



دانشگاه شاهرود

آمایش رایانه‌ای سرزمین

(مهندسی منابع طبیعی - محیط زیست)

دکتر مسعود مسعودی

عضو هیأت علمی دانشگاه شیراز

امروزه کتاب‌خوانی و علم‌آموزی، نه تنها یک وظیفه‌ی ملی، که یک واجب دینی است.

مقام معظم رهبری

در عصر حاضر یکی از شاخصه‌های ارزیابی رشد، توسعه و پیشرفت فرهنگی هر کشوری میزان تولید کتاب، مطالعه و کتاب‌خوانی مردم آن مرز و بوم است. ایران اسلامی نیز از دیرباز تاکنون با داشتن تمدنی چندهزارساله و مراکز متعدد علمی، فرهنگی، کتابخانه‌های معتبر، علما و دانشمندان بزرگ با آثار ارزشمند تاریخی، سرآمد دولت‌ها و ملت‌های دیگر بوده و در عرصه‌ی فرهنگ و تمدن جهانی به‌سان خورشیدی تابناک همچنان می‌درخشد و با فرزندان نیک‌نهاد خویش هنرنمایی می‌کند. چه کسی است که در دنیا با دانشمندان فرزانه و نام‌آور ایرانی همچون ابوعلی سینا، ابوریحان بیرونی، فارابی، خوارزمی و ... همچنین شاعران برجسته‌ای نظیر فردوسی، سعدی، مولوی، حافظ و ... آشنا نباشد و در مقابل عظمت آنها سر تعظیم فرود نیاورد. تمامی این افتخارات ارزشمند، برگرفته از میزان عشق و علاقه فراوان ملت ما به فراگیری علم و دانش از طریق خواندن و مطالعه منابع و کتاب‌های گوناگون است. به شکرانه‌ی الهی، تاریخ و گذشته ما، همیشه درخشان و پربار است. ولی اکنون در این زمینه در چه جایگاهی قرار داریم؟ آمار و ارقام ارائه‌شده از سوی مجامع و سازمان‌های فرهنگی در مورد سرانه‌ی مطالعه‌ی هر ایرانی، برایمان چندان امیدوارکننده نمی‌باشد و رهبر معظم انقلاب اسلامی نیز از این وضعیت بارها اظهار گله و ناخشنودی نموده‌اند.

کتاب، دروازه‌ای به سوی گستره‌ی دانش و معرفت است و کتاب خوب، یکی از بهترین ابزارهای کمال بشری است. همه‌ی دستاوردهای بشر در سراسر عمر جهان تا آنجا که قابل کتابت بوده است، در میان دست‌نوشته‌هایی است که انسان‌ها پدید آورده و می‌آورند. در این مجموعه‌ی بی‌نظیر، تعالیم الهی، درس‌های پیامبران به بشر، و همچنین علوم مختلفی است که سعادت بشر بدون آگاهی از آنها امکان‌پذیر نیست. کسی که با دنیای زیبا و زندگی‌بخش کتاب ارتباط ندارد بی‌شک از مهم‌ترین دستاوردهای انسانی و نیز از بیشترین معارف الهی و بشری محروم است. با این دیدگاه، به‌روشنی می‌توان ارزش و مفهوم رمزی عمیق در این حقیقت تاریخی را دریافت که اولین خطاب خداوند متعال به پیامبر گرامی اسلام (ص) این است که «بخوان!» و در اولین

سوره‌ای که بر آن فرستاده‌ی عظیم‌الشان خداوند، فرود آمده، نام «قلم» به تجلیل یاد شده‌است: «إِقْرَأْ وَرَبُّكَ الْأَكْرَمُ. الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ» در اهمیت عنصر کتاب برای تکامل جامعه‌ی انسانی، همین بس که تمامی ادیان آسمانی و رجال بزرگ تاریخ بشری، از طریق کتاب جاودانه مانده‌اند.

دانشگاه پیام‌نور با گستره‌ی جغرافیایی ایران‌شمول خود با هدف آموزش برای همه، همه‌جا و همه‌وقت، به‌عنوان دانشگاهی کتاب‌محور در نظام آموزش عالی کشورمان، افتخار دارد جایگاه اندیشه‌سازی و خردورزی بخش عظیمی از جوانان جویای علم این مرز و بوم باشد. تلاش فراوانی در ایام طولانی فعالیت این دانشگاه انجام پذیرفته تا با بهره‌گیری از تجربه‌های گرانقدر استادان و صاحب‌نظران برجسته کشورمان، کتاب‌ها و منابع آموزشی درسی شاخص و خودآموز تولید شود. در آینده هم، این مهم با هدف ارتقای سطح علمی، روزآمدی و توجه بیشتر به نیازهای مخاطبان دانشگاه پیام‌نور با جدیت ادامه خواهد داشت. به‌طور قطع استفاده از نظرات استادان، صاحب‌نظران و دانشجویان محترم، ما را در انجام این وظیفه‌ی مهم و خطیر یاری‌رسان خواهد بود. پیشاپیش از تمامی عزیزانی که با نقد، تصحیح و پیشنهادهای خود ما را در انجام این وظیفه‌ی خطیر یاری می‌رسانند، سپاسگزاری می‌نماییم. لازم است از تمامی اندیشمندانی که تاکنون دانشگاه پیام‌نور را منزلگاه اندیشه‌سازی خود دانسته و ما را در تولید کتاب و محتوای آموزشی درسی یاری نموده‌اند، صمیمانه قدردانی گردد. موفقیت و بهروزی تمامی دانشجویان و دانش‌پژوهان عزیز آرزوی همیشگی ما است.

دانشگاه پیام‌نور

فهرست مطالب

پیشگفتار.....	یازده
فصل اول. مقدمه‌ای بر ارزیابی و طبقه‌بندی اراضی.....	۱
هدف کلی.....	۱
هدف‌های یادگیری.....	۱
مقدمه.....	۱
۱-۱ دیدگاه‌های موجود در ارزیابی اراضی.....	۵
۱-۱-۱ دیدگاه‌های موجود در طبقه‌بندی.....	۵
۱-۱-۲ دیدگاه‌های موجود در روش ارزیابی.....	۶
۱-۱-۳ روش‌های مرسوم و نوین در انتخاب، وزندهی و رتبه‌بندی معیارها.....	۷
۱-۱-۴ چالش‌های مرتبط با روش‌های ارزیابی توان و آمایش سرزمین.....	۱۳
۱-۱-۵ فرایند مدل‌سازی.....	۱۵
۲-۱ روش‌های ارزیابی خاک و زمین در ایران (با دیدگاه کشاورزی و منابع طبیعی).....	۱۶
۱-۲-۱ طبقه‌بندی اراضی برای کشت آبی.....	۱۶
۲-۲-۱ منابع اراضی و قابلیت‌های آن‌ها.....	۱۹
۳-۲-۱ ارزیابی تناسب اراضی.....	۲۴
۴-۲-۱ طبقه‌بندی استعداد (قابلیت) اراضی.....	۳۴
۳-۱ آمایش سرزمین.....	۳۸
۱-۳-۱ ارزیابی توان اکولوژیک.....	۴۱
۲-۳-۱ هدف‌های آمایش سرزمین.....	۴۳
۳-۳-۱ پیشینه آمایش سرزمین.....	۴۳
خلاصه فصل اول.....	۴۶
خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل اول.....	۴۷

فصل دوم. سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS).....	۴۹
هدف کلی.....	۴۹
هدف‌های یادگیری.....	۴۹
مقدمه.....	۴۹
۱-۲ داده، اطلاعات و سامانه اطلاعاتی.....	۵۰
۱-۱-۲ سامانه اطلاعات جغرافیایی.....	۵۰
۲-۱-۲ تاریخچه GIS.....	۵۱
۲-۲ انواع داده در GIS.....	۵۲
۱-۲-۲ ساختار (مدل) برداری.....	۵۲
۲-۲-۲ ساختار (مدل) رستری.....	۵۳
۳-۲-۲ داده‌های گرافیکی.....	۵۴
۴-۲-۲ داده‌های توصیفی.....	۵۵
۳-۲ ارکان GIS.....	۵۶
۱-۳-۲ رکن سخت‌افزاری GIS.....	۵۷
۲-۳-۲ رکن نرم‌افزاری GIS.....	۵۸
۳-۳-۲ کسب و واردسازی داده.....	۵۸
۴-۳-۲ خروجی تجزیه و تحلیل.....	۶۰
۴-۲ کیفیت داده.....	۶۰
۱-۴-۲ کنترل و بررسی کیفیت داده.....	۶۲
۲-۴-۲ داده در مورد داده.....	۶۳
۵-۲ توابع پایه GIS.....	۶۳
۱-۵-۲ توابع کسب و ویرایش.....	۶۳
۲-۵-۲ توابع پردازش و تجزیه و تحلیل.....	۶۶
۶-۲ پایگاه داده.....	۷۲
۱-۶-۲ مدل داده تخت.....	۷۲
۷-۲ سامانه‌های تصویر و مختصات نقشه.....	۷۳
۱-۷-۲ شکل، اندازه و مرکز زمین.....	۷۳
۲-۷-۲ پروژکسیون نقشه.....	۷۴
۸-۲ مدل رقومی ارتفاع.....	۷۶
۱-۸-۲ روش‌های تهیه مدل رقومی ارتفاع.....	۷۶
۲-۸-۲ کاربردهای مدل رقومی ارتفاع.....	۷۸
خلاصه فصل دوم.....	۸۰
خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل دوم.....	۸۰
فصل سوم. شناسایی و جمع‌بندی منابع اکولوژیکی.....	۸۳
هدف کلی.....	۸۳

۸۳	هدف‌های یادگیری
۸۳	مقدمه
۸۴	۱-۳ شناسایی منابع اکولوژیکی
۸۴	۱-۱-۳ آماربرداری و نمونه‌برداری
۸۵	۲-۱-۳ تفسیر چشمی و اتوماتیک عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای
۸۸	۲-۳ نقش سامانه اطلاعات جغرافیایی در تجزیه و تحلیل منابع اکولوژیکی
۹۰	۳-۳ تجزیه و تحلیل و جمع‌بندی منابع
۹۰	۱-۳-۳ تعیین و شناسایی منابع روی واحدهای نقشه
۹۲	۴-۳ چگونگی نقشه‌سازی پارامترهای واحدهای شکل زمین
۹۲	۱-۴-۳ روش سنتی تهیه نقشه طبقات شیب با نقشه توپوگرافی
۹۳	۲-۴-۳ روش رایانه‌ای تهیه نقشه طبقات شیب
۹۷	۳-۴-۳ روش تهیه نقشه طبقات ارتفاع از سطح دریا
۹۹	۴-۴-۳ روش رایانه‌ای تهیه نقشه طبقات ارتفاع از سطح دریا
۹۹	۵-۴-۳ روش تهیه نقشه جهت‌های جغرافیایی
۱۰۱	۶-۴-۳ روش رایانه‌ای تهیه نقشه طبقات جهت جغرافیایی
۱۰۵	۵-۳ روش‌های تهیه نقشه‌های واحدهای شکل زمین
۱۰۵	۱-۵-۳ تهیه نقشه شکل زمین با رایانه
۱۱۱	۶-۳ چگونگی شناسایی خاک‌ها
۱۱۲	۱-۶-۳ روش رایانه‌ای تهیه نقشه خاک‌ها
۱۱۷	۷-۳ شناسایی پوشش گیاهی
۱۱۸	۱-۷-۳ روش رایانه‌ای تهیه نقشه پوشش گیاهی
۱۲۲	۸-۳ چگونگی تجزیه و تحلیل داده‌ها و تهیه واحدهای زیست‌محیطی در ایران
۱۲۴	۱-۸-۳ روش رایانه‌ای تجزیه و تحلیل داده‌ها و تهیه واحدهای زیست‌محیطی
۱۲۶	خلاصه فصل سوم
۱۲۶	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل سوم
۱۲۹	فصل چهارم. کاربرد GIS در ارزیابی توان اکولوژیکی محیط‌زیست
۱۲۹	هدف کلی
۱۲۹	هدف‌های یادگیری
۱۲۹	مقدمه
۱۳۰	۱-۴ روش‌های ارزیابی توان اکولوژیکی
۱۳۱	۲-۴ مدل‌های اکولوژیکی ایران
۱۳۲	۱-۲-۴ مدل اکولوژیکی کاربری جنگل‌داری
۱۳۴	۱-۱-۲-۴ مدل پیشنهادی کاربری جنگل‌داری تجاری و حفاظتی
۱۳۷	۲-۲-۴ مدل اکولوژیکی کاربری‌های کشاورزی و مرتع‌داری
۱۴۰	۱-۲-۲-۴ مدل پیشنهادی کاربری کشاورزی آبی

۱۴۲	 مدل پیشنهادی کاربری کشاورزی دیم
۱۴۵	 مدل پیشنهادی کاربری مرتع‌داری
۱۴۶	 مدل اکولوژیکی آبی‌پروری
۱۴۷	 مدل اکولوژیکی حفاظت محیط‌زیست
۱۴۹	 مدل پیشنهادی کاربری حفاظت محیط‌زیست
۱۴۹	 مدل اکولوژیکی اکوتوریسم
۱۵۲	 مدل پیشنهادی کاربری اکوتوریسم متمرکز
۱۵۳	 مدل اکولوژیکی توسعه شهری، روستایی و صنعتی
۱۵۵	 مدل پیشنهادی توسعه شهری، روستایی و صنعتی
۱۵۷	 فرموله کردن مدل‌ها و ایجاد ارتباط بین معیارها و شاخص‌ها
۱۵۷	 مدل‌های اکولوژیک رایج در ایران
۱۵۸	 روش پیشنهادی حداکثر محدودیت و میانگین هندسی
۱۶۰	 میانگین حسابی (ارزیابی چندمعیاره) شاخصی و معیاری
۱۶۰	 میانگین حسابی وزنی معیاری یا شاخصی
۱۶۲	 میانگین حسابی وزنی معیاری یا شاخصی با در نظر گرفتن عامل محدودیت‌زا
۱۶۲	 روش‌های ارزیابی رایانه‌ای مدل‌های مختلف توان اکولوژیک
۱۶۲	 روش ارزیابی رایانه‌ای مدل بولین
۱۶۶	 روش ارزیابی رایانه‌ای مدل میانگین هندسی
۱۶۷	 روش ارزیابی رایانه‌ای مدل چندمعیاره وزنی
۱۶۸	 بررسی صحت و واسنجی (کالیبره کردن) مدل‌های طرح‌ریزی شده
۱۷۲	 نتایج ارزیابی توان اکولوژیک در سه شهرستان استان فارس با شرایط اقلیمی متفاوت و بررسی دقت آن‌ها
۱۷۹	 خلاصه فصل چهارم
۱۷۹	 خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل چهارم
۱۸۱	 فصل پنجم. کاربرد GIS در آمایش سرزمین (تعیین اولویت کاربری‌ها)
۱۸۱	 هدف کلی
۱۸۱	 هدف‌های یادگیری
۱۸۲	 مقدمه
۱۸۲	 ۱-۵ روش‌های آمایش سرزمین
۱۸۴	 ۲-۵ روش کیفی تعیین اولویت
۱۸۵	 ۳-۵ روش اصلاح‌شده و پیشنهادی کیفی تعیین اولویت
۱۸۹	 ۱-۳-۵ انجام آمایش کیفی و اولویت‌بندی کاربری‌ها در نرم‌افزار
۱۹۰	 ۴-۵ روش کمی تعیین اولویت
۱۹۲	 ۵-۵ استفاده چندجانبه
۱۹۳	 ۶-۵ روش اصلاح‌شده و پیشنهادی کمی تعیین اولویت
۱۹۷	 ۱-۶-۵ انجام آمایش کمی و اولویت‌بندی کاربری‌ها در نرم‌افزار

۷-۵	روش کمی (اصلاح شده پیشنهادی) بدون سناریوی وسعت و اکولوژیک	۱۹۸
۸-۵	ارزیابی صحت و کارایی مدل های آمایش براساس مقایسه کاربری های فعلی و بهینه (آمایش) با بهره گیری از الگوی کاربری های مدل EPM و مسائل اقتصادی- اجتماعی	۱۹۹
۹-۵	نتایج آمایش سه شهرستان استان فارس با شرایط اقلیمی متفاوت و بررسی کارایی آنها	۲۰۲
۱۰-۵	مدل پیشنهادی EMOLUP	۲۰۲
۲۰۴	خلاصه فصل پنجم	
۲۰۵	خودآزمایی چهارگزینه ای فصل پنجم	
۲۰۷	پاسخ خودآزمایی های چهارگزینه ای	
۲۰۹	کتابنامه	

پیشگفتار

از چاپ کتاب *شالوده آمایش سرزمین* استاد فرزانه، دکتر مخدوم، حدود دو دهه می‌گذرد. در این بازه زمانی، کتاب موردنظر منبع اصلی تدریس برای دانشجویان مقاطع مختلف تحصیلی محیط‌زیست، بالاخص گرایش‌های ارزیابی و آمایش سرزمین و مدیریت و برنامه‌ریزی محیط‌زیست و رشته‌های مرتبط مانند منابع طبیعی و جغرافیا بوده است. درعین‌حال، این کتاب گره‌گشای مشکلات برخی از سازمان‌های اجرایی و دستورالعملی برای برنامه‌ریزی منطقه‌ای و ملی در کشور بوده است. ضمن تشکر و قدردانی از زحمات این استاد ارزشمند، مدل‌های توان اکولوژیک اشاره‌شده در کتاب مورد نقد تعدادی از همکاران، بالاخص طرف‌داران دیدگاه ارزیابی چندمعیاره توأم با وزن‌دهی معروف به MCE یا WLC بوده است. همچنین، روش‌های اولویت‌بندی و آمایش، به‌خصوص آمایش کمی، هم خالی از اشکال و ابهام نیست.

لذا در این کتاب سعی شد علاوه‌بر ذکر روش‌های توان اکولوژیک و آمایش مرسوم کشور (مدل دکتر مخدوم) و دیدگاه‌های دیگر، مدلی جدید تحت عنوان EMOLUP، که می‌شود گفت با توجه به نحوه ارزیابی آن با مدل فعلی دکتر مخدوم کاملاً متفاوت و شکل اصلاح‌یافته آن است، به جامعه علمی کشور و دوستداران محیط‌زیست و آمایش و برنامه‌ریزی سرزمین معرفی شود. در این کتاب با توجه به تحقیقات متمرکز اینجانب در دهه گذشته با همکاری دانشجویان و سایر همکاران عزیز، به اصلاح کاستی‌های ارزیابی‌های توان اکولوژیک کاربری‌های مختلف و فرایند آمایش در فصل‌های چهار و پنج کتاب پرداخته شده است. همچنین، با توجه به تغییر شیوه‌های سنتی به روش‌های نوین آمایش رایانه‌ای در محیط GIS، نحوه استفاده از این

محیط برای قسمت‌های مختلف ارزیابی توان اکولوژیک و آمایش سرزمین برای
علاقه‌مندان بیان شده‌است.

در خاتمه، از همکاران گرامی، به‌خصوص دکتر فلاح شمسی و دکتر افضلی که
در پایان‌نامه‌های مرتبط نقش مشاور را داشتند، و همچنین دانشجویان تحصیلات
تکمیلی، مهندس اسدی‌فرد، مهندس کریمی و مهندس رزاقی و به‌خصوص مهندس
پرویز جوکار که سالیان اخیر در تحقیق متمرکز اینجانب برای اصلاح مدل فعلی آمایش
سرزمین، یار و همراه اینجانب بودند، تشکر و قدردانی می‌کنم.

مسعود مسعودی
استاد دانشگاه شیراز

فصل اول

مقدمه‌ای بر ارزیابی و طبقه‌بندی اراضی

هدف کلی

هدف این فصل آشنایی علاقه‌مندان و دانشجویان با دیدگاه‌های موجود در ارزیابی اراضی و بیان مقدمه‌ای دربارهٔ آمایش سرزمین است.

هدف‌های یادگیری

انتظار می‌رود دانشجو بعد از مطالعهٔ این فصل بتواند:

۱. دربارهٔ دیدگاه‌های موجود در ارزیابی اراضی مانند بیان چالش‌های مرتبط، تکنیک‌ها و مدل‌سازی‌های مختلف توضیح دهد.
۲. روش‌های ارزیابی خاک و زمین در ایران با دیدگاه کشاورزی و منابع طبیعی مانند طبقه‌بندی اراضی برای کشت آبی، منابع اراضی و قابلیت‌های آن‌ها و ارزیابی تناسب اراضی را شرح دهد.
۳. بتواند مقدمه‌ای از آمایش سرزمین و تاریخچهٔ آن بیان کند.

مقدمه

تعریفی که از سرزمین یا Land ارائه می‌شود، شامل تمام اجزای محیط فیزیکی است که بر استفاده‌های انسان از کاربری‌های مختلف تأثیر دارد؛ بنابراین، سرزمین علاوه بر خاک، شامل ویژگی‌های زمین‌شناسی، شکل اراضی، آب، هوا و هیدرولوژی است. بشر برای دگرگون کردن چهرهٔ کشاورزی، نیاز به مکانیزه کردن کشاورزی و استفادهٔ علمی از کودها و بیوتکنولوژی دارد. لیکن، ضروری است که ابتدا تعیین تناسب

اراضی انجام شود. تعریفی که از ارزیابی زمین شده، شامل بررسی و تخمین توانائی و پتانسیل زمین برای استفاده‌های متعدد و مختلف است. انواع مهم استفاده از زمین عبارت‌اند از:

- کشاورزی. شامل زراعت آبی، زراعت دیم و باغات؛
- مرتع؛
- جنگل؛
- اراضی مسکونی؛
- استفاده‌های خاص شامل عملیات مهندسی نظیر فرودگاه، جاده، استفاده‌های نظامی، گردشگری، حفظ حیات وحش و آبخیزداری.

طبق مطالعه‌ای که توسط وزارت جهاد سازندگی در سال ۱۳۷۰ انجام شد، وسعت مراتع ایران ۵۰ میلیون هکتار گزارش شده‌است. همچنین، وسعت جنگل‌ها ۱۲/۲ میلیون هکتار، وسعت کشتزارها ۱۹/۳ میلیون هکتار- شامل ۵/۶ میلیون هکتار اراضی آبی و ۶/۶ میلیون هکتار اراضی دیم و ۵/۴ میلیون هکتار آیش- و ۱/۷ میلیون هکتار باغات محاسبه شده‌است. درواقع، کل اراضی جنگلی، مرتع و کشاورزی ۸۱/۵ میلیون هکتار است که ۵۰ درصد از خاک ایران را تشکیل می‌دهد. البته، در آمارهای ارائه‌شده سال ۱۳۸۳ از سوی وزارت مزبور، میزان وسعت مراتع ایران ۹۰ (در بعضی منابع ۸۶) میلیون هکتار، جنگل‌ها ۱۲/۴ (در بعضی منابع ۱۴/۲) میلیون هکتار، اراضی زراعی و باغی ۱۸/۴ میلیون هکتار و بیابان‌ها و کویرها ۴۳/۴ میلیون هکتار ذکر شده‌است.

کاربری اراضی^۱ بیانگر فعالیت‌های اقتصادی صورت گرفته و در حال انجام توسط انسان، و به‌منظور تولید، تغییر یا نگهداری از یک نوع پوشش اراضی^۲ است که ارتباط مستقیمی بین پوشش زمین و فعالیت‌های انسان در سرزمین ایجاد می‌کند. پوشش اراضی نیز به‌عنوان پوشش فیزیکی- زیستی در سطح کره زمین تعریف می‌شود. تنوع مطالعات آمایش و ارزیابی تناسب اراضی به این دلیل است که واژه «کاربری اراضی» مفاهیم متفاوتی دارد و بسیار مهم است که بین دو مفهوم کاربری و پوشش اراضی تمایز ایجاد کنیم. اما به‌هرحال در اینجا مفهوم «استفاده» آن مورد نظر است (چاپین و کایسر، ۱۹۷۹؛ علوی‌پناه و مسعودی، ۱۳۸۰). علاوه‌براین کاربری اراضی بسته به مقیاس مکانی، معانی متفاوتی دارد؛ مثلاً، در مقیاس‌های بزرگ، معمولاً مفهوم استفاده از منبع و

1. Land Use

2. Land Cover

در مقیاس شهری مفهوم استفاده بالقوه از سطح زمین برای مکان‌یابی فعالیت‌های متفاوت تداعی می‌شود (چاپین و کایسر، ۱۹۷۹).

چالشی که در بهره‌برداری از سرزمین وجود دارد، این است که تقاضا برای کاربری‌ها بیشتر از منابع اراضی در دسترس است و هر ساله نیز این تقاضاها، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، بیشتر می‌شود. در طول ۲۵ تا ۵۰ سال آینده جمعیت وابسته به زمین برای تأمین غذا، سوخت و اشتغال دو برابر خواهد شد. حتی در آنجایی که هنوز زمین به مقدار کافی وجود دارد، بسیاری از مردم ممکن است دسترسی مناسب به زمین یا امکان استفاده از مزایای آن را نداشته باشند. یکی دیگر از مسائل مهم، اثراتی است که انسان بر سرزمین دارد. فشار بیش از حد روی منابع سرزمین موجب زوال^۱ و تخریب^۲ سرزمین و منابع طبیعی خواهد شد که از مهم‌ترین دلایل کاهش ظرفیت تولید بیومس و کاهش عملکرد و کیفیت زندگی موجودات زنده است (مسعودی، ۲۰۱۰).

براساس مطالعه‌ای که در نیجریه صورت گرفته است، کشت آبی در شیب‌های تند (بیش از ۱۲ درصد)، باعث ایجاد فرسایشی به میزان ۱۲۲ تن در هکتار در سال می‌شود. همین مطالعه در شیب‌های کمتر از یک درصد نشان می‌دهد که تنها سه تن در هکتار در سال فرسایش وجود داشته است. این مطلب بیان می‌کند که پیش از استفاده از زمین باید توان اکولوژیکی زمین ارزیابی شود و عامل کاهش بیش از حد منابع طبیعی، استفاده غیرمنطقی انسان از زمین است.

نادرستی استفاده از سرزمین بدین معنی است که از زمین و آب به اندازه توان یا پتانسیل آن استفاده نمی‌شود. به عبارت خیلی ساده، در این گونه موارد در سرزمینی کشاورزی صورت می‌گیرد که توانی برای تولید فراورده‌های کشاورزی ندارد، در زمینی خانه‌سازی می‌شود که برای خانه‌سازی مناسب نیست، در دامنه کوهی مرتع‌داری، یعنی چرای دام، انجام می‌پذیرد که توان تولیدی برای این کار ندارد و در سرزمینی تفرجگاه دایر می‌شود که برای این کار مناسب نیست. ندانم‌کاری در نوع استفاده از سرزمین و مدیریت غلط یا روش بهره‌برداری نادرست باعث استفاده غیرمنطقی انسان از سرزمین شده است. به‌طور کلی، می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که عامل کاهش بیش از اندازه منابع، استفاده غیرمنطقی انسان از سرزمین است. سرزمین یک منبع محدود و آسیب‌پذیر

است اما بسیاری از مزایای آن، اگر درست استفاده شود، ابدی و قابل تجدیدند. اکنون خوشبختانه انسان متمدن به فکر چاره‌جویی افتاده است.

از اواخر قرن میلادی گذشته، انسان به این نکته پی برد که برای آنکه بخواهد بهره‌برداری اقتصادی باصرفه و مستمر از سرزمین داشته باشد، بهتر است که روند بهره‌برداری را در یک چارچوب برنامه‌ریزی‌شده به نام طرح مدیریت به اجرا گذارد. از آن زمان به تدریج طرح‌های جنگل‌داری، مرتع‌داری، شهرسازی و مدیریت شهر و شهرک، مدیریت کشاورزی، دامداری، دامپروری، مدیریت شیلات و آبریزپروری، پارک‌داری و مدیریت توسعه در جهان پا گرفت (مخدوم، ۱۳۷۸).

در کشور ما نیز تهیه و تدوین طرح‌های مدیریت از سال ۱۳۳۵ در سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور و اجرای طرح‌ها از سال ۱۳۳۹ با اجرای طرح جنگل‌داری سری گلبد از جنگل ویسر (جنوب نوشهر) شروع شد. این امر به تدریج در مورد مرتع‌داری، مدیریت شهرسازی، پارک‌داری، دامداری، دامپروری، مدیریت کشاورزی (طرح‌های کشت و صنعت) و مدیریت شیلات و آبریزپروری توسط سازمان‌های ذی‌ربط پیگیری شده و می‌شود.

پس از جنگ دوم جهانی و با وجود گذشت شصت سال از تهیه، تدوین و اجرای طرح‌های مدیریت سرزمین، بازهم دیده شد که به‌طور شایسته مشکل برطرف نشد. پس از جنگ دوم جهانی، ادامه فقر کشاورزان، هدررفتگی منابع طبیعی و ضایع شدن محیط‌زیست دلیلی برای چاره‌اندیشی شد. انسان پی برد برای آنکه بتواند جلوی فقر و ضایع شدن سرزمین را بگیرد، باید به همراه طبیعت حرکت و از سرزمین به اندازه توان یا پتانسیل تولیدی آن بهره‌وری کند. همچنین، نوع استفاده از سرزمین را براساس توان کاربری سرزمین تعیین کند و نیازهای اقتصادی و اجتماعی بشر را با توجه به توان سرزمین برآورده سازد.

از این رو، رویکرد نوین جهان متمدن را باید حرکتی از «محیط‌زیستی اقتصادی» به سوی «اقتصاد زیست‌محیطی» و متکی بر تولید دانش، در جهت توسعه پایدار دانست (جوکار، ۱۳۹۳). رویکردی که لزوم تقویت و حمایت همه‌جانبه‌نگر را به‌وسیله همیاری و تعامل میان‌رشته‌ای بین متخصصان منابع طبیعی و محیط‌زیست با کارشناسان و نخبگان حوزه اقتصادی و دولتمردان حوزه سیاست بیش از پیش مورد تأکید قرار داده و این رویکرد از جمله ضروری‌ترین لوازم تضمین توسعه پایدار است. به عبارت دیگر، امروزه تنها هنگامی می‌توان از مزیت‌های اقتصادی سرزمین یاد کرد که آن مزیت‌ها از غربال ارزش‌های

زیست‌محیطی گذر کرده باشند و ارزش افزوده حاصل از فعالیت‌ها و برنامه‌های اقتصادی به کاهش اندوخته‌های طبیعی و تشدید دامنه آسیب‌پذیری آن‌ها منجر نشود. از آن‌روست که اجرای طرح‌هایی نظیر مدیریت جامع زیست‌محیطی در بخشی از ارزشمندترین زیستگاه‌های زمینی، اهمیت می‌یابد. از سوی دیگر، بسیاری از جوامع انسانی از گذشته تاکنون با زیست‌بوم طبیعی خویش دارای پیوندهای اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی تنگاتنگ، با ابعادی چندگانه و تودرتو بوده‌اند؛ پیوندهایی که امکان گسستن آن‌ها به بهانه دسترسی به هدف‌های حفاظت، نه درست و نه امکان‌پذیر است؛ بنابراین، می‌بایست به سازوکارها و تمهیداتی اندیشید که با اعمال آن‌ها بر سرزمین، هم موجودیت طبیعی آن و هم کیفیت زیست تمامی زیست‌مندان، به‌ویژه انسان، به‌صورتی پایدار تضمین شود. به کلامی روشن‌تر، مسئله اساسی و بنیادین مجموعه مطالعات حاضر این است که چگونه می‌توان به چارچوبی علمی، عملی و پایدار رسید که به موجب آن تأمین نیازهای مشروع انسانی با موجودیت طبیعت و دیگر زیست‌مندان آن کمترین تنش و تضاد را به همراه داشته باشد. رویکردی که به‌نوبه خویش هم اهمیت و هم دشواری و پیچیدگی طرح‌های آمایش سرزمین را آشکارا نشان بدهد و ثابت کند که تحقق آن‌ها تا چه اندازه به دانشی به‌روز و میان‌رشته‌ای و مهم‌تر از آن، حمایت‌ها و هماهنگی‌های فرابخشی، ملی و منطقه‌ای مبتنی بر اراده‌ای خردمند و معطوف به عالی‌ترین سطوح قدرت و تصمیم‌گیری نیازمند است.

۱-۱ دیدگاه‌های موجود در ارزیابی اراضی

به‌طورکلی، برای ارزیابی توان سرزمین و محاسبه تناسب آن برای انواع کاربری‌ها به کمک پهنه‌بندی، شیوه‌ها و دیدگاه‌های متفاوتی وجود دارد که در اینجا به‌طور مختصر به این دیدگاه‌ها و روش‌ها اشاره می‌شود:

۱-۱-۱ دیدگاه‌های موجود در طبقه‌بندی

- **منطق بولین**^۱. رایج‌ترین دیدگاه مربوط به منطق بولین است که از ساده‌ترین روش‌ها در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی محسوب می‌شود. براساس این دیدگاه، به شرایط مناسب موجود در منطقه کد یک و به سایر مناطق نامناسب که در منطقه

نمی‌گنجد، کد صفر اطلاق خواهد شد (مخدوم و همکاران، ۱۳۸۰). این روش بسیار ساده و قابل فهم است (جدول ۱-۱) ولیکن با توجه به اینکه معیارهای پیوسته (مانند شیب) در این روش باید به صورت صفر و یک تقسیم بندی شوند، قابل انعطاف نیست و به رویکرد سخت مشهور است.

جدول ۱-۱. طبقه بندی براساس منطق بولین

شاخص	مناسب (کد ۱)	نامناسب (کد ۰)
شیب	۰-۱۵	سایر

- **منطق فازی.** در رویکرد دیگر طبقه بندی تحت عنوان فازی، محدوده اکولوژیکی طبقات هر شاخص یا به عبارت دیگر درجه عضویت اعضا در مجموعه فازی در یک طیف گسترده بین ۰ تا ۱ یا (۰-۲۵۵) قرار می گیرد (امیری و همکاران، ۲۰۱۰) یا گاهی به جای دو طبقه مناسب و نامناسب به شکل چند طبقه یا به عبارتی فازی طبقه ای مشاهده می شود (جدول ۱-۲).

جدول ۱-۲. طبقه بندی براساس منطق فازی (فازی طبقه ای)

شاخص	مناسب (ارزش یا کد ۳)	نیمه مناسب (ارزش یا کد ۲)	نامناسب (ارزش یا کد ۱)
شیب	۰-۱۵	۱۵-۲۵	۲۵ <

۱-۱-۲ دیدگاه های موجود در روش ارزیابی

- **منطق بولین (And/ OR).** رایج ترین روش ارزیابی تناسب منطق بولین است که از ساده ترین روش ها در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی محسوب می شود. در رویکرد ارزیابی با منطق And، ترکیبی از ویژگی های مختلف (مثلاً تمامی شروط در طبقه مناسب) که یک منطقه باید دارای آن باشد، در مکان یابی وارد می شود. تابع And همان اشتراک (intersection) است که فقط مناطقی از نقشه ها را که با هم هم پوشانی دارد، نمایش می دهد؛ بنابراین، بسیار محافظه کارانه است و ریسک پذیر نیست. برعکس آن، در رویکرد ارزیابی با منطق OR وجود یک شرط که یک منطقه دارای آن است، برای مکان یابی کافی است.

- روش حداکثر محدودیت. در رویکرد طبقه‌بندی شاخص‌ها به شکل چندطبقه (فازی طبقه‌ای مانند جدول ۱-۲)، طبقات نرخ‌گذاری کمی می‌شوند. در روش حداکثر محدودیت، با ادغام چند شاخص با یکدیگر، بدترین امتیاز یا کلاس تعلق‌گرفته ناشی از هر شاخص در هر پلی‌گون (یا پیکسل) بیانگر کلاس توان خواهد بود.
- روش‌های میانگین‌گیری. تلفیق تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)^۱ و سامانه اطلاعات جغرافیایی، تلفیق و تصمیم‌گیری سرزمین را در فرایند ارزیابی تناسب اراضی توسعه بخشیده است (مالچفسکی، ۱۹۹۹) و به‌عنوان فرایند ترکیب و تبدیل داده‌های مکانی (ورودی) به یک تصمیم نتیجه‌بخش (خروجی) قلمداد می‌شود. این تکنیک یک ارتباط مستقیم بین نقشه‌های ورودی و خروجی برقرار می‌کند و پهنه‌بندی و تصمیم‌گیری را براساس داده‌های مکانی، اولویت‌های تصمیم‌گیرنده، مهارت اولویت‌بندی داده‌ها و نیز بر حسب قواعد خاص تصمیم‌گیری انجام می‌دهد. روش‌هایی مانند ترکیب خطی وزن‌دار (WLC^2) و میانگین‌گیری وزن‌دار ترتیبی (OWA^3) جزء این تکنیک محسوب می‌شوند. محققان با تعمیم روش‌هایی مانند فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP^4)، وزن و اهمیت شاخص‌ها را تعیین می‌کنند. روش‌هایی مانند میانگین حسابی نیز گاهی اوقات در ارزیابی استفاده می‌شود که در آن براساس میانگین حسابی شاخص‌های هر مدل کاربری، ارزیابی صورت می‌گیرد. علاوه بر روش‌های فوق، روش‌هایی مانند اتوماسیون سلولی (CA)، زنجیره مارکوف که براساس روند تغییرات کاربری استوار است، الگوریتم ژنتیک (EA) و شبکه‌های عصبی^۵ مصنوعی به‌عنوان روش‌هایی نوین در مدل‌سازی و پیش‌بینی فرایندهایی که برای شناخت و توصیف دقیق آن‌ها راه حل و رابطه صریحی وجود نداشته، موفق بوده‌اند.

۱-۳ روش‌های مرسوم و نوین در انتخاب، وزن‌دهی و رتبه‌بندی معیارها

در این بخش به این مقوله پرداخته می‌شود که چگونه مناسب‌ترین معیارها و شاخص‌های

1. Multi Criteria Decision Making
2. Weighted Linear Combination
3. Ordered Weighted Averaging
4. Analytical Hierarchy Process
5. Neural Networks

ارزیابی توان اکولوژیک و آمایش سرزمین، انتخاب می‌شوند و معیار لازم برای اولویت‌بندی و امتیازدهی آن‌ها چیست و چطور بر این اساس وزن‌دهی و رتبه‌بندی می‌شوند؛ به گونه‌ای که مورد توافق همه کارشناسان و صاحب‌نظران باشد و بتواند تصویری دقیق و گویا از وضعیت سرزمین را نشان دهد. روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه زیادی نظیر روش آنتروپی^۱، روش کمترین مجذورات وزن‌شده^۲ و تحلیل سلسله‌مراتبی به منظور ارزیابی شاخص‌های موجود در یک تصمیم و انتخاب گزینه برتر توسعه یافته‌اند که از این میان به مهم‌ترین موارد اشاره می‌شود:

- **روش دلفی (Delphi).** نام تکنیک دلفی از افسانه معبد آپولو (ارباب دلفی) در جزیره دلفی یونان گرفته شده که به پیش‌بینی و پیش‌گویی آینده مشهور بوده است. تکنیک در ابتدا بر مبنای حدس، قضاوت و الهام افراد مطرح شد ولی به تدریج شکل علمی گرفت و اولین بار در اواخر ۱۹۵۰ توسط کمپانی RAND توسعه یافت. دلفی رویکرد یا روشی سیستماتیک در تحقیق برای استخراج نظرات از یک گروه متخصصان در مورد یک موضوع یا یک سؤال یا رسیدن به اجماع گروهی از طریق یک سری از راندهای پرسش‌نامه‌ای با حفظ گمنامی پاسخ‌دهندگان و بازخورد نظرات به اعضای پانل است. هدف اصلی دلفی پیش‌بینی آینده است. مهم‌ترین شرایط مورد نیاز برای کاربرد دلفی شامل نیاز به قضاوت و نظرات گروه وسیعی از متخصصان، توافق گروهی در دستیابی به نتایج، وجود مشکل پیچیده، بزرگ و بین رشته‌ای و عدم توافق یا ناقص بودن دانش، دردسترس بودن متخصصان باتجربه، از نظر پراکندگی جغرافیایی، لزوم گمنامی در جمع‌آوری داده‌ها و عدم محدودیت زمانی است.

به‌طورکلی، اجرای روش دلفی شامل موارد زیر است:

- الف) شرکت‌کنندگان انتخاب می‌شوند و از آنان خواسته می‌شود در پاسخ به مجموعه‌ای از سؤال‌های یک پرسش‌نامه، نظرات بی‌نام و نشان خود را اعلام کنند.
- ب) هر شرکت‌کننده نتایج دوره اول پاسخگویی مانند میانه پاسخ‌های همه شرکت‌کنندگان را دریافت می‌کند و سپس در دور دوم، پاسخگویی برای مشخص شدن شدت سازگاری یا ناسازگاری با میانگین پاسخ‌های گروه آغاز می‌شود.

پ) بار دیگر نتایج به پاسخ‌دهندگان بر حسب میانه پاسخ گروه و همچنین برای مشخص کردن اینکه چرا برخی افراد با میانه پاسخ‌ها موافق نیستند، داده می‌شود. (ت) پس از بیان دلایل عدم توافق افکار اقلیت، شرکت‌کنندگان دوباره پاسخ می‌گویند. (ث) ممکن است مراحل (ب) و (ت) تکرار شود، هرچند معمولاً بعد از یک دور از انجام این دو مرحله، دیگر افکار خیلی به هم نزدیک نمی‌شوند.

• روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP^۱). به‌طور کلی تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) شامل روش‌هایی از جمله جمع وزن‌دهی یا تحلیل‌های هم‌گرایی است که طیفی از معیارهای وابسته به یک مبحث امتیازدهی و سپس به‌وسیله کارشناسان رتبه‌بندی می‌شوند (اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰). تصمیم‌گیری چندمعیاره به دو طبقه تقسیم می‌شود: الف) تصمیم‌گیری چندشاخصه^۲ و ب) تصمیم‌گیری چندهدفه^۳. اگر مسئله مورد ارزیابی، یک مجموعه محدود از گزینه‌ها به‌منظور انتخاب بهترین آن‌ها براساس وزن‌های مربوط به ویژگی‌های آن گزینه‌ها باشد، این مسئله یک تصمیم‌گیری چندشاخصه (MADM) است. تصمیم‌گیری چندهدفه (MODM) به انتخاب بهترین گزینه‌ها بر مبنای یک سری هدف‌های کم‌ویش ناسازگار ارتباط دارد. به‌طور کلی، روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه به دو گروه تقسیم می‌شوند: الف) روش‌های مبتنی بر رتبه‌بندی گزینه‌ها، که به روش‌های رتبه‌بندی^۴ معروف هستند مانند AHP و TOPSIS و ب) روش‌هایی که الزاماً به رتبه‌بندی منتهی نمی‌شوند و به روش‌های غیررتبه‌ای یا نارتبه‌ای^۵ معروف‌اند که از آن جمله می‌توان به انواع روش‌های ELECTRE و PROMOTHE اشاره کرد.

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) یکی از معروف‌ترین فنون تصمیم‌گیری چندشاخصه است که اولین بار توسط توماس ال. ساعتی عراقی‌الاصل در دهه ۱۹۷۰ براساس تحلیل مغز انسان برای مسائل پیچیده و فازی ابداع شد. این تکنیک، مسائل پیچیده را براساس آثار متقابل آن‌ها مورد بررسی قرار می‌دهد، آن‌ها را به شکلی ساده تبدیل می‌کند و به حل آن‌ها می‌پردازد. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) از جامع‌ترین مدل‌های

1. Analytic Hierarchy Process
2. Multi-Attributes
3. Multi-Objective
4. Ranking Methods
5. Outranking Methods