

جغرافیا و توسعه - شماره ۱۹ - پاییز ۱۳۸۹

وصول مقاله : ۱۳۸۷/۱۲/۲۰

تأیید نهایی : ۱۳۸۸/۱۰/۹

صفحات : ۱۴۴ - ۱۲۷

تعیین شدت ناپایداری زیست‌محیطی سکونتگاه‌های روستایی سیستان با استفاده از مدل ارزیابی چند معیاری

دکتر صادق اصغری لقمجانی
استادیار گروه محیط زیست دانشگاه منابع طبیعی دانشگاه زابل

دکتر فرامرز بریمانی^۱
دانشیار جغرافیا دانشگاه سیستان و بلوچستان

چکیده

محیط زیست تنها قلمرو و عرصه‌ی موجود برای تحقق هدف‌های توسعه است. در واقع بدون وجود چنین بستری، بحث توسعه، بحثی بی‌مورد و بیهوده خواهد بود. اگر توسعه‌ی پایدار هدف نهایی ما به شمار رود و پایداری زیست‌محیطی شرط لازم برای تحقق توسعه پایدار باشد، در این صورت ما نیازمند ابزار و روشی‌هایی هستیم تا به کمک آنها بتوانیم حرکت به سوی پایداری زیست‌محیطی را اندازه بگیریم. سیستان ایران به دلیل موقعیت جغرافیایی ویژه‌اش، تحت تأثیر عوامل متنوع در بروز و تشدید ناپایداری زیست‌محیطی روستاهاست. این پژوهش به روش پیمایشی (از پاییز ۱۳۸۶ تا تابستان ۱۳۸۷)، در ۱۰۱ روستا از ۸۰۸ روستای منطقه انجام گرفته است که در آن کوشش شده است تا ضمن ارائه‌ی شاخص‌های زیست‌محیطی متناسب با شرایط ناپایداری زیست‌محیطی روستاهای سیستان، با استفاده از مدل ارزیابی چندمعیاری در سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی، شدت ناپایداری زیست‌محیطی روستاهای مورد بررسی به تصویر کشیده شود. نتایج تحقیق مؤید آن است که در حال حاضر ناپایداری زیست‌محیطی در ۱۸/۸ درصد از روستاها، کم یا متوسط و در ۸۱/۲ درصد از روستاها، شدید یا بسیار شدید می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: پایداری، ناپایداری زیست‌محیطی، ارزیابی چندمعیاری، سیستان، سکونتگاه‌های روستایی.

مقدمه

از آنجاکه هرگونه فعالیتی برای ارتقای کیفیت زندگی و توسعه‌ی انسانی در محیط زیست تحقق می‌یابد، لذا وضعیت محیط زیست و منابع آن از نظر پایداری یا ناپایداری بر فرآیند توسعه تاثیرگذار خواهد بود. بر این اساس، هر بحثی درباره‌ی توسعه بدون توجه به مفهوم پایداری، ناتمام تلقی می‌شود (بدری و رکن‌الدین/فتخاری، ۱۳۸۲: ۹) و قوانین پایداری نیز بر

پایه‌ی محیط‌زیست و سرمایه‌های طبیعی قابل توصیف می‌باشند (درسنر^۱، ۱۳۸۴: ۱۲۷). شدت همبستگی بین انسان و محیط به حدی است که هر گونه نقصان در منابع طبیعی را می‌توان به منزله‌ی پاپان حیات انسان تلقی نمود. به همین دلیل «عده‌ای جدیدترین جنبه‌ی امنیت ملی را امنیت منابع محیطی می‌دانند» (مندل، ۱۳۷۷: ۱۲۶). از این رو، «خط‌مشی‌های توسعه‌ی روستایی از دهه‌ی ۱۹۹۰ به وسیله‌ی دو نظریه‌ی عمده تبیین شده‌اند: اول تأکید و تمرکز صریح بر محیط‌زیست و حفاظت از منابع طبیعی و دوم تمرکز مداوم بر سیاست‌گذاری کلان، آزادسازی و نقش دولت در ارتباط با بخش خصوصی و اهمیت مدیریت اثربخش و کارآمد دولتی و عمومی» (شریف‌زاده و همکاران، ۱۳۸۲: ۸۲).

در شرایط کنونی توافقی کلی در مطالعات توسعه وجود دارد که بر پایه‌ی آن، تحقق توسعه‌ی پایدار در نواحی روستایی نیازمند تجدیدنظر گروه‌های فعال از جمله اندیشمندان در مورد چگونگی استفاده از منابع طبیعی و سازماندهی امور مربوط به آنهاست (Rist et al, 2007: 23) و تردیدی نیست که پایداری زیست‌محیطی، توان عرصه‌های روستایی را در برابر آشفتگی‌های متعددی که پیش‌بینی و مدیریت آنها محدود است، بالا خواهد برد (Pound et al, 2003: 15). در این راستا، راهبردهای زیست‌محیطی در برنامه‌ریزی روستایی، سازمان‌بخشیدن به فعالیت‌ها و سازماندهی امور مربوط به منابع طبیعی با هدف حفاظت، حراست و تقویت محیط زیست در بعد زمان در چارچوب پایداری زیست‌محیطی روستاها تلقی می‌گردد (گروه منابع طبیعی و محیط زیست سازمان ملل متحد، ۱۳۸۴: ۲۶).

بر این اساس، تدوین شاخص‌ها و تعیین الگوی مناسب برای ارزیابی پایداری زیست‌محیطی، امری اجتناب‌ناپذیر خواهد بود (طیبیان، ۱۳۷۸: ۸) تا بتوان بر پایه‌ی آنها با بررسی‌های مستند، مناطق حساس را شناسایی، راه‌حل‌ها و استراتژی‌های متناسب را تدوین و اجرایی نمود و امکان اندازه‌گیری حرکت به سوی پایداری زیست‌محیطی را فراهم کرد. تاکنون پیرامون مقوله‌ی پایداری و توسعه‌ی پایدار، کتب و مقالات بی‌شماری در سراسر جهان منتشر شده، لیکن کمتر به زمینه‌های کاربردی این نگرش در پایداری زیست‌محیطی روستاها توجه شده است.

با وجود این، طی سال‌های اخیر در برخی از کشورها نظیر ژاپن و چین، پایداری زیست‌محیطی نواحی روستایی در قالب مهمترین طرح‌های پژوهشی مطرح شده است که از طریق آنها

1- Simon Dresner

هدایت روستاها به سوی پایداری مورد مذاقه قرار می‌گیرند (Takeuchi et al, 1998: 177-196,) و مجموعه‌ای از شاخص‌ها و الگوها جهت ارزیابی زیست‌محیطی به کار گرفته می‌شوند (Huang et al, 2009: 1-19) در کشور ما علی‌رغم وجود شواهد متعدد برای ناپایداری‌های گسترده زیست‌محیطی (مخدوم، ۱۳۸۱: ۱۲-۱۳) و وضعیت نابسامان منابع طبیعی در اغلب سکونتگاه‌های روستایی به طور اعم و سیستان به طور اخص، مطالعات جامعی برای ارزیابی شدت ناپایداری زیست‌محیطی و روش‌های مبتنی بر آن صورت نگرفته و تجربیات موجود در برنامه‌ریزی‌های توسعه روستایی نیز بر اساس ملاحظات زیست‌محیطی (به عنوان پایه برنامه‌ریزی) استوار نمی‌باشد. لذا پژوهش حاضر گامی در جهت پاسخ به این فرض که ناپایداری زیست محیطی روستاهای سیستان با محدودیت آب ارتباط دارد- است. سعی شده است تا با نگرش سیستمی و مدل ارزیابی چندمعیاری، ضمن بررسی شدت ناپایداری زیست‌محیطی، روابط بین متغیره‌ها مورد آزمون قرار گیرد.

چارچوب نظری

گرچه واژه‌ی توسعه مسبوق به سابقه است لیکن پس از نطق هنری ترومن رییس‌جمهوری آمریکا در ۲۰ ژانویه ۱۹۴۹ مقبولیت یافت. در آن سال‌ها، این واژه به صورت مترادف با رشد اقتصادی مورد استفاده قرار می‌گرفت.

در این رویکرد ارزشمندی طبیعت صرفاً در چارچوب بهره‌برداری گسترده‌تر برای رشد اقتصادی بیشتر مطرح می‌گردید. چنین درک محدود و تک‌سویه‌ای با مشاهده‌ی ناکامی‌های اجتماعی- زیست‌محیطی مورد انتقاد قرار گرفته و حتی در آن بازنگری صورت گرفته است (صرافی، ۱۳۷۷: ۳۳)، به دنبال آن شوراهای اقتصادی و اجتماعی سازمان ملل متحد (اکوسوک)، جهت پاسخ به نیازهای بشری در سال ۱۹۶۲ تلفیق هر دو جنبه‌ی اقتصادی و اجتماعی را پیشنهاد نمود. متعاقب آن در سال ۱۹۶۳ با تأسیس مؤسسه‌ی تحقیقات توسعه‌ی اجتماعی سازمان ملل متحد (آنرسید)، زمینه‌ی اجرایی چنین تلفیقی فراهم شد (بریمانی، ۱۳۸۰: ۴۰). با وجود آن، فرآیند انقلاب علمی و صنعتی، فن‌آوری و علم اقتصاد، با شکستن حریم طبیعت سبب فروپاشی بیشتر نظام بوم‌شناسی شده‌اند (زکس، ۱۳۷۲: ۲۷۰). این نافرجامی (یا بدفرجامی)، ابعاد جدیدی از توسعه را می‌طلبید. بر این اساس، از سوی موریس استرونگ (دبیر کنفرانس استکهلم)، توسعه‌ی زیست‌بوم در سال ۱۹۷۲ ارایه گردید که می‌توان آن را نقطه‌ی عطفی در تاریخ روابط گروه‌های انسان و محیط محسوب نمود (لوسانی، ۱۳۷۲: ۳۳). یا به‌عنوان

ابعاد جغرافیایی توسعه یاد کرد (شکویی، ۱۳۶۲: ۱۶۳). سی. جی. بارو توسعه‌ی زیست‌بوم را نوعی همزیستی میان انسان و محیط می‌داند که با تخریب و نابودی همراه نباشد (بدری، ۱۳۷۶: ۴۴). زاگس نیز آن را ابزاری متناسب با زمان می‌بیند که برنامه‌ریزان و دست‌اندرکاران را قادر می‌سازد تا با گشایش روزهایی به سوی بوم‌شناسی طبیعی و بوم‌شناسی فرهنگی، مسایل توسعه را از زوایای وسیع‌تر ملاحظه کنند (زاگس، ۱۳۷۳: ۴۵).

اعلامیه کرکوک (۱۹۷۴)، طرح میان مدت یونسکو (۱۹۸۲-۱۹۷۷) و گزارش پرنفوذ داک هامرشولد سبب آگاهی بیشتر مردم نسبت به خطرات زیست‌محیطی و آینده "تنها یک سیاره" شد و در نهایت، گزارش برانتلند (۱۹۸۷) زمینه ساز توسعه‌ی پایدار گردید. زیرا با برگزاری کنفرانس توسعه و محیط‌زیست (ریودوژانیرو، ۱۹۹۲) و ارائه شدن «دستور کار ۲۱»، توسعه‌ی پایدار مقبولیت جهانی یافت و کنفرانس توسعه پایدار (ژوهانسبورگ، ۲۰۰۲) و دیگر نشست‌های ملی و بین‌المللی نیز آن را به مهمترین رهیافت زیستن در محیط زیست مبدل ساخت. با رشد و نمو نگرش سیستمی (نظام‌وار)، اندیشه‌ی توسعه‌ی روستایی به عنوان نوعی راهبرد برای توسعه بر اساس کاربرد دایمانه (هوشمندانه) منابع محلی، نیز متحول گردید (زاگس، ۱۳۷۳: ۱۷) و موجب شد تا پایداری روستایی نیز در چارچوب فرآیندی همه‌جانبه و موزون و درون‌زا مورد توجه قرار گیرد. لیکن پایداری توسعه‌ی سکونتگاه‌های روستایی در سیستان به عنوان یک محیط آندورئیک، که حوضه‌ی آبریز آن از حوضه‌ی آبگیر جداست (بریمانی، ۱۳۸۳: ۱۸۶)، علاوه بر موارد فوق‌الذکر نیازمند توجه به عوامل برون‌زا (بهره‌گیری عادلانه از منابع آب رودخانه هیرمند) از طریق همزیستی، همبستگی و همگرایی دو ملت ایران و افغانستان است.

مواد و روش‌ها

الف - محدوده‌ی مورد مطالعه (سیستان)

سیستان به عنوان یک واحد جغرافیایی که شامل شهرستان‌های زابل و زهک است، منطقه‌ی مورد مطالعه این پژوهش می‌باشد. ناحیه‌ی فوق که در شمالی‌ترین بخش استان سیستان و بلوچستان واقع شده است، از شمال و شرق به کشور افغانستان، از جنوب به شهرستان زاهدان و از مغرب و شمال غربی به استان خراسان جنوبی محدود می‌گردد. به دلیل محدودیت‌های بسیار شدید در تشکیل سفره‌های آب زیرزمینی قابل استحصال، ناچیز بودن میزان متوسط بارندگی سالیانه (۶۳/۷ میلی‌متر) و بالابودن متوسط میزان تبخیر بالقوه

سالانه (۴۴۸۰ میلی‌متر)، وابستگی شدیدی بین حیات سکونتگاه‌های سیستان و جریان آب، ورودی هیرمند (از افغانستان) وجود دارد (بریمانی، ۱۳۸۰: ۱۴). نوسانات جریان آب، این تنها منبع آبی منطقه، در سال‌های خشک و ترآبی (خشکسالی و سیلاب)، حاکمیت بادهای ۱۲۰ روزه همراه با گرد و غبار و... توأمأ شرایط اکولوژیکی خاصی را برای بروز و تشدید ناپایداری‌های زیست‌محیطی در سکونتگاه‌های این واحد جغرافیایی فراهم می‌آورد.

ب- روش‌ها

جامعه‌ی آماری و روش نمونه‌گیری

۸۰۸ آبادی واقع در این ناحیه جامعه‌ی آماری تحقیق را تشکیل می‌دهند. برای تعیین تعداد روستاهای نمونه، ابتدا آبادی‌های سیستان براساس میزان درصد رشد جمعیت (سال‌های ۸۵-۱۳۷۵)، به دو گروه دارای رشد منفی (۴۱ درصد) و فاقد رشد منفی (۵۹ درصد)، به عنوان مبنایی برای پایداری و ناپایداری تفکیک شدند. سپس با استفاده از رابطه‌ی آماری کوکران^۱ (زکی، ۱۳۸۲: ۲۷۸) و با سطح اطمینان ۹۵ درصد، حجم نمونه‌ای معادل ۱۰۱ آبادی محاسبه و به روش نمونه‌گیری سیستماتیک، آبادی‌های نمونه انتخاب گردید. برای دستیابی به داده‌ها، عمدتاً از روش‌های مشاهده‌ای و تکمیل پرسشنامه استفاده شد. در بخش مشاهدات میدانی، ضمن بررسی و اندازه‌گیری‌های میدانی، وضعیت برخی از شاخص‌ها (مثل تراکم پوشش درختی در اراضی مرتبط با روستا)، تعیین و فرم ویژه مشاهدات میدانی تکمیل گردید. همچنین وضعیت بخش عمده‌ای از شاخص‌ها نیز (نظیر درصد خانوارهای وابسته به فعالیت‌های زراعی و محدودیت دسترسی مردم روستا به آب شرب) با اطلاعات اخذ شده از اعضای شورای اسلامی روستاها و خبرگان محلی تعیین گردید. از طرف دیگر، برای بهره‌گیری از نظرات کارشناسان ادارات امور آب، منابع طبیعی، کشاورزی، سازمان عمران سیستان (مطالعات آب و خاک) و امور عشایری سیستان، مصاحبه‌های متعددی با آنها صورت گرفته و بازدیدهای مشترکی نیز با آنها در سطح منطقه انجام شده است. در این راستا، مجموعه‌ی متنوعی از شاخص مورد بررسی قرار گرفته که در نهایت برای تعیین شدت ناپایداری زیست‌محیطی، از داده‌های مربوط به ۲۵ شاخص اصلی استفاده شد. (جدول ۱) تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز با بهره‌گیری از نرم‌افزار ArcGIS انجام شده، ولی برای بررسی روابط بین متغیرها از قابلیت‌های نرم‌افزار SPSS استفاده گردیده است.

جدول ۱: شاخص‌های مورد استفاده در ارزیابی شدت ناپایداری زیست‌محیطی روستاهای سیستان^۱

کد شاخص	شاخص	محدوده تغییرات کمی شاخص	
		حد پایین	حد بالا
۱	درصد خانوارهای وابسته به فعالیت‌های زراعی (در روستاهای وابسته به آب هیرمند یا چاه‌نیمه)	۰	۱۰۰
۲	درصد خانوارهای وابسته به فعالیت‌های دامداری	۰	۱۰۰
۳	درصد خانوارهای وابسته به فعالیت‌های باغداری (در روستاهای وابسته به آب هیرمند یا چاه‌نیمه)	۰	۱۰۰
۴	درصد خانوارهای وابسته به فعالیت‌های پرده‌بافی	۰	۱۰۰
۵	درصد خانوارهای وابسته به فعالیت‌های صید و شکار	۰	۱۰۰
۶	درصد خانوارهای دارای وابستگی کامل به تولید بیولوژیک سرزمین ^۲	۰	۱۰۰
۷	میزان وابستگی روستاییان به اراضی مرتعی	۱	۳
۸	میزان علوفه قابل چرای دام در اراضی مرتعی (طی شرایط خشکسالی و در روستاهای وابسته به مرتع)	۱	۳
۹	شدت تأثیرگذاری میزان بارش سالانه روستا و اراضی مرتبط با آن بر بهبود معیشت ساکنین روستا	۱	۳
۱۰	میزان کاهش فعالیت‌های زراعی در طی خشکسالی شدید	۰	۱۰۰
۱۱	میزان کاهش فعالیت‌های دامداری در طی خشکسالی شدید (در روستاهای وابسته و غیروابسته به مرتع)	۰	۱۰۰

۱- تغییرات شاخص‌ها به دو صورت کمی یا کیفی مورد سنجش قرار گرفته‌اند ولی در این جدول تغییرات کیفی نیز به صورت کمی بیان شده‌اند. از این رو، در مورد شاخص‌هایی مثل «درصد خانوارهای وابسته به درآمدهای زراعت»، بر اساس پرسشنامه‌های تکمیلی، مقدار کمی (۰ تا ۱۰۰ درصد) در سطح هر روستا تعیین و به همان صورت بیان گردید. ولی در ارتباط با شاخص‌هایی مثل «میزان وابستگی ساکنان روستا به اراضی مرتعی»، با استفاده از مقیاس ترتیبی (فاز هر گونه ارتباط با اراضی مرتعی، دارای وابستگی کم یا متوسط، دارای وابستگی زیاد و خیلی زیاد)، تغییرات شاخص به صورت کیفی مطرح و سنجیده شده، ولی به صورت کمی (۱ تا ۳) بیان شده‌اند.

۲- درصد خانوارهایی که کل درآمد آنها صرفاً وابسته به زراعت، باغداری، دامداری، پرده‌بافی یا صید و شکار می‌باشد.

ادامه جدول ۱: شاخص‌های مورد استفاده در ارزیابی شدت ناپایداری زیست‌محیطی روستاهای سیستان

کد شاخص	شاخص	محدوده تغییرات کمی شاخص	
		حد پایین	حد بالا
۱۲	تراکم پوشش درختی در اراضی مرتبط با روستا	۰	۱۰۰
۱۳	وجود یا فقدان مشکل زهاب در اراضی زراعی و باغی روستا (در صورت وجود اراضی زراعی و باغی)	۱	۲
۱۴	محدودیت شوری اراضی زراعی و باغی (در صورت وجود اراضی زراعی و باغی)	۰	۱۰۰
۱۵	شدت اثرات شن‌های روان بر جاده‌ها و نهرهای روستا و مشکلات پاکسازی و لایروبی ناشی از آن	۱	۶
۱۶	شدت اثرات شن‌های روان بر اراضی زراعی، باغی یا اراضی مربوط به چرای دام روستاییان	۰	۱۰۰
۱۷	شدت اثرات شن‌های روان بر سکونتگاه‌های روستا	۱	۴
۱۸	تعداد روزهای دارای هوای تیره و بسیار آلوده به گرد و خاک در طی خشکسالی‌های شدید (در ۹۰ روز تابستان)	۰	۹۰
۱۹	درصد افراد دارای حساسیت چشمی و تنفسی ناشی از هوای آلوده به گرد و خاک در طی خشکسالی شدید	۰	۱۰۰
۲۰	محدودیت دسترسی مردم روستا به آب شرب	۱	۳
۲۱	درصد چاه یا چاهک‌های فعال روستا در طی خشکسالی شدید	۰	۱۰۰
۲۲	میزان آبدهی چاه یا چاهک‌های روستا در طی خشکسالی شدید	۰	۱۰۰
۲۳	کیفیت آب چاه یا چاهک‌های فعال روستا در طی خشکسالی شدید	۱	۴
۲۴	دسترسی به آب‌های سطحی در سال‌های کم‌آبی (در روستاهای وابسته به هیرمند یا چاه‌نیمه)	۱	۳
۲۵	شدت اثرات تخریبی سیل در سطح روستا (طی ۳۰ سال گذشته)	۱	۳

مأخذ: یافته‌های میدانی، ۱۷-۱۳۸۶

چارچوب کلی ارزیابی شدت ناپایداری زیست محیطی روستاهای سیستان

تعیین شاخص‌ها و انتخاب مدل ارزیابی از گام‌های اولیه و اساسی برای بررسی پایداری/ ناپایداری زیست محیطی روستاهاست. برای تعیین شاخص‌های پایداری/ ناپایداری، یک راه یکسان وجود ندارد و و تجارب نشان می‌دهد که «ارائه مسایل به صورت کمی و در قالب مدل‌های ریاضی می‌تواند بسیار سودمند باشد» (Beek et al, 1992: 635-639).

در حال حاضر استفاده از شاخص‌ها در سطوح ملی، منطقه‌ای و محلی، به صورت ابزار متداولی برای ارزیابی تبدیل شده است (Bockstaller and Girardin, 2003: 640). در این راستا، نیاز فرآیندهای برای ارزیابی شاخص‌های زیست محیطی وجود دارد تا تصمیم‌گیران را برای قضاوت اصولی در ارتباط با سیاست‌ها، برنامه‌ها، طرح‌ها و پروژه‌های پیشنهادی یاری نماید (Cloquell-Ballester et al, 2006: 79).

انواع گوناگونی از الگوها برای تعیین شاخص‌های پایداری/ ناپایداری وجود دارند و همواره بر تعداد آنها افزوده می‌شود. اصل اساسی در ارتباط با شاخص‌های پایداری/ ناپایداری این است که با استفاده از آنها علی‌رغم تمام پیچیدگی‌ها و عدم قطعیت موجود، می‌توان راهی برای ارزیابی نظرات و شیوه‌های جدید پیدا کرد (مولدان، بدریچ و دیگران، ۱۳۸۱: ۸۵).

به هر حال، شاخص‌ها از طریق تشریح موقعیت و محدوده‌ی مکانی^۱ و توصیف ویژگی^۲ آنها به صورت یکپارچه و توأمان تعیین می‌گردند (مخدوم و همکاران، ۱۳۸۳: ۲۸).

برای ارزیابی محیط زیست نیز از مدل‌های یک معیاری، دو معیاری و چندمعیاری استفاده می‌گردد. با عنایت به تنوع عوامل اکولوژیکی و منابع طبیعی سیستان (آب، خاک، هوا، پوشش گیاهی، منابع صید و شکار و...)، استفاده از مدل ارزیابی چندمعیاری در بررسی ناپایداری زیست محیطی روستاهای آن امری اجتناب‌ناپذیر بوده است.

در این راستا، با تشکیل ماتریس ارزیابی^۳، استاندارد نمودن داده‌ها^۴، تعیین وزن عوامل مرتبط و تجزیه و تحلیل و جمع‌بندی داده‌ها، شدت ناپایداری زیست محیطی روستاهای مورد مطالعه تعیین گردید.

روش‌های متعددی برای تبدیل داده‌های خام به نمرات استاندارد شده وجود دارد (Malczewski, 1999: 116-118) که از جمله روش‌های متداول برای این کار «روش دامنه

1- Geometry

2- Attribute

3- Evaluation matrix

4- Standardization

نمرات^۱ است. در این روش برای تبدیل داده‌های خام به نمرات استاندارد در محیط ArcGIS از رابطه‌های زیر استفاده شد:

$$Y_{ij} = (X_{ij} - X_{j \cdot}^{\min}) / (X_{j \cdot}^{\max} - X_{j \cdot}^{\min}) \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$Y_{ij} = (X_{j \cdot}^{\max} - X_{ij}) / (X_{j \cdot}^{\max} - X_{j \cdot}^{\min}) \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این فرمول‌ها :

$$X_{j \cdot}^{\min} = \text{نمره حداقل خام برای شاخص } j \text{ در بررسی روستاها}$$

$$\text{محدوده تغییرات نمرات خام شاخص } j \text{ در بررسی روستاها} = X_{j \cdot}^{\max} - X_{j \cdot}^{\min}$$

رابطه‌ی (۱) زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که هدف، دادن نمرات بیشتر به ارزش‌های بالاتر باشد. مثلاً ارتباط مستقیمی بین میزان فعالیت ماسه‌های روان (در اراضی زراعی، باغی یا اراضی مربوط به چرای دام روستاییان) با شدت ناپایداری زیست‌محیطی وجود دارد، لذا درصد بالاتر سطح اراضی زراعی و باغی تحت پوشش شن‌های روان نشان از شدت بالاتر ناپایداری زیست‌محیطی خواهد بود. همچنین رابطه (۲) در شرایطی مورد استفاده قرار می‌گیرد که هدف، دادن نمرات بیشتر به ارزش‌های پایین‌تر مثلاً دادن نمرات بیشتر به مقادیر کمتر تراکم پوشش مرتعی در خشکسالی‌های شدید باشد.

برای تعیین وزن عوامل نیز روش‌های متعددی ارائه شده است که از آن جمله می‌توان به روش‌های رتبه‌بندی^۲، روش‌های نسبت‌دهی^۳ و روش مقایسه زوجی^۴ اشاره نمود. روش مقایسه‌ی زوجی به وسیله‌ی ستی (۱۹۸۰)^۵ ابداع شده و کاربردهایش در GIS به وسیله‌ی مت (۱۹۹۱)^۶ معرفی گردید (Malczewski, 1999: 183) با توجه به قابلیت‌های آن در تجزیه و تحلیل اطلاعات جغرافیایی، از این روش استفاده شده است. روش فوق از رابطه‌ی زیر قابل محاسبه است:

-
- 1- Score range procedures
 - 2- Ranking methods
 - 3- Rating methods
 - 4- Pairwise Comparison method.
 - 5- Saaty
 - 6- Mat

$$N = n(n - 1) / 2 \quad \text{رابطه (۳)}$$

$N =$ تعداد کل مقایسه‌های زوجی

$n =$ تعداد شاخص‌های مورد بررسی

بر اساس رابطه‌ی فوق، تعداد کل مقایسه‌های زوجی با توجه به تعداد ۲۵ شاخص ۳۰۰ مورد است.

روش مقایسه‌ی زوجی دارای سه مرحله است: تکمیل ماتریسی مقایسه‌ی زوجی، محاسبه‌ی وزن شاخص‌های مطرح در ماتریس و محاسبه‌ی نسبت سازگاری.

در تکمیل ماتریس مقایسه‌ی زوجی، ضمن مقایسه‌ی دو به دو شاخص‌ها، اهمیت نسبی متغیر سطر نسبت به متغیر ستون جدول ماتریس تعیین می‌گردد. در این راستا، درجه‌های اهمیت با شماره‌های ۹ تا معکوس ۹ بیان می‌شوند که عدد ۹ بیانگر بالاترین ارزش، عدد ۱ بیانگر ارزش برابر و معکوس ۹ بیانگر کمترین ارزش می‌باشد.

در این تحقیق برای محاسبه‌ی وزن شاخص‌ها، علاوه بر تجربیات شخصی، از نظرات کارشناسی (مخدوم، ۱۳۸۱: ۲۱۰-۱۸۳؛ *Malczewski et al, 1997: 349-374, Belton & Gear*؛ ۱۹۹۷: ۳۳۵-۳۴۸) و یافته‌های میدانی استفاده گردید و نهایتاً برای اطمینان، سازگاری مقایسه‌های زوجی نیز سنجیده شده است.^۱

برای تجزیه و تحلیل و جمع‌بندی داده‌ها نیز از روش ترکیب وزنی^۲ استفاده شده است که کاربرد وسیعی در محیط GIS دارد و تحت عنوان «روش ترکیب خطی وزن‌دار»^۳ نیز نامیده می‌شود. در این راستا رابطه‌ی مورد استفاده عبارت است از:

$$Z_i = \sum_j W_j X_{ij} \quad \text{رابطه (۴)}$$

در این فرمول:

$Z_i =$ ارزش ارزیابی شده برای روستای i ($i = ۱, ۲, ۳, \dots, m$)

$W_j =$ وزن شاخص j

$X_{ij} =$ نمره استاندارد شده شاخص j در روستای i

۱- برای محاسبه‌ی وزن شاخص‌ها و محاسبه‌ی نسبت سازگاری، فرآیندهای خاصی را بایستی پشت‌سر

گذاشت. برای آشنایی با چگونگی اجرای آنها ر.ک. به: *Malczewski, 1999: 182-186*

2- Additive Weighting Method.

3- Weighted Linear Combination

در این راستا، تأثیرات مثبت برخی از عوامل مؤثر در تعدیل ناپایداری زیست‌محیطی مثل فراوانی درخت و درختچه در اراضی مرتبط با روستا و آب قابل دسترس چاهک‌ها یا چاه‌ها در خشکسالی‌ها (در صورت وجود)، در تنظیم توابع تعیین شدت ناپایداری زیست‌محیطی در محیط GIS مدنظر قرار گرفت.

نتایج پژوهش

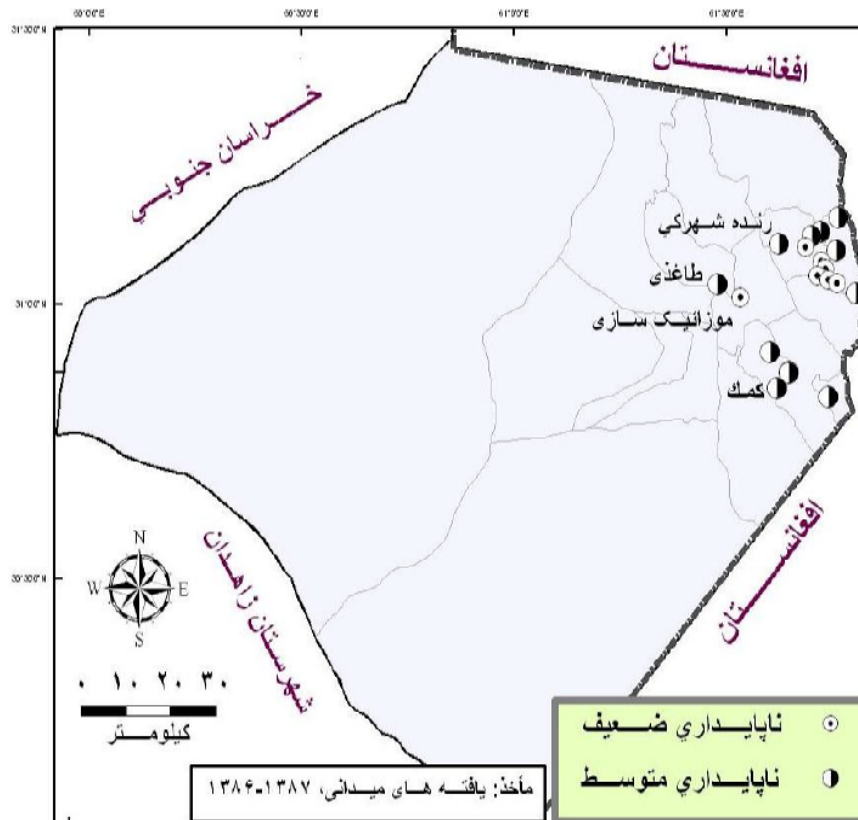
یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که در حال حاضر علائم ناپایداری زیست‌محیطی در تمامی روستاهای مورد مطالعه قابل مشاهده می‌باشد. بر این اساس، ۶/۹ درصد از این روستاها در وضعیت ناپایداری خفیف زیست‌محیطی، ۱۱/۹ درصد آنها دارای ناپایداری زیست‌محیطی با شدت متوسط، ۷۴/۳ درصد روستاها دارای ناپایداری شدید زیست‌محیطی و ۶/۹ درصد آنها نیز دارای ناپایداری بسیار شدید زیست‌محیطی می‌باشند (جدول ۲).

جدول ۲: فراوانی روستاهای مورد مطالعه به تفکیک شدت ناپایداری زیست‌محیطی

درصد	تعداد روستاهای نمونه	شدت ناپایداری زیست‌محیطی	طبقات ناپایداری زیست‌محیطی
۰	۰	فاقد علائم ناپایداری	طبقه اول
۶/۹	۷	خفیف	طبقه دوم
۱۱/۹	۱۲	متوسط	طبقه سوم
۷۴/۳	۷۵	شدید	طبقه چهارم
۶/۹	۷	بسیار شدید	طبقه پنجم

مأخذ: یافته‌های میدانی، ۱۳۸۷-۱۳۸۶

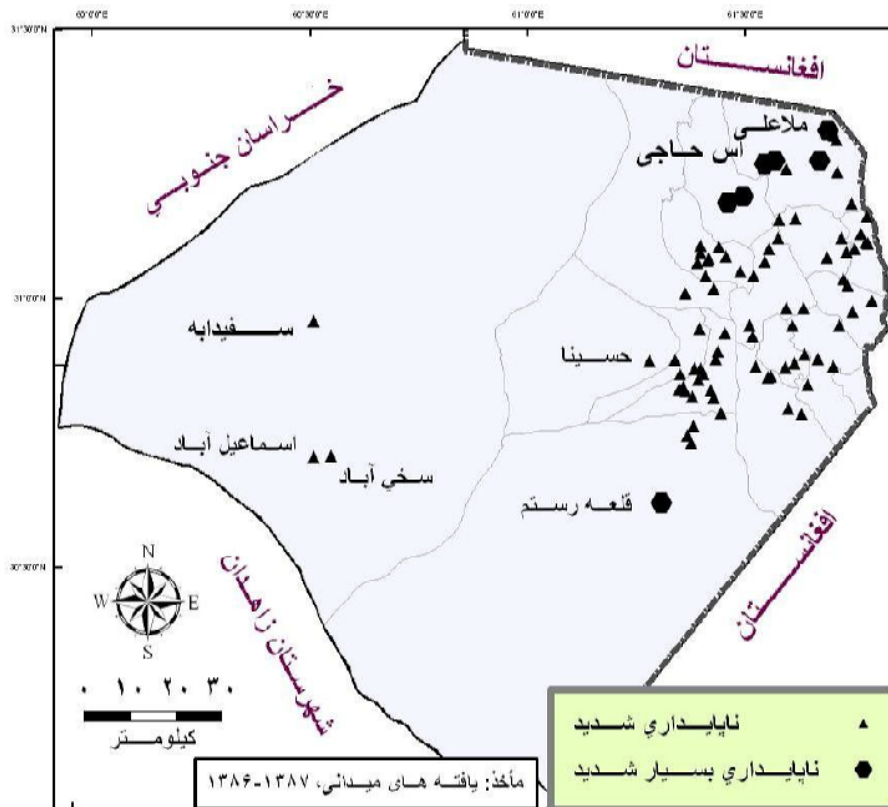
بررسی چگونگی پراکنش روستاهای سیستان از نظر شدت ناپایداری زیست‌محیطی نشان می‌دهد که روستاهای دارای ناپایداری خفیف و متوسط، عمدتاً در قسمت‌های شرقی ناحیه پراکنده‌اند (شکل ۱).



شکل ۱: پراکنش روستاهای نمونه دارای شدت ناپایداری زیست محیطی ضعیف و متوسط به تفکیک دهستان

این گروه از روستاها، حتی در شرایط کم‌آبی هیرمند نیز به منابع آب دسترسی داشته‌اند. زیرا آبدهی قابل توجه چاه یا چاهک‌های موجود و کیفیت مناسب آب آنها، شرایط بحرانی خشکسالی‌ها را تعدیل می‌نماید که بر این اساس میزان کاهش فعالیت‌های زراعی و دامداری آنها در طی خشکسالی‌ها در مقایسه با سایر روستاها کمتر است. همچنین این روستاها فاقد مشکلات ناشی از فعالیت‌شن‌های روان بوده و تعداد روزهای دارای هوای تیره و بسیار آلوده به گرد و خاک در آنها کمتر است و به تبع آن درصد افراد دارای حساسیت‌های چشمی و تنفسی ناشی از شرایط فوق نیز در آنها عمدتاً پایین است.

از طرف دیگر، علی‌رغم وجود نظام خاصی در پراکنش روستاهای دارای شدت ناپایداری زیست محیطی بسیار شدید (که در شمال شرقی یا نیمه جنوبی ناحیه می‌باشند)، روستاهای دارای ناپایداری شدید زیست محیطی در سراسر ناحیه قابل مشاهده‌اند (شکل ۲).



شکل ۲: پراکنش روستاهای نمونه دارای شدت ناپایداری زیست محیطی شدید و بسیار شدید به تفکیک دهستان

روستاهای دارای ناپایداری شدید یا بسیار شدید زیست محیطی، عمدتاً از نظر دسترسی به آب چاه یا چاهک‌ها دارای محدودیت شدید بوده و ضمن این‌که آب چاه یا چاهک‌ها در آنها از نظر کمی و کیفی دارای محدودیت می‌باشد، به لحاظ دسترسی به آب هیرمند در سال‌های کم آبی نیز اکثراً یا فاقد دسترسی‌اند یا اینکه دارای محدودیت بسیار شدیدتری می‌باشند. همچنین در برخی از این روستاها مشکلات ناشی از فعالیت شن‌های روان (شامل اثرات

شن‌های روان بر اراضی زراعی، باغی یا اراضی مربوط به چرای دام روستاییان و اثرات آنها برانه‌ار سنتی، کانال‌ها، جاده‌ها و سکونتگاه‌های روستایی) مشاهده شده است.

در بین روستاهایی که دارای ناپایداری خفیف زیست‌محیطی می‌باشند، وجود روستای موزائیک‌سازی^۱ با کمترین شدت ناپایداری زیست‌محیطی قابل توجه است. عدم وابستگی ساکنین این روستا به تولید بیولوژیک سرزمین (به دلیل عدم وجود فعالیت‌های زراعی، باغداری، دامداری و صید و شکار)، تأثیر آشفته‌گی‌های زیست‌محیطی فراگیر در سطح ناحیه را بر کیفیت زندگی ساکنین این روستا کم اثر نموده است. در این گونه روستاها، ناپایداری‌های موجود عمدتاً دارای منشأ غیر محیطی بوده و عوامل اقتصادی-اجتماعی نقش بارزتری در ناپایداری ایفا می‌نمایند.

همچنین در بین روستاهایی که دارای ناپایداری بسیار شدید زیست‌محیطی می‌باشند، وجود روستاهای ملاعلی و اس حاجی^۲ با بالاترین شدت ناپایداری زیست‌محیطی، بیش از سایر روستاهای این گروه قابل توجه است. شغل و حرفه حدود ۹۵ درصد ساکنان روستای ملاعلی وابسته به صید ماهی و شکار پرندگان مهاجر آبی تالاب بوده است که متأسفانه با کاهش و توقف جریان آب ورودی هیرمند و خشک شدن هامون‌ها، عملاً فعالیت‌های معیشتی ساکنان این روستا متوقف شده است. همچنین تسلط کامل تپه‌های شن روان در بیش از ۸۰ درصد از اراضی روستای اس حاجی و تخریب گسترده انهار سنتی، جاده و حتی برخی از مساکن، جریان عادی زندگی در این آبادی را مختل کرده و آن را به سوی تخلیه‌ی کامل جمعیت سوق می‌دهد.

بررسی چگونگی توزیع روستاها به لحاظ شدت ناپایداری زیست‌محیطی در بین دهستان‌های سیستان نشان می‌دهد که ۱۴/۸ درصد از کل ۱۸/۸ درصد روستاهای دارای شدت ناپایداری زیست‌محیطی ضعیف و متوسط، در دهستان‌های مارگان، دوست محمد و زهک واقع است. همچنین بیشترین تعداد روستاهای دارای ناپایداری شدید و بسیار شدید زیست‌محیطی، در دهستان‌های قرقری، ادیمی و محمد آباد پراکنده می‌باشند. این دهستان‌ها ۳۰/۷ درصد از کل ۸۱/۲ درصد روستاهای این گروه را شامل می‌گردند (جدول ۲ و ۳).

۱- روستایی واقع در بخش مرکزی و دهستان بنجار (ر.ک. به شکل ۱).

۲- از روستاهای مربوط به دهستان قرقری در بخش میان‌کنگی (ر.ک. به شکل ۲).

جدول ۳: فراوانی روستاهای مورد مطالعه به تفکیک شدت ناپایداری زیست محیطی در سطح دهستان‌های سیستان

مجموع	طبقات ناپایداری زیست محیطی					دهستان
	۵	۴	۳	۲	۱	
۱۰	۰	۹	۱	۰	۰	ادیمی
۲	۲	۰	۰	۰	۰	بزی
۹	۰	۸	۰	۱	۰	بنجار
۴	۰	۴	۰	۰	۰	تیمورآباد
۵	۰	۵	۰	۰	۰	جزینک
۳	۰	۳	۰	۰	۰	جهان آباد
۴	۰	۳	۱	۰	۰	خمک
۱	۰	۰	۱	۰	۰	خواجه احمد
۱۱	۰	۶	۳	۲	۰	دوست محمد
۸	۰	۵	۳	۰	۰	زهک
۳	۰	۳	۰	۰	۰	سفیدابه
۲	۰	۲	۰	۰	۰	قائم آباد
۹	۴	۵	۰	۰	۰	قرقری
۱	۰	۱	۰	۰	۰	کوه‌خواجه
۴	۱	۳	۰	۰	۰	لوتک
۱۲	۰	۵	۳	۴	۰	مارگان
۱۳	۰	۱۳	۰	۰	۰	محمدآباد
۱۰۱	۷	۷۵	۱۲	۷	۰	مجموع

مأخذ: یافته‌های میدانی، ۱۳۸۷-۱۳۸۶.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج بررسی شدت ناپایداری زیست‌محیطی روستاهای سیستان مؤید آن است که در حال حاضر تمامی این روستاها دارای مراتبی از ناپایداری زیست‌محیطی می‌باشند و در این راستا، وجود ۸۱/۲ درصد از روستاها در گروه روستاهای دارای ناپایداری شدید و بسیار شدید زیست محیطی، بیانگر وجود شرایط بحرانی حاکم در روستاهای مورد مطالعه می‌باشد. در بروز ناپایداری زیست محیطی، عوامل طبیعی یا انسانی به عنوان متغیرهای مستقل و منابع طبیعی سرزمین (آب، خاک، هوا، پوشش گیاهی و منابع صید و شکار) در قالب متغیرهای مداخله‌گر ایفای نقش می‌نمایند که در نتیجه تأثیرات منفی عوامل طبیعی یا انسانی بر منابع طبیعی، توان روستاییان برای تأمین مستمر نیازها کاهش یافته یا سطح سلامت عمومی ساکنین روستا تنزل می‌یابد. نتایج بررسی‌ها حاکی از آن است که در بین منابع

طبیعی مختلف، نقش منابع آب، در بروز ناپایداری زیست‌محیطی در روستاهای سیستان بارزتر می‌باشد. در این راستا، آزمون همبستگی پیرسون^۱ بین « شدت محدودیت آب در روستاهای مورد مطالعه» و « شدت ناپایداری زیست‌محیطی در این روستاها»، بیانگر آن است که بین این دو متغیر، رابطه‌ی مثبت قوی برقرار می‌باشد. به عبارت دیگر، با کاهش یا توقف جریان آب هیرمند و افزایش شدت محدودیت آب در سطح روستاهای سیستان، شدت ناپایداری زیست‌محیطی نیز با درجه همبستگی ۰/۶۹۱ و با ضریب اطمینان ۹۹ درصد افزایش خواهد یافت. در این راستا، از مجموع یافته‌های توصیفی و تحلیلی پژوهش مشخص می‌شود که محدودیت‌های آب با تأثیر منفی مستقیم یا غیر مستقیم خود بر طیف گسترده‌ای از شاخص‌های زیست‌محیطی مرتبط با خاک، هوا، پوشش گیاهی و منابع صید و شکار، دارای نقشی اساسی در افزایش شدت ناپایداری زیست‌محیطی روستاهای مورد مطالعه می‌باشد. از این رو، رفع محدودیت‌های آب با تأثیرات مثبت مستقیم و غیرمستقیم خود بر طیف وسیعی از شاخص‌های زیست‌محیطی، نقشی اساسی در هدایت این روستاها به سوی پایداری زیست-محیطی خواهد داشت.

در یک جمع‌بندی کلی بر عوامل مؤثر در بروز ناپایداری زیست‌محیطی می‌توان گفت که در شرایط عادی جریان آب ورودی هیرمند، نقش فعالیت‌های انسانی کم و نقش عوامل طبیعی نیز بسیار ناچیز می‌باشد. در حالی که نقش عوامل طبیعی در بروز ناپایداری زیست‌محیطی روستاهای سیستان در شرایط بروز سیل، زیاد و در شرایط بروز خشکسالی خیلی زیاد بوده و سهم این عوامل در هر دو حالت فوق، با اختلاف بسیار قابل توجهی بیشتر از سهم فعالیت‌های انسانی می‌باشد (جدول ۴).

جدول ۴: برآورد تقریبی میزان اثرات عوامل انسانی و طبیعی در شدت ناپایداری

زیست‌محیطی روستاهای سیستان

ردیف	عوامل مؤثر در بروز ناپایداری زیست‌محیطی	میزان اثرات عوامل در تشدید ناپایداری زیست‌محیطی روستاها		
		شرایط بروز سیل	شرایط عادی	شرایط خشکسالی
۱	فعالیت‌های انسانی	خیلی کم	کم	متوسط
۲	عوامل طبیعی	زیاد	خیلی کم	خیلی زیاد

مأخذ: یافته‌های میدانی، ۱۳۸۷-۱۳۸۶

این مهم نشان می‌دهد که بهینه‌سازی وضعیت منابع طبیعی سرزمین، پیش شرط و از اصول بنیادین پایداری روستایی به شمار می‌آید و یافته‌های پژوهش نیز بر نابسامانی‌های فراگیر در وضعیت منابع طبیعی روستاهای سیستان تأکید دارد. این وضعیت، تغییرات عاجلی را در مدل‌های توسعه طلب می‌کند. تغییراتی که به کمک راه‌حل‌های معمول و سنتی به دست نخواهد آمد و بایستی استراتژی و راهبردهایی متناسب با عوامل مؤثر در بروز و تشدید ناپایداری زیست‌محیطی تدوین کرده و به مرحله اجرا گذاشت که در این راستا، اتخاذ طیف گسترده‌ای از اقدامات سیاسی (برای تعیین حق آبه ایران)، اقتصادی (برای ذخیره‌سازی مطلوب آب در شرایط پر آبی هیرمند، بهینه‌سازی مصرف منابع محدود آب و تعیین الگوی کشت) و اجتماعی (برای تقویت مشارکت‌های مردمی) الزامی خواهد بود.

منابع

- ۱- ازکیا، مصطفی و دربان آستانه، علیرضا (۱۳۸۲). روش‌های کاربردی تحقیق، تهران. انتشارات کیهان.
- ۲- بدری، سیدعلی (۱۳۷۶). توسعه پایدار، مفهوم، ارزش و عمل، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. سال دوازدهم. شماره ۴۴.
- ۳- بدری، سیدعلی و عبدالرضا، رکن‌الدین افتخاری (۱۳۸۲). «ارزیابی پایداری: مفهوم و روش، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. سال هجدهم. شماره ۶۹. مشهد.
- ۴- بریمانی، فرامرز (۱۳۸۳). آثار فزاینده خشکسالی در محیط آندورئیک، مجله سیاسی، اقتصادی اطلاعات. شماره ۱۶۸-۱۶۷.
- ۵- بریمانی، فرامرز (۱۳۸۰). موانع (طبیعی، انسانی) رشد و توسعه سکونتگاه‌های روستایی سیستان، پایان‌نامه دوره دکتری دانشکده علوم زمین. دانشگاه شهید بهشتی.
- ۶- بل، سیمون و استفان، مورس (۱۳۸۶). سنجش پایداری. ترجمه ناصر شاهنوشی. سیاوش دهقانیان و یدا... آذین فر. مشهد. انتشارات دانشگاه فردوسی.
- ۷- درسرنر، سیمون (۱۳۸۴). مبانی پایداری، ترجمه محمود دانشور کاخکی. سیاوش دهقانیان و فرخ دین قزلی. مشهد. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۸- زاکس، اینیاسی (۱۳۷۲). بوم‌شناسی و فلسفه توسعه، ترجمه فریده فرهی و وحید بزرگی. تهران. نشر مرکز.
- ۹- شریف‌زاده، ابوالقاسم، محمدی، داود و شعبانعلی قمی، حسین (۱۳۸۲). کاهش فقر و امرار معاش فقرای روستایی: چالش‌ها و مفاهیم، فصلنامه روستا و توسعه. سال ششم. شماره ۴.
- ۱۰- شکویی، حسین (۱۳۶۴). جغرافیای کاربردی و مکتب‌های جغرافیایی، مشهد. مؤسسه و انتشارات آستان قدس رضوی.
- ۱۱- صراف، مظفر (۱۳۷۷). مبانی برنامه‌ریزی توسعه منطقه‌ای، تهران. مرکز مدارک اقتصادی-اجتماعی. انتشارات سازمان برنامه و بودجه.

- ۱۲- طبیبیان، منوچهر (۱۳۷۸). تعیین شاخص‌های پایداری و نماد آن در محیط زیست، فصلنامه محیط‌شناسی. شماره ۲۴.
- ۱۳- گروه منابع طبیعی و محیط زیست سازمان ملل متحد (ENR) و برنامه عمران ملل متحد (UNDP) (۱۳۸۴). راهبردهای مدیریت محیط‌زیست (EMS)، راهنمای محیط زیست و توسعه پایدار، تهران. انتشارات دبیرخانه کمیته ملی توسعه پایدار.
- ۱۴- لواسانی، احمد (۱۳۷۲). کنفرانس بین‌المللی محیط‌زیست در ریو، تهران. مؤسسه چاپ و انتشارات وزارت امور خارجه.
- ۱۵- مخدوم، مجید (۱۳۸۱). شالوده آمایش سرزمین، تهران. انتشارات دانشگاه تهران.
- ۱۶- مخدوم، مجید و همکاران (۱۳۸۳). ارزیابی و برنامه‌ریزی محیط زیست با سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، تهران. انتشارات دانشگاه تهران.
- ۱۷- مندلی، رابرت (۱۳۷۷). چهره متغیر امنیت ملی، ترجمه پژوهشکده مطالعات راهبردی. تهران. انتشارات پژوهشکده مطالعات راهبردی.
- ۱۸- مولدان، بدریج و دیگران (۱۳۸۱). شاخص‌های توسعه‌ی پایدار، ترجمه و تدوین نشاط حداد تهرانی و ناصر محرم نژاد. تهران. انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست.
- 19-Beek V. P. et al (1992) Operational research and environment, *Environmental and Resource Economics*; No. 2.
- 20-Belton, V. and Gear T (1997) On the meaning of relative importance, *Multi-Criteria Decision Analysis*; No. 6.
- 21-Bockstaller, C. and Girardin P (2003) How to validate environmental indicators, *Agricultural Systems*; No. 76.
- 22-Cloquell-Ballester, V. A. et al (2006) Indicators validation for the improvement of environmental and social impact quantitative assessment, *Environmental Impact Assessment Review*; No. 26.
- 23-Haigen X., Dingzhen L. & Huanzhong W. (2001) Environmental regionalization for the management of township and village enterprises in China, *Environmental Management*, No.63.
- 24-Huang et al (2009) Development of a decision - support system for rural eco-environmental management in Yongxin County, Jiangxi Province, China, *Environmental Modelling & Software*, available at Science Direct.
- 25-Jankowski, P. (1995), Integrating geographical information system and multiple criteria decision making methods, *Geographical Information System*; No.9.
- 26-Malczewski, J. et al (1997) Multicriteria group decision-making model for environmental conflict analysis in the Cape Region, Mexico, *Environmental Planning and Management*, No. 40.
- 27- Malczewski, J. (1999) *GIS and multicriteria decision analysis*, John Wiley and Sons INC, New York.
- 28-Pond, B. et al (2003) *Managing Natural resources for sustainable livelihoods: Uniting science and participation*, Earthscan Publications, Canada.
- 29-Rist, S. et al (2007) Moving from sustainable management to sustainable governance of natural resources, *Rural Studies*; No. 23.
- 30-Takeuchi K., Namiki Y., & Tanaka H. (1998) Designing eco-villages for revitalizing Japanese rural areas, *Ecological Engineering*, No.11.