اقتصاد کشاورزی / ویژه‌نامه/ صفحه‌های ۱۵۵-۱۳۷

اندازه‌گیری درجه تخریب محیط زیست در کلان شهرهای ایران با استفاده از تکنیک تحلیل مؤلفه‌های اصلی

حمید امیرنژاد، مریم سالاری بردسیری[۱]

چکیده

رشد جمعیت جهان و رشد سریع فعالیت‌های اقتصادی که در گذشته ایجاد شده است، همچنان باعث خسارات شدید محیط زیستی می‌شود. حفاظت از محیط طبیعی جهان بی‌تردید یکی از چالش برانگیزترین مسائل در دهه‌های آینده است. هدف از این مطالعه، اندازه‌گیری درجه تخریب محیط زیست بر اساس شاخص‌های منتخب با استفاده از یک تکنیک چند متغیره به نام تحلیل مؤلفه‌های اصلی می‌باشد. 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 نشان می‌دهد که بردارهای مؤلفه اصلی، قدرت بیان‌کنندگی در حدود ۷۰ درصد از تغییرات در سطح تخریب محیط زیست را دارا می‌باشند. متغیرهای تولید ناخالص داخلی سرانه و تأمین فاضلاب نقش مهمی در طبقه‌بندی استان‌های کشور از لحاظ درجه تخریب محیط زیست در مقایسه با متغیرهای مصرف سوخت و میزان رشد جمعیت ایفا می‌کنند. همچنین، در استان‌هایی که میزان مرگ و میر بالایی دارند، درصد بالاتری از جمعیت با فقدان سیستم فاضلاب و در عین حال تولید ناخالص بیشتر با جمعیت متراکم‌تر و در نتیجه سطح پایین‌تر از کیفیت محیط زیست مواجه هستند و برعکس. به این ترتیب، شهرهای تهران و اصفهان با توجه به مقادیر مؤلفه‌های اصلی منتخب در طبقه‌بندی درجه تخریب محیط زیستی شهرهای مورد مطالعه در طبقه حد بالا قرار می‌گیرند. پیشنهاد می‌شود تدابیر محیط زیستی متناسب، با توجه به نتایج حاصل برای هر استان در کشور برای تعدیل متغیرهای تعیین شده اصلی تخریب اتخاذ گردد.

واژه‌های کلیدی: تخریب محیط زیست، تحلیل مؤلفه اصلی، تولید ناخالص داخلی سرانه، تأمین فاضلاب، میزان جمعیت و کلان‌شهرهای ایران.

[۱] به ترتیب؛ دانشیار اقتصاد اقتصاد کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس تهران

Email: hamidamirnejad@yahoo.com

مقدمه

شاید قابل توجه‌ترین پدیده در کشورهای در حال توسعه، افزایش قابل مشاهده‌ی فقر و تخریب محیط‌زیست از زمان پایان جنگ جهانی دوم باشد. اگرچه برخی از کشورها پیشرفت‌های قابل توجهی در این راستا داشته‌اند و برخی از گروه‌های فردی و طبقات اجتماعی موفق به فرار از فقر شده‌اند ولی هنوز میلیون‌ها نفر از محرومیت‌های مزمن ناشی از آن رنج می‌برند. علی‌رغم وجود محدودیت‌های جهانی‌سازی رشد اقتصادی و ناامنی‌هایی که ناشی از درگیری‌های مسلحانه منطقه‌ای، پیشرفت در علوم بهداشت به خصوص در بیماری‌های واگیردار، منجر به ازدیاد جمعیت انسانی شده است. بین سال‌های ۱۹۶۰ و ۲۰۰۰، رشد جمعیت جهان از کمتر از ۳ میلیارد نفر به ۶ میلیارد نفر رسید. در اواسط سال ۲۰۰۰، جمعیت جهان به ۶/۱ میلیارد نفر رسیده است و در حال حاضر با نرخ سالانه ۱/۲ درصد (حدود ۷۷ میلیون نفر در سال) در حال رشد است. سازمان ملل متحد برآورد کرده که تا سال ۲۰۵۰، جمعیت جهان به بین ۷/۹ و ۱۰/۹ میلیارد نفر خواهد رسید (فائو، ۲۰۱۳).

رشد جمعیت جهان و رشد سریع فعالیت‌های اقتصادی که در گذشته ایجاد شده است، همچنان باعث صدمه‌های شدید محیط‌زیستی می‌شود. 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 خواهد داد، تخریب محیط‌زیستی 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 محیط‌زیستی 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 (وان لرلند، ۱۹۹۳).

از طرف دیگر، بخش مهمی از توسعه، بدون وجود سرمایه‌های مناسب محیط‌زیستی، منجر به تضعیف توسعه می‌شود و این نیز به نوبه خود ممکن است منابع موجود برای سرمایه‌گذاری در حفاظت و بهبود پایگاه محیط‌زیستی را کاهش دهد. شناسایی و از بین بردن عوامل ایجاد خسارت محیط‌زیستی و در نتیجه فقرزدایی نه تنها یک الزام اخلاقی بلکه یک شرط لازم برای پایداری محیط زیست و توسعه پایدار می‌باشد (UNEP, 1995). در هر صورت، تخریب محیط‌زیست تأثیرات جدی بر انسان‌ها، به خصوص فقیرترین فقرا گذاشته است. مردم فقیر برای زنده ماندن، مجبور به استفاده بیش از حد از منابع محیط‌زیستی می‌شوند و کاهش بازدهی محیط زیست، بقای دوباره‌ی آن را تهدید می‌کند (ماساهوری و اوماری، ۱۹۹۷). اگرچه شاخص‌های عمومی توسعه، همانند تولید ناخالص ملی سرانه، امید به زندگی، مرگ و میر نوزادان و مقدار کالری سرانه، به طور پیوسته بهبود یافته‌اند، از سوی دیگر، فقر نیز رو به رشد است و محیط زیست بیشتر از همیشه مورد تهدید قرار گرفته است (UNEP, 1995).

یک سیاست اجتماعی مؤثر، مستلزم توسعه‌ی شاخص‌های جداگانه‌ای در زمینه محیط زیست است که قابلیت انطباق به سایر اقدامات برای هدایت زمینه‌های دیگر سیاست‌گذاری اجتماعی را داشته باشد. بنابراین، شاخص‌ها محیط زیستی می‌توانند یک ابزار مهم برای طراحی و ارزیابی استراتژی‌های کاهش فقر، طرح‌ها و نتایج آنها باشند. این شاخص‌ها می‌تواند برای نظارت بر تغییرات و روندها در طول زمان مفید باشد و ابزاری را برای مقایسه پیشرفت در

بین کشورهای مختلف و یا مقایسه بین استان‌های مختلف در یک کشور فراهم آورد و برای ارزیابی نتایج حاصل از طرح‌ها نیز مورد نیاز باشد (شیمسوندر، ۲۰۰۰).

انتخاب روش مناسب بستگی به نوع مشکل، ماهیت داده‌ها و هدف از تجزیه و تحلیل دارد. اولین کاربردهای روش تحلیل مؤلفه اصلی (PCA)[1]در علوم روانشناسی بوده است که به تدریج به سایر حوزه‌ها از علوم طبیعی و پزشکی تا علوم اقتصادی و اجتماعی راه یافته است. دیانا و ساهر (۲۰۰۴) مؤلفه‌های اساسی استقلال بانک مرکزی را از این روش استخراج نمودند. آنان در این مطالعه نشان دادند تکنیک آماری آنالیز اجزای اصلی یکی از روش‌های پیشرفته و مناسب جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها می‌باشد که می‌توان از آن جهت پاسخ به سایر عوامل مؤثر بر یک مؤلفه بهره‌گیری نمود. این مطالعه صرفاً در جهت آشنایی با کاربرها و مزیت‌های این تکنیک صورت گرفته بود. سئو (۲۰۰۵) تأثیر آزادسازی مالی را بر رشد اقتصادی در کشور ژاپن بررسی کردند. آنها برای بررسی توسعه مالی، شاخص عمق مالی را با استفاده از روش PCA استخراج نمودند. نتایج بدست آمده مناسب بودن مؤلفه بدست آمده را در توضیح وضعیت توسعه مالی در سطح اقتصاد این کشور تا سطح ۷۴ درصد نشان می‌دهد. خاتون (۲۰۰۹) برای تعیین درجه تخریب محیط زیست از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی استفاده نمود. در این مطالعه نیز از متغیرهای کلان اقتصادی، فقر، مصرف سوخت و جمعیتی (دموگرافیکی) مناطق مختلف کشور مالزی به منظور تحلیل مؤلفه‌های اساسی تخریب محیط زیست استفاده شده است و نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که در مناطقی با جمعیت بالاتر و در نتیجه مصرف بیشتر سوخت درجات بالاتری از تخریب را شاهد هستیم. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد تا ۶۲ درصد ار تغییرات در سطح تخریب محیط زیست به وسیله‌های مؤلفه‌های اصلی بدست آمده، انجام می‌شود. همچنین، نتایج گویای اثر شدت بخش فقر و رشد جمعیت بر تخریب محیط زیست می‌باشد.

وانگ و همکاران (۲۰۱۳) برای ساختن شاخص وضعیت اقتصادی- اجتماعی و جغرافیایی در تأمین نیازهای آبی بخش زارعت از اطلاعات DHS[2] و روش PCA استفاده نمودند در این مطالعه نیاز آبی گیاه گندم در شمال کشور چین به کمک شاخص‌های خرد هواشناسی و کلان اجتماعی، اقتصادی مورد بررسی قرار گرفته شد و پس از تعیین مؤلفه‌های اصلی مذکور به برآورد رگرسیون‌های فضایی برای آن پرداخته شد. این مطالعه نشان می‌دهد مؤلفه‌های بدست آمده به خوبی می‌توانند متغیر وابسته را در این مطالعه بدون کوچکترین آثاری از هم‌خطی توضیح دهند و اطلاعات دقیقی از داده‌ها و اطلاعات پژوهش را در اختیار قرار می‌دهد.

در ایران نیز از روش PCA در مطالعات اندکی به کار رفته است. به طوری که میرکریمی و همکاران (۱۳۹۳) از این روش برای ارزیابی کیفیت بصری سیمای سرزمین در حوزه زیارت استان گلستان استفاده نمودند و شاه‌دوستی و قاسمیان (۱۳۹۲) نیز روش PCAرا برای ادغام تصاویر چندطیفی و تک رنگ بکار بردند. اگرچه مطالعات گوناگونی در زمینه‌ی علوم محیط زیستی در خارج از کشور با استفاده از PCA انجام شده است ولی مطالعات اندکی در داخل کشور از این روش استفاده نمودند و هیچ مطالعه‌ای در خصوص بکارگیری روش PCA در اندازه گیری

[1] Principal Components Analysis

[2] Demographic Heaith Survey

تخریب محیط زیست انجام نشده است. بنابراین، این مطالعه می‌تواند به عنوان یک راهنمای سیاستگذاری به تدوین سیاست‌های مناسب برای پایداری محیط‌زیستی با مداخله‌های هدفمند در نواحی کمتر توسعه‌یافته کمک نماید.

نرخ رشد انتشار گاز دی اکسید کربن در ایران بیشتر از نرخ رشد تولید ناخالص داخلی سرانه است و اقتصاد ایران روی قسمت صعودی منحنی محیط‌زیستی کوزنتس قرار دارد (آماده و همکاران، ۱۳۸۶). به عبارت دیگر، موقعیت اقتصادی–اجتماعی کشور و شرایط رشد اقتصادی کشور هنوز در شرایطی نیست که رشد اقتصادی و افزاش تولید کالاها و خدمات باعث کاهش انتشار آلاینده‌های محیط‌زیستی به خصوص دی اکسید کربن شود. افزایش روز افزون جمعیت به‌عنوان یک تهدید جدی برای محیط زیست محسوب می‌شود اما تنها کشورهای توسعه‌یافته آن را مهار کرده‌اند. این در حالی است که کشورهای در حال توسعه که اکثریت جمعیت جهان را تشکیل می‌دهد، کار چندانی برای کنترل و جلوگیری روند شتابنده افزایش جمعیت انجام ندادند.

افزایش روز افزون جمعیت شاید مسئله‌ای نباشد که تنها کشورهای عقب‌مانده و یا در حال توسعه با آن مواجه باشند. این، نکته‌ای است که مقابله با آن برای همه‌ی کشورهای جهان، به ویژه کشورهای در حال توسعه، مشکل آفرین می‌باشد و افزایش جمعیت در یک کشور می‌تواند مشکلات زیادی به‌وجود بیاورد (محمودی و شاهنوشی، ۱۳۹۱). در کنار تمامی این مسایل، آلوده‌شدن محیط زیست، اعم از آلودگی آب و هوا، خاک و تخریب منابع طبیعی و محیط زیست، همه معضلاتی است که افزایش جمعیت سبب اصلی آن می‌باشد. بر اثر رشد جمعیت و افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی، سالی ۶ میلیارد تن کربن و یا ۴/۲۲ میلیارد تن دی اکسید کربن وارد جو زمین می‌شود و موجب گرم شدن روزافزون زمین، آب شدن یخچال‌های قطبی، بالا آمدن سطح دریاها و اقیانوس‌ها، بروز خشک‌سالی، تغییر فصل‌ها، افزایش طوفان‌ها و گردبادهای مخرب می‌شود (سمیعی‌نصب و ترابی، ۱۳۸۹).

از این رو، هدف این مطالعه، اندازه‌گیری درجه تخریب محیط زیست برای استان‌های در بردارنده‌ی کلان شهرهای ایران با استفاده از تکنیک ساده و چند متغیره معروف به تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) است.

روش تحقیق

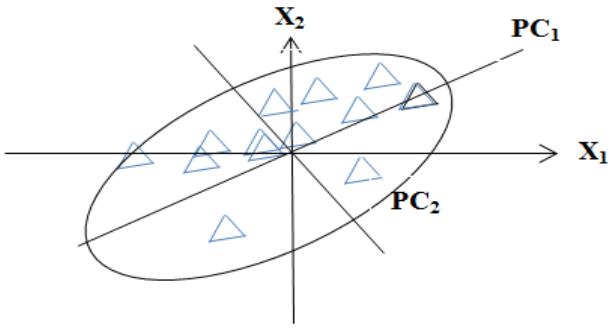
متغیرهای مورد استفاده در این مطالعه شامل؛ تولید ناخالص داخلی با احتساب نفت، سوخت مصرفی (گازوئیل، گاز و نفت کوره)، مساحت تراکم نسبی (تراکم نسبی و مساحت کل)، تأمین آب، تأمین فاضلاب، میزان موالید، میزان مرگ و میر، نرخ رشد طبیعی جمعیت و میزان جمعیت می‌باشد که از اطلاعیه‌های منتشر شده بر اساس سرشماری سال ۱۳۸۵ در ایران و شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور (۱۳۹۲)، مرکز آمار ایران (۱۳۹۲) و سایت آمار صنعت برق ایران (۱۳۹۲) استخراج شده‌اند و سال ۱۳۸۸ به عنوان سال پایه در نظر گرفته شده است.

استان‌های تهران، خراسان رضوی، اصفهان، آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، فارس، قم، خوزستان، کرمانشاه، سیستان و بلوچستان، گیلان، کرمان، همدان و مرکزی بدلیل در برداشتن کلان شهرهای ایران به ترتیب نظیر؛ تهران، مشهد، اصفهان، تبریز، ارومیه، شیراز، قم، اهواز، کرمانشاه، زاهدان، رشت، کرمان، همدان و اراک، به‌عنوان استان‌های منتخب مورد مطالعه و بررسی قرار گرفتند. البته استان البرز که در بردارنده‌ی کلان شهر کرج می‌باشد به دلیل در دسترس نبودن داده‌ها و همچنین به علت اینکه به تازگی از استان تهران جدا شده است، از لیست مورد بررسی حذف گردیده است. این استان‌ها بدلیل اینکه بزرگترین استان‌های ایران از لحاظ مساحت، جمعیت، اهمیت

اقتصادی و همچنین تولید ناخالص داخلی سرانه و به تبع آن در بردارنده‌ی کلان شهرهای ایران هستند، برای مطالعه و بررسی انتخاب شدند. متغیرهای مورد بررسی، بدلیل اهمیت بالایی که برای محیط زیست دارند و تأثیرات عمده‌ای که می‌توانند بر روی محیط زیست داشته باشند، انتخاب شده‌اند.

تحلیل مؤلفه اصلی به عنوان یک ابزار برای سنجش ابعاد گوناگون موجود در داده‌ها استفاده می‌شود. بنابراین، عوامل مورد استفاده در مطالعه حاضر برای اندازه‌گیری ابعاد مختلف تخریب محیط زیست می‌باشد و PCA بهترین راه‌حل برای استخراج مجموعه‌ی کوچکی از ترکیب خطی‌ای از متغیرهای اصلی که برای واریانس کل مناسب است، خواهد بود (جولیف، ۲۰۰۲). علاوه بر این، از آنجا که بسیاری از شاخص‌ها از همزمانی و هم‌خطی چندجانبه رنج می‌برند، PCA بهترین راه‌حل برای از بین بردن این مشکلات است (جها و مارتی، ۲۰۰۱؛ عبدی و ویلیام، ۲۰۱۰). تحلیل داده‌های چندگانه از نقش اساسی در تحلیل اطلاعات برخوردار است. مجموعه داده‌های چندگانه، حالت‌ها یا متغیرهای زیادی را برای هر مشاهده در بر دارند (عشوری و فریادی، ۱۳۸۹؛ عسگری، ۱۳۹۱). اگر در هر مجموعه داده، n متغیر وجود داشته باشد، هر متغیر می‌تواند دارای چند بُعد باشد. با توجه به اینکه اغلب درک و شهود فضای چند بُعدی دشوار است، روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی ابعاد کلیه مشاهدات را بر اساس شاخص ترکیبی و دسته‌بندی مشاهدات مشابه کاهش می‌دهد (شیخ‌الاسلامی و همکارن، ۱۳۹۱). این روش، یکی از با ارزش‌ترین نتایج کاربرد جبر خطی است که به وفور در کلیه اشکال تحلیلی از علوم شبکه‌های عصبی تا نمودارهای کامپیوتری استفاده شده است، چرا که یک روش آسان و غیر پارامتریک برای استخراج اطلاعات مرتبط از یک مجموعه داده پیچیده می‌باشد (زالی و همکاران، ۱۳۹۱).

در روش PCA متغیرهای موجود در یک فضای چندحالته همبسته به یک مجموعه از مؤلفه‌های غیرهمبسته خلاصه می‌شوند که هر یک از آنها ترکیب خطی از متغیرهای اصلی می‌باشند. مؤلفه‌های غیرهمبسته به دست آمده مؤلفه‌های اصلی نامیده می‌شوند که از بردارهای ویژه ماتریس کوواریانس یا ماتریس همبستگی متغیرهای اصلی به دست می‌آیند (وانگ و همکاران، ۲۰۱۳). نمودار (۱)، پراکنش نقاطی را روی دو محور مختصات X_1 و X_2 نشان می‌دهد. برای تعیین جهت عمومی نقاط، یک بیضی رسم می‌شود تا همبستگی بین متغیرها مشخص شود (دیانا و ساهر، ۲۰۰۴). برخی از نقاط خارج بیضی و البته تجمع تعداد زیادی از آنها روی قطر اصلی بیضی مشاهده می‌شود. جهت اصلی پراکنش نقاط نه در امتداد X_1 و نه در امتداد X_2است، بلکه بین آنها و بیشتر در امتداد قطر اصلی بیضی می‌باشد. این محور PC_1 نامیده می‌شود که اولین جزء اصلی تغییرپذیری X_1 و X_2 می‌باشد. دومین جزء (PC_2) در امتداد قطر فرعی بیضی است که دقیقاً بر PC_1 عمود بوده و باقی تغییرات در X_1 و X_2 را شرح می‌دهد. PC_1 و PC_2 دو محور جدید برای شرح X_1 و X_2 می‌باشند.



نمودار (۱) پراکنش نقاط روی دو محور مختصات X_1 و X_2

بنابراین، می‌توان گفت X_1 و X_2 ترکیب خطی از PC_1 و PC_2 است (محدث، ۱۳۸۹). یعنی:

$$X_i = a_{i1}PC_1 + a_{i2}PC_2 \quad (۱)$$

همچنین، می‌توان ارزش مؤلفه‌های اصلی را با استفاده از روابط (۲) و (۳) به دست آورد:

$$PC1 = w_1X_1 + w_2X_2 \quad (۲)$$

$$PC2 = w_3X_1 + w_4X_2 \quad (۳)$$

به طوری که W_i ضریب رگرسیون اجزای اساسی روی متغیرها است. مؤلفه‌های اصلی را می‌توان با استفاده از مجموعه داده‌های اصلی و در صورت عدم دسترسی به داده‌های اصلی با استفاده از ماتریس کوواریانس یا ماتریس همبستگی محاسبه نمود (وانگ و همکاران، ۲۰۱۳).

معمولاً زمانی که متغیرها با واحدهای اندازه‌گیری مختلف (درآمد سالانه، سطح تحصیلات، تعداد نفرات خانوار) یا متغیرهای مختلف با واریانس‌های متفاوت در مجموعه داده‌ها وجود دارد از ماتریس همبستگی استفاده می‌شود. وقتی ماتریس همبستگی به کار می‌رود، در حقیقت از متغیرهای استاندارد شده[1] با میانگین صفر و انحراف معیار یک استفاده شده است (موسوی ندوشنی، ۱۳۹۱).

ویژگی‌های مؤلفه اصلی

اولین مؤلفه اصلی استخراج شده بیشترین مقدار پراکندگی داده‌ها را در کل مجموعه داده‌ها در نظر می‌گیرد (زالی و همکاران، ۱۳۹۱). این امر بدان معنی است که اولین مؤلفه حداقل با تعدادی از متغیرها همبسته است. دومین مؤلفه استخراج شده دو ویژگی مهم دارد، این مؤلفه بیشترین واریانس مجموعه داده‌ها که توسط مؤلفه اول محاسبه نشده است را در نظر می‌گیرد. یعنی، دومین مؤلفه با تعدادی از متغیرهای مشاهده شده که همبستگی بالایی با جزء اول ندارند، همبسته است. ویژگی دوم این است که مؤلفه دوم با مؤلفه اول همبستگی ندارد، یعنی همبستگی بین دو مؤلفه صفر است. سایر مؤلفه‌های استخراج شده در این روش نیز دو ویژگی مذکور را دارا می‌باشند (کلانتری، ۱۳۸۸).

[1] Standard Variable

تخمین تعداد مؤلفه‌های اصلی

تعداد مؤلفه‌های استخراج شده در هر مدل برابر است با تعداد متغیرهایی که بررسی می‌شوند. اما می‌توان تعداد مشخصی از این مؤلفه‌ها را انتخاب نمود. معمولاً دو یا سه مؤلفه اول مقدار قابل توجهی از پراکندگی داده‌ها را در نظر می‌گیرند. بنابراین، انتخاب دو یا سه مؤلفه اول برای ادامه کار کفایت می‌کند. اما در برخی از موارد ضروری است معیارهای دیگری را نیز برای یافتن تعداد مؤلفه‌های لازم مورد توجه قرار داد. این معیارها عبارتند از: (جولیف، ۲۰۰۲).

۱. معیار اول (آزمون اسکری[1]): ترسیم مقادیر ویژه در برابر مؤلفه‌های اصلی مرتبط، نمودار اسکری را نمایش می‌دهد. در این نمودار تغییر در میزان اهمیت مقادیر ویژه برای هر مؤلفه اصلی مشخص می‌شود. نقطه شکستگی در این نمودار، حداکثر تعداد مؤلفه‌های اصلی را که باید در نظر گرفته شود، نشان می‌دهد. یک PC کمتر از عددی که شکستگی را نشان می‌دهد نیز می‌تواند مناسب باشد.

۲. معیار دوم (ارزش ویژه): مؤلفه‌هایی که مقدار ویژه آنها بزرگتر از یک است را در نظر گرفته و از سایر مؤلفه‌ها صرف‌نظر می‌کنیم.

۳. معیار سوم (واریانس): مؤلفه‌هایی که درصد بیشتری از پراکندگی را توضیح می‌دهند برای ادامه کار کفایت می‌کنند، معمولاً مؤلفه اول بیشترین واریانس را در نظر می‌گیرد.

روش PCA، مجموعه متغیرهای اصلی را به یک مجموعه کوچکتر تبدیل کرده به‌طوری که این مجموعه کوچک، علت بیشترین واریانس موجود در داده‌ها باشد. لذا این روش، واریانس موجود در داده‌های چند متغیره را به مؤلفه‌هایی تجزیه می‌کند که اولین مؤلفه تا آنجا که ممکن است علت بیشترین واریانس موجود در داده‌ها باشد. دومین مؤلفه علت بیشترین واریانس ممکن بعد از مؤلفه اول و الی آخر باشد. به علاوه، در این روش بین هر مؤلفه و مؤلفه‌های دیگر همبستگی وجود ندارد (موسوی ندوشنی، ۱۳۹۱). بنابراین، اگر متغیرهای X_1 تا X_P مورد بررسی قرار گیرند توابع خطی اول، دوم و Pام به‌صورت رابطه (۴) الی (۷) خواهند بود (ارقامی و بزرگ‌نیا، ۱۳۷۰؛ وانگ و همکاران، ۲۰۱۳).

$$PC_1 = a_{11}x + a_{21}x_2 \dots + a_{p1}x_p \quad (۴)$$

$$PC_2 = a_{12}x + a_{22}x_2 \dots + a_{p2}x_p \quad (۵)$$

...

$$PC_p = a_{1p}x + a_{2p}x_2 \dots + a_{pp}x_p \quad (۶)$$

$$Var\ PC_1 > Var\ PC_2 > \cdots > Var\ PC_p \quad (۷)$$

پس از تعیین مؤثرترین پارامترها، مؤلفه‌های اصلی در کنار سایر مؤلفه‌ها مشخص می‌گردند (شکیبا و همکارن، ۱۳۸۵).

[1] Scree Test

بیان ماتریسی تحلیل مؤلفه اصلی برای حالت تعدد متغیرها

در رگرسیون چندگانه، در پاره‌ای از موارد ملاحظه می‌شود که بین متغیرهای مستقل که برای توضیح متغیر وابسته به‌کار می‌روند، همبستگی معنی‌داری وجود دارد. در این موارد، نمی‌توان از روش معمول (رگرسیون چندگانه) استفاده نمود. بنابراین، لازم است که با تکنیکی متغیرهای وابسته را به سیستم مستقلی تبدیل نمود. برای این منظور، یک تعبیر هندسی را در نظر بگیرید. متغیرهای مشاهده شده حول محورهایی قرار می‌گیرند که شرط استقلال را برقرار می‌کنند. این محورها حاصل چرخش محورهای قبلی است. به این تکنیک اصطلاحاً تحلیل مؤلفه‌های اصلی گویند (غفاری، ۱۳۸۲). قبل از شروع تحلیل، لازم است که مقادیر و بردارهای ویژه[1] ماتریس‌ها معرفی گردند. اگر رابطه (۸) برای ماتریس A برقرار باشد، آنگاه می‌توان مقادیر λ (اسکالر) و بردار X مشخص نمود (خاتون، ۲۰۰۹).

$$AX = \lambda X \qquad (۸)$$

در این رابطه، باید λ و X را محاسبه نمود. برای حل رابطه (۸) می‌توان λX را به صورت λIX نوشت که I ماتریس واحد است. بنابراین، $AX-\lambda IX=0 \rightarrow (A-\lambda I)X=0$ است. رابطه‌ی اخیر وقتی برابر صفر است که یا $X=0$ و یا $A-\lambda I=0$ باشد. حال، اگر $X=0$ باشد یک جواب کاملاً خاص بدست می‌آید. بنابراین، لازم است که $A-\lambda I=0$ باشد. اگر رابطه (۸) برای مرتبه سه محاسبه گردد، روابط (۹) الی (۱۱) را بدست می‌آیند:

$$(A_{۱۱} - l)X_۱ + A_{۱۲}X_۲ + A_{۱۳}X_۳ = ۰ \qquad (۹)$$

$$(A_{۲۱} - l)X_۱ + A_{۲۲}X_۲ + A_{۲۳}X_۳ = ۰ \qquad (۱۰)$$

$$A_{۳۱}X_۱ + A_{۳۲}X_۲ + (A_{۳۳} - l)X_۳ = ۰ \qquad (۱۱)$$

اگر روابط (۹) الی (۱۱) بدون X_i نوشته شود، لازم است که دترمینان $(A-\lambda I)$ برابر صفر گردد، که رابطه مشخصه (رابطه ۱۲) نام دارد (موسوی ندوشنی،۱۳۹۱):

$$\begin{vmatrix} A_{11} - l & A_{12} & A_{13} \\ A_{21} & A_{22} - l & A_{23} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} - l \end{vmatrix} = 0 \qquad (۱۲)$$

بسط رابطه مشخصه یک معادله درجه سوم ایجاد می‌کند، که ریشه‌های رابطه (۱۲) مقادیر ویژه را بدست می‌دهد. بنابراین، تعداد ریشه‌ها، بستگی به مرتبه ماتریس دارد. برای ماتریس‌های متقارن، ریشه‌های معادله حقیقی است و با جایگزینی هر مقدار λ در دستگاه معادلات قبل می‌توان آن را حل نمود و برای X_1، X_2 و X_3 جواب‌ها را محاسبه نمود. هر دسته از متغیرهای مذکور، بردارهای ویژه را معین می‌کنند (مقدم و همکارن، ۱۳۸۸). این روش، روشی مبتنی بر بردارهای ویژه[2] است؛ با استفاده از مقادیر ویژه[3] و بردارهای ویژه، متغیرهایی با بیشترین تغییرپذیری

---

[1] Eigen Values & Eigen Vectors

[2] Eigen Vectors

[3] Eigen Values

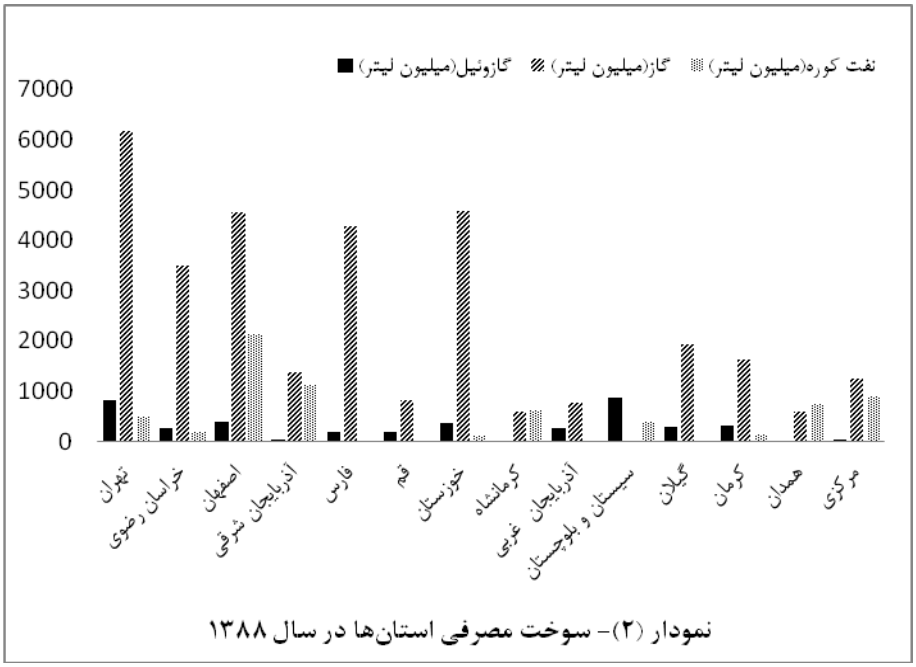
شناسایی و سپس با تعریف متغیرهای جدید که ترکیب خطی از متغیرهای اولیه هستند، ابعاد متغیرها کاهش داده شده می‌شود. متغیرهای جدید که محصول ترکیب خطی متغیرهای اولیه هستند، خود همبستگی را نشان نمی‌دهند. این امر، آزمودن روش مورد نظر را آسان می‌کند (حسنی‌پاک و شرف‌الدین، ۲۰۰۵).

شایان ذکر است PCA، به احتمال کهن‌ترین و بهترین روش شناخته شده در تجزیه و تحلیل چند متغیره است. همانگونه که بیان شد هدف اصلی استفاده از PCA، کاهش ابعاد مجموعه داده‌ها، ضمن حفظ و نگهداری اطلاعات موجود در آنهاست (میرکریمی و همکاران، ۱۳۹۳). برای محاسبه مؤلفه اصلی، ابتدا ماتریس واریانس، کوواریانس و یا ماتریس همبستگی میان باندها را تشکیل و سپس، مقادیر ویژه و بردارهای ویژه این ماتریس را محاسبه می‌کنند. به دلیل اینکه کوواریانس، وابسته به واحد اندازه‌گیری داده‌هاست و اطلاعات باندهای مختلف هم واحد، بازتاب یکسانی ندارند، بهتر است از ماتریس همبستگی استفاده شود (سو و همکاران، ۲۰۰۵). قابل توجه است که استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی منوط به فرض‌هایی است که در نظر گرفته می‌شود. از جمله؛ فرض خطی بودن (فرض می‌شود مجموعه داده ترکیب خطی پایه‌هایی خاص است)، فرض بر این که میانگین و کواریانس از نظر احتمالاتی قابل اتکا هستند، و فرض بر این که واریانس شاخصه اصلی داده است.

نتایج و بحث

همانطور که می‌دانیم حفظ و ادامه‌ی بقای جهان، تا حدود زیادی به رفتار بشر با محیط زیست و درستی مدیریت منابع طبیعی بستگی دارد. مواردی که شامل چگونگی استفاده از کالاهای محیط‌زیستی (جنگل، آب، زمین‌های قابل کشت، مواد معدنی و منابع انرژی) و تخریب (آلودگی هوا، جنگل‌زدایی، از دست دادن زیستگاه و از دست رفتن تنوع زیستی) است. بررسی شاخص‌های توسعه نشان‌دهنده آن است که جمعیت و اقتصاد در حال رشد کشورهای جهان، برای رسیدن به رفاه بیشتر، خواسته‌های بیشتری از زمین، آب، جنگل، مواد معدنی و منابع انرژی دارند. هرچند استفاده از فن‌آوری‌های جدید، افزایش بهره‌وری و سیاست‌های بهتر می‌تواند از تخریب‌های بیشتر در محیط زیست اطراف ما جلوگیری به عمل آورده و بر رشد تصاعدی و غیرمعقول کالاهای محیط‌زیستی روند معقول‌تری را حاکم کند. افزایش روز افزون تعداد وسایل نقلیه موتوری و مصرف انرژی در بخش جاده‌ای از جمله شاخص‌های توسعه است که می‌توان از آنها به عنوان برخی از عوامل مؤثر در تخریب محیط زیست زمین یاد کرد. تعداد خودروها در جهان هر روز بیشتر می‌شود و برای رسیدن به استانداردهای بالاتر رانندگی نیاز به تراکم جاده‌ای بیشتر می‌باشد که قاعدتاً همراه با جنگل‌زدایی، از دست دادن زیستگاه‌ها و از دست رفتن تنوع‌های زیست محیطی و البته با غلظت ذرات معلق بیشتر در هوای شهرها خواهد بود. در این بین، گویا محیط زیست کشورهای در حال توسعه، بیشتر از کشورهای توسعه یافته لطمه می‌بینند. چرا که کشورهای صنعتی، صادرکننده صنعت و محصولاتی هستند که در اکثر مواقع مواد اولیه آن از محل منابع طبیعی کشورهای در حال توسعه تأمین می‌شود. محصولاتی که در بیشتر مواقع از استانداردهای روز مورد استفاده در کشورهای صنعتی برخوردار نبوده و این امر علاوه بر تخریب هرچه بیشتر محیط زیست، به علت بهره‌وری پایین در مصرف انرژی و تولید بیش از استاندارد ذرات معلق، منجر به استفاده غیربهینه از سوخت، شدت مصرف انرژی بالا و بیماری‌های تنفسی در کشورهای در حال توسعه شده است که عمدتاً مالکان عمده‌ی ذخایر انرژی و منابع طبیعی جهان هستند. در سال ۲۰۱۰ به ازای هر ۱۰۰۰ نفر در ایران، تعداد ۱۲۸

وسیله نقلیه موتوری وجود داشته که از این بین ۱۱۳ دستگاه خودرو سواری بوده است (بانک جهانی، ۲۰۱۳). برخی از این آمارها برای استان‌های مورد بررسی در نمودار (۲)، ارائه می‌گردند:

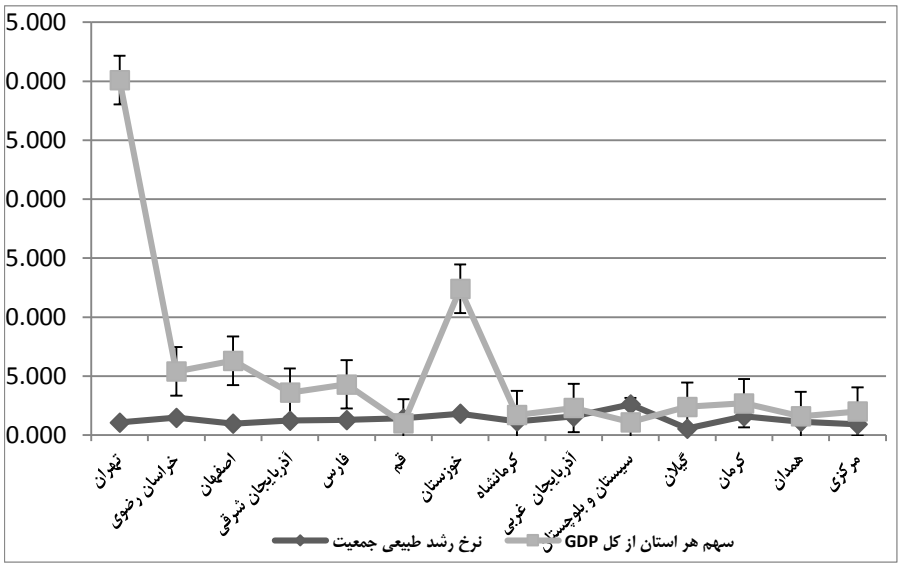


نمودار (۲)- سوخت مصرفی استان‌ها در سال ۱۳۸۸

با توجه به نمودار (۲)، استان سیستان و بلوچستان بیشترین مقدار مصرف گازوئیل را در کشور داراست و این در حالی است که گاز مصرفی این استان، در حد صفر است و استان‌های تهران و اصفهان به ترتیب بیشترین میزان مصرف گاز و نفت کوره را در کشور دارا می‌باشند. همچنین، گازوئیل مصرفی در استان‌های کرمانشاه و همدان و نفت کوره مصرفی در استان‌های فارس، قم، آذربایجان غربی و گیلان به میزان صفر است.

بر حسب وسعت جغرافیایی، قدمت تمدن و شرایط زیستی، توزیع جمعیت در سرزمین‌های مختلف متفاوت است. کما اینکه با توجه به آمار سال ۲۰۱۰ توزیع درصد جمعیتی که در قاره‌های مختلف زندگی می‌کنند، بدین شرح می‌باشد که ۶۰ درصد مردم جهان در آسیا، ۹ درصد در آمریکای لاتین و کارائیب، ۵ درصد در آمریکای شمالی، ۱۲درصد در اروپا، ۱۳درصد در آفریقا و یک درصد در قاره اقیانوسیه سکنی دارند. در حال حاضر، متوسط نرخ رشد سالانه جمعیت در کشورهای در حال توسعه حدود ۲/۱ درصد است در حالی‌که نرخ رشد سالانه جمعیت در اکثر کشورهای توسعه یافته در حدود ۰/۶ درصد است (سمیعی‌نسب و ترابی، ۱۳۸۹). افزایش جمعیت در یک کشور می‌تواند مشکلات زیادی بوجود بیاورد. در کنار تمامی این مسائل، آلوده‌شدن محیط زیست، اعم از آلودگی آب و هوا، خاک و از بین رفتن منابع طبیعی، همه معضلاتی است که افزایش جمعیت سبب اصلی آن می‌باشد. اولین آسیبی که افزایش جمعیت بر محیط زیست وارد می‌کند، از بین رفتن فضای سبز مانند جنگل‌ها و کاهش منابع آبی و غیره می‌باشد. با این حال، افزایش جمعیت افزایش آلودگی را نیز در پی دارد که سبب انتشار آلودگی و در ادامه

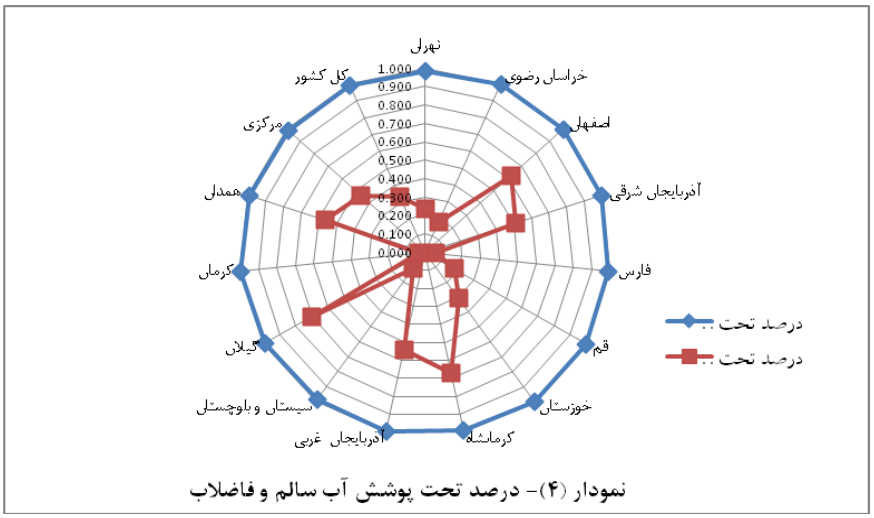
بروز بیماری‌های مختلف می‌شود. نمودار (۳)، نرخ رشد طبیعی جمعیت و سهم استان‌های مورد بررسی از *GDP* را نشان می‌دهد (سروستانی، ۱۳۸۸)



نمودار (۳) نرخ رشد طبیعی و سهم هر استان از GDP

از تحلیل نمودار (۳) نیز این نتایج بدست می‌آید که استان‌های تهران و قم به ترتیب بیشترین و کمترین سهم از کل تولید ناخالص داخلی ایران را به خود اختصاص داده‌اند. این در حالی است که استان‌های سیستان و بلوچستان و گیلان به ترتیب با بیشترین و کمترین نرخ رشد طبیعی جمعیت مواجه هستند. آب، خاک، هوا و جانداران چهار منبع طبیعی و مهم و مورد نیاز هستند که تأمین همه نیازهای آدمی به وجود آنها وابسته است. ایران پنجمین کشور از لحاظ بیشترین سطح اراضی آبی با حدود ۹ میلیون هکتار است. با وجود اینکه حدود نیمی از اراضی زراعی ایران به صورت دیم کشت می‌شود، اما نزدیک به ۹۰ درصد تولیدات کشاورزی از کشت آبی تأمین می‌شود که این امر نشان‌دهنده اهمیت فوق‌العاده زیاد کشت آبی برای تأمین مواد غذایی در ایران است (نیریزی، ۱۳۹۰).

رشد سریع جمعیت به کاهش میزان سرانه قابل کشت و کمبود آب منجر شده است. فرسایش خاک، نابودی جنگل‌ها و مراتع و افت کیفیت آب از آثار جانبی افزایش شمار انسان‌هاست. این موضوع در نمودار (۴) به صورت دسترسی به آب و فاضلاب سالم در استان‌های مورد مطالعه نشان داده شده است. تقریباً تمامی استان‌های در بردارنده‌ی کلان شهرهای ایران تحت پوشش آب سالم قرار دارند ولی از لحاظ تحت پوشش بودن فاضلاب به ترتیب استان‌های گیلان و کرمان از بالاترین و پایین‌ترین پوشش برخوردارند.



نمودار (۴)- درصد تحت پوشش آب سالم و فاضلاب

در ادامه، متغیرهای منتخب تحت تجزیه واریانس قرار گرفته‌اند تا از طریق ماتریس نهایی درجه توضیح‌دهندگی هر متغیر به وسیله سایر متغیرها مشخص گردد. همچنین، سعی شده است از متغیرهای مربوط در هر مرحله با ترکیب خاصی استفاده شود به طوری که بیشترین توضیح‌دهندگی برای هر متغیر بدست آید و اثرات تخریب محیط‌زیستی در غالب متغیرهای جایگزین نظیر نرخ مرگ و میر، دسترسی به آب سالم و فاضلاب محاسبه گردد (جدول ۱).

جدول (۱) نسبت بیان‌کنندگی واریانس متغیرها دسته اول

	گازوئیل	گاز	نفت‌کوره	تراکم نسبی جمعیت	جمعیت
گازوئیل	۰/۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰	۰/۳۲۰۰۵	۰/۴۰۴۶۰
گاز	۰/۰۰۰۰۲	۰/۶۵۲۸۹	۰/۰۱۲۳۹	۰/۵۳۰۱۲	۰/۳۹۸۳۴
نفت‌کوره	۰/۰۰۰۰۳	۰/۱۲۴۷۸	۰/۷۲۸۶۰	۰/۰۰۰۳۹	۰/۱۰۰۷۵
تراکم نسبی جمعیت	۰/۷۴۸۶۵	۰/۰۰۱۹۰	۰/۰۱۳۴۲	۰/۰۲۸۹۲	۰/۰۱۹۹۷
جمعیت	۰/۲۵۱۳۰	۰/۲۲۰۴۳	۰/۲۴۵۶۰	۰/۱۰۰۶۱	۰/۰۷۶۳۴

منبع: یافته‌های تحقیق

در جدول (۱)، ردیف‌ها بیان‌کننده توضیح‌دهندگی متغیر مربوط به آن ردیف برای واریانس هر متغیر متناظر با آن ستون می‌باشد. برای مثال طبق جدول (۱)، ۳۲ درصد از واریانس تراکم نسبی جمعیت در هر استان به وسیله واریانس مصرف سوخت (گازوئیل) در کشور تفسیر می‌گردد. از طرف دیگر، در هر ستون از این ماتریس، تفسیر واریانس متغیر مربوط به آن ستون در مقابل سایر متغیرها نشان داده شده است و هر متغیر در طول این ستون بخشی از واریانس متغیر آن ستون را تفسیر می‌کند. به طوری که، در نهایت مجموع اعداد هر ستون یک خواهد بود که نشان از تفسیر کامل واریانس آن متغیر دارد. به طور مثال، برای ستون گازوئیل قسمت عمده واریانس به وسیله تراکم نسبی جمعیت در آن منطقه (۷۴ درصد) و میزان جمعیت خالص آن منطقه (۲۵ درصد) توضیح داده

می‌شود. همانطور که از نتایج جدول (۱) مشخص است رشد جمعیت و تراکم آن در استان‌های کشور یکی از مؤلفه‌های اصلی در آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از مصرف سوخت می‌باشد.

جدول (۲)، نسبت بیان‌کنندگی واریانس متغیرها دسته دوم ارائه شده است. در این جدول، مؤلفه اصلی میزان مرگ و میر در کنار متغیرهای مرحله قبل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است و ماتریس نهایی نشان از توضیح‌دهندگی بالای واریانس این متغیر به وسیله متغیر تولید ناخالص هر استان دارد. این امر خود گواه بر تأثیر تخریبی محیط زیستی تولید در کشور دارد به خصوص این مطلب با افزایش تولید در کنار مصرف بیشتر سوخت‌های فسیلی و آلودگی‌های ناشی از آن به خصوص در استان‌های صنعتی کشور دارد. در این قسمت، با قرار گرفتن تولید ناخالص داخلی در کنار متغیرهای مصرف سوخت در استان‌های کشور سعی شده است تا بتوان طبق جدول (۲) نشان داد که ماتریس نهایی تجزیه مؤلفه اصلی که ضرایب واریانس هر متغیر را برای توضیح واریانس متغیرهای دیگر در واقع شامل می‌شود، برای واریانس تولید ناخالص داخلی در هر استان طبق واریانس مصرف سوخت‌های فسیلی با (به ترتیب اهمیت؛ نفت ۴۱ درصد، گازوئیل ۲۷ درصد و گاز ۴۸ درصد) تعریف شوندگی همراه است. این امر خود سندی در تخریب‌های محیط‌زیستی همگام بر گسترش شهرک‌های صنعتی در هر استان می‌باشد که آلودگی‌های هوا، صوتی و آلودگی آب‌های زیرزمینی از اهم آن می‌باشد.

جدول (۲) نسبت بیان کنندگی واریانس متغیرها دسته دوم

	گازوئیل	گاز	نفت‌کوره	میزان خام مرگ و میر	تولید ناخالص داخلی
گازوئیل	۰/۱۱۸۱۵	۰/۰۰۴۹۹	۰/۰۲۴۸۰	۰/۰۰۰۰۰	۰/۲۷۳۲۴
گاز	۰/۰۰۰۰۴	۰/۳۵۹۶۶	۰/۰۰۶۸۴	۰/۰۰۰۰۰	۰/۴۸۹۳۶
نفت‌کوره	۰/۱۰۰۱۹	۰/۴۸۵۱۹	۰/۷۶۲۲۵	۰/۰۰۰۰۰	۰/۴۱۸۳۹
میزان خام مرگ و میر	۰/۵۵۸۶۷	۰/۰۶۱۳۱	۰/۰۶۵۷۲	۰/۰۰۰۱۸	۰/۰۱۷۱۷
تولید ناخالص داخلی	۰/۲۲۲۹۶	۰/۰۸۸۸۶	۰/۱۴۰۳۹	۰/۹۹۹۸۲	۰/۰۵۱۸۴

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول (۳)، نسبت بیان‌کنندگی واریانس متغیرها دسته سوم را نشان می‌دهد. نسبت‌های محاسباتی در این جدول نیز قدرت بیان‌کنندگی واریانس متغیرهای قرار گرفته در هر ستون توسط سایر متغیرهای موجود را نشان می‌دهد. برای مثال واریانس متغیر دسترسی به فاضلاب نتوانسته توسط سایر متغیرها که می‌توانند بر آن مؤثر باشند، مورد تفسیر قرار بگیرد، به همین دلیل بیش از ۹۸ درصد از واریانس این متغیر توسط خود آن تفسیر می‌گردد. در جدول (۳) می‌توان با تفکیک بهتری به متغیر میزان مرگ و میر در هر استان توجه نمود و در این ماتریس نیز نتایج طبق توضیحات فوق تفسیر می‌گردند.

واریانس متغیر میزان مرگ و میر در هر استان به خوبی به وسیله مؤلفه‌های به کار رفته در این تحلیل توضیح داده شده است. به طوری که به ترتیب ۲۶ درصد، تراکم نسبی جمعیت در هر منطقه و ۳۹ درصد عمده را دسترسی به فاضلاب در هر استان توضیح می‌دهند که این امر خود نشان از سطح پایین بهداشت و کیفیت محیط زیستی در مناطق پرجمعیت و آلودگی‌های ناشی از فقدان سیستم فاضلاب مناسب می‌باشد. قابل ذکر است با توجه به در دسترس بودن آب سالم در عمده‌ی استان‌های کشور این متغیر تأثیر منفی در میزان مرگ و میر کشور نداشته است. این در حالی است که رشد تولید ناخالص داخلی در هر استان و متعاقب آن رشد نسبی جمعیت در آن منطقه مجموعاً

حدود ۵۷ درصد دیگر از این توضیح‌دهندگی را در بر می‌گیرد. سایر متغیرها نیز طبق نتایج گذشته تفسیرهای یکسانی را در تصدیق نتایج فوق نشان می‌دهند.

جدول (۳) نسبت بیان‌کنندگی واریانس متغیرها دسته سوم

ردیف	سرانه هر استان از GDP	جمعیت	میزان مرگ و میر	تراکم نسبی جمعیت	درصد دسترسی به فاضلاب	درصد دسترسی به آب
سرانه هر استان از GDP	۰/۰۰۰۰۰	۰/۹۱۱۴۷	۰/۳۱۵۷۷	۰/۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰
جمعیت	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۱۶۷	۰/۲۴۷۳۲	۰/۱۴۴۹۰	۰/۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰
میزان خام مرگ و میر	۰/۷۷۳۴۰	۰/۰۲۷۹۳	۰/۰۰۰۰۰	۰/۵۳۸۲۰	۰/۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰
تراکم نسبی جمعیت	۰/۱۱۰۲۲	۰/۰۰۲۴۳	۰/۲۶۳۶۷	۰/۰۰۰۶۱	۰/۰۰۹۲۰	۰/۰۰۰۰۰
درصد دسترسی به فاضلاب	۰/۰۷۰۶۹	۰/۰۰۱۵۹	۰/۳۹۵۳۳	۰/۰۰۰۵۲	۰/۹۸۷۳۷	۰/۰۰۰۰۰
درصد دسترسی به آب	۰/۰۴۵۶۵	۰/۰۵۴۹۲	۰/۰۱۱۰۰	۰/۳۱۵۷۷	۰/۰۰۳۴۳	۱/۰۰۰۰۰

منبع: یافته‌های تحقیق

با توجه به نتایج بدست آمده در جدول (۳)، دسترسی به فاضلاب مناسب در استان‌های کشور و متناسب با این مؤلفه رشد تولید ناخالص داخلی در هر استان بیشترین واریانس و توضیح‌دهندگی (۷۰ درصد) را برای سایر متغیرها از جمله میزان مرگ و میر نشان می‌دهند. از طرف دیگر، رشد این دو متغیر عواقبی از جمله رشد نسبی جمعیت در آن منطقه و به تبع آن افزایش آلودگی‌های محیط زیستی ناشی از افزایش نیازهای مصرفی را نیز به همراه داشته‌اند.

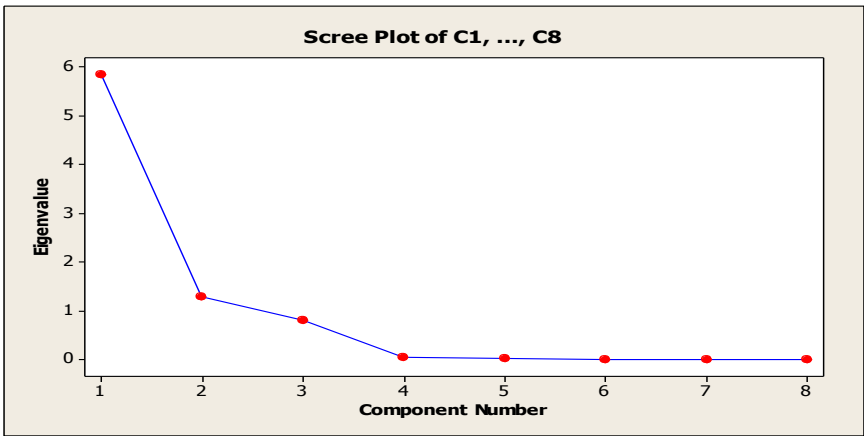
بردارهای نهایی تحلیل مؤلفه اصلی برای متغیرهای نهایی منتخب برای ارزیابی تخریب محیط زیست که در مراحل قبل مورد واکاوی قرار گرفتند، در جدول (۴) گزارش شده است.

جدول (٤) مقادیر ویژه برای ماتریس همبستگی (۸ متغیره)

انباشتگی	نسبت‌ها	مقادیر ویژه	بردارها
۰/۷۳۰	۰/۷۳۰	۵/۸۳۶۲	PC1
۰/۸۸۹	۰/۱۶۰	۱/۲۷۶۹	PC2
۰/۹۹۱	۰/۱۰۱	۰/۸۱۰۹	PC3
۰/۹۹۶	۰/۰۰۵	۰/۰۴۱۳	PC4
۰/۹۹۹	۰/۰۰۳	۰/۰۲۴۹	PC5
۱/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵۹	PC6
۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲۵	PC7
۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱۴	PC8

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول (۴) مؤلفه‌های اصلی بدست آمده را به همراه مقادیر ویژه آنها جهت گزینش بردارهای اصلی ارائه می‌دهد. در مرحله بعد با توجه به معیارهای بیان شده برای انتخاب تعداد بردارهای اصلی و با توجه به نمودار اسکری (نمودار ۵)، دو بردار اول انتخاب می‌گردند.



نمودار (۵) نمودار اسکری مربوط به مؤلفه‌های اصلی محاسبه شده

با توجه به معیار مقادیر ویژه نیز از آنجا که فقط بردارهای شماره یک و دو دارای مقادیر ویژه‌ی بزرگتر از یک هستند، نتایج معیار اول تأیید می‌گردد. جدول (۵)، بردارهای مؤلفه اصلی منتخب همراه با متغیرهای مورد استفاده جهت تعیین آنها را نشان می‌دهد.

جدول (۵) بردارهای ویژه اصلی برای ۸ متغیر منتخب

متغیرها	PC_1	PC_2
گازوئیل	-۰/۴۰۶	۰/۰۳۳
گاز	-۰/۴۰۹	۰/۰۷۶
نفت کوره	-۰/۳۹۸	۰/۲۰۸
تراکم نسبی جمعیت	-۰/۰۳۷	-۰/۷۱۵
میزان مرگ و میر	۰/۰۵۵	۰/۶۴۹
سهم هر استان از تولید ناخالص داخلی	-۰/۴۱۱	-۰/۰۷۱
دسترسی به آب سالم	-۰/۴۰۹	-۰/۱۰۸
دسترسی به فاضلاب	-۰/۴۰۹	۰/۰۲۱

منبع: یافته‌های تحقیق

در جدول (۶)، با استفاده از بردارهای بدست آمده، به رتبه‌بندی استان‌های مورد مطالعه از نظر میزان تخریب پرداخته شده است.

جدول (٦) رتبه‌بندی استان‌های دربرگیرنده‌ی کلان شهرهای ایران براساس شاخص محیط زیستی (۸ مؤلفه اصلی)

رتبه	مصرف سوخت	رتبه	سهم هر استان از GDP	رتبه	مقدار مولفه اصلی	استان (کلان‌شهر)
۱	۲۰/۴۴۹۳۱۵۰۷	۱	۳۰/۱۰	۱	۱/۷۷	تهران (تهران)
۲	۱۹/۳۴۷۹۴۵۲۱	۳	۶/۳۰	۲	۱/۵۵	اصفهان (اصفهان)
۳	۱۳/۸۲۴۶۵۷۵۳	۲	۱۲/۴۰	۳	۱/۴۸	خوزستان (اهواز)
۵	۱۰/۷۱۵۰۶۸۴۹	۴	۵/۴۰	۴	۱/۴۲	خراسان رضوی (مشهد)
۴	۱۲/۲۵۴۷۹۴۵۲	۵	۴/۳۰	۵	۱/۳۲	فارس (شیراز)
۶	۶/۸۶۳۰۱۳۶۹۹	۶	۳/۶۰	۶	۱/۲۶	آذربایجان شرقی (تبریز)
۷	۶/۰۴۳۸۳۵۶۱۶	۸	۲/۴۰	۷	۱/۲۰	گیلان (رشت)
۹	۵/۶۸۷۶۷۱۲۳۳	۷	۲/۷۰	۸	۱/۰۲	کرمان (کرمان)
۸	۵/۸۶۵۷۵۳۴۲۵	۱۰	۲/۰۰	۹	۰/۹۸	مرکزی (اراک)
۱۲	۳/۳۳۶۹۸۶۳۰۱	۱۱	۱/۷۰	۱۰	۰/۹۶	کرمانشاه (کرمانشاه)
۱۰	۳/۶۵۴۷۹۴۵۲۱	۱۲	۱/۶۰	۱۱	۰/۹۲	همدان (همدان)
۱۱	۳/۴۱۹۱۷۸۰۸۲	۱۳	۱/۱۰	۱۲	۰/۸۹	سیستان و بلوچستان (زاهدان)
۱۳	۲/۷۵۸۹۰۴۱۱	۱۴	۱/۰۰	۱۳	۰/۸۷	قم (قم)
۱۴	۲/۷۸۹۰۴۱۰۹۶	۹	۲/۳۰	۱۴	۰/۸۳	آذربایجان غربی (ارومیه)

منبع: یافته‌های تحقیق

جهت مقایسه نتایج حاصل از مؤلفه‌های اصلی منتخب با رتبه هر استان در میزان تولید ناخالص داخلی و میزان مصرف سوخت، سعی شده رتبه‌بندی این موارد نیز در ستون‌های بعدی قرار بگیرند. همانطور که در جدول (۶) مشاهده می‌شود نتایج نهایی حاصل از مؤلفه‌های اصلی منتخب در رتبه‌بندی درجه تخریب استان‌های مورد مطالعه در بیشتر موارد توانسته است رتبه‌بندی مصرف سوخت در استان‌ها و میزان تولید ناخالص داخلی در هر استان را نیز پوشش دهد. قابل ذکر است هر کدام از متغیرهای بیان شده با توجه به اهمیت آن، سهمی درصدی از هر مؤلفه اصلی منتخب را شامل می‌شود. در مرحله پایانی، با استفاده از مقادیر بدست آمده از درجه تخریب به کمک مؤلفه‌های اصلی منتخب، استان‌های مورد مطالعه به چهار دسته از نظر درجه تخریب تقسیم‌بندی می‌گردند (خاتون، ۲۰۰۹)، که بازه‌های تعیین شده در هر طبقه در جدول (۷) ارائه می‌گردد.

نتایج نهایی نشان می‌دهد که شهرهای تهران و اصفهان با توجه به تولیدات فراوان صنعتی و مصرف بالای سوخت در کنار جمعیت زیاد خود دارای بیشترین درجه تخریب محیط زیستی می‌باشند. شهرهای اهواز، شیراز و مشهد نیز در طبقه پایین‌تر با درجه تخریب متوسط قرار دارند که در مقایسه با شهرهای اصفهان و تهران کاملاً قابل مقایسه و منطبق بر انتظارات می‌باشد. همانطور که در مراحل اولیه تجزیه و تحلیل اطلاعات مشاهده شد معمولاً استان‌هایی که سطوح پایین‌تری از جمعیت و تولیدات صنعتی و به تبع آن مصرف کمتر از سوخت‌های فسیلی را در کشور دارا می‌باشند، در طبقات پایین‌تری از درجه تخریب قرار گرفته‌اند. برای سایر کلان شهرها نیز همخوانی نتایج با سایر

ویژگی‌های هر شهر به خوبی گویای بیان‌کنندگی مناسب مؤلفه‌های اصلی بدست آمده با توجه به شش متغیر انتخاب شده برای تعیین درجه تخریب محیط زیست می‌باشد.

جدول (۷) نمایی از درجه تخریب محیط زیستی برای کلان شهرهای کشور

بازه	درجه‌ی تخریب	کلان شهرها
۰/۸۳ – ۱/۰۵	بسیار کم	کرمان، اراک، کرمانشاه، همدان، زاهدان، قم، ارومیه
۱/۰۶ – ۱/۲۹	کم	تبریز، رشت
۱/۳۰ – ۱/۵۲	متوسط	اهواز، شیراز، مشهد
۱/۵۳ – ۱/۷۷	بالا	تهران، اصفهان

منبع: یافته‌های تحقیق

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به نتایج حاصل از تعیین بردارهای مؤلفه اصلی تخریب محیط زیست که در قالب بردارهای PC_1 و PC_2 در جدول (۵) بدست آمده است و تأثیرگذاری هر یک از متغیرهای تعیین شده (مصرف گازوئیل، گاز و نفت کوره، تراکم نسبی جمعیت، میزان مرگ و میر، سهم هر استان از تولید ناخالص داخلی، دسترسی به آب سالم، دسترسی به فاضلاب) که در تعیین این مؤلفه‌های به کار گرفته شده‌اند و همچنین نتایج حاصل از جداول توضیح دهندگی واریانس این متغیرها به وسیله سایر متغیرها (جداول یک تا ۳)، از این پژوهش پیشنهاد می‌گردد همگام با رشد تولید ناخالص داخلی در استان‌های کشور در جهت تأمین آب سالم و فاضلاب اقدام گردد تا از این طریق بتوان در کاهش تخریب محیط زیست و آسیب‌های انسانی حاصل از این تخریب گام برداشت. در واقع، تا سطح بالایی از متغیر میزان مرگ و میر و آلودگی‌های ناشی از افزایش تولید ناخالص داخلی در نتیجه مصارف بالای سوخت به وسیله متغیر دسترسی به آب و تأمین فاضلاب مناسب در هر شهر قابل تبیین است، لذا بهبود وضعیت این عامل در سطوح چنین شهرهایی ضروری می‌باشد.

از طرفی، با توجه به آنچه در جدول (۶) ارائه شده است، نتایج مشابه مؤلفه‌های اصلی بدست آمده در سطح هر استان در کنار رتبه هر استان از تولید ناخالص داخلی به خوبی ارتباط این موضوع را بر تخریب محیط زیست بیشتر نمایان می‌سازد و لذا تأمین شرایط بهداشتی و سایر عواملی که قدرت مقابله با اثرات سوء این متغیر را دارا می‌باشند، از جمله دسترسی به شرایط مناسب محیطی فاضلاب و آب الزامی می‌باشد.

از سوی دیگر، ملاحظه گردید که رشد و وابستگی تولید ناخالص داخلی کشور به مصارف سوخت‌های تجدیدناپذیر که هم در مرحله استخراج و پس از آن در مرحله مصرف با تخریب محیط زیست همراه می‌باشد عامل اساسی در کاهش رفاه جمعیت و افزایش آلودگی‌های محیط زیستی می‌باشد که می‌توان با حرکت به سمت تولید پایدار و بهره‌مندی از انرژی‌های نو از آن جلوگیری نمود. نکته‌ی نهایی عدم توزیع متناسب جمعیت در کشور و رشد جمعیت در کلان شهرها می‌باشد که توأمان با گسترش تخریب و آلودگی محیط زیستی بوده است که همراه با کاهش توان محیط زیست در کنترل و تعدیل محیطی می‌باشد. لذا، پیشنهاد می‌شود با مدیریت صحیح شهری و اصول توسعه پایدار به کنترل و توزیع متناسب جمعیت پرداخته شود که البته مدیریت صحیح امکانات شهری در سایر مناطق و فاکتورهایی از جمله اشتغال، تأمین امکانات معیشتی و خدمات رفاهی می‌تواند در این امر بسیار قابل توجه باشد.

منابع

ارقامی، ن. و بزرگ‌نیا، ا. (۱۳۷۰) آمار چند متغیره کاربردی. *نشر بنیاد فرهنگی رضوی*، ص ۱۵۵.

آماده، ح. حق‌دوست، ا. و اعظمی، آ. (۱۳۸۶) بررسی رابطه حجم گازهای گلخانه‌ای و تولید ناخالص داخلی سرانه در ایران. *مجله پژوهش‌های اقتصادی*، سال نهم، شماره (۴): ۲۳۷-۲۰۹.

بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. (۱۳۸۸) روش تحلیل مؤلفه‌ی اساسی و بررسی عوامل. *مجموعه پژوهش‌های اقتصادی*.

زالی، ح. رضایی طاویرانی، م. صید خانی نهال، ع. و مرادی، ش. (۱۳۹۱) به کارگیری آمار غیر خطی (آنالیز مولفه اصلی) در آنالیز داده های تمایز سلول بنیادی به آستروسیت. *مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی ایلام*، دوره ۲۰، شماره (۴)، ۲۸۱-۲۸۱.

سایت آمار صنعت برق، (۱۳۹۲) به آدرس: www.amar.tavanir.org.ir/.

سروستانی، م. (۱۳۸۸) بررسی روند جمعیت و تأثیر آن بر فضای سبز طی سه دهه گذشته. *اولین کنفرانس بین‌المللی ژئوماتیک، تهران*.

سمیعی‌نسب، م. و ترابی، م. (۱۳۸۹) .شاخص‌ها و سیاست‌های جمعیتی در ایران. *فصلنامه برداشت دوم*، سال هفتم، شماره پیاپی (۱۱) و (۱۲).

شاه دوستی، ح. ر. و قاسمیان، م. ح. (۱۳۹۲) استفاده از تبدیل PCA مکانی جهت ادغام تصاویر چند طیفی و تک رنگ، *دو فصلنامه پردازش علائم و داده‌ها*. شماره ۱۹: ۷۸-۶۹.

شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، (۱۳۹۲) به آدرس: www.nww.co.ir/.

شکیبا، ع. عظیمی، ف. و سعیدی، ن. (۱۳۸۵) پهنه‌بندی اقلیم کشاورزی جنوب و جنوب غرب ایران با استفاده از روش تحلیل مؤلفه اصلی. *مجله دانش کشاورزی*، دوره ۱۳، شماره (۱): ۹۵-۷۱.

شیخ الاسلامی، ع. باقری خلیلی، ف. و محمودآبادی، ع. (۱۳۹۱) کاهش متغیرهای ورودی در فرآیند مدلسازی تصادفات آزادراه‌ها با استفاده از روش تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی. *مجله مهندسی حمل و نقل*، سال سوم، شماره (۴): ۳۳۸-۳۲۵.

عسگری، ع. (۱۳۹۱) راهنمای جامع تجزیه و تحلیل داده‌های تک متغیره و چند متغیره. شیراز؛ انتشارات کوشا مهر، ۴۴۶ ص.

عشوری، پ. و فریادی، ش. (۱۳۸۹) ارزیابی توانایی مناطق طبیعت‌گردی با استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل چند معیاره، مطالعه موردی: دهستان لواسان کوچک. *فصلنامه محیط شناسی*، ۵۵: ۱۲-۱.

غفاری، م. (۱۳۸۲) بکارگیری تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای انتخاب برترین هیبریدهای سه جانبه در آفتابگردان. *مجله نهال و بذر*، دوره ۱۹، شماره ۴: ۵۲۷-۵۱۳.

کلانتری، خ. (۱۳۸۸) پردازش و تحلیل داده‌ها در تحقیقات اجتماعی- اقتصادی. *نشر فرهنگ صبا*، چاپ سوم: ۳۰۳-۲۹۵.

محدث، ف. (۱۳۸۹) روش تحلیل مؤلفه‌های اساسی و بررسی عوامل، مطالعه موردی: استخراج شاخص قیمت دارایی ها و بررسی اثر آن بر تورم. *مجموعه پژوهش‌های اقتصادی*، بانک مرکزی ایران، شماره ۴۱، ۵۵-۱.

محمودی، ن. و شاهنوشی، ن. (۱۳۹۱) سرمایه‌گذاری، مصرف انرژی و آلودگی در کشورهای در حال توسعه. *هشتمین همایش دوسالانه اقتصاد کشاورزی ایران*، دانشگاه شیراز.

مرکز آمار ایران، (۱۳۹۲). به آدرس: www.amar.org.ir/.

مقدم، م. محمدی، س. ا. و آقایی سربرزه، م. (۱۳۸۸) آشنایی با روش‌های آماری چند متغیره. *انتشارات پریور*، تبریز، ۲۸۰ ص.

موسوی ندوشنی، ح. (۱۳۹۱) مقدمه‌ای بر تحلیل مؤلفه‌های اصلی. *انتشارات دانشگاه صنعت آب و برق*. چاپ اول: ۶۵-۴۰.

میرکریمی، س. ح. سعیدی، س. محمدزاده، م. و سلمان ماهینی، ع. (۱۳۹۳) کاربرد روش PCA در ارزیابی کیفیت بصری سیمای سرزمین، مطالعه موردی: حوزه زیارت استان گلستان. *محیط شناسی*، دوره ۴۰، شماره (۲): ۴۶۲-۴۵۱.

نیریزی، س. (۱۳۹۰) ایران پنجمین کشور جهان از جهت مساحت اراضی آبی. *بیست و یکمین کنفرانس بین‌المللی صنعت آبیاری و زهکشی*، تهران.

Abdi, H. and Williams, L.J. (2010) Principal component analysis. Compute Statistical, 2: 433-59.

Diana, D. and Suhr, A. (2004) Principal Component Analysis vs. Exploratory Factor Analysis, University of Northern Colorado.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, (2013) http://www.fao.org

Hassanipak, A.A. and Sharafeddin, M. (2005) Exploration Data Analysis, Tehran university press, 977 p.

Jha, R. and Murthy, K.V. (2001) An inverse global environmental kuznets curve, trade and devel-opment, 2001/02. Canberra, Australia: Economics RSPAS, Australian National University.

Jolliffe I.T. (2002) Principal Component Analysis. 2nd ed. Springer: NY, P:48-28.

Khatun, T. (2009) Measuring environmental degradation by using principal component analysis. Springer Science+Business Media B.V. 2007, DOI 10.1007/s10668-007-9123-2.

Masahauri, D.A. and Omari, C.K. (1997) Poverty and environment. Available at: http://www.jet.co.t3/ paper4.htm.

Shyamsundar, P. (2000) Poverty-Environment Indicators. Environmental Economic Series Paper No. 84, World Bank Environment Department.

Soe, M., Aung Kyaw, T. and Takashima, I. (2005) Application of remote sensing techniques on iron oxide detection from aster and landsat images of Tanin Coastal Area Myanmar in: Akita University. 26: 21-28.

UNEP. (1995) Poverty and the environment: Reconciling short-term needs with long-term sustainability goals. Nairobi: UNEP.

Van Lerland C.E. (1993) Macroeconomicanalysis of environmental policy. Netherland: Elsevier.

Wang, J., Kang, S., Sun, J. and Chen, Z. (2013). Estimation of crop water requirement based on principal component analysis and geographically weighted regression. Chinese science bulletin. 58 (27): 3371-3379.