



اندازه‌گیری پایداری زیست‌محیطی استان‌های شمال غرب کشور با استفاده از روش آنتروپی

مرضیه منافی ملایوسفی، باب اله حیاتی^۱
marzieh.manafi@gmail.com

چکیده

ارزیابی پایداری زیست‌محیطی یکی از مهم‌ترین ابزارها در فرایند برنامه‌ریزی توسعه پایدار است که توجه به آن در سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌ها امری اجتناب‌ناپذیر است. هدف این مطالعه سنجش میزان پایداری زیست‌محیطی استان‌های شمال غرب کشور (آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل، زنجان و کردستان) با استفاده از روش آنتروپی شانون است. شاخص‌های مورد استفاده شامل تراکم و نرخ رشد جمعیت، سهم هر استان از تولید ناخالص داخلی کشور، سرانه مصرف سوخت فسیلی، درصد اراضی جنگلی و مرتعی، میزان مصرف کود و سموم شیمیایی در هکتار، سرانه آب زیرزمینی قابل استحصال، درصد پوشش فاضلاب شهری، درصد تولید برق آبی و پاک، سرانه فضای سبز شهری، تعداد تشکلهای زیست‌محیطی، تعداد گونه‌های جانوری در معرض خطر و درصد اراضی حفاظت شده است. داده‌ها و اطلاعات مورد استفاده در مطالعه از سالنامه‌های آماری استان‌های مورد بررسی، سازمان حفاظت محیط‌زیست، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور و مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۴ استخراج شده‌اند. یافته‌های تحقیق بیانگر آن است که استان‌های اردبیل و کردستان بیشترین پایداری زیست‌محیطی را در منطقه شمال غرب کشور دارند. همچنین درصد تولید برق آبی و پاک، سرانه فضای سبز شهری و درصد پوشش فاضلاب شهری، به ترتیب به عنوان مهم‌ترین شاخص‌های پایداری در این مطالعه شناخته شدند. با توجه به نتایج به دست آمده پیشنهاد می‌شود جهت افزایش پایداری زیست‌محیطی در منطقه، استفاده از منابع تجدیدپذیر جهت تولید انرژی افزایش یابد.

طبقه‌بندی JEL: Q56, C02.

کلیدواژگان: آنتروپی شانون، استان‌های شمال غرب کشور، پایداری زیست‌محیطی

مقدمه

رشد جمعیت جهان و رشد سریع فعالیت‌های اقتصادی که در دهه‌های گذشته ایجاد گردیده، باعث صدمه‌های شدید زیست‌محیطی شده است. حفاظت از محیط طبیعی جهان بی‌تردید یکی از چالش برانگیزترین مسائل در دهه‌های آینده است. همان‌طور که جمعیت جهان و تولید سرانه در سطح جهانی در آینده به رشد خود ادامه خواهند داد، تخریب زیست‌محیطی بیشتری را نیز انتظار می‌رود. تقاضا برای استاندارد بهتر زندگی در کشورهای جهان سوم و تمایل برای تولید و درآمد بالاتر و به ظاهر نامحدود در کشورهای صنعتی، استفاده از منابع طبیعی مانند مواد خام و انرژی را افزایش می‌دهد و در نتیجه منجر به افزایش تولید گازهای گلخانه‌ای از آلاینده‌ها و مواد سمی می‌شود. بنابراین، مشکلات زیست‌محیطی نقش مهمتری در تصمیم‌گیری‌های سیاسی ایفا می‌کنند و به هنگام تصمیم‌گیری در مورد تخصیص عوامل تولید و توزیع درآمد، اهمیت توجه به جنبه‌های محیط‌زیستی را نشان می‌دهند (امیرنژاد و سالاری، ۱۳۹۳). از این رو توسعه پایدار به عنوان جدیدترین شعار جنبش زیست‌محیطی در سطح جهان مطرح شده است و در درجه اول بر پیامدهای زیست‌محیطی و اکولوژیک رشد و توسعه اقتصادی کشورها در سطح بین‌المللی و منطقه‌ای تأکید داشته است و هدف اصلی آن، حفظ توان نسل‌های آینده در برآوردن نیازهایشان است تا آیندگان نیز بتوانند به میزان نسل‌های حاضر از منابع طبیعی و محیطی بهره ببرند (سرابی و مؤیدفر، ۱۳۸۹).

در حال حاضر مسائل زیست‌محیطی یکی از مهم‌ترین مسائل مطرح در سطح جهانی و ملی، در بسیاری از کشورهای دنیا است و تاکنون کنفرانس‌ها و نشست‌های بین‌المللی مهمی در این خصوص برگزار شده و کشورها به معاهدات و کنوانسیون‌های متعددی برای جلوگیری از بدتر شدن وضعیت محیط‌زیست جهانی متعهد شده‌اند. داشتن اطلاعات کافی از وضعیت محیط‌زیست کشورها و بررسی روند تغییرات محیط‌زیستی یکی از موضوعات مورد توجه مجامع جهانی در طی سال‌های اخیر بوده است. این موضوع در شناخت و درک صحیح از وضعیت موجود برای تعیین تغییرات لازم در نحوه مدیریت و ارائه برنامه‌های مدیریتی نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند (ستوده و پوراصغر، ۱۳۸۹). در واقع ارزیابی و سنجش پایداری زیست‌محیطی در وضع موجود، به عنوان مهم‌ترین ابزار در فرآیند برنامه‌ریزی توسعه پایدار قابل طرح و بررسی است. این ارزیابی، نوعی ارزیابی بوم‌شناختی است که در سطوح مختلف انجام می‌شود و به دنبال ارائه چارچوبی است که در آن ارزیابی اثرات برنامه‌ها، راهبردها و سیاست‌ها بر محیط‌زیست به صورت جامع مورد ارزیابی، سنجش و تحلیل قرار گرفته و در نهایت راهکارهایی را برای کاهش فشار بر محیط‌زیست ارائه دهد (ملکی و همکاران، ۱۳۹۳). از این رو تاکنون شاخص‌ها و روش‌های مختلفی جهت سنجش پایداری زیست‌محیطی از سوی سازمان‌های تحقیقاتی و محققان این رشته مطرح شده است.

یکی از علل اصلی دشواری اندازه‌گیری میزان پایداری در تعریف آن نهفته است. بسیاری از معیارها و شاخص‌هایی که با آن پایداری زیست‌محیطی سنجیده می‌شوند، جنبه کیفی دارند. حفاظت از حیات‌وحش، خاک، آب، هوا، تنوع زیستی و ژنتیکی همگی معیارها و شاخص‌هایی کیفی‌اند که مستقیماً نمی‌توان آنها را اندازه‌گیری کرد. بنابراین، به طور غیرمستقیم، میزان پایداری با استفاده از شاخص‌هایی که قابل اندازه‌گیری‌اند، سنجیده می‌شود. در حقیقت شاخص بیان آماری پدیده‌هاست که امکان مقایسه و ارزیابی پدیده‌ها را در زمان‌ها و مکان‌های مختلف فراهم می‌کند (مفیدی و همکاران، ۱۳۹۶). شاخص‌های زیست‌محیطی به عنوان نخستین ارزیاب‌های فشار بر محیط‌زیست، تعیین وضعیت محیط‌زیست و ارزیابی رهیافت‌های در نظر گرفته شده، نقشی حیاتی در گزارش پایداری زیست‌محیطی ایفا

می‌کنند. شاخص‌های زیست‌محیطی منبع مهم اطلاعاتی برای سیاست‌گذاران و راهنمای عملی برای تصمیم‌گیری، نظارت و ارزیابی می‌باشند (عنابتانی و خسروبیگی، ۱۳۹۱). با توجه به مزایای استفاده از شاخص‌ها، در این مطالعه نیز شاخص‌های زیست‌محیطی برای سنجش پایداری استفاده شده‌اند.

مطالعات زیادی در داخل و خارج از کشور به بررسی و اندازه‌گیری پایداری زیست‌محیطی پرداخته‌اند، به عنوان نمونه بریمانی و اصغری (۱۳۸۹) ناپایداری زیست‌محیطی سکونتگاه‌های روستایی سیستان را با استفاده از مدل ارزیابی چندمعیاره در سامانه اطلاعات جغرافیایی بررسی کرده‌اند. برای تعیین شدت ناپایداری زیست‌محیطی از داده‌های مربوط به ۲۵ شاخص اصلی استفاده شده است. نتایج تحقیق نشان داد ناپایداری زیست‌محیطی در اکثر روستاها (۸۱/۲ درصد) شدید یا بسیار شدید است. عنابتانی و خسروبیگی (۱۳۹۱) با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتب فازی و تکنیک پرومیتی به سطح‌بندی توسعه پایدار زیست‌محیطی در مناطق روستایی شهرستان کمیجان پرداخته‌اند. انتخاب شاخص‌ها با استفاده از روش فشار- وضعیت موجود- واکنش صورت پذیرفت. بر اساس نتایج کیفیت آب کشاورزی، حاصلخیزی خاک و تنوع آب‌مصرفی بیشترین اهمیت را در پایداری زیست‌محیطی مناطق روستایی دارند. ملکی و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از روش تاپسیس به بررسی پایداری توسعه زیست‌محیطی شهرستان‌های استان خوزستان پرداخته‌اند. ۱۱ شاخص جهت انجام مطالعه انتخاب شد و نتایج مطالعه نشان داد شهرستان‌های شمال استان از نظر توسعه زیست‌محیطی برتر از شهرستان‌های جنوب استان می‌باشند. امیرنژاد و سالاری (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای به اندازه‌گیری درجه تخریب محیط زیست در کلان‌شهرهای ایران با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی پرداخته‌اند. برای این منظور، متغیرهای تولید ناخالص داخلی، سوخت مصرفی، تراکم نسبی جمعیت، دسترسی به آب سالم و فاضلاب، میزان مرگ و میر و جمعیت طبق داده‌های آماری سال ۱۳۸۸ مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج مطالعه آنان نشان داد که شهرهای تهران و اصفهان دارای درجه تخریب زیست‌محیطی بیشتری هستند. فیروزی و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه‌ای شاخص‌های پایداری زیست‌محیطی را ارزیابی نموده‌اند. تأکید مطالعه بر آلودگی هوا و آلاینده‌های صنعتی در کلانشهر اهواز بوده است. در این مطالعه جهت وزن‌دهی به شاخص‌ها و گزینه‌های پایداری از تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شده است و نتایج پایداری استخراج شده‌اند.

کارا و کنه^۱ (۲۰۱۲) با هدف ارزیابی و مقایسه پایداری زیست‌محیطی در سطح مناطق کشور ترکیه، با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی به محاسبه شاخصی مرکب پرداخته‌اند. بدین منظور پنج منطقه در استان‌های مختلف این کشور در نظر گرفته شد و ۱۱ شاخص جهت انجام ارزیابی مورد استفاده قرار گرفت. برابر با یافته‌های پژوهش منطقه استانبول بیشترین پایداری زیست‌محیطی را در مقایسه با سایر مناطق داشته است. کوک و همکاران^۲ (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای به بررسی شاخص‌های اندازه‌گیری پایداری زیست‌محیطی در سطح کشورها پرداخته‌اند. ابتدا با استفاده از نظرات گروهی از کارشناسان شاخص‌های مناسب را شناسایی کرده و سپس اقدام به ارزیابی پایداری زیست‌محیطی در کشورهای نروژ و ایسلند کرده‌اند. نتایج مطالعه آنان نشان داد کمبود داده‌ها به ویژه در سطح ملی، مانع از اندازه‌گیری صحیح پایداری زیست‌محیطی است.

¹ Kara and Kone

² Cook et al

در ایران نیز ضرورت اجرای اصل پنجاهم قانون اساسی و لزوم توجه به عامل محیط‌زیست و منابع طبیعی، موجب شده است که برنامه‌ریزی بخش محیط‌زیست برای نخستین بار در سال ۱۳۶۲ در برنامه پنج ساله دوم اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور (۱۳۶۲-۶۷) در کنار سایر بخش‌ها انجام شود. علاوه بر قانون اساسی و برنامه‌های توسعه، در سطح جهانی نیز کشور ایران به مسئله محیط‌زیست توجه نموده و تاکنون ۶۸ معاهده بین‌المللی را رسماً پذیرفته است (ملکی و سعیدی، ۱۳۹۵). اما بررسی‌های صورت گرفته توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست کشور نشان می‌دهد بخش اعظم شاخص‌های کلان زیست‌محیطی کشور در طی بازه زمانی ۹۲-۱۳۸۳ افول و تنزل داشته‌اند. کاهش ظرفیت‌زیستی کشور در سال‌های اخیر، افزایش ردپای اکولوژیک، افزایش شدت مصرف انرژی، کاهش بهره‌وری انرژی، سهم ناچیز درآمد کشور از اکوتوریسم، سهم اندک بهره‌مندی از انرژی‌های تجدیدپذیر، افزایش تراز منفی میان هزینه و درآمد خانوار، افت شاخص عملکرد زیست‌محیطی در کشور و افزایش نرخ تورم و بیکاری از اهم نکاتی است که نیاز به برنامه‌ریزی و مدیریت هر چه کارا تر در اصلاح این شاخص‌ها دارد. از سوی دیگر عدم توجه به تشکلهای زیست‌محیطی و کاهش بیش از ۳۰ درصدی تعداد آنها طی سال‌های ۹۲-۱۳۸۴، بیانگر کم‌رنگ شدن حضور تشکلهای مردم‌نهاد و جریان‌های اجتماعی و مشارکت‌های مردمی در رفع و یا کاهش مشکلات و تهدیدات زیست‌محیطی است (سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۱۳۹۴).

با توجه به اهمیت محیط‌زیست و نقش آن در زندگی آحاد جامعه و نیز مشکلات زیست‌محیطی موجود در کشور، در این پژوهش تلاش شده است تا به سنجش میزان پایداری زیست‌محیطی در سطح استان‌های شمال غرب کشور یعنی آذربایجان شرقی، غربی، اردبیل، زنجان و کردستان پرداخته شود. نتایج این مطالعه می‌تواند در تدوین سیاست‌های کاهش و کنترل آسیب‌پذیری زیست‌محیطی منطقه استفاده شوند.

روش تحقیق

شاخص‌های مورد استفاده در این مطالعه با مروری بر شاخص‌های پایداری محیط‌زیست (ESI) مجمع جهانی اقتصاد و بررسی مطالعات قبلی انتخاب شدند. عواملی نظیر قابلیت اندازه‌گیری، تناسب علمی و از لحاظ اقتصادی و زمانی مقرون به صرفه بودن جمع‌آوری اطلاعات نقش مهمی در انتخاب شاخص‌های پایداری داشتند. در نهایت شاخص‌های تراکم و نرخ رشد جمعیت، سهم استان در تولید ناخالص داخلی کشور، سرانه مصرف سوخت فسیلی (شامل گاز مایع، بنزین، گازوئیل، نفت کوره، نفت سفید و سوخت هواپیما)، درصد اراضی جنگلی و مرتعی، میزان مصرف کود و سموم شیمیایی در هکتار، سرانه آب زیرزمینی قابل استحصال، درصد پوشش فاضلاب شهری، درصد تولید برق آبی، سرانه‌ی فضای سبز شهری، تعداد تشکلهای زیست‌محیطی، تعداد گونه‌های جانوری در معرض خطر و درصد اراضی حفاظت شده استان (شامل مناطق حفاظت شده، پارک‌های ملی، پناهگاه حیات وحش و آثار طبیعی ملی) انتخاب شدند. مقادیر این متغیرها از سالنامه‌های آماری استان‌ها (۱۳۹۴)، سازمان حفاظت محیط‌زیست (۱۳۹۶)، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور (۱۳۹۶) و مرکز آمار ایران (۱۳۹۶) استخراج شده‌اند. سال ۱۳۹۴ به عنوان سال پایه در نظر گرفته شده است و داده‌ها برای استان‌های آذربایجان شرقی، غربی، اردبیل، زنجان و کردستان که در شمال غرب ایران واقع شده‌اند، جمع‌آوری گردید.

¹ Environmental Sustainability Index

روش‌های مختلفی برای وزن‌دهی به شاخص‌ها و ادغام آنان جهت ایجاد شاخص پایداری مرکب وجود دارد. تکنیک‌های علمی از جمله موفق‌ترین روش‌های وزن‌دهی به شاخص‌ها می‌باشند که وزن شاخص‌ها را از طریق روش‌های آماری محاسبه می‌کنند و اجازه‌ی هیچ‌گونه قضاوت ارزشی را در مورد اهمیت نسبی شاخص‌ها نمی‌دهند. این امر مانع از دخالت افراد و پیش‌داوری در مورد اهمیت نسبی عوامل پایداری می‌گردد (منافی، ۱۳۹۶). روش آنتروپی جزء روش‌های علمی یا درون‌زای وزن‌دهی است که بر اساس تئوری اطلاعات شکل گرفته است. آنتروپی یک مفهوم عمده در فیزیک، علوم اجتماعی و تئوری اطلاعات می‌باشد به طوری که نشان‌دهنده‌ی مقدار عدم اطمینان موجود از محتوای مورد انتظار اطلاعاتی از یک پیام است. به عبارت دیگر، آنتروپی در تئوری اطلاعات یک معیار عدم اطمینان است که به وسیله توزیع احتمال مشخص P_{ij} بیان می‌شود (اصغرپور، ۱۳۹۳). روند کار در این روش به صورت زیر می‌باشد:

- ابتدا یک ماتریس تصمیم‌گیری به صورت زیر ایجاد می‌شود. این ماتریس حاوی اطلاعاتی است که آنتروپی می‌تواند به عنوان معیاری برای ارزیابی آن به کار رود.

$$A_i \begin{bmatrix} r_1 & r_2 & \dots & r_n \\ x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

r_j اشاره به شاخص‌های اندازه‌گیری پایداری زیست‌محیطی و A_i اشاره به گزینه‌های موجود (در این مطالعه استان‌ها) دارد. m تعداد شاخص‌ها و n تعداد گزینه‌ها را نشان می‌دهد.

- سپس محتوای اطلاعاتی موجود در این ماتریس به صورت P_{ij} در زیر محاسبه می‌شود:

$$P_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \quad (2)$$

x_{ij} مقدار نرمال شده شاخص j ام برای فرد یا گزینه i ام را نشان می‌دهد.

- سپس آنتروپی (E_j) تعیین می‌شود، شانون^۱ از فرمول زیر به این منظور استفاده کرده است:

$$E_j = -M \sum_{i=1}^n P_{ij} \ln P_{ij} \quad 0 \leq E_j \leq 1 \quad M = \frac{1}{\ln n} \quad (3)$$

M مقدار ثابتی است که به صورت فرمول بالا محاسبه می‌شود.

- در ادامه مقدار درجه انحراف^۲ (d_j) محاسبه می‌شود که بیان می‌کند شاخص j ام چه میزان اطلاعات مفید برای تصمیم‌گیری در اختیار تصمیم‌گیرنده قرار می‌دهد. هر چه مقادیر اندازه‌گیری شده شاخصی به یکدیگر نزدیک‌تر باشند، نشان‌دهنده آن است که گزینه‌های رقیب از نظر آن شاخص تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند. لذا نقش آن شاخص در تصمیم‌گیری باید به همان اندازه کاهش یابد. بنابراین:

$$d_j = 1 - E_j ; \forall j \quad (4)$$

- سپس مقدار وزن شاخص‌های پایداری (W_j) محاسبه می‌گردد (اصغرپور، ۱۳۹۳؛ اصغری‌زاده و نصرالهی، ۱۳۸۵):

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^m d_j} ; \forall j \quad (5)$$

¹ Shannon

² Degree of Diversification

گام بعدی پس از تعیین وزن شاخص‌ها، نرمال سازی مقادیر شاخص‌های مورد استفاده در مطالعه است. نرمال سازی سبب می‌شود شاخص‌های اولیه به متغیرهای بدون واحد تبدیل شوند. در نتیجه می‌توان آن‌ها را با هم مقایسه کرد یا عملیات مختلف ریاضی را بر روی آن‌ها انجام داد (کلانتری، ۱۳۸۷). روش فاصله از بهترین و بدترین عملکرد یا روش حداقل-حداکثر در این مطالعه استفاده شده است. روند کار در این روش به صورت زیر است (فرودنبرگ^۱، ۲۰۰۳):

- اگر افزایش مقدار شاخص نشان‌دهنده بهبود پایداری زیست‌محیطی باشد، شاخص نرمال شده از فرمول (۶) به دست می‌آید:

$$\text{مقدار شاخص نرمال شده} = \frac{\text{مقدار حداقل} - \text{مقدار واقعی}}{\text{مقدار حداقل} - \text{مقدار حداکثر}} \times 100 \quad (6)$$

- اما اگر کوچک‌ترین عدد بیانگر بهترین حالت باشد و با کاهش میزان شاخص پایداری زیست‌محیطی بهبود یابد، شاخص نرمال شده از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$\text{مقدار شاخص نرمال شده} = 1 - \frac{\text{مقدار حداقل} - \text{مقدار واقعی}}{\text{مقدار حداقل} - \text{مقدار حداکثر}} \times 100 \quad (7)$$

در نهایت میزان پایداری زیست‌محیطی هر استان از طریق فرمول (۸) محاسبه می‌گردد:

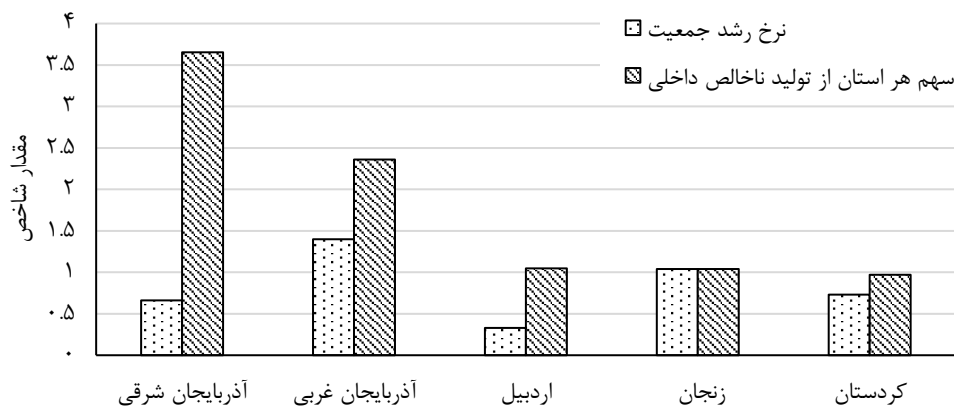
$$GES = \sum_{k=1}^{k=n} W_k \cdot I_k \quad (8)$$

که در آن CES بیانگر شاخص مرکب پایداری زیست‌محیطی، W_k بیانگر وزن اختصاص داده شده به شاخص k و I_k نیز نشان‌دهنده مقدار نرمال شده شاخص k است.

نتایج

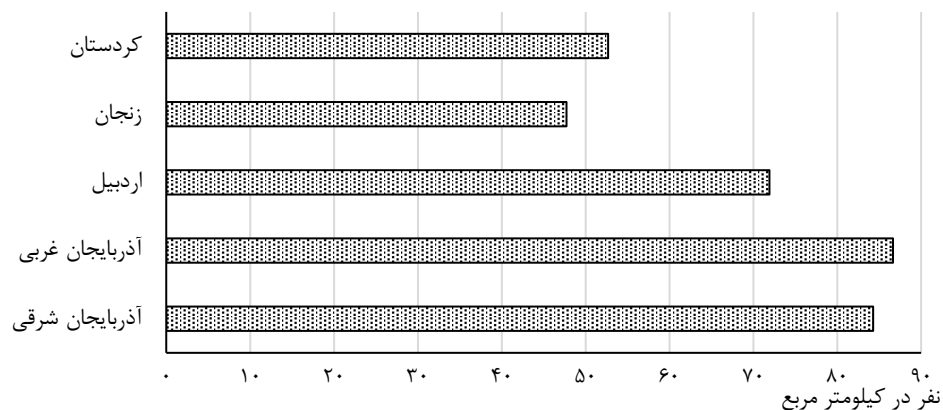
ابتدا وضعیت شاخص‌های منتخب زیست‌محیطی در استان‌های شمال غرب کشور بررسی گردید. نمودار ۱ نرخ رشد جمعیت و سهم هر استان از تولید ناخالص داخلی کل کشور را نشان می‌دهد. متوسط نرخ رشد جمعیت کشور بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵، ۱/۲۴ درصد می‌باشد، نرخ رشد جمعیت در تمامی استان‌های مورد بررسی به غیر از آذربایجان غربی کمتر از متوسط کشوری می‌باشد. در بین استان‌های مورد بررسی، استان آذربایجان شرقی بیشترین سهم را در تولید ناخالص داخلی کشور داشته است و پس از آن استان آذربایجان غربی قرار دارد. سه استان دیگر دارای سهم تقریباً مساوی در GDP هستند.

^۱ Freudenberg



نمودار ۱. نرخ رشد جمعیت و سهم هر استان از تولید ناخالص داخلی کل کشور

نمودار ۲ تراکم جمعیت در استان‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد. استان آذربایجان غربی دارای بیشترین تراکم جمعیت در محدوده مورد بررسی می‌باشد و بیش از ۸۵ نفر در هر کیلومتر مربع آن زندگی می‌کنند. با توجه به نرخ بالای رشد جمعیت در این استان انتظار می‌رود حتی این مقدار افزایش یابد که سبب افزایش فشار بر منابع طبیعی استان شده و کاهش کیفیت محیط‌زیست را به همراه دارد. اما کمترین تراکم جمعیت مربوط به استان زنجان می‌باشد که در هر کیلومتر مربع آن در حدود ۴۸ نفر زندگی می‌کنند.

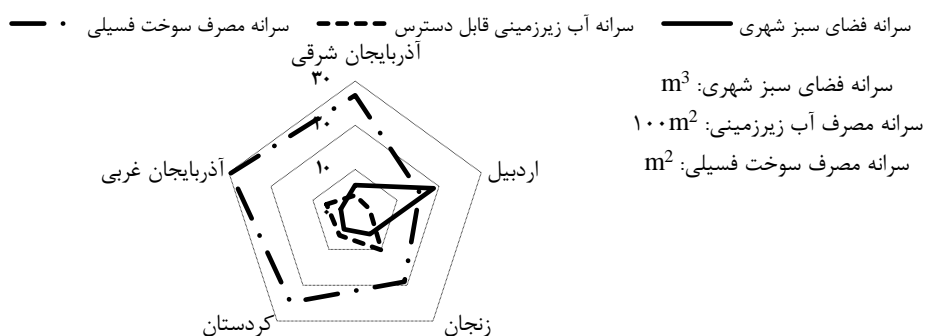


نمودار ۲. تراکم جمعیت در استان‌های مورد بررسی

مطابق نمودار ۳، بیشترین سرانه فضای سبز شهری متعلق به استان اردبیل است که در حدود ۱۸ متر مربع به ازای هر نفر می‌باشد اما در سایر استان‌ها سرانه فضای سبز شهری کمتر از هفت متر مربع برای هر نفر می‌باشد، این مقدار (هفت متر مربع) حداقل سرانه پیشنهادی وزارت مسکن و شهرسازی برای فضای سبز شهری است.

استان زنجان با ۱۰۱۷ و اردبیل با ۳۴۶ متر مکعب به ترتیب دارای بالاترین و کمترین سرانه آب زیرزمینی قابل دسترس به ازای هر نفر می‌باشند. مطابق گزارش سازمان محیط‌زیست (۱۳۹۴) مقدار سرانه آب تجدیدپذیر در کشور در حدود ۱۵۶۰ متر مکعب است که بر اساس شاخص فالکن در مرحله تنش آبی قرار دارد. مطابق گزارش این سازمان تراز آب سفره‌های زیرزمینی در کشور در طی ۴۰ سال گذشته همواره سیر نزولی داشته و ادامه‌ی این روند آسیب‌های جبران ناپذیری بر کمیت و کیفیت منابع آبی کشور خواهد زد.

گزارش سازمان محیط‌زیست (۱۳۹۴) نشان می‌دهد مصرف سوخت‌های فسیلی یکی از علل اصلی آلودگی هوا در کشور می‌باشد، به ویژه استفاده از نفت کوره و گازوئیل در نیروگاه‌های کشور و همچنین استفاده از خودروهای فرسوده کاربراتور که میزان مصرف سوخت بالاتری دارند از علل اصلی آلودگی‌ها و گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر می‌باشد. مطابق نمودار ۳ استان آذربایجان غربی دارای بیشترین میزان سرانه سوخت فسیلی در منطقه شمال غرب کشور است، در حالی که سرانه مصرف سوخت در استان اردبیل نصف این مقدار می‌باشد.

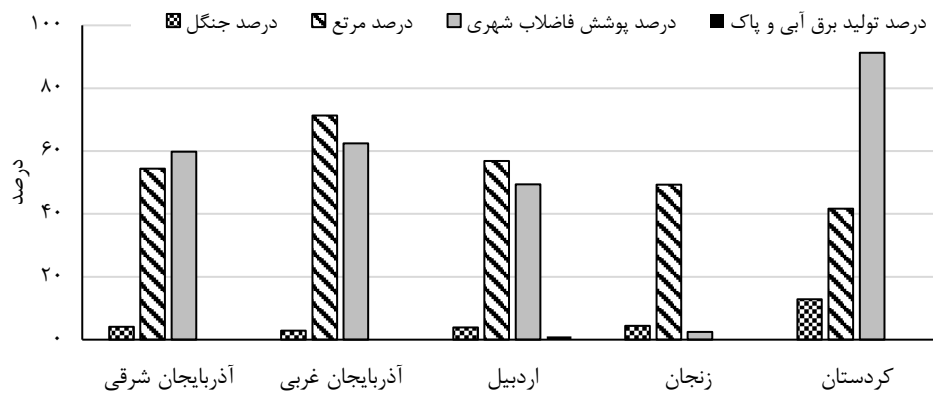


نمودار ۳. سرانه فضای سبز

شهری، آب زیرزمینی قابل دسترس و سوخت فسیلی

عمده برق تولیدی کشور از نیروگاه‌های حرارتی تأمین می‌شود که از سوخت‌های فسیلی استفاده می‌کنند. مطابق گزارش سازمان حفاظت محیط‌زیست کشور (۱۳۹۴) بخش نیروگاهی سهم قابل ملاحظه‌ای در انتشار اکسیدهای گوگرد و نیتروژن داشته است. جهت کاهش آلاینده‌های جوی استفاده از منابع تجدیدپذیر نظیر آب، باد و خورشید جهت تولید انرژی الکتریسیته توصیه شده است. همان‌طور که نمودار ۴ نشان می‌دهد، استان‌های آذربایجان غربی و کردستان هیچ گونه فعالیتی در این زمینه نداشته‌اند و میزان برق تولیدی از منابع تجدیدپذیر در استان‌های آذربایجان شرقی و زنجان نیز بسیار کم می‌باشد. تنها استان اردبیل در حدود یک درصد از برق تولیدی خود را از منابع پاک به دست می‌آورد. بیش از ۹۰ درصد جمعیت شهری استان کردستان به فاضلاب سالم دسترسی دارند، در حالی که تنها ۲/۵ درصد جمعیت شهری زنجان از فاضلاب بهداشتی برخوردارند. برخورداری از سیستم فاضلاب بهداشتی سبب کاهش آثار سوء آب‌های آلوده بر محیط‌زیست می‌گردد.

پوشش گیاهی سطح خاک به هر صورتی که باشد (علفی، درختی، درختچه‌ای و ...) سبب افزایش قدرت نفوذپذیری خاک و کاهش جریان رواناب سطحی می‌شود. در واقع پوشش گیاهی علاوه بر این که از برخورد مستقیم قطرات باران به سطح خاک و جدا شدن ذرات خاک سطحی کمک می‌کند، سبب کاهش سرعت جریان آب روی سطح خاک و در نتیجه افزایش زمان لازم برای نفوذ آب به درون خاک می‌شود. از مهمترین منابع پوشش گیاهی که نقش اصلی را در حفاظت خاک دارند، پوشش گیاهی جنگلی است. متأسفانه در منطقه شمال غرب کشور به جز استان کردستان، بقیه استان‌ها دارای پوشش جنگلی کمتر از پنج درصد می‌باشند. از دیگر منابع مهم پوشش گیاهی، مراتع هستند که به جز زنجان بقیه استان‌ها دارای پوشش نزدیک به ۵۰ درصد و بالاتر می‌باشند.



نمودار ۴. درصد تولید برق آبی و پاک، پوشش فاضلاب شهری، مرتع و جنگل در استان‌های شمال غرب کشور

نگاهی به آمار و اطلاعات جدول ۱ نشان می‌دهد که بیشترین میزان مصرف کود و سموم شیمیایی در استان آذربایجان غربی است. مطابق گزارش سازمان محیط‌زیست (۱۳۹۴) استفاده از کودهای شیمیایی طی سال‌های ۱۳۹۳ تا ۹۲ رشد فزاینده‌ای داشته است، به طوری که در سال ۱۳۹۲ میزان مصرف کودهای شیمیایی از ته، فسفات و پتاسه نسبت به سال ۱۳۸۳، به ترتیب ۲۷، ۹۲ و ۶۴ درصد افزایش داشته است. استفاده بی‌رویه از مواد شیمیایی اثر منفی بر سلامت خاک داشته و باعث آلودگی آب‌ها می‌شود.

جدول ۱. برخی از شاخص‌های پایداری زیست‌محیطی در استان‌های شمال غرب کشور

استان	مصرف سموم شیمیایی (Kg/ha)	مصرف کود شیمیایی (Kg/ha)	درصد اراضی حفاظت شده	تعداد گونه‌های در معرض خطر زیست‌محیطی	تعداد تشکلهای زیست‌محیطی
آذربایجان شرقی	۰/۷۲۰۳۸	۵۰/۱۷۰۷	۱۲/۵	۱۴	۳۰
آذربایجان غربی	۱/۲۴۱۲۸	۷۶/۱۵۵۳	۱۵/۳۶	۲۸	۳۴
اردبیل	۰/۶۹۰۸۶۳	۶۱/۵۵۸۰۷	۵/۹۲۲	۱۴	۶
زنجان	۰/۴۲۸۴۸	۵/۲۶۳۰	۹/۶۹۶	۸	۳۰
کردستان	۰/۱۱۳۴۱	۴۵/۱۲۵۸	۴/۸۴	۱۶	۱۲

منبع: جهاد کشاورزی و سازمان حفاظت محیط‌زیست استان‌ها

بیشترین درصد اراضی حفاظت شده مربوط به استان آذربایجان غربی و شرقی است. پارک ملی دریاچه ارومیه و جنگل‌های آرسباران مهم‌ترین مناطق حفاظت شده در شمال غرب کشور هستند. این مناطق از سوی سازمان یونسکو به عنوان مناطق حفاظت شده‌ی زیست‌کره معرفی شده و جزء نه ذخیره‌گاه بیوسفر کشور به شمار می‌روند. بیشترین گونه جانوری در معرض خطر انقراض نیز مربوط به استان آذربایجان غربی می‌باشد که محل زندگی عمده این جانوران جزایر و آب‌های دریاچه ارومیه است.

از جمله نهادهای مؤثر در ارتقای فرهنگ زیست‌محیطی در جامعه، سازمان‌های مردم‌نهاد (سمن) یا تشکلهای محیط‌زیستی‌اند. توسعه فرهنگ زیست‌محیطی با بهره‌گیری از ظرفیت تشکلهای زیست‌محیطی، رویکردی است کم‌هزینه، فراگیر و با مقبولیت اجتماعی بالا که می‌تواند بستری مناسب برای حفاظت از محیط‌زیست کشور به شمار آید. رشد و توسعه سمن‌های زیست‌محیطی، نشان‌دهنده افزایش پذیرش و اهمیت موضوعات زیست‌محیطی در بین آحاد مردم است. استان‌های آذربایجان غربی، شرقی و زنجان دارای بیشترین تعداد این تشکلهای منطقه می‌باشند.

نتایج استخراج وزن شاخص‌های پایداری در جدول ۲ ارائه شده است. مطابق محاسبات مهم‌ترین شاخص، درصد تولید برق آبی و پاک می‌باشد که نزدیک به نصف وزن نسبی شاخص‌ها را به خود اختصاص داده است. استفاده از انرژی در تمام مراحل تولید لازم و ضروری است و بدون مصرف انرژی امکان تولید در جامعه وجود ندارد. از طرف دیگر تمام فعالیت‌های اقتصادی و مصرف انرژی به طور مستقیم و غیرمستقیم بر محیط‌زیست اثر می‌گذارد، به طوری که تولید انرژی در مراحل مختلف استخراج، تولید و مصرف به محیط‌زیست آسیب می‌رساند، در حالی که استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی شامل انرژی بادی، زمین‌گرمایی، آبی، دریایی و زیست توده آلاینده‌گی کمتری برای محیط‌زیست به همراه دارد. همچنین تنوع استفاده از انرژی‌های مختلف، کشور را به لحاظ تأمین انرژی در وضعیت مطمئن‌تری قرار خواهد داد. متأسفانه در حال حاضر تنها استان اردبیل در زمینه تولید برق از منابع تجدیدپذیر در منطقه، فعال است و سایر استان‌ها دارای فعالیت بسیار کم یا بدون فعالیت هستند.

شاخص مهم بعدی سرانه فضای سبز شهری است. وجود فضای سبز شهری یکی از شاخص‌های توسعه‌یافتگی جوامع محسوب می‌گردد و باعث افزایش پایداری زیست‌محیطی اکوسیستم منطقه می‌شود. وجود فضای سبز شهری برای رسیدن به توسعه پایدار هم از نظر زیست‌محیطی و هم ارتقای کیفیت زندگی یک ضرورت محسوب می‌شود. در صد پوشش فاضلاب شهری با وزن نسبی ۷/۱۶ در جایگاه بعدی قرار دارد. وجود سیستم فاضلاب بهداشتی و تصفیه فاضلاب در مکان زندگی انسان‌ها اثرات حضور انسان بر محیط‌زیست را به حداقل می‌رساند و مانع از ورود آلودگی‌ها به منابع آب سطحی و زیرزمینی می‌شود. همچنین فاضلاب تصفیه شده منبع مناسبی برای آبیاری در اراضی کشاورزی محسوب می‌گردد. بقیه شاخص‌های زیست‌محیطی مورد استفاده دارای وزن نسبی کمتری هستند.

جدول ۲. وزن نسبی شاخص‌های پایداری زیست‌محیطی

رتبه	وزن نسبی	شاخص	رتبه	وزن نسبی	شاخص
۱۱	۲/۴۴	سرانه آب زیرزمینی قابل دسترس	۱۲	۰/۹۵	تراکم جمعیت
۳	۷/۱۶	درصد پوشش فاضلاب شهری	۹	۳/۳۵	نرخ رشد جمعیت
۱	۴۵/۹۰	درصد تولید برق آبی و پاک	۷	۵/۳۳	سهم در تولید ناخالص داخلی
۲	۷/۴۲	سرانه فضای سبز شهری	۱۳	۰/۸۹	سرانه مصرف سوخت فسیلی
۸	۴/۹۹	تعداد تشکلهای زیست‌محیطی	۵	۵/۹۵	درصد اراضی جنگلی
۱۰	۲/۷۳	تعداد گونه‌های جانوری در معرض خطر	۱۴	۰/۵۴	درصد اراضی مرتعی
۱۵	۰/۲۱	درصد اراضی حفاظت شده	۶	۵/۷۴	مصرف کود شیمیایی در هکتار
-	۱۰۰	مجموع وزن‌ها	۴	۶/۴۰	مصرف سموم شیمیایی در هکتار

منبع: یافته‌های تحقیق

نتیجه محاسبه شاخص مرکب پایداری برای استان‌های مورد بررسی در نمودار ۵ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود استان اردبیل با تفاوت زیادی جایگاه اول پایداری زیست‌محیطی را کسب کرده است، این امر به دلیل رتبه خوب این استان در تولید برق از منابع تجدیدپذیر و سرانه‌ی بالای فضای سبز شهری است. استان کردستان به واسطه بالا بودن درصد پوشش فاضلاب شهری، درصد اراضی جنگلی و مصرف کمتر سموم شیمیایی در کشاورزی جایگاه دوم را کسب کرده است. کمترین میزان پایداری مربوط به استان آذربایجان غربی است.



نمودار ۵. میزان پایداری زیست‌محیطی استان‌های شمال غرب کشور

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

محدودیت منابع از یکسو و رشد روزافزون جمعیت و تغییر الگوهای مصرف ماده و انرژی موجب شده است که فشار وارده به محیط‌زیست و منابع طبیعی هر روز افزایش یابد. رصد و پایش مستمر وضعیت محیط‌زیست می‌تواند ضمن آگاهی بخشی به سیاست‌گذاران و تصمیم‌سازان، آنان را در راستای اتخاذ تصمیمات صحیح‌تر یاری رساند و ارزیابی پایداری زیست‌محیطی می‌تواند منجر به اصلاح یا ارائه راهکارهای جدید برای کاهش مخاطرات زیست‌محیطی شود. سنجش میزان پایداری زیست‌محیطی در استان‌های شمال غرب کشور نشان داد که اردبیل پایدارترین و آذربایجان غربی ناپایدارترین استان منطقه است. درصد تولید برق آبی و پاک، سرانه فضای سبز شهری، درصد پوشش فاضلاب شهری، مصرف سموم شیمیایی و درصد آلودگی به ترتیب مهم‌ترین شاخص‌های پایداری در این مطالعه شناخته شدند.

از آنجا که انجام هر فعالیت اقتصادی مستلزم مصرف انرژی است، لذا از یک طرف انرژی به منزله محرک رشد اقتصادی و بهبود کیفیت زندگی انسان تلقی می‌شود و از سوی دیگر موجب تولید آلاینده‌های زیست‌محیطی می‌گردد. بنابراین با توجه به نتایج حاصله پیشنهاد می‌گردد استفاده از منابع تجدیدپذیر برای تولید انرژی در منطقه، به ویژه در استان‌های آذربایجان غربی و کردستان، افزایش یابد چرا که مصرف سوخت‌های فسیلی یک منبع تجدیدناپذیر بوده و دیر یا زود به اتمام خواهند رسید و همچنین مصرف آنان با آلودگی زیادی همراه بوده و تهدیدی جدی برای پایداری زیست‌محیطی منطقه محسوب می‌شود.

فضای سبز به عنوان ریه‌های تنفسی شهر به شمار رفته و فقدان آن به معنی نبود سلامت جسمی و روانی در شهرها محسوب می‌شود. بنابراین اهمیت فضای سبز شهری، در مزایایی چون کاهش آلودگی اعم از صوتی و هوا، ایجاد تنوع و زیبایی، ایجاد مکان تفریحی و حفظ آسایش بوده و در عین حال شاخصی برای ارتقای کیفیت فضای زندگی و توسعه پایداری زیست‌محیطی جامعه محسوب می‌شود. با توجه به اهمیت این شاخص پیشنهاد می‌گردد سرانه فضای سبز شهری به ویژه در استان‌های آذربایجان غربی و کردستان افزایش یابد.

در گذر زمان با افزایش جمعیت و میزان شهرنشینی و در نتیجه بالا رفتن مصرف آب، تولید آب‌های آلوده و رهاسازی آن در محیط‌زیست یا استفاده از فاضلاب‌های خام برای آبیاری، افزایش یافته است. تصفیه فاضلاب یکی از عوامل

مهم و کلیدی در کاهش آلودگی منابع آب و افزایش پایداری زیست‌محیطی است. با توجه به نتایج حاصل پیشنهاد می‌گردد سیستم فاضلاب شهری به ویژه در استان‌های زنجان و اردبیل گسترش یابد.

منابع

۱. استانداری آذربایجان شرقی، غربی، اردبیل، زنجان و کردستان. ۱۳۹۴. سالنامه آماری استان.
۲. اصغری‌زاده، م. ج. (۱۳۹۳) تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره. انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوازدهم، تهران.
۳. اصغری‌زاده، ع. و نصراله‌ی، م. (۱۳۸۵) مقایسه وزن‌دهی آن‌تروپی و فازی در بکارگیری روش پرومته برای تعیین قطعه‌سازان برتر سایپا. چهارمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت، گروه پژوهشی آریانا، تهران.
۴. امیرنژاد، ح. و سالاری بردسیری، م. (۱۳۹۳) اندازه‌گیری درجه تخریب محیط‌زیست در کلان‌شهرهای ایران با استفاده از تکنیک تحلیل مؤلفه‌های اصلی. اقتصاد کشاورزی، ویژه‌نامه: ۱۳۷-۱۵۵.
۵. بریمانی، ف. و اصغری لقمجانی، ص. (۱۳۸۹) تعیین شدت ناپایداری زیست‌محیطی سکونتگاه‌های روستایی سیستان با استفاده از مدل ارزیابی چندمعیاری. جغرافیا و توسعه، (۱۹): ۱۲۷-۱۴۴.
۶. سازمان حفاظت محیط‌زیست. (۱۳۹۴) خلاصه سومین گزارش وضعیت محیط‌زیست ایران ۹۲-۱۳۸۳. معاونت آموزش و پژوهش سازمان حفاظت محیط‌زیست. قابل دسترسی در www.doe.ir/download/gozashmohitzist.pdf
۷. سازمان حفاظت محیط‌زیست. (۱۳۹۶) گزارش توصیفی مناطق تحت حفاظت. قابل دسترسی در www.doe.ir.
۸. ستوده، الف، پوراصغر سنگاچین، ف. (۱۳۸۹) بررسی گزارش‌های شاخص‌های پایداری و عملکرد محیط‌زیست در سال‌های ۲۰۰۵، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۸ و جایگاه ایران. محیط‌زیست و توسعه، ۱ (۱): ۵۱-۷۲.
۹. سرایی، م. ح. و مؤیدفر، س. (۱۳۸۹) بررسی میزان پایداری توسعه در شهرهای مناطق خشک با تأکید بر مؤلفه‌های زیست-محیطی: شهر اردکان. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲۱ (۱): ۴۷-۷۶.
۱۰. شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور. (۱۳۹۶) قابل دسترسی در www.nww.co.ir.

۱۱. عنابستانی، ع.ا. و خسروبیگی، ر. (۱۳۹۱) سنجش و ارزیابی پایداری زیست‌محیطی در مناطق روستایی با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره پرومتهی (PROMETHEE) مطالعه موردی: روستاهای شهرستان کمیجان. *آمایش جغرافیایی فضا*، (۳): ۵۱-۷۲.

۱۲. فیروزی، م.ع.، محمدی ده‌چشمه، م. و سعیدی، ج. (۱۳۹۶) ارزیابی شاخص‌های پایداری زیست‌محیطی با تأکید بر آلودگی هوا و آلاینده‌های صنعتی، مطالعه موردی: کلانشهر اهواز. *پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری*، (۱۵): ۱۳-۲۸.

۱۳. مفیدی چلان، م.، بارانی، ح.، عابدی سروستانی، الف.، معتمدی، ج. و دربان آستانه، ع. (۱۳۹۶) تبیین شاخص‌های ارزیابی پایداری زیست‌محیطی-بوم‌شناختی سامان‌های عرفی مرتعی با تأکید بر مراتع بیلاقی سهند. *فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، ۲۴ (۲): ۳۰۸-۳۲۴.

۱۴. کلانتری، خ. (۱۳۸۷) برنامه‌ریزی و توسعه منطقه‌ای (تئوری‌ها و تکنیک‌ها). *انتشارات خوشبین*، چاپ دوم، تهران.

۱۵. مرکز آمار ایران. (۱۳۹۶) قابل دسترس در www.amar.org.ir.

۱۶. ملکی، س.، احدی، ر.، منفرد، س. و معتوگی، م. (۱۳۹۳) بررسی پایداری توسعه زیست‌محیطی با استفاده از آزمون‌های آماری در شهرستان‌های استان مرزی خوزستان. *پژوهش‌های اطلاعات جغرافیایی*، (۹۰): ۶۱-۷۲.

۱۷. ملکی، س. و سعیدی، ج. (۱۳۹۵) بررسی ابعاد زیست‌محیطی و جایگاه محیط‌زیست شهری در برنامه‌های توسعه ایران. *فصلنامه مطالعات مدیریت شهری*، ۸ (۲۷): ۶۹-۸۹.

۱۸. منافعی ملایوسفی، م. (۱۳۹۶) ارزیابی وضعیت پایداری منابع طبیعی و کشاورزی استان آذربایجان شرقی با استفاده از شاخص‌های مرکب. *پایان‌نامه دکتری تخصصی اقتصاد کشاورزی*. دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

19. Cook, D., Saviolidis, N. M., Daviasdottir, B., and Johannsdottir, L. (2017) Measuring countries' environmental sustainability performance-the development of a nation-specific indicator set. *Ecological Indicators*, 74: 463-478.
20. Freudenberg, M. (2003) Composite indicators of country performance: a critical assessment. OECD Science, *Technology and Industry Working Papers*, 2003/16. OECD, Paris.
21. Kara, Y., and Kone, A. C. (2012) The analytic hierarchy process (AHP) approach for assessment of regional environmental sustainability. *Proceedings of the Berlin Conference on the human Dimensions of Global Environmental Changes, Berlin*.



Measuring Environmental Sustainability of North-West Provinces of Country Using the Entropy Method

Abstract

Evaluation of environmental sustainability is inevitable because this is one of the most important tools in the planning process due to sustainable development policy making and planning. The aim of this study is to measure the environmental sustainability of northwest provinces of country (includes East Azerbaijan, West Azerbaijan, Ardebil, Zanjan and Kurdistan) by using the Shannon entropy. The used indicators include population density and population growth rate, the share of each province from GDP, per capita consumption of fossil fuels, percentage of forest and rangeland, consumption of fertilizer and chemical pesticides, per capita recoverable groundwater, percentage of urban sewage coverage, percentage of generated hydroelectric and clean energy, per capita urban green space, number of environmental organizations, number of endangered species and percentage of protected land. The data and information used in the study have been extracted from the statistical yearbooks of the reviewed provinces, department of environment, national water and wastewater engineering company of Iran and the statistics center of Iran in 2015. The findings of the research indicate that the Ardebil and Kurdistan provinces have the highest environmental sustainability in the northwest region of country. Also, percentage of generated hydroelectric and clean energy, per capita urban green space and percentage of urban sewage coverage, were considered as the most important indicators of sustainability in this study, respectively. According to the results, it is recommended to increase the use of renewable energy sources to increase the environmental sustainability of the region.

JEL Classification: C02, Q56.

Keywords: Environmental Sustainability, Northwest provinces of the country, Shannon Entropy.