اگر یک طبقه از طبقات کاربری زمین و به عنوان مثال کاربری شهری، نسبت به سایر طبقات، از اولویت بیشتری برخوردار باشد، پس در این شرایط، نیازی به پیش‌بینی تضاد وجود نخواهد داشت. برای این قطعه زمین، چنین انتظار می‌رود که اگر کاربری موجود زمین، شهری باشد، یا در همان کاربری، باقی خواهد ماند و یا اینکه در زمان آینده، احتمالاً به کاربری شهری تبدیل می‌گردد. با به کارگیری این رویکرد، قابلیت تضاد کاربری زمین، می‌تواند برای کل حوزه مورد مطالعه پیش‌بینی گردد.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر روشی را برای مدل‌سازی کاربری ارضی در سطحی فراتر از سطح محلی و در قالب استفاده از یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی (SDSS) ارائه داده است. با استفاده از SDSS توسعه داده شده برای هر ۳ دسته اصلی کاربری ارضی یعنی کاربری‌های شهری، کشاورزی و حفاظتی ابتدا اهدافی تعریف شد و سپس با در نظر گرفتن میزان اهمیت هر کدام از اهداف اولویت تخصیص برای



مرتضی امیدپور و همکاران ----- توسعه یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی (SDSS) ...

اراضی مختلف شناسایی شد. در مرحله نهایی، تعارض کاربری اراضی شناسایی شده است. مبانی مربوط به مدل لوسیسی ساده و درعین حال بسیار کاربردی است و بنابراین می‌توان آن را برای سایر مناطق نیز بکار گرفت. به دلیل اینکه اهداف در محدوده مورد مطالعه به صورت سلسله مراتبی تدوین شده‌اند و نیز به دلیل کاربرپسند بودن و سادگی SDSS طراحی شده، در مراحل مختلف برای به دست آوردن میزان اولویت و ترکیب نقشه‌ها از روش AHP استفاده شده است. در نهایت اینکه با تعریف ورودی‌های اولیه و مورد نیاز برای SDSS طراحی شده، مدل سازی کاربری اراضی در محدوده مورد مطالعه به صورت خودکار صورت می‌گیرد و کاربر نیز می‌تواند در هر مرحله میزان اهمیت و اولویت‌های شاخص‌ها را تغییر دهد.

تعریف اهداف و مقاصد متناسب با پتانسیل و شرایط ویژه در هر منطقه از مهم‌ترین دلایل انعطاف‌پذیری مدل لوسیسی است. باید به این نکته اشاره کرد که نحوه اجرای تناسب زمین در هر منطقه از روشی یکسانی تبعیت می‌کند و تنها تفاوت‌ها در میزان اولویت‌ها، وزن‌ها و نیز اهداف تعریف شده است؛ بنابراین سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی توسعه داده شده در این تحقیق را در سایر مناطق نیز می‌تواند مورد استفاده قرار داد.

۶- پیشنهاد پژوهشی

سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی توسعه داده شده در تحقیق حاضر بر روی نرم‌افزار ArcGIS توسعه یافته است. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی سیستمی طراحی و ارائه شود که مستقل از نرم‌افزار ArcGIS به مدل سازی کاربری اراضی بپردازد. همچنین این امکان نیز وجود دارد که از قابلیت سیستم ارائه شده در بستر شبکه اینترنت استفاده شود.

منابع

امیدی پور، مرتضی (۱۳۹۴) توسعه یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی به منظور مدل سازی آمایش شهری- روستایی: مورد مطالعه استان کهگیلویه و بویراحمد، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، تهران.

امیدی پور، مرتضی؛ نیسانی سامانی، نجمه؛ تومانیان، آرا و فرجی سیکبار، حسنعلی (۱۳۹۶) «کاربرد مدل لوسیسی (LUCIS) در مدل سازی تعارض تناسب اراضی با رویکرد آمایش سرزمین: (مورد مطالعه: استان کهگیلویه و بویراحمد)»، آمایش سرزمین، ۱۷(۹)، صص ۲۱۹-۲۴۳.

پورطاهری، مهدی (۱۳۹۲) کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه در جغرافیا، تهران: سازمان مطالعه و

تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت).
 داداش‌پور، هاشم؛ رفیعیان، مجتبی و زارعی، عبدالله (۱۳۹۲) «ارائه الگوی یکپارچه تخصیص کاربری زمین
 بر مبنای توان اکولوژیکی در شهرستان نوشهر»، فصلنامه مطالعات شهری، ۳(۹)، صص ۳۱-۴۴.
 رکن‌الدین‌افتخاری، عبدالرضا؛ سجاسی‌قیداری، حمدالله؛ پورطاهری، مهدی و آذر، عادل (۱۳۹۲) «کاربرد روش
 تلفیقی MCDM و GIS در شناسایی مناطق روستایی با پتانسیل اکوتوریستی؛ مطالعه موردی:
 روددره‌های گردشگری استان تهران»، پژوهش‌های روستایی، ۱۵(۴)، صص ۶۴۱-۶۶۰.
 مخدوم، مجید (۱۳۸۹) *شالوده آمایش سرزمین*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

- Carr, M. H., & Zwick, P. D. (2007). *Smart land-use analysis: the lucis model land-use conflict identification strategy*: ESRI, Inc.
- Chakhar, S., & Mousseau, V. (2008). GIS-based multicriteria spatial modeling generic framework. *International Journal of Geographical Information Science*, 22(11-12), 1159-1196.
- Collins, M. G., Steiner, F. R., & Rushman, M. J. (2001). Land-use suitability analysis in the United States: historical development and promising technological achievements. *Environmental management*, 28(5), 611-621.
- Goodchild, M. F., & Janelle, D. G. (2004). *Spatially integrated social science*: Oxford University Press.
- Jelokhani-Niaraki, M., & Malczewski, J. (2015). A group multicriteria spatial decision support system for parking site selection problem: A case study. *Land Use Policy*, 42, 492-508.
- Jelokhani-Niaraki, M., Sadeghi-Niaraki, A., & Choi, S.-M. (2018). Semantic interoperability of GIS and MCDA tools for environmental assessment and decision making. *Environmental Modelling & Software*, 100, 104-122.
- Joerin, F., Thériault, M., & Musy, A. (2001). Using GIS and outranking multicriteria analysis for land-use suitability assessment. *International Journal of Geographical Information Science*, 15(2), 153-174.
- Malczewski, J. (2004). GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. *Progress in planning*, 62(1), 3-65.
- Malczewski, J. (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, 20(7), 703-726.
- Malczewski, J., & Rinner, C. (2016). *Multicriteria decision analysis in geographic information science*: Springer.
- Sugumaran, R., & Degroote, J. (2010). *Spatial decision support systems: Principles and practices*: Crc Press.