Geography and Environmental Sustainability
Homepage: http://ges.razi.ac.ir/
Print ISSN: 2322-3197
Online ISSN: 2676-5683

Evaluating Spatial Patterns of Ecosystem Services based on a Comparative Approach on Spatial Statistics in the Central Part of Isfahan Province

Sedighe Abdollahi[1], Alireza Ildoromi[2*], Abdolrassoul Salmanmahini[3], Sima Fakheran[4]

[1] *Department of Environmental Science and Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran*
[2] *Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran*
[3] *Department of Environment, Faculty of Fishery and Environment, Gorgan University of Agriculture and Natural Resource, Gorgan, Iran*
[4] *Department of Environment, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran*

ARTICLE INFO

Article Type: Research article

Article history:
Received 22 December 2020
Accepted 21 April 2021
Available online 21 April 2021

Keywords:
Ecosystem Services, Local Moran's I, Getis-Ord Gi Analysis, Receiving Operator Characteristic (ROC).

Citation: Abdollahi, S., Ildoromi, A., Salmanmahini, A., Fakheran, S. (2021). Evaluating Spatial Patterns of Ecosystem Services based on a Comparative Approach on Spatial Statistics in the Central Part of Isfahan Province. *Geography and Environmental Sustainability, 11* (1), 41-54.
doi: 10.22126/GES.2021.5957.2326

ABSTRACT

Considering the spatial patterns of ecosystem services plays an important role in evaluating land capacity to provide some benefits. Accordingly, the spatial variation of three ecosystem services, aesthetics value, recreation value and noise pollution reduction in the central part of Isfahan province was investigated applying statistical approaches of Local Moran's I, and Getis-Ord Gi analysis. Then, spatial accuracy of the investigated algorithms was evaluated and compared using the Receiving Operator Characteristic method. The findings reveal that the spatial variation of the ecosystem services under study have High-cluster pattern. Based on both used approaches and for all three ecosystem services, the central part of the study area has a positive spatial correlation pattern, whereas the southern part of the study area has a negative spatial correlation pattern. Areas representing the high cluster pattern involved have the highest supply of ecosystem services in the study area, while in areas with low cluster pattern, the provision of ecosystem services is very low. Spatial accuracy evaluating of ecosystem services spatial correlation patterns indicate that returned the largest area under ROC curve of recreational value and Getis-Ord Gi analysis (0.972), whereas the lowest rate is found for the noise pollution reduction service and Local Moran's I, (0.833). Overall, according to the results, the Getis-Ord Gi indicates higher spatial accuracy than Local Moran's I method for three ecosystem services, and the Receiving Operator Characteristic is an appropriate index to evaluate the accuracy of the analytical approaches used in This research. The findings of this study can be applied by decision makers and land planner to identify and management spatial correlation patterns of ecosystem services.

*. Corresponding author E-mail address: ildoromi@gmail.com
© The Author(s).
Publisher: Razi University

جغرافیا و پایداری محیط
وبگاه نشریه: http://ges.razi.ac.ir/
شاپای چاپی: ۳۱۹۷-۲۳۲۲
شاپای الکترونیکی: ۵۶۸۳-۲۶۷۶

ارزیابی الگوهای مکانی خدمات اکوسیستمی بر مبنای رویکرد تطبیقی مبتنی بر آمار فضایی در قسمت مرکزی استان اصفهان

صدیقه عبداللهی[۱]، علیرضا ایلدرمی[۲*]، عبدالرسول سلمان ماهینی[۳]، سیما فاخران[۴]

[۱] گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
[۲] گروه مهندسی طبیعت، دانشکدهٔ منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
[۳] گروه محیط‌زیست، دانشکدهٔ شیلات و محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[۴] گروه محیط‌زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

مشخّصات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچهٔ مقاله:
دریافت ۲ دی ۱۳۹۹
پذیرش ۱ اردیبهشت ۱۴۰۰
دسترسی آنلاین ۱ اردیبهشت ۱۴۰۰

کلیدواژه‌ها:
خدمات اکوسیستمی، موران محلّی، تحلیل گیتس- ارد جی، نمودار مشخّصهٔ عملکرد.

استناد: عبداللهی، صدیقه؛ ایلدرمی، علیرضا؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ فاخران، سیما (۱۴۰۰). ارزیابی الگوهای مکانی خدمات اکوسیستمی بر مبنای رویکرد تطبیقی مبتنی بر آمار فضایی در قسمت مرکزی استان اصفهان. *جغرافیا و پایداری محیط*، ۱۱ (۱)، ۴۱-۵۴.
doi: 10.22126/GES.2021.5957.2326

چکیده

بررسی پراکنش مکانی خدمات اکوسیستمی در ارزیابی ظرفیت سرزمین برای فراهم‌سازی این سودمندی‌ها نقش مهمّی ایفا می‌کند. بر این اساس، تغییرات مکانی سه خدمت اکوسیستمی ارزش زیبایی‌شناسی، ارزش تفرّجی و کاهش آلودگی صوتی در قسمت مرکزی استان اصفهان با به‌کارگیری رویکردهای آماری موران محلّی و گیتس-ارد جی بررسی شد، سپس صحّت مکانی رویکردهای مورد بررسی با استفاده از نمودار مشخّصهٔ عملکرد، ارزیابی و مقایسه شد. با توجّه به نتایج، تغییرات مکانی خدمات اکوسیستمی مورد بررسی، الگوی خوشه‌ای بالا دارد. براساس هر دو رویکرد مورد استفاده، بخش مرکزی منطقهٔ مطالعاتی برای هر سه خدمت اکوسیستمی دارای الگوی همبستگی مکانی مثبت و بخش جنوبی منطقه، دارای الگوی همبستگی مکانی منفی است. بخش‌های دارای الگوی خوشه‌ای بالا دارای بیشترین میزان عرضهٔ خدمات اکوسیستمی در منطقهٔ مورد مطالعه است در حالی که در مناطق دارای الگوی خوشه‌ای پایین، میزان فراهم‌سازی خدمات اکوسیستمی بسیار ناچیز است. ارزیابی صحّت مکانی الگوهای همبستگی مکانی خدمات اکوسیستمی نشان داد که بیشترین سطح زیر منحنی مربوط به خدمت اکوسیستمی ارزش تفرّجی و رویکرد گیتس-جی ارد (۰/۹۷۲) و کمترین میزان آن مربوط به خدمت کاهش آلودگی صوتی و روش موران محلّی (۰/۸۳۳) است. به‌طور کلّی، با توجّه به نتایج، روش گیتس- ارد جی نسبت به روش موران محلّی برای هر سه خدمت اکوسیستمی صحّت مکانی بیشتری دارد و نمودار مشخّصهٔ عملکرد، معیار مناسبی برای ارزیابی دقّت و صحّت رویکردهای تحلیلی مورد استفاده در این مطالعه است. نتایج نوشتار پیش رو می‌تواند به‌منظور شناسایی و مدیریت الگوهای همبستگی مکانی خدمات اکوسیستمی مورد استفادهٔ تصمیم‌گیران و برنامه‌ریزان سرزمین قرار گیرد.

*. رایانامهٔ نویسندهٔ مسئول: ildoromi@gmail.com
حق‌مؤلف © نویسندگان.
ناشر: دانشگاه رازی

مقدّمه

عناصر بوم‌شناختی بوم‌سازگان در کنش متقابل با سایر عناصر محیطی - اجتماعی، ساختار فضایی بوم‌سازگان را تشکیل می‌دهند و ناپایداری در این اجزاء کلّ ساختار بوم‌سازگان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (اسکندری نوده و خوشدلان، ۱۳۹۱). بر این اساس، مفهوم خدمات اکوسیستم[۱]، ابزاری برای ارزیابی شرایط بوم‌سازگان بوده و ساختار و کارکرد بوم‌سازگان را به رفاه انسان مرتبط می‌سازد (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۸). خدمات اکوسیستمی به‌عنوان ابزار مناسبی برای ایجاد ارتباط بین دانش، سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی سرزمین کاربرد دارند (ترابوچی[۲] و همکاران، ۲۰۱۴؛ گورا[۳] و همکاران، ۲۰۱۶) و در چهار دستهٔ فراهم‌سازی[۴]، حمایتی[۵]، تنظیمی[۶] و فرهنگی[۷] قابل شناسایی هستند (عبداللهی و همکاران، ۱۳۹۸). در این راستا، اطّلاعات حاصل از کمّی‌سازی و نقشه‌سازی خدمات اکوسیستمی، در بررسی چگونگی پراکنش خدمات اکوسیستمی برای ارزیابی پایداری سرزمین در مقیاس‌های نقش مهمّی مختلف دارد (بگ‌ستاد[۸] و همکاران، ۲۰۱۴).

یکپارچه‌سازی خدمات اکوسیستمی در برنامه‌ریزی سرزمین، دستیابی به توسعهٔ پایدار را تسهیل می‌کند؛ زیرا به‌طور صریح خدمات اکوسیستمی را در تصمیم‌گیری‌های مرتبط با توسعهٔ سرزمین وارد کرده؛ بنابراین برهم‌کنش بین جنبه‌های بوم‌شناختی و اقتصادی - اجتماعی توسعه‌های جدید را سرعت می‌بخشد (گرت‌ریگیمی[۹] و همکاران، ۲۰۱۷). بررسی پایداری سرزمین به‌واسطهٔ ارتباط رفاه انسان با منابع سرزمین و کارکرد بوم‌شناختی آن اهمّیت بسزایی دارد (تیموری و همکاران، ۱۳۹۶) و ارزیابی الگوهای پراکنش مکانی خدمات اکوسیستمی ابزار قدرتمندی برای یکپارچه‌سازی مفهوم خدمات اکوسیستمی در رابطه با رفاه انسان است و به‌عنوان یکی از منابع مهمّ برنامه‌ریزی مکانی و مدیریت محیط‌زیست شناخته شده است (باخمان وارگاس[۱۰]، ۲۰۱۳؛ پتر[۱۱] و همکاران، ۲۰۱۳).

شناسایی الگوهای پراکنش و مناطق کلیدی عرضهٔ خدمات اکوسیستمی به‌واسطهٔ ناهمگونی مکانی ویژگی‌های بیوفیزکی و اجتماعی - اقتصادی سرزمین، برای حفظ خدمات اکوسیستمی در برنامه‌ریزی و مدیریت سرزمین ضروری است (بگ‌ستاد و همکاران، ۲۰۱۷؛ شرروتر و رمه[۱۲]، ۲۰۱۶)؛ بنابراین نقشه‌سازی مناطق کلیدی عرضهٔ خدمات اکوسیستمی به‌منظور توسعهٔ راه‌کارهای اطمینان از عرضهٔ آتی آن‌ها، فراهم‌سازی و کمّی‌سازی آن‌ها ضروری است (عبداللهی و همکاران، ۱۳۹۸).

در سال‌های اخیر، سیستم اطّلاعات مکانی[۱۳] به‌طور وسیع برای شناسایی مناطق عرضه و ارزیابی پراکنش مکانی خدمات اکوسیستم استفاده شده است. با استفاده از قابلیت‌های سامانه اطّلاعات مکانی، می‌توان الگوهای پراکنش مکانی و زمانی خدمات اکوسیستمی را ترسیم کرده و تأثیرات احتمالی ناشی از تغییرات محیطی و

1- Ecosystem Services
2- Trabucchi
3- Guerra
4- Providing
5- Supporting
6- Regulating
7- Cultural
8- Bagstad
9- Grêt-Regamey
10- Bachmann Vargas
11- Petter
12- Schroter & Remme
13- Geospatial Information System (GIS)

مدیریتی بر فراهم‌سازی خدمات اکوسیستمی را ارزیابی کرد (نمک و راودسپ-هارن[1]، ۲۰۱۳). رویکردهای گوناگونی به‌منظور ارزیابی الگوهای پراکنش مکانی خدمات اکوسیستمی توسعه یافته است که به دو گروه کلّی روش‌های مبتنی بر تعیین حدّ آستانه (وو[2] و همکاران، ۲۰۱۳؛ کوپیلو[3] و همکاران، ۲۰۱۸؛ کای[4] و همکاران، ۲۰۱۷؛ اوسی[5] و همکاران،۲۰۲۰؛ شرروتر و رمه و همکاران، ۲۰۱۶؛ لا[6] و همکاران، ۲۰۱۵) و روش‌های مبتنی بر خوشه‌بندی مکانی خدمات اکوسیستمی (گورا و همکاران، ۲۰۱۶) تقسیم می‌شوند.

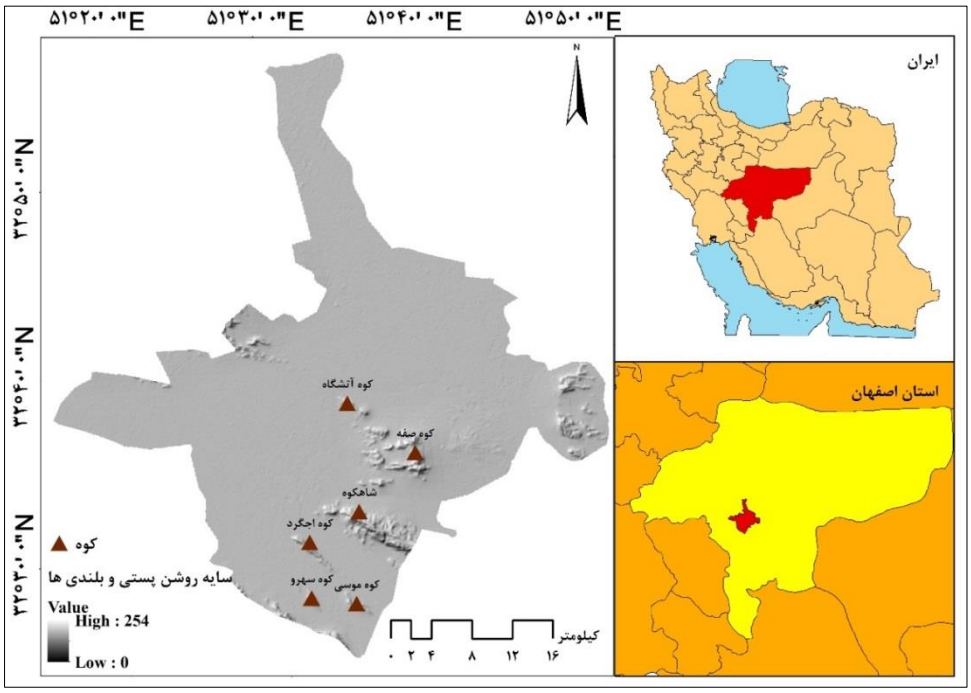
هرچند این رویکردها در ارزیابی الگوهای پراکنش خدمات اکوسیستمی موفّق عمل می‌کنند؛ امّا پیوستگی بین سیمای سرزمین و مناطق کلیدی عرضهٔ خدمات اکوسیستمی را نادیده گرفته و باعث افزایش اثرات نامطلوب تکّه‌تکّه‌شدگی سرزمین می‌شوند که این مسئله افزایش هزینه و زمان اجرای برنامه‌های حفاظتی و مدیریتی سرزمین را به‌دنبال دارد (لی و همکاران، ۲۰۱۷)؛ از این رو روش‌های مبتنی بر آمار فضایی، ابزار مناسبی برای جلوگیری از تعیین مناطق عرضهٔ خدمات اکوسیستمی به‌صورت پراکنده است. در تحلیل خوشه و ناخوشه[7] و تحلیل لکّه‌های داغ[8] می‌توان مکان‌هایی که در آن‌ها ازنظر آماری موارد معنی‌دار وجود دارد را شناسایی کرد (اسدی و کرمی، ۱۳۹۶؛ ترکاشوند، ۱۳۹۵). دو شاخص انسلین محلّی موران[9] و آمارهٔ گیتس-ارد[10] از رویکردهای مفید به منظور نمایش پراکنش آماری پدیده‌ها در فضا و تحلیل چگونگی قرارگیری آن‌ها نسبت به یکدیگر است که با استفاده از آن‌ها مراکز تجمّع هر پدیده به‌صورت محلّی و کلّی مشخّص می‌شود (مشتاقی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۶).

کاربرد روش‌های مبتنی بر آمار فضایی برای ارزیابی الگوهای مکانی خدمات اکوسیستمی به‌تازگی مورد توجّه قرار گرفته است (لی[11] و همکاران، ۲۰۱۷؛ عبداللهی و همکاران، ۱۳۹۸؛ هان[12] و همکاران، ۲۰۲۰). در این پژوهش‌ها از تحلیل لکّه‌های داغ به‌منظور شناسایی و ارزیابی الگوهای پراکنش مکانی خدمات اکوسیستمی استفاده شده است؛ از این رو مقایسهٔ سیستماتیک دو روش موران محلّی و گیتس-ارد جی اطّلاعات ارزشمندی دربارهٔ چگونگی عملکرد آن‌ها در ارزیابی الگوهای مکانی خدمات اکوسیستمی ارائه داده و مبنایی برای یکپارچه‌سازی این متغیّرها در برنامه‌ریزی سرزمین فراهم می‌کند. در نوشتار پیش رو سعی شده است به این پرسش پاسخ داده شود: به‌منظور ارزیابی الگوهای پراکنش خدمات اکوسیستمی نتایج کدام‌یک از دو روش موران محلّی و گیتس-ارد، از دقّت مکانی بالاتری برخوردار است؟

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مورد مطالعه در استان اصفهان بین '۱۹ °۳۲ تا '۵۶ °۳۲ عرض شمالی و '۱۲ °۵۱ تا '۵۹ °۵۱ طول شرقی واقع شده است و بخش‌هایی از شهرستان‌های اصفهان، شاهین‌شهر، خمینی‌شهر، نجف‌آباد و فلاورجان را شامل می‌شود (شکل ۱). این منطقه دربرگیرندهٔ مساحتی معادل ۱۱۸۱ کیلومتر مربع است. متوسّط درجه حرارت سالانهٔ این منطقه ۱۶/۷ درجهٔ سانتی‌گراد و متوسّط بارندگی آن ۱۱۶/۹ میلی‌متر است (عبداللهی و همکاران، ۱۳۹۷).

1- Nemec & Raudsepp-Hearne
2- Wu
3- Korpilo
4- Cai
5- Orsi
6- Law
7- Cluster and Outlier Analysis
8- Hotspot Analysis
9- Anselin Local Moran I
10- Getis-Ord Gi
11- Li
12- Han



شکل ۱. موقعیّت جغرافیایی منطقهٔ مورد مطالعه در ایران و استان اصفهان

این منطقه به‌واسطهٔ مزیت‌های چشم‌گیری همچون وجود رودخانهٔ زاینده‌رود، وجود زمین‌های مرغوب کشاورزی، وجود آثار تاریخی و جاذبه های توریستی، قدمت شهرنشینی، وجود عناصر شهری به‌همراه زیربناهای تجهیزشده، وجود زمینه های بالقوّهٔ توسعه در تمامی بخش ها به‌ویژه کشاورزی، صنعتی، صنایع معدنی و دستی یکی از مناطق مهمّ استان اصفهان است (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان اصفهان، ۱۳۹۵). با توجّه به توزیع ناهمگون کاربری‌های اراضی در منطقهٔ مطالعاتی، چگونگی تغییر در عملکرد بوم‌سازگان‌های منطقه نیازمند دانش عمیق برنامه‌ریزان سرزمین به‌منظور دستیابی به مدیریت پایدار سرزمین است.

آماده‌سازی داده‌ها

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش، نقشه‌های خدمات اکوسیستمی ارزش زیبایی‌شناسی، ارزش تفرّجی و کاهش آلودگی صوتی منطقهٔ مطالعاتی است که با به‌کارگیری معیارهای و شاخص‌های مؤثّر (جدول ۱) در هریک از این خدمات اکوسیستمی و براساس مطالعهٔ عبداللهی و همکاران (۱۳۹۹) در محیط نرم‌افزار جی.آی.اِس.[1] تهیه شد. برای تعیین معیارهای مؤثّر بر عرضهٔ خدمات اکوسیستمی، پس از مرور منابع مطالعاتی (سعیدی[2] و همکاران، ۲۰۱۷؛ ساکیه[3] و همکاران، ۲۰۱۷؛ سیروسی[4] و همکاران، ۲۰۱۹؛ ون‌رنتگم[5]، ۲۰۱۸؛ نینو[6] و همکاران، ۲۰۱۷؛ سوریابهاگاوان[7] و همکاران، ۲۰۱۵) با به‌کارگیری دانش کارشناسی منطبق بر شرایط جغرافیایی و محلّی منطقهٔ مورد مطالعه (مصاحبه با پنج نفر از استادان گروه جغرافیا و محیط‌زیست دانشگاه‌های اصفهان و صنعتی اصفهان) معیارها مشخّص شد.

1- Geographic Information System (GIS)
2- Saeidi
3- Sakieh
4 -Siroosi
5- Van Renterghem
6- Nino
7- Suryabhagavan

جدول ۱. معیارهای مؤثّر برای تهیهٔ نقشهٔ خدمات اکوسیستمی

	خدمات اکوسیستمی		
	ارزش تفرّجی	ارزش زیبایی‌شناسی	خدمت کاهش آلودگی صوتی
معیارهای مؤثّر	فاصله از جاده، پوشش گیاهی، فاصله از رودخانه، فاصله از مناطق مسکونی، کاربری اراضی، کیفیت دیداری، فاصله از آثار باستانی، تنوّع پرندگان، بافت خاک، شیب	قابلیت دید پارک‌ها، تراکم پوشش گیاهی، تنوّع تراکم پوشش گیاهی، قابلیت دید نقاط پرتنوّع، قابلیت دید رودخانه، قابلیت دید قلّه	شدّت تراز صوت، تراکم پوشش گیاهی

ارزیابی الگوهای مکانی خدمات اکوسیستمی

به منظور ارزیابی الگوهای مکانی خدمات اکوسیستمی، از دو روش موران محلّی و آنالیز گیتس-ارد جی از زیرشاخهٔ آمار فضایی استفاده شد. آمارهٔ موران محلّی، یکی از معتبرترین رویکردهای فضایی به‌منظور نمایش مکانی پدیده‌ها (خدمات اکوسیستمی) براساس اصول آماری است. در این رویکرد، با به‌کارگیری عوارض مکانی وزن‌دهی‌شده، نقاط دارای مقادیر بالا و پایین که دارای پراکنش خوشه‌ای هستند و همچنین مقادیری با تفاوت ارزشی بالا (ناخوشه) مشخّص می‌شوند. شاخص موران محلّی، الگوی ارتباط فضایی یک پدیدهٔ مکانی را در محدودهٔ همسایگی با سایر پدیده‌ها بررسی می‌کند (یوان[1] و همکاران، ۲۰۱۸). مقادیر مثبت و معنی‌دار این آماره، بیانگر آن است که پدیده‌های مورد نظر به‌وسیلهٔ پدیده‌های مشابه به خود احاطه شده‌اند؛ به چنین عوارضی خوشه گفته می‌شود. از سوی دیگر، مقادیر منفی و معنی‌دار این آماره، نشان‌دهندهٔ این است که پدیدهٔ مورد نظر (خدمت اکوسیستمی) را عوارضی نامشابه دربر گرفته است. این نوع عوارض ناخوشه نامیده می‌شوند (وانگ و فنگ[2]، ۲۰۱۶).

دیگر رویکرد مورد استفاده در نوشتار پیش رو، تحلیل گیتس-ارد جی است. این تحلیل، خوشه‌های مکانی که ازنظر آماری ارزش‌های بالا (نقاط داغ) و مقادیر کم (نقاط سرد) دارند را شناسایی می‌کند و برای هر ویژگی در کلاس ویژگی ورودی، مقادیر نمره Z، P-value و سطوح اطمینان برای کلاس خروجی ویژگی مورد نظر را محاسبه می‌کند. نمره Z به‌دست‌آمده بیانگر این است که در کدام نواحی، داده‌ها با مقادیر زیاد و کم خوشه‌بندی شده‌اند. براساس چارچوب مفهومی این رویکرد، پدیدهٔ دارای مقادیر بالا مهم است؛ ولی نشان‌دهندهٔ یک لکّهٔ داغ نیست. پدیده‌ای به‌عنوان لکّهٔ داغ قلمداد می‌شود که هم خود پدیده و هم پدیده‌هایی که در همسایگی آن قرار دارند ازنظر آماری معنی‌دار باشند (جانا و سار[3]، ۲۰۱۶). به‌منظور انجام این تحلیل‌ها در محیط نرم‌افزار جی.آی.اِس، داده‌های مورد استفاده (نقشه‌های خدمات اکوسیستمی) از فرمت رستری به فرمت پلی‌گونی تبدیل شد. یکی از مفاهیم اساسی برای انجام تحلیل‌های مرتبط با آمار فضایی، مجاورت مکانی پدیده‌های مورد بررسی است. به‌منظور تشخیص مجاورت مکانی و ساخت ماتریس وزنی، روش‌های گوناگونی کاربرد دارد که از بین آن‌ها، دو روش فاصلهٔ معکوس[4] و مجاورت براساس حاشیه[5] کاربرد بیشتری دارد (برتاو و همکاران، ۱۳۹۲). با توجّه به ماهیت و نوع قرارگیری واحدهای فضایی خدمات اکوسیستمی نسبت به یکدیگر که به‌صورت لکّه‌ای است، در نوشتار پیش رو از روش مجاورت براساس حاشیه استفاده شد که در آن تنها پدیده‌هایی به‌عنوان تحلیل همسایگی معرّفی می‌شوند که مرز مشترک یا بخش هم‌پوشان داشته باشند.

مقایسهٔ رویکردهای مورد بررسی

در گام پایانی، صحّت مکانی نقشه‌های تهیه‌شده در مرحلهٔ پیشین، با به‌کارگیری نمودار مشخّصهٔ عملکرد و در

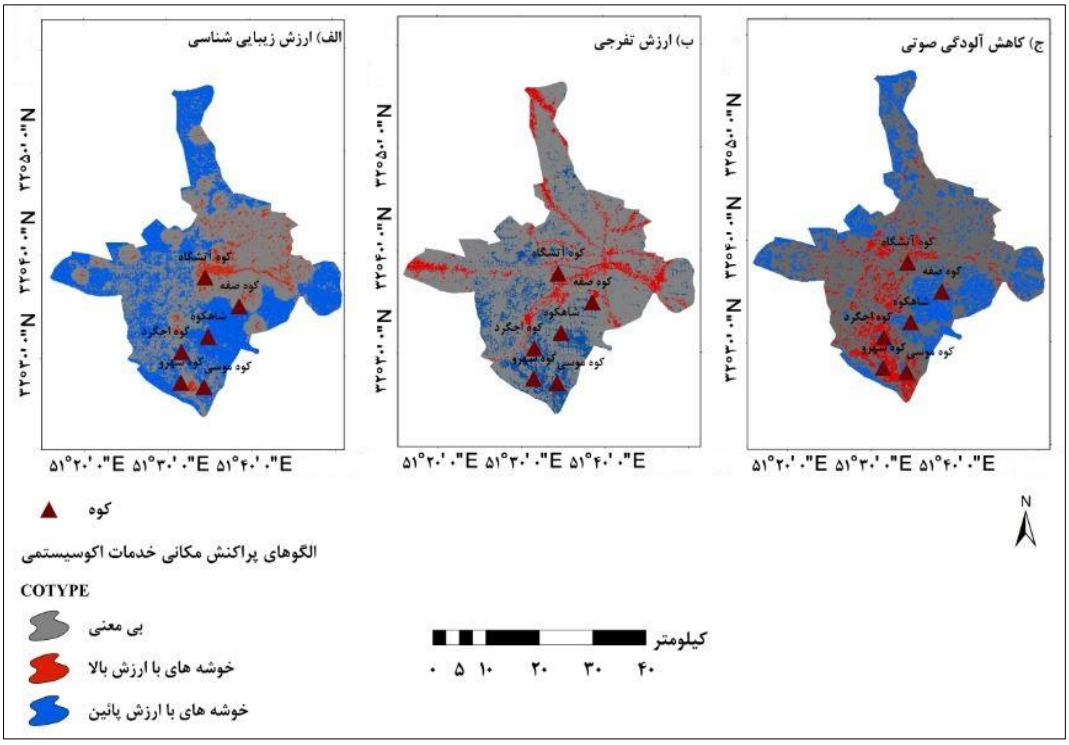
1- Yuan
2- Wang & Fang
3- Jana& Sar
4- Inverse Distance
5- Contiguity edge only

محیط سامانهٔ اطّلاعات جغرافیایی بررسی شد. این نمودار، یکی از روش‌های مناسب برای ارزیابی یک طبقه‌بندی‌کننده و ارزیابی قابلیت آن در شناسایی طبقات مورد نظر است (پونتیوس و اشنایدر[1]، ۲۰۰۱). براساس این روش، ارتباط بین سلول‌هایی که به‌درستی طبقه‌بندی شده‌اند و سلول‌های نادرست بررسی و ارزیابی می‌شود. در این روش، مقادیر سطح زیر منحنی[2] مبنای ارزیابی دقّت مدل است. هرچه مقدار سطح زیرمنحنی به یک نزدیک‌تر باشد، مدل مورد ارزیابی دارای صحّت مکانی بیشتر و به حالت ایده‌آل نزدیک‌تر است؛ در صورتی که مقادیر نزدیک به ۰/۵ نشان‌دهندهٔ صحّت مکانی پایین مدل است (اکبری و همکاران، ۱۳۹۶). در این مطالعه نقشه‌های حاصل از دو رویکرد موران محلّی و گیتس-ارد جی، برای هرسه خدمت اکوسیستمی با نقشهٔ مرجع پارک‌ها و فضاهای سبز منطقهٔ مورد مطالعه به‌عنوان شاخصی از مناطقی که دارای عرضهٔ زیاد خدمات اکوسیستمی هستند، به‌منظور واسنجی دو مدل مورد بررسی، با یکدیگر مقایسه شدند.

نتایج

نتایج حاصل از نقشه‌های معنی‌داری موران محلّی خوشه‌بندی خدمات اکوسیستمی و نوع آن را نشان می‌دهد (شکل ۲). با توجّه به این شکل، خوشه‌های با ارزش بالا که نشان‌دهندهٔ همبستگی مثبت خدمات اکوسیستمی است، در بخش‌های مرکزی و شرقی و جنوب غربی منطقهٔ مطالعاتی پراکنش دارد.

پراکنش خوشه‌هایی با ارزش کم یا همبستگی مکانی منفی بین خدمات اکوسیستمی در بخش جنوبی و قسمت‌هایی از نواحی شمالی منطقه دیده می‌شود. به‌واسطهٔ ناهمگونی در پراکنش انواع کاربری‌ها در منطقه، سطح وسیعی از منطقهٔ مطالعاتی از الگوی خاصّی پیروی نکرده و پراکنش خدمات اکوسیستمی ازنظر آماری بی‌معنا است (جدول ۲).



شکل ۲. پراکنش الگوی موران محلّی برای الف: ارزش زیبایی‌شناسی؛ ب: ارزش تفرّجی و ج: کاهش آلودگی صوتی

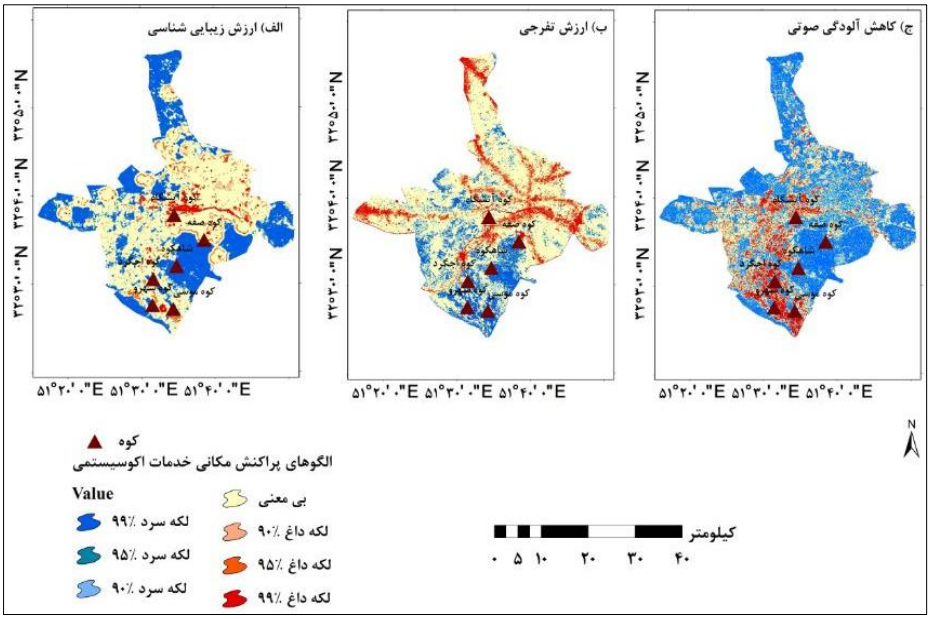
1- Pontius & Schneider
2- Area Under Curve

جدول ۲. مساحت زیر پوشش الگوی به‌دست‌آمده از تحلیل موران محلّی

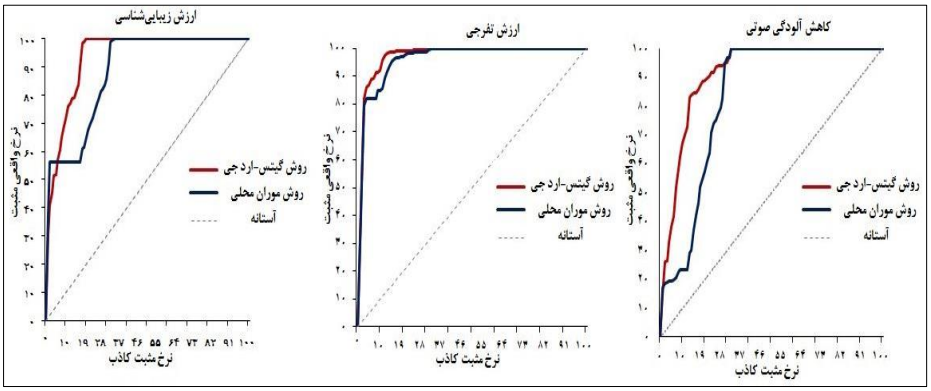
نوع الگوی همبستگی	مساحت خدمات اکوسیستمی (کیلومتر مربع)		
	تفرّج	ارزش زیبایی‌شناسی	کاهش آلودگی صوتی
الگوی خوشه‌ای بالا (HH)	۴۳/۷۳	۴۷/۲۶۷	۱۰۰/۶۵
الگوی خوشه‌ای پایین (LL)	۷۳/۱۴۵	۵۱۵/۷۴۳	۲۷۲/۷۹
الگوی خوشه‌ای بالا در کنار الگوی خوشه‌ای پایین (HL)	–	–	–
الگوی خوشه‌ای پایین در کنار الگوی خوشه‌ای بالا (LH)	–	–	–
بدون الگو	۱۰۶۴/۱۰۲	۶۱۷/۸۸۵	۸۰۷/۵۵

همچنین برای هرسه خدمت اکوسیستمی مورد بررسی، خوشه‌های با ارزش بالا کمترین میزان مساحت را به خود اختصاص داده‌اند. پس از تعیین مناطق دارای ارزش بالا و پایین، عرضهٔ خدمات اکوسیستمی با روش موران محلّی، با استفاده از تحلیل گیتس-ارد جی نقاط داغ و سرد عرضهٔ خدمات اکوسیستمی شناسایی شد (شکل ۳).

با توجّه به شکل ۳ مشخّص می‌شود که الگوی پراکنش خدمات اکوسیستمی در این رویکرد نیز همچون رویکرد موران محلّی است. به‌طوری که لکّه‌های داغ خدمات اکوسیستمی منطبق بر الگوی خوشه‌ای با ارزش بالا در روش موران محلّی و الگوی پراکنش لکّه‌های سرد نیز همچون خوشه‌های با ارزش کم است. از این رو دقّت و صحّت مکانی این دو رویکرد با استفاده از نمودار ROC ارزیابی و مقایسه شد (شکل ۴).



شکل ۳. پراکنش الگوی لکّه‌های داغ برای الف: ارزش زیبایی‌شناسی؛ ب: ارزش تفرّجی و ج: کاهش آلودگی صوتی



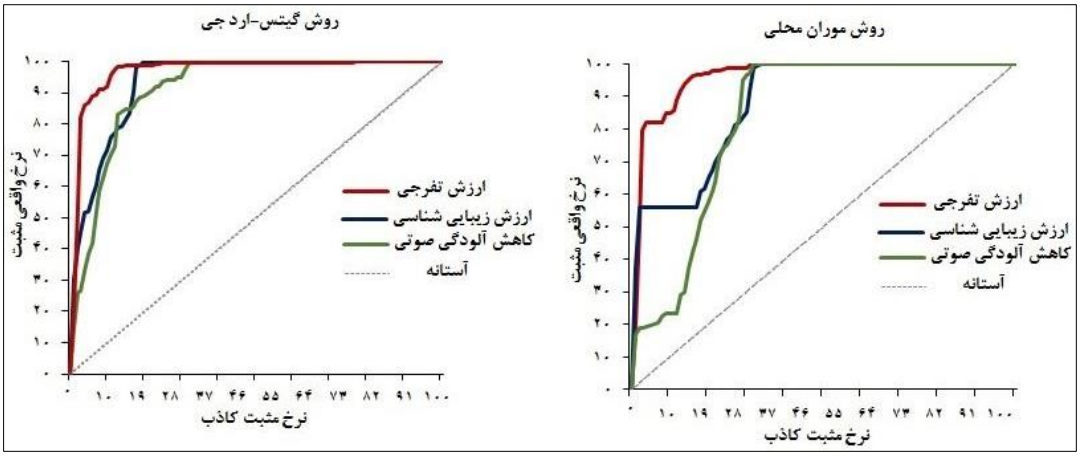
شکل ۴. نمودار مشخّصهٔ عملکرد دو رویکرد مورد استفاده در ارزیابی الگوهای مکانی خدمات اکوسیستمی

با توجّه به شکل ۴، بیشترین فاصله از سطح آستانه برای هرسه خدمت اکوسیستمی مربوط به روش گیتس-ارد جی است و این روش دقّت و صحّت بیشتری دارد؛ از سوی دیگر، با توجّه به فاصلهٔ هر دو روش از سطح آستانه، قابلیت هردو روش به‌منظور ارزیابی الگوهای پراکنش مکانی خدمات اکوسیستمی مورد تأیید است. در گام بعد، معیارهای مورد ارزیابی (خدمات اکوسیستمی) در دو روش موران محلّی و گیتس-ارد جی براساس نمودار مشخّصهٔ عملکرد با یکدیگر مقایسه شدند (شکل ۵).

با توجّه به شکل ۵، در هردو رویکرد مورد بررسی، ارزش تفرّجی دارای بیشترین فاصله از سطح آستانه است و پس از آن ارزش زیبایی‌شناسی قرار دارد. کاهش آلودگی صوتی در دو روش کمترین فاصله را با سطح آستانه دارد. مقادیر سطح زیر منحنی (جدول ۳) نیز نتایج مربوط به شکل‌های ۴ و ۵ را تأیید می‌کند به‌طوری که بیشترین مقادیر سطح زیر منحنی مربوط به روش گیتس-ارد و ارزش تفرّجی و کمترین مقدار آن مربوط به روش موران محلّی و کاهش آلودگی صوتی است.

بحث

بررسی الگوهای پراکنش خدمات اکوسیستمی به‌منظور حفظ تعادل بوم‌شناختی سرزمین لازم است. افزون بر این، شناخت و دستیابی به راه‌کارهای قابل اطمینان به‌منظور ارزیابی دقّت و صحّت رویکردهای مورد استفاده برای ارزیابی پدیده‌ها ضرورت دارد (کولگان[1] و همکاران، ۲۰۱۲). مقایسهٔ الگوهای پراکنش خودهمبستگی موران محلّی و توزیع جغرافیایی خدمات اکوسیستمی نشان داد که مناطقی که بیشترین میزان مطلوبیت و ارزش را ازنظر عرضهٔ خدمات اکوسیستمی دارند، خودهمبستگی مکانی مثبت معنی‌دار داشته و از الگوی خوشه‌ای بالا[2] پیروی می‌کنند در حالی که مناطق بدون مطلوبیت ازنظر عرضهٔ خدمات اکوسیستمی، خودهمبستگی مکانی منفی داشته و دارای الگوی خوشه‌ای پایین[3] هستند.



شکل ۵. مقایسهٔ نمودار مشخّصهٔ عملکرد موران محلّی و گیتس-ارد جی برای خدمات اکوسیستمی

جدول ۳. مقادیر سطح زیر منحنی روش‌های مورد بررسی برای خدمات اکوسیستمی

خدمات اکوسیستمی	روش‌های ارزیابی الگوهای مکانی خدمات اکوسیستمی	
	موران محلّی	گیتس-ارد جی
ارزش تفرّجی	۰/۹۶۱	۰/۹۷۲
ارزش زیبایی‌شناسی	۰/۸۸۴	۰/۹۳۷
خدمت کاهش آلودگی صوتی	۰/۸۳۳	۰/۹۱۴

1- Colgan
2- High-High Cluster Pattern
3- Low-Low Cluster Pattern

فاکتورهای اجتماعی، اکولوژیکی و جغرافیایی مؤثّر بر عرضهٔ خدمات اکوسیستمی نقش مهمّی در تعیین الگوهای مکانی خدمات اکوسیستمی دارند (راودسپ-هارن و همکاران، ۲۰۱۰). بر این اساس برای خدمات اکوسیستمی مورد بررسی با توجّه به میزان اهمّیت معیارهای مؤثّر در عرضهٔ آن‌ها، توزیع الگوهای خودهمبستگی مکانی بالا و پایین متفاوت است.

با توجّه به اینکه قابلیت دید پارک‌ها و فضاهای سبز شهری، مؤثّرترین و مهم‌ترین معیار در ارزش زیبایی‌شناسی منطقه است، در تحلیل خودهمبستگی مکانی این خدمت اکوسیستمی، این مناطق دارای بیشترین خودهمبستگی بوده و الگوی خوشه‌ای بالایی دارند؛ همچنین درمورد خدمت اکوسیستمی تفرّج مهم‌ترین معیار در ارزش تفرّجی منطقهٔ مطالعاتی، فاصله از جاده و مسیرهای دسترسی است؛ از این رو این مناطق خودهمبستگی مثبت قوی را نشان داده و از الگوی خوشه‌ای بالا پیروی می‌کنند و دربارهٔ خدمت کاهش آلودگی صوتی که در آن تراکم پوشش گیاهی در عرضهٔ این خدمت اکوسیستمی نقش اساسی دارد، مناطقی با تراکم بالای پوشش گیاهی دارای الگوی خودهمبستگی مکانی بالا هستند.

نتایج تحلیل گیتس-ارد نشان داد که وسیع‌ترین لکّهٔ داغ عرضهٔ خدمات اکوسیستمی با سطح اطمینان بالای ۹۵٪ برای دو خدمت اکوسیستمی ارزش زیبایی‌شناسی و ارزش تفرّجی، دربرگیرندهٔ بخش مرکزی منطقهٔ مطالعاتی است و برای خدمت اکوسیستمی کاهش آلودگی صوتی بخش جنوب غربی منطقه را شامل می‌شود. این مناطق دربرگیرندهٔ سطح وسیعی از پوشش گیاهی شامل پارک‌ها، درخت‌زارها و زمین‌های کشاورزی است و پوشش گیاهی به‌عنوان عنصر اصلی فراهم‌سازی خدمات اکوسیستمی نقش اساسی در پراکنش مکانی خدمات اکوسیستمی دارد (اسداللهی و همکاران، ۱۳۹۷؛ لی و همکاران، ۲۰۱۷).

کاربرد نمودار مشخّصهٔ عملکرد نشان داد که روش گیتس-ارد نسبت به تحلیل موران از صحّت و دقّت بالاتری برای ارزیابی الگوهای همبستگی مکانی خدمات اکوسیستمی برخوردار است. آمارهٔ G در روش گیتس-ارد، نوعی امتیاز Z است. در این رویکرد امتیاز نهایی Z براساس مقایسهٔ مجموع محلّی یک پدیده و همسایهٔ آن پدیده، به‌طور نسبی با جمع کلّ پدیده‌های اطراف برآورد می‌شود. از این رو، این رویکرد از قابلیت بالایی برای شناسایی الگوهای پراکنش مکانی پدیده‌ها برخوردار است (اسدی و کرمی، ۱۳۹۶؛ نادیان و همکاران، ۱۳۹۷؛ ترکاشوند، ۱۳۹۵؛ پیرعلی زفره‌ئی و همکاران، ۱۳۹۸).

مقادیر سطح زیر منحنی برای خدمت اکوسیستمی تفرّج نسبت به دو خدمت اکوسیستمی دیگر بیشتر است. در نوشتار پیش رو برای نقشه‌سازی این خدمت اکوسیستمی معیارهای بیشتری نسبت به دو خدمت اکوسیستمی دیگر دخیل بوده‌اند. با کاهش معیارهای مؤثّر در مطلوبیت محیط برای یک ویژگی، مقدار شاخص نمودار مشخّصهٔ عملکرد به‌طرز چشم‌گیری کاهش می‌یابد (سعیدی و همکاران، ۱۳۹۵).

سطح زیر منحنی نشان داد که روش گیتس-ارد جی به‌احتمال بیش از ۹۰٪ در شناسایی کانون‌های دارای عرضهٔ بالای خدمات اکوسیستمی قابل اعتماد است. با توجّه به اینکه برای روش موران نیز این احتمال برای خدمت اکوسیستمی تفرّج بالای ۹۰٪ و برای دو خدمت اکوسیستمی دیگر بالای ۸۰٪ است و با توجّه به اینکه مقدار سطح زیر منحنی به یک بسیار نزدیک است، کارایی این تحلیل نیز در شناسایی و تعیین مناطق کلیدی عرضهٔ خدمات اکوسیستمی قابل قبول است و با توجّه به نمودار مشخّصهٔ عملکرد هردو رویکرد، میزان تطابق این روش‌ها با واقعیّت زمینی به‌لحاظ مکانی بالا است.

سعیدی و همکاران (۲۰۱۷) نیز نمودار مشخّصهٔ عملکرد را معیار مناسبی برای ارزیابی دقّت و صحّت الگوریتم‌های مختلف نقشه‌سازی ارزش زیبایی‌شناسی برشمرده‌اند. نتایج به‌طور نسبی مشخّص کرد که رویکردهای

مبتنی بر آمار فضایی، از عملکرد خوبی به‌منظور شناسایی و ارزیابی الگوهای پراکنش مکانی خدمات اکوسیستمی برخوردار هستند. آمار فضایی به‌عنوان رویکردی نوین در مطالعات مرتبط با مکان پدیده‌ها گزینهٔ مناسبی به‌شمار می‌رود. براساس این رویکردها، نه‌تنها درک رفتار پدیده‌ها در فضا آسان‌تر می‌شود، بلکه شناسایی الگوها و روندهای موجود در پدیده‌ها نیز میسّر خواهد بود (اسدی و کرمی، ۱۳۹۶؛ فلاح قالهری و اسدی، ۱۳۹۷).

نتیجه‌گیری

مدیریت پایدار سرزمین نیازمند واردسازی و یکپارچه‌سازی مفهوم خدمات اکوسیستمی در برنامه‌ریزی‌های آمایش سرزمین است. بر این اساس، در نوشتار پیش رو دو رویکرد موران محلّی و گیتس-ارد جی به‌منظور شناسایی و تعیین الگوهای پراکنش مکانی خدمات اکوسیستمی به‌کار رفت و سپس با استفاده از نمودار، مشخّصهٔ عملکرد دقّت و صحّت این رویکرد برای سه خدمت اکوسیستمی مورد بررسی، با یکدیگر مقایسه شد. براساس الگوهای پراکنش لکّه‌های داغ و سرد خدمات اکوسیستمی در روش گیتس-ارد و انطباق آن‌ها با خوشه‌های دارای ارزش بالا و پایین خدمات اکوسیستمی در روش موران محلّی، اطّلاعات درراستای سیاست‌های مرتبط با کاربری زمین فراهم می‌شود. از این رو نتایج پژوهش حاضر می‌تواند در ارزیابی سرزمین و مدیریت و برنامه‌ریزی یکپارچهٔ سرزمین در منطقهٔ مورد مطالعه و سایر مطالعات محیط‌زیستی به‌منظور حفظ تعادل بوم‌شناختی سرزمین و کاهش تخریب محیط‌زیست استفاده شود.

با توجّه به نتایج جستار پیش رو می‌توان دریافت که ارزیابی دقّت و صحّت رویکردهای مختلف ارزیابی و بررسی الگوهای پراکنش پدیده‌های مختلف (ازجمله خدمات اکوسیستمی) می‌تواند نقش مؤثّری در برنامه‌ریزی و مدیریت علمی سرزمین و مبتنی بر اصول آمایش سرزمین داشته باشد. یافته‌های این پژوهش نشان داد که بررسی هم‌زمان رویکردهای مبتنی بر آمار فضایی درک بهتری نسبت به چگونگی پراکنش خدمات اکوسیستمی در منطقهٔ مطالعاتی فراهم می‌کند. خروجی این رویکردها می‌تواند به‌همراه سایر داده‌های مکانی به‌عنوان یکی از مؤلّفه‌های اساسی تصمیم‌گیری در برنامه‌ریزی سرزمین به‌کار رود. با توجّه به نتایج حاصل از این مطالعه پیشنهاد می‌شود که ترکیبی از روش‌های مبتنی بر آمار فضایی برای ارزیابی الگوهای پراکنش خدمات اکوسیستمی توسعه یابد.

منابع

اسداللهی، زهرا؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ میرکریمی، سید حامد؛ عظیمی، مژگان (۱۳۹۷). شناسایی نواحی مهمّ عرضهٔ خدمات چندگانهٔ بوم‌سازگان (مطالعهٔ موردی: بخش شرقی حوضهٔ آبخیز گرگان‌رود). *مجلّهٔ علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*، دسترسی آنلاین ۴ اردیبهشت ۱۳۹۷.

اسدی، مهدی؛ کرمی، مختار (۱۳۹۶). بازنمایی تغییرپذیری دما در استان فارس با استفاده از آمار فضایی. *فصلنامهٔ تحقیقات جغرافیایی*، ۱۱ (۱)، ۶۴-۷۵.

اسکندری نوده، محمد؛ خوشدلان، مژگان (۱۳۹۱). تحلیل فضایی پراکندگی جمعیّت و توزیع خدمات در شهر بندر انزلی براساس مدل تاپسیس. *جغرافیا و پایداری محیط*، ۲ (۳)، ۲۵-۴۴.

اکبری، الهه؛ درویشی بلورانی، علی؛ نیسانی سامانی، نجمه (۱۳۹۶). تهیهٔ نقشهٔ حسّاسیت زمین‌لغزش با استفاده از مدل تلفیقی فازی - فرایند تحلیل شبکه‌ای. *سنجش از دور و سامانهٔ اطّلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۸ (۳)، ۷۳-۸۸.

برتاو، عیسی؛ حاجی‌نژاد، علی؛ عسگری، علی؛ گلی، علی (۱۳۹۲). بررسی الگوهای سرقت مسکونی با به‌کارگیری رویکرد تحلیل اکتشافی داده‌های فضایی، مطالعهٔ موردی: شهر زاهدان. *پژوهش‌های راهبردی امنیت و نظم اجتماعی*، ۶ (۲)، ۱-۲۳.

پیرعلی زفره‌ئی، احمدرضا؛ هدایتی، علی‌اکبر؛ پورمنافی، سعید؛ بیرقدار کشکولی، امید؛ قربانی، رسول (۱۳۹۸). بررسی تغییرات

الگوهای خودهمبستگی مکانی کلروفیل آ در تالاب بین‌المللی چغاخور با استفاده از شاخص لکّه‌های داغ (*Gi) و سنجش از دور. *مجلّهٔ علمی شیلات ایران*، ۲۸ (۱)، ۱۵۵-۱۶۴.

ترکاشوند، محمدقاسم (۱۳۹۵). آشکارسازی جزایر حرارتی شهر اراک مبتنی بر تحلیل‌های خودهمبستگی فضایی. *فصلنامهٔ آمایش محیط*، ۹ (۳۵)، ۱۲۳-۱۴۸.

تیموری، عاطفه؛ سیدیان، سید مرتضی؛ روحانی، حامد؛ احمدی، رضا (۱۳۹۶). ارزیابی پایداری اکوسیستم با استفاده از روش اتّحادیهٔ بین‌المللی حفاظت از طبیعت (مطالعهٔ موردی: حوضهٔ آبخیز دروک). *جغرافیا و پایداری محیط*، ۷ (۴)، ۸۱-۹۳.

رحیمی، لیلا؛ ملک‌محمدی، بهرام؛ یاوری، احمدرضا (۱۳۹۸). ارزیابی خدمات اکوسیستمی تالاب‌ها براساس طبقه‌بندی ساختارها و کارکردهای هیدرولوژیکی (مطالعهٔ موردی: تالاب شادگان). *جغرافیا و پایداری محیط*، ۹ (۱)، ۵۱-۷۲.

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان اصفهان (۱۳۹۵). *سالنامهٔ آماری استان اصفهان*. ۱۸۰ صفحه.

سعیدی، سپیده؛ محمدزاده، مرجان؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ میرکریمی، سید حامد (۱۳۹۵). کاربرد روش رگرسیون لجستیک در مدل‌سازی کیفیت زیبایی‌شناختی سیمای سرزمین (مطالعهٔ موردی: آبخیز زیارت استان گلستان). *محیط‌شناسی*، ۴۲ (۲)، ۴۲۷-۴۳۹.

عبداللهی، صدیقه؛ ایلدرمی، علیرضا؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ فاخران، سیما (۱۳۹۷). تعیین و کمّی‌سازی ارزش زیبایی‌شناسی سیمای سرزمین در بخش مرکزی استان اصفهان. *بوم‌شناسی کاربردی*، ۷ (۴)، ۳۱-۴۲.

عبداللهی، صدیقه؛ ایلدرمی، علیرضا؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ فاخران، سیما (۱۳۹۸). شناسایی و تعیین مناطق کلیدی عرضهٔ خدمات اکوسیستمی چندگانه در بخش مرکزی استان اصفهان. *مطالعات علوم محیط‌زیست*، ۴ (۴)، ۲۰۲۹-۲۰۳۶.

عبداللهی، صدیقه؛ ایلدرمی، علیرضا؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ فاخران، سیما (۱۳۹۹). تعیین مناطق همگن عرضهٔ خدمات اکوسیستمی در بخش مرکزی استان اصفهان. *سنجش از دور و سامانهٔ اطّلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۱۱ (۱)، ۲۹-۴۷.

فلاح قالهری، غلامعباس؛ اسدی، مهدی (۱۳۹۷). بررسی تغییرات زمانی - مکانی ساعات آفتابی در ایران. *نشریهٔ جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۲ (۶۴)، ۲۲۹-۲۴۶.

مشتاقی‌نژاد، فاطمه؛ آقامحمدی، حسین؛ بهزادی، سعید (۱۳۹۶). توسعهٔ راهکاری مکان‌مند به‌منظور تحلیل بارش در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه برمبنای آمار فضایی. *علوم و فنون نقشه‌برداری*، ۷ (۲)، ۱۳۹-۱۵۱

نادیان، مرضیه؛ میرزایی، روح‌اله؛ سلطانی محمدی، سعید (۱۳۹۷). کاربرد شاخص خودهمبستگی فضایی موران در تحلیل فضایی - زمانی آلایندهٔ $PM_{2.5}$ (مطالعهٔ موردی: شهر تهران). *مجلّهٔ مهندسی بهداشت محیط*، ۵ (۳)، ۱۹۷-۲۱۳.

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. (2019). Identifying and Determining Key Areas for Multiple Ecosystem Services Supply in Central Part of Isfahan Province. *Journal of Environmental Sciences Studies*, *4* (4), 2029-2036 (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 & GIS for Natural Resources*, *11* (1), 29-47 (In Persian).

Akbari, E., Darvishi Boloorani, A. & Neysani Samani, N. (2017). Landslide susceptibility mapping using fuzzy-analytic network process. *RS & GIS for Natural Resources*, *8* (3), 73-88 (In Persian).

Asadi, M. & Karami, M. (2017). Representation of Temperature Variability in Fars Province Using

Spatial Statistics. *Geographical Research*, *32* (1), 64-75 (In Persian).

Asadolahi, Z., Salmanmahini, A., Mirkarimi, S. H. & Azimi, M. (2018). Identifying Supply Hotspots of Multiple Ecosystem Services (Case study: East of Gorgan-rud Watershed). *Journal of Environmental Science and Technology*, Accepted Manuscript Available Online from 24 April 2018 (In Persian).

Bachmann Vargas, P. (2013). *Ecosystem services modeling as a tool for ecosystem assessment and support for decision making process in Aysén region, Chile (Northern Patagonia).* Master of Science Environmental Management, Faculty of Agriculture and Nutritional Sciences, Supervisors; Prof. Dr. Felix Müller; Dr. Víctor H. Marín, Christian-Albrechts-Universität, Kiel – Germany.

Bagstad, K. J., Villa, E., Batker, D., Harrison-Cox, J., Voigt, B. & Johnson, G. W. (2014). From theoretical to actual ecosystem services: mapping beneficiaries and spatial flows in ecosystem service assessments, *Ecology and Society*, *19* (2), 64. http://dx.doi.org/ 10.5751/ES-06523-190264.

Bagstad, K. J., Semmens, D. J., Ancona, Z. H. & Sherrouse, B. C. (2017). Evaluating alternative methods for biophysical and cultural ecosystem services hotspot mapping in natural resource planning. *Landscape ecology*, *32* (1), 77-97.

Bartaw, I., Hajinezhad, A., Asgary, A. & Goli, A. (2013). Pattern analysis on Residential burglary by Exploratory Spatial Data Analysis (ESDA), Case study: Zahedan city. *Strategic Research on Social Problems in Iran*, *2* (2), 1-23 (In Persian).

Cai, W., Gibbs, D., Zhang, L., Ferrier, G. & Cai, Y. (2017). Identifying hotspots and management of critical ecosystem services in rapidly urbanizing Yangtze River Delta Region, China. *Journal of Environmental Management*, *191*, 258e267.

Colgan, M. S., Baldeck, C. A., Féret, J. B. & P. Asner, G. (2012). Mapping Savanna Tree Species at Ecosystem Scales Using Support Vector Machine Classification and BRDF Correction on Airborne Hyperspectral and LiDAR Data. *Remote Sensing*, *4*, 3462-3480.

Eskandari Nodeh, M. & Khoshdelan, M. (2012). Spatial Analysis of Population Distribution and Urban Services in Anzali City Based on the TOPSIS Model. *Geography and Environmental Sustainability*, *2* (2), 25-44 (In Persian).

Fallah Galharei, Gh. & Asadi, M. (2018). An Assessment of Spatial-temporal Alteration of Sunshine Hours in Iran. *Journal of Geography and Planning*, *22* (64), 229-246 (In Persian).

Grêt-regamey, A., Altwegg, J., Sirén, E. A., Van Strien, M. J. & Weibel, B. (2017). Integrating ecosystem services into spatial planning—A spatialdecision support tool. *Landscape and Urban Planning*, *165*, 206-219.

Guerra, C. A., Maes, J., Geijzendorffer, I. & Metzger, M. J. (2016). An assessment of soil erosion prevention by vegetation in Mediterranean Europe: Current trends of ecosystem service provision. *Ecological Indicators*, *60*, 213-222.

Han, R., Feng, C., Xu, N. & Guo, L. (2020). Spatial heterogeneous relationship between ecosystem services and human disturbances: A case study in Chuandong, China. *Science of the Total Environment*, 721:137818. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.137818.

Jana, M. & Sar, N. (2016). Modeling of hotspot detection using cluster outlier analysis and Getis-Ord Gi* statistic of educational development in upper-primary level, India. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2, 60. https://doi.org/10.1007/s40808-016-0122-x.

Korpilo, S., Jalkanen, J., Virtanen, T. & Lehvavirta, S. (2018). Where are the hotspots and coldspots of landscape values, visitor use and biodiversity in an urban forest? *PLoS ONE*, *13* (9), pone.0203611 e0203611. https://doi.org/10.1371/journal.

Law, E. A., Bryan, B. A., Meijaard, E., Mallawaarachchi, T., Struebig, M. & Wilson, K. A. (2015). Ecosystem services from a degraded peatland of Central Kalimantan: implications for policy, planning, and management. *Ecological Application*, *25*, 70-87

Li, Y., Zhang, L, Yann J., Wang, P., Hu, N., Cheng, W. & Fu, B. (2017). Mapping the hotspots and coldspots of ecosystem services in conservation priority setting. *Journal of Geographical Sciences*, *27* (6), 681-696.

Management and Planning Organization of Esfahan Province. (2016). *Statistical Yearbook of*

Esfahan Province, 180 pages (In Persian).

Moshtaghinezhad, F., Aghamohammadi, H. & Behzadi, S. (2017). Developing an Analytical Model based on Spatial Statistics for Analyzing Rainfall in the Catchment Area of Lake Urmia. *Journal of Geomatics and Technology*, *7* (2), 139-151 (In Persian).

Nadian, M., Mirzaei, R.& Soltani Mohammadi, S. (2018). Application of Moran'sI Autocorrelation in Spatial-Temporal Analysis of $PM_{2.5}$ Pollutant (A case Study: Tehran City). *Journal of Environmental Health Engineering*, *5* (3), 197-213 (In Persian).

Nemec, K. T. & Raudsepp-Hearne, C. (2013). The use of geographic information systems to map and assess ecosystem services, *Biodiversity and Conservation*, *22* (1), 1-15.

Nino, K., Mamo, Y., Mengesha, G. & Kibret, K. S. (2017). GIS based ecotourism potential assessment in Munessa Shashemene Concession Forest and its surrounding area, Ethiopia. *Applied Geography*, 82, 48-58. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.02.010.

Orsi, F., Ciolli, M., Primmer, E., Varumo, L. & Geneletti, D. (2020). Mapping hotspots and bundles of forest ecosystem services across the European Union. *Land Use Policy*, *99*, 104840

Petter, M., Mooney, Sh., Maynard, S. M., Davidson, A., Cox, M. & Horosak, I. (2013). A Methodology to Map Ecosystem Functions to Support Ecosystem Services Assessments. *Ecology and Society*, *18* (1), 1-36

Pirali, A., Hedayati, A., Pourmanafi, S., Beyraghdar Kashkooli, O.& Ghorbani, R. (2019). Investigation of changes of spatial autocorrelation patterns of chlorophyll-a in Choghakhor International wetland using hot spots index (Gi*) and remote sensing, *Iran Science Fisheries Journal*, *28* (1), 155-164. (In Persian)

Pontius, R. G. J. & Schneider, L. C. (2001). Land-cover change model validation by an ROC method for the Ipswich watershed, Massachusetts, USA, Agriculture. *Ecosystems and Environment*, *85*, 239-248.

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 Environmental Sustainability*, *30*, 51-72 (In Persian).

Raudsepp-Hearne, C., Peterson, G. D. & Bennett, E. M. (2010). Ecosystem service bundles for analyzing tradeoffs in diverse landscapes. *In: Proceedings of the National Academy of Sciences*, *11*, 5242-5247.

Saeidi, S., Mohammadzadeh, M., Salmanmahini, A. & Mirkarimi, S. H. (2016). Application of Logistic Regression in Landscape Aesthetic Quality Modelling (Case study: Ziarat watershed of Golestan Province). *Journal of Environmental Studies (JES)*, *42* (2), 427-439 (In Persian).

Saeidi, S., Mohammadzadeh, M., Salmanmahini, A. & Mirkarimi, S. H. (2017). Performance evaluation of multiple methods for landscape aesthetic suitability mapping: A comparative study between Multi-Criteria Evaluation, Logistic Regression and Multilayer Perceptron neural network. *Land use policy*, *67*, 1-12.

Sakieh, Y., Salmanmahiny, A., Mirkarimi, S. H. & Saeidi, S. (2017). Measuring the relationships between landscape aesthetics suitability and spatial patterns of urbanized lands: an informed modelling framework for developing urban growth scenarios. *Geocarto International*, *32* (8), 1-21.

Schroter, M. & Remme, R. P. (2016). Spatial prioritization for conserving ecosystem services: comparing hotspots with heuristic optimization. *Landscape Ecology*, *31*, 431-450.

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*, 3701-3722

Suryabhagavan, K. V., Tamirat, H. & Balakrishinan, M. (2015). Multi criteria evaluation in identifcation of potential ecotourism sites in Hawassa town and its surroundings, Ethiopia. *Journal of Geomatics*, *1* (9), 86-92.

Teimoori, A., Seyedian, S. M., Rouhani, H.& Ahmadi, R. (2018). Ecosystem Sustainability Assessment Using IUCN (Case Study: Dorook Basin). *Geography and Environmental Sustainability*, *7* (4), 81-93 (In Persian).

Torkashvand, M. (2017). Detection of Heat Islands over Arak City Based on Spatial Autocorrelation Analysis. *Quarterly Journal of Environmental Based Territorial Planning*, *9* (35), 123-148 (In Persian).

Trabucchi, M., O'Farrell, P. J., Notivol, E. & Comin, A. (2014). Mapping ecological processes and ecosystem services for prioritizing restoration efforts in a semi-arid Mediterranean river basin. *Environmental Management*, *53* (6), 1132-1145.

Van Renterghem, T. (2018). Improving the noise reduction by green roofs due to solar panels and substrate shaping. *Building Acoustics*, *25* (3), 219-232.

Wang, Z. B. & Fang, C. L. (2016). Spatial-temporal characteristics and determinants of PM 2.5 in the Bohai Rim Urban Agglomeration. *Chemosphere*. *148*, 148-62.

Wu, J., Feng, Z., Gao, Y. & Peng, J. (2013). Hotspot and relationship identification in multiple landscape services: A case study on an area with intensive human activities. *Ecological Indicators*, *29*, 529-537.

Yuan, Y., Cave, M.& Zhang, C. (2018). Using Local Moran's, I to identify contamination hotspots of rare earth elements in urban soils of London. *Applied Geochemistry*, *88*, 167-178.