



Analytical study of parameters affecting the supply of ecosystem services in the central part of Isfahan province

Sedighe Abdollahi 

Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Hamedan, Iran. E-mail: baharabdollahi94@gmail.com

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 26 March 2023

Received in revised form 05

May 2023

Accepted 08 May 2023

Published online 10 March
2024

Keywords:

Land use,

Malayer province,

Minimum data set,

Principal component analysis,

Soil quality index.

ABSTRACT

The capacity of an ecosystem to ecosystem services supply depends on the structure, processes, and functions affected by interactions with socio-environmental parameters. So, considering the parameters affecting ecosystem services can be efficient in ecosystem management and improving their functions. This study aims to investigate the effective parameters of ecosystem services supply in the central part of Isfahan province. Accordingly, after a literature reviewing and considering the study area characteristics, socio-environmental parameters such as mean slope, mean height, density Population, distance from access routes, distance from the river, percentage of available land uses, and distance from the center of the largest urban area of the study area, in homogeneous areas of ecosystem services, aesthetic value, recreational value, and noise pollution reduction were extracted and evaluated using principal component analysis (PCA) method in some steps such as sample size adequacy test, standardization, evaluating the correlation matrix, calculation of eigenvalues and eigenvectors. According to the results, the value of the first component is 3.715, which justifies 57.016% of the total variance in the data. The second component also explains 19.874% of the total variance. Overall, agricultural land, residential areas, distance from roads and green spaces, and parks are the most effective parameters on ecosystem services supply justifying more than 76% of the variance of the data set. Based on the results, management measures could be taken to conserve ecosystem services based on the extracted criteria. The results of this study lead to decision-making simplicity and land evaluation and saved time and money on land-use planning and management.

Cite this article: Abdollahi, S. (2024). Analytical study of parameters affecting the supply of ecosystem services in the central part of Isfahan province. *Journal of Natural Environment*, 76 (4), 593-603. DOI: <http://doi.org/10.22059/jne.2023.357122.2541>



بررسی تحلیلی پارامترهای تأثیرگذار بر عرضه خدمات اکوسیستمی در بخش مرکزی استان اصفهان

صدیقه عبداللهی ✉

گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، همدان، ایران. رایانامه: baharabdollahi94@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	ظرفیت بوم‌سازگان برای عرضه خدمات اکوسیستمی وابسته به ساختار، فرآیندها و عملکردهایی است که تحت تأثیر برهمکنش پارامترهای محیطی قرار دارند. از این‌رو بررسی پارامترهای مؤثر بر عرضه خدمات اکوسیستمی می‌تواند در مدیریت بوم‌سازگان و بهبود عملکرد آن مؤثر واقع شود. هدف این مطالعه، بررسی پارامترهای مؤثر بر عرضه خدمات اکوسیستمی در قسمت مرکزی استان اصفهان است. بر این اساس پس از مرور منابع مطالعاتی و بررسی ویژگی‌های جغرافیایی منطقه مطالعاتی، پارامترهایی همچون شیب متوسط، ارتفاع متوسط، تراکم جمعیت، فاصله از مسیرهای دسترسی، فاصله از مسیر رودخانه، درصد انواع کاربری‌های موجود و فاصله از مرکز بزرگ‌ترین منطقه شهری منطقه مطالعاتی، در مناطق همگن عرضه خدمات اکوسیستمی ارزش زیبایی‌شناسی، ارزش تفریحی و کاهش آلودگی صوتی استخراج گردید و با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) در مراحل همچون آزمون کفایت حجم نمونه، استانداردسازی متغیرها، ارزیابی ماتریس همبستگی متغیرها، محاسبه مقادیر ویژه و بردارهای ویژه برای متغیرها مورد ارزیابی قرار گرفت. براساس نتایج، مقدار اولین مؤلفه برابر با ۳/۷۱۵ است که ۵۷/۰۱۶ درصد از کل واریانس موجود در داده‌ها و دومین مؤلفه نیز ۱۹/۸۷۴ درصد از کل واریانس را توجیه می‌کند. به‌طور کلی زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی، فاصله از جاده و فضای سبز و پارک‌ها با توضیح بیش از ۷۶ درصد واریانس داده‌ها، مؤثرترین پارامترها بر عرضه خدمات اکوسیستمی هستند. با استفاده از نتایج می‌توان اقدامات مدیریتی لازم مربوط به حفظ خدمات اکوسیستمی را براساس پارامترهای استخراج شده انجام داد. نتایج این مطالعه سهولت تصمیم‌گیری، ارزیابی و نیز صرفه‌جویی در هزینه و زمان مدیریت سرزمین را به‌دنبال دارد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۰۶	
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۲/۱۵	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۱۸	
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۲/۲۰	
کلیدواژه‌ها: تحلیل مؤلفه‌های اصلی، مناطق همگن عرضه خدمات اکوسیستمی، زمین‌های کشاورزی، مدیریت سرزمین.	

استناد: عبداللهی، صدیقه (۱۴۰۲). بررسی تحلیلی پارامترهای تأثیرگذار بر عرضه خدمات اکوسیستمی در بخش مرکزی استان اصفهان. محیط زیست طبیعی، ۷۶

(۴)، ۶۰۳-۵۹۳.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jne.2023.357122.2541>



© نویسندگان.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

مقدمه

ویژگی‌های بوم‌شناختی سرزمین در کنش متقابل با پارامترهای محیطی-اجتماعی، تشکیل‌دهنده ساختار فضایی بوم‌سازگان بوده، به‌طوری که ناپایداری در هریک از این عوامل بر کل ساختار بوم‌سازگان تأثیرگذار است (Eskandari Nodeh and Khoshdelan, 2012). بر این اساس، مفهوم خدمات اکوسیستمی که بیانگر سودمندی‌های حاصل از بوم‌سازگان‌های طبیعی و نیمه‌طبیعی است با مرتبط ساختن ساختار و کارکرد بوم‌سازگان به رفاه انسان‌ها، ابزاری برای ارزیابی شرایط بوم‌سازگان است (Rahimi et al., 2019). با توجه به کاهش ظرفیت بوم‌سازگان برای فراهم‌سازی خدمات اکوسیستمی، شناخت پارامترهای مؤثر بر فراهم‌سازی آن‌ها و چگونگی تغییر خدمات اکوسیستمی براساس این پارامترها برای حفظ این منابع ضروری است (Quintessence, 2016). بر این اساس، بررسی تغییرات مکانی خدمات اکوسیستمی و ارتباط آن با پارامترهای محیطی-اجتماعی گامی مؤثر در مدیریت سرزمین و حفظ فراهم‌سازی خدمات اکوسیستمی است (Akhtar et al., 2021).

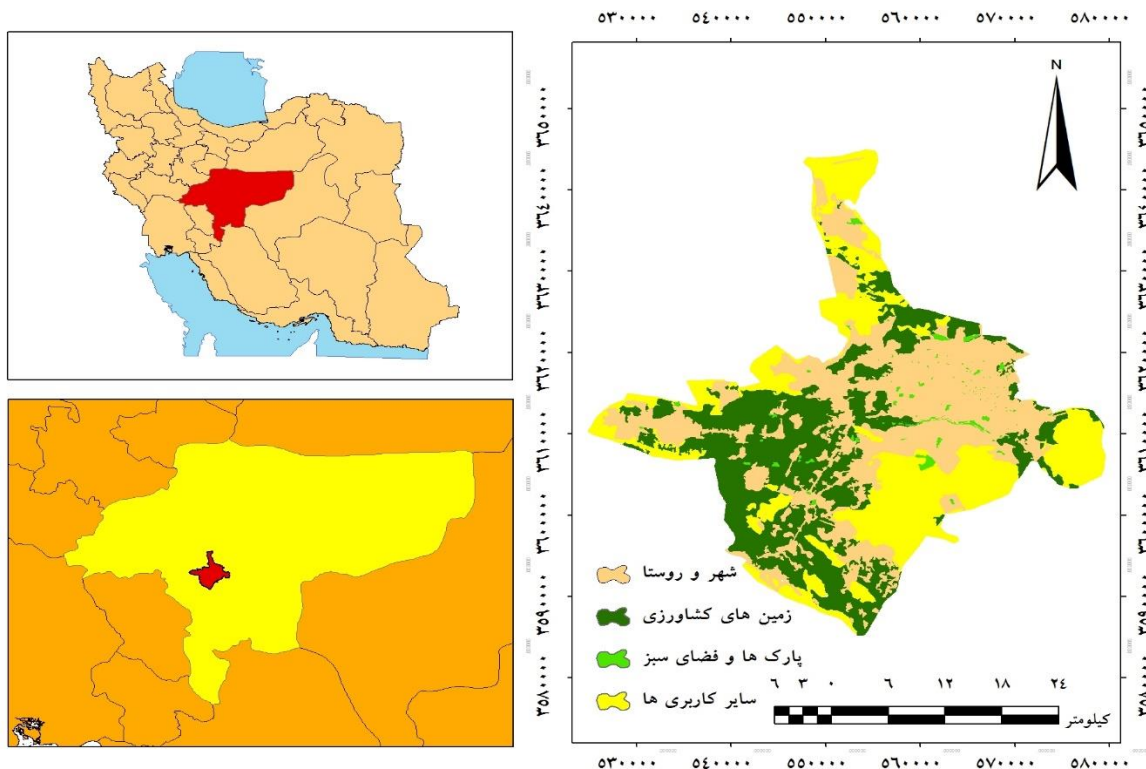
مدیران و برنامه‌ریزان سرزمین، برای پیش‌بینی و تصمیم‌گیری در مورد وضعیت خدمات اکوسیستمی، با پارامترهای مختلف جغرافیایی و اجتماعی روبه‌رو هستند که عرضه خدمات اکوسیستمی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. از این‌رو بررسی پارامترهای محیطی-اجتماعی به‌منظور ارزیابی اصولی خدمات اکوسیستمی امری اجتناب‌ناپذیر است که نه تنها فرآیند پیچیده‌ای است بلکه نیازمند صرف وقت و هزینه بسیار است. بر این اساس، نیاز به رویکردهایی است که با صرف هزینه و زمان اندک، نتایج قابل قبولی ارائه کنند. در این میان روش‌های چند متغیره با بررسی تأثیر همزمان چند متغیر می‌تواند امر برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری را آسان کند.

بررسی مؤلفه‌های اصلی و تحلیل فاکتورها، از جمله روش‌های آماری است که برای بررسی گروهی از متغیرهای وابسته مرتبط به یک موضوع کاربرد دارد (Habibpour Getabi and Safari Shali, 2009). تحلیل مؤلفه‌های اصلی یکی از بهترین روش‌های آماری به‌منظور استخراج فاکتورهای کمتر و تحلیل ارتباط بین متغیرها است که با استفاده از ماتریس همبستگی، پراکندگی متغیرهای اصلی را بررسی کرده و برای پارامترهای مورد بررسی، مقادیر و بردارهای ویژه را استخراج می‌کند (Zhao et al., 2015). در سال‌های اخیر مطالعات زیادی با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی در مسائلی همچون ارزیابی کیفیت بصری (Mirkarimi et al., 2014)، پیش‌بینی تبخیر و تعرق مرجع (Seifi et al., 2010)، ارزیابی معیارهای مؤثر بر گردشگری (Jamali et al., 2018)، انتخاب سنجه‌های مناسب در تحلیل تغییرات سیمای سرزمین (Mirzayi et al., 2013)؛ بررسی پارامترهای جغرافیایی-اجتماعی بر عرضه خدمات اکوسیستمی (Kong et al., 2018) و بررسی برهمکنش و هم‌پوشی بین خدمات اکوسیستمی (Chawanji et al., 2018) صورت گرفته است که نشان‌دهنده افزایش توجه به این رویکرد در مسائل جغرافیایی و محیط‌زیستی است. اگرچه اخیراً مطالعه خدمات اکوسیستمی در ایران مورد توجه بسیاری قرار گرفته است، اما مطالعات انجام شده در این زمینه (Asadolahi et al., 2015; Rahimi et al., 2018; Haghdadadi et al., 2018) به‌طور عمده بر کمی‌سازی و نقشه‌سازی خدمات اکوسیستمی تمرکز داشته و کمتر به بررسی رابطه بین خدمات اکوسیستمی و پارامترهای جغرافیایی پرداخته شده است. از این‌رو، هدف مطالعه حاضر، بررسی و شناسایی پارامترهای مؤثر بر عرضه خدمات اکوسیستمی است. مهمترین فرضیه مطرح در این مطالعه این است که روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی، رویکرد مناسبی برای مقایسه تحلیلی پارامترهای تأثیرگذار بر عرضه خدمات اکوسیستمی در منطقه مطالعاتی است.

روش‌شناسی پژوهش

محدوده مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه در استان اصفهان بین $33^{\circ} 19'$ تا $32^{\circ} 56'$ عرض شمالی و $51^{\circ} 13'$ تا $51^{\circ} 59'$ طول شرقی واقع شده است و بخش‌هایی از شهرستان‌های اصفهان، شاهین‌شهر، خمینی‌شهر، نجف‌آباد و فلاورجان را در برمی‌گیرد (شکل ۱). این منطقه دربرگیرنده مساحتی معادل ۱۱۸۱ کیلومتر مربع است (Abdollahi et al., 2019).

آماده‌سازی داده‌ها: برای انجام این پژوهش، در ابتدا، سه خدمت اکوسیستمی؛ ارزش زیبایی‌شناسی سیمای سرزمین، ارزش تفریحی و خدمت کاهش آلودگی صوتی با استفاده از معیارها و شاخص‌های مشخص شده بر پایه مرور منابع (Saeidi et al., 2018; Van, 2019; Renterghem et al., 2018; Siroosi et al., 2019)، ویژگی‌های جغرافیایی و محلی منطقه مطالعاتی منطبق بر نظر کارشناسان



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی در استان اصفهان

(دریافت نظرات ۵ تن از استادان گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری و ارزیابی و آمایش سرزمین دانشگاه‌های اصفهان و صنعتی اصفهان) و دسترسی به داده‌ها، در محیط نرم‌افزار GIS 10.4.1 و با بکارگیری روش ترکیب خطی وزن‌دار کمی‌سازی شده و نقشه این خدمات تهیه گردید. سپس با استفاده از روش خوشه‌بندی K-means، در محیط نرم‌افزار SPSS IBM ver.25 چهار خوشه و یا به عبارتی منطقه همگن عرضه خدمات اکوسیستمی به‌منظور محاسبه پارامترهای جغرافیایی برای خدمات اکوسیستمی مورد بررسی، شناسایی شد. بدین‌منظور ارزش‌های خدمات اکوسیستمی مورد مطالعه براساس جدول توصیفی آن‌ها با استفاده از دستور Export در محیط نرم‌افزار GIS استخراج گردید و برای اجرای خوشه‌بندی به محیط نرم‌افزار SPSS وارد شد (Abdollahi et al., 2020).

استخراج مؤلفه‌های محیطی-اجتماعی در هریک از مناطق همگن: برای بررسی پارامترهای محیطی-اجتماعی پس از مرور منابع (Johnson et al., 2015; Kong et al., 2018)، بررسی ویژگی‌های محدوده مورد مطالعه و میزان دسترسی به داده‌ها، پارامترهایی از جمله شیب متوسط، ارتفاع متوسط، تراکم جمعیت (تهیه شده از سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان اصفهان)، فاصله از مسیرهای دسترسی، فاصله از مسیر رودخانه، درصد انواع کاربری‌های موجود و فاصله از مرکز بزرگ‌ترین منطقه شهری منطقه مطالعاتی در هر یک از خوشه‌های خدمات اکوسیستمی با بکارگیری تابع Extract در نرم‌افزار ایدریسی سلوا استخراج شد. با استفاده از این تابع میانگین ارزش مربوط به هریک از پارامترهای مورد بررسی در محل هر یک از خوشه‌های خدمات اکوسیستمی محاسبه می‌شود.

شناسایی مؤلفه‌های موثر بر عرضه خدمات اکوسیستمی: در این مطالعه از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی در محیط نرم‌افزار SPSS IBM به‌منظور بررسی پارامترهای محیطی-اجتماعی مؤثر بر عرضه خدمات اکوسیستمی استفاده شد. روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) از روش‌های آماری است چندمتغیره است که متغیرهای اولیه به مؤلفه‌های جدید و مستقل (ضریب همبستگی برای مؤلفه‌ها صفر خواهد بود) تبدیل می‌شوند. مؤلفه‌های جدید، ترکیبی خطی از متغیرهای اولیه هستند (Liu et al., 2003). با توجه به اینکه در این روش، تمامی متغیرها برای ایجاد مؤلفه‌های جدید بکار می‌روند، اطلاعات متغیرهای اولیه، به‌وسیله مؤلفه‌های ایجاد شده منتقل می‌شود و جنبه‌های اطلاعاتی داده‌های اصلی حفظ می‌گردد (Camdevyren et al., 2005). روش کار برای ایجاد مؤلفه‌های اصلی و تعیین متغیرهای اساسی بدین صورت است:

آزمون کفایت حجم نمونه: اولین گام برای اجرای روش PCA بررسی مناسب بودن حجم نمونه‌ها برای اجرای این رویکرد است. بدین منظور، شاخص کایزر، مایر و اولکین (KMO) در نرم‌افزار SPSS کاربرد دارد. مقدار این شاخص بین صفر تا یک تغییر می‌کند. مقادیر بزرگ‌تر شاخص KMO نشان‌دهنده دقت محاسبات مربوطه با استفاده از روش PCA است. در صورتی که این شاخص بزرگ‌تر از ۰/۵ به دست آید نشان‌دهنده امکان اجرای این روش بر روی داده‌های اصلی است (Shrestha and Kazama, 2007). استاندارد کردن متغیرهای ورودی: با توجه به اینکه داده‌های مورد استفاده در مقیاس‌های گوناگونی اندازه‌گیری شده و دارای واحدهای اندازه‌گیری متفاوتی است، در صورتی که استانداردسازی صورت نگیرد، نتایج قابل اعتماد نبوده و عدم قطعیت در نتایج بالا خواهد بود. از این رو، پس از اطمینان از مناسب بودن حجم داده‌ها، استانداردسازی داده‌ها انجام شد. بدین معنی که تمامی داده‌ها به مقیاس پیوسته صفر و یک (بدون واحد) تبدیل گردید (رابطه ۱).

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad \text{رابطه ۱}$$

که Z: نشان‌دهنده مقادیر استاندارد شده داده‌ها، X: بیانگر داده‌های ورودی، μ : میانگین هر متغیر و σ : انحراف معیار هر متغیر را نشان می‌دهد.

محاسبه ماتریس همبستگی (R) بین متغیرهای اولیه: پس از استانداردسازی داده‌ها، همبستگی آن‌ها با استفاده از شاخص تقارن بارتلت که شکلی از مجذور کای است، ارزیابی شد. اگر تمامی متغیرهای تحلیل عاملی، همبستگی زیادی داشته باشند این روش نتایج معتبری در بر نخواهد داشت. نتایج تحلیل عاملی هنگامی مناسب است که اعضای هر گروه دارای همبستگی زیاد با یکدیگر و همبستگی بسیار کم با اعضای سایر گروه‌ها باشند. اگر احتمال این شاخص ۰/۰۵ یا کوچک‌تر باشد، همبستگی داده‌ها برای اجرای روش تحلیل عاملی مناسب است (Habibpour Getabi and Safari Shali, 2009).

محاسبه مقادیر ویژه (λ) و بردارهای ویژه از ماتریس همبستگی: پس از ارزیابی همبستگی بین داده‌ها، مقادیر ویژه و بردارهای ویژه براساس این ماتریس محاسبه گردید. در روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی، برای محاسبه مقادیر ویژه و بردارهای ویژه، رابطه ۲ استفاده می‌گردد؛

$$|R - \lambda I| = 0 \quad \text{رابطه ۲}$$

در این رابطه R: بیانگر ماتریس همبستگی و λI : یک ماتریس واحد با بعد $p \times p$ ارائه می‌کند. بر این اساس p از مقدار ویژه مرتب شده $p\lambda \leq \dots \leq 2\lambda \leq \lambda_1$ به دست می‌آید. هر مقدار ویژه همراه با اطلاعات مربوط به آن (بردارهای ویژه) ویژگی‌های یک مؤلفه را نشان می‌دهد. هر یک از مؤلفه‌ها نیز شامل بخشی از اطلاعات متغیرهای اولیه است و بخشی از اطلاعات مسئله را در بر می‌گیرد (Ehsanzadeh et al., 2016). اصولاً اولین مؤلفه دارای بیشترین واریانس و آخرین مؤلفه کمترین درصد از واریانس کل را دارد. انتخاب چند مؤلفه اول که بیشترین واریانس را دارند، به عنوان مؤلفه‌های اصلی شناخته می‌شوند (Shyu et al., 2011). در ادامه برای تعیین دقیق تعداد مؤلفه‌ها از آزمون اسکری (ترسیم نمودار مقادیر ویژه در مقابل تعداد مؤلفه‌ها) استفاده شد.

اجرای چرخش مناسب بر روی ماتریس ضرایب مؤلفه‌ها: با توجه به اینکه در روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی تمامی متغیرهای اولیه در تشکیل هر مؤلفه بکار می‌رود، تفسیر مؤلفه‌ها دشوار است. از این رو برای تفسیر ساده‌تر مؤلفه‌ها، روش‌هایی توسعه یافته است. این روش‌ها شامل چرخش مؤلفه‌ها هستند که به دو دسته چرخش عمودی و مایل تقسیم می‌شوند. در چرخش عمودی، استقلال بین مؤلفه‌ها حفظ می‌شود و این نوع چرخش کاربرد بیشتری در مطالعات دارد. در مطالعات علمی از چرخش وریماکس^۱ که یکی از روش‌های چرخش عمودی است، استفاده می‌شود. این روش نسبت به سایر روش‌ها نتایج دقیق‌تری ارائه نموده و عنوان چرخش استاندارد توصیه می‌شود (Ravikumar and Somashekar, 2015). در این مطالعه نیز چرخش وریماکس برای تفسیر داده‌ها استفاده گردید.

^۱VariMax Rotation

جدول ۱- پارامترهای محیطی-اجتماعی استخراج شده در هر یک از خوشه‌های خدمات

مناطق همگن خدمات اکوسیستمی				پارامترهای محیطی-اجتماعی
خوشه ۱	خوشه ۲	خوشه ۳	خوشه ۴	
۲/۴۵	۲/۶۶	۲/۵۹	۶/۸۳	میانگین شیب منطقه (%)
۱۵/۹۲	۱۶/۱۶	۱۶/۰۱	۱۵/۸۵	میانگین ارتفاع منطقه (کیلومتر)
۹/۲۷	۳۷/۱۴	۴۸/۶۱	۵/۷۴	میانگین زمین‌های کشاورزی و باغات (%)
۴۰/۸۵	۸/۷۸	۱۹/۶۵	۳۲/۷۶	پارک‌ها و فضاهای سبز (%)
۱۸/۲۷	۴۹/۶۳	۴۸/۴۳	۲۲/۰۲	مناطق شهری و روستایی (%)
۱/۳۲	۸۹/۲۶	۸/۳۱	۱/۶۹	میانگین سایر کاربری‌های منطقه (%)
۱/۳	۲/۹۲	۳/۲۴	۰/۳۹	میانگین فاصله از جاده (کیلومتر)
۴/۵۱	۹/۶۲	۶/۵	۴/۳۴	میانگین فاصله از رودخانه (کیلومتر)
۹/۴۳	۱۷/۶۲	۱۹/۴۱	۹/۵۲	میانگین فاصله از مرکز بزرگ‌ترین بخش شهری (کیلومتر)
۲۴۶/۶۲	۳۰۹/۵۸	۴۶۹/۴۲	۲۷۱/۶۶	میانگین تراکم جمعیت (نفر در کیلومترمربع)

جدول ۲- نتایج آزمون کایزر، مایر و اولکین و کرویت بارتلت

شاخص کفایت حجم نمونه کایزر، مایر و اولکین (KMO): ۰/۷۷۷			
شاخص بارتلت	کای اسکوئر	درجه آزادی	معنی‌داری
۸۸/۴۱۱	۶	۰/۰۰۰	

یافته‌های پژوهش

استخراج پارامترهای محیطی-اجتماعی در خوشه‌ها: جدول ۱، پارامترهای محیطی-اجتماعی اثرگذار در عرضه خدمات اکوسیستمی را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج انواع کاربری‌های موجود در هر خوشه نسبت به خوشه‌های دیگر دارای دامنه تغییرات گسترده‌تری در مقایسه با سایر پارامترهای محیطی-اجتماعی مورد بررسی است و سه پارامتر شیب متوسط و ارتفاع متوسط و فاصله از رودخانه در هر چهار خوشه مورد بررسی تقریباً در یک محدوده قرار دارد و تغییرات چندانی ندارد.

تحلیل پارامترهای محیطی-اجتماعی موثر بر عرضه خدمات اکوسیستمی: در گام نخست پس از اجرای آزمون تحلیل مؤلفه‌های اصلی، جدول مربوط به دو شاخص کایزر، مایر و اولکین (KMO) و بارتلت بررسی می‌شود. با توجه به جدول ۲ شاخص KMO در این مطالعه ۰/۷۷۷ به دست آمد که بزرگتر از ۰/۵ است از این رو حجم نمونه‌ها برای انجام این آزمون مناسب است. از سوی دیگر مقدار عددی آزمون بارتلت (۸۸/۴۱۱) بود که براساس پیش‌فرض این آزمون و سطح معنیداری صفر، بیانگر تناسب این آزمون در مقادیر با احتمال ۰/۰۵ و کوچک‌تر است و ماتریس همبستگی مناسب تحلیل عاملی است.

در گام بعدی، پس از استانداردسازی متغیرهای ورودی، ماتریس همبستگی مرتبه ۱۰ (برابر با تعداد متغیرهای ورودی) تشکیل شد که نتایج آن در جدول ۳ ارائه شده است. در مرحله بعد براساس ماتریس همبستگی، ۱۰ مقدار ویژه و به‌ازای هر مقدار ویژه ۱۰ بردار ویژه به دست می‌آید که با استفاده از آن‌ها، مؤلفه‌های اصلی بر مبنای متغیرهای اولیه محاسبه می‌شود. جدول ۴ مشخصات مؤلفه‌های به دست آمده از مقادیر ویژه و بردارهای ویژه را نشان می‌دهد. براساس این جدول، مقدار اولین مؤلفه برابر با ۳/۷۱۵ است که ۵۷/۰۱۶ درصد از کل واریانس موجود در داده‌ها را توجیه می‌کند. دومین مؤلفه نیز ۱۹/۸۷۴ درصد از کل واریانس را توجیه می‌کند و این دو مؤلفه در مجموع بیانگر ۷۶/۸۹ درصد از پراکندگی داده‌های اصلی است. از این رو می‌توان دو مؤلفه اول را به‌عنوان مؤلفه‌های اصلی در نظر گرفت. از سوی دیگر، انتخاب آستانه حذف تنها براساس مفهوم ادراکی کار درست و دقیقی نیست و نیاز است تا از آزمون‌های ویژه برای این منظور استفاده نمود.

در این مطالعه از آزمون سنگریزه^۲ برای تعیین دقیق تعداد مؤلفه‌ها استفاده شد که مبتنی بر رسم مقادیر ویژه در مقابل شماره مؤلفه‌ها است (شکل ۲). نتایج این آزمون نشان داد که تنها دو مؤلفه اول دارای ارزش ویژه بالایی یک هستند و در مورد سایر مؤلفه‌ها شیب نمودار روند ثابتی دارد. در گام بعد، بارهای عاملی مربوط به مؤلفه‌ها با استفاده از روش وریماکس دوران داده شد.

^۱Scree Plot

جدول ۳- ماتریس متقارن همبستگی بین متغیرها

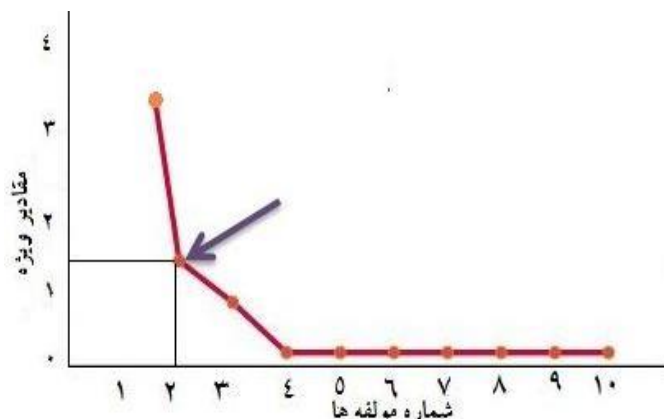
متغیرها	زمین‌های کشاورزی	مناطق مسکونی	فضای سبز	سایر کاربری‌ها	فاصله از جاده	تراکم جمعیت	بخش شهری	فاصله از مرکز بزرگترین	فاصله از رودخانه	ارتفاع متوسط	شیب متوسط
زمین‌های کشاورزی	۱										
مناطق مسکونی	-۰/۹۷۸	۱									
فضای سبز	۰/۸۵۴	-۰/۹۴۲	۱								
سایر کاربری‌ها	۰/۵۲۰	۰/۶۴۳	-۰/۸۲۸	۱							
فاصله از جاده	۰/۹۷۳	۰/۹۲۶	-۰/۷۸۶	۰/۹۲۶	۱						
تراکم جمعیت	۰/۸۲۵	۰/۷۴۵	-۰/۵۰۶	-۰/۰۳۲	۰/۷۴۷	۱					
فاصله از مرکز بزرگترین بخش شهری	۰/۹۹۸	۰/۹۸۵	-۰/۸۷۰	-۰/۵۲۳	۰/۹۵۹	۰/۸۳۰	۱				
فاصله از رودخانه	۰/۷۷۳	۰/۸۵۴	-۰/۹۴۳	-۰/۹۴۴	۰/۷۷۵	-۰/۲۹۳	۰/۷۷۴	۱			
ارتفاع متوسط	۰/۷۹۹	۰/۸۴۵	-۰/۸۸۸	-۰/۹۰۲	۰/۸۴۰	-۰/۳۲۰	۰/۷۹۰	۰/۹۸۱	۱		
شیب متوسط	-۰/۵۸۳	-۰/۴۶۵	-۰/۳۰۲	-۰/۳۳۵	-۰/۷۵۴	-۰/۳۲۴	-۰/۵۲۶	-۰/۴۸۳	-۰/۶۴۴	۱	

جدول ۴- مشخصات مؤلفه‌های استخراج شده از متغیرهای اولیه

معیار	مجموع توان دوم‌های بارهای عاملی		
	کل	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی
۱	۳/۷۱۵	۵۷/۰۱۶	۵۷/۰۱۶
۲	۲/۰۰۶	۱۹/۸۷۴	۷۶/۸۹
۳	۱/۱۶	۸/۰۳۲	۸۴/۹۲۲
۴	۰/۸۰۶	۵/۲۱۸	۹۰/۱۴
۵	۰/۶۸۵	۳/۲۰۶	۹۳/۳۴۶
۶	۰/۴۷۶	۲/۱۴۳	۹۵/۴۸۹
۷	۰/۳۸۲	۱/۷۷۹	۹۷/۲۶۸
۸	۰/۳۰۲	۱/۱۵۲	۹۸/۴۲
۹	۰/۲۱۶	۰/۹۶۷	۹۹/۳۸۷
۱۰	۰/۱۸۳	۰/۶۱۳	۱۰۰/۰۰

به‌منظور تفسیر جدول ۴، بیشترین عدد در هر ستون مشخص شده و براساس آن، معیارها گروه‌بندی و مؤلفه‌های اصلی تفکیک می‌گردد. براساس نتایج جدول ۵، متغیرهایی که در دو مؤلفه‌ی اصلی دارای مقادیر بیشتری هستند همبستگی بیشتری نسبت به عرضه خدمات اکوسیستمی در منطقه مطالعاتی دارند.

مقادیر دوران داده شده مؤلفه اول نشان می‌دهد که متغیرهای زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی، فاصله از جاده، فضای سبز و پارک‌ها و تراکم جمعیت دارای همبستگی بالایی در این مؤلفه هستند در حالی که برای مؤلفه دوم متغیرهای سایر کاربری‌ها (زمین‌های بدون پوشش، مناطق صخره‌ای و کوه‌ها)، فضای سبز و پارک‌ها و فاصله از رودخانه دارای بیشترین همبستگی هستند. بر این اساس، در مؤلفه اول، مناطق مسکونی دارای ارتباط غیرمستقیم با عرضه خدمات اکوسیستمی است. بدین ترتیب، افزایش مساحت مسکونی باعث کاهش عرضه خدمات اکوسیستمی در منطقه مطالعاتی می‌شود. در حالی که زمین‌های کشاورزی و فاصله از جاده بر میزان عرضه خدمات اکوسیستمی تأثیر مستقیم دارد.



شکل ۲- نمودار سنگریزه‌ای برای تعیین تعداد مؤلفه‌های اصلی

جدول ۵- مشخصات مؤلفه‌های اصلی با چرخش وریماکس

مؤلفه‌ها		متغیرها
مؤلفه دوم	مؤلفه اول	
۰/۴۰۸	۰/۹۴۱	زمین‌های کشاورزی
۰/۰۸۴	-۰/۹۷۱	مناطق مسکونی
۰/۲۱۶	۰/۸۴۲	فاصله از جاده
۰/۷۸۸	۰/۹۲۵	فضای سبز و پارک‌ها
۰/۹۹۷	-۰/۳۷۵	سایر کاربری‌ها
۰/۴۲۸	-۰/۷۸۱	فاصله از مرکز شهر
۰/۰۲۶	۰/۷۵۲	تراکم جمعیت
۰/۹۲۶	۰/۵۳۱	فاصله از رودخانه
-۰/۳۴۷	۰/۴۲۳	ارتفاع متوسط
-۰/۳۵۵	-۰/۲۵۳۰	شیب متوسط

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت خدمات اکوسیستمی در برنامه‌ریزی‌های توسعه، این مطالعه با هدف شناسایی مؤلفه‌های مؤثر بر عرضه خدمات اکوسیستمی انجام شد. نتایج نشان داد که به‌طور کلی دو مؤلفه اصلی براساس متغیرهای ورودی به مدل قابل تفکیک است که ۷۶/۷۹ درصد واریانس داده‌های ورودی را توجیه می‌کند. روش آماری تحلیل مؤلفه اصلی این امکان را فراهم می‌سازد که متغیرهایی که دارای بیشترین امتیاز هستند را به‌عنوان نماینده گروه انتخاب نمود (Seifi et al., 2010). تحلیل مؤلفه اصلی دارای قابلیت خوبی برای تعیین اهمیت هر یک از عوامل مؤثر بر عرضه خدمات اکوسیستمی است به‌طوری که عوامل مهم‌تر را در مؤلفه اول قرار می‌دهد و سایر عوامل براساس میزان اهمیت در مؤلفه‌های بعدی استخراج شده، قرار می‌گیرد. براساس نتایج این مطالعه، تقریباً تمامی متغیرهای استخراج شده در مناطق همگن عرضه خدمات اکوسیستمی، بر عرضه خدمات اکوسیستمی تأثیرگذار هستند.

با توجه به اینکه سه پارامتر زمین‌های کشاورزی، پارک‌ها و فضاهای سبز و مناطق مسکونی جزء کاربری و پوشش زمین قلمداد می‌شود، می‌توان نتیجه گرفت که کاربری و پوشش زمین نقش به‌سزایی در عرضه خدمات اکوسیستمی دارد. Kong و همکاران (۲۰۱۸) و Johnson و همکاران (۲۰۱۵) نیز زمین‌های جنگلی و اراضی کشاورزی را به‌عنوان طبقاتی از انواع کاربری اراضی مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر عرضه خدمات اکوسیستمی در منطقه مطالعاتی خود برشمرده‌اند. از سوی دیگر، نتایج این مطالعه با نتایج مطالعه Abdollahi و همکاران (۲۰۲۰) که پارامترهای مؤثر بر عرضه خدمات اکوسیستمی را به‌صورت ادراکی (مبتنی بر میزان عرضه خدمات اکوسیستمی در کاربری‌های مختلف) مورد ارزیابی قرار داده‌اند، هماهنگی و تطبیق بالایی دارد. مقایسه نتایج این دو پژوهش نشان داد که رویکرد تحلیلی از دقت بیشتری برخوردار بوده و پارامترهای مؤثر بر عرضه خدمات اکوسیستمی را به‌صورت دقیق‌تری شناسایی می‌کند. براساس نتایج، فاصله از جاده و فاصله از رودخانه دارای ارتباط مستقیمی با عرضه خدمات

اکوسیستمی است. با توجه به ماهیت خدمات اکوسیستمی مورد بررسی در این مطالعه (ارزش زیبایی‌شناسی، ارزش تفریحی و کاهش آلودگی صوتی)، این نتیجه با نتایج مطالعه Masoodi و همکاران (۲۰۱۶) و Siroosi و همکاران (۲۰۱۲) هم‌خوانی دارد. آن‌ها نیز فاصله از جاده و فاصله از رودخانه را به‌عنوان دو معیار مهم در ارزش تفریحی منطقه مطالعاتی خود ارزیابی نمودند.

بررسی فضای سبز و پارک‌ها به‌همراه زمین‌های کشاورزی نشان می‌دهد که این کاربری‌ها دارای ارتباط مستقیمی با عرضه خدمات اکوسیستمی هستند، در حالی که مناطق مسکونی رابطه غیرمستقیم با عرضه خدمات اکوسیستمی مورد بررسی در منطقه مطالعاتی دارند که همراستا با مطالعه Sakieh و همکاران (۲۰۱۷) در رابطه با ارتباط بین شدت تراز صوت و زیرساخت‌های انسانی و پوشش گیاهی و همچنین مطالعه Saeidi و همکاران (۲۰۱۹)، در زمینه ارزش‌های زیبایی‌شناسی است.

براساس نتایج این مطالعه، شناسایی پارامترهای مهم بر عرضه خدمات اکوسیستمی می‌تواند برنامه‌ریزی و مدیریت کاربری زمین را بهبود بخشد. بدین ترتیب، طراحی شهرهای غیرمتمرکز به‌عنوان یک رویکرد مدیریتی برای حفظ عرضه خدمات اکوسیستمی و افزایش پایداری بوم‌شناختی سرزمین پیشنهاد می‌شود. براساس این رویکرد، مناطق مسکونی و زیرساخت‌های انسانی در مناطقی که دارای پتانسیل کمی برای عرضه خدمات اکوسیستمی هستند ایجاد شده و فضاهای خالی اطراف این مناطق را فضاهای سبز و پوشش گیاهی در برمی‌گیرد (Sakieh et al., 2015). بدین ترتیب با توجه به پیوستگی بین لکه‌های پوشش گیاهی، عرضه خدمات اکوسیستمی افزایش خواهد یافت. نتایج این مطالعه یکی از کاربردهای روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی را در مطالعات علوم محیطی نشان می‌دهد. با توجه به انعطاف‌پذیری این روش، می‌توان از آن در شرایط محیطی متفاوت برای بررسی پارامترهای محیطی-اجتماعی و اقتصادی متنوع تأثیرگذار بر عرضه خدمات اکوسیستمی بهره گرفت.

در ادامه پژوهش حاضر توصیه می‌شود که رهیافت ارائه شده در این پژوهش به‌منظور بررسی نیازهای اقتصادی-اجتماعی همچون میزان درآمدزایی ناشی از انواع کاربری‌ها، وابستگی شغلی افراد به کاربری‌های مختلف و میزان تأثیر این عوامل بر عرضه خدمات اکوسیستمی استفاده شود و قابلیت این روش برای شناسایی مؤلفه‌های اقتصادی-اجتماعی مؤثر بر عرضه خدمات اکوسیستمی با استفاده از دامنه وسیع‌تری از پارامترهای محیطی-اقتصادی-اجتماعی ارزیابی شود.

References

- Abdollahi, S., Ildoromi, A., Salmanmahini, A., Fakheran, S., 2019. Determination and Quantification of the Landscape Aesthetic Value in Central Part of Isfahan Province. *Iranian Journal of Applied Ecology* 7(4), 31-42. (In Persian)
- Abdollahi, S., Ildoromi, A., Salmanmahini, A., Fakheran, S., 2020. Determination of homogenous areas for ecosystem services supply in the central part of Isfahan province. *RS and GIS for Natural Resources* 11(1), 29-47. (In Persian)
- Akhtar, M., Zhao, Y., Gao, G., 2021. An analytical approach for assessment of geographical variation in ecosystem service intensity in Punjab, Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research* 28(28), 38145-38158.
- Asadolahi, Z., Salmanmahini, A., Mirkarimi, H., Azimi, M., 2015. Modeling the Supply of Sediment Retention Ecosystem Service (Case study: Eastern Part of Gorgan-Rud Watershed). *Quarterly Journal of Environmental Erosion Research*, 5 (3), 61-75. (In Persian)
- Camdevyren, H., Demyr, N., Kanik, A., Keskin, S., 2005. Use of principal component scores in multiple linear regression models for prediction of Chlorophyll-a in reservoirs. *Ecological Modelling* 181(4), 581-589.
- Chawanji, Sh., Masocha, M., Dube, T., 2018. Spatial assessment of ecosystem service trade-offs and synergies in Zimbabwe. *Transactions of the Royal Society of South Africa* 73(2), 172-179.
- Ehsanzadeh, A., Nejadkoorki, F., Khodadoostan, S., 2016. A study on the most important factors affecting the concentration of particulate matter smaller than 10 microns (PM10) using principal component regression. *Iranian Journal of Research in Environmental Health* 2(2), 154-164. (In Persian)
- Eskandari Nodeh, M., Khoshdelan, M., 2012. Spatial Analysis of Population Distribution and Urban Services in Anzali City Based on the TOPSIS Model. *Geography and Sustainability of Environment* 2(2), 25-44. (In Persian)

- Habibpour Gatabi, K., Safari Shaly, R., 2009. Comprehensive Manual for Using SPSS in Survey Researches. Sixth Edition, Loyeh Publication, Tehran, 864 p.
- Haghdadi, M., Heshmati, G., Azimi, M., 2018. Assessment of Water yield service on the basis of InVEST tool (case study: Delichai watershed). *Journal of Water and Soil Conservation* 25(4), 275-290. (In Persian)
- Jamali, H., Sajadi, J., Razavian, M. T., Heydari, J., 2018. Evaluation effective authors on satisfaction for tourist destinations the case of castal cities of Boushehr Province. *Urban Tourism Quarterly* 5(3), 49- 64. (In Persian)
- Johnson, S. A., Steele, J., Pillay, R., O'Donoghue, P., 2015. Spatial Patterns of Ecosystem Services across Landscape Gradients, Application to Florida. University of Florida, Gainesville, Florida, USA. 196 p.
- Kong, L., Zheng, H., Xiao, Y., Ouyang, Z., Li, C., Zhang, J., Huang, B., 2018. Mapping Ecosystem Service Bundles to Detect Distinct Types of Multi functionality within the Diverse Landscape of the Yangtze River Basin, China. *Sustainability* 10(3), 857873.
- Liu, C.W., Lin, K.H., Kuo, Y.M., 2003. Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a black foot disease area in Taiwan. *Science of the Total Environment* 313(1-3), 77- 89.
- Masoodi, M., Salman Mahiny, A., Mohammadzadeh, M., Mirkarimi, H., 2016. Optimization of Recreational Site Selection Using Multi Criteria Evaluation and Functional Relationship Diagram (Case Study: Miankaleh Wildlife Sanctuary). *Pollution* 2(2), 163-181.
- MirKarimi, S.H., Saeidi, S., Mohammadzadeh, M., Salmanmahini, A., 2014. PCA method in landscape visual quality assessment, case study: Ziarat Watershed of Golestan Province. *Journal of Environmental Studies* 40(2), 451-462. (In Persian)
- Mirzayi, M., Riyahi Bakhtiyari, A. R., Salmanmahini, A., Gholamalifard, M., 2013. Investigating the Land Cover Changes in Mazandaran Province Using Landscape Ecology's Metrics Between 1984 - 2010. *Iranian Journal of Applied Ecology* 2(4), 37-55. (In Persian)
- Quintessence, C., 2016. Networking our way to better ecosystem service provision. *Trends in Ecology and Evolution* 31(31), 105-115.
- Rahimi, L., Malekmohammadi, B., Yavari, A., 2019. The Ecosystem Services Assessment of Wetlands Based on the Classification of Hydrological-Ecological Structures and Functions (Case Study: Shadegan Wetland). *Geography and Sustainability of Environment* 9(1), 51-72. (In Persian)
- Ravikumar, P., Somashekar, R. K., 2015. Principal component analysis and hydro-chemical facies characterization to evaluate groundwater quality in Varahi river basin, Karnataka state, India. *Applied Water Science* 7(2), 745-755.
- Raziei, T., 2016. Identification of homogeneous precipitation sub-regions for Iran using principal component analysis. *Iranian Journal of Geophysics* 10(3), 128-144. (In Persian)
- Ruskule, A., Vinogradovs, I., Viloslada Pecina, M., 2018. The guidebook on the introduction to the ecosystem service framework and its application in integrated planning. In: Kasparinskis, R. (Ed.), University of Latvia, 86 p.
- Saeidi, S., Mirkarimi, S. H., Mohamad zadeh, M., Salman mahini, A., 2019. Surveying the Effects of Urban Growth on the Suitability Value of Aesthetic Patches. *Geographical Planning of Space Quarterly Journal* 8(30), 135-148. (In Persian)
- Sakieh, Y., Salmanmahini, A., Jafarnezhad, J., Mehri, A., Kamyab, H. R., Galdavi, S., 2015. Evaluating the strategy of decentralized urban land-use planning in a developing region. *Land use Policy* 48(4), 534-551.
- Sakieh, Y., Jaafari, Sh., Ahmadi, M., Danekar, A., 2017. Green and calm: Modeling the relationships between noise pollution propagation and spatial patterns of urban structures and green covers. *Urban Forestry and Urban Greening* 24(4), 195-211.
- Seifi, A., Mirlatifi, S. M., Riahi, H., 2010. Developing a Combined Model of Multiple Linear Regression-Principal Component and Factor Analysis (MLR-PCA) for Estimation of Reference Evapotranspiration (Case Study: Kerman Station). *Journal of Water and Soil* 24(6), 1186-1196. (In Persian)
- Shrestha, S., Kazama, F., 2007. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji river basin, Japan. *Environment Modelling Software* 22(4), 464-475.

- Shyu, G.S., Cheng, B.Y., Chiang, C.T., Yao, P.H., Chang, T. K., 2011. Applying factor analysis combined with kriging and information entropy theory for mapping and evaluating the stability of groundwater quality variation in Taiwan. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 8(4), 1084-1109.
- Siroosi, H., Heshmati, Gh., Salman Mahini, A., Nasser, H.R., 2012. Evaluation of the capability of some recreational activities using multi criteria evaluation approach. *Proceeding in 2nd Conference on environmental planning and management*. Tehran University, Tehran, Iran.
- Siroosi, H., Heshmati, Gh., Salmanmahiny, A. 2019. Can empirically based model results be fed into mathematical models? MCE for neural network and logistic regression in tourism landscape planning. *Environment, Development and Sustainability* 22(9), 3701-3722
- Van Renterghem, T., 2018. Improving the noise reduction by green roofs due to solar panels and substrate shaping. *Building Acoustics* 25(3), 219-232.
- Zhao, N., Lu, X., Chao, S., Xu, X., 2015. Multivariate statistical analysis of heavy metals in less than 100 μm particles of street dust from Xining, China. *Environmental Earth Sciences* 73(5), 2319-2327.