University of Tehran Press

Journal of Natural Environment

Online ISSN: 2423-7817

Homepage: https://jne.ut.ac.ir/

Determination of the most effective indicators of environmental sustainability in Tehran and Alborz provinces

Mina Salehnia[1]✉ | Zahra Vahidi[2]

1. Corresponding Author, Department of Natural Resources and Environmental Economics, Agricultural Planning, Economic and Rural Development Research Institute (APERDRI), Tehran, Iran. E-mail: m.salehnia@agri-peri.ac.ir
2. Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture and Natural Resources of Tehran University, Tehran, Iran. E-mail: vahidi.z2016@gmail.com

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 1 January 2024

Received in revised form 3 February 2024

Accepted 1 March 2024

Published online 4 May 2024

Keywords:

Environment,

Indicators,

Shannon entropy,

Sustainability.

ABSTRACT

Since any activity to improve the quality of human life is done in the environment, the state of the environment and its resources will affect the development process in terms of sustainability or unsustainability. Environmental indicators as the first evaluators of pressure on the environment, determining the state of the environment and evaluating the considered approaches, play an important role in the environmental sustainability report. Tehran and Alborz provinces are facing limited resources, increasing population growth and changing material and energy consumption patterns due to overloading of population and activity; which has caused the pressure on the environment and natural resources in these provinces to increase everyday. Therefore, in this study, the environmental sustainability of Tehran and Alborz provinces was determined with the approach of indices and Shannon entropy method. For this purpose, 13 indicators were selected for Tehran and Alborz provinces in the period of 2004-2020, which factors such as measurability and scientific suitability played an important role in collecting information. The weighting of indicators using the Shannon entropy method showed the highest relative weight with the amount of 0.392 (that is, more than a third of the total weights obtained) belongs to the fires in forests and pastures. The watershed management programs with a weight of 0.292 have been assigned the second importance. The calculation of the composite sustainability index also indicates that Tehran and Alborz provinces have seen a decline in environmental sustainability during 2004-2020. The activities carried out in the field of desertification, sewer network, and distributing chemical fertilizers have also been other effective factors to a lesser extent in the composite index in these years, which in total accounted for 16.9% of the weight of the indicators. Sustainable and community-oriented management of natural resources; Resolving legal deficiencies; completeness of detailed and operational studies of the remaining watershed management activities; and encouraging and persuading the use of organic fertilizers are recommendations of present study.

Cite this article: Salehnia, M., & Vahidi, Z. (2024). Determination of the most effective indicators of environmental sustainability in Tehran and Alborz provinces. *Journal of Natural Environment*, 77 (1), 1-13. DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2024.370468.2634

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2024.370468.2634

محیط زیست طبیعی
شاپای الکترونیکی: ۷۸۱۷-۲۴۲۳
Homepage: https://jne.ut.ac.ir/
انتشارات دانشگاه تهران

شناسایی شاخص‌های مؤثر پایداری محیط‌زیستی در استان‌های تهران و البرز

مینا صالح‌نیا[1]✉ | زهرا وحیدی[2]

۱. نویسنده مسئول، گروه پژوهشی اقتصاد منابع طبیعی و محیط‌زیست، مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعهٔ روستایی، تهران، ایران. رایانامه: m.salehnia@agri-peri.ac.ir

۲. گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: vahidi.z2016@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۱/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۱
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۲/۱۵

کلیدواژه‌ها:
آنتروپی شانون، پایداری، شاخص‌ها، محیط‌زیست.

چکیده

از آنجا که هر گونه فعالیت برای ارتقای سطح کیفی زندگی انسان در محیط‌زیست انجام می‌شود، بنابراین پایداری محیط‌زیست و منابع آن بر فرآیند توسعه تأثیر به‌سزایی خواهد گذاشت. شاخص‌های محیط‌زیستی به‌عنوان نخستین ارزیاب‌های فشار بر محیط‌زیست، نقش مهمی در گزارش پایداری محیط‌زیستی ایفا کرده و به تعیین وضعیت محیط‌زیست و ارزیابی رهیافت‌های در نظر گرفته شده می‌پردازند. استان‌های تهران و البرز به‌دلیل بارگذاری بیش از حد جمعیت و فعالیت، با محدودیت منابع، رشد روزافزون جمعیت و تغییر الگوهای مصرف ماده و انرژی مواجه هستند که موجب شده است فشار وارده بر محیط‌زیست و منابع طبیعی در این استان‌ها هر روز افزایش یابد. بنابراین در این مطالعه به تعیین میزان پایداری محیط‌زیستی استان‌های تهران و البرز با شناسایی و انتخاب شاخص با استفاده از روش آنتروپی شانون اقدام شد. انتخاب ۱۳ شاخص مرتبط در دورهٔ زمانی ۱۳۹۹–۱۳۸۳ و وزن‌دهی و محاسبهٔ شاخص پایداری مرکب با استفاده از روش آنتروپی شانون نشان داد استان‌های تهران و البرز طی بازهٔ زمانی مذکور شاهد روند کلی افت پایداری محیط‌زیستی بوده و در سال ۱۳۹۸ ناپایدارترین وضعیت را تجربه نموده‌اند. همچنین آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع، و فعالیت‌های اجرایی آبخیزداری به‌ترتیب مهم‌ترین شاخص‌های این مطالعه شناخته شدند که در مجموع ۶۸ درصد از وزن نسبی کل شاخص‌ها را به‌خود اختصاص می‌دهند. فعالیت‌های بیابان‌زدایی، احداث شبکهٔ جمع‌آوری فاضلاب و مقدار انواع کودهای شیمیایی از دیگر فاکتورهای تأثیرگذار در پایداری مرکب استان‌های مورد مطالعه بودند. مدیریت پایدار و اجتماع محور منابع طبیعی، ایجاد بازدارندگی در جرائم مربوط به آتش‌سوزی، تکمیل مطالعات تفصیلی و اجرایی حوضه‌های آبخیز و تشویق و ترغیب به استفاده از کودهای آلی، از پیشنهادهای مطالعهٔ حاضر می‌باشد.

استناد: صالح‌نیا، مینا ؛ و وحیدی، زهرا (۱۴۰۳). شناسایی شاخص‌های مؤثر پایداری محیط‌زیستی در استان‌های تهران و البرز. *محیط زیست طبیعی*، ۷۷ (۱)، ۱۳-۱.
DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2024.370468.2634

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
© نویسندگان.

مقدمه

برآورد می‌شود جمعیت رو به افزایش جهان در سال ۲۰۲۵ به رقمی معادل ۸/۴ میلیارد نفر برسد. چگونگی برهم‌کنش این جمعیت با محیط‌زیست پیرامون خود شایان توجه است؛ چرا که بحران محیط‌زیست امروزه به یک موضوع جدی و نگران‌کننده برای سیاست‌گذاران تبدیل شده است. حفاظت از محیط‌زیست بی‌تردید یکی از چالش برانگیزترین مسائل در دهه‌های آتی است (Klemeš, 2015). از آنجا که هر گونه فعالیت برای ارتقای سطح کیفی زندگی انسان در محیط‌زیست انجام می‌شود، بنابراین پایداری محیط‌زیست و منابع آن بر فرآیند توسعه تأثیر به‌سزایی خواهد گذاشت. بر این اساس، بدون توجه به مفهوم پایداری محیطی، هر بحثی دربارهٔ توسعهٔ پایدار ناتمام و ناقص تلقی می‌شود (Esmaeilzadeh *et al*., 2020). تاکنون کنفرانس‌ها و اجلاس‌های بین‌المللی بسیاری در این خصوص برگزار شده و کشورها به معاهدات و کنوانسیون‌های متعددی برای جلوگیری از بحرانی‌تر شدن وضعیت محیط‌زیست جهانی متعهد شده‌اند. در ایران نیز به‌طور خاص مهم‌ترین اقدام در زمینهٔ تقویت مقررات و تضمین فعالیت‌های محیط‌زیستی، تصویب اصل پنجاهم قانون اساسی است که حفاظت از محیط‌زیست را یک وظیفهٔ عمومی و هر گونه فعالیت مخرب آن را ممنوع شمرده است (Lesani and Edalatju, 2017). متأسفانه به‌رغم برخورداری از فرصت‌های مناسب در طی سال‌های اخیر، مساحت قابل توجهی از زیستگاه‌های گیاهی، جانوری و دریایی کشور در معرض آلودگی و تخریب قرار گرفته‌اند؛ که در بعضی موارد احیاء و بازسازی آن‌ها بسیار دشوار و گاه جبران‌ناپذیر است. چنان که آخرین گزارش منتشرهٔ سازمان حفاظت محیط زیست کشور در سال ۱۳۹۴، نشان می‌دهد بخش اعظم تغییرات در بازهٔ زمانی ده ساله ۱۳۹۲-۱۳۸۳ در شاخص‌های کلان کشور نشان از تنزل وضعیت در این شاخص‌ها داشته است. کاهش ظرفیت زیستی کشور در سال‌های مذکور، افزایش ردپای اکولوژیک، افزایش شدت انرژی، کاهش بهره‌وری انرژی، سهم ناچیز درآمد کشور از اکوتوریسم، سهم اندک بهره-مندی از انرژی‌های تجدیدپذیر، کاهش شدید نرخ رشد تولید ناخالص ملی، افزایش تراز منفی میان هزینه و درآمد خانوار، و افت شاخص عملکرد محیط‌زیستی در کشور از اهم نکاتی است که نیاز به برنامه‌ریزی و مدیریت هر چه کاراتر در اصلاح این شاخص‌ها دارد (Department of Environment, 2015).

به‌منظور حصول پایداری محیط‌زیست، طرح‌ریزی یک برنامهٔ مدیریتی صحیح اجتناب‌ناپذیر است. توجه به برنامه‌ریزی محیط‌زیستی جهت استفادهٔ شایسته و پایدار از کل امکانات سرزمین و پیشگیری از بحران‌های محیط‌زیستی محتمل، یکی از موضوعاتی است که مورد توجه سیاست‌گذاران و مدیران قرار گرفته است. با ارزیابی میزان پایداری و مشخص شدن روند حرکت رو به توسعهٔ محیط‌زیست و تهدیدهای پیش روی، می‌توان نسبت به تدوین برنامه‌های واقع‌بینانه برای بهبود پایداری در این بخش اقدام نمود (Tayebzadeh et al., 2015).

معرفی شاخص‌های پایداری در حوزهٔ مربوطه می‌تواند جهت تعیین وضعیت موجود و ارائهٔ برنامهٔ آتی توسعهٔ پایدار، مؤثر واقع شود (Dong and Hauschild, 2017). از دیدگاه برنامه‌ریزی، آمایش و توسعهٔ منطقه‌ای، هدف غایی از تدوین شاخص‌ها، در اختیار قرار دادن ابزارهای ملموس برای طرح‌ریزی کاربردهای مختلف در سطح سرزمین در راستای بهبود کیفیت زندگی، توجه به کیفیت محیط‌زیست و جلوگیری از آلودگی و تخریب آن است. شاخص‌های محیط‌زیستی به‌عنوان نخستین ارزیاب‌های فشار بر محیط‌زیست، نقش مهمی در گزارش پایداری محیط‌زیستی ایفا کرده و به تعیین وضعیت محیط‌زیست و ارزیابی رهیافت‌های در نظر گرفته شده می‌پردازند (Niemeijer and de Groot, 2008). در مجموع پرداختن به موضوع مهم سنجش و ارزیابی پایداری محیط‌زیست، تصمیم‌گیرندگان را قادر خواهد ساخت تا با داشتن شناخت کافی از منطقهٔ مورد مطالعه به برنامه‌ریزی و مدیریت آن اقدام کنند. از این‌رو در مطالعهٔ حاضر به ارزیابی پایداری محیط‌زیستی در سطح استان‌های تهران و البرز با روش آنتروپی شانون پرداخته شده است.

استان تهران به مرکزیت شهر تهران، با وسعتی حدود ۱۲۹۸۱ کیلومترمربع و جمعیتی بیش از ۱۴ میلیون نفر، حدود ۱۸ درصد جمعیت کشور را در خود جای داده است (Department of Environment of Tehran Province, 2023). در حال حاضر شهر تهران بزرگترین و متراکم‌ترین سکونتگاه انسانی در فلات ایران است که در استقرار اولیهٔ خود در یکی از بهترین موقعیت‌های طبیعی و آب و هوایی فلات ایران قرار گرفته است. به نظر می‌رسد بارگذاری بیش از حد جمعیت و فعالیت طی بیش از دویست سال، به حدی شرایط محیطی، جغرافیایی و اکوسیستم‌های طبیعی پیرامون این شهر را دگرگون کرده که نه تنها دیگر جزء مکملی

از اکوسیستم احاطه‌کنندهٔ خود نیست، بلکه حتی امروزه تأمین نیازهای زیستی و اجتماعی بشر در آن با مشکلات متعددی همراه شده است (Madanipour and Zaravand, 2002). استان البرز با مساحت ۵۱۲۱/۷ کیلومتر مربع در سال ۱۳۸۹ تأسیس شده و در مجموع ۳/۶ درصد از مساحت کل کشور را به‌خود اختصاص داده است (Department of Environment of Alborz Province, 2023). کرج به‌عنوان مرکز استان در ۲۰ کیلومتری غرب تهران و در حوزهٔ استحفاظی استان تهران قرار گرفته است که با جمعیتی بالغ بر ۱/۵ میلیون نفر، چهارمین شهر پرجمعیت ایران پس از شهرهای تهران، مشهد، و اصفهان محسوب می‌گردد (Alborz General Directorate of Culture and Islamic Guidance, 2023). 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 در این استان‌ها هر روز افزایش یابد. فشار شهرنشینی طی دهه‌های گذشته همراه با خلاء ضوابط و مقررات کارآمد، منابع طبیعی و زیست‌بوم را به‌شدت تحت تأثیر قرار داده است (Shahi *et al*., 2018). رصد و پایش مستمر وضعیت محیط‌زیست می‌تواند ضمن آگاهی‌بخشی به سیاست‌گذاران و تصمیم‌سازان، آنان را در راستای اخذ تصمیمات صحیح‌تر یاری رساند. بنابراین این مطالعه به ارزیابی پایداری محیط‌زیستی استان‌های تهران و البرز اختصاص یافته است.

مطالعات متعددی در داخل و خارج از کشور به بررسی و ارزیابی پایداری محیط‌زیست پرداخته‌اند. به‌عنوان نمونه Amirnejad و Salari Bardsiri (۲۰۱۴) به بررسی و اندازه‌گیری درجهٔ تخریب محیط‌زیست در کلان‌شهرهای ایران با استفاده از تکنیک تحلیل مؤلفه‌های اصلی پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد شهرهای تهران و اصفهان نسبت به دیگر شهرهای ایران دارای درجهٔ تخریب محیط‌زیستی بیشتری هستند. Maleki و Saeedi (۲۰۱۶) با استفاده از روش Topsis به بررسی پایداری توسعهٔ محیط‌زیستی شهرستان‌های استان خوزستان پرداخته‌اند. نتایج مطالعه نشان داد از دیدگاه توسعهٔ محیط‌زیستی، شهرستان‌های شمال استان برتر از شهرستان‌های جنوب استان هستند. Sabiha و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای به بررسی پایداری محیط‌زیستی در کاشت گونهٔ پر محصول برنج با استفاده از سه دسته شاخص در سه ناحیه از شمال غربی بنگلادش پرداختند. براساس نتایج، کاشت برنج آسیب محیط‌زیستی بالایی در نواحی مورد مطالعه ایجاد کرده و به‌منظور دستیابی به کشاورزی پایدار لازم است مداخلهٔ سیاستی صورت پذیرد. Cook و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی شاخص اندازه‌گیری پایداری محیط‌زیستی در سطح کشورهای ایسلند و نروژ پرداخته و نتیجه گرفتند کمبود داده‌ها به‌ویژه در سطح ملی، مانع اندازه‌گیری صحیح پایداری محیط‌زیستی است. Emadoddin و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از شاخص‌های محیط‌زیستی شهری و مدل ساو و امتیازدهی به روش آنتروپی شانون به سطح‌بندی شهرستان‌های استان البرز پرداخته و نتیجه گرفتند شهرستان‌های ساوجبلاغ، کرج و نظرآباد به‌ترتیب در رتبهٔ اول تا سوم توسعهٔ محیط‌زیستی قرار دارند. Nazmfar و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از روش توصیفی-تحلیلی و انتخاب ۱۳ شاخص به ارزیابی پایداری محیط‌زیستی شهرستان‌های استان آذربایجان شرقی اقدام کردند. نتایج حاکی از تفاوت در پایداری محیط‌زیستی در بین شهرستان‌های استان می‌باشد؛ به گونه‌ای که از ۲۰ شهرستان، ۴ شهرستان پایدار، ۲ شهرستان نسبتاً پایدار، ۶ شهرستان نیمه‌پایدار، ۵ شهرستان نسبتاً نیمه‌پایدار و ۳ شهرستان جزء شهرستان‌های محروم استان از لحاظ شرایط محیط‌زیستی می‌باشند. Stanujkic و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از روش آنتروپی شانون به ارزیابی دستیابی به اهداف توسعهٔ پایدار در کشورهای اتحادیه اروپا پرداختند. نتایج حاکی از جایگاه اول کشور سوئد و جایگاه آخر کشور رومانی است. همچنین روش آنتروپی برای انجام تحلیل‌های مشابه، قابل استفاده تشخیص داده شد. Czupich و همکاران (۲۰۲۲) با هدف ارزیابی سطح پایداری محیط‌زیستی شهرهای پایتخت اتحادیه اروپا، از یک شاخص ساختگی، تشکیل شده از نشانگرهای کمی و کیفی، بهره گرفتند. نتایج رتبه‌بندی نشان داد موقعیت مکانی شهرها در سطح کیفی محیط‌زیست تأثیرگذار است؛ به‌طوری که پایتخت‌های قرار گرفته در شمال اروپا، وضعیت محیط‌زیستی بهتری را شاهد می‌باشند.

مرور منابع موجود حاکی از کاربرد روش آنتروپی شانون در داخل کشور در حوزه‌هایی نظیر پایداری محیط‌زیست شهری (Emadoddin *et al*., 2019)، پایش کیفیت آب (Akhooni Pourhosseini and Ebrahimi, 2020 و Akhooni Pourhosseini and Ghorbani, 2016)، توسعهٔ گیاهان دارویی (Noorhosseini *et al*., 2018)، و پایداری بوم نظام‌های زراعی (Esmaeilzadeh *et al*., 2020) است. در این مطالعات، بر صحت کاربرد روش آنتروپی شانون به‌منظور وزن‌دهی به

مؤلفه‌های مختلف تأکید شده است. مطالعات داخلی انجام گرفته در مورد وضعیت محیطزیستی استان‌های تهران و البرز عموماً در حیطهٔ زیستگاه انسانی (Shahi *et al*., 2018) و مخاطرات محیطی (Moghadasi *et al*., 2017) می‌باشند. با توجه به اهمیت محیطزیست و نقش آن در زندگی کلیهٔ افراد جامعه و نیز مشکلات محیطزیستی موجود در کشور، سنجش میزان پایداری و شناسایی عوامل مؤثر بر آن برای پیشگیری از مشکلات محیطزیستی، حفظ بازدهی منابع و استفادهٔ پایدار از آن در طولانی‌مدت ضروری است. این موضوع به‌ویژه در مورد استان‌های تهران و البرز که بارگذاری بسیار زیاد جمعیت و فعالیت در آن‌ها، وضعیت محیطزیست را به چالش کشیده است، اهمیت بیشتری می‌یابد. هنگام در نظر گرفتن پایداری یک فعالیت یا سیستم، لازم است به سه سوال پرداخته و به آن‌ها پاسخ داده شود: ۱) سیستمی که باید حفاظت شود، چیست و محدودهٔ آن کجاست؟ ۲) در چه مقیاس زمانی بررسی خواهد شد؟ و ۳) کیفیت سیستم که باید حفظ شود یا بهبود پیدا کند، چگونه است؟ به‌منظور دسترسی به کیفیت سیستم، از شاخص‌ها و روش‌های مربوطه استفاده می‌شود (Dong and Hauschild, 2017). بنابراین این مطالعه درصدد است با تعیین شاخص‌های مهم پایداری استان‌های مورد مطالعه، وزن‌دهی شاخص‌ها با استفاده از روش آنتروپی شانون و ادغام شاخص‌ها در قالب یک شاخص مرکب به این سوال پاسخ دهد که «میزان پایداری شاخص‌های محیطزیستی استان‌های تهران و البرز در طول زمان به چه میزان بوده و با چه روندی تغییر یافته است؟» نتایج این مطالعه می‌تواند راهنمای سیاست‌گذاران جهت بهبود سیاست‌های محیطزیستی این دو استان در حوزهٔ پایداری باشد.

روش‌شناسی پژوهش

در مطالعهٔ حاضر، عواملی از جمله قابلیت اندازه‌گیری و تناسب علمی در جمع‌آوری اطلاعات مرتبط با شاخص‌ها نقش مهمی داشت. در همین راستا، ۱۳ شاخص مربوط به دورهٔ زمانی ۱۳۹۹–۱۳۸۳ در حیطهٔ استان‌های تهران و البرز انتخاب شد. شاخص‌های مذکور شامل مساحت جنگل‌ها (هکتار)، مساحت مرتع‌ها (هکتار)، مساحت بیابان‌ها (هکتار)، مقدار نهادهٔ آفتکش (کیلوگرم در هکتار)، مقدار نهاده کود آلی (حیوانی) (تن در هکتار)، مقدار انواع کودهای شیمیایی توزیع شده (تن)، مساحت آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع (هکتار)، فعالیت‌های اجرایی برنامهٔ آبخیزداری طرح‌های استانی (هکتار)، فعالیت انجام شده در زمینهٔ تثبیت شن‌های روان و بیابان‌زدایی (هکتار)، طول شبکهٔ جمع‌آوری فاضلاب نقاط شهری (کیلومتر)، مقدار تخلیهٔ سالانهٔ منابع آب‌های زیرزمینی (میلیون مترمکعب)، مقدار فروش برق (مگاوات ساعت)، و پسماند جمع‌آوری شدهٔ خانگی (تن در سال) می‌باشند. مقادیر این متغیرها از سالنامه‌های آماری استان‌ها، جلد دوم آمارنامهٔ کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی، و ادارهٔ کل حفاظت محیطزیست استان‌های تهران و البرز اخذ شده است. دومین گام در این مطالعه، وزن‌دهی شاخص‌ها و محاسبهٔ شاخص پایداری کل می‌باشد که بدین‌منظور از روش آنتروپی شانون استفاده شد.

زمانی که داده‌های یک ماتریس تصمیم‌گیری به‌طور کامل مشخص شده باشند، روش آنتروپی می‌تواند برای ارزیابی وزن‌ها بکار رود. این روش جزء روش‌های علمی یا درون‌زای وزن‌دهی است که براساس تئوری اطلاعات می‌باشد. به‌طوری که نشان‌دهندهٔ مقدار عدم اطمینان موجود از محتوای مورد انتظار اطلاعاتی از یک پیام است. به‌عبارت دیگر، آنتروپی در تئوری اطلاعات یک معیار عدم اطمینان است که به‌وسیلهٔ توزیع احتمال مشخص بیان می‌شود (Asgharpour, 2014). ابتدا یک ماتریس تصمیم‌گیری به‌صورت زیر ایجاد می‌شود. این ماتریس حاوی اطلاعاتی است که آنتروپی می‌تواند به‌عنوان معیاری برای ارزیابی آن بکار رود.

$$\begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{cccc} r_1 & r_2 & \cdots & r_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix} \end{array} \quad i = 1,2,\ldots,n \quad j = 1,2,\ldots,m$$

r_i: اشاره به شاخص‌های اندازه‌گیری پایداری محیطزیستی و A_j: اشاره به گزینه‌های موجود (در این مطالعه تعداد سال‌ها) دارد. n: تعداد شاخص‌ها و m :تعداد گزینه‌ها (سال‌ها) را نشان می‌دهد.

سپس محتوای اطلاعاتی موجود در این ماتریس به‌صورت P_{ij} در زیر محاسبه می‌شود.

$$P_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} X_{ij}}$$

X_{ij}: مقدار نرمال شده شاخص iام برای سال jام را نشان می‌دهد. سپس آنتروپی (E_i) تعیین می‌شود. شانون از فرمول زیر به این منظور استفاده کرده است (Shannon, 1948).

$$E_i = -M\sum_{i=1}^{n} P_{ij} \ln P_{ij} \qquad 0 \le E_i \le 1 \qquad M = \frac{1}{\ln n}$$

M: مقدار ثابتی است که به‌صورت فرمول بالا محاسبه می‌شود.

در ادامه مقدار درجهٔ انحراف (d_i) محاسبه می‌شود که بیان می‌کند شاخص iام چه میزان اطلاعات مفید برای تصمیم‌گیری در اختیار تصمیم‌گیرنده قرار می‌دهد. هر چه مقدار اندازه‌گیری شده شاخصی به یکدیگر نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهندهٔ آن است که گزینه‌های رقیب از نظر آن شاخص تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند. بنابراین نقش آن شاخص در تصمیم‌گیری باید به همان اندازه کاهش یابد. بنابراین:

$$d_i = 1 - E_i \; ; \; \forall i$$

سپس مقدار وزن شاخص‌های پایداری (w_i) محاسبه می‌گردد (Asgharizadeh and Nasrollahi, 2006; Asgharpour, 2014):

$$W_i = \frac{d_i}{\sum_{i=1}^{n} d_i} \quad ; \; \forall i$$

گام بعدی پس از تعیین وزن شاخص‌ها، نرمال‌سازی مقادیر شاخص‌های مورد استفاده در مطالعه است. نرمال‌سازی 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 (Kalantari, 2008). روش فاصله از بهترین و بدترین عملکرد یا روش حداقل ـحداکثر در این مطالعه استفاده شده است. روند کار در این روش به‌صورت زیر است (Freudenberg, 2003):

اگر افزایش مقدار شاخص نشان‌دهندهٔ بهبود پایداری محیط‌زیستی باشد، شاخص نرمال شده از فرمول زیر به‌دست می‌آید:

$$\text{مقدار نرمال شده} = \frac{\text{مقدار واقعی} - \text{مقدار حداقل}}{\text{مقدار حداکثر} - \text{مقدار حداقل}} \times 100$$

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

$$\text{مقدار نرمال شده} = 1 - \frac{\text{مقدار واقعی} - \text{مقدار حداقل}}{\text{مقدار حداکثر} - \text{مقدار حداقل}} \times 100$$

در نهایت میزان پایداری محیط‌زیستی هر سال از طریق فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

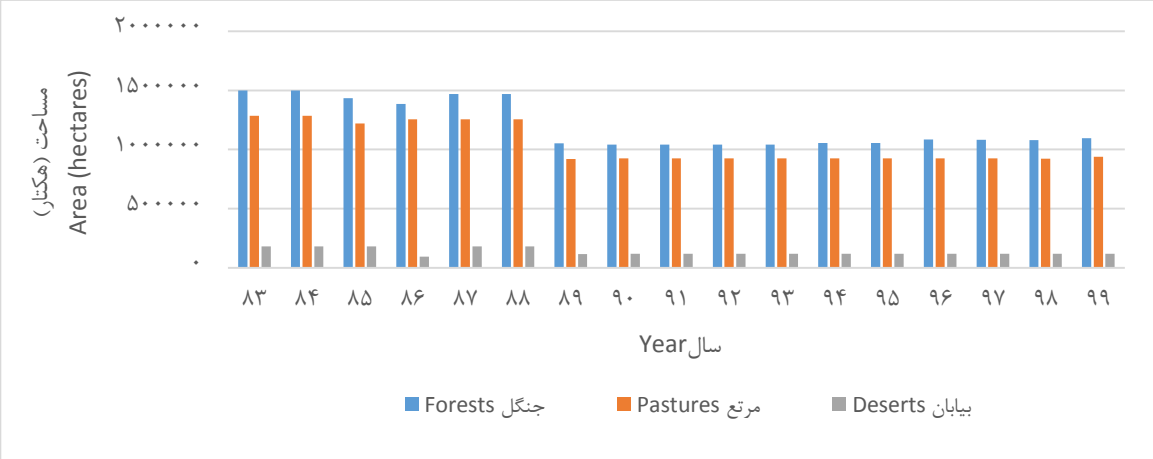
$$CES = \sum_{k=1}^{k=n} W_k . I_k$$

که در آن CES: بیانگر شاخص مرکب پایداری محیط‌زیستی، W_k: بیانگر وزن اختصاص داده شده به شاخص k و I_k: نیز نشان‌دهندهٔ مقدار نرمال شدهٔ شاخص k است.

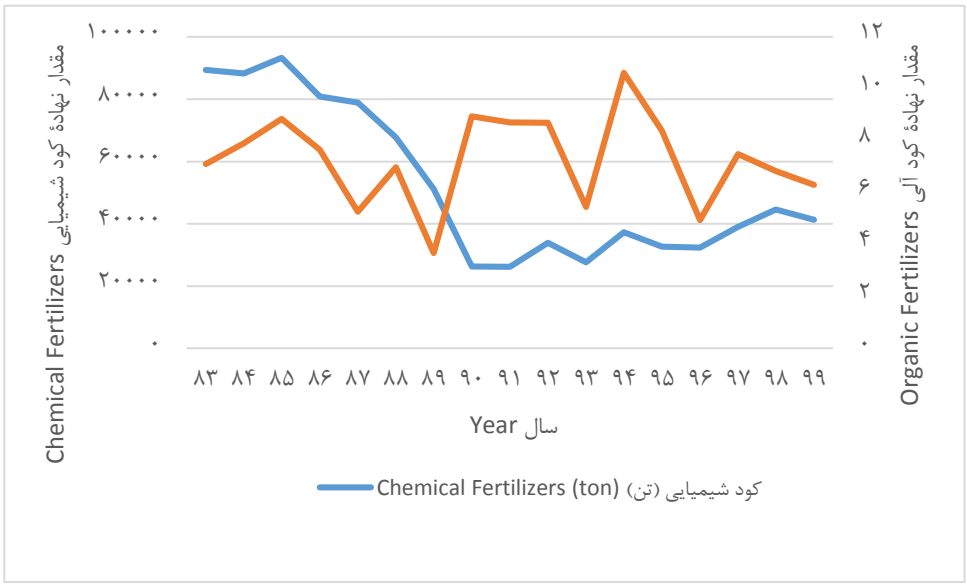
با توجه به تفکیک شدن استان البرز از استان تهران در سال ۱۳۸۹ و عدم امکان دسترسی به داده‌های جداگانه دو استان در بازهٔ ۱۳۸۹–۱۳۸۳، داده‌های مورد نیاز پژوهش در کل بازهٔ زمانی ۱۳۹۹–۱۳۸۳ به‌صورت مجموع دو استان محاسبه و مورد استفاده قرار گرفت. کلیهٔ محاسبات مربوط به شاخص‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2021 انجام شد.

یافته‌های پژوهش

ابتدا وضعیت شاخص‌های منتخب محیط‌زیستی در استان‌های تهران و البرز برای ۱۷ سال بررسی گردید. نمودار شکل ۱ شاخص‌های مساحت جنگل‌ها، مراتع و بیابان‌ها را نشان می‌دهد. نکتهٔ قابل توجه در مورد این نمودار، کاهش محسوس هر سه شاخص می‌باشد، به طوری که در انتهای دورهٔ مورد بررسی، مساحت جنگل‌ها و مراتع حدود ۲۷ درصد و مساحت بیابان‌ها حدود ۳۴ درصد نسبت به



شکل ۱- مساحت جنگل‌ها، مراتع و بیابان‌ها در استان‌های تهران و البرز طی بازهٔ زمانی ۱۳۹۹-۱۳۸۳

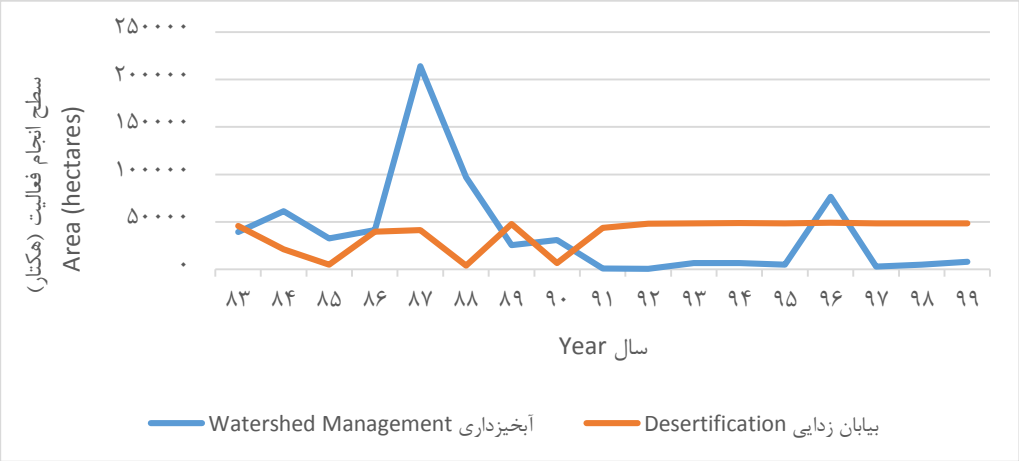


شکل ۲- شاخص مقادیر نهاده کاربردی کود شیمیایی (تن) و کود آلی (تن در هکتار) در استان‌های تهران و البرز طی بازهٔ زمانی ۱۳۹۹-

ابتدای دوره کاهش نشان می‌دهند. هرچند می‌توان کاهش مساحت بیابان‌ها را دال بر مؤثر بودن فعالیت‌های بیابان‌زدایی صورت گرفته در سطح این استان‌ها دانست، اما کاهش سطح جنگل‌ها و مراتع پدیده‌ای است که لزوم توجه جدی به فعالیت‌های جنگل‌کاری و احیای مراتع را آشکار می‌کند.

نمودارهای شکل‌های ۲ و ۳ به‌ترتیب روند توزیع و مصرف نهاده‌های کود شیمیایی و کود آلی و روند انجام فعالیت‌های بیابان‌زدایی و آبخیزداری را نشان می‌دهند. براساس نمودار شکل ۲، مقدار نهادهٔ کود شیمیایی از سال ۱۳۸۳ تا سال ۱۳۹۰ روند کاهش داشته و پس از آن به‌صورت جزئی افزایش یافته است. این در حالی است که همزمان، افت مصرف کود شیمیایی تا حدودی با کاربرد کودهای آلی، جایگزین شده است، به‌طوری که پس از سال ۱۳۹۰ مقادیر بیشتری از کودهای آلی در اراضی کشاورزی تهران و البرز مورد استفاده قرار گرفته است. اگرچه تعیین میزان مطلوب مصرف نهادهٔ کود در اراضی استان‌های مورد مطالعه، نیازمند بررسی‌های آزمایشگاهی و پایش کیفی خاک می‌باشد که خارج از حیطهٔ عمل تحقیق حاضر است، اما مرور منابع موجود و سوابق امر حاکی از آن است که میزان برآورد و توزیع و مصرف کودهای شیمیایی برای تولید محصولات کشاورزی در کشور طی سال‌های گذشته با هم مطابقت نداشته است. به‌طوری که طبق بررسی‌های موجود (Salehnia and Rafati, 2023) همواره نرخ برداشت عناصر غذایی از خاک، بیش از نرخ مصرف این عناصر قرار داشته است.

بررسی روند فعالیت‌های انجام شده در زمینهٔ تثبیت شن‌های روان و بیابان‌زدایی و همچنین فعالیت‌های اجرایی برنامهٔ آبخیزداری طرح‌های استان (نمودار شکل ۳)، بیانگر وجود نوسانات زیاد در روند اجرای فعالیت‌های آبخیزداری و در مجموع سیر نزولی آن



شکل ۳- روند انجام فعالیت‌های بیابان‌زدایی و آبخیزداری در استان‌های تهران و البرز طی بازهٔ زمانی ۱۳۹۹-۱۳۸۳

جدول ۱- ماتریس تصمیم‌گیری P_i

شاخص / سال	جنگل ها	مراتع	کود آلی	آفت‌کش	بیابان ها	آتش سوزی	آبخیزداری	بیابان زدایی	شبکه فاضلاب	آب‌های زیرزمینی	فروش برق	پسماند خانگی	کود شیمیایی
۱۳۸۳	۰/۰۷۳	۰/۰۷۲	۰/۰۵۷	۰/۰۴۶	۰/۰۷۸	۰/۰۰۷	۰/۰۶۰	۰/۰۷۱	۰/۰۲۴	۰/۰۵۳	۰/۰۴۴	۰/۰۴۵	۰/۱۰۰
۱۳۸۴	۰/۰۷۳	۰/۰۷۲	۰/۰۶۳	۰/۰۴۷	۰/۰۷۸	۰/۰۰۳	۰/۰۹۳	۰/۰۳۲	۰/۰۲۵	۰/۰۵۳	۰/۰۴۶	۰/۰۴۵	۰/۰۹۹
۱۳۸۵	۰/۰۷۰	۰/۰۶۸	۰/۰۷۱	۰/۰۵۵	۰/۰۷۸	۰/۰۲۱	۰/۰۴۹	۰/۰۰۷	۰/۰۲۶	۰/۰۶۰	۰/۰۴۸	۰/۰۴۷	۰/۱۰۴
۱۳۸۶	۰/۰۶۷	۰/۰۷۰	۰/۰۶۱	۰/۰۴۳۵	۰/۰۴۱	۰/۰۸۰	۰/۰۶۳	۰/۰۶۱	۰/۰۲۸	۰/۰۶۰	۰/۰۵۰	۰/۰۴۶	۰/۰۹۰
۱۳۸۷	۰/۰۷۱۹	۰/۰۷۰	۰/۰۴۲	۰/۰۴۳۸	۰/۰۷۸	۰/۰۰۸	۰/۳۲۷	۰/۰۶۴	۰/۰۳۳	۰/۰۶۷	۰/۰۴۸	۰/۰۴۸	۰/۰۸۸
۱۳۸۸	۰/۰۷۱۹	۰/۰۷۰	۰/۰۵۶	۰/۰۴۹	۰/۰۷۸	۰/۰۰۰۳	۰/۱۴۸	۰/۰۰۵	۰/۰۳۶	۰/۰۶۷	۰/۰۵۲	۰/۰۵۰	۰/۰۷۶
۱۳۸۹	۰/۰۵۱۴	۰/۰۵۱	۰/۰۲۹	۰/۰۴۰	۰/۰۵۱۱	۰/۰۲۳	۰/۰۳۸	۰/۰۷۴	۰/۰۳۷	۰/۰۶۷	۰/۰۴۷	۰/۰۵۱	۰/۰۵۷
۱۳۹۰	۰/۰۵۱۰	۰/۰۵۲	۰/۰۷۲	۰/۰۷۳	۰/۰۵۱۳	۰/۰۰۳۹	۰/۰۴۷	۰/۰۱۰	۰/۰۵۰	۰/۰۷۰	۰/۰۵۴	۰/۰۵۱	۰/۰۲۹
۱۳۹۱	۰/۰۵۱۰	۰/۰۵۲	۰/۰۷۰	۰/۰۸۰	۰/۰۵۱۳	۰/۱۳۱	۰/۰۰۱	۰/۰۶۷	۰/۰۵۶	۰/۰۴۷	۰/۰۵۶	۰/۰۵۱	۰/۰۲۹
۱۳۹۲	۰/۰۵۱۰	۰/۰۵۲	۰/۰۷۰	۰/۰۷۴	۰/۰۵۱۳	۰/۰۱۶	۰/۰۰۰۸	۰/۰۷۴	۰/۰۵۹	۰/۰۴۷	۰/۰۵۸	۰/۰۴۸	۰/۰۳۸
۱۳۹۳	۰/۰۵۱۰	۰/۰۵۲	۰/۰۴۴	۰/۰۴۷	۰/۰۵۱۳	۰/۰۱۴	۰/۰۱۰	۰/۰۷۵	۰/۰۹۰	۰/۰۵۷	۰/۰۶۳	۰/۰۵۰	۰/۰۳۱
۱۳۹۴	۰/۰۵۱۶	۰/۰۵۲	۰/۰۸۵	۰/۰۶۷	۰/۰۵۱۳	۰/۰۰۹	۰/۰۰۹	۰/۰۷۵	۰/۰۷۶	۰/۰۵۷۶	۰/۰۶۵	۰/۰۵۴	۰/۰۴۱
۱۳۹۵	۰/۰۵۱۶	۰/۰۵۲	۰/۰۶۷	۰/۰۶۳	۰/۰۵۱۳	۰/۰۰۸	۰/۰۰۷	۰/۰۷۵	۰/۰۸۰	۰/۰۵۷۳	۰/۰۶۸	۰/۰۶۷	۰/۰۳۶
۱۳۹۶	۰/۰۵۳۱	۰/۰۵۲	۰/۰۳۹	۰/۰۶۷	۰/۰۵۱۳	۰/۰۲۵	۰/۱۱۶	۰/۰۷۶	۰/۰۸۸	۰/۰۵۷۵	۰/۰۷۰	۰/۰۶۴	۰/۰۳۶
۱۳۹۷	۰/۰۵۲۹	۰/۰۵۲۱	۰/۰۶۰	۰/۰۷۹	۰/۰۵۱۳	۰/۰۱۰	۰/۰۰۴	۰/۰۷۵	۰/۰۹۲	۰/۰۵۷۴	۰/۰۷۱	۰/۰۷۳	۰/۰۴۳
۱۳۹۸	۰/۰۵۲۸	۰/۰۵۲۰	۰/۰۵۵	۰/۰۵۹۴	۰/۰۵۱۴	۰/۳۶۸	۰/۰۰۷	۰/۰۷۵	۰/۰۹۵	۰/۰۵۷۸	۰/۰۷۶۹	۰/۰۹۱	۰/۰۵۰
۱۳۹۹	۰/۰۵۳۶	۰/۰۵۲۹	۰/۰۵۰	۰/۰۵۹۱	۰/۰۵۱۶	۰/۲۳۷	۰/۰۱۲	۰/۰۷۵	۰/۰۹۷	۰/۰۵۸۶	۰/۰۷۶۴	۰/۱۰۹	۰/۰۴۶

مأخذ: یافته‌های تحقیق

می‌باشد. در مقابل، عملیات تثبیت شن‌های روان و بیابان‌زدایی به‌خصوص از سال ۱۳۹۱ به بعد تقریباً روند ثابتی را طی کرده و هر ساله حدود ۵۰۰۰۰ هکتار از بیابان‌های تهران و البرز، تحت انجام عملیات بیابان‌زدایی قرار گرفته‌اند.

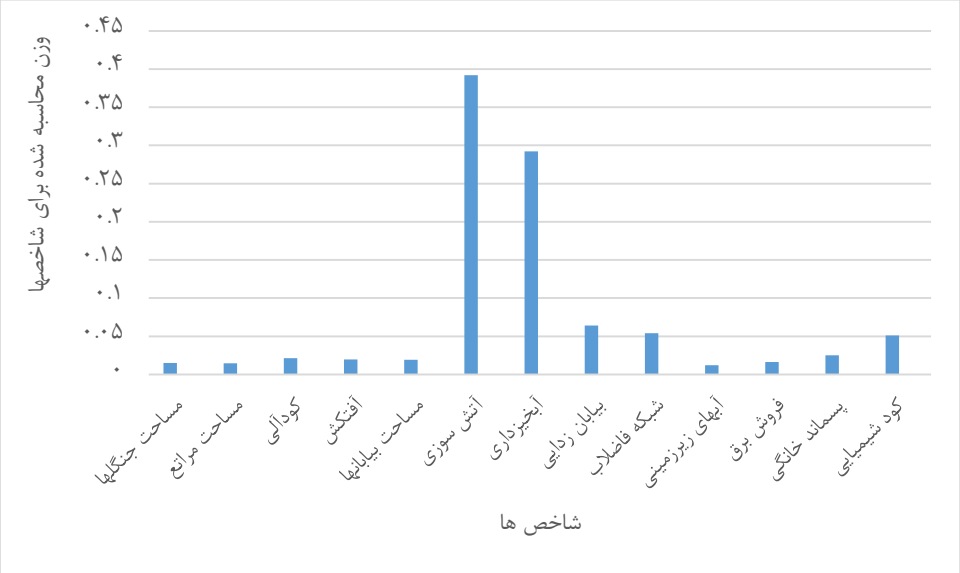
در مورد سایر شاخص‌ها می‌توان گفت شاخص‌هایی نظیر طول شبکهٔ جمع‌آوری فاضلاب نقاط شهری، مقدار فروش برق و پسماند جمع‌آوری شدهٔ خانگی، در طی زمان افزایش قابل توجهی را شاهد بوده‌اند. مقدار نهادهٔ آفتکش مصرفی در هکتار، در بازهٔ زمانی مورد بررسی به‌طور جزئی افزایش یافته است. مقدار تخلیهٔ سالانهٔ منابع آب‌های زیرزمینی تا سال ۹۰ روندی صعودی را طی کرده، در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ افت نموده و پس از آن در حدود ۳۵۰۰ میلیون مترمکعب ثابت بوده است. در خصوص مساحت وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع، روند مشخصی در طی بازهٔ مورد بررسی قابل مشاهده نمی‌باشد.

در ادامه با استفاده از مقادیر شاخص‌ها، ماتریس تصمیم‌گیری اولیه تشکیل شد که مقادیر اولیهٔ شاخص‌ها را در سال‌های مورد بررسی نشان می‌دهد. از این ماتریس اولیه برای تشکیل ماتریس P_i (مواد و روش‌ها) استفاده می‌شود. نتایج در جدول ۱ ارائه شده است. سپس میزان آنتروپی E_i و درجهٔ انحراف d_i هر شاخص محاسبه گردید و در نهایت مقدار وزن شاخص‌ها Wi به‌دست آمد. وزن شاخص‌ها به‌نحوی محاسبه شده است که مجموع آن‌ها برابر با یک باشد. جدول ۲ و نمودار شکل ۴ وزن کسب شده برای شاخص‌ها را نشان می‌دهند.

جدول ۲- وزن کسب شده برای شاخص‌ها و ترتیب شاخص‌های مؤثر در روش آنتروپی شانون

شاخص	مساحت جنگل‌ها	مساحت مراتع	کود آلی	آفت کش	مساحت بیابان‌ها	آتش سوزی	آبخیزداری	بیابان زدایی	شبکه فاضلاب	آب‌های زیرزمینی	فروش برق	پسماند خانگی	کود شیمیایی
Ei	۰/۹۸۷۲	۰/۹۸۷۵	۰/۹۸۱۶	۰/۹۸۳۱	۰/۹۸۳۴	۰/۶۶۴	۰/۷۵۰	۰/۹۴۴	۰/۹۵۳	۰/۹۸۹	۰/۹۸۵	۰/۹۸۷	۰/۹۵۶
di	۰/۰۱۲۷	۰/۰۱۲۴	۰/۰۱۸	۰/۰۱۶۸	۰/۰۱۶۵	۰/۳۳۵	۰/۲۴۹	۰/۰۵۵	۰/۰۴۶	۰/۰۱۰	۰/۰۱۴	۰/۰۲۱	۰/۰۴۳
Wi	۰/۰۱۴۹	۰/۰۱۴۵	۰/۰۲۱۵	۰/۰۱۹۷	۰/۰۱۹۳	۰/۳۹۲	۰/۲۹۲	۰/۰۶۴	۰/۰۵۴	۰/۰۱۲۲	۰/۰۱۶۴	۰/۰۲۵	۰/۰۵۱
ترتیب شاخص های مؤثر	۱۱	۱۲	۷	۸	۹	۱	۲	۳	۴	۱۳	۱۰	۶	۵

مأخذ: یافته‌های تحقیق



شکل ٤- نمودار وزن محاسبه شده به‌ازای هر شاخص در روش آنتروپی شانون

براساس نتایج ردیف آخر جدول ۲، که ترتیب شاخص‌های مؤثر پایداری محیط‌زیستی استان‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد، بیشترین وزن نسبی با میزان ۰/۳۹۲ (یعنی بیش از یک سوم کل وزن‌های کسب شده) به شاخص مساحت آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع تعلق دارد. فعالیت‌های اجرایی برنامه آبخیزداری با وزن ۰/۲۹۲ رتبهٔ دوم اهمیت را به‌خود اختصاص داده است. سایر شاخص‌ها به مراتب با دارا بودن وزن‌های کمتر از ۰/۱، در ردیف‌های بعدی از منظر اهمیت پایداری محیط‌زیست قرار دارند. Emadoddin و همکاران (۲۰۱۹) نیز در مطالعهٔ خود مساحت عرصه‌های ذخیره‌گاه‌های جنگلی و وسعت فضای سبز شهری را از مهم‌ترین شاخص‌های محیط‌زیست شهری تشخیص دادند. همچنین Manafi و Hayati (۲۰۱۹) سرانهٔ فضای سبز شهری را دومین عامل مؤثر در پایداری استان‌های شمال غرب کشور برشمردند.

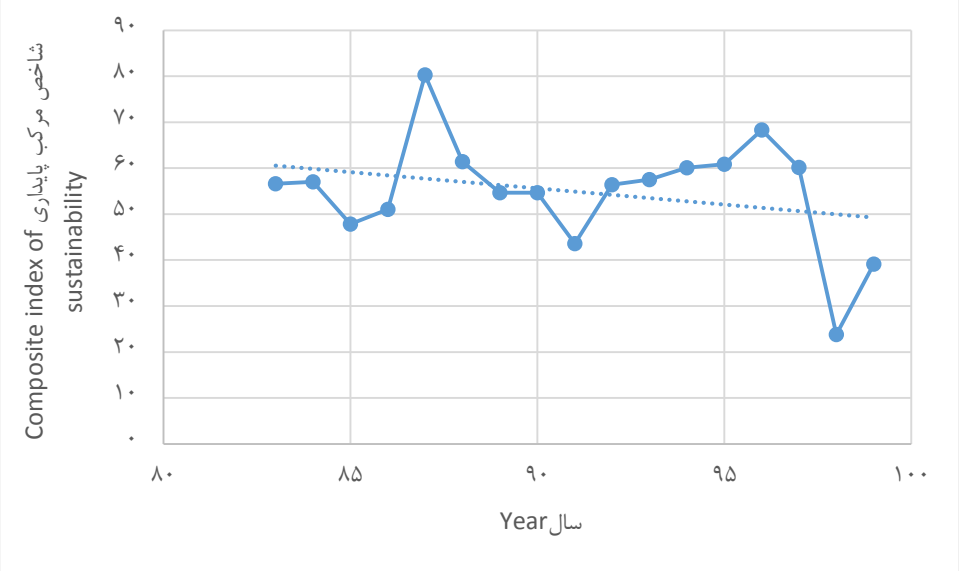
پس از محاسبهٔ وزن شاخص‌ها، در مرحلهٔ بعد اقدام به نرمال‌سازی مقادیر اولیهٔ شاخص‌ها می‌شود تا شاخص‌ها بدون واحد اندازه‌گیری شوند و امکان مقایسه یا انجام عملیات ریاضی بر روی آن‌ها فراهم گردد. نتایج نرمال‌سازی در جدول ۳ ارائه شده است. شاخص‌ها به گونه‌ای نرمال شده‌اند که افزایش مقدار شاخص نرمال شده، در راستای پایداری باشد. بنابراین هر چه این مقدار به صد نزدیکتر باشد، پایداری بیشتر شاخص در آن سال و هر چه به صفر نزدیکتر باشد، پایداری کمتری را نشان می‌دهد. به‌عنوان مثال با توجه به این که مقدار شاخص مصرف آفتکش‌ها در هکتار در جدول ۳ نرمال شده است، حتی با وجود اثر منفی مصرف آفت‌کش‌ها بر محیط‌زیست، هر چه مقدار این شاخص افزایش یابد، پایداری نیز افزایش خواهد یافت.

در نهایت میزان پایداری مرکب شاخص‌های استان تهران و البرز در بازهٔ زمانی ۱۳۹۹–۱۳۸۳ محاسبه شد که نمودار شکل ۵ نتایج را نشان می‌دهد. با توجه به کمیت شاخص مرکب و منحنی نمودار، مشاهده می‌شود میزان پایداری محاسبه شده در دورهٔ زمانی

جدول ۳- نرمال‌سازی مقادیر اولیهٔ شاخص‌ها

شاخص / سال	جنگل‌ها	مراتع	کود آلی	آفت کش	بیابان ها	آتش سوزی	آبخیزداری	بیابان زدایی	شبکه فاضلاب	آب‌های زیرزمینی	فروش برق	پسماند خانگی	کود شیمیایی
۱۳۸۳	۱۰۰	۱۰۰	۴۹/۲۷	۸۵/۴۲	۰	۹۷/۹۳	۱۸/۱۳	۹۲/۵۵	۰	۷۵/۱۸	۰	۰	۵/۸۹
۱۳۸۴	۱۰۰	۱۰۰	۶۰/۸۰	۸۱/۳۷	۰	۹۹/۱۷	۲۸/۳۷	۳۸/۲۹	۱/۸۳	۷۵/۱۸	۴/۴۸	۰	۷/۵۷
۱۳۸۵	۸۵/۴۵	۸۱/۸۱	۷۴/۳۵	۶۱/۱۳	۰	۹۴/۲۷	۱۴/۹۷	۲/۶۸	۳/۳۵	۴۵/۹۷	۱۲/۱۰	۲/۵۴	۰
۱۳۸۶	۷۵/۲۱	۹۲/۱۰	۵۷/۳۴	۹۱/۴۹	۱۰۰	۷۸/۲۴	۱۹/۰۱	۷۹/۴۳	۵/۹۵	۴۵/۹۷	۱۹/۱۶	۱/۹۴	۱۸/۵۹
۱۳۸۷	۹۳/۶۹	۹۲/۱۰	۲۲/۹۱	۹۰/۶۸	۰	۹۷/۷۸	۱۰۰	۸۲/۸۹	۱۱/۸۶	۱۸/۱۹	۱۱/۲۱	۴/۰۱	۲۱/۵۱
۱۳۸۸	۹۳/۶۸	۹۲/۱۰	۴۷/۵۵	۷۷/۳۲	۰	۱۰۰	۴۵/۲۲	۰	۱۵/۸۳	۱۸/۱۹	۲۳/۵۹	۸/۱۱	۳۸/۱۰
۱۳۸۹	۲/۰۳	۰	۰	۱۰۰	۷۴/۵۹	۹۳/۶۵	۱۱/۶۵	۹۷/۲۳	۱۷/۵۲	۱۴/۱۴	۹/۲۷	۱۰/۰۵	۶۲/۷۹
۱۳۹۰	۰/۰۰۰۳	۱/۱۷	۷۵/۷۹	۱۸/۲۱	۷۴/۵۹	۹۹/۰۲	۱۴/۱۸	۶/۲۹	۳۵/۵۰	۰	۲۹/۶۱	۹/۹۹	۹۹/۸۶
۱۳۹۱	۰/۰۰۰۳	۱/۱۷	۷۲/۳۳	۰	۷۳/۹۳	۶۴/۳۷	۰/۱۳	۸۷/۹۱	۴۴/۳۲	۹۹/۹۹	۳۵/۹۵	۱۰/۱۳	۱۰۰
۱۳۹۲	۰/۰۰۰۳	۱/۱۷	۷۲/۱۹	۱۴/۹۷	۷۳/۹۳	۹۵/۶۱	۰	۹۷/۹۰	۴۷/۹۵	۹۹/۰۷	۴۳/۶۱	۵/۳۵	۸۸/۵۹
۱۳۹۳	۰	۱/۱۷	۲۵/۵۰	۸۰/۵۶	۷۳/۹۳	۸۸/۷۶	۲/۸۵	۹۸/۵۰	۹۱/۲۷	۵۹/۱۵	۵۷/۶۷	۷/۵۱	۹۷/۹۰
۱۳۹۴	۳/۰۵	۱/۱۷	۱۰۰	۳۱/۹۸	۷۳/۹۳	۹۷/۴۹	۲/۷۴	۹۹/۰۴	۷۱/۸۸	۵۷/۵۲	۶۵/۳۴	۱۴/۰۹	۸۳/۴۶
۱۳۹۵	۳/۰۵	۱/۱۷	۶۷/۷۲	۴۱/۲۹	۷۳/۹۳	۹۷/۹۰	۲/۰۹	۹۸/۶۲	۷۷/۳۵	۵۸/۷۵	۷۳/۷۱	۳۴/۳۳	۹۰/۴۱
۱۳۹۶	۹/۴۲	۱/۱۷	۱۸/۲۹	۳۳/۶۰	۷۳/۹۳	۹۳/۱۱	۳۵/۴۵	۱۰۰	۸۸/۷۳	۵۸/۰۷	۷۹/۰۱	۲۹/۴۸	۹/۸۱
۱۳۹۷	۸/۶۸	۱/۳۵	۵۴/۷۵	۲/۰۲	۷۳/۹۳	۹۷/۲۶	۱/۰۳۹	۹۸/۷۸	۹۳/۵۵	۵۸/۳۶	۸۳/۱۱	۴۴/۴۴	۸۰/۸۶
۱۳۹۸	۸/۳۹	۰/۶۹	۴۵/۳۸	۵۲/۲۲	۷۳/۸۱	۰	۲/۰۳	۹۸/۴۸	۹۷/۲۲	۵۶/۶۲	۱۰۰	۷۲/۹۱	۷۲/۶۸
۱۳۹۹	۱۱/۶۶	۵/۰۲	۳۷/۷۵	۵۳/۰۳	۷۳/۰۶	۳۵۵۰	۳/۴۹	۹۸/۲۸	۱۰۰	۵۳/۲۶	۹۸/۵۲	۱۰۰	۷۷/۵۷

مأخذ: یافته‌های تحقیق



شکل ۵- روند کلی پایداری محیط‌زیستی استان‌های تهران و البرز در دورهٔ زمانی ۱۳۹۹-۱۳۸۳

مورد بررسی به‌طور مداوم در حال کاهش و افزایش بوده است؛ اما از نظر روند کلی (خط برازش شده)، استان‌های تهران و البرز شاهد افت پایداری محیط‌زیستی در این دوره بوده‌اند. بیشترین مقدار به‌دست آمده برای شاخص مرکب در سال ۱۳۸۷ و کمترین مقدار آن در سال ۱۳۹۸ حاصل شده است. بررسی مقدار شاخص‌ها در این دو سال حاکی از آن است که حداکثر فعالیت‌های آبخیزداری (بیش از ۲۱۴ هزار هکتار) در سال ۱۳۸۷ اجرایی شده است. همچنین صرفاً ۴۵ هکتار از جنگل‌ها و مراتع در این سال دچار حریق شده‌اند. در حالی که در سال ۱۳۹۸، ۱۹۴۱/۶ هکتار از جنگل‌ها و مراتع (حداکثر مقدار موجود) دچار آتش‌سوزی شده و تنها ۴۹۰۰ هکتار از برنامه‌های آبخیزداری اجرا شده است. این دو شاخص بیشترین وزن و اهمیت نسبی را در بین سایر شاخص‌ها داشته و حداکثر تأثیرگذاری را در پایداری مرکب ایجاد می‌کنند. فعالیت‌های انجام شده در زمینهٔ تثبیت شن‌های روان و بیابان‌زدایی، احداث شبکهٔ جمع‌آوری فاضلاب، و مقدار انواع کودهای شیمیایی توزیع شده نیز از دیگر فاکتورهای مؤثر به میزان کمتر در پایداری

مرکب این سال‌ها بوده‌اند. Esmaeilzadeh و همکاران (۲۰۲۰) نیز مصرف کودهای شیمیایی را به‌عنوان دومین عامل با اهمیت در سنجش پایداری بوم نظام‌های زراعی تشخیص داده و به‌رابطهٔ مثبت کاهش مصرف این نهاده با پایداری اشاره کرده‌اند.

بحث و نتیجه‌گیری

سنجش میزان پایداری محیط‌زیستی در استان‌های تهران و البرز نشان داد طی بازهٔ زمانی ۱۳۹۹–۱۳۸۳ این استان‌ها شاهد روند کلی افت پایداری محیط‌زیستی بوده‌اند. همچنین مساحت آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع، و فعالیت‌های اجرایی برنامه آبخیزداری به‌ترتیب مهم‌ترین شاخص‌های این مطالعه شناخته شدند که در مجموع ۶۸ درصد از وزن نسبی کل شاخص‌ها را به‌خود اختصاص می‌دهند. استان‌های تهران و البرز بیشترین میزان وقوع آتش‌سوزی جنگل‌ها و مراتع و ناپایدارترین وضعیت محیط‌زیستی را در سال ۱۳۹۸ تجربه نموده‌اند. طبق بررسی‌های مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، تقریباً ۱۰ درصد آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع کشور توسط عوامل طبیعی و بیش از ۹۰ درصد توسط عوامل انسانی (به‌صورت عمدی یا غیر عمدی) رخ می‌دهد (Islamic Parliament Research Center, 2021). غالب بودن نقش عامل انسانی در وقوع آتش‌سوزی‌های عمدی یا عدم احساس مسئولیت جامعه محلی در برابر آن، گویای آن است که در زمینهٔ آموزش، فرهنگ‌سازی و حل مشکلات معیشتی و اقتصادی مردم وابسته به جنگل‌ها و مراتع، نیاز به انجام اقدامات اثرگذار وجود دارد. از این‌رو توصیه می‌شود مدیریت پایدار و اجتماع محور در خصوص منابع طبیعی از طریق پیوند دادن منافع جامعهٔ محلی به منافع حمایت و حفاظت از منابع طبیعی به‌ویژه در امر مقابله با آتش‌سوزی‌ها شکل گیرد. رفع نارسایی‌های قانونی، ایجاد بازدارندگی در جرائم مربوطه و تأمین و تجهیز یگان حفاظت، پیشگیری و اطفای حریق جنگل‌ها و مراتع از دیگر پیشنهادها در این راستا می‌باشد.

فعالیت‌های آبخیزداری به‌عنوان دومین شاخص مهم در این مطالعه، از بهترین راهکارها برای حفاظت از منابع پایه آب و خاک به‌شمار می‌رود. هدف اصلی اجرای پروژه‌های آبخیزداری، کنترل سیل و کاهش فرسایش خاک است که به تقویت سفره‌های آب زیرزمینی و بهبود وضعیت پوشش گیاهی منجر می‌شود. آنچه مسلم است، مدیریت حوضه‌های آبخیز با اهداف منفرد و موضعی، از کارایی لازم برخوردار نبوده و باید تمامی مسائل اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، مشارکتی و محیط‌زیستی جوامع محلی مورد توجه قرار گیرند. بنابراین توصیه می‌شود اعمال مدیریت جامع بر حوضه‌های آبخیز کشور، همراه با مشارکت همهٔ ذینفعان، مدنظر قرار گیرد، زیرا موجب خواهد شد تا منابع طبیعی آبخیزها به‌طور عادلانه‌ای مدیریت شده و توسعه یابند. در مورد استان‌های تهران و البرز نیز به‌طور خاص، تکمیل مطالعات تفصیلی و اجرایی حوضه‌های آبخیز باقیمانده قابل توصیه است.

فعالیت‌های انجام شده در زمینهٔ تثبیت شن‌های روان و بیابان‌زدایی، احداث شبکهٔ جمع‌آوری فاضلاب، و مقدار انواع کودهای شیمیایی توزیع شده از دیگر فاکتورهای تأثیرگذار در پایداری مرکب استان‌های مورد مطالعه بودند که در مجموع ۱۶/۹ درصد از وزن شاخص‌ها را دارا می‌باشند. فعالیت‌های مربوط به بیابان‌زدایی و جمع‌آوری فاضلاب در سال‌های اخیر به‌ترتیب از یک روند ثابت و یک روند رو به رشد برخوردار بوده‌اند که از نکات مثبت تلقی می‌شود. اما تفسیر و توصیه در خصوص وضعیت کودهای شیمیایی، که از روند نسبتاً کاهشی برخوردار بوده است، باید با احتیاط بیشتری صورت گیرد. با این که مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی، آثار مخربی نظیر آلوده کردن محیط‌زیست و خصوصاً آب‌های زیرزمینی، تجمع مواد آلاینده نظیر نیترات در محصولات زراعی و در نتیجه به خطر افتادن سلامت و بهداشت انسان و دام را به‌دنبال دارد، اما مصرف کمتر از مقدار مورد نیاز نیز می‌تواند منجر به تشدید بیلان منفی عناصر غذایی و ناپایداری حاصلخیزی خاک شود. بنابراین پیشنهاد می‌شود هر گونه برنامه‌ریزی برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی، با جایگزینی کودهای آلی (هفتمین شاخص مؤثر در پایداری مرکب) جبران شود. عدم طراحی و اجرای مشوق در راستای مصرف کودهای آلی و زیستی در کشور همواره از دلایل عدم اقبال کشاورزان به استفاده از این نهاده‌ها عنوان شده است. تشویق و ترغیب به استفاده از نهاده‌های آلی می‌تواند ضمن غنی‌سازی و بهبود کیفیت خاک‌های کشور و افزایش عملکرد محصول، نگرانی‌های محیط‌زیستی موجود را مرتفع نماید.

در نهایت بر این نکته تاکید می‌گردد که لحاظ نمودن شاخص‌های مرتبط بیشتر در این گونه مطالعات، بر دقت و صحت نتایج حاصل تأثیر به‌سزایی خواهد داشت. این امر در حال حاضر به‌دلیل عدم دسترسی کامل به آمار و اطلاعات مربوطه مقدور نیست. به‌طور مثال در این مطالعه، امکان استفاده از شاخص آلودگی هوا که موضوعیت زیادی در استان‌های تهران و البرز دارد، به‌دلیل

عدم انتشار آمار آن میسر نشد. بنابراین ایجاد و بروزرسانی یک بانک اطلاعاتی غنی از وضعیت محیط‌زیست کشور می‌تواند زمینهٔ انجام پژوهش‌های آتی را تسهیل کند.

References

Akhooni Pourhosseini, F., Ebrahimi, K., 2020. Shannon's entropy evaluation on determination of surface water quality, case studies: Karun and Babolrood rivers. Water and Irrigation Management 9(2), 171-183. (In Persian)

Akhooni Pourhosseini F., Ghorbani M.A., 2016. Application of Shannon entropy in determining the most effective chemical parameter in surface water quality (Case study: Sofi Chay watershed). Journal of Environment and Water Engineering 2(4), 322-332. (In Persian)

Alborz General Directorate of Culture and Islamic Guidance. 2023. https://alborz.farhang.gov.ir/fa/moarefeyeostanalborz/shenasnamehostan. (In Persian)

Amirnejad, H., Salari Bardsiri, M., 2014. Environmental Degradation Measurement Using Principal Component Analysis Technique in Iranian Metropolises. Agricultural Economics 8(Special Issue), 137-155. (In Persian)

Asgharizadeh, A., Nasrollahi, M., 2006. Comparison of entropy and fuzzy weighting in using PROMETHEE to determine the top parts manufacturers of Saipa. 4th International Management Conference. 29 November 2006. Tehran, Iran. (In Persian)

Asgharpour, M. J., 2014. Multiple Criteria Decision Making. University of Tehran Press. 12th Edition. Tehran. (In Persian)

Cook, D., Saviolidis, N.M., Daviasdottir, B., Johannsdottir, L., 2017. Measuring countries' environmental sustainability performance-the development of a nation-specific indicator set. Ecological Indicators 74, 463-478.

Czupich, M., Łapińska, J., Bartoš, V., 2022. Environmental Sustainability Assessment of the European Union's Capital Cities. International Journal of Environmental Resources and Public Health 19(7), 4327.

Department of Environment. 2015. Report on Iran's environment during 2004-2013. (In Persian)

Department of Environment of Alborz Province. 2023. https://alborz.doe.ir/portal/home. (In Persian)

Department of Environment of Tehran Province. 2023. https://tehran.doe.ir/portal/home. (In Persian)

Dong, Y., Hauschild, M.Z., 2017. Indicators for environmental sustainability. The 24th CIRP Conference on Life Cycle Engineering, Procedia CIRP 61, 697-702.

Emadoddin, S., Ariankia, M., Baddast, B., 2019. Analyzing and Ranking the Levels of Urban Areas Based on Urban Environment Instability Indicators and Elements Using the Integrated Model of SAW and Shannon Entropy (Case Study: Cities of Alborz Province). Geographical Planning of Space 9(32), 249-262. (In Persian)

Esmaeilzadeh, J., Asgharipour, M., Dahmardeh, M., Sirousmehr, A., Dabbagh Mohammadi Nassab, A., 2020. Evaluation of Agro-Ecosystems Sustainability in Coastal Lake Urmia (Case Study: Azarshahr). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 30(2), 303-318. (In Persian)

Freudenberg, M., 2003. Composite indicators of country performance: a critical assessment. OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 2003/16. OECD, Paris.

Islamic Parliament Research Center. 2021. Causes, effects, challenges and solutions to deal with fires in the forests and pastures of the country. Vice President of Production and Infrastructure Research. Office of Basic Studies. Serial No. 17288. (In Persian)

Kalantari, K., 2008. Regional development planning. Khoshbin publications, Tehran. (In Persian)

Klemeš, J.J., 2015. Assessing and measuring environmental impact and sustainability. Clean Technologies and Environmental Policy 17, 577–578.

Lesani, S. B., Edalatju, A., 2017. The Analysis of Institution Model of the Fiftieth Principle of constitutional law under the Protection of Environmental Supporter Governmental and Nongovernmental Organizations. Journal of Environmental Science and Technology 19(3), 217-227. (In Persian)

Madanipour, A., Zaravand, H., 2002. The Emergence of a Metropolis. Urban planning and processing publications, Tehran. (In Persian)

Maleki, S., Saeedi, J., 2016. Explores the Dimensions of environmental and the status of urban environment in the development plans of Iran. Urban Management Studies 8(27), 69-89. (In Persian)

Manafi, M., Hayati, B., 2019. Measuring the environmental sustainability of the northwestern provinces using the entropy method. The 11th Biennial Conference on Agricultural Economics of Iran. 18-19 May, Karaj. Iran. (In Persian)

Moghadasi, N., Pourebrahim, S., Azarnivand, H., 2017. Vulnerability assessment for reducing risk of environmental hazards based on ecosystem services: Case of Alborz Province. Environmental Sciences, 15(3), 203-220.

Nazmfar, H., Eshgi, A., Aslani Alavi, M. H., Ahmadzadeh, G., 2020. Evaluation of Environmental Sustainability East Azerbaijan Province. Journal of Environmental Science and Technology 22(1), 185-199. (In Persian)

Niemeijer, D., de Groot, R.S., 2008. A conceptual framework for selecting environmental indicator sets. Ecological Indicators 8, 14–25. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2006.11.012.

Noorhosseini, S., Fallahi, E., Allahyari, M. S., Gholinezhad, S., Majlesi, S., 2018. Identifying the Economic and Educational-Extension Activities Affecting Cultivated Area of Medicinal Plants: A Comparison of the Weighting Methods of Entropy and Fuzzy Triangular in Delphi Technique. Agricultural Extension and Education Research 10(4), 1-12. (In Persian)

Sabiha, N., Salim, R., Rahman, S., Rola-Rubzen, M.F., 2016. Measuring environmental sustainability in agriculture: a composite environmental impact index approach. Environmental Management 166, 84-93.

Salehnia, M., Rafati, M., 2023. Dynamic Analysis of Economic, Environmental and Social Dimensions of Agricultural Sustainability in Iranian Provinces with the Approach of Indicators. Journal of Agricultural Economics and Development 37(1), 17-34. (In Persian)

Shahi, E., Zebardast, L., Salehi, E., Salehi, R., 2018. Analysis of Human Habitat in Tehran Based on SoE. Human Geography Research 50(2), 277-295. (In Persian)

Shannon, C.E. A., 1948. Mathematical Theory of Communication. Bell System Technical Journal 27, 379-42.

Stanujkic, D., Popovic, G., Zavadskas, E.K., Karabasevic, D., Binkyte-Veliene, A., 2020. Assessment of Progress towards Achieving Sustainable Development Goals of the "Agenda 2030" by Using the CoCoSo and the Shannon Entropy Methods: The Case of the EU Countries. Sustainability 12, 5717.

Tayebzadeh, N., Roozbehani, L., Faryadi, S., 2015. Environmental Planning at the Scale of Local Landscape (Case Study: Fordo Rural District). Journal of Environmental Science and Technology 16(4), 125-145. (In Persian)