محیط‌شناسی، دورهٔ ۴۲، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۵، صفحهٔ ۱۴۹-۱۳۵

ارزیابی تناسب سرزمین برای کاربری توسعه شهری و صنعتی با یک مدل پیشنهادی (مطالعه موردی: شهرستان جهرم)

پرویز جوکار[۱] و مسعود مسعودی[۲]*

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
parvizjokar2012@gmail.com

۲. دانشیار گروه منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹٤/۸/۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹٤/۱۱/۲۰

چکیده

آمایش سرزمین با توجه به ویژگی های اکولوژیک سرزمین و شرایط اقتصادی اجتماعی آن، نوع استفاده بهینه از سرزمین را مشخص می‌سازد. در بسیاری از مناطق ایران، انتخاب کاربری (به‌ویژه توسعه) و مدیریت زمین بدون توجه به قابلیت و توان سرزمین انجام می شود که سبب اتلاف سرمایه و کاهش ظرفیت محیطی می گردد. این تحقیق در شهرستان جهرم و باهدف اصلاح و توسعه مدل ارزیابی توان اکولوژیک توسعه شهری، روستایی و صنعتی در منطقه مطالعاتی انجام شد. روش های مورد بررسی شامل روش ارزیابی توان اکولوژیک ایران بر اساس منطق بولین، روش های پیشنهادی حداکثر محدودیت (منطق بولین)، میانگین حسابی، میانگین هندسی و در نهایت کالیبره آن از طریق ادغام نقشه‌ها در GIS می‌باشد. نتایج نشان داد که روش‌های مبتنی بر میانگین هندسی و کالیبره آن بهتر از سایر مدل‌ها، توان محیط را برآورد کرده است. همچنین روش میانگین حسابی، پایین‌ترین دقت بین روش‌های موجود قلمداد شد. در ارتباط با کاربری توسعه صنعتی نیز مناطق پیشنهادی برای توسعه (طبقه ۱ و ۲) ۷/۶٪ از منطقه را تشکیل می دهد که این محدوده با توجه به پتانسیل بالای شهرستان در کشاورزی و باغبانی، به منظور توسعه صنایع مرتبط با این کاربری پیشنهاد می‌گردد.

کلیدواژه

آمایش سرزمین، مدل پیشنهادی، مدل ارزیابی توان اکولوژیک ایران، میانگین هندسی، ارزیابی چند معیاره

مقدمه

جوامع بشری از بدو ظهور تاکنون با اتکا به بهره‌برداری از سرزمین، در نواحی مختلف کره زمین ساکن شده و تمدن خویش را بنا کردند. در این سیر تکاملی انسان در طبیعت، سه دوره شکارگری، کشاورزی و صنعتی را می‌توان به عنوان اصلی‌ترین دوران زندگی بشر در عرصه محیط‌زیست برشمرد که در این سیر، وقوع انقلاب صنعتی همراه دو فرایند شهرنشینی و صنعتی شدن شهرها از پیشرفت‌های بنیادین در جوامع بشری بودند که پیامدهای زیست‌محیطی مهمی دربرداشتند (غیاثوند، ۱۳۸۶). ساخت شهرها نیز نشان می‌دهد که بدون برنامه‌ریزی کاربری زمین نمی‌توان به الگوی بهینه زیست در شهرها دست یافت؛ بطوریکه برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری از جنبه‌های اصلی ساخت شهر است که درپی نابسامانی‌ها مسائل و مشکلات شهرها مورد توجه قرارگرفته است (زیاری،۱۳۸۱). در کشور ایران نیز مشاهده می‌شود که به

* نویسنده مسئول: Email: masoudi@shirazu.ac.ir

منظور ایجاد شهرها و توسعه صنایع به مسائل آمایش سرزمین چه در مقیاس ملی و یا منطقه‌ای و حتی در شرایط حاضر توجه نمی‌شود (سلطانی و همکاران،۱۳۸۸). بنابراین مطالعات آمایش و ارزیابی توان سرزمین به منظور استقرار این دسته از کاربری‌ها اهمیت و ضرورت خاصی پیدا می‌کند. در واقع بهره‌برداری مستمر از منابع طبیعی تجدیدشونده متضمن شناسایی توان اکولوژیک سرزمین در هر محیطی است و این شناسایی در دراز مدت اجازه می‌دهد تا از طریق استفاده از مدیریت بهینه و برنامه‌ریزی شده امکان استفاده از منابع فراهم و از تخریب محیط جلوگیری شود (کاشی‌ساز و همکاران،۱۳۸۹).

ارزیابی توان اکولوژیک مهم‌ترین و اساسی‌ترین مرحله آمایش سرزمین را تشکیل می‌دهد که در طی آن به بررسی توان‌های بالقوه و بالفعل پرداخته می‌شود (مخدوم،۱۳۷۸). در طی این فرآیند قدرت بالقوه و یا نوع کاربرد طبیعی سرزمین برآورد می‌شود. به عبارت دیگر ارزیابی توان اکولوژیک فرآیندی است که تلاش دارد از طریق تنظیم رابطه انسان با طبیعت، توسعه‌ای در خور و هماهنگ با طبیعت را فراهم سازد. در واقع این ارزیابی گامی مؤثر در جهت به دست آوردن برنامه‌ای برای توسعه پایدار محسوب می‌شود (منوری و همکاران،۱۳۸۸). بنابه تعریف دیگر، ارزیابی توان سرزمین، توزیع بهتر جمعیت با توجه به منابع طبیعی و فعالیت‌های اقتصادی را به عنوان هدف، دنبال می‌کند و رفاه و توسعه کامل ظرفیت‌های بالقوه جمعیت را در نظر دارد (هانسن[1]، ۱۹۶۸).

روش‌های متعددی برای ارزیابی توان توسعه تاکنون ارائه شده که از مهم‌ترین آن‌ها در کشور ایران مدل ارزیابی توان اکولوژیک ایران (مخدوم،۱۳۷۸) می‌باشد. ارزیابی این مدل بر اساس منطق بولین استوار است. به طوری که معمولاً برای تفکیک مناطقی که دارای مجموعه‌ای از شرایط مورد نظر باشند کاربرد دارد (امیری و همکاران،۱۳۸۸). اجرای این نوع ارزیابی در مدل‌های ۸ کلاسه آمریکایی، ۶ کلاسه تناسب اراضی و روش استوری[2] (خسروی و همکاران، ۱۳۹۱) مشاهده می‌شود. شاخصه مهم این قبیل روش‌ها، کیفی بودن و سخت‌گیرانه بودن آن‌ها می‌باشد. ولیکن مطالعات نشان داده که روش‌های کیفی ارزیابی موجب عدم انطباق توان سرزمین با ویژگی‌های واقعی سرزمین خواهد شد (مالچفسکی،۲۰۰۴). باید یادآور شد که امروزه بر خلاف گذشته که ارزیابی کیفی در مد نظر بود، برنامه ریزان استفاده از سرزمین بیشتر نیازمند ارزیابی کمی هستند که جوابگوی نیازهای اقتصادی باشد (مخدوم،۱۳۷۸). اهمیت این مسئله با توجه به رشد سریع جمعیت و نیاز به توسعه کالبدی از یکسو و اهمیت شرایط محیطی و جلوگیری از تخریب سرزمین از طرف دیگر دوچندان می‌گردد (کرم و محمدی،۱۳۸۸).

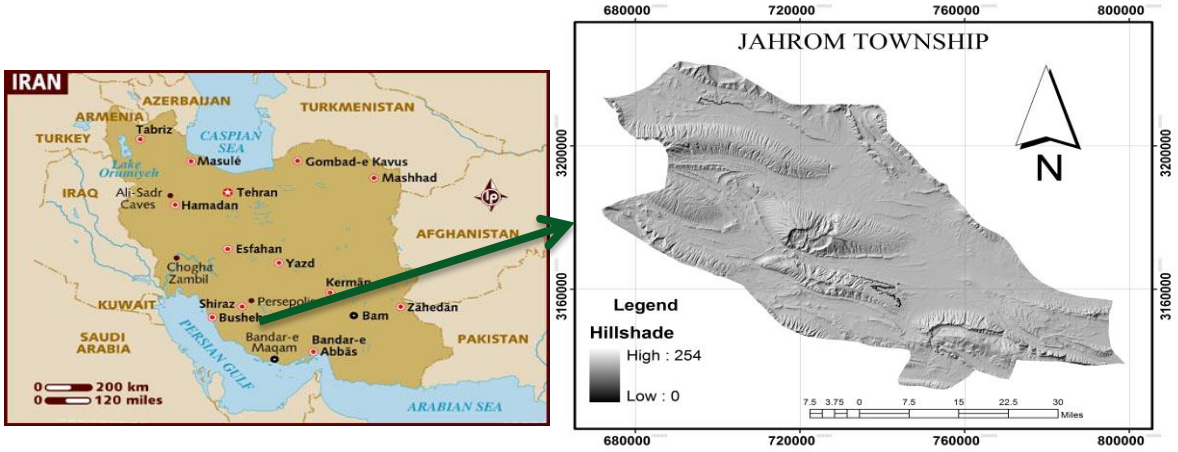
از طرف دیگر مدل اکولوژیکی ساخته شده برای توسعه شهری، روستایی و صنعتی در ایران با توجه به نیازمندی‌های زیست‌محیطی یکسان، با هم و یکجا ارائه می‌گردد (مخدوم،۱۳۷۸). ولیکن برپایی مناطق مسکونی و مناطق مرتبط با آن، تفاوت زیادی با برپایی صنایع دارد و این دو کاربری باید از همدیگر تفکیک شوند که در این تحقیق به این مسائل پرداخته شده است.

به طور کلی ارزیابی تناسب زمین برای توسعه یکی از مهم‌ترین مقولاتی است که جغرافیدانان و برنامه ریزان شهری با آن سر و کار دارند. با توجه به پیچیدگی این فرآیند سیستم اطلاعات جغرافیایی دارای قابلیت‌ها و توانمندی‌های متعددی در زمینه گردآوری، ذخیره، ویرایش، تحلیل داده‌ها و مدل‌سازی می‌باشد (کرم،۱۳۸۴). با توجه به هدف تحقیق حاضر، تعیین تناسب و درجه مرغوبیت شهرستان جهرم در خصوص کاربری توسعه شهری و صنعتی با مطالعه فاکتورهای فیزیکی و زیستی دخیل در این کاربری با یک مدل پیشنهادی و مقایسه آن با روش اکولوژیک ایران به منظور مدیریت بهتر این اراضی است. برای رسیدن به این هدف، با نقشه سازی هر یک از این فاکتورها در سامانه اطلاعات جغرافیایی، ارزیابی تناسب توسعه شهری و صنعتی انجام گردید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شهرستان جهرم به مرکزیت شهر جهرم با وسعت ۵۷۳۷ کیلومترمربع ۴/۶۸ درصد کل مساحت خاکی استان فارس را به خود اختصاص داده است. این شهرستان در محدوده عرض جغرافیایی ۷′۱۸°۲۸ تا ۲۳′۶°۲۹ و طول جغرافیایی ۳′۴۵°۵۲ تا ۲۵′۴°۵۴ قرارگرفته است. اقلیم منطقه گرم، خشک و نیمه خشک و در مناطق کوهستانی معتدل می‌باشد. کشاورزی و باغ‌داری در این شهرستان به صورت سنتی و نیمه صنعتی است اما به علت موقعیت خاص جغرافیایی، باغ داری پایه اصلی اقتصاد این شهرستان را تشکیل می دهد. شهر جهرم مرکز شهرستان نیز جز پرجمعیت ترین شهرهای استان محسوب می شود (غلامی و رستگار،۱۳۸۹). شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱. موقعیت شهرستان جهرم در استان فارس

روش تحقیق

روش تحقیق در این پژوهش از نوع "توصیفی- تحلیلی" می‌باشد و برای جمع‌آوری داده‌ها از ابزار کتابخانه‌ای و مطالعات و مشاهدات میدانی استفاده شده است. تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز با نرم‌افزارهای ArcGis9.3 و EXCEL صورت گرفته است.

فرآیند مدل‌سازی

مراحلی که برای ساختن مدل در این تحقیق انجام شد شامل ۷ مرحله زیر است (بر اساس اختصاصی و سپهر،۱۳۹۰):

A. تعریف و شناخت مسئله (پرداختن به‌علت اصلی مسئله)

این تحقیق به دنبال رفع مسائل و چالش‌های مهم در بخش ارزیابی توان توسعه می‌باشد تا در نهایت منجر به یک مدل پویا برای ارزیابی این کاربری باشد.

B. جمع‌آوری داده‌ها

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل نقشه‌های توپوگرافی، خاک، زمین شناسی، پوشش گیاهی، منابع آب، اقلیم و ... است که از سازمان‌های مربوطه در استان فارس تهیه و جمع‌آوری گردیده شده است که پس از تهیه داده‌های مورد نیاز برای مدل‌سازی، این داده‌ها وارد سامانه اطلاعات جغرافیایی گشت تا محاسبات مورد نیاز با توجه به الگوریتم‌های تعیین شده برای محاسبه شاخص‌ها و ارزیابی تناسب صورت گیرد.

C. مشخص کردن معیارها و شاخص‌های ارزیابی

یکی از مسائل مهم ساخت مدل، گزینش متغیرهایی است

که باید در مدل گنجانیده شود. بدیهی است که مدل باید قادر به بارز سازی پدیده‌های موردنظر مدل‌ساز باشد؛ مدل پیشنهادی برای کاربری توسعه شهری و صنعتی به ۳ طبقه (طبقه ۱: مناسب؛ طبقه ۲: نیمه مناسب؛ طبقه ۳: ضعیف و نامناسب) طبقه‌بندی می‌شوند. این مدل در جدول ۱ نشان داده شده است.

D. فرموله کردن مدل و ایجاد ارتباط بین معیارها و شاخص‌ها

مرحله بعدی ساخت مدل، مستلزم توصیف فرضیه (یا فرضیات) رفتار سیستم و تفسیر این فرضیه به شکل ریاضی یا نمادی است. این مرحله مستلزم گزینش مناسب‌ترین تکنیک‌های ریاضی خواهد بود و این تکنیک‌های ریاضی را بدون اطلاعات تکنیکی مناسب نباید به کار گرفت. نحوه ارزیابی و امتیازدهی در تحقیق فعلی با ۴ روش اعمال می‌شود:

الف- روش ارزیابی توان اکولوژیک ایران (مخدوم،۱۳۷۸)

این مدل بر اساس تلفیق منطق بولین استوار است بدین معنی که برای شرایط مساعد اکولوژیکی موجود در هر طبقه در منطقه مورد نظر کد ۱ و برای سایر مناطق نامساعد که در طبقه نمی‌گنجد کد صفر اطلاق خواهد گشت. با این توصیف برای جدا کردن هر یک از طبقات کاربری‌ها بین تمامی فاکتورهای اکولوژیک مربوط به هر طبقه از منطق AND (تقاطع) استفاده می‌شود و مدل ارزیابی توان اکولوژیک کاربری‌ها اجرا می‌گردد (امیری و همکاران، ۱۳۸۸).

ب- مدل اصلاح‌شده پیشنهادی بر اساس منطق بولین (حداکثر محدودیت)

شایان ذکر است که در بررسی معیار توپوگرافی برای کاربری توسعه شهری تغییراتی صورت گرفت. بدین ترتیب که شاخص تیپ اراضی (با الگو گیری از مدل ارزیابی توان اکولوژیک ایران) به مدل‌های فوق افزوده و شاخص ارتفاع از سطح دریا نیز از کاربری فوق حذف گردید. نظر به اینکه برخی مناطق شهری در جهان هستند که واجد ارتفاعات پست هستند، مانند اروپا و حتی در ایران، و همچنین مناطقی که در دشت واقع هستند ولیکن در ارتفاعات بالایی قرار دارند؛ از این‌رو با توجه به عدم در نظرگیری موارد فوق در مدل فعلی توسعه، شاخص ارتفاع حذف و معیار توپوگرافی با در نظرگیری شاخص‌های شیب و تیپ اراضی مورد ارزیابی قرار گرفت. این مدل بر اساس شاخص‌های جدول۱ و بر اساس منطق بولین ارزیابی شد.

ت- روش پیشنهادی میانگین هندسی

مدل پیشنهادی در این تحقیق یک مدل ارزیابی توان اکولوژیک و آمایش سرزمین است. در ارزیابی توان اکولوژیک به بررسی توان واقعی کاربری‌ها بر اساس تلفیقی از توان بالقوه و توان بالفعل سرزمین پرداخته می‌شود. بنابراین مسائل اقتصادی- اجتماعی را در فرآیند ارزیابی توان اکولوژیک دخالت می‌دهد.

در این روش هر یک از شاخص‌ها در مدل طبقه‌بندی می‌شوند (جدول۱) و به‌جای امتیاز دهی بر اساس منطق بولین، طبقات نرخ گذاری کمی می‌شوند. بدین‌صورت که به هر شاخص بر حسب تعداد کلاس‌های تعریف شده و اهمیت در هر طبقه، وزنی بین ۰ تا ۲ (کاربری ۳ کلاسه) داده می‌شود؛ که محدوده صفر بیانگر عدم توان محدوده مورد نظر برای کاربری مورد نظر و ۲ نیز بیانگر بهترین محدوده برای آن کاربری می‌باشد. سپس بر اساس رابطه ۱ و ۲ ابتدا شاخص‌های مرتبط با هر معیار در همدیگر ضرب می‌شوند تا معیار مربوطه حاصل گردد. در گام بعد معیارها در همدیگر ضرب می‌شوند و طبقه توان بر اساس محدوده‌های کمی در جدول ۲ مشخص می‌شود. به دلیل آنکه از امتیازات میانگین هندسی گرفته می‌شود، حد آستانه هر طبقه بر اساس نزدیکی به امتیاز طبقه در نظر گرفته شد (اختصاصی و سپهر،۱۳۹۰).

جدول ۱. معیارها و شاخص‌های مؤثر برای کاربری توسعه شهری،روستایی و صنعتی

معیار	شاخص	طبقه۱	طبقه ۲	طبقه ۳	منبع علمی
فیزیوگرافی	درصد شیب	۰-۱۵	۱۵ -۳۰	۳۰ <	نوری و شریفی پور (۲۰۰۴)، کرم (۱۳۸۴)
	تیپ اراضی	دشت‌های دامنه‌ای، دشت‌های رسوبی، دشت پست	فلات‌ها و تراس‌های فوقانی(تیپ ۳)، مخروط افکنه و واریزه(تیپ ۸ و ۹)	تپه، کوه و دشت سیلابی	پیشنهادی (بر اساس مدل مخدوم)
اقلیم	بارندگی(میلی‌متر)	۵۰۱-۸۰۰	۵۱-۵۰۰ یا ۸۰۰<	۵۰>	مخدوم
	دما(سانتی‌گراد)	۱۸/۱-۲۴	۲۴/۱-۳۰ یا ۱۸>	۳۰<	مخدوم
	رطوبت نسبی(درصد)	۴۰/۱-۷۰	۴۰> ۷۰-۸۰	۸۰<	مخدوم
	میانگین سرعت باد (کیلومتر در ساعت)	۱-۳۵	۳۶-۶۰	۶۰<	مخدوم
خاک	بافت	غالباً متوسط	غالباً سبک	غالباً سنگین،رگوسول و لیتوسول	مخدوم
	عمق	عمیق و خیلی عمیق	نیمه عمیق	کم عمق	مخدوم
	درصد سنگریزه	۰-۲۵	۲۶-۵۰	۵۰<	مخدوم
	زهکشی	خوب	متوسط	ضعیف	مخدوم
	فرسایش خاک	فاقد تا کم	متوسط	شدید	مخدوم
	دانه‌بندی	متوسط	ریز و درشت	خیلی ریز	مخدوم
	تحول یافتگی	تحول یافته	نیمه تحول یافته	کم تحول یافته	مخدوم
زمین شناسی	لیتولوژی و ژئوهیدرولوژی	ماسه سنگ، افیولیت آمیزه‌ای رنگی،رسوبات فلات قاره	سنگ آهک و آهک دولومیتی، سنگهای آذرآواری و آتشفشانی حد واسط ائوسن ایران،گرانیت، مخروط افکنه، شیل و رس سنگ و کنگلومرا، پادگانه آبرفتی، لس	مارن، شیست و گنیس و آمفیبولیت، نمک طعام به صورت گنبدهای نمکی و قشر نمکی، مرمر کلسیتی و دولومیتی،تپه ماسه ای، گنبد ژیپسی، کوارتزیت و گسل: حریم گسل(اصلی ۱ کیلومتر و فرعی ۳۰۰ متر) و بستر خشک رودخانه، مسیل و آبراهه های طبیعی(حریم رودخانه تا شعاع ۱۰۰۰متر)	مخدوم؛ (قرخلو و همکاران،۱۳۸۸)
پوشش گیاهی	تراکم (٪)	۰-۲۵	۲۶-۵۰	۵۰<	مخدوم
آب	میزان آب موجود (لیتر در روز برای هر نفر در هکتار)	۲۲۵<	۱۵۰-۲۲۵	۱۵۰>	مخدوم

رابطه (۱)

X1=[(Layer-1)×(layer-2)…×(Layer-n)]^1/n

در رابطه فوق X1 معیار تعریف شده در هر کاربری، Layer شاخص های مرتبط با معیار و n تعداد شاخص است.

رابطه (۲)

X2=[(Layer-1)× (layer-2)…×(Layer-n)]^1/n

در رابطه فوق X2 امتیاز نهایی در هر کاربری، Layer معیار و n تعداد معیار است.

ث- روش میانگین حسابی (جمع)

در این روش به جای ضرب هندسی شاخص‌ها و معیارها، بر اساس میانگین حسابی امتیازات شاخص‌های مدل کاربری، ارزیابی صورت می‌گیرد و طبقه توان بر اساس محدوده‌های کمی در جدول ۲ مشخص می‌شود.

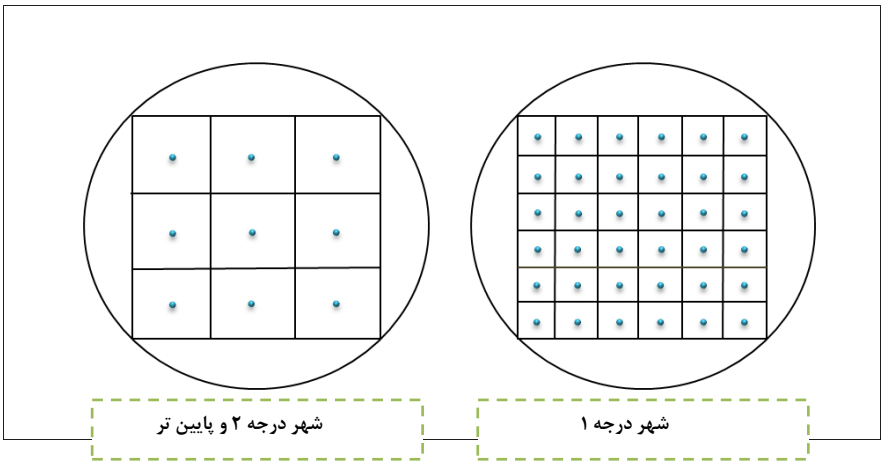
E. بررسی صحت[۳] و عملکرد مدل طرح ریزی شده

در این تحقیق به منظور بیان صحت کمی، نقشه های توان اکولوژیک بررسی شده با واقعیت زمینی مقایسه و نتایج را در جدولی به نام جدول ماتریس خطا[۴] (کانگالتون[۵]،۱۹۹۱). بررسی شد. طبقات نقشه طبقه‌بندی شده در ردیف‌های جدول و واقعیت زمینی در ستون‌های جدول درج می‌گردد. به این ترتیب تعداد پیکسل هایی(نقاط) که درست طبقه‌بندی شده‌اند در قطر جدول قرار خواهند گرفت. بر پایه این جدول می توان معیارهای کمی نظیر صحت کلی[۶]، ضریب کاپا[۷] و ضریب درون طبقه‌ای[۸] و ... را برای بیان صحت محاسبه نمود (رابطه ۳ و۴ و ۵).

نحوه نمونه‌گیری از طبقات واقعیت زمینی ماتریس (نقشه کاربری فعلی) به صورت تصادفی سیستماتیک می باشد و به علت توزیع پراکنده طبقات در شهرستان، بر اساس شکل ۲ از طبقاتی که از اهمیت بالاتر و شرایط اکولوژیکی مناسب تری در ماتریس برخوردار هستند (مانند شهر درجه ۱ در کاربری توسعه)، نمونه بیشتری گرفته شد. وسعت طبقات نیز در بررسی صحت در نظر گرفته شد (فلاح شمسی،۱۳۷۶).

جدول ۲. نحوه امتیازدهی طبقات توان بر اساس رویکرد کمی در روش میانگین هندسی و حسابی

طبقه توان	۱ (مناسب)	۲ (نیمه مناسب)	۳ **(کم تا نامناسب)**
دامنه ارزش عددی	۲-۱/۵	۱/۴۹-۰/۵	۰/۵>



شکل ۲. نحوه نمونه‌گیری از طبقات ماتریس خطا برای طبقات مهم نسبت به سایر طبقات

رابطه (۳) محاسبه صحت کلی[۹]

Overall Accuracy = (A+D) / N

صحت کلی عبارت است از نسبت پیکسل‌هایی (نقـاط) که درست طبقه‌بندی شده اند (قطر ماتریس) به تعـداد کـل پیکسل‌ها (نقاط) که بر حسب درصد محاسبه می‌شود.

رابطه۴: محاسبه ضریب کاپا

K = (Io-Ie) / (1-Ie) where, Io= overall accuracy, Ie = [(A+B)*(A+C)] + [(C+D)*(B+D)] / N2

در محاسبه ضریب کاپا علاوه بر پیکسل هایی که درسـت طبقه‌بندی شده، پیکسل‌هایی که نادرست طبقه‌بندی شـده‌انـد نیز دخالت داده می‌شوند. از این‌رو ضریب کاپا به‌عنوان یـک معیار که برآیندی از صحت را نشان می‌دهـد، بـرای ارزیـابی صحت کارایی بیشتری دارد. به همـین منظـور میـزان توافـق (دقت) واقعیت زمینی با نقشه طبقه بندی را می توان بر اساس جدول ۳ مورد ارزیابی قرارداد (لاندیس و کوخ[۱۰]، ۱۹۷۷).

رابطه ۵: محاسبه ضریب درون طبقه‌ای

Inclass Coefficient = A / (B+C)

ضریب درون طبقه‌ای عبارت است از نسبت پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده طبقه A به جمع پیکسل‌هایی که در طبقه A نسبت به واقعیت زمینی کم و یا زیاد طبقه‌بندی شده‌اند. این شاخص برای طبقات مهم‌تر ماتریس خطا که نمونه بیشتری گرفته شده از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد.

به منظور تست مدل توسعه شهری، روستایی و صنعتی، اراضی شهری به دو دسته شهرخوب (جهرم) و متوسط (سایر شهرها، اراضی روستایی) بر اساس شرایط محیطی و جمعیتی مورد بررسی واقع شدند. سپس نمونه‌ها به صورت تصادفی سیستماتیک و با الگوریتم Create Fishnet در هر ستون جدول (طبقات واقیت زمینی) پراکنده شد. سپس نقاط با نقشه‌های توان اکولوژیک تلفیق شدند و در نهایت با یک ماتریس ۳*۳ ارزیابی دقت صورت گرفت. جزئیات کار در جدول ۴ آمده است.

جدول۳. نحوه طبقه‌بندی ارزیابی صحت بر اساس ضریب کاپا

ضریب Kappa	میزان دقت مدل‌ها
۰≥	ضعیف
۰/۰۱–۰/۲۰	کم
۰/۲۱–۰/۴۰	نسبتاً متوسط
۰/۴۱–۰/۶۰	متوسط
۰/۶۱–۰/۸۰	خوب
۰/۸۱–۱	عالی

جدول ۴. نحوه ارزیابی دقت در کاربری توسعه شهری، روستایی و صنعتی

ماتریس توافق	واقعیت زمینی (شرایط فعلی)			
	طبقه	شهر جهرم	سایر شهرها و روستاها	جنگل پر تراکم و نیمه متراکم موجود در کوه، اراضی بیابانی
طبقه‌بندی (شرایط بالقوه)	مناسب	*		
	متوسط		*	
	ضعیف و نامناسب			*
	تعداد نقاط	۶۹۸	۱۸۸	۸۴۹

F. کالیبره مدل

به منظور واسنجی مدل با توجه به نتایج شاخص های صحت در طبقات ماتریس خطا (خطای کمیسیون و امیسیون و...) و توجه به نقشه توان و نقشه‌های موضوعی و همچنین الگوی مکانی کاربری، دامنه ارزش عددی طبقات (جدول۲) تغییر داده می شود تا دقت مدل افزایش یابد و نتایج نزدیک به واقعیت گردد. این دیدگاه که نقشه های توان را بر اساس وضعیت فعلی (در این تحقیق کاربری فعلی) پدیده مورد نظر در منطقه کالیبره می‌نماید، در مدل هایی مانند مدل ارزیابی تخریب مدالوس نیز مشاهده می‌شود (کاسماس[11] و همکاران،۱۹۹۹؛ سپهر و همکاران، ۲۰۰۷). یکی از دلایل مهم کالیبره پیشنهادی، دستیابی به آستانه (مرز[12]) ایدئال منطبق با کاربری است.

G. ارزیابی کاربری توسعه صنعتی

به دلیل آنکه کاربری توسعه شهری و صنعتی ایران با هم ارائه شده‌اند و همچنین به دلیل شرایط خاص برپایی صنایع، بایستی این دو کاربری از هم تفکیک شوند. به همین منظور برای ارزیابی توان کاربری صنعت بر اساس آیین‌نامه (سازمان حفاظت محیط‌زیست،۱۳۸۰) یکسری حریم (با استفاده از تابع Buffer در ArcGis9.3) بر اساس جدول ۵ صورت گرفت. مضاف بر این ممنوعیت‌هایی برای احداث صنعت نیز وجود دارد. به طور مثال، بر اساس ماده واحده ممنوعیت تغییر کاربری باغ‌ها و اراضی کشاورزی و احداث صنعت در آن‌ها (قانون حفظ کاربری اراضی زراعی و باغی مصوب ۷۴/۳/۳۱ مجلس شورای اسلامی) تبدیل کلیه اراضی زراعی و باغ‌ها در خارج از محدوده قانونی شهرها صراحتاً ممنوع است. بر این اساس از آنجائی که استناد این قانون بر کاربری اراضی بوده نه قابلیت اراضی لذا در این تحقیق کلیه عرصه‌های دارای کاربری کشاورزی فاریاب، دیم، مرتع متراکم و نیمه متراکم، جنگل متراکم و نیمه متراکم، جنگل دست کاشت در وضع موجود دارای ممنوعیت قانونی برای تغییر کاربری و احداث صنعت محسوب شده و حذف گردیدند (سلطانی و همکاران،۱۳۸۸).

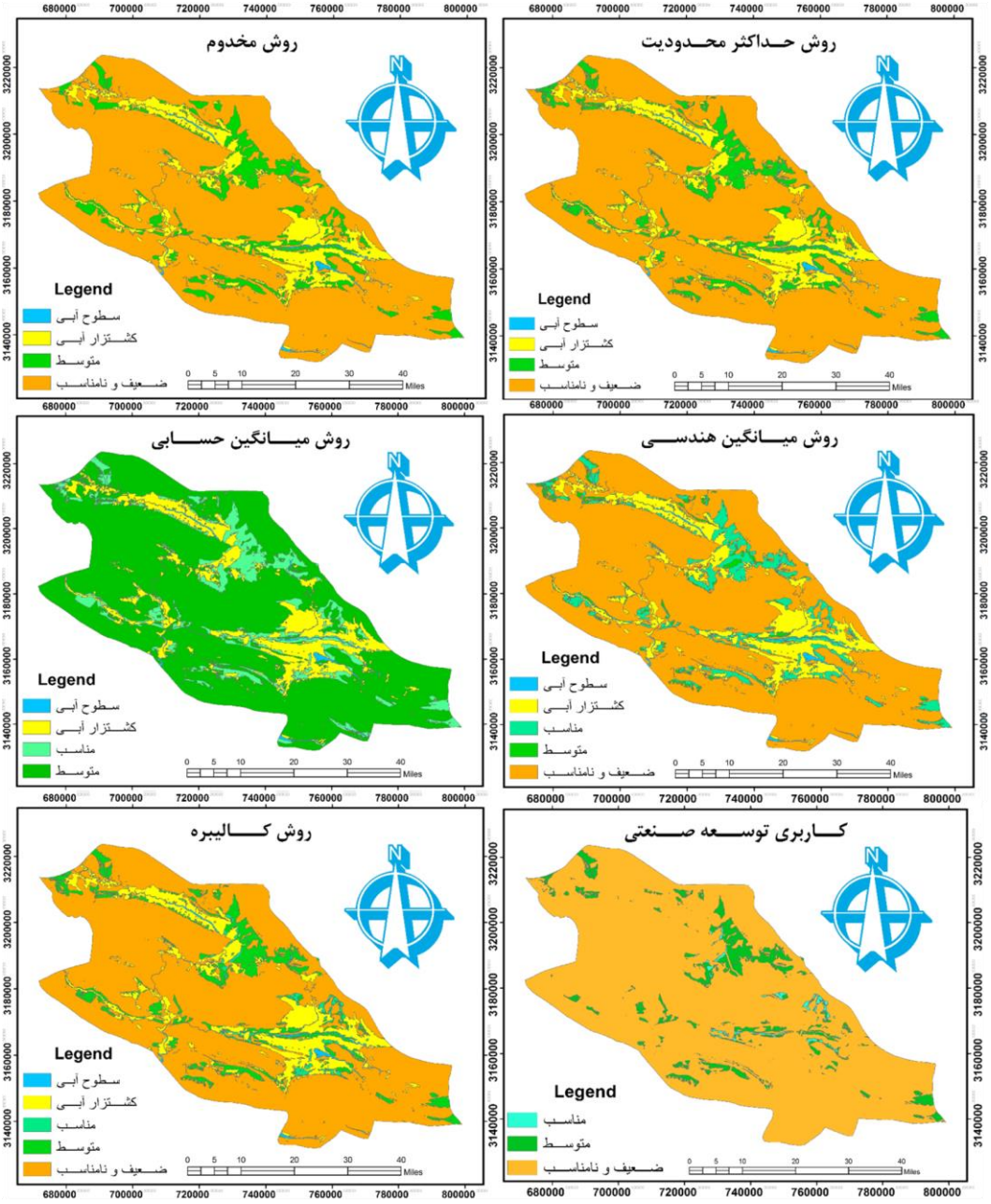
شایان ذکر است که نقشه‌های حریم تعیین شده با نقشه توان اکولوژیک توسعه با بیشترین صحت روی هم گذاری[13] شد و نقشه کاربری توسعه صنعتی تهیه گردید.

جدول ۵: فاصله صنایع گروه "د" و "ه[14]" از مراکز حساس

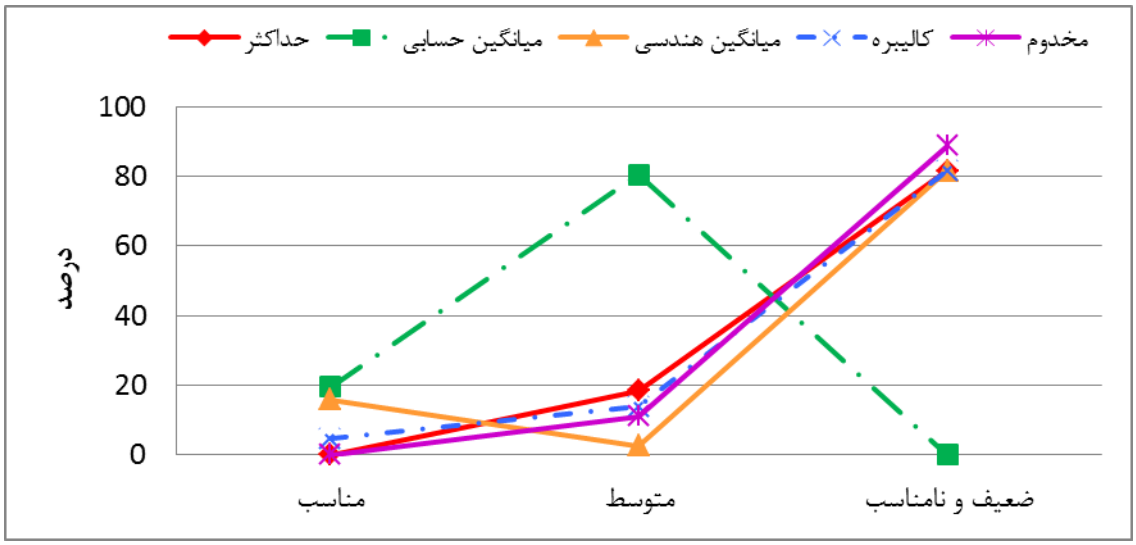
فاصله از مراکز مختلف به متر	صنایع کد "د"	صنایع کد "ه"
سکونتگاه‌ها	۱۰۰۰	۱۵۰۰
مراکز درمانی و آموزشی	۵۰۰	۱۰۰۰
بزرگراه و جاده ترانزیت (فاصله از محور)	۲۵۰	۲۵۰
جاده اصلی (فاصله از محور)	۱۵۰	۱۵۰
پارک ملی، تالاب، دریاچه، اثر طبیعی ملی	۱۰۰۰	۱۰۰۰
پناهگاه حیات وحش، منطقه حفاظت شده، رودخانه دائمی و قنات دایر	۲۰۰	۳۰۰
چاه‌های عمیق و نیمه عمیق	۱۰۰	۱۰۰

نتایج

شکل ۳ نقشه های توان اکولوژیک با روش های ارزیابی توان مختلف شامل روش ارزیابی توان اکولوژیک ایران، حداکثر محدودیت، میانگین حسابی، میانگین هندسی و در نهایت کالیبره آن با ۳ طبقه و همچنین نقشه کاربری توسعه صنعتی را نمایش می دهد. را نشان می دهد. شکل ۴ و ۵ نیز به ترتیب درصد گسترش طبقات توان با روش های مختلف و درصد طبقات کاربری توسعه صنعتی را نمایش می دهد. بر اساس شکل ۴، در روش اصلاح شده ارزیابی توان اکولوژیک ایران (حداکثر محدودیت)، غالب منطقه با ۸۲ درصد در طبقه ضعیف و نامناسب قرار دارد. طبقه متوسط (۱۸درصد) در رده بعدی قرار دارد. همچنین شهرستان فاقد طبقه مناسب توان می‌باشد.



شکل ۳. نقشه‌های توان اکولوژیک کاربری توسعه (با روش ارزیابی توان اکولوژیک ایران، اصلاح شده ارزیابی توان اکولوژیک ایران (حداکثر محدودیت)، میانگین حسابی، هندسی و کالیبره) و نقشه کاربری توسعه صنعتی



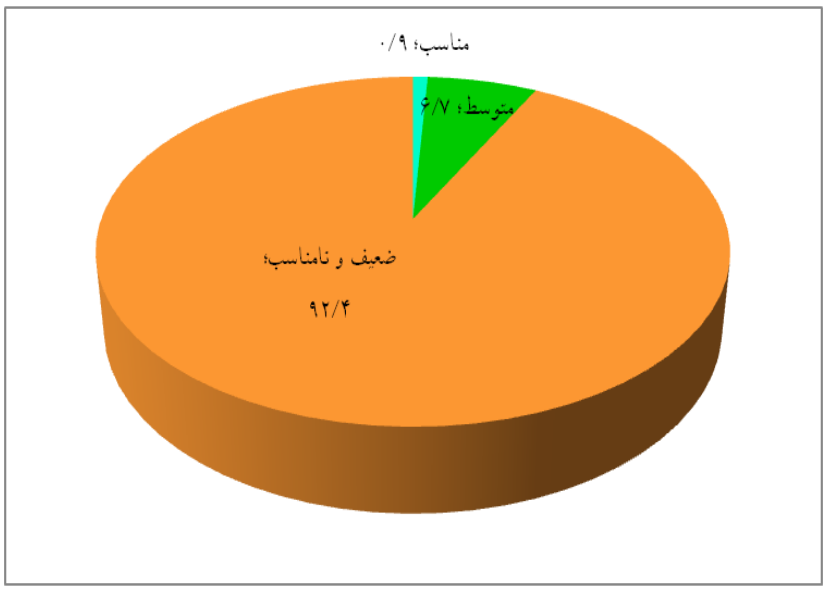
شکل۴. مقایسه درصد طبقات توان در روش‌های ارزیابی توان اکولوژیک (۳ طبقه‌ای) کاربری توسعه

در روش میانگین حسابی، غالب منطقه با حدود ۸۰ درصد در طبقه متوسط قرار دارد و طبقه مناسب (۲۰ درصد) در رده بعدی قرار دارد. طبقه ضعیف و نامناسب نیز در این روش مشاهده نشد. در روش میانگین هندسی، غالب منطقه با حدود ۸۲ درصد در طبقه ضعیف و نامناسب قرار دارد. طبقات مناسب (۱۶ درصد) و متوسط (۲ درصد) در رده های بعدی قرار دارند. در روش کالیبره، غالب منطقه با حدود ۸۲ درصد در طبقه ضعیف و نامناسب قرار دارد. طبقات متوسط (۱۴ درصد) و مناسب (۴ درصد) و در رده های بعدی قرار دارند. شایان یادآوری است که در مدل ارزیابی توان اکولوژیک ایران ۸۹ درصد شهرستان در طبقه ضعیف و نامناسب قرار دارد و طبقه متوسط ۱۱ درصد در رده بعدی قرار دارد. همچنین شهرستان فاقد طبقه مناسب توان می‌باشد. به طور کلی در روش میانگین حسابی غالب منطقه به سمت طبقات خوب و در روش‌های مبتنی بر منطق بولین (ارزیابی توان اکولوژیک ایران و حداکثر محدودیت) غالب منطقه به سمت طبقات نامناسب سوق پیدا کرده و روش‌های مبتنی بر میانگین هندسی و کالیبره آن بین سایر روش‌ها قرار گرفته است.

ارزیابی دقت مدل توسعه بر اساس رویکرد ماتریس توافق و با توجه به شاخص‌های مؤثر در صحت، انجام شد. بر اساس بررسی که بین روش های مختلف ارزیابی توان از جمله روش ارزیابی توان اکولوژیک ایران، حداکثر محدودیت و میانگین (جدول ۶) به عمل آمد، مشخص شد که روش کالیبره (با تغییر محدوده کمی طبقه ۲ از ۱/۵–۰/۵ به ۱/۷۵–۰/۵) و میانگین هندسی با دقت کاپای خوب دارای بالاترین دقت نسبت به سایر روش‌ها هست. شایان ذکر است که روش میانگین حسابی، پایین ترین دقت بین روش‌های موجود قلمداد می‌شود.

جدول ۶. شاخص‌های ارزیابی صحت به منظور بررسی روش‌های ارزیابی توان اکولوژیک کاربری توسعه

مدل ارزیابی توان / شاخص ارزیابی صحت	مدل توان اکولوژیک ایران	حداکثر محدودیت	میانگین		
			حسابی	هندسی	کالیبره
دقت کلی(٪)	۵۴	۵۴	۴۲	۸۶	۸۷
ضریب کاپا	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۲۴	۰/۷۵	۰/۷۷
ضریب درون طبقه‌ای برای طبقات مهم	۰	۰	۳/۹۳	۴/۳۶	۴/۵۶



شکل۵. درصد طبقات در کاربری توسعه صنعتی

در ارتباط با کاربری توسعه صنعتی بر اساس شکل ۵، طبقات مناسب و متوسط به ترتیب ۰/۹ و ۶/۷ درصد و طبقه نامناسب ۹۲/۴ را به خود اختصاص داده‌اند.

بحث

در این مطالعه مدل توان اکولوژیک کاربری توسعه با به بارگیری روش‌های مختلف (منطق بولین و میانگین) و با نگرش همه جانبه به ویژگی های محیطی شهرستان جهرم مورد بررسی قرار گرفت. در مدل کاربری توسعه شهری و صنعتی در معیار توپوگرافی با دلایلی که به منظور تغییر معیار توپوگرافی (حذف ارتفاع) اشاره شد، دقت مدل در روش حداکثر محدودیت برابر (البته با کمی اختلاف که چشم پوشی شد) ارزیابی توان اکولوژیک ایران شد. همچنین با تغییر روش در شرایط میانگین هندسی بهتر از مدل اکولوژیکی ارزیابی توان اکولوژیک ایران شد. شایان یادآوری است که در مدل ارزیابی توان اکولوژیک ایران به دلیل درنظر گیری پارامتر ارتفاع ۸۹٪ و در سایر مدل ها ۸۲٪ از منطقه نامناسب است. به طوری که در تحقیق (منوری و همکاران،۱۳۸۸) به منظور ارزیابی توان اکولوژیک منطقهٔ حوضه آبخیز زاخرد در قسمت شمال غرب شهرستان شیراز و شرق شهرستان کازرون در استان فارس را بررسی نمودند، نتیجه بررسی نشان داد که با در نظر گرفتن تمامی پارامترهای اکولوژیکی، کل منطقه برای توسعه شهری نامناسب است ولی با حذف پارامتر ارتفاع از ۷۵ یگان محیط زیستی ایجاد شده در منطقه، حدود ۹۱/۵۱٪ حوضه برای توسعه شهری دارای توان نامناسب است.

در ارتباط با مدل‌ها به طور کلی می‌توان گفت که در روش میانگین حسابی غالب منطقه به سمت طبقات خوب و در روش‌های مبتنی بر منطق بولین (ارزیابی توان اکولوژیک ایران و حداکثر محدودیت) غالب منطقه به سمت طبقات نامناسب سوق پیدا کرده و روش‌های مبتنی بر میانگین هندسی و کالیبره آن که بر اساس جدول ۳ در طبقه دقت کاپای خوب قرارگرفته‌اند، بین سایر روش‌ها قرار گرفته است (شکل۴). این مسئله نشان می دهد که روش میانگین هندسی یک روش متعادل برای ارزیابی توان محسوب می شود که مناطق مناسب و نامناسب را به شیوه صحیح‌تری مکان‌یابی می‌کند. این تحقیق با نتایج (امیری و همکاران ۱۳۸۸؛ قدیمی و همکاران ،۱۳۸۹) انطباق دارد.

روش‌های اکولوژیک بولین تصمیم‌گیری

سخت گیرانه‌ای نسبت به مکان‌یابی کاربری‌ها دارد. این نوع تصمیم گیری (حداکثر محدودیت و روش سیستمی) با توجه به نوع نگرش به محیط و بررسی اجزای آن و نیز برآورد توان بدون پیش‌داوری و تنها بر اساس توان ذاتی سرزمین است (نجفی نژاد و همکاران، ۱۳۹۲). لیکن این نگرش‌های محض و ایده آل گرایانه به محیط، عوامل اقتصادی اجتماعی را نادیده گرفته و برآوردی ناقص در توان واقعی سرزمین به عمل می‌آورند. به عبارت دیگر روش‌های فوق بیشتر نگرش محدودیتی نسبت به ارزیابی سرزمین دارند (ایلالم[15] و همکاران،۲۰۱۰). در صورتی که مدل توان اکولوژیک باید علاوه بر شرایط محدودیت زا بیانگر کلیماکس و اوج یک اکوسیستم نیز باشد. این شرایط کلیماکس که بیانگر توان بالقوه یک کاربری است را می توان در شرایط بالفعل آن جستجو کرد. یعنی اگر یک کاربری حاضر در سرزمین توانسته مستقر شود، امکانات و شرایط تبدیل بالقوه به فعلی وجود داشته است و مدل نیز باید قادر به تشخیص آن باشد. این تحقیق نشان داد که مدل پیشنهادی هم رویکرد مکان‌یابی صحیح تری نسبت به شرایط بالفعل و بالقوه ایفا می‌نماید و هم عوامل محدودیت زا را در پهنه‌بندی سرزمین دخالت می‌دهد. به نوعی مدل پیشنهادی یک سیستم اکولوژیکی و اقتصادی- اجتماعی ساده است که نسبت به سایر روش های بررسی شده برتری دارد.

همچنین مدل پیشنهادی که بر اساس کاربری فعلی کالیبره شده است به مانند یک معادله، محدوده‌های کمی طبقه ۱ (پایین ترین ریسک) و ۲ را به سایر سرزمین تسری می‌دهد که این ویژگی مهم در ارزیابی و کاهش ریسک تغییر کاربری اراضی نقش مهمی ایفا می نماید. بطوریکه طبقات نامناسب (طبقه۳) نیز از مدل حذف می گردد و مناطق با توان خوب (۱ و ۲) باقی می‌ماند. اهمیت توسعه طبقات با کمترین ریسک (طبقه ۱) نیز با شاخص ضریب درون طبقه‌ای مشخص شده است بطوریکه در روش کالیبره دارای بالاترین دقت است (جدول ۶).

شایان ذکر است که در روش میانگین هندسی پیشنهادی و تعیین معیار، تأثیر معیارهایی مانند خاک با تعداد شاخص بیشتر را نسبت به معیارهایی مانند توپوگرافی با شاخص کمتر (مثلاً ۲ شاخص) کاهش می دهد. بدین ترتیب وزن هر دو معیار خاک و توپوگرافی معادل در نظر گرفته می شود که این مسئله در مدل های مطرح مانند MCE مشاهده نمی شود. همچنین با قرار دادن عدد صفر در معادله، بازه های اکولوژیکی که برای زمین ایجاد محدودیت یا خطر می نماید (مانند شوری خیلی شدید) با فرآیند ضرب هندسی، به سمت نامناسب میل پیدا می‌کند. با این رویکرد نگرشی که طرفداران حداکثر محدودیت (بولین) نسبت به مدل‌سازی و عوامل محدود کننده دارند، نیز لحاظ می‌شود که در این مورد با مدل های مطرح مانند MCE نیز همخوانی دارد. شایان یادآوری است که مدل پیشنهادی نیز خود نوعی روش ارزیابی چند معیاره می‌باشد.

در مورد کاربری های انسان ساخت (مانند توسعه)، شرایط به گونه‌ای است که عوامل اقتصادی اجتماعی به همراه عوامل اکولوژیکی در استقرار این کاربری ها نقش دارد. در این تحقیق نیز با میانگین‌گیری از عوامل اکولوژیکی و تغییر بازه های مؤثر در کاربری توسعه، به این دیدگاه نزدیکی شایانی پیدا کرده است که نتایج آن به لحاظ اهمیت مسائل اقتصادی اجتماعی با تحقیق (فلاح شمسی و همکاران،۱۳۸۴) انطباق دارد.

در فرآیند مدل‌سازی بایستی آنچه که در طبیعت در حال رخ دادن است، چه به لحاظ اکولوژیکی و چه به لحاظ اقتصادی- اجتماعی به مدل القا شود. به عبارتی فرد در فرآیند مدل سازی باید پیچیدگی های محیطی به همراه درک و نحوه استفاده انسان از آن را در زبان ریاضی بگنجاند تا یک مدل پویا ایجاد شود. همچنین انعطاف‌پذیری مدل، نسبت به آنچه در ویژگی‌های زیست محیطی یک کاربری قابل انتظار است، در کالیبره آن خواهد بود. از این‌رو در حالت کالیبره مدل (حذف و

افزودن شاخص، تغییر بازه‌های اکولوژیک یا بازه‌های کمی)، امکان انطباق با شرایط کاربری منطقه و آستانه‌های اکولوژیکی مناسب و مورد نیاز جامعه وجود خواهد داشت. این نوع نگرش به آمایش سرزمین نه فقط صرفاً به مسائل اقتصادی اجتماعی بلکه به شرایط محیطی توجه دارد.

نتیجه‌گیری

مدیریت سرزمین باید با یک رویکرد تلفیقی از توسعه و حفاظت از طبیعت صورت گیرد. دستیابی به این هدف مهم در راستای توسعه پایدار با رویکرد ارزیابی توان و آمایش سرزمین امکان‌پذیر می‌باشد. هدف اصلی این تحقیق اجرای مدل ارزیابی توان اکولوژیک ایران و مقایسه با روش های پیشنهادی میانگین هندسی، میانگین حسابی و حداکثر محدودیت منطبق با شرایط اقلیمی منطقه مطالعاتی بود. نتایج نشان داد که روش میانگین هندسی و به ویژه کالیبره پیشنهادی بهتر از روش های ارزیابی توان اکولوژیک ایران، حداکثر محدودیت و میانگین حسابی توان سرزمین را برآورد می کند. در ارتباط با کاربری توسعه صنعتی نیز مناطق پیشنهادی برای توسعه (طبقه ۱ و ۲) ۷/۶٪ از منطقه را تشکیل می دهد که این محدوده با توجه به پتانسیل بالای شهرستان در کشاورزی و باغبانی، به منظور توسعه صنایع مرتبط با این کاربری پیشنهاد می‌گردد.

پیشنهادات

توجه به بررسی مستمر وضعیت کاربری ها از طریق افزودن معیارهای اقتصادی اجتماعی (متغیرهای زمانی)، افزودن روند تخریب و تغییر[16] سرزمین به مدل‌ها و ... به منظور اجرای صحیح‌تر آمایش در بازه ۱۰ تا ۲۰ سال آینده.

انجام محاسبات توان بر اساس رویکرد فازی در یک دامنه طیفی گسترده بر اساس ساختار رستری و پیکسل به پیکسل.

توجه به مدیریت منابع آب

اجرای برنامه جامع آمایش سرزمین در منطقه با تأمین زیرساخت‌ها، خدمات رفاهی، آموزشی و زیربنایی.

یادداشت‌ها

1. Hansen
2. Storie
3. Validation
4. ERROR MATRIX
5. Congalton
6. Overall Accuracy
7. Kappa Coefficient
8. Inclass Coefficient
9. فرمول‌های ارزیابی صحت بر اساس یک ماتریس ۲*۲
10. Landis and Koch
11. Kosmas
12. Boundary
13. Overlay
14. در این تحقیق صنایع گروه "ه" به دلیل آلایندگی بیشتر مبنا قرار گرفت.
15. Elaalem
16. Land use change

منابع

اختصاصی، م و سپهر، ع. ۱۳۹۰. روش‌ها و مدل‌های ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی. چاپ اول، یزد، دانشگاه یزد، ۲۸۶ صفحه.

امیری، م. سلمان ماهینی، ع. جلالی، س. حسینی، س .و. دهکردی، ف. ۱۳۸۸. مقایسه روش سیستمی ادغام نقشه‌ها و ترکیب منطق بولین – فازی در ارزیابی توان اکولوژیک جنگل های حوضه آبخیز ۳۳ و ۳۴ شمال ایران. مجله علوم محیطی،۷(۲): صفحات ۱۲۳-۱۰۹.

خسروی، ی. کلانتری، م. کوهستانی، ن.۱۳۹۱. تحلیل فضایی درجه تناسب اراضی برای فعالیت‌های کشاورزی و منابع طبیعی با استفاده از مدل فائو و GIS (مطالعه موردی: شهرستان خدابنده زنجان). نشریه حفاظت و بهره‌برداری از منابع طبیعی، جلد اول، شماره سوم، صفحات ۲۹-۹.

رضا سلطانی، ص. منوری، م. رفعتی، م. ۱۳۸۸. آمایش صنعتی استان قزوین. فصلنامه جغرافیایی سرزمین، سال ششم، شماره ۲۱، صفحات ۱۴۳-۱۲۹.

زیاری، ک. ۱۳۸۱. برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری، چاپ اول، انتشارات دانشگاه یزد، یزد.

سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۱۳۸۰. ضوابط و معیارهای استقرار صنایع. سازمان حفاظت محیط‌زیست معاونت محیط‌زیست انسانی.

غلامی، م. رستگار، م.۱۳۸۹. بررسی و تحلیل توزیع فضایی جمعیت شهری استان فارس با استفاده از شاخص‌های نخست شهری و تمرکز. مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال اول، شماره دوم، صفحات۱۱۷-۱۳۰.

فلاح شمسی، س.ر. ۱۳۷۶. برآورد صحت نقشه‌های حاصل از داده‌های ماهواره‌ای به روش نمونه‌گیری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

فلاح شمسی، س.ر. سبحانی، ه. سعید،ا. درویش صفت، ع.ا. فرجی دانا، ا. ۱۳۸۴. مدل برنامه‌ریزی خطی در تخصیص زمین به کاربری‌های مختلف در حوزه آبخیز کلیبر چای وسطی. مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۸، شماره ۳، صفحات ۵۷۹-۵۸۹.

قدیمی، م. حسینی، م. پورقاسمی، ح.ر. مرادی، ح.ر.۱۳۸۹. مدل‌سازی حفاظتی منطقه حفاظت‌شده مانشت و قلارنگ با استفاده از منطق فازی. علوم محیطی، سال هشتم، شماره اول، صفحات ۱۰۶- ۸۵.

قرخلو، م. پورخباز، ح، ر. امیری، م، ج. فرجی سبکبار، ح. ۱۳۸۸. ارزیابی توان اکولوژیک منطقهٔ قزوین جهت تعیین نقاط بالقوه توسعهٔ شهری با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی. مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، شماره دوم، صفحات ۶۸-۵۱.

کرم، م. ۱۳۸۴. تحلیل تناسب زمین برای توسعه کالبدی در محور شمال غرب شیراز، با استفاده از رویکرد ارزیابی چند معیاره (MCE) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS). پژوهش های‌جغرافیای، سال۳۷، شماره ۵۴، صفحات ۱۰۶-۹۳.

کاشی ساز، م. منوری، م. افخمی، م. کرباسی، ع.۱۳۸۹. کاربرد فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در ارزیابی توان اکولوژیک برای توسعه روستایی- شهری (مطالعه موردی: منطقه صیدون استان خوزستان). محیط‌زیست و توسعه، سال ۱، شماره ۱، صفحات ۵۰-۴۳.

کرم، ا. محمدی، ا.۱۳۸۸. ارزیابی وپهنه بندی تناسب زمین برای توسعه فیزیکی شهر کرج و اراضی پیرامونی برپایه ی فاکتورهای طبیعی و روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی(AHP). فصل‌نامه جغرافیای طبیعی، سال اول، شماره۴، صفحات ۷۴-۵۹.

مخدوم، م. ۱۳۷۸. شالوده آمایش سرزمین. چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۲۸۹ صفحه.

مخدوم، م. درویش صفت، ع. ا. جعفر زاده، ه. و مخدوم، ع.۱۳۸۰. ارزیابی و برنامه‌ریزی محیط‌زیست با استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی. چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، تهران. ۳۰۴ صفحه.

منوری، س. م. شریعت، س. م. دشتی، س. سبز قبایی، غ. ۱۳۸۸. ارزیابی توان محیط زیست حوضه آبخیز زاخرد برای توسعه شهری با استفاده از GIS. علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، شماره یک، صفحات ۲۰۸-۱۹۹.

نجفی نژاد، ع. پیشداد سلیمان آباد، ل. سلمان ماهینی، ع. ۱۳۹۲. مقایسهٔ کارآیی دو روش سیستمی و تخصیص سرزمین چند فاکتوره در فرآیند آمایش سرزمین با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی. مجله کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، سال چهارم، شماره۱، صفحات ۱۱-۱.

Congalton, R. G. 1991. A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data. REMOTE SENS. ENVIRON. 37:35-46.

Elaalem, M., Comber, A., Fisher, P.2010. "Land Suitability Analysis comparing Boolean logic with fuzzy analytic hierarchy process". Accuracy 2010 Symposium, July 20-23, Leicester, UK. pp 245-247.

Hansen N.M. 1968. French Regional Planning. Edinburgh Indian University Press.

Kosmas, C., Poesen, J., Briassouli, H. 1999. Key indicators of desertification at the Environmentally Sensitive Areas (ESA) scale, The Medalus Project: Mediterranean Desertification and Land Use. Manual on Key Indicators of Desertification and Mapping Environmentally Sensitive Areas to Desertification. Project report. European Commission.

Landis, J.R. Koch, G.G. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics 33 (1): 159–174.

Malczewski, J. 2004. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. Progress in Planning, 62: 3–65

Nouri, J. and Sharifipour, R. 2004. Ecological capability evaluation of rural development by means of GIS. Iranian J Env Health Sci Eng, 1: 81-90

Sepehr, A., Hassanli, A. M., Ekhtesasi, M. R. & Jamali, J. B. 2007. "Quantitative assessment of desertification in south of Iran using MEDALUS method". Environmental Monitoring and Assessment Journal, 134: 243-254.