دوازدهمین کنگره ملی سراسری
فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران
12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran
senaconf.ir

کاربرد سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی در توسعه پایدار شهری و روستایی

مرتضی عبیات[۱]، مصطفی عبیات[۲]، ماجده عبیات[۳]

۱. دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان، اصفهان (نویسنده مسئول)
Morteza.abiyat@yahoo.com
۲. دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان، اصفهان
Mostefa.abiyat@gmail.com
۳. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده ادبیات و علو انسانی، دانشگاه شهیدچمران اهواز، اهواز
Majedeh.abiyat@yahoo.com

چکیده

سامانه‌های پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی مزایای بسیاری در حل مسائل تصمیم‌گیری دارند و از سال‌های اخیر در مطالعات ارزیابی پایداری رشته‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. این سامانه‌ها، از طریق ارزیابی‌های فضایی خود سبب هدایت توسعه پایدار می‌شوند. این سیستم‌ها، از آنجا که امکان ارزیابی فضایی دقیق از وضعیت منابع محلی و تخصیص منطقی منابع فضایی سرزمین برای شهرها و روستاها را میسر می‌سازد، به توسعه پایدار این مناطق کمک شایانی می‌کند. توسعه پایدار را می‌توان به عنوان فرآیند «حکمرانی پایدار منابع» در نظر گرفت. بهبود پایداری به عنوان نیاز فوری تخصیص منطقی منابع تولید، زندگی و محیط‌زیست برای ارتقای توسعه پایدار شهری و روستایی اهمیت زیادی دارد. فضا که تأمین‌کننده این منابع بوده، مهم‌ترین منبع حمایت از توسعه پایدار شهری و روستایی است. ارزیابی فضایی، پیش‌نیاز اطمینان از تخصیص منطقی دارایی‌های شهری و منابع روستایی می‌باشد. ارزیابی پایداری فضاهای روستایی، به طبقه بندی مسائل پژوهشی مطالعات روستایی، هدف‌گذاری بر توسعه پایدار و منابع فضایی روستاها، بهبود چندجانبه پایداری شهری و روستایی، شناسایی و بهبود چیدمان فضایی اشاره دارد. به طور کلی، ارزیابی پایداری فضاهای شهری و روستایی ارتباط نزدیکی با اصطلاح تصمیم‌گیری فضایی دارد که به نوبه خود انتخاب برنامه‌ها یا استراتژی‌های بعدی را هدایت می‌کند. این ارزیابی، ابعاد بسیاری نظیر منابع طبیعی، امکانات عمومی، خدمات، انرژی، مدیریت و برنامه‌ریزی را در شامل می‌گردد. مطالعات نشان داده است که ارزیابی و تصمیم‌گیری فضایی مرتبط با شهر و روستا یک کار پیچیده است. لذا، دستیابی به اهداف پایداری نیازمند رویکردهای تصمیم‌گیری مبتنی بر ابزار و دانش است. سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی برای کمک به تصمیم‌گیرندگان طراحی می‌شود. این سامانه‌ها، انتخابی مفید و کارآمد برای حل مشکلات پایداری در مناطق شهری و روستایی است. این پژوهش با روش توصیفی و براساس داده‌های اسنادی در تلاش است تا کاربرد سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی در توسعه پایدار شهری و روستایی را بررسی نماید.

واژه‌های کلیدی

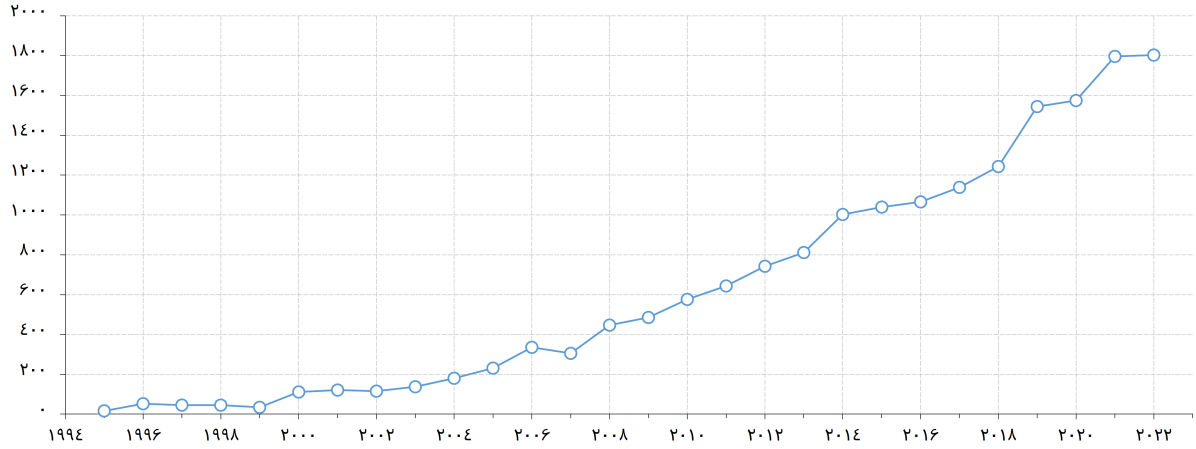
سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی، توسعه پایدار شهری، توسعه پایدار روستایی

مقدمه

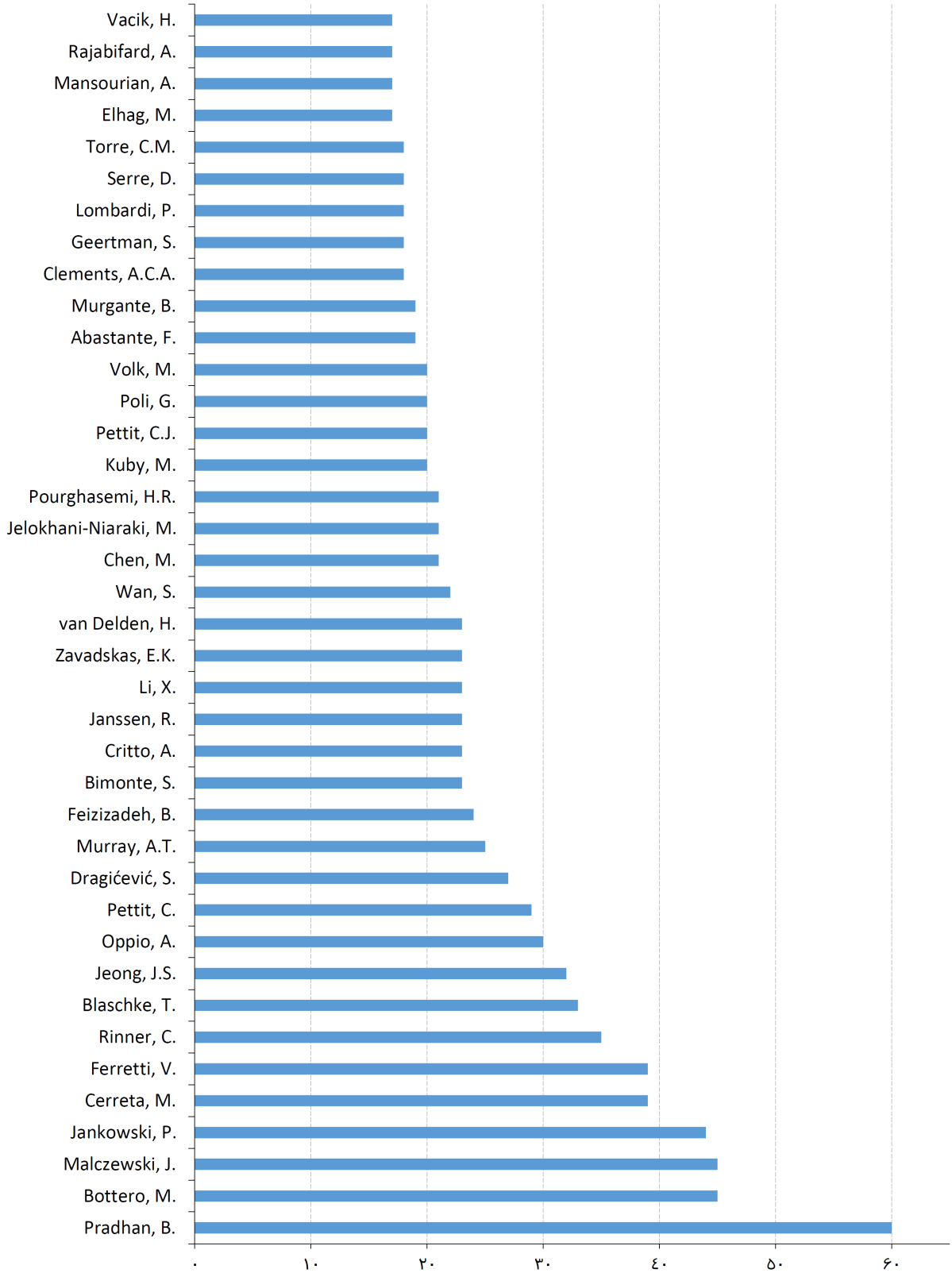
مردم روزانه با تصمیم‌گیری‌های مختلفی روبرو هستند. در برنامه‌ریزی فضایی و آمایش سرزمین، مباحث تصمیم‌گیری اغلب به تعداد زیادی گزینه یا جایگزین منتهی می‌شوند که به واسطه پیچیدگی آنها، عمل ارزیابی براساس دیدگاه‌های متعدد صورت می‌گیرد (فونتاس و همکاران، ۲۰۰۶؛ سیلوا و همکاران، ۲۰۱۴). تصمیم‌گیری، پتانسیل یک گزینه را از طریق ارزش‌های کیفی به جای ارزش‌های کمی ارزیابی می‌کند (مونتس و همکاران، ۲۰۱۵). به عنوان یک ابزار قدرتمند، سیستم اطلاعات جغرافیایی برای تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی استفاده می‌شود و یک فرآیند پشتیبانی تصمیم را ایجاد می‌کند (سانتوس و همکاران، ۲۰۱۱؛ جیونگ و همکاران، ۲۰۱۲). تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره، یک نوع خاص برای تسهیل تصمیم‌گیری‌ها در موقعیت‌هایی است که تصمیم‌گیران و برنامه‌ریزان در حالت تضاد و نیز با راه‌حل‌های متعددی مواجه هستند که در این بین باید از نظرات خبرگان استفاده نمایند (دیاس و همکاران، ۲۰۰۲). سامانه‌های پشتیبان تصمیم‌گیری، سیستم‌های اطلاعاتی و کامپیوتری بوده که برای پشتیبانی از فعالیت‌های تصمیم‌گیری تجاری، صنعتی، سازمانی و مدیریتی طراحی می‌شوند (نیو و همکاران، ۲۰۰۹؛ دلسیچ و همکاران، ۲۰۱۲؛ آرنوت و پیرون، ۲۰۱۶). این سیستم‌ها، به سطوح مدیریتی، عملیاتی و برنامه‌ریزی یک سازمان خدمت کرده و به نظام تصمیم‌گیری کمک می‌کنند. بسیاری از مشکلات فضایی نیمه‌ساختاریافته یا نامشخص هستند (واگنر و دیوریس، ۲۰۱۹)؛ زیرا تمام جنبه‌های آنها قابل اندازه‌گیری یا مدلسازی نیست. برای حمایت موثر از تصمیم‌گیری در مواجهه با مشکلات فضایی نیمه‌ساختاریافته، سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی ایجاد شدند. سامانه‌های پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی، چارچوبی برای یکپارچه‌سازی سیستم‌های مدیریت پایگاه داده را با یک مجموعه از مدل‌های تحلیلی، نمایش گرافیکی و گزارش‌گیری جدولی و دانش برنامه‌ریزان فراهم می‌آورد (حسن و همکاران، ۲۰۱۳، بیرد و همکاران، ۲۰۱۸). این سامانه‌ها، در بسیاری از زمینه‌ها نظیر کشاورزی، صنعت، انرژی، حمل‌ونقل، حفاظت، تناسب‌سنجی، مدیریت منابع طبیعی و توسعه منطقه‌ای کاربرد دارد (قوامی و همکاران، ۲۰۱۹). در واقع، سامانه‌های پشتیبان تصمیم‌گیری چندمعیاره فضایی، با ترکیب تحلیل فضایی با تصمیم‌گیری چندمعیاره ایجاد می‌شود. هدف این سیستم‌ها، تدوین و پشتیبانی از مسائل تصمیم‌گیری فضایی می‌باشد (شریفی و رتسیوس، ۲۰۰۴؛ مالچفسکی، ۲۰۰۶). مضاف بر این، تلاشی برای توسعه ابزاری یکپارچه در یک چارچوب منحصر به فرد و توانمند برای پرداختن به ابعاد تحلیلی و ارتباطی برنامه‌ریزی فضایی است (رویس و فرناندز، ۲۰۰۹؛ جیونگ و همکاران، ۲۰۱۴). برای تصمیم‌گیری در نواحی شهری و روستایی، از کاربردهای ویژه و مختلف سیستم‌های مزبور می‌توان به تشخیص محدوده‌ها برای پیشگیری از وقوع جرم و جنایت (لومبارد و همکاران، ۲۰۱۶؛ باسکایا و همکاران، ۲۰۱۹؛ روسا و همکاران، ۲۰۲۳)، مدیریت و کنترل بیماری‌ها (بونیا و شیت، ۲۰۲۱؛ رضایی و وحیدنیا، ۲۰۲۲)، ارزیابی آسیب‌پذیری و مدیریت بلایا و مخاطرات (دیمسوکا و همکاران، ۲۰۱۹؛ بالویان و همکاران، ۲۰۱۹؛ فانگ و همکاران، ۲۰۲۳)، پایش، ارزیابی اثرات و سازگاری با تغییرات اقلیمی (مونز و همکاران، ۲۰۱۷؛ ملکی و همکاران، ۲۰۱۸؛ ماراگنو وهمکاران، ۲۰۲۰؛ فرناندز و همکاران، ۲۰۲۲)، برنامه‌ریزی مکانی و کاربری زمین (سانتی و همکاران، ۲۰۱۶؛ کریتا و پولی، ۲۰۱۷؛ گازمان و همکاران، ۲۰۲۰؛ وانگ و همکاران، ۲۰۲۱؛ انیلولا و همکاران، ۲۰۲۱؛ رحمانی و همکاران، ۲۰۲۲)، مدیریت منابع آب (نیتو و همکاران، ۲۰۱۹؛ گریمالدی و همکاران، ۲۰۲۰؛ داسیلوا و دیمارز، ۲۰۲۱)، توسعه حمل‌ونقل (کیم و لی، ۲۰۱۴؛ ویلینگ و همکاران، ۲۰۱۷؛ آندن و همکاران، ۲۰۲۳)، برنامه‌ریزی کالبدی و مسکن (جیونگ و رامیرز، ۲۰۱۸؛ کیزیلوپچ و باچکیوپچ، ۲۰۲۱؛ اسمیت و وهانگ، ۲۰۲۲؛ آنولی و تاجانی، ۲۰۲۳)، ارزیابی قابلیت توسعه کشاورزی (یالو و همکاران، ۲۰۱۶؛ مونتگومری و همکاران، ۲۰۱۶؛ گابور و همکاران، ۲۰۱۹)، تخصیص امکانات عمومی (دلیوا و همکاران، ۲۰۱۸؛ بتساریس و همکاران، ۲۰۲۱)، مکانیابی پارک‌ها و فضاهای سبز (پالمیسانو و همکاران، ۲۰۱۶؛ ریچر و بانیش، ۲۰۱۹؛ هالت و بارسوک، ۲۰۲۰)، امکان‌سنجی سایت‌های دفن پسماند (خشند و همکاران، ۲۰۱۸؛ دی و همکاران، ۲۰۱۹؛ کاریوپچ و همکاران، ۲۰۲۱؛ دانوسکا و همکاران، ۲۰۲۱)، احداث نیروگاه‌های مبتنی بر انرژی‌های تجدیدپذیر (کازاک و همکاران، ۲۰۱۷؛ رودریگز و همکاران، ۲۰۱۹؛ شاهو و همکاران، ۲۰۲۳) و شناسایی و توسعه عرصه‌های توریستی اشاره نمود (لازاغلو و همکاران، ۲۰۲۰؛ رضوانی و همکاران، ۲۰۲۲؛ میلیتی و همکاران، ۲۰۲۲). نظر به قابلیت‌های سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری چندمعیاره فضایی، دسترسی به توسعه پایدار از طریق اولویت‌بندی کلی فعالیت‌های توسعه شهری و روستایی و در نظر گرفتن بسیاری از پیچیدگی‌ها، محدودیت‌ها و فرصت‌های معیشتی امکانپذیر شده است (سینگ و همکاران، ۲۰۲۳). ساختار پایه که در طراحی این سیستم‌ها بر روی آن اتفاق نظر وجود دارد، مرکب از سه عنصر اصلی، پایگاه داده‌های مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی، مدل‌های چندمعیاری و واسط کاربر است (نیامبلی و اردین، ۲۰۱۸؛قوامی، ۲۰۱۹). این پژوهش با هدف بررسی نقش و کاربرد سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی در توسعه پایدار شهری و روستایی انجام شده است.

پیشینه پژوهش

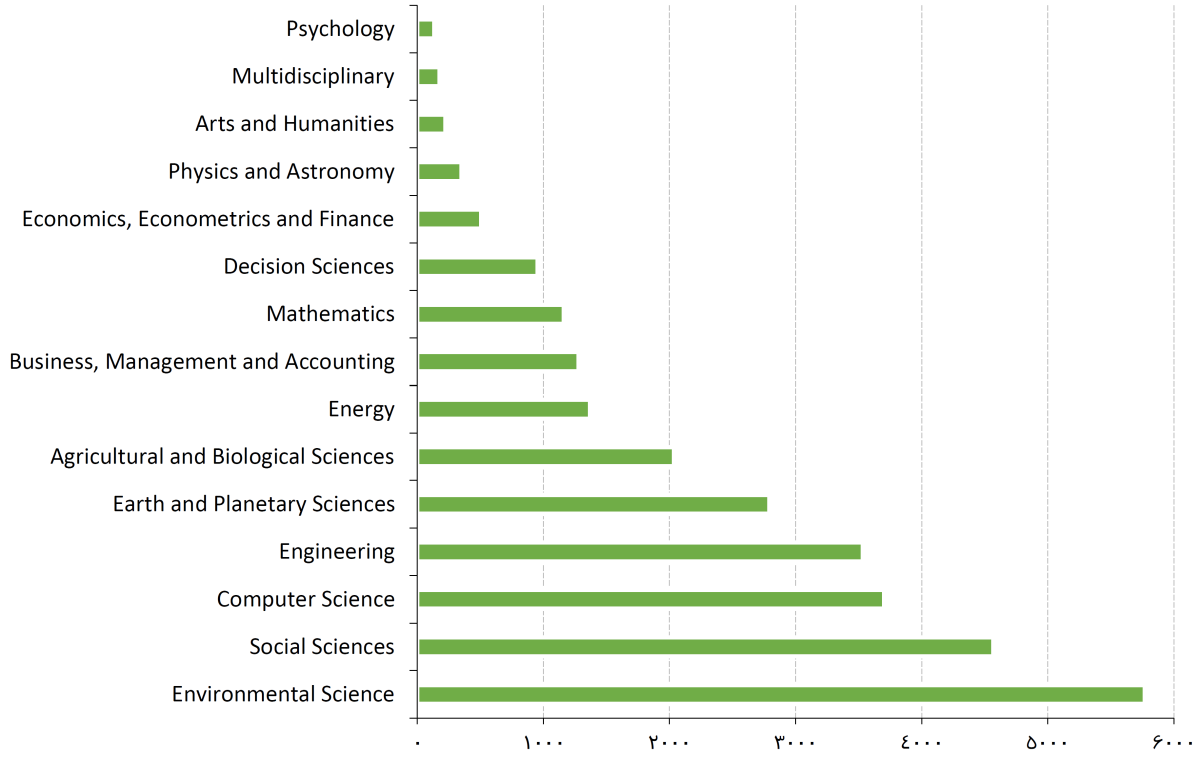
مطالعات مختلفی به منظور حل مشکل یا طراحی رویکرد توسعه منطقه‌ای اعم از برنامه‌ریزی‌های شهری و روستایی مبتنی بر سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی صورت گرفته است. بیگناتلی و همکاران (۲۰۲۳)، در پژوهشی با عنوان سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی برای توسعه شهرهای پایدار با کربن کم در شهر تورین به نتیجه رسیدند که یک سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی در حمایت از برنامه‌ریزی شهری پایدار با کربن کم مفید است. این سیستم، برای پشتیبانی از بازیگران محلی قادر است، فرآیندهای برنامه‌ریزی را با تصمیم‌گیری چندمعیاره و مدل‌های مرتبط ادغام کند. روش بکار رفته برای منطقه را می‌توان در سایر زمینه‌های شهری اروپا با هدف دستیابی به برنامه‌ریزی فضایی پایدار استفاده و اجرا کرد، زیرا چارچوب روش‌شناختی به تعدیل ویژگی‌های سرزمینی یک مکان کمک کرده و تمامی ابعاد را شامل شده و پایداری را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. قدسوالی و همکاران (۲۰۲۲)، در پژوهشی با عنوان سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی یکپارچه برای پیوند غذا، آب و انرژی شهری، روش‌شناسی، اصلاح و فرمول‌بندی مدل به این نتیجه رسیدند که با کمک سیستم‌های مزبور می‌توان جریان مبادله بین اهداف اجتماعی و اکولوژیکی، محدودیت‌های جغرافیایی و اثرات زیست‌محیطی را کشف ک و تصمیم‌گیرندگان می‌توانند سناریوهای آینده مدیریت یکپارچه منابع را ارزیابی و توسعه دهند. نتایج این مطالعه، دستورالعمل‌های راهبردی برای سیاستگذاری و تصمیم‌گیری مؤثر در زمینه به حداکثر رساندن اهداف اجتماعی و اقتصادی و نیز به حداقل رساندن اثرات و بارهای زیست‌محیطی و اکولوژیکی پیوند غذا، آب و انرژی شهری را عرضه می‌کند. آسوما و همکاران (۲۰۲۱)، در پژوهشی با عنوان سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری برای ارزیابی و برنامه‌ریزی تاب‌آوری سرزمینی در پرتغال به این نتیجه رسیدند که استفاده از سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی نوآورانه در طراحی چارچوب عملیاتی برای مناظر روستایی و پل زدن بین شکاف موجود و تاب‌آوری سرزمینی می‌تواند به سیاستگذاران و برنامه‌ریزان در اتخاذ تصمیمات انعطاف‌پذیر برای برنامه‌ریزی و مدیریت سیستم‌های سرزمینی یاری نماید. چارچوب برآمده از تحلیل چنین سیستمی پشتوانه مناسبی در زمینه هماهنگی حکمروایی عرصه‌های روستایی و برنامه‌ریزی شهری، ارزیابی پویایی سیستم‌های اجتماعی و اکولوژیکی و نیز پیش‌بینی سیاست‌ها و اقدامات بلندمدت است. ماتینگی و همکاران (۲۰۲۰)، در پژوهشی با عنوان رویکرد فضایی شفاف برای بهبود دسترسی مالکان کوچک به منابع از طریق مشارکت در تجارت کشاورزی غرب کنیا به این نتیجه رسیدند که با کمک سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی می‌توان تحلیل فضایی مناسبی در سطح محلی برای شناسایی مناطق محروم که آسیب‌پذیرترین اقشار جامعه و محل زندگی فقیرترین خانوارها انجام داد. همچنین مشخص شد، در طراحی مداخلات هدفمند فضایی، سیاستگذاران باید عمده توجه خود را به تعاملات پیچیده فرآیندهای اجتماعی و فضایی در چشم‌انداز محلی معطوف نمایند و نیز نحوه تعامل برای اثرگذاری مطلوب بر جریان تصمیم‌گیری و انتخاب خرده مالکان را مورد بازبینی قرار دهند. ساکیلاریو و همکاران (۲۰۱۹)، در پژوهشی با عنوان توسعه یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی برای مدیریت آتش‌سوزی جنگل‌های شهری از طریق برنامه‌ریزی مکانیابی واحدهای سیار آتش‌نشانی به این نتیجه رسیدند که با تکیه بر سامانه‌های پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی می‌توان آتش‌سوزی جنگل‌های شهری را به شیوه‌ای جامع‌تر مدیریت کرد و پیوندی مؤثر بین سطوح استراتژیک و عملیاتی برقرار نمود. این سیستم‌ها، به راحتی توسط آژانس‌های پیشگیری و اطفاء حریق از طریق سمینارهای آموزشی برای یادگیری فعال و آشنایی با رویه‌های مربوط به آتش‌سوزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. کل زمینه را می‌توان در یک سیاست ملی مقابله با خطرات زیست‌محیطی ادغام کرد و رفاه اجتماعی، اقتصادی و اکولوژیکی را ارتقا بخشید.



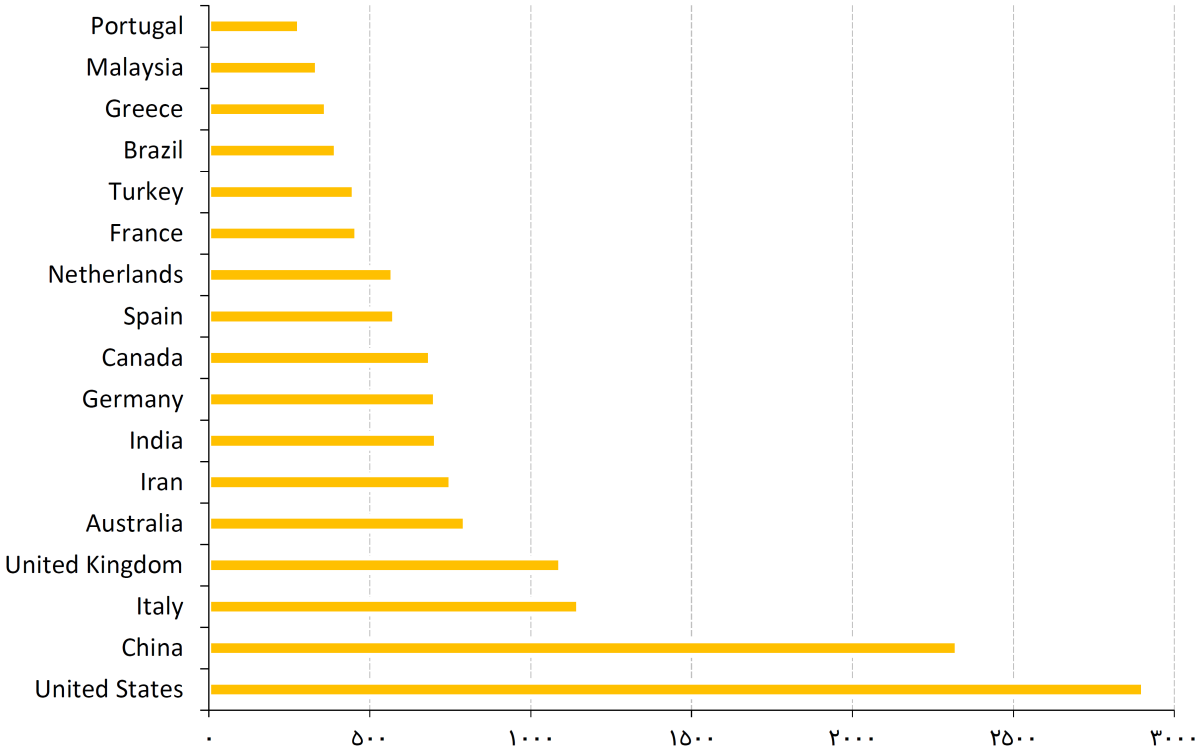
شکل ۱. تعداد مقالات علمی منتشرشده از زمان اوج‌گیری توجهات و استفاده از سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی در موضوعات مختلف



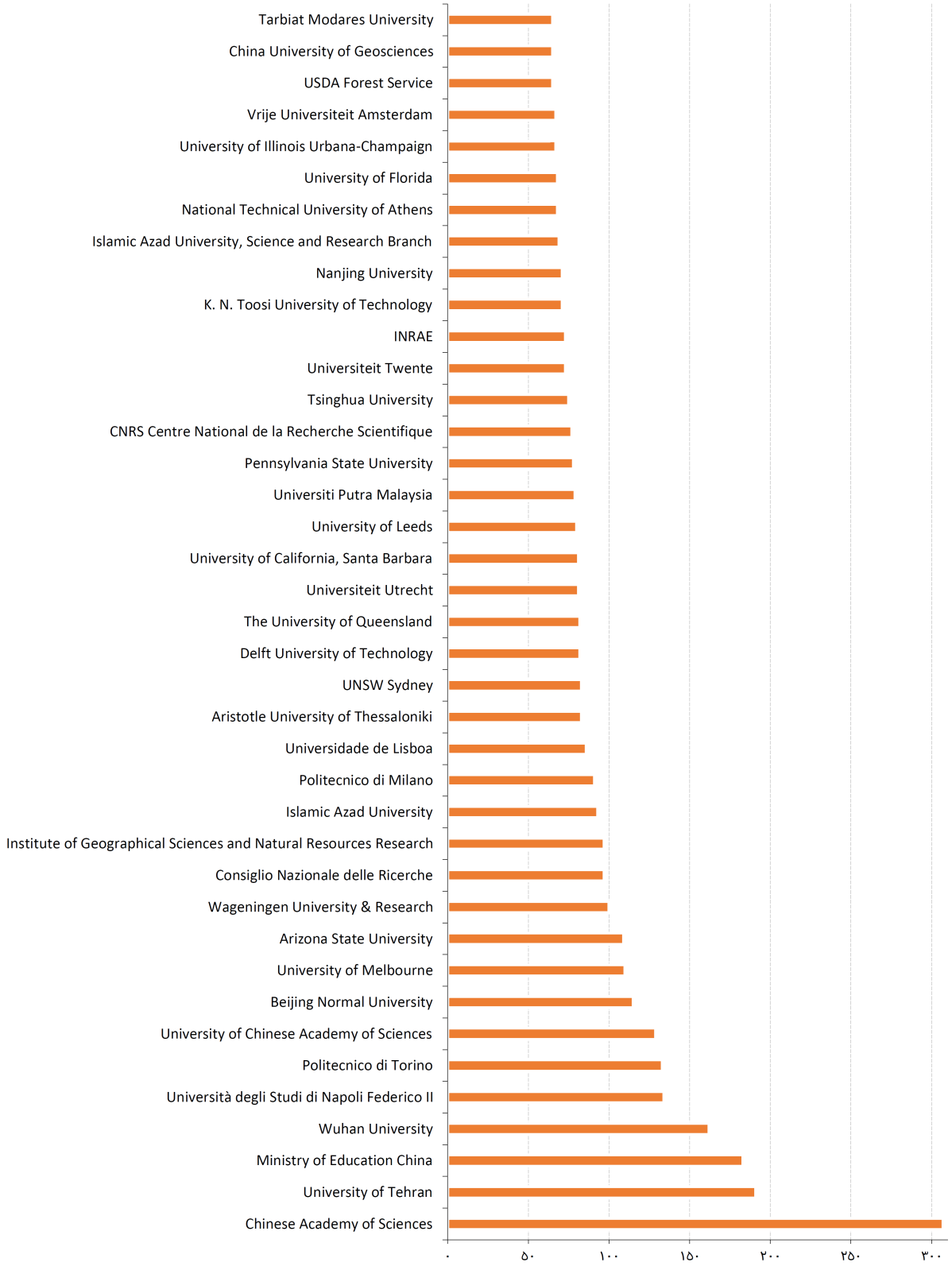
شکل ۲. بیشترین مقالات علمی منتشرشده توسط نویسندگان مختلف از زمان اوج‌گیری توجهات و استفاده از سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی



شکل ۳. بیشترین مقالات علمی منتشرشده در محورهای موضوعی مختلف استفاده از سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی



شکل ۴. بیشترین مقالات علمی انتشاریافته در کشورهای مختلف مبتنی بر سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی



شکل ۵. بیشترین مقالات علمی مبتنی بر سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی انتشاریافته در دانشگاه‌ها و مؤسسات علمی و تحقیقاتی جهان

مفهوم تصمیم‌گیری فضایی

تصمیم را می‌توان به صورت انتخاب از بین دو یا چند گزینه تعریف کرد. افراد مجبور هستند روزانه تصمیم‌های بسیاری بگیرند. گزینه‌های بالقوه در هر تصمیم پس از تعریف حداقل اهداف مشخص یا به عبارت دیگر اهداف مهم، مشخص می‌شود (لان و کاتلر، ۲۰۱۹). انواع بسیاری از ابزارها وجود دارد که به تصمیم‌گیری افراد کمک می‌کند مانند حسابگرهای هزینه زندگی برای برنامه‌ریزی نقل مکان به شهر جدید یا حسابگرهای بازنشستگی که در تصمیم‌گیری برای سرمایه‌گذاری دوران بازنشستگی به مردم کمک می‌کند. تصمیم‌گیری‌های سازمانی و نهادی اغلب بسیار پیچیده‌تر است، اما با این حال افراد مسئول این‌گونه تصمیم‌گیری‌ها هستند. در این‌گونه شرایط و موقعیت‌های تصمیم‌گیری نه تنها ابزارها و منابع زیاد، بلکه دامنه وسیعی از محدودیت‌ها، گزینه‌ها و تصمیم‌های ممکن هم وجود دارد و لازم است این افراد اهداف مدیریتی را شناسایی و پس از آن دامنه‌ای از انتخاب‌ها یا گزینه‌هایی را تعیین کنند که می‌توانند این اهداف را نیز برآورده سازند (چان و اسیونز، ۲۰۰۸). در تعدادی از رشته‌های علمی، ابزارها و کمک‌های متنوعی برای تصمیم‌گیری وجود دارد که به قصد فراهم کردن رویکردی سیستماتیک برای اتخاذ تصمیم‌های سازمانی طراحی شده است. در بسیاری از این موارد خصوصیات و ویژگی‌های مکانی برای تصمیم‌گیری مهم است. فرض کنید، روزی را برای انجام مأموریت‌های خود برنامه‌ریزی کرده و مجبور هستید برنامه سفر را هم برنامه‌ریزی کنید. بیشتر مردم نیاز دارند، مسافرت خود را در طول مسیری مناسب طراحی کنند، اما ممکن است بخواهند ناهار را در رستوران مورد علاقه خود میل نمایند. لذا، به پردازش اطلاعات متنوعی شامل اطلاعات موقعیتی نیاز دارید تا بهترین مسیری را انتخاب کنید که اهداف شما را تا بالاترین حد ممکن تأمین می‌کند. امروزه با استفاده از ابزارهای آنلاین مانند گوگل‌مپ و مپ‌کوست می‌توان تصمیم‌یارها را برای کمک به جریان تصمیم‌گیری در مورد مسیریابی استفاده نمود. اکنون فرض کنید، راننده‌ای قصد دارد نزدیک یکصد بسته پستی را طی یک روز در شهری با اندازه متوسط با در نظر گرفتن الگوهای ترافیکی تحویل دهد. تعداد بسته‌های پستی و شرایط ترافیکی، تصمیم‌گیری در مورد یافتن کاراترین مسیر دقیق را برای این راننده مشکل می‌کند. در این موارد، اغلب برنامه‌های مسیریابی کامپیوتری به منظور کمک به طراحی مسیرهای کارا استفاده می‌شود. موقعیت مشتری‌ها و نقاط تجاری در دنیای تجارت بسیار مهم است. بسیاری از مشتری‌ها می‌دانند، زمانی که محصولی را خریداری می‌نمایند، مراکز تجاری در مورد نشانی یا کدپستی آنها سؤال می‌کنند. آنها اطلاعات موقعیتی مشتریان را در پایگاه‌های داده ذخیره و از این اطلاعات برای کمک به تصمیم‌گیری در مورد چگونگی تخصیص منابع خود استفاده می‌کنند. تصمیم‌گیری‌های مکانی ممکن است شامل مسائل مکانیابی نظیر تعیین محل ایجاد خرده‌فروشی، سایت دفن زباله، مکان مرکز اجتماعات و دیگر تسهیلات، تصمیم‌های تخصیص منابع در محله خاص یا تصمیم‌گیری در مورد وضعیت منابع باشد.همه سازمان‌ها برای تصمیم‌گیری به اطلاعات مکانی نیاز دارند. برآوردها نشان می‌دهد که حدود هشتاد درصد داده‌های استفاده شده توسط مدیران و تصمیم‌گیرندگان مرتبط با مکان است. در طول چند دهه گذشته، مقدار اطلاعات مکانی که گردآوری، مدیریت و تحلیل شده افزایش یافته است. از دهه ۱۹۹۰ تاکنون، بر فروش و استفاده از ابزارها و برنامه‌ها مرتبط با اطلاعات مکانی افزوده شده و با افزایش استفاده از اطلاعات مکانی در سطوح دولتی و تجاری اکنون هم ادامه دارد (ورال، ۱۹۹۱).

انواع تصمیم‌گیری فضایی

انواع مختلفی از تصمیم‌های وابسته به مکان در سازمان‌های مختلف سراسر جهان وجود دارد. با وجود این، براساس دیدگاه، می‌توان آنها را به چند دسته کلی طبقه‌بندی کرد. کمیته بنیاد جغرافیایی برای برنامه ریزی قرن ۲۱، سه رده تصمیم مکانی را در زمینه توسعه پایدار ذکر کرده است؛ رده اول، تصمیم‌های تخصیص منابع؛ رده دوم، تصمیم‌های مربوط به وضعیت منابع و رده سوم، تصمیم‌های سیاسی. تصمیم‌های تخصیص منابع به ارزیابی قیمت و ملاحظات فنی و منطقی نیاز دارد. مثالی که می‌توان برای تصمیم تخصیص منابع لحاظ نمود، تعیین محل قرار دادن تعداد مشخصی تجهیزات پایش کیفیت هوا به منظور جمع‌آوری داده برای درک میزان در معرض خطر قرار گرفتن ساکنان شهر است. تصمیم‌های مربوط به وضعیت منابع اغلب به اطلاعات به هنگام مکانی نیاز دارد. نمونه هایی از این‌گونه تصمیم‌ها، شامل مواردی از تصمیم‌گیری‌ها است که به شرایط محصول، قطع درختان برای تهیه الوار یا جمعیت بالقوه ناقل بیماری مربوط می‌شود. استفاده از داده‌های پویا مانند داده‌های جمع‌آوری شده از طریق سیستم‌های سنجش از راه دور آنی یا نزدیک به آنی یا داده‌های جمع آوری شده از طریق سامانه موقعیت‌یاب جهانی در مورد تصمیم‌های مربوط به وضعیت منابع، بسیار مهم است. پیامدها شامل پیامدهای مکانی تصمیم‌های سیاسی، آخرین رده تصمیم‌ها را تشکیل می‌دهد. برای مثال، اگر دولت محلی مالیات قابل‌توجه و انگیزه‌های تجاری برای توسعه استفاده از انرژی باد داشته باشد، محتمل‌ترین مکان برای توسعه این موضوع، چه محلی است (جنسن و همکاران، ۲۰۰۲). در یک بررسی دیگر، تصمیم‌های مکانی به چهار دسته تقسیم شده‌اند؛ دسته نخست، مکانیابی؛ دسته دوم، تخصیص موقعیت؛ دسته سوم، انتخاب کاربری زمین و دسته چهارم، تخصیص کاربری زمین. مکانیابی فعالیت بسیار متداولی برای مراکز تجاری، دولت و افراد قلمداد می‌شود و به عوامل مکانی بسیاری نیاز دارد. پارک جدیدی که قرار است در شهری مکانیابی و احداث شود، به قطعات زمین که کودکان و بزرگسالات در دسترس بوده و دارای حداقل اندازه مشخص و شرایط خاک یا زمین‌شناسی مناسب باشد، نیاز دارد. تصمیم‌های تخصیص موقعیت آن دسته از تصمیم‌هایی است که هدف اصلی آنها، اختصاص بهینه تسهیلات به برخی مکان می‌باشد. برای مثال، انتخاب موقعیت درمانگاه به منظور کاهش زمان سفر

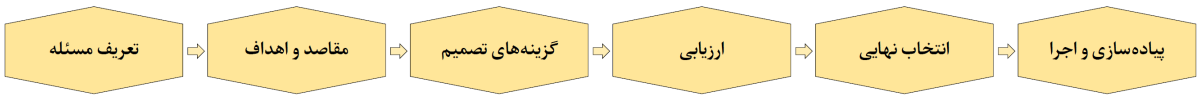
دورترین بیماران ممکن، امری ایده‌آل است. انتخاب کاربری زمین برعکس مکانیابی و هدف از آن تعیین بهترین کاربری برای قطعه زمین مشخص است. این موضوع به منطقه‌بندی قطعه زمین، تعداد مشتریان بالقوه پیرامون برای کسب‌وکار یا ویژگی‌های فیزیکی و محدودیت‌های زمین برای انواع خاصی از توسعه وابسته است. دسته نهایی این طبقه‌بندی، یعنی تخصیص کاربری زمین، مربوط به زمانی است که برای مجموعه‌ای از اهداف خاص، انواع گوناگونی از قطعات زمین که بهترین موارد هستند، وجود دارد. مثال مناسب مرتبط با این دسته، فعالیت‌های منطقه‌بندی و برنامه‌ریزی در مکانی است که لازم است زمین به اهداف مختلف از جمله توسعه تجاری، مسکونی، فضای باز یا مسیرهای حمل‌ونقل اختصاص یابد (کمپ، ۲۰۰۸).

مسائل تصمیم‌گیری فضایی

تصمیم‌گیری مکانی اغلب پیچیده است و نیاز به اطلاعات تولید شده از منابع متعدد و تفسیر شده به وسیله تصمیم‌گیرندگان در مورد اهداف و مقاصد مختلف دارد. برخی اندیشمندان، تصمیم‌ها را به شکل ساختاریافته یا قابل برنامه‌ریزی، نیمه‌ساختاریافته و بدون ساختار یا غیرقابل برنامه‌ریزی دسته‌بندی کرده‌اند. دسته آخر آن دسته‌ای است که از نبود دانش و فضای جستجوی وسیع رنج می‌برد و نیاز به داده‌هایی دارد که نمی‌توان آنها را کمی کرد (برتی و همکاران، ۲۰۱۵). تصمیم‌های مکانی اغلب به صورت نیمه‌ساختار یافته توصیف می‌شود، بدین معنا که اغلب بین دو ساختاریافته و بدون ساختار قرار می‌گیرد. این مسائل نیمه ساختاریافته بیشتر چندبعدی هستند، اهداف و مقاصدی داشته که به طور کامل تعریف نشده و تعداد زیادی راه‌حل ممکن دارند. مسائل تصمیم‌گیری مکانی اغلب با عدم قطعیت و تعارض بین ذینفعان قائل به فرآیند، مشخص می‌شود. جنبه‌های مهم گزینه‌های تصمیم‌گیری و نتایج بالقوه نیز ممکن است از نظر مکانی تغییر کند و این امر پیچیدگی مسئله را افزایش می‌دهد. پیچیدگی در فرآیند تصمیم‌گیری مکانی، استفاده از فنون اتوماتیک یا کامپیوتری را ایجاب می‌کند با وجود این، به طور معمول راه‌حلی وجود ندارد که تمامی اهداف مربوط به ذینفعان را برآورده سازد. مشکلات تصمیم‌گیری مکانی از طریق طرح چند مثال بهتر فهمیده می‌شود. ابتدا مثال مربوط به کیفیت آب یک دریاچه را بررسی می‌کنیم. در این دریاچه به طور مداوم سطوح باکتری و مواد مغذی بالا است. آلودگی دریاچه ناشی از آلودگی منابع غیرنقطه‌ای بوده که از زمین‌های کشاورزی موجود در حوضه آبخیز و از محدوده های شهری اطراف وارد دریاچه می‌شود. حوضه آبخیز انواع مختلفی از کاربریهای زمین و شرایط مختلف مانند کشت‌های عمقی را در بر می‌گیرد. یکی از اهداف عمده برخی ذینفعان، بهبود عوامل مرتبط با کیفیت آب است، چرا که این عوامل به طور معکوس اثر نامطلوب روی سیستم اکولوژیکی دریاچه دارند و به فرصت‌های تفریحی در دریاچه و ظرفیت‌های اقتصادی آسیب می‌رساند. از طرف دیگر، کشاورزان نیز سعی می‌کنند تا بیشترین سود ممکن را ببرند. موضوع به استفاده از کود شیمیایی، کود حیوانی و مواد شیمیایی منجر می‌شود. مضاف بر این، خانه‌هایی در اطراف دریاچه وجود دارند که از مواد شیمیایی برای حفظ زیبایی چمن‌های خود استفاده می‌کنند. همه این اعمال به ایجاد رواناب آلاینده‌ساز دریاچه منجر و باعث بروز مشکلاتی در کیفیت آب می‌شود. سازمان‌های دولتی متعدد در سطوح مختلف به دریاچه و زمین‌های موجود در حوضه آبخیز علاقه‌مند هستند. این سازمان‌ها همان مؤسسات شهری بوده که شکایت‌های مربوط به کیفیت آب را دریافت می‌کنند. سازمان مدیریت منابع طبیعی که پارک منطقه حاشیه دریاچه و ماهیگیری مربوط به آن را مدیریت می‌کند و بر وضعیت آب‌های سطحی نظارت دارد و سازمان مدیریت اراضی منطقه که به کشاورزان کمک کرده و نیز گروه‌های تحقیقاتی عمومی سازمان‌یافته نظیر محیط‌شناسان وجود دارند که به احیای تالاب‌های موجود در حوضه آبخیز دریاچه و بهبود کیفیت آب آن اهتمام می‌ورزند. افراد گوناگون در تدوین سیاست‌های مؤثر بر دریاچه سهم دارند، مانند کشاورزانی که نمی‌خواهند منفعت خود را به دلیل وضع مقررات پیچیده به خطر بیاندازند، ماهیگیرانی که نمی‌خواهند محل کار خود را آلودگی مزارع و خانه‌های موجود در محدوده‌های شهری تخریب کند، خانوارهایی که می‌خواهند بدون نگرانی از آلودگی آب، در دریاچه شنا کنند، کاسب‌ها و تاجرانی که می‌خواهند از فعالیت‌های تفریحی سود ببرند و کارمندان سازمانی که می‌خواهند به بهترین شکل، آب و زمین را مدیریت کنند تا نیازها و خواسته‌های ذینفعان برآورده شود. لذا، با تعداد زیادی گروه علاقه‌مند با اهداف متفاوت روبه‌رو هستید که هر یک به چشم‌انداز مکانی متفاوتی تمایل دارند. تصمیم‌گیری بالقوه به منظور بهبود کیفیت آب دریاچه، اطلاعات مکانی مانند موقعیت مناطق کشاورزی که منجر به بیشترین آلودگی می‌شود و هر چند ممکن است تجربیات موفق کشاورزی در این مناطق، پرسودترین فعالیت باشد یا مکان احتمالی احیای تالاب به منظور کسب حداکثر سود را به طور صریح در نظر بگیرند. این نوع ملاحظات پیچیده هستند و بسیاری از ذینفعان را در بر می‌گیرند و به روش‌های علمی بین‌رشته‌ای نیاز دارند. برای مثال، فرض می‌شود شرکتی در جستجوی مکانی برای احداث ساختمان جدیدی است نظیر یک سوپرمارکت جدید. انتخاب قطعه زمین مناسب برای توسعه به عوامل متعدد مانند در دسترس بودن زمین، ارزش زمین، موقعیت رقیب‌های موجود، مقررات منطقه‌بندی، خصوصیات جمعیت‌شناختی، ویژگی‌های زمین شناختی و طبیعی زمین نزدیکی به تأسیسات عمومی و زیرساخت‌های دیگر و آیین‌نامه‌ها نیاز دارد. در این مواقع، سیستم رایانه مبنا برای تصمیم‌گیرندگان در فرآیند مکانیابی به منظور تصمیم‌گیری سریع بسیار مفید است (ساگماران و دگرویت، ۲۰۱۰).

فرآیند تصمیم‌گیری فضایی

فرآیند تصمیم‌گیری را می‌توان به عنوان پروسه‌ای تعریف کرد که تصمیم‌گیرندگان در آن تلاش می‌کنند بهترین فعالیت یا راه‌حل را برای حرکت از وضعیت اولیه به وضعیت مطلوب نهایی یا دسترسی به هدف مطلوب پیدا کنند. نمای کلی فرآیند تصمیم‌گیری مکانی در شکل ۶ نشان داده شده است. این فرآیند در سه مرحله ساختاریافته آگاهی، طراحی و انتخاب توضیح می‌شود. مرحله آگاهی، فرموله‌بندی مسئله و جستجو برای جمع‌آوری اطلاعات لازم در یافتن راه‌حل‌های مسئله را شامل می‌شود. مرحله طراحی، شامل تحلیل، بررسی و تلفیق اطلاعات و داده‌های مربوط به راه‌حل مسئله است. در مرحله انتخاب، تعیین بهترین گزینه از بین گزینه‌های موجود انجام می‌شود. این مراحل لزوماً به صورت خطی پیش نمی‌روند و در مواردی پس از حصول دانش جدید یا تولید ایده جدید، امکان بازگشت به مرحله پیشین وجود دارد. فرآیند تصمیم‌گیری ممکن است به عنوان فرآیند تطبیقی نیز مدلسازی شود، که از زیر فرآیندها یا فازهای شناسایی مسئله و تشخیص هدف، تولید فعالیت‌های مختلف، تشخیص پیامدهای فعالیت‌ها و انتخاب یک گزینه از میان گزینه‌ها تشکیل می‌شود. فرآیندهای تصمیم‌گیری مکانی، ویژگی‌ها و پیچیدگی‌های خاصی دارند. معضلات و مسائلی که حل آنها به ملاحظات مکانی نیازمند است، پیچیدگی، چندبعدی، دارای جنبه‌های عدم قطعیت و حضور ذینفعان متعدد است. این ویژگی‌ها، فرآیند تصمیم‌گیری خطی را غیرمحتمل می‌سازد. در عوض این احتمال وجود دارد که فرآیندی تکرارشونده با تعاملات متعدد بین گروه‌ها را دنبال نمود. این گروه‌ها برای شرکت در فرآیند تصمیم‌گیری، نیاز به اطلاعات کافی دارند. به ندرت پیش می‌آید که اطلاعات کافی و دقیق از همان نوع مورد نیاز وجود داشته باشد. اطلاعات به کار رفته در فرآیندهای تصمیم‌گیری، به دو گروه عمده «سخت» و «نرم» تقسیم می‌شود. اطلاعات سخت، اطلاعاتی هستند که از حقایق گزارش‌شده، برآوردهای کمی یا نظرسنجی سیستماتیک و اطلاعات نرم، طبق نظرات، اولویت‌ها یا ترجیحات تصمیم‌گیرندگان یا بر پایه نظرات یا نظرسنجی موردی استخراج می‌شود. هر دو مجموعه اطلاعات احتمالاً در تصمیم‌گیری مکانی به کار گرفته می‌شوند. پنج مرحله فرآیند تصمیم‌گیری مکانی شامل شناخت و تشخیص مسئله، جمع آوری اطلاعات لازم، تعریف مسئله دارای اهداف، مفروضات و محدودیت‌ها، یافتن روال‌های مناسب حل مسئله و حل مسئله با یافتن راه‌حل بهینه هستند. برای مثال در یک حوضه آبخیز، سازمان منابع طبیعی زمانی مسئله را تشخیص می‌دهد که دریاچه براساس استانداردهای پیشنهادی کیفیت آلایندگی مخزن آب تعیین شده به وسیله آژانس حفاظت از محیط‌زیست مورد بررسی قرار گرفته باشد. جلسات ذینفعان با سازمان منابع طبیعی به عنوان سازمان سرگروه، به توسعه پایگاه داده جامعی منجر می‌شود که داده‌های مکانی و غیرمکانی مربوط به حوضه آبخیز را در شامل می‌شود. از طریق برگزاری جلسات ذینفعان، می‌توان هدف کلی و محدودیت‌ها را تشخیص داد. هدف کلی ممکن است کاهش پیامدهای محیطی و اقتصادی منفی آلودگی باشد و در عین حال، اثرگذاری بر روی قابلیت‌های اقتصاد کشاورزی و سایر گرایش‌های درون حوضه آبخیز نیز کمینه شود. دیدگاه ذینفعان مختلف در بردارنده اهداف چندگانه است و تعریف روابط بین اهداف و کمی کردن آنها به صورت اصطلاحات رایج مانند مقادیر مالی ضروری است. در حالت ایده‌آل، تمامی اهداف را می‌توان به یک هدف کلی تبدیل کرد. یافتن روش حل مناسب مسئله که گام چهارم این دسته‌بندی است، احتمالاً مشکل‌ترین مرحله در فرآیند تصمیم‌گیری مکانی است. نظر به روی دادن فرآیندهای طبیعی و انسانی در جهان واقعی، همواره تصمیم‌گیری مکانی به سادگی تعریف نشده است. تعریف سناریوهای مختلف یا ساختارهایی از سناریو ضروری است. برای مثال، مقدار فرسایش خاک در حوضه آبخیز به شیوه‌های استفاده از زمین بستگی دارد که به وسیله عوامل اقتصادی مانند قیمت محصول یا میزان تقاضا در بازار مسکن کنترل می‌شود. در چنین موقعیت‌های پیچیده‌ای برای کمک به ارزیابی دقیق سناریوهای مختلف به مدل یا ترکیبی از روش‌ها نیاز است. در این مرحله، باید به تناسب همه ذینفعان، مجموعه‌ای از ابزارها و نرم‌افزارها در قالب سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی رسمی که با پایگاه داده مربوط به مرحله دوم کار می‌کند، توسعه یابد. در این صورت، با مشارکت ذینفعان از سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی برای جستجوی راه‌حل بهینه استفاده می‌گردد. اگر چه این مراحل، به صورت خطی نشان داده می‌شود، برای موفقیت لازم است گام‌های موجود در فرآیند مورد نیاز تکرار شود (لونینبرگ، ۲۰۱۰).



شکل ۶. فرآیند کلی تصمیم‌گیری فضایی، منبع: ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۱

نیازمندی به سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری

حالت‌های تصمیم‌گیری مکانی اغلب پیچیده و چندرشته‌ای است و ذینفعان بسیاری دارد. با توجه به طیف وسیع گروه‌های علاقه‌مند، پشتیبانی و توجیه تصمیم گرفته شده مهم است. جهت برآورده کردن این نیاز، اطلاعات این مسئله برای حمایت از تحلیل آن، اخذ و سازماندهی می‌شود. در شرایط پیچیده تصمیم‌گیری، فرآیند تصمیم‌گیری اغلب تکراری، تعاملی و مشارکتی است. این فرآیند، تکرارشونده است، زیرا که از فعالیت‌های جایگزین تحلیل‌شده و اطلاعات به دست آمده برای جهت‌دهی بهتر به تحلیل‌های بعدی استفاده می‌شود. همچنین، تعاملی و مشارکتی است، به این دلیل که باید انواع اطلاعات را شامل شود و انواع ذینفعان را به واسطه پیچیدگی حالت‌ها و برخورداری از ساختار معیوب تصمیم‌گیری مکانی، در این فرآیند مشارکت دهد. اشخاص نمی‌توانند تمامی اطلاعات مورد نیاز را پردازش کنند. حافظه و توانایی تحلیل انسان دچار کاستی‌های شناختی است و اغلب سیستم‌های پشتیبانی برای حل مسائل و مشکلات فضای پیچیده، مفید و ضروری است. از این سیستم‌ها، اغلب برای توصیف تکامل مسئله یا سیستم، بیان ریاضی دانش‌مبنای فعالیت‌های ممکن، شبیه‌سازی نتایج یا فعالیت‌های مرتبط با تصمیم‌های ممکن و مساعدت در تدوین راهبرد پیاده‌سازی کمک گرفت. ماهیت پیچیده تصمیم‌های مکانی و لزوم تجمیع، مدیریت و تحلیل انواع مجموعه داده‌ها استفاده از ابزار رایانه‌مبنا را ضروری می‌سازد. ابزارها یا تکنیک‌ها و فناوری‌ها یا سیستم‌های مختلفی مانند سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، سنجش از دور (RS)، سیستم‌های خبره (ES)، سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری (DSS) و سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی (SDSS) برای پشتیبانی مکانی تصمیم‌گیری وجود دارد. سیستم اطلاعات جغرافیایی چندین مرتبه در پیشینه موضوع تعریف شده است. نمونه این تعریف‌ها به این قرار است؛ یک سیستم رایانه‌ای برای اخذ، ذخیره، بررسی، تحلیل و نمایش داده‌های مکانی. مجموعه‌ای از روال‌ها که ورود، ذخیره و بازیابی، تهیه نقشه و تحلیل مکانی داده‌های توصیفی و مکانی را برای پشتیبانی از فعالیت‌های تصمیم‌گیری سازمان ممکن می‌کند. سیستم اطلاعات جغرافیایی را می‌توان به عنوان مجموعه‌ای از ابزارهای نرم‌افزاری در نظر گرفت که در ایجاد، مدیریت، نمایش و تحلیل داده‌های مکانی، با هدف پشتیبانی مدلسازی، تحقیق و درک جهان واقعی به کار می‌رود. این سامانه در طیف گسترده‌ای از رشته‌ها از جمله تمام سطوح دولتی، انواع فعالیت‌های تجاری و در رشته‌های مختلف علمی برای اهداف متعدد به کار گرفته می‌شود. سیستم اطلاعات جغرافیایی، فناوری بسیار مفیدی است، زیرا که ابزارهایی را برای ایجاد، مدیریت و تحلیل انواع مجموعه‌های داده مکانی و غیرمکانی فراهم می‌کند. برای مثال دریاچه قرار گرفته در حوضه آبخیز، اطلاعات مکانی کاربری زمین، مالکیت زمین، برنامه‌ریزی و منطقه‌بندی، لیتولوژی‌ها، توپوگرافی‌ها، توپولوژی‌ها، هیدرولوژیکی‌ها، زمین‌های تفریحی، موقعیت زهکشی‌ها یا تخلیه به دریاچه‌ها و دیگر موارد را می‌توان در پایگاه داده سیستم اطلاعات جغرافیایی سازماندهی نمود. اطلاعات فرعی درباره قیمت محصولات، شیوه‌های استفاده از زمین و سایر اطلاعات را نیز می‌توان در پایگاه داده این سیستم گنجاند. محققان در مرحله آگاهی فرآیند تصمیم‌گیری بر این نظر اذعان دارند که چگونه باید محیط تصمیم‌گیری را جستجو و اطلاعات به دست آمده را ذخیره، بازیابی و مدیریت کرد. ساختن پایگاه داده مکانی، امکان می‌دهد که تحلیل کاوشی محیط مسئله با استفاده از این سیستم انجام شود. در مثال حوضه آبخیز، با بررسی پایگاه داده سیستم اطلاعات جغرافیایی، می‌توان مناطق دارای کشاورزی با حجم زیاد را روی دامنه‌های با شیب تند مشخص نمود. این مناطق، نشان‌دهنده محدوده دارای مشکلات بالقوه فرسایشی است. با این حال، اطلاعات مزبور ممکن است با عدم قطعیت‌هایی مانند به هنگام نبودن نقشه کاربری یا پوشش زمین، نبود دقت مکانی و قرارگیری فعالیت‌های کشاورزی روی قطعات زمینی خاص همراه باشد. پایگاه داده سیستم اطلاعات جغرافیایی، الزاماً قادر به دریافت پیچیدگی این وضعیت نیست، زیرا که داده‌ها ممکن است جزئیات کافی نداشته باشد. ابزارهای این سامانه، برای تصمیم‌گیری مکانی بسیار مفید است اما توانایی انطباق دانش تصمیم‌گیر را با تحلیل ندارد و برنامه خارج از این موضوع هم اغلب دارای انعطاف کافی برای بیان منطق تحلیل نیست. سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری در طول چند دهه گذشته، در رشته‌های بسیاری به منظور حمایت از تصمیم‌ها توسعه پیدا کرده است. این نوع سیستم‌ها، مدلسازی یا تحلیل را همراه با سیستم‌های مدیریت پایگاه داده و رابط‌های کاربر جهت کمک به کاربر به کار می‌گیرد و اغلب سیستم‌های خبره یا دانش مبنا را نیز شامل می‌شود. با توسعه و تکامل رایانه‌ها در چند دهه‌های گذشته، استفاده از رایانه‌ها برای پشتیبانی تصمیم عملی شده است. این مفهوم در دهه ۱۹۶۰ مطرح شد و در دهه ۱۹۷۰ باشتاب رشد کرد. بخش عمده‌ای از توسعه سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری از دنیای تجارت آمده است که برنامه‌های کاربردی مانند مدل‌های حسابداری و مالی و نیز سیستم‌های اطلاعاتی اجرایی در آنجا توسعه پیدا کرده است. تعداد و تنوع این سیستم‌ها، با افزایش قدرت محاسباتی و بیشتر شدن مقدار داده‌ها به میزان زیاد افزایش یافته است. سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری، اغلب جنبه‌های مکانی تصمیم‌گیری را در نظر نمی‌گیرند و در نتیجه گسترش مفهوم «سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری» به «سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی» لازم شده است. اغلب سیستم‌های خبره یا دانش‌مبنا برای سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری و سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی ساخته می‌شود. این سیستم‌ها به منظور ترکیب دانش درون سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری در ارائه استنتاج مشابه انسان در داخل سیستم طراحی شده است. مزیت این کار، استفاده از قدرت محاسباتی بوده که پیچیدگی اندازه-گیری‌ها یا پردازش حجم عظیمی از داده‌ها را ممکن می‌سازد و در عین حال به طور هم زمان توانایی توسعه سناریوهای مفید را در استدلال مشابه انسان ممکن می‌سازد. در نتیجه، امکان تحلیل مسائل پیچیده فراهم می‌شود و تحلیل‌های مدلسازی را می‌توان با کمک قدرت محاسباتی و دانش دامنه عملکردی و سازمانی

انجام داد. سنجش از دور، علم، فناوری و هنر به دست آوردن اطلاعات در مورد اشیاء از راه دور است. این فناوری، وظیفه استخراج اطلاعات مربوط به بخش‌های خشکی و آبی سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای یا عکس‌های هوایی را دارد که به واسطه تابش و انعکاس یا انتشار طیف الکترومغناطیسی از نواحی سطح زمین صورت می‌گیرد. سنجش از دور، روشی متداول و بسیار مفید در تولید داده‌های مکانی و نیز قابل استفاده در برنامه‌های کاربردی سیستم اطلاعات جغرافیایی و سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی است. سکوهای اصلی جمع‌آوری داده‌های سنجش از دور، ماهواره‌ها و هواپیماها هستند. سیستم‌های نرم-افزاری بسیاری برای پردازش، تحلیل و تشخیص اطلاعات تصاویر جمع‌آوری‌شده از سکوهای سنجش از دور وجود دارند. کاربرد اصلی تصویربرداری به روش سنجش از دور شامل تهیه نقشه عوارض سطح زمین با استفاده از تفسیر دستی و پردازش خودکار، جمع‌آوری اطلاعات زمانمند تکراری از سطح زمین جهت تحلیل سری‌های زمانی تغییرات، ثبت و ذخیره داده‌های هواشناسی در محدوده‌های وسیع و دوره های زمانی کوتاه‌مدت و ضبط طول موج‌های نامرئی برای چشم انسان است. استفاده از ابزارهای سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در دهه‌های اخیر رشد شتابانی را تجربه کرده است. در دهه گذشته، تصویربرداری ماهواره‌ای تجاری به عنوان یک صنعت برای تکمیل بسیاری از ماهواره‌هایی که توسط دولت‌ها کار می‌کردند، گسترش یافته بود. مدلسازی، عبارت بسیار متداولی است که اهداف اصلی آن در سیستم اطلاعات جغرافیایی و اغلب سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی، توصیف و پیش‌بینی است و در واقع مدل نمایشی از یک یا چند فرآیند در دنیای واقعی بوده که اغلب به صورت برنامه رایانه‌مبنا طراحی می‌شود. نمونه‌هایی از مدلسازی با مؤلفه مکانی، تهیه نقشه مسیرهای مناسب برای مسافرت در شبکه جاده‌ای براساس فاصله سرعت متوسط، تهیه نقشه برآورد احتمال فرسایش در حوضه آبخیز براساس مقدار بارش، خواص خاک و شیب و یا استخراج نقشه‌های تغییرات پوشش زمین در طول زمان براساس دنباله‌هایی از تصاویر سنجش از دور است. همه این فناوری‌ها نقش مهمی در توسعه سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی ایفا کرده است. سیستم اطلاعات جغرافیایی، اغلب نقش اساسی و تعیین‌کننده در سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی دارد. با این حال، برای حمایت واقعی فرآیند تصمیم‌گیری مکانی، توانایی سیستم اطلاعات جغرافیایی باید برای ایجاد سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی صحیح توسعه یابد یا با فناوری‌های سیستم‌های خبره و سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری تلفیق شود (ساگماران و دگرویت، ۲۰۱۰).

تعریف سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی

استفاده از سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی در چند دهه اخیر افزایش یافته، اما هنوز هیچ‌گونه تعریف کلی برای آن وجود ندارد. حتی در مورد تعریف سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری، نیز که سابقه ای طولانی‌تر از سامانه‌های پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی دارد، تا حدودی عدم قطعیت وجود دارد. برخی نویسندگان در گذشته، سیستم اطلاعات جغرافیایی را به عنوان سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی مطرح کردند، به گونه‌ای که با استفاده از ساده‌ترین دیدگاه می‌گفتند، آنها برنامه‌های رایانه‌ای هستند که برای پشتیبانی تصمیم‌گیری استفاده می‌شوند. با وجود این، با استفاده از ایده دقیق مربوط به سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی نتیجه‌گیری شده است که سیستم اطلاعات جغرافیایی به تنهایی واجد شرایط سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی نیست. سامانه‌های پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی، سیستم‌های رایانه‌مبنا و تعاملی که جهت پشتیبانی کاربر یا گروهی از کاربران برای رسیدن به کارایی تصمیم‌گیری هنگام حل مسئله تصمیم‌گیری مکانی نیمه‌ساختاریافته طراحی شده است. این سامانه‌ها، برای فراهم ساختن محیط تصمیم‌گیری به طور صریح طراحی شده و کاربر را قادر می‌سازد تا اطلاعات مکانی را به شیوه انعطاف‌پذیر تحلیل نماید. در واقع، محیط‌های یکپارچه برای به کارگیری پایگاه‌های داده مکانی و غیرمکانی، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری نظیر سیستم‌های خبره، بسته‌های آماری، بسته‌های بهینه‌سازی و گرافیک بهبودیافته، به منظور پیشنهاد مدل جدید تحلیل و حل مسئله به تصمیم‌گیرندگان است. در مجموع، سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی، سیستم‌های یکپارچه مبتنی بر رایانه هستند که به منظور حل مسائل مکانی نیمه‌ساختاریافته یا بدون‌ساختار به شیوه تعاملی و تکرارشونده همراه با توانایی بکارگیری پایگاه‌های داده مکانی و غیرمکانی، مدلسازی تحلیلی، کاربردهای پشتیبانی تصمیم‌گیری مانند تحلیل سناریو و پتانسیل عرضه مؤثر داده‌ها از طرف تصمیم‌گیرنده پشتیبانی می‌کند (ساگماران و دگرویت، ۲۰۱۰).

مشخصه‌های سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی

سامانه‌های پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی، ابزارهای تحلیلی را با توابع موجود در سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل‌های ارزیابی گزینه‌ها ترکیب می‌کند و به استفاده از روش ارزیابی چندمعیاری برای تحلیل گزینه‌های تصمیم‌گیری و تحلیل‌های حساسیت به منظور آزمایش استحکام پیشنهادهای تصمیم‌گیری اشاره دارد. از ویژگی‌های این سیستم‌ها می‌توان به که طراحی برای حل مسائل دارای ساختار معیوب، برخوردار از رابط‌های کاربر، توانایی در ترکیب مدل‌ها و داده‌ها به صورت انعطاف‌پذیر، حاوی ابزارهای کمک به کاربران در جستجوی فضای راه‌حل برای تولید گزینه‌ها یا راه‌حل‌های ممکن و نیز ایجاد محیط حل مسئله بازگشتی و تعاملی اشاره نمود. هر چند سیستم اطلاعات جغرافیایی، قابلیت‌های مدلسازی را فراهم می‌کند، اغلب به طور مستقیم یا کافی در مسائل تصمیم‌گیری مکانی بدون‌ساختار قابل اجرا نیست. با این که سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند کاوش مکانی مربوط به فضای راه‌حل را انجام دهد، به طور معمول انعطاف‌پذیری کافی برای حل مسئله تعاملی و بازگشتی ندارد. سیستم اطلاعات جغرافیایی برای مسائل مکانی توسعه یافته است. در حالی که مسائل تصمیم‌گیری پیچیده

اغلب شامل هر دو جنبه مکانی و غیر مکانی است. سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی باید تمامی انواع مسائل را پوشش دهد به گونه ای که کاربر بتواند علاوه بر استفاده از داده های مکانی، ساختارها و عملکردهای مرتبط با دیدگاه منطقی مسئله را هم بررسی کند. در مثال حوضه آبخیز، داده‌های مکانی و توانایی سیستم اطلاعات جغرافیایی مفید و ضروری است، اما جنبه‌های دیگری مانند هزینه برقراری تجارب موفق مدیریت، احتمال وضع مقررات زیست‌محیطی جدید و سختگیرانه و توسعه برنامه‌محور برای آینده هم باید در نظر گرفته شود. به طور خلاصه، سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی باید به گونه‌ای ساخته شود که برای تطبیق با انواع محدودیت‌ها و اولویت‌های ذینفعان انعطاف‌پذیر باشد و در محیط حل مسئله تکراری به کاربر اجازه تعامل مؤثر بدهد. برای پاسخگویی به این نیازها، نرم‌افزارهای سفارشی با رابط‌های کاربر گرافیکی قابل استفاده آسان و قابلیت‌های تحلیل و مدیریت پایگاه داده مکانی، ارزیابی سناریو، مدلسازی، نمایش و تجسم از طریق نقشه‌ها نمودارها، جداول و تولید گزارش توسعه یافته است (ساگماران و دگرویت، ۲۰۱۰).

شکل ۷. ویژگی‌های سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی، منبع: ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۱

انواع سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی

طیف گسترده ای از سامانه‌های پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی در سه دهه گذشته در حال توسعه بوده و سیر تکاملی در این فناوری‌های توسعه یافته وجود دارد. تکامل این سامانه‌ها، اندکی بعد از توسعه محاسبات و نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی رخ داده است. از دهه ۱۹۸۰، نرم‌افزارهای آماری از فناوری محاسباتی رایانه مبنا به همراه تعداد بیشتری از برنامه‌های کاربردی که بر پایه قدرت پردازش بالاتری در دسترس بود، محیط‌های توسعه‌ای با توانایی ارائه برنامه‌های کاربردی کاربرپسند، زبان‌های برنامه‌نویسی شی گرا و گسترش قابلیت‌های وب‌مبنا تأثیر پذیرفته است. در دهه ۱۹۸۰ و بخش عمده ای از دهه ۱۹۹۰، اغلب موارد سیستم اطلاعات جغرافیایی برروی سیستم‌های رایانه‌ای ایستگاه کاری و رومیزی با استفاده از نرم افزار آرک‌اینفو که در طراحی سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی به کار گرفته شد، پرکاربردترین برنامه بود هم زمان با تحول فناوری سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی، بهره‌برداری از مؤلفه‌های هوشمند مانند سیستم‌های خبره مبنا یا دانش‌مبنا هم دیده می‌شود. به همان اندازه که سیستم اطلاعات جغرافیایی کاربرپسندتر شد و محیط‌های توسعه انعطاف‌پذیرتر توسعه پیدا کرد. تعداد بیشتری از برنامه‌های کاربردی سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی برای طیف وسیعی از کاربردها ساخته شد. این دوره زمانی در نیمه دوم دهه ۱۹۹۰ بود و تا دهه اول سال ۲۰۰۰ ادامه یافت. در سالیان اخیر با رشد فراگیر اینترنت و توسعه روش‌های تهیه نقشه و قابلیت‌های تحلیل مکانی در محیط وب، سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی هم به طور کامل یا جزئی همگام با فناوری‌های وب توسعه یافته است. محققان بر نیاز به ابزارهای تصمیم‌گیری مکانی مشارکتی امکانپذیر از لحاظ فناوری تأکید کرده‌اند. با پیشرفت‌های فناوری در شبکه و توسعه خدمات مکانی تحت وب، سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی مشارکتی و تجمعی از منظر فناوری در حال عملی‌تر و متداولتر شدن است (ساگماران و دگرویت، ۲۰۱۰).

کاربرد سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی در توسعه پایدار شهری و روستایی

در سطح سیستم‌های منطقه‌ای نظیر شهرها و روستاها، فرآیندهای تصمیم‌گیری یکپارچه و فراگیر جدید مورد نیاز بازیگران و کنشگران بخش‌های مختلف است. زیرا این مناطق، موجودات زنده، پویا و در حال تکامل هستند. هنگام پرداختن به مشکلات پیچیده مدیریت و برنامه‌ریزی شهری و روستایی، صرفاً توجه به ساختار فیزیکی سکونتگاه‌ها کافی نیست. بلکه، اثر متقابل عوامل ناملموس اقتصادی، اجتماعی و محیطی نیز باید به صورت کل‌نگر و سیستماتیک در نظر گرفته شود. تحقیقات اخیر نشان می‌دهند که تصمیمات در مورد برنامه‌ریزی شهری و روستایی باید توسط فرآیندهای مشارکتی و فراگیر پشتیبانی شوند، در غیر این صورت با شکست مواجه خواهند شد. برای مقابله با این مشکل، اتکا بر روش‌ها و ابزارهای کنونی حمایت از نظام تصمیم‌گیری در حوزه‌های برنامه‌ریزی و مدیریت شهری و روستایی کفایت نمی‌کند. زیرا، نمی‌توانند رویکردی کل‌نگر یا گزارش کاملی از بازیگران و موضوعات کنشگری آن عرصه‌ها داشته باشند. بنابراین، باید مکانیسم‌ها و رویکردهای جدیدی یافت تا اطمینان حاصل شود که مردم مسائل و گزینه‌ها را درک می‌کنند و می‌توانند ترجیحات خود را بیان نمایند. مضاف بر این، تحقیقات زیادی در علوم مختلف نظیر جامعه‌شناسی و جغرافیا برای درک تعامل بین ابعاد محیطی، ترجیحات اجتماعی، مسائل اقتصادی و مشوق‌های سیاستی نواحی شهری و روستایی انجام شده است. نظام سیاستگذاری در این مناطق بر لزوم توجه و دستیابی به توسعه پایدار تاکید می‌کند. حمایت همه‌جانبه تمامی ذینفعان و کنشگران از بایسته‌های و بهبود وضعیت محیطی، اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و فنی از ضروریات این دسترسی است تا می‌تواند رفاه اجتماعی و پایداری سکونتگاه‌ها را به ارمغان آورد. از کانال‌های هدف‌گذاری جدیدی که برای توسعه پایدار تعریف شده است، می‌توان به حکمروایی شهری و روستایی اشاره نمود که مدیریت کارآمدتر و تصمیم‌گیری یکپارچه‌تر و فراگیرتر در میان تعداد زیادی از بازیگران و بخش‌ها را مورد تاکید قرار می‌دهند. در این بین، مشکل تصمیم‌گیری موقعیتی است که در آن یک فرد یا مجموعه، تفاوت بین وضعیت فعلی و حالت مطلوب را درک کرده و با جایگزین‌های در دسترس مختلفی روبرو است که باید از بین این جایگزین‌ها، عمل انتخاب جایگزین برتر را طبق پیش‌بینی و شرایط عدم اطمینان فردی انجام دهد. همه تحولات سرزمینی به دلیل وجود اهداف رقابتی، مبادلات اجتناب‌ناپذیر و نتایج احتمالی به عنوان مشکلات پیچیده تصمیم‌گیری شناخته می‌شوند. واضح است که برای حمایت از تصمیمات و توانمندسازی ذینفعان، اتخاذ روش‌ها یا رویکردهای مناسب نیاز است. در سطح بین‌المللی، روش‌ها و ابزارهای ارزیابی زیادی به منظور تسهیل ادغام ارزش‌های محیطی در برنامه‌ریزی شهری و روستایی توسعه یافته‌اند. برای هدایت فرآیند این نوع برنامه‌ریزی‌ها، توجه صرف به اصول محیطی کفایت نمی‌کند. در مسائل تصمیم‌گیری پیچیده شهرها و روستاها، توجه به اصول مختلف الزامی است. پایداری، صرفاً ارزیابی امکان‌سنجی و سودآوری دارایی آتی در بازار یا بررسی برخی الزامات فنی و یا برخی مسائل زیست‌محیطی مانند تحلیل ریسک و کنترل استاتیک نیست. بلکه، شامل ارزیابی یکپارچه از تمامی ابعاد مربوط به محیط انسان‌ساخت و عملکرد در مراحل مختلف، از اولین تصور توسعه تا اجرای نهایی آن است. مشکلات تصمیم‌گیری حوزه برنامه‌ریزی شهری و روستایی شامل همیشگی عدم اطمینان به اطلاعات موجود، دشواری دسترسی و دستکاری یا مقایسه داده‌ها ناشی از عدم اطلاع از مکان درست ذخیره آنها در پایگاه‌های مختلف، بزرگی یا تناقض اهداف، اثرگذاری روابط قدرت یا انگیزه‌های خودخواهانه در تصمیم‌گیری و اتخاذ راهبرد در کوتاه‌مدت جهت جلوگیری از اثرات منفی تصمیم‌گیری است. اگرچه اینها مسائل مهمی هستند که می‌توانند فرآیند تصمیم‌گیری را آزار دهند، اما مشکل اصلی در ارزیابی و برنامه‌ریزی برای پایداری، فقدان زبان مشترک بین ذینفعان و بازیگران مختلف شهری و روستایی است. این امر که ارزیابی و برنامه‌ریزی عموماً مبتنی بر ارزش‌های فنی و ذهنی، قضاوت‌ها و نظرات کارشناسان است، ضرورت می‌باشد. به منظور کارایی تصمیم‌گیری در پایداری، نظر و مشارکت ذینفعان و مردم باید لحاظ شود. همچنین، این امر مستلزم نمایش واقعی‌تر و مفیدتر مشکلات است. امروزه، تکنیک‌های قدرتمندی وجود دارند که می‌توانند این کار را انجام دهند، مانند سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی. فرآیندهای تصمیم‌گیری برای پایداری، نیازمند ساختار و یک راهنمای منعطف است که بتواند از استدلال و ارتباط بین ذینفعان پشتیبانی کند. سامانه‌های پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی، براساس دانش فضایی برای مقابله با مشکل مناسب‌تر به نظر می‌رسند. وجود هر دو جنبه ملموس و ناملموس مربوط به توسعه پایدار محیط انسان‌ساخت و نیاز به ترکیب اطلاعات در چارچوب فضایی، از علل اهمیت این نوع سیستم‌ها است. سامانه‌های پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی، تکنیک‌ها و ابزارهای پیشنهادی را برای نمایش دادن پیچیدگی‌ها و ساختارهای سیستم‌های سرزمینی ارائه کرده و نیز در صورت‌بندی و تفسیر فضایی مسیرهای تعامل و بازخوردها و دستکاری‌های بین اجزای مختلف کمک می‌کنند (لامبردی و فریتی، ۲۰۱۵).

نتیجه‌گیری

پیش از سه دهه گذشته، استفاده فنی از سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی چالش‌برانگیز بود. در آن زمان‌ها، برنامه‌های فضایی جدید و کاربردی به تدریج شروع فعالیت خود را در حیطه پشتیبان از تصمیم‌گیری کلید زدند. از رونق افتادن برنامه‌های کاربردی تجاری کمتر محاسباتی تا پیش از این دهه‌ها نقش بسزایی در جریان مزبور داشته است. محققان پیشگام در این توجه‌ها، مفاهیم کلیدی پشتیبان تصمیم‌گیری در تحقیقات مربوطه را مورد بررسی قرار داده و سپس با سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی تطبیق دادند. از آن زمان، سامانه‌های پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی به سرعت توسعه یافت و الزامات فنی مختلف جای خود را پیدا کردند. به طور خاص، سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی از دسترسی عمومی بیشتر به داده‌های مکانی و نرم‌افزار هر چه انعطاف‌پذیرتر بهره می‌برد که ادغام مدلسازی در سامانه‌های پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی را آسان‌تر می‌کرد. کاربران این سیستم‌ها در ابتدا از دو نقطه شروع بودند. برخی از استفاده‌کنندگان، کاربران سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری بودند که بر گماشت تکنیک‌های فضایی در سیستم‌های خود تأکید داشتن و برخی دیگر، کاربران سیستم اطلاعات جغرافیایی بودند که عملکرد تصمیم‌گیری را به تحلیل‌های خود اضافه کردند. با این حال، با گذشت زمان، جوامع جدید شروع به استفاده از داده‌های مکانی و بهره‌گیری از فناوری‌های جدید کرده‌اند، در ابتدا برای برنامه‌های نسبتاً ساده سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی و سپس در سیستم‌های پیچیده‌تر. این گسترش استفاده از سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی به‌ویژه در رشته‌های محیطی و جغرافیایی قابل‌توجه است، که حوزه-های رو به رشدی از کاربرد سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری است و بخش قابل‌توجهی از این موارد جدید، کاربردهای فضایی هستند. سامانه‌های پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی مزایای بسیاری در حل مسائل تصمیم‌گیری دارند و از سال‌های اخیر در مطالعات ارزیابی پایداری رشته‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. این سامانه‌ها، از طریق ارزیابی‌های فضایی خود سبب هدایت توسعه پایدار می‌شود. این سیستم‌ها، از آنجا که امکان ارزیابی فضایی دقیق از وضعیت منابع محلی و تخصیص منطقی منابع فضایی سرزمین برای شهرها و روستاها را میسر می‌سازد، به توسعه پایدار این مناطق کمک شایانی می‌کند. توسعه پایدار را می توان به عنوان فرآیند «حکمرانی پایدار منابع» در نظر گرفت. بهبود پایداری به عنوان نیاز فوری تخصیص منطقی منابع تولید، زندگی و محیط‌زیست برای ارتقای توسعه پایدار شهری و روستایی اهمیت زیادی دارد. فضا که تأمین‌کننده این منابع بوده، مهم‌ترین منبع حمایت از توسعه پایدار شهری و روستایی است. ارزیابی فضایی، پیش‌نیاز اطمینان از تخصیص منطقی دارایی‌های شهری و منابع روستایی می‌باشد. ارزیابی پایداری فضاهای روستایی، به طبقه‌بندی مسائل پژوهشی مطالعات روستایی، هدف‌گذاری بر توسعه پایدار و منابع فضایی روستاها، بهبود چندجانبه پایداری شهری و روستایی، شناسایی و بهبود چیدمان فضایی اشاره دارد. به طور کلی، ارزیابی پایداری فضاهای شهری و روستایی ارتباط نزدیکی با اصطلاح تصمیم‌گیری فضایی دارد که به نوبه خود انتخاب برنامه‌ها یا استراتژی‌های بعدی را هدایت می‌کند. این ارزیابی، ابعاد بسیاری نظیر منابع طبیعی، امکانات عمومی، خدمات، انرژی، مدیریت و برنامه‌ریزی را در شامل می گردد. مطالعات نشان داده است که ارزیابی و تصمیم‌گیری فضایی مرتبط با شهر و روستا یک کار پیچیده است. لذا، دستیابی به اهداف پایداری نیازمند رویکردهای تصمیم‌گیری مبتنی بر ابزار و دانش است. سامانه‌های پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی برای کمک به تصمیم‌گیرندگان طراحی می‌شود. این سیستم‌ها، انتخابی مفید و کارآمد برای حل مشکلات پایداری در مناطق شهری و روستایی است. این پژوهش با روش توصیفی و براساس داده‌های اسنادی در تلاش است تا کاربرد سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی در توسعه پایدار شهری و روستایی را بررسی نمود.

References

[1] Anelli, D., & Tajani, F., 2023. Spatial decision support systems for effective ex-ante risk evaluation: An innovative model for improving the real estate redevelopment processes. Land Use Policy, 128, 106595.

[2] Arnott, D., & Pervan, G., 2016. A critical analysis of decision support systems research revisited: the rise of design science. Journal of Enacting Research Methods in Information Systems. 3, 43-103.

[3] Assumma, V., Bottero, M., De Angelis, E., Lourenço, J. M., Monaco, R., & Soares, A. J., 2021. A decision support system for territorial resilience assessment and planning: An application to the Douro Valley (Portugal). Science of the Total Environment, 756, 143806.

[4] Baloian, N., Frez, J., Pino, J. A., Peñafiel, S., Zurita, G., & Abarca, A., 2019. Technology support for collaborative preparation of emergency plans. Sensors, 19(22), 5040.

[5] Batsaris, M., Kavroudakis, D., Hatjiparaskevas, E., & Agourogiannis, P., 2021. Spatial Decision Support System for Efficient School Location-Allocation. European Journal of Geography, 12(4), 31-44.

[6] Beard, R., Wentz, E., & Scotch, M., 2018. A systematic review of spatial decision support systems in public health informatics supporting the identification of high risk areas for zoonotic disease outbreaks. International Journal of Health Geographic. 17, 1-19.

[7] Bertei, M., Marchi, L., & Buoncristiani, D., 2015. Exploring Qualitative Data: the use of Big Data technology as support in strategic decision-making. The International Journal of Digital Accounting Research, 15(21), 99-126.

[8] Bhunia, G. S., & Shit, P. K., 2021. GeoComputation and Public Health: A Spatial Approach. Springer International Publishing, Cham.

[9] Bozkaya, B., Bruno, G., & Giannikos, I. 2019. Location and Geographic Information Systems. Location Science, 559-590.

[10] Carević, I., Sibinović, M., Manojlović, S., Batoćanin, N., Petrović, A. S., & Srejić, T., 2021. Geological approach for landfill site selection: a case study of Vršac municipality, Serbia. Sustainability, 13(14), 7810.

[11] Cerreta, M., & Poli, G., 2017. Landscape services assessment: a hybrid multi-criteria spatial decision support system (MC-SDSS). Sustainability, 9(8), 1311.

[12] Chan, S., & Stevens, A. H., 2008. What you don't know can't help you: Pension knowledge and retirement decision-making. The Review of Economics and Statistics, 90(2), 253-266.

[13] Da Silva, G. N., & De Moraes, M. G. A., 2021. Decision support for the (inter-) basin management of water resources using integrated hydro-economic modeling. Hydrology, 8(1), 42.

[14] Dell'Ovo, M., Capolongo, S., & Oppio, A. (2018). Combining spatial analysis with MCDA for the siting of healthcare facilities. Land Use Policy, 76, 634-644.

[15] Demesouka, O. E., Anagnostopoulos, K. P., & Siskos, E., 2019. Spatial multicriteria decision support for robust land-use suitability: The case of landfill site selection in Northeastern Greece. European Journal of Operational Research, 272(2), 574-586.

[16] Dey, A., Siddiqua, S., & Rahman, M. Z., 2019. Suitability assessment using multicriteria spatial decision support system for the existing landfill sites of Chittagong City, Bangladesh. Environmental Earth Sciences, 78, 1-13.

[17] Dias, L., Mousseau, V., Figueira, J., Clímaco, J., 2002. An aggregation/disaggregation approach to obtain robust conclusions with ELECTRE TRI. European Journal of Operational Research. 138, 332-348.

[18] Donevska, K., Jovanovski, J., & Gligorova, L., 2021. Comprehensive review of the landfill site selection methodologies and criteria. Journal of the Indian Institute of Science, 101(4), 509-521.

[19] Dulcic, Z., Pavlic, D., & Silic, I., 2012. Evaluating the intended use of Decision Support System (DSS) by applying Technology Acceptance Model (TAM) in business organizations in Croatia. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 58, 1565-1575.

[20] Eilola, S., Käyhkö, N., & Fagerholm, N., 2021. Lessons learned from participatory land use planning with high-resolution remote sensing images in Tanzania: Practitioners' and participants' perspectives. Land Use Policy, 109, 105649.

[21] Fang, Z., Yue, P., Zhang, M., Xie, J., Wu, D., & Jiang, L., 2023. A service-oriented collaborative approach to disaster decision support by integrating geospatial resources and task chain. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 117, 103217.

[22] Fernández, A., Pérez-Cayeiro, M. L., & Anfuso, G., 2022. GIS Modeling to Climate Change Adaptation by Reducing Evaporation in Water Reservoirs: Smart Location Technique of Minimal Evaporation Reservoirs (GIS-MER). Sustainability, 14(21), 13822.

[23] Fountas, S., Wulfsohn, D., Blackmore, B.S., Jacobsen, H.L., Pederson, S.M., 2006. A model of decision-making and information flows for information-intensive agriculture. Journal of Agricultural Systems, 87, 192-210.

[24] Ghabour, T. K., Ali, R. R., Wahba, M. M., El-Naka, E. A., & Selim, S. A., 2019. Spatial decision support system for land use management of newly reclaimed areas in arid regions. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 22(2), 219-225.

[25] Ghavami, S. M., 2019. Multi-criteria spatial decision support system for identifying strategic roads in disaster situations. International Journal of Critical Infrastructure Protection, 24, 23-36.

[26] Ghavami, S.M., 2019. Multi-criteria spatial decision support system for identifying strategic roads in disaster situations. International Journal of Critical Infrastructure Protection. 24, 23-36.

[27] Ghodsvali, M., Dane, G., & De Vries, B., 2023. An integrated decision support system for the urban food-water-energy nexus: methodology, modification, and model formulation. Computers, Environment and Urban Systems, 100, 101940.

[28] Grimaldi, M., Sebillo, M., Vitiello, G., & Pellecchia, V., 2020. Planning and managing the integrated water system: a spatial decision support system to analyze the infrastructure performances. Sustainability, 12(16), 6432.

[29] Guzman, L. A., Escobar, F., Peña, J., & Cardona, R., 2020. A cellular automata-based land-use model as an integrated spatial decision support system for urban planning in developing cities: The case of the Bogotá region. Land use policy, 92, 104445.

[30] Hassan, H.A., El-Bakry, H.M., & Abd Allah, H.G., 2013. Design of Multi-Criteria Spatial Decision Support System (MC-SDSS) for Animal Production. International Journal of Artificial Intelligence. 2(3), 117.

[31] Holt, J. R., & Borsuk, M. E., 2020. Using Zillow data to value green space amenities at the neighborhood scale. Urban Forestry & Urban Greening, 56, 126794.

[32] Jensen, J. R., Botchway, K., Galvin, E., Johannsen, C., Juma, C., & Mabogunje, A., 2002. Down to to earth: Geographic information for sustainable development in Africa. National Research Council, Washington, DC.

[33] Jeong, J. S., & Ramírez, A., 2018. Development of a web graphic model with fuzzy-decision-making Trial and Evaluation Laboratory/Multi-criteria-Spatial Decision Support System (F-DEMATEL/MC-SDSS) for sustainable planning and construction of rural housings. Journal of Cleaner Production, 199, 584-592.

[34] Jeong, J.S., García-Moruno, L., Hernández-Blanco, J., 2012. Integrating buildings into a rural landscape using a multi-criteria spatial decision analysis in GIS-enabled web environment. Journal of Biosystems Engineering. 112, 82-92.

[35] Jeong, J.S., García-Moruno, L., Hernández-Blanco, J., Jaraíz-Cabanillas, F.J., 2014. An operational method to supporting siting decisions for sustainable rural second home planning in ecotourism sites. Journal of Land Use Policy. 41, 550-560.

[36] Kazak, J., Van Hoof, J., & Szewranski, S., 2017. Challenges in the wind turbines location process in Central Europe-The use of spatial decision support systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 76, 425-433.

[37] Kemp, K., 2008. Encyclopedia of geographic information science. Sage Publication, Tousand Osk.

[38] Khoshand, A., Bafrani, A. H., Zahedipour, M., Mirbagheri, S. A., & Ehtehsami, M., 2018. Prevention of landfill pollution by multicriteria spatial decision support systems (MC-SDSS): development, implementation, and case study. Environmental Science and Pollution Research, 25, 8415-8431.

[39] Kim, H. Y., & Lee, H. K., 2014. Enhanced validity and reliability of spatial decision support systems (SDSS) for sustainable transportation decision-making. Applied Geography, 51, 65-71.

[40] Kizielewicz, B., & Bączkiewicz, A., 2021. Comparison of Fuzzy TOPSIS, Fuzzy VIKOR, Fuzzy WASPAS and Fuzzy MMOORA methods in the housing selection problem. Procedia Computer Science, 192, 4578-4591.

[41] Lane, K. L., & Kettler, R. J., 2019. Related Tasks: Developing Technical Writing Skills. In Research Methodologies of School Psychology. Routledge, Abingdon.

[42] Lazoglou, M., & Angelides, D. C., 2020. Development of a spatial decision support system for land-use suitability assessment: the case of complex tourism accommodation in Greece. Research in Globalization, 2, 100022.

[43] Lombard, J. R., Stern, E., & Clarke, G., 2016. Applied spatial modelling and planning. Routledge, Abingdon.

[44] Lombardi, P., & Ferretti, V., 2015. New spatial decision support systems for sustainable urban and regional development. Smart and sustainable built environment, 4(1), 45-66.

[45] Lunenburg, F., 2010. The decision making process. National Forum of Educational Administration & Supervision Journal, 27(4), 12.

[46] Malczewski, J., 2006. Review article GIS-based multi-criteria decision analysis: a survey of the literature. International Journal of Geographical Information Science. 20(7), 703-726.

[47] Maleki, S., Soffianian, A. R., Koupaei, S. S., Pourmanafi, S., & Saatchi, S., 2018. Wetland restoration prioritizing, a tool to reduce negative effects of drought; an application of multicriteria-spatial decision support system (MC-SDSS). Ecological engineering, 112, 132-139.

[48] Maragno, D., dall'Omo, C. F., Pozzer, G., & Musco, F., 2021. Multi-risk climate mapping for the adaptation of the Venice metropolitan area. Sustainability, 13(3), 1334.

[49] Mathenge, M., Sonneveld, B. G., & Broerse, J. E., 2020. A spatially explicit approach for targeting resource-poor smallholders to improve their participation in agribusiness: a case of Nyando and Vihiga County in Western Kenya. ISPRS International Journal of Geo-Information, 9(10), 612.

[50] Mileti, F. A., Miranda, P., Langella, G., Pacciarelli, M., De Michele, C., Manna, P., Bancheri, M., & Terribile, F., 2022. A geospatial decision support system for ecotourism: a case study in the Campania region of Italy. Land Use Policy, 118, 106131.

[51] Montes, R., Sánchez, A.M., Villar, P., Herera, F., 2015. A web tool to support decision making in the housing market using hesitant fuzzy linguistic term sets. Journal of Applied Soft Computing. 35, 949-957.

[52] Montgomery, B., Dragićević, S., Dujmović, J., & Schmidt, M., 2016. A GIS-based Logic Scoring of Preference method for evaluation of land capability and suitability for agriculture. Computers and Electronics in Agriculture, 124, 340-353.

[53] Muñoz, M., Abd-Elmabod, S. K., Zavala, L. M., De la Rosa, D., & Jordán, A., 2017. Climate change impacts on soil organic carbon stocks of Mediterranean agricultural areas: a case study in Northern Egypt. Agriculture, ecosystems & environment, 238, 142-152.

[54] Neto, S. L. R., Sá, E. A. S., Debastiani, A. B., Padilha, V. L., & Antunes, T. A., 2019. Efficacy of rainfall-runoff models in loose coupling special decision support systems model base. Water Resources Management, 33, 889-904.

[55] Niu, L., Lu, J., & Zhang, G., 2009. Cognition-driven decision support for business intelligence. Models, Techniques, Systems and Applications. Studies in Computational Intelligence. Springer, Berlin.

[56] Nyimbili, P. H., & Erden, T., 2018. Spatial decision support systems (SDSS) and software applications for earthquake disaster management with special reference to Turkey. Natural Hazards, 90, 1485-1507.

[57] Önden, İ., Deveci, M., Çancı, M., Çal, M., & Önden, A., 2023. A spatial analytics decision support system for analyzing the role of sea transport in public transportation. Decision Analytics Journal, 6, 100149.

[58] Palmisano, G. O., Govindan, K., Loisi, R. V., Dal Sasso, P., & Roma, R., 2016. Greenways for rural sustainable development: An integration between geographic information systems and group analytic hierarchy process. Land use policy, 50, 429-440.

[59] Pignatelli, M., Moghadam, S. T., Genta, C., & Lombardi, P., 2023. Spatial decision support system for low-carbon sustainable cities development: An interactive storytelling dashboard for the city of Turin. Sustainable Cities and Society, 89, 104310.

[60] Rahmani, M., Lotfata, A., Zebardast, E., Rastegar, S., Sanchez, T. W., Goharrizi, B. A., & Landi, S., 2022. Land use suitability assessment for economic development at the provincial level: The case study of Yazd Province, Iran. Sustainable Cities and Society, 87, 104163.

[61] Rezaei, Z., & Vahidnia, M. H., 2022. Effective medical center finding during COVID-19 pandemic using a spatial DSS centered on ontology engineering. GeoJournal, 1-15.

[62] Rezvani, M., Nickravesh, F., Astaneh, A. D., & Kazemi, N., 2022. A risk-based decision-making approach for identifying natural-based tourism potential areas. Journal of Outdoor Recreation and Tourism, 37, 100485.

[63] Rodríguez, J. J., Fischer, T. B., & Di Zio, S., 2019. Introducing a group spatial decision support system for use in strategic environmental assessment of onshore wind farm development in Mexico. Journal of Cleaner Production, 220, 1239-1254.

[64] Rosa, A. G. F., de Miranda Mota, C. M., & de Figueiredo, C. J. J., 2023. A spatial multi-criteria decision analysis framework to reveal vulnerabilities of areas to incidences of street robberies. Applied Geography, 151, 102840.

[65] Ruiz, M.C., Fernández, I., 2009. Environmental assessment in construction using a spatial decision support system. Journal of Automation in Construction. 18(8), 1135-1143.

[66] Sakellariou, S., Samara, F., Tampekis, S., Sfougaris, A., & Christopoulou, O., 2020. Development of a Spatial Decision Support System (SDSS) for the active forest-urban fires management through location planning of mobile fire units. Environmental Hazards, 19(2), 131-151.

[67] Santé, I., Pacurucu, N., Boullón, M., García, A. M., & Miranda, D., 2016. An open source GIS based Planning Support System: Application to the land use plan of La Troncal, Ecuador. Transactions in GIS, 20(6), 976-990.

[68] Santos, J.M., Fernández de Villarán, R., Rapp-Arrarás, I., Corral-Pazos de Provens, E., 2011. The visual exposure in forest and rural landscapes: an algorithm and a GIS tool. Journal of Landscape and Urban Planning. 101(1), 52-58.

[69] Shao, M., Zhao, Y., Sun, J., Han, Z., & Shao, Z., 2023. A decision framework for tidal current power plant site selection based on GIS-MCDM: A case study in China. Energy, 262, 125476.

[70] Sharifi, M.A., Retsios, V., 2004. Site selection for waste disposal through spatial multiple criteria decision analysis. Journal of Telecommunications and Information Technology. 3, 1-11.

[71] Silva, S., Alc¸ Ada-Almeida, L., Dias, L.C., 2014. Development of a web-based multi-criteria spatial decision support system for the assessment of environmental sustainability of dairy farms. Journal of Computers and Electronics in Agriculture. 108, 46-57.

[72] Singh, V. P., Yadav, S., Yadav, K. K., Perez, G. A. C., Muñoz-Arriola, F., & Yadava, R. N., 2023. Application of Remote Sensing and GIS in Natural Resources and Built Infrastructure Management. Springer Nature, Berlin.

[73] Smith, C. J., & Wong, A. T., 2022. Advancements in artificial intelligence-based decision support systems for improving construction project sustainability: a systematic literature review. In Informatics, 9(2), 43.

[74] Sugumaran, R., & Degroote, J. (2010). Spatial decision support systems: principles and practices. Crc Press, Boca Raton.

[75] Thill, J. C., & Dragicevic, S., 2018. GeoComputational analysis and modeling of regional systems. Springer International Publishing, Cham.

[76] Wagner, M., & De Vries, W.T., 2019. Comparative review of methods supporting decision-making in urban development and land management. Journal of Land. 8(8), 123.

[77] Wang, G., & Han, Q., & De Vries, B., 2021. The multi-objective spatial optimization of urban land use based on low-carbon city planning. Ecological Indicators, 125, 107540.

[78] Willing, C., Klemmer, K., Brandt, T., & Neumann, D., 2017. Moving in time and space–Location intelligence for carsharing decision support. Decision Support Systems, 99, 75-85.

[79] Worrall, L., (1991). Spatial Analysis and Spatial Policy Using Geographic Information Systems, Belhaven Press, New York.

[80] Yalew, S. G., Van Griensven, A., & Van der Zaag, P., 2016. AgriSuit: A web-based GIS-MCDA framework for agricultural land suitability assessment. Computers and Electronics in Agriculture, 128, 1-8.