

## ارزیابی وضعیت ایران و کشورهای همسایه از نظر شاخص‌های عملکرد محیط‌زیستی (EPI)

سعیده علوی<sup>۱</sup>، علی عشقی چهاربرج<sup>۲\*</sup>

۱ دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه محقق اردبیلی

۲ دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه محقق اردبیلی

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۱۱؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۰۳/۱۹)

### چکیده

ارزیابی تأثیرات محیط‌زیستی یکی از روش‌های قابل قبول برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار است. نتایج ارزیابی می‌تواند به تصمیم‌سازان و سیاست‌گذاران کمک کند تا تصمیم بگیرند که چه اقدام‌هایی را باید- یا نباید- در تلاش برای ساختن جامعه‌ای پایدارتر انجام دهند. در این راستا پژوهش حاضر با هدف ارزیابی وضعیت ایران و ۱۳ کشور همسایه از نظر شاخص‌های عملکرد محیط‌زیستی<sup>(۱)</sup> انجام شده است. روش پژوهش توصیفی- تحلیلی با هدف کاربردی است. در این پژوهش برای ارزیابی شاخص‌های عملکرد محیط‌زیستی از داده‌های سال ۲۰۱۶ که توسط دانشگاه‌های ییل و کلمبیا ارایه شده، استفاده شده است. در پژوهش حاضر برای وزن دهی به داده‌ها از مدل تحلیل شبکه (ANP) و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از مدل PROMETHEE V و GAIA بهره گرفته شده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که کشورهای کویت و امارات متحده عربی به ترتیب با Phi مثبت (۰/۲۷۰) و (۰/۲۱۰) بهترین عملکرد را به لحاظ شاخص‌های محیط‌زیستی در بین کشورهای مورد مطالعه دارند. در مقابل کشورهای عمان و افغانستان به ترتیب با Phi منفی (۰/۲۱۷-) و (۰/۵۳۵-) بدترین عملکرد محیط‌زیستی را داشته‌اند. Phi ایران برابر با (۰/۰۳۶) است و در میان ۱۴ کشور مورد مطالعه در رتبه هشتم قرار دارد. با توجه به نامناسب بودن جایگاه ایران در بین کشورهای همسایه، پیشنهاد می‌شود متولیان امر برای کاهش این اختلاف در شاخص‌های دارای کمترین رتبه همت بیشتری به خرج دهند.

کلیدواژه‌ها: ارزیابی، EPI، پرومته، گایا

## سرآغاز

محیط‌زیست یکی از اصلی‌ترین و مهم‌ترین نگرانی‌ها و دغدغه‌های جوامع بشری در چند دهه گذشته تاکنون بوده است (سلاطین و صومعه، ۱۳۹۵) که جوامع بشری اعم از توسعه یافته و یا در حال توسعه با آن‌ها مواجه‌اند (فطرس و همکاران، ۱۳۹۰). تمایل جوامع انسانی به بهره‌کشی از محیط‌زیست به نحوی که گویا محیط‌زیست یک منبع پایان‌ناپذیر است، بارها سبب بروز فاجعه شده و گاهی به نابودی برخی از منابع زیستی منجر شده است. از اواخر قرن بیستم به بعد فرایند تخریب محیط‌زیست و آثار ناشی از آن مقیاسی جهانی پیدا کرد. متعاقب این تغییر مقیاس، در سال‌های نخستین قرن بیست‌ویکم، مسایل و موضوعات محیط‌زیستی در دیدگاه بیشتر رهبران سیاسی، مقام‌های حکومتی، دانشمندان و صاحبان صنایع از جایگاه بسیار بالایی برخوردار شد و اهمیتی بین‌المللی یافت (احمدی و همکاران، ۱۳۹۰). سازمان‌ها، نهادهای بین‌المللی و مجامع مختلف تحقیقاتی و دانشگاهی به منظور ارزیابی‌های جامع، در رابطه با توسعه پایدار شاخص‌های گوناگونی مطرح و ارایه نمودند. یکی از مهم‌ترین این شاخص‌ها که در حال حاضر به صورت گسترده ملاک مقایسه کشورها بوده و در خصوص حفاظت از محیط‌زیست به صورت سالانه منتشر می‌شود، شاخص پایداری محیط‌زیست (ESI)<sup>(۲)</sup> و شاخص عملکرد محیط‌زیست (EPI) است (محمدی روزبهانی و همکاران، ۱۳۹۱). انتشار گزارش ۲۰۰۵ (ESI) و به دنبال آن نواقص و ایرادهایی که به این گزارش از سوی صاحب‌نظران سراسر دنیا به‌ویژه کشورهای در حال توسعه صورت گرفت، بار دیگر این شاخص مورد بازنگری قرار گرفت که در سال ۲۰۰۶ با عنوان شاخص عملکرد محیط‌زیست (EPI) براساس متغیرها و شاخص‌های جدید منتشر شد (ستوده و پوراصغر، ۱۳۸۹). در پایداری محیط‌زیستی، تحولی موردنظر است که ثبات و پایداری جامعه را برهم نزند؛ بلکه به رشد و اعتلای پایدار آن کمک کند (ملکی، ۱۳۹۰). به عبارتی، این معیارها در درجه نخست به تخریب محیط‌زیست طبیعی اشاره دارند و سپس تاثیرات بلندمدت بر منطقه، کشور و جهان را در بعد کلان آن نشان می‌دهند. در این زمینه، توجه به محدودیت‌هایی مانند زمین، آب، هوا، تنوع‌زیستی و عناصر دیگر محیط‌زیست طبیعی، یکی از اقدامات اساسی است که باید برای تحقق پایداری مدنظر قرار گیرد (عامری سیاهوئی و همکاران، ۱۳۹۰). بر اساس حقوق بین‌الملل هیچ دولتی حق ندارد از

سرزمین خود به طریقی استفاده کند یا اجازه استفاده از آن را بدهد به گونه‌ای که فضای سرزمین دیگری را آلوده کند (شهبازی و همکاران، ۱۳۹۴). بنابراین عملکرد محیط‌زیستی یک کشور می‌تواند در کشور دیگر تاثیر بگذارد. این مساله در کشورهای حوزه خلیج فارس به‌عنوان کشورهای صادرکننده نفت که دارای محیط‌زیستی شکننده می‌باشند نمود بیشتری پیدا می‌کند. این کشورها به دلایل مختلف از جمله قرار گرفتن در منطقه خشک و بیابانی، آلودگی‌های استخراج و صدور نفت، آلودگی آب‌های ساحلی و ... با مشکلات متعدد محیط‌زیستی مواجه هستند. در صورتی که روند آلودگی محیط‌زیستی در این کشورها تداوم یابد در آینده‌ای نه‌چندان دور کشورهای منطقه با بحران‌های محیط‌زیستی روبه‌رو خواهند شد. باران‌های اسید و ریزگردهایی که به‌صورت گردوغبار از جنوب وارد کشور می‌شوند نمود بارزی بر این ادعا هستند. این پژوهش با توجه به ضرورت فوق و اهمیت مسایل محیط‌زیستی در منطقه‌ای که ایران در آن قرار دارد صورت گرفته و در پی بررسی و واکاوی ابعاد آن می‌باشد، تا از این رهگذر، ضمن شناسایی موارد و عوامل زمینه‌ساز ناپایداری منطقه، مسیر حرکت به سمت پایداری منطقه را همواره نماید. از این‌رو پژوهش حاضر با هدف ارزیابی وضعیت ایران و کشورهای همسایه از نظر شاخص‌های عملکرد محیط‌زیستی (EPI) انجام شده است. برای دستیابی به این هدف، پژوهش حاضر در پی پاسخگویی به سؤالات زیر است:

- وضعیت کشورهای همسایه ایران از نظر شاخص‌های عملکرد محیط‌زیستی چگونه است؟
- وضعیت ایران از نظر شاخص‌های عملکرد محیط‌زیستی چگونه است؟

## پیشینه تحقیق

در این قسمت به برخی از تحقیقات انجام شده در زمینه ارزیابی عملکرد شاخص‌های محیط‌زیستی اشاره می‌شود: یزدی و همکاران (۱۳۸۹) پژوهشی با عنوان «تحلیل و بررسی شاخص‌های عملکرد محیط‌زیستی کشورها» انجام دادند. نگاهی به شاخص‌های عملکرد محیط‌زیستی کشورها نشان می‌دهد که کشورهای ابرقدرت مانند کشورهای در حال توسعه از نظر شاخص‌های عملکرد محیط‌زیستی جایگاه خوبی ندارند و در عوض کشورهای توسعه‌یافته و ثروتمند کوچک بهترین جایگاه را دارند. بهبودی و سجادی (۱۳۸۹) پژوهشی با عنوان «محیط‌زیست

فازی شهودی» انجام دادند. رتبه‌بندی جدید EPI در میان ۹ کشور مورد بررسی، تایلند بالاترین EPI را دارد و بعد از آن مالزی است. با مطالعه تحقیقات انجام شده پیشین مشخص شد که تاکنون برای ارزیابی عملکرد شاخص‌های محیط‌زیستی از مدل پرومته استفاده نشده است. از نوآوری‌های این پژوهش روش ارزیابی شاخص‌ها با مدل برنامه‌ریزی پرومته و همچنین مکان مورد مطالعه یعنی ایران و کشورهای همسایه است که تاکنون چنین تحقیقی برای منطقه صورت نگرفته است.

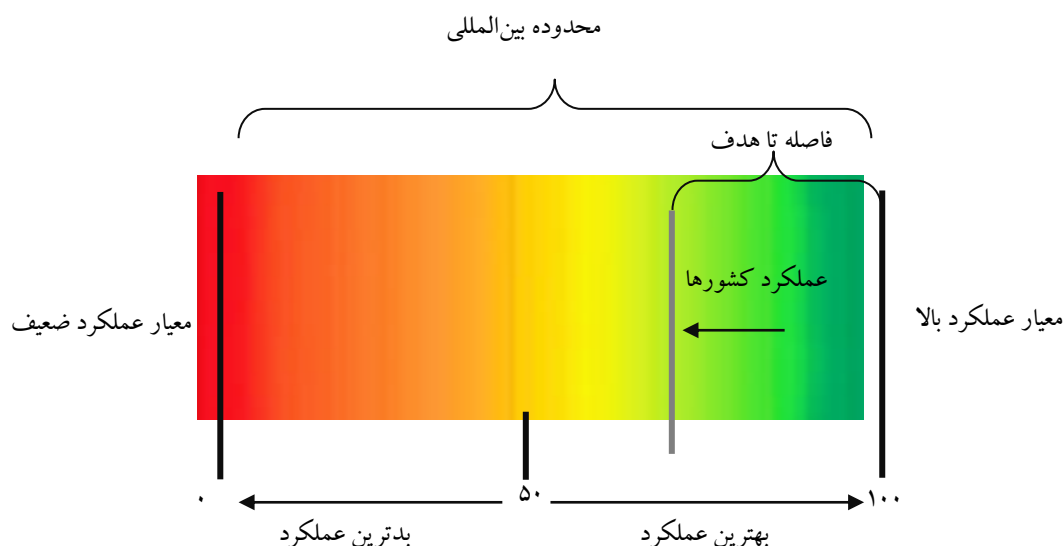
### مبانی نظری

در جهان امروز، توجه به محیط‌زیست یکی از مهم‌ترین عوامل توسعه هر کشوری و چالش برانگیزترین حوزه توسعه پایدار محسوب می‌شود و عدم توجه به محیط‌زیست و پس‌خوراند منفی آن می‌تواند آثار مخربی را در زندگی طبیعی و انسانی بشر داشته باشد (بابایی اقدم و همکاران، ۱۳۹۳ و McNally: 2003). از این‌رو ارزیابی تأثیرات محیط‌زیستی یکی از روش‌های قابل قبول برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار است و می‌تواند به‌عنوان یک ابزار برنامه‌ریزی در دسترس مدیران و تصمیم‌گیران قرار گیرد. آن‌ها با استفاده از این ابزار می‌توانند تأثیرات بالقوه‌ای را که در نتیجه اجرای پروژه عمرانی و توسعه پدیدار می‌شود، شناسایی کرده، سپس اقداماتی منطقی به‌منظور رفع یا کاهش آن‌ها ارائه کنند (اکبری‌نژاد پاقلعه و همکاران، ۱۳۹۲). مهم‌ترین هدف انجام ارزیابی آثار محیط‌زیستی، اطمینان یافتن از رعایت سیاست‌ها و اهداف تعیین شده در برنامه‌ها و فعالیت‌های یک پروژه در راستای ضوابط، معیارها، قوانین و مقررات محیط‌زیستی دولتی است. به‌طور کلی برخی از اهداف ارزیابی آثار محیط‌زیستی شامل موارد این می‌باشد: ۱. محو و ترمیم خسارت‌های وارده بر محیط‌زیست ۲. افزایش سطح آگاهی جامعه ۳. پیش‌بینی بروز آثار محیط‌زیستی مهم ۴. فراهم آوردن زندگی سالم و فعال برای جامعه ۵. شناساندن روش‌های درست استفاده از محیط‌زیست ۶. شناخت مسایل و مشکلات خسارت‌بار محیط‌زیستی که احتمال وقوع آن‌ها وجود دارد (منوری، ۱۳۹۳). رنه ماهو<sup>(۳)</sup> تعریف نسبتاً جامعی از محیط‌زیست ارائه کرده است: محیط‌زیست همه‌چیز یا تقریباً همه‌چیز را در بر می‌گیرد؛ هم انسان، هم طبیعت و هم روابط بین این دو را شامل می‌شود. در کلیه فعالیت‌های بشر تأثیر دارد و ضمناً از آن‌ها متأثر می‌شود (فرمانفرمائی‌ان، ۱۳۵۳). در برداشتی دیگر محیط‌زیست این‌گونه تعریف شده است: هر آن چه

و رشد اقتصادی پایدار، مطالعه موردی ایران» انجام دادند. نتایج تخمین تابع تولید و تابع آلودگی محیط‌زیستی (انتشار CO<sub>2</sub>) به‌صورت هم‌زمان و با استفاده از روش حداقل مربعات دو مرحله‌ای طی دوره ۱۳۵۰ تا ۱۳۸۶ نشان می‌دهد که با وجود تأثیر مثبت محیط‌زیست بر رشد تولید ناخالص داخلی، آلودگی محیط‌زیستی در فرایند رشد اقتصادی افزایش می‌یابد. همچنین نتایج نشان‌دهنده بی‌معنی بودن تأثیر اعتبارات صرف شده برای حفاظت محیط‌زیستی بر افزایش کیفی محیط‌زیست می‌باشد. جعفری صمیمی و احمدپور (۱۳۹۰) پژوهشی با عنوان «رابطه شاخص عملکرد محیط‌زیست و رشد اقتصادی در کشورهای توسعه یافته» انجام دادند. در پژوهش با استفاده از روش اقتصادسنجی داده‌های تابلویی، رابطه شاخص عملکرد محیط‌زیست و رشد اقتصادی در کشورهای منتخب توسعه یافته در سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۰۸ مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که در کشورهای توسعه یافته، رشد اقتصادی بر عملکرد محیط‌زیست تأثیر منفی دارد، به گونه‌ای که در بازه زمانی مورد بررسی، افزایش رشد اقتصادی در این کشورها، منجر به تخریب محیط‌زیست یا کاهش کیفیت محیط‌زیست می‌شود. جعفری و همکاران (۱۳۹۱) پژوهشی با عنوان «بررسی و ارزیابی شاخص عملکرد محیط‌زیست (EPI) در استان چهارمحال و بختیاری» انجام دادند. طبق نتایج شهرستان شهرکرد بیشترین و کوه‌رنگ پایین‌ترین عملکرد محیط‌زیستی را با استفاده از روش لگاریتمی به خود اختصاص داده است. برزگر و همکاران (۱۳۹۵) پژوهشی با عنوان «بررسی وضعیت محیط‌زیستی سکونتگاه‌های شهری استان مازندران با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره VIKOR» انجام دادند. نتایج حاکی از آن است که سکونتگاه‌های شهری نوشهر و آمل به ترتیب رتبه‌های اول و آخر را در سطح استان به خود اختصاص داده‌اند. رجبی و سبحانی (۱۳۹۵) پژوهشی با عنوان «تحلیل شاخص پایداری در بین کشورهای آسیایی» انجام دادند. در این پژوهش برای تحلیل داده‌ها از تکنیک تاپسیس بهره گرفته شده است نتایج پژوهش نشان می‌دهد که در بین سال‌های ۱۳۸۵، ۱۳۸۷، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۱ کشورهای نپال، کامبوج و بوتان در رتبه‌های نخست قرار دارند و در همین سال‌ها، کشورهایی مانند ترکمنستان، عراق، فلسطین اشغالی، اردن و سوریه، ناپایدار به‌شمار می‌روند. لازمی و همکاران (۲۰۱۳) پژوهشی با عنوان «رتبه‌بندی جدید از شاخص عملکرد محیط‌زیستی با استفاده ضریب همبستگی در مجموعه

تاکید بیشتر بر عملکرد در زمینه‌های محیط‌زیست است (ستوده و پوراصغر سنگاچین، ۱۳۸۹). EPI، مقایسه کشورها را آسان نموده است و روشی را با عنوان ارزیابی عملکرد جامعه جهانی به منظور دستیابی به اهداف سیاست‌های محیط‌زیست بنیان نهاده است. سیاست‌های محیط‌زیستی شامل: اثر محیط‌زیست بر بیماری، آب (تاثیر آن بر سلامت انسان)، آلودگی هوا (تاثیر آن بر سلامت انسان)، آلودگی هوا (اثر آن بر اکوسیستم)، منابع آب (اثر آن‌ها بر اکوسیستم)، تنوع‌زیستی، جنگل‌ها، شیلات و آبزیان، کشاورزی، تغییرات اقلیم (حسنی و کهنسال، ۱۳۹۳). شاخص عملکرد محیط‌زیستی (EPI) روی مسایل محیط‌زیستی در دو حوزه اولویت زیاد داده است: حفاظت از سلامت انسان و حفاظت از اکوسیستم. شاخص عملکرد محیط‌زیستی دامنه مقایسه بین صفر تا صد تعریف شده است. به طوری که هر چه شاخص عملکرد محیط‌زیست به صفر نزدیک‌تر باشد، بیانگر پایین‌تر بودن ارزش شاخص، و هر چه به صد نزدیک‌تر باشد، به منزله بالا بودن ارزش شاخص و نزدیکی به هدف سیاستی مدنظر است (Emerson et al., 2012).

ما را احاطه کرده، بر ما اثر گذارده و می‌تواند از ما تاثیر بپذیرد، تشکیل‌دهنده محیط‌زیست ما می‌باشد (Buchwald & Engelhardt, 1973). در همین راستا ارزیابی محیط‌زیستی به‌طور کلی به تلاش‌هایی اطلاق می‌شود که به توضیح مشخصات محیط و مؤلفه‌های تشکیل‌دهنده آن می‌پردازد (Craik & Feimer, 1987). یکی از مهم‌ترین این شاخص‌ها که در حال حاضر به‌صورت گسترده ملاک مقایسه کشورها بوده و در خصوص حفاظت از محیط‌زیست به‌صورت سالانه منتشر می‌شود، شاخص پایداری محیط‌زیست (ESI) و شاخص عملکرد محیط‌زیست (EPI) است که توسط دانشگاه ییل و دانشگاه کلمبیا و با همکاری مجمع جهانی اقتصاد منتشر می‌شود (محمدی روزبهانی و همکاران، ۱۳۹۱). انتشار گزارش ۲۰۰۵ (ESI) و به دنبال آن نواقص و ایرادهایی که به این گزارش از سوی صاحب‌نظران سراسر دنیا به‌ویژه کشورهای در حال توسعه صورت گرفت، بار دیگر این شاخص مورد بازنگری قرار گرفت که در سال ۲۰۰۶ با عنوان شاخص عملکرد محیط‌زیست (EPI) براساس متغیرها و شاخص‌های جدید منتشر شد. تفاوت این شاخص با شاخص پایداری توسعه در محدودتر بودن متغیرها و



شکل (۱): دامنه مقایسه در شاخص عملکرد محیط‌زیستی (منبع: Angel et al., 2013)

است، مسایل جهانی هستند. دوم این که بخشی از مسایل به بهره‌برداری از منابع مشترک جهانی مانند اقیانوس‌ها، بستر دریاها، فضای داخل و فضای خارج از جو مربوط می‌شوند. سوم این که بسیاری از مسایل محیط‌زیستی اساساً فراملیتی هستند.

**اهمیت توجه به مسایل محیط‌زیستی در سطح فرامنطقه‌ای**

اول این که پاره‌ای از مسایل محیط‌زیستی مانند گاز دی‌اکسید کربن که سبب ایجاد تغییرات آب‌وهوایی در جهان

### روش مدل‌سازی ویژه<sup>(۸)</sup>

برای افزایش کارایی روش‌های PROMETHEE به کارگیری GAIA (تحلیل هندسی برای کمک متقابل) با تکنیک مدل‌سازی ویژه توصیه شده است. در مسایل چندشاخصه بسیار مهم است که تصمیم‌گیرنده را در مورد مخالفت شاخص‌ها و برخورد وزن شاخص‌ها روی نتایج پایانی کمک کنیم. روش مدل‌سازی ویژه، این گونه تحلیل‌ها را ایجاد می‌کند. این تحلیل براساس پایه‌های PROMETHEE بنا شده است و به آن تحلیل‌های گرافیکی و تشریحی را می‌افزاید (Figueira et al., 2004; Brans & Mareschal, 1994; Brans, 1996).

### روش تحقیق

روش پژوهش حاضر توصیفی-تحلیلی با هدف کاربردی است. جامعه آماری پژوهش کشور ایران به همراه ۱۳ همسایه پیرامونی می‌باشد. به منظور ارزیابی وضعیت کشور ایران و همسایگان آن از نظر شاخص عملکرد محیط‌زیستی (EPI)، از ۳۰ شاخص استفاده شده است. اطلاعات مورد نیاز تحقیق از گزارش ارزیابی وضعیت عملکرد محیط‌زیستی در سال ۲۰۱۶ به دست آمده است. این گزارش توسط گروه محیط‌زیست داده محور<sup>(۹)</sup> دانشگاه بیل و مرکز شبکه بین‌المللی اطلاعات علوم زمین<sup>(۱۰)</sup> دانشگاه کلمبیا تهیه شده است. برای تعیین اهمیت هر یک از شاخص‌ها از مدل تحلیل شبکه (ANP) و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از مدل پرومته و گایا استفاده شده است. با توجه به هدف تحقیق، وضعیت محیط‌زیستی کشورهای مورد پژوهش در ۶ طبقه کاملاً مناسب، مناسب، متوسط، نامناسب، کاملاً نامناسب و بحرانی طبقه‌بندی شده است. برای گویاسازی نتایج پژوهش بر روی نقشه از نرم‌افزار ArcGIS بهره گرفته شده است. شاخص‌های مورد استفاده در پژوهش در جدول (۱) آورده شده است.

### محدوده مورد مطالعه

کشورهای مورد مطالعه آذربایجان، افغانستان، ارمنستان، امارات متحده عربی، ایران، بحرین، پاکستان، ترکمنستان، ترکیه، عربستان سعودی، عمان، عراق، قطر و کویت است. شکل (۲) نقشه محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

یعنی حتی اگر جهانی نباشند بنا بر طبیعت خود از مرزهای ملی عبور می‌کنند (مثلاً دی‌اکسید گوگرد که در یک کشور انتشار می‌یابد، به وسیله باد به کشورهای دیگر انتقال می‌یابد، یا به همراه باران‌های اسیدی بر آن کشورها می‌بارد). این نوع مسایل بین‌المللی یا منطقه‌ای در بسیاری از نواحی جهان وجود دارد و همان چالش‌های سیاسی که با مسایل جهانی همراه است، در این مورد نیز پیش می‌آید. چهارم این که بسیاری از فرآیندهای بهره‌برداری بیش از حد یا تخریب محیط‌زیست، تقریباً در مقیاس محلی یا ملی انجام می‌شود ولی به حدی در مناطق مختلف جهانی تکرار شده که آن‌ها را می‌توان مسایل جهانی دانست. روش‌های نادرست کشاورزی، فرسایش و تخریب خاک، جنگل‌زدایی، آلودگی رودخانه‌ها و بسیاری از مسایل محیط‌زیستی مرتبط با شهرنشینی و اقدام‌های صنعتی از جمله این فرآیندها هستند (کرین، ۱۳۸۳). با توجه با این که ایران و همسایگان آن از جمله کشورهای هستند که بیشترین نفت جهان صادر می‌کنند با مشکلات محیط‌زیستی زیادی مانند افزایش آلودگی هوا، آلودگی آب‌های ساحلی و ... مواجه هستند. حل این معضل منطقه‌ای، تنها از طریق ارزیابی عملکرد شاخص‌های محیط‌زیستی و اعمال سیاست‌های منطقی امکان‌پذیر است. از این رو پژوهش حاضر با مبنا قرار دادن شاخص‌های عملکرد محیط‌زیستی که توسط دانشگاه‌های بیل و کلمبیا منتشر شده، و با استفاده مدل پرومته اقدام به ارزیابی عملکرد شاخص‌های محیط‌زیستی ایران و همسایگان آن نموده است.

### پرومته<sup>(۴)</sup>

تاکنون روش‌ها و مدل‌های متفاوتی برای تصمیم‌گیری‌های جغرافیایی به کار گرفته شده است که یکی از روش‌های کاربردی آن، استفاده از مسایل مبتنی بر تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره است. این روش مبنای عملکرد را بر پایه مقایسه گزینه‌ها قرار می‌دهد و به دو طبقه کلی مدل‌های تصمیم‌گیری چند هدفه<sup>(۵)</sup> و چند شاخصه<sup>(۶)</sup> تقسیم می‌شود (Arisoy, 2007). پرومته یکی از جدیدترین این روش‌ها است که روش ساختار یافته رتبه‌بندی ترجیحی برای غنی‌سازی ارزیابی‌هاست (مؤمنی و شریفی سلیم، ۱۳۹۱). این روش در دهه ۱۹۸۵ میلادی به وسیله برانس و وینک<sup>(۷)</sup> برای انجام رتبه‌بندی ارائه شد. در نهایت رتبه‌بندی از بزرگ‌ترین تا کوچک‌ترین عدد صورت می‌گیرد (Caterino et al., 2008).

## جدول (۱): شاخص‌های مورد استفاده در پژوهش

شاخص‌ها	زمینه‌ها	محور	شاخص عملکرد محیط‌زیستی (EPI)
قرار گرفتن در معرض ریسک محیط‌زیستی (A1.1)	اثرات سلامت (A1)	بهداشت محیط (A)	
کیفیت هوا خانگی (A2.1) کیفیت هوا خانگی همراه با قرار گرفتن در معرض خطر (A2.2) آلودگی هوا همراه با میانگین قرار گرفتن در معرض PM2.5 (A2.3) آلودگی هوا همراه با میانگین قرار گرفتن در معرض PM2.5 و قرار گرفتن در معرض خطر (A2.4) آلودگی هوا همراه با میانگین فراتر از PM2.5 (A2.5) آلودگی هوا - میانگین قرار گرفتن در معرض NO2 (A2.6)	کیفیت هوا (A2)		
دسترسی به سیستم تخلیه فاضلاب (A3.1) سیستم تخلیه فاضلاب فاقد ایمنی همراه با قرار گرفتن در معرض خطر (A3.2) دسترسی به آب آشامیدنی (A3.3) کیفیت آب آشامیدنی (A3.4)	آب و سیستم تصفیه فاضلاب (A3)		
تصفیه فاضلاب (B4.1)	کیفیت منابع آب (B4)	توان‌زیستی اکوسیستم (B)	
بازده مصرف ازت (B5.1) تبادل ازت (B5.2)	کشاورزی (B5)		
قطع درخت (B6.1)	جنگل (B6)		
مناطق حفاظت‌شده زمینی (ملی) (B7.1) مناطق حفاظت‌شده زمینی (جهانی) (B7.2) مناطق حفاظت‌شده دریایی (B7.3) گونه حفاظتی (ملی) (B7.4) گونه حفاظتی (جهانی) (B7.5)	تنوع‌زیستی و زیستگاه (B7)		
روند استفاده کربن (B8.1) روند انتشار CO2 در هر کیلووات ساعت (B8.2) دسترسی به برق (B8.3)	آب‌وهوا و انرژی (B8)		

(منبع: Yale Center for Environmental Law and Policy, 2016)



شکل (۲): نقشه محدوده مورد مطالعه (ماخذ: نگارندگان)

### بحث و یافته‌های

در پژوهش حاضر از روش پرومته، که با نرم‌افزار ویژال پرومته<sup>(۱۱)</sup> (ورژن V) قابل انجام است، برای ارزیابی وضعیت ایران و کشورهای همسایه از نظر شاخص‌های محیط‌زیستی (EPI) استفاده شده است. روش پرومته از خانواده روش‌های رتبه‌بندی برتری بوده که شامل پرومته یک برای رتبه‌بندی قسمتی از

گزینه‌ها و پرومته دو برای رتبه‌بندی کامل گزینه‌ها است. مراحل اجرای این روش به صورت خلاصه در زیر بیان شده است: اولین مرحله در روش پرومته تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری است (جدول ۲) در این مرحله هر کدام از شاخص‌ها براساس کدهایی که در جدول (۱) آورده شد در این ماتریس وارد شده و ماتریس تصمیم‌گیری را شکل می‌دهد.

جدول (۲): داده‌های مورد استفاده در پژوهش

کشور	A1	A2	A3	B4	B5	B7	B8	A1.1	A2.1	A2.2	A2.3	A2.4	A2.5	A2.6	A3.1
آذربایجان	۸۹/۸	۸۱	۷۸/۱	۶۹/۲	۹۸/۲	۷۵/۸	۹۷/۹	۸۹/۸	۹۴/۴	۸۴/۲	۹۲/۱	۵۳/۴	۸۲/۵	۷۶/۶	۸۲/۴
افغانستان	۴۸/۸	۷۰/۷	۳۹/۲	۰	۷۵/۹	۲۱/۳	-	۴۸/۸	۴۷/۴	۵۶/۷	۱۰۰	۵۱/۹	۷۶/۹	۹۲/۹	۵۱/۳
ارمنستان	۸۸/۶	۷۳/۸	۸۲/۹	۷۰/۸	۹۸/۲	۸۷/۴	۷۲/۸	۸۸/۶	۹۵	۸۵/۸	۷۸/۴	۵۸/۶	۶۰/۸	۷۹	۸۲/۷
امارات	۵۴/۵	۶۹/۵	۹۰/۳	۹۴/۶	۳۷/۲	۴/۸۹	۳۸/۵	۵۴/۵	۹۵	۹۹/۶	۸۶/۳	۲۵/۱	۵۹/۷	۵۶/۴	۹۴/۳
ایران	۶۳/۲	۷۶/۷	۷۶/۹	۵۵/۹	۹۲/۴	۶۴/۲	۵۳/۹	۶۳/۲	۹۵	۹۰/۱	۹۸/۷	۳۳/۷	۷۷/۷	۵۷/۳	۸۳/۳
بحرین	۵۹/۱	۷۱/۱	۹۱/۹	۹۱/۷	۳۱/۹	۵۶/۵	۶۷/۷	۵۹/۱	۹۵	۹۲/۷	۱۰۰	۱۹/۲	۶۸	۴۶/۷	۹۸
پاکستان	۵۷/۳	۳۴/۶	۶۶/۳	۱۶/۶	۴۱/۲	۷۰	۷۰/۴	۵۷/۳	۶۴/۸	۶۵/۱	۱۴/۲	۱۳/۳	۱۰/۲	۷۹	۶۷/۸
ترکمنستان	۶۰/۸	۸۴/۳	۶۶/۳	۶۹/۷	۷۵/۸	۴۹/۹	۹۳/۳	۶۰/۸	۹۵	۹۷/۱	۱۰۰	۲۳/۸	۹۳/۷	۸۷/۸	۶۶/۹
ترکیه	۷۴/۴	۷۹/۳	۸۵/۱	۷۹	۸۷	۲۲/۵	۴۷/۸	۷۴/۴	۹۵	۸۸/۵	۹۴/۸	۶۲/۴	۷۶/۱	۵۳/۷	۹۰
عربستان	۵۵/۵	۷۳/۶	۸۷	۸۵/۸	۳۸/۲	۸۱/۷	۴۸/۳	۵۵/۵	۹۵	۹۱/۶	۹۷/۵	۰	۷۴/۴	۸۷/۳	۱۰۰
عمان	۶۴	۸۴/۳	۶۱/۵	۷۸/۱	-	۴۸/۷	۲۳/۸	۶۴	۹۵	۹۲	۱۰۰	۳۴/۶	۹۲/۴	۸۳	۹۲/۹
عراق	۶۳	۵۶/۷	۷۳/۹	۶۸/۶	۸۷/۴	۳۴/۶	۸۱/۹	۶۲	۹۵	۹۴/۹	۴۹	۳۲/۸	۲۸/۷	۷۳/۵	۸۰/۱
قطر	۵۴	۵۶/۵	۸۹/۸	۹۰/۱	-	۵۸/۴	۸۹/۴	۵۴	۹۵	۹۸/۹	۶۳/۴	۲۶/۴	۴۰/۶	۱۸	۹۵/۲
کویت	۵۶/۴	۴۸/۹	۸۹/۹	۸۱/۶	-	۸۷/۱	۳۳/۶	۵۶/۴	۹۵	۹۲/۳	۴۳/۱	۸	۳۱	۳۸/۱	۱۰۰

ادامه جدول (۲)

کشور	A3.2	A3.3	A3.4	B4.1	B5.1	B5.2	B6.1	B7.1	B7.2	B7.3	B7.4	B7.5	B8.1	B8.2	B8.3
آذربایجان	۷۵/۵	۶۶/۷	۸۷/۹	۶۹/۲	۹۷/۶	۱۰۰	۹۶/۷	۷۰/۶	۷۴/۶	-	۷۶/۳	۸۱/۹	۱۰۰	۹۱/۸	۱۰۰
افغانستان	۴۹/۷	۱۹/۱	۳۶/۷	۰	۱۰۰	۳/۷	-	۲۳/۷	۳۱/۳	-	۱۹	۱۱	-	۱۰۰	۷۰
ارمنستان	۷۹/۳	۱۰۰	۶۹/۷	۷۰/۸	۹۷/۶	۱۰۰	۹۶/۳	۹۹/۷	۹۹/۷	-	۸۳/۹	۶۶/۴	۶۶/۶	۱۰۰	۱۰۰
امارات	۹۸	۹۸/۴	۷۰/۵	۹۴/۶	۳۶/۲	۰	-	۶۴/۴	۹۶/۴	۱۰۰	۷۳/۶	۸۰/۶	۲۸/۲	۹۵/۶	۹۶
ایران	۷۰/۱	۸۷/۱	۶۷	۵۵/۹	۸۹/۹	۱۰۰	-	۶۴/۵	۶۲/۷	۷۵	۵۸/۳	۶۰/۳	۶۰/۲	۶۳/۱	۱۰۰
بحرین	۹۷	۱۰۰	۷۲/۶	۹۱/۷	۴۲/۵	۰	-	۴۹/۵	۴۸/۸	۹۴/۹	۵۰/۱	۳۹/۴	۶۰/۸	۹۰/۶	۹۶
پاکستان	۷۰/۵	۷۴/۲	۵۲/۹	۱۶/۶	۵۴/۹	۰	-	۷۶/۴	۷۰/۲	۷۸/۵	۶۲/۲	۶۳	۶۱/۴	۵۴	۹۲
ترکمنستان	۸۲/۳	۳۵/۵	۸۰/۴	۶۹/۷	۱۰۰	۳/۳	-	۵۲/۶	۵۳/۱	-	۴۸/۳	۴۵/۷	۹۷/۳	۸۳/۳	۱۰۰
ترکیه	۸۳/۷	۱۰۰	۶۶/۶	۷۹	۸۲/۷	۱۰۰	۶۸/۵	۱۷/۳	۱۷/۳	۵۷/۵	۱۴	۶/۶	۵۴/۹	۵۴/۷	۱۰۰
عربستان	۹۶/۴	۸۹/۳	۶۲/۳	۸۵/۸	۵۰/۹	۰	-	۴۸/۸	۱۰۰	۸۴/۱	۶۰/۵	۶۳/۹	۴۵/۱	۶۹/۳	۹۶
عمان	۹۳	۷۸/۹	۴۷/۶	۶۱/۵	-	-	-	۴۸/۸	۴۵/۴	۶۱/۲	۴۱/۶	۴۶/۴	۰	۹۴/۸	۹۶
عراق	۸۷/۲	۶۴/۸	۶۳/۳	۶۸/۶	۸۳/۲	۱۰۰	-	۳۴/۸	۶۱/۴	-	۲۲/۹	۱۹/۵	۹۷	۳۸/۸	۱۰۰
قطر	۹۹/۳	۱۰۰	۶۴/۷	۹۰/۱	-	-	-	۵۶/۴	۵۴/۸	۵۵/۵	۵۶/۴	۶۸/۸	۹۶/۳	۷۲/۸	۹۶
کویت	۹۸/۷	۹۵/۸	۶۵/۲	۸۱/۶	-	-	-	۱۰۰	۱۰۰	۵۹/۴	۸۴/۲	۹۲	۳۱/۷	۶۰/۷	۹۶

(منبع: Yale Center for Environmental Law and Policy, 2016)

پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری در گام نخست باید بر پایه رابطه  $d_j = (a, b) = f_j(a) - f_j(b)$  تفاوت هر یک از گزینه‌ها در هر یک از شاخص‌ها نسبت به یکدیگر به دست آورد. این تفاوت برای شاخص Max زمانی معنادار خواهد بود که  $f_j(a) > f_j(b)$  باشد. برای شاخص‌های Min این رابطه برعکس است. پس از محاسبه میزان تفاوت گزینه‌ها با یکدیگر، مقدار  $p_j = (a, b)$  به دست آورده می‌شود این مقدار از قرار دادن  $d_j$  در تابع برتری مربوط به هر شاخص به دست می‌آید. با

پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری در گام نخست باید بر پایه رابطه  $d_j = (a, b) = f_j(a) - f_j(b)$  تفاوت هر یک از گزینه‌ها در هر یک از شاخص‌ها نسبت به یکدیگر به دست آورد. این تفاوت برای شاخص Max زمانی معنادار خواهد بود که

توجه به گسسته بودن داده‌ها در پژوهش حاضر از تابع عادی استفاده شده است (جدول ۳).

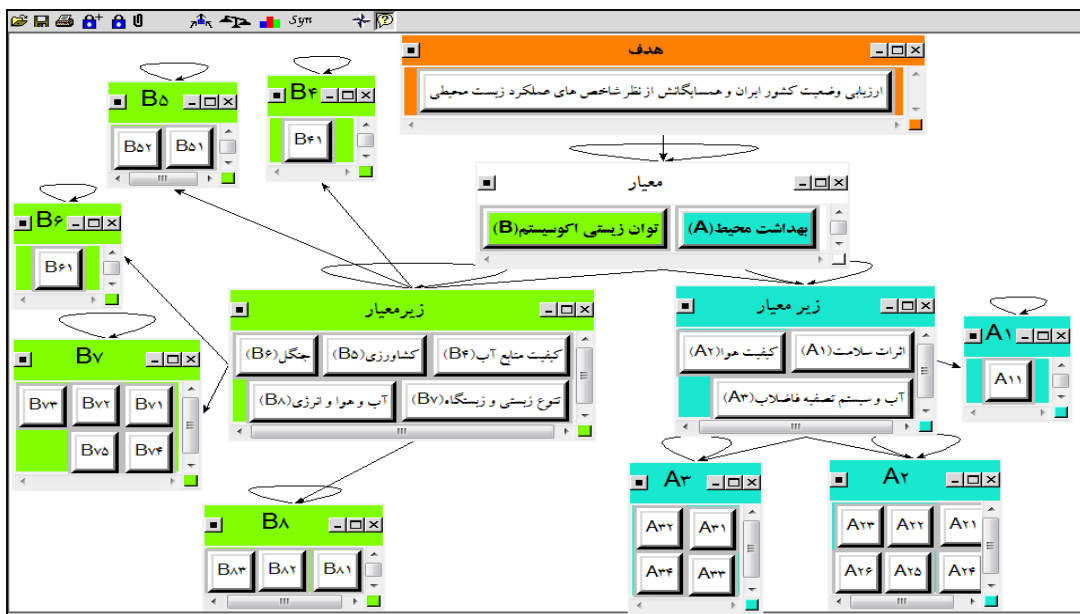
جدول (۳): انواع توابع برتر

نام	رابطه	شکل	نام	رابطه	شکل
عادی	$P(d)=\begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ 1 & d > 0 \end{cases}$		هم سطح	$P(d)=\begin{cases} 0 & d \leq q \\ \frac{d-q}{p-q} & q < d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$	
بخشی	$P(d)=\begin{cases} 0 & d \leq q \\ \frac{d-q}{p-q} & q < d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$		تفاوتی ۷ شکل با ناحیه بی	$P(d)=\begin{cases} \frac{d}{p} & d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$	
خطی	$P(d)=\begin{cases} \frac{d}{p} & d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$		گوسی		

(Chou et al., 2004 , Brans& Mareschal, 2005 , Kalogeras et al., 2004, Bogdanovic et al., 2012)

شده در پژوهش حاضر برای محاسبه اهمیت نسبی مؤلفه‌ها، مدل تحلیل شبکه است. در این پژوهش برای محاسبه دقیق‌تر وزن شاخص‌ها از نرم‌افزار Super Decisions استفاده شده است (شکل ۳ و جدول ۴).

گام دوم (تعیین وزن شاخص‌ها): تعیین وزن شاخص‌های مختلف، کاری لازم در همه مسایل تصمیم‌گیری چند شاخصه است. در روش پرومته، وزن شاخص‌ها اعداد حقیقی هستند که به واحد اندازه‌گیری شاخص بستگی ندارند. روش به کار گرفته



شکل (۳): تعیین اهمیت نسبی معیارها و زیر معیارها در نرم‌افزار Super Decisions (مأخذ: نگارندگان)

گام سوم: رتبه‌بندی پایانی یا اولویت‌گزین با جمع کردن اولویت همه شاخص‌ها به دست می‌آید که به آن مقدار کلی گفته می‌شود و با رابطه زیر به دست می‌آید:

در اینجا:  $w_j$  وزن شاخص  $j$  ام است،  $j$  - بعد محاسبه تمام  $w_j p_j(a, b)$  باید آن‌ها را در  $w_j$  ضرب کرد. مجموعه تمام  $w_j p_j(a, b)$  برابر است با برتری  $a$  نسبت به  $b$  که با  $\pi(a, b)$  نشان داده می‌شود. در این مرحله وزن‌ها توسط

نتایج حاصل از جدول (۴) تعیین وزن نسبی هر یک از معیارها در مدل ANP با استفاده از نرم‌افزار Super Decisions حاکی از آن است که شاخص B8.1 یعنی (روند استفاده از کربن) که یک شاخص منفی است با کسب امتیاز (۰/۰۴۹) بالاترین وزن و شاخص A1.1 یعنی (قرار گرفتن در معرض ریسک محیط‌زیستی) با کسب امتیاز (۰/۰۲۱) پایین‌ترین وزن را کسب کرده‌اند.



تصمیم‌گیرنده تعیین و سپس نرمال  $\sum w_j = 1$  می‌شوند.

$$\pi(a, b) = \sum_{j=i}^k w_j p_j(a, b), \sum_{j=i}^k w_j = 1 \quad (\text{Leeneer and Pastijn, 2002}) \quad \text{رابطه (۱)}$$

جدول (۴): شاخص‌های مورد استفاده در پژوهش

شاخص	وزن	نوع شاخص	شاخص	وزن	نوع شاخص	شاخص	وزن
A1	۰/۰۳۷	مثبت	A2.3	۰/۰۲۲	منفی	B5.2	۰/۰۲۸
A2	۰/۰۴۶	مثبت	A2.4	۰/۰۲۳	منفی	B6.1	۰/۰۳۹
A3	۰/۰۴۵	مثبت	A2.5	۰/۰۲۷	مثبت	B7.1	۰/۰۳۰
B4	۰/۰۴۱	مثبت	A2.6	۰/۰۲۹	مثبت	B7.2	۰/۰۳۱
B5	۰/۰۳۳	مثبت	A3.1	۰/۰۳۳	مثبت	B7.3	۰/۰۲۸
B7	۰/۰۳۲	مثبت	A3.2	۰/۰۳۴	مثبت	B7.4	۰/۰۳۵
B8	۰/۰۴۳	مثبت	A3.3	۰/۰۴۲	مثبت	B7.5	۰/۰۳۲
A1.1	۰/۰۲۱	مثبت	A3.4	۰/۰۴۳	مثبت	B8.1	۰/۰۴۹
A2.1	۰/۰۲۳	مثبت	B4.1	۰/۰۳۷	مثبت	B8.2	۰/۰۴۴
A2.2	۰/۰۲۴	مثبت	B5.1	۰/۰۲۵	مثبت	B8.3	۰/۰۲۴

(منبع: محاسبات نگارندگان، ۱۳۹۵)

این جریان نشان می‌دهد که گزینه‌های دیگر تا چه میزان بر گزینه  $a$  اولویت دارند. کوچک‌ترین  $\emptyset^-(a)$  نشان‌دهنده بهترین گزینه است.

گام پنجم (محاسبه جریان خالص رتبه‌بندی): رتبه‌بندی گزینه‌ها را می‌توان با جریان مثبت یا جریان منفی رتبه‌بندی کرد. این جریان حاصل توازن میان جریان رتبه‌بندی مثبت و منفی است. جریان خالص بالاتر، نشان‌دهنده گزینه برتر است. برای محاسبه جریان خالص رتبه‌بندی از رابطه (۴) استفاده می‌شود (جدول ۵):

$$\emptyset(a) = \emptyset^+(a) - \emptyset^-(a) \quad (\text{Brans \& Mareschal, 1994; Babic \& Plazibat, 1998}) \quad \text{رابطه (۴)}$$

کسب phi خالص ۰/۰۲۸، ۰/۱۰۴، ۰/۱۲۴، ۰/۱۴۶ و ۰/۲۱۷ از وضعیت نامناسب، کشور عمان با کسب phi خالص ۰/۵۳۵ از وضعیت بحرانی برخوردار می‌باشند. شکل (۴) نمودار phi، +phi، - phi و phi خالص ایران و کشورهای همسایه را به لحاظ عملکرد شاخص‌های محیط‌زیستی نشان می‌دهد. همچنین شکل (۵) نقشه میزان مطلوبیت ایران و کشورهای همسایه را به لحاظ عملکرد شاخص‌های محیط‌زیستی با استفاده از نتایج حاصل از مدل پرومته نشان می‌دهد.

گام چهارم (جریان رتبه‌بندی مثبت و منفی): در این مرحله برای هر گزینه  $a \in A$  و با در نظر گرفتن گزینه‌های دیگر  $x \in A$  می‌توان جریان رتبه‌بندی زیر را به دست آورد:

$$\emptyset^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x, a) \quad \text{جریان} \quad \text{رابطه (۲)}$$

رتبه‌بندی مثبت یا جریان ورودی

این جریان نشان می‌دهد که گزینه  $a$  چقدر بر گزینه‌های دیگر اولویت دارد. بزرگ‌ترین  $\emptyset^+(a)$  به معنای بهترین گزینه است.

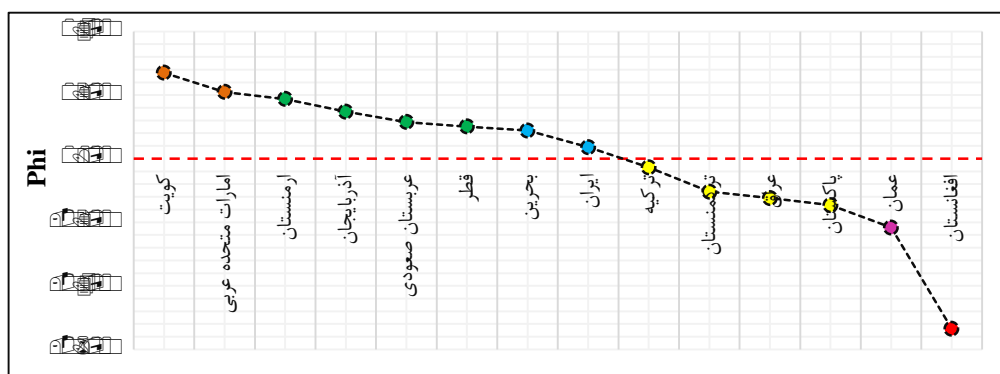
$$\emptyset^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x, a) \quad \text{جریان} \quad \text{رابطه (۳)}$$

رتبه‌بندی منفی یا جریان خروجی

نتایج جدول (۵) رتبه ایران و کشورهای همسایه از نظر عملکرد شاخص‌های محیط‌زیستی بر اساس مدل پرومته حاکی از آن دارد که کشورهای کویت و امارات متحده عربی به ترتیب با کسب phi خالص ۰/۲۷۰ و ۰/۲۱۰ رتبه اول و دوم را کسب کردند و از نظر برخورداری از شاخص‌های عملکرد محیط‌زیستی از وضعیت بسیار مطلوبی برخوردار می‌باشند. در رتبه بعدی کشورهای ارمنستان، آذربایجان، عربستان سعودی و قطر به ترتیب با کسب phi خالص ۰/۱۸۷، ۰/۱۴۸، ۰/۱۱۵ و ۰/۱۰۱ از وضعیت نسبتاً مطلوب، کشورهای بحرین و ایران به ترتیب با کسب phi خالص ۰/۰۸۸ و ۰/۰۳۶ از وضعیت متوسط، کشورهای ترکیه، ترکمنستان، عراق و پاکستان به ترتیب با

جدول (۵): جریان رتبه‌بندی مثبت، منفی و خالص

کشور	Phi+	Phi-	Phi	رتبه‌بندی نهایی	سطح
آذربایجان	۰/۵۱۸	۰/۳۷۰	۰/۱۴۸	۱	کویت
افغانستان	۰/۱۳۷	۰/۶۷۲	-۰/۵۳۵	۲	امارات متحده عربی
ارمنستان	۰/۵۲۱	۰/۳۳۴	۰/۱۸۷	۳	ارمنستان
امارات متحده عربی	۰/۵۵۱	۰/۳۴۱	۰/۲۱۰	۴	آذربایجان
ایران	۰/۴۶۲	۰/۴۲۶	۰/۰۳۶	۵	عربستان سعودی
بحرین	۰/۴۸۳	۰/۳۹۵	۰/۰۸۸	۶	قطر
پاکستان	۰/۳۸۵	۰/۵۳۱	-۰/۱۴۶	۷	بحرین
ترکمنستان	۰/۳۸۳	۰/۴۸۷	-۰/۱۰۴	۸	ایران
ترکیه	۰/۴۲۸	۰/۴۵۶	-۰/۰۲۸	۹	ترکیه
عربستان سعودی	۰/۵۰۰	۰/۳۸۵	۰/۱۱۵	۱۰	ترکمنستان
عمان	۰/۳۰۵	۰/۵۲۲	-۰/۲۱۷	۱۱	عراق
عراق	۰/۳۸۱	۰/۵۰۵	۰/۱۲۴	۱۲	پاکستان
قطر	۰/۴۶۱	۰/۳۶۰	۰/۱۰۱	۱۳	عمان
کویت	۰/۵۴۰	۰/۲۷۰	۰/۲۷۰	۱۴	افغانستان

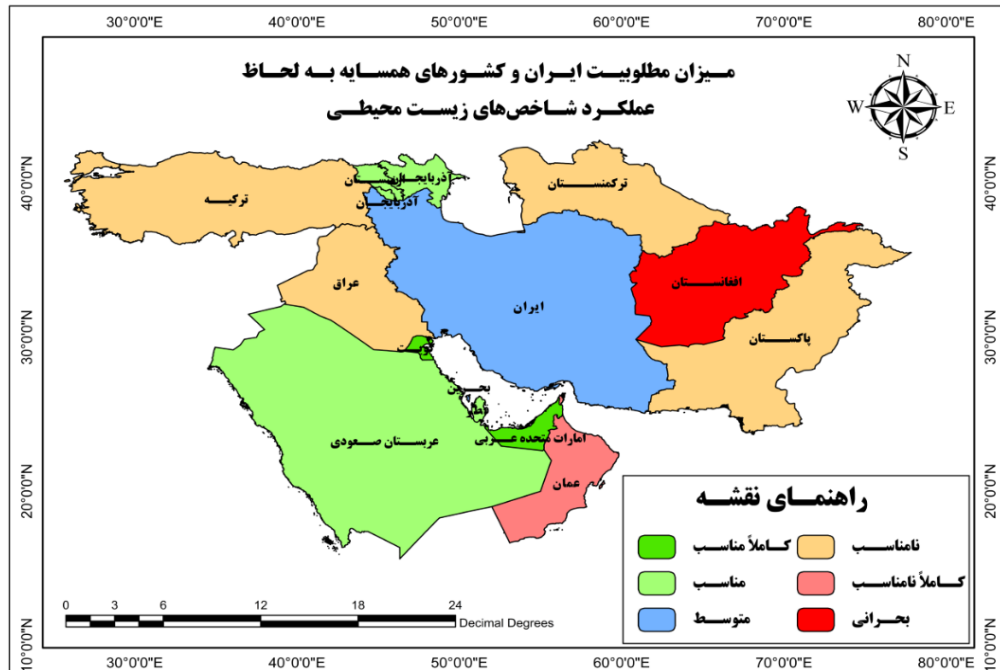


شکل (۴): جریان رتبه‌بندی منفی، مثبت و خالص

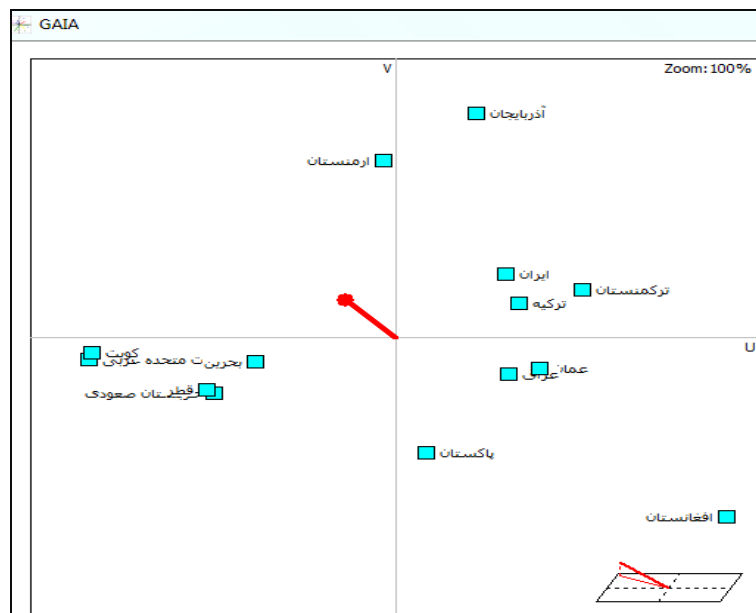
## روش مدل‌سازی ویژه

در این روش مجموعه گزینه‌ها را می‌توان با  $n$  نقطه در فضای  $K$  بعدی آرایه کرد. با توجه به این که تعداد شاخص‌ها بیش از دو شاخص است تصویر واضح از فضای  $n$  بعدی غیرممکن است و بنابراین تحلیل ترکیب اصلی می‌تواند شبیه تحلیل دوبعدی گزینه‌ها به کار رود. نتایج حاصل از تحلیل گایا در زیر نشان داده شده است. بر اساس تحلیل گایا، گزینه‌ها در جهت جریان خالص و در بین  $W$  و  $\pi$ ، در رتبه‌های برتر قرار می‌گیرند (شکل ۶). توزیع فضایی ایران و کشورهای همسایه به لحاظ عملکرد شاخص‌های محیط‌زیستی در صفحه گایا نشان می‌دهد که

کشورهای کویت و امارات متحده عربی نزدیک‌ترین کشورها به جریان خالص می‌باشند که از نظر عملکرد شاخص‌های محیط‌زیستی از وضعیت بسیار مطلوبی برخوردار هستند. در مقابل کشورهای ترکیه، ترکمنستان، عراق، پاکستان و به‌ویژه کشورهای عمان و افغانستان دورترین کشورها به جریان خالص می‌باشند. این کشورها جزء کشورهایی هستند که به لحاظ عملکرد شاخص‌های محیط‌زیستی از وضعیت بسیار نامطلوبی برخوردار می‌باشند (شکل ۶).



شکل (۵): میزان مطلوبیت کشورهای به لحاظ عملکرد شاخص‌های محیط‌زیستی بر اساس نتایج مدل پرومته



شکل (۶): پراکندگی گزینه‌ها و معیارها در صفحه گایا

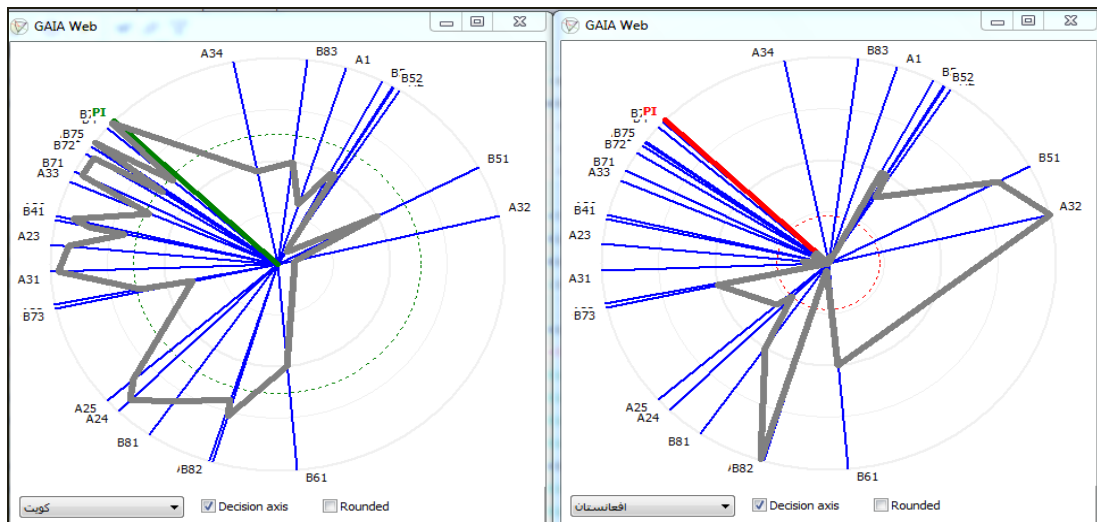
خارجی‌ترین دایره از مرکز دایره می‌باشد. هر اندازه محورها به همدیگر نزدیک‌تر باشند و اختلاف کمتری داشته باشند نشان‌دهنده مقادیر خالص و هر اندازه از همدیگر دور باشند نشان اختلاف بیشتر می‌باشد. در این نمودار موقعیت محور تصمیم و دایره نقطه‌چین مربوط به مقادیر PI یک انتخاب هستند، چنانچه دایره نقطه‌چین سبز رنگ باشد مقادیر مثبت و رنگ قرمز نشانگر

### تحلیل GAIA Web

نمودارهای گرافیکی در GAIA Web نمایش‌دهنده جریان phi خالص هر یک از معیارهای منفرد در ارتباط با گزینه‌های مختلف است. شکل حاصله از این نمودارها بیانگر تابعی از رابطه بین معیارها در ارتباط با گزینه انتخابی می‌باشد. از آن جا که دوایر منظم حول مرکز نشانگر مقادیر جریان خالص از مرکز تا +۱

مقدار منفی مربوط است. شکل (۷) نمودار گرافیکی مطلوب‌ترین کشور (کویت) و بحرانی‌ترین کشور (افغانستان) به لحاظ عملکرد

شاخص‌های محیط‌زیستی را نشان می‌دهد.

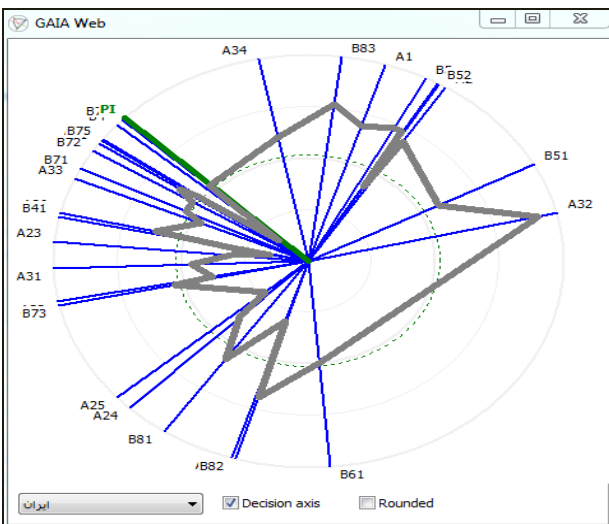


شکل (۷): نمودار گرافیکی مطلوب‌ترین (کویت) و بحرانی‌ترین (افغانستان) کشور در صفحه گایا

توجه به جایگاه نامناسب ایران در بین کشورهای همسایه به لحاظ عملکرد شاخص‌های محیط‌زیستی، می‌بایست متولیان امر در برنامه‌ریزی‌های آتی برای کاهش این اختلاف در شاخص‌های دارای کمترین رتبه همت بیشتری به خرج دهند.

چنان که در شکل (۷) مشخص است PI مربوط به کشور کویت سبز رنگ می‌باشد که حاکی از مثبت بودن PI و عملکرد مطلوب به لحاظ شاخص‌های محیط‌زیستی است. در مقابل PI مربوط به کشور افغانستان قرمز می‌باشد و این نشان از منفی بودن و وضعیت بسیار نامطلوب عملکرد شاخص‌های محیط‌زیستی در این کشور دارد. نتایج نمودار گرافیکی نشان می‌دهد که کشور افغانستان در بین شاخص‌های مثبت عملکرد محیط‌زیستی فقط در دو شاخص A3.2 (سیسم تخلیه فاضلاب فاقد ایمنی همراه با قرار گرفتن در معرض خطر) و B5.1 (بازده مصرف ازت) وضعیت ایده‌آل دارد، در مقابل در شاخص‌های منفی به‌ویژه B8.2 (روند انتشار CO<sub>2</sub> در هر کیلووات ساعت) از حداکثر مقدار برخوردار است.

در بین کشورهای مورد بررسی در این پژوهش، کشور ایران از نظر عملکرد شاخص‌های محیط‌زیستی جایگاه هشتم را کسب کرده است. نمودار گرافیکی عملکرد شاخص‌های محیط‌زیستی ایران حاکی از آن دارد که در بین شاخص‌های مثبت به جزء شاخص‌های A1 (آثار سلامت)، A3.1 (دسترسی به سیستم تخلیه فاضلاب)، A3.4 (کیفیت آب آشامیدنی)، B4.1 (تصفیه فاضلاب)، B5.1 (بازده مصرف ازت) و B5.2 (تعادل ازت) در بقیه شاخص‌ها از وضعیت ایده‌آلی برخوردار نمی‌باشد، در مقابل در شاخص‌های منفی به‌ویژه B8.2 (روند انتشار CO<sub>2</sub> در هر کیلووات ساعت) از حداکثر مقدار برخوردار است (شکل ۸). با



شکل (۸): نمودار گرافیکی شاخص‌های عملکرد محیط‌زیستی ایران در صفحه گایا

### نتیجه‌گیری

مشکلات محیط‌زیستی یکی از اساسی‌ترین مسایل کشورهای امروزی و حاصل تعارض و تقابل آن‌ها با محیط طبیعی است. با گسترش شهرها، مظاهر و ارزش‌های محیط طبیعی در معرض

خالص می‌باشند که از نظر عملکرد شاخص‌های محیط‌زیستی از وضعیت کاملاً مناسب برخوردار هستند. در مقابل کشورهای ترکیه، ترکمنستان، عراق، پاکستان و به‌ویژه کشورهای عمان و افغانستان دورترین کشورها به جریان خالص می‌باشند که از وضعیت بسیار نامطلوبی برخوردار هستند. در راستای یافته‌های پژوهش اجرای پیشنهادهای زیر می‌تواند در ارتقاء کیفیت محیط‌زیستی ایران و کشورهای همسایه مؤثر واقع شوند:

- استفاده از انرژی‌های پاک مانند انرژی خورشیدی که در اکثر کشورهای مورد پژوهش به دلیل گرمسیری بودن آن‌ها قابل اجراست؛
- ارزیابی مداوم وضعیت محیط‌زیستی ایران و کشورهای همسایه در راستای سنجش کارایی طرح‌ها اجرا شد؛
- تعویض سوخت صنایع آلوده‌کننده هوا و استفاده از انرژی‌های پاک در این صنایع؛
- وضع قوانین سخت‌گیرانه در راستای حفاظت از محیط‌زیست و در مرحله بعد نظارت بر این قوانین.

#### یادداشت‌ها

1. Environmental Performance Index
2. Environmental Sustainability Index
3. Rene Maheu
4. Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluations
5. Multiple Objective Decision Making
6. Multiple Attribute Decision Making
7. Brans and Vincke
8. Geometrical Analysis for Interactive Assistance
9. Yale Data-Driven Environmental Group
10. Center for International Earth Science Information Network (CIESIN)
11. Visual PROMETHEE

نابودی بیشتر قرار گرفته است و کشورها با مسایل متعدد محیط‌زیستی و در نتیجه بروز انواع آلودگی‌های محیط‌زیستی، تخریب منابع و کاهش فضاهای طبیعی روبه‌رو شده‌اند. کشور ایران به‌عنوان یکی از کشورهای در حال توسعه با مشکلات محیط‌زیستی زیادی مواجه است و از نظر دارا بودن شاخص‌های استاندارد محیط‌زیستی در وضعیت وخیمی قرار دارد. به‌طوری‌که نتایج تحقیقات دانشگاه‌های ییل و کلمبیا که حکایت از جایگاه ۸۳ ایران در بین کشورهای جهان به لحاظ شاخص‌های محیط‌زیستی دارد تاییدی بر این ادعاست. چنین پیامدهایی به علت عدم اعمال کنترل و نظارت بر محیط‌زیست کشور حادث شده است. از این‌رو به‌منظور تدوین زیربنای علمی و منطقی برای رسیدن به محیط‌زیستی مطلوب، لازم است ارزیابی جامعی از وضعیت موجود ایران و کشورهای همسایه از نظر عملکرد شاخص‌های محیط‌زیستی صورت گیرد تا نسبت به میزان برخورداری یا عدم برخورداری شاخص‌ها، برنامه‌ریزی شود. بر این اساس پژوهش حاضر با هدف ارزیابی وضعیت ایران و کشورهای همسایه از نظر شاخص‌های محیط‌زیستی (EPI) انجام شده است. در این پژوهش برای بیان اهمیت نسبی هر یک از شاخص‌ها از مدل ANP، و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از مدل تصمیم‌گیری چند معیاره پرمته استفاده شده است. نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد که کشورهای کویت و امارات متحده عربی از نظر برخورداری از شاخص‌های عملکرد محیط‌زیستی از وضعیت کاملاً مناسب، کشورهای ارمنستان، آذربایجان، عربستان سعودی و قطر از وضعیت مناسب، کشورهای بحرین و ایران از وضعیت متوسط، کشورهای ترکیه، ترکمنستان، عراق و پاکستان از وضعیت نامناسب، کشور عمان از وضعیت کاملاً نامناسب و کشور افغانستان از وضعیت بحرانی برخوردار می‌باشند. همچنین نتایج حاصل از تحلیل گرافیکی گایا نشان می‌دهد که کشورهای کویت و امارات متحده عربی نزدیک‌ترین کشورها به جریان

#### فهرست منابع

احمدی، ع.؛ حیدری موصولو، ط. و نجاتیپور، م. ۱۳۹۰. تبیین ژئوپلیتیکی مسایل محیط‌زیستی. نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی، ۳(۴): ۱۹۹-۲۱۲.

اکبری نژادپاقعه، ع.؛ کرمی، ش.؛ احمدیان، ر. مختاباد امرئی، م.؛ و گلالی زاده، س. ۱۳۹۲. ارزیابی اثرات محیط‌زیستی مجتمع‌های صنعتی با روش AN-AM (مطالعه موردی: مجتمع مس سرچشمه). محیط‌شناسی، ۳۹(۳): ۱۰۵-۱۱۶.

- بابایی اقدم، ف.؛ آقای، ج.؛ علیزاده زنوزی، ش. و قلیکی میلان، ب. ۱۳۹۳. پهنه‌بندی و اولویت‌بندی حوزه آبریز دریاچه ارومیه به‌منظور مکانیابی محل دفن پسماند شهری با تأکید بر شاخص‌های محیط‌زیستی. جغرافیا و مطالعات محیطی. ۳(۱۲): ۴۵-۵۸.
- برزگر، ن.؛ موسی زاده، ح.؛ بدراتی‌نژاد، ا. و خداداد، م. ۱۳۹۵. بررسی وضعیت محیط‌زیستی سکونتگاه‌های شهری استان مازندران با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره VIKOR. نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی. ۲۲(۳۲): ۱۱۱-۱۲۳.
- بهبودی، د. و سجادی، س. ۱۳۸۹. محیط‌زیست و رشد اقتصادی پایدار: مطالعه موردی ایران. مدلسازی اقتصادی. ۴(۱۲): ۱۸-۱.
- جعفری صمیمی، ا. و احمدپور، م. ۱۳۹۰. بررسی رابطه شاخص عملکرد محیط‌زیست و رشد اقتصادی در کشورهای توسعه‌یافته. فصلنامه اقتصاد محیط‌زیست و انرژی. ۱(۱): ۷۲-۵۵.
- جعفری، ع.؛ یوسف، ع.؛ نبی‌اله، ی. و حیدریان، ن. ۱۳۹۱. بررسی و ارزیابی شاخص عملکرد محیط‌زیست EPI در استان چهارمحال و بختیاری، نخستین همایش ملی حقوق محیط‌زیست و منابع طبیعی زاگرس، خرم‌آباد. اداره کل مدیریت بحران استانداری لرستان.
- حسنی، ل. و کهن‌سال، م. ۱۳۹۳. بررسی اثر متغیرهای کلان اقتصادی بر شاخص عملکرد محیط‌زیستی، اولین کنفرانس بین‌المللی اقتصاد، مدیریت، حسابداری و علوم اجتماعی. رشت، ۳۱ خرداد: ۱-۶.
- رجبی، آ. و سبحانی، ن. ۱۳۹۵. تحلیل شاخص پایداری در بین کشورهای آسیایی. پژوهش‌های جغرافیای انسانی. ۴۸(۴): ۷۳۳-۷۴۹.
- ستوده، ا. و 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): ۷۲-۵۱.
- سلاطین، پ. و غفاری صومعه، ن. ۱۳۹۵. تأثیر سرمایه انسانی بر کیفیت محیط‌زیست. انسان و محیط‌زیست. ۲(۲): ۱-۱۲.
- شهبازی، ک.؛ حمیدی‌رزی، د. و فشاری، م. ۱۳۹۴. بررسی عوامل مؤثر در انتشار آلودگی هوا در کشورهای حوزه دریای خزر: رهیافت مدل دوربین فضایی تابلویی. محیط‌شناسی. ۴۱(۱): ۱۰۷-۱۲۷.
- عامری‌سیاهوئی، ح.؛ رستم‌گورانی، ا. و بیرانوندزاده، م. ۱۳۹۰. سنجش درجه پایداری و توسعه روستایی در بخش شهاب شهرستان قشم. نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی. ۳(۴): ۱۵۹-۱۷۷.
- فرمانفرمایان، ف. ۱۳۵۳. توسعه اقتصادی و مسایل محیط‌زیستی. تهران: انتشارات سازمان حفاظت محیط‌زیست.
- فطرس، م.؛ فردوسی، م. و مهریما، ح. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر شدت انرژی و گسترش شهرنشینی بر تخریب محیط‌زیست در ایران (تحلیل هم‌جمعی). محیط‌شناسی. ۶۰(۶): ۱۳-۲۲.
- کرین، ا. ۱۳۸۳. مسایل محیط‌زیستی جهانی‌شدن سیاست: روابط بین‌الملل در عصر نوین. مترجم ابوالقاسم راه چمنی و دیگران. جلد دوم. تهران: انتشارات ابرار معاصر تهران.
- محمدی‌روزبهرانی، م.؛ حاجی‌نصف، ا. و دغاغله، ع. ۱۳۹۱. بررسی شاخص پایداری محیط‌زیست (ESI) و شاخص عملکرد محیط‌زیست (EPI) و مقایسه تطبیقی شاخص رتبه کشور ایران با استفاده از روش تاکسونومی عددی. اولین همایش ملی جغرافیا، مخاطرات محیطی و توسعه پایدار. اهواز. اسفند ۱۳۹۱.
- ملکی، س. ۱۳۹۰. سنجش توسعه پایدار در نواحی شهری با استفاده از تکنیک‌های برنامه‌ریزی (نمونه موردی: شهر ایلام). جغرافیا و توسعه. ۲۱(۱): ۱۳۶-۱۱۷.
- منوری، م. ۱۳۹۳. ارزیابی اثرات محیط‌زیستی. ویراست دوم. تهران: میترا.

مومنی، م. و شریفی‌سلیم، ع. ۱۳۹۱. مدل‌ها و نرم‌افزارهای تصمیم‌گیری چندشاخصه. تهران: ناشر مؤلفان با حمایت شرکت داروسازی اکسیر.

یزدی، م.; جواهریان، ز. و اژدری، ا. ۱۳۸۹. تحلیل و بررسی شاخص‌های عملکرد محیط‌زیستی کشورها. محیط‌زیست. (۴۸): ۴۶-۵۴.

Angel, H.; Ainsley, L. & John, W. E. 2013. What progress have we made since Rio? Results from the 2012 Environmental Performance Index (EPI) and Pilot Trend EPI, *environmental science & policy*. 33:171 – 185.

Arisoy, O. 2007. Integrated Decision Making in Global Supply Chains and Network, Doctoral Dissertation, university of Pittsburgh, school of Engineering.

Babic, Z. & Plazibat, N. 1998. Ranking of enterprises based on multicriterial analysis, *International Journal of Production Economics*. 56-57:29-35.

Bogdanovic, D.; Nikolic, D. & Ilic, I. 2012. Mining method selection by integrated AHP and PROMETHEE method. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 84(1): 219-233.

Brans, J. & Mareschal, B. 2005. PROMETHEE method cited at: *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, Springer, NewYork.

Brans, J.P. 1996. The space of freedom of the decision maker modeling the human brain: *European Journal Operational Research*. 92: 593-602.

Brans, J.P. & Mareschal, B. 1994. The PROMCALE- GAIA decision support system for multicriteria decision aid: *Decision Support Systems*. 12(4-5):297- 310.

Buchwald. K. & Engelhardt. W. 1973. *landschaftspflege and naturschutz in der praxis*, München BLV Verlagsgesellschaft.

Caterino, N.; Iervolino, I.; Manfredi. G. & Cosenza, E. 2008. a comparative analysis of decision making methods for the seismic retrofit of rc buildings, *The 14th World Conference on Earthquake Engineering*, October 12-17, 2008, Beijing, China.

Chou, T.Y.; Lin, W.T.; Lin, Ch. Y.; Chou. W.Ch. & Huang, P. 2004. Application of the PROMETHEE technique to determine depression outlet location and flow direction in DEM. *Journal of Hydrology*. 287(1-4): 49-61.

Craik, K.H. & Feimer, N.R. 1987. Environmental assessment. D. Stokols&I. Altman (Eds), *Handbook of Environmental Psychology*: 891-918. New York: Wiley.

Emerson, J. W.; Hsu, A.; Levy, M.; Sherbinin, A.D.; Mara, V.; Esty, D.C. & Jaiteh, M. 2012. *Environmental Performance Index and Pilot Trend Environmental Performance Index*. Yale Center for Environmental and Policy, New Heaven.

Figueira, J.; Smet, Y. & Brans, J.P. 2004. MCDA methods for sorting and clustering problems: PROMETHEE TRI and PROMETHEE cluster: [www.vub.ac.be](http://www.vub.ac.be)

Kalogeras, N.; Baourakis, G.; Zopounidis, C. & Dijik, G. 2004. Evaluating the financial performance of agri-food firms: a multicriteria decision-aid approach, *Jornal of Food Engineering*. 62: 117-371.

Lazim, A.; Wan, K. & Wan. I. 2013. A New Ranking of Environmental Performance Index Using Weighted Correlation Coefficient in Intuitionistic Fuzzy Sets: A Case of ASEAN Countries, *Modern Applied Science*. 7(6): 42-52.

Leeneer, I. & Pastijn, H. 2002. Selecting land mine detection strategies by means of outranking MCDM techniques, *European Journal Operational Research*. 139: 327-338.

McNally, L. 2003. A thesis submitted in conformity with the requirements for the degree of Master of Engineering, Protection of Water Resources in Landfill Siting in Vietnam. M. Eng. Project, Department of Civil Engineering, University of Toronto.

Yale Data-Driven Environmental Group Yale University and Center for International Earth Science Information Network (CIESIN) Columbia University. 2016. Environmental Performance Index (2016 EPI). Prepared by: January 2016: Available at: <http://epi.yale.edu>.