شناسایی و تعیین مناطق کلیدی عرضه خدمات اکوسیستمی چندگانه در بخش مرکزی استان اصفهان

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

۱*. گروه محیطزیست، دانشکده منابع طبیعی و محیطزیست، دانشگاه ملایر

۲. گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیطزیست، دانشگاه ملایر

۳. گروه محیطزیست، دانشکده شیلات و محیطزیست، دانشگاه علوم کشاورزی گرگان

۴. گروه محیطزیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

*ایمیل نویسنده مسئول: baharabdollahi94@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۵/۲۸ تاریخ پذیرش : ۹۸/۰۶/۱۴

چکیده

نقشه‌سازی مناطق کلیدی عرضه خدمات اکوسیستمی به منظور توسعه راه‌کارهای اطمینان از عرضه آتی آن‌ها ، فراهم‌سازی و کمی‌سازی آن‌ها ضروری است. در این مطالعه که با هدف بررسی هم‌زمان خدمات چندگانه و شناسایی مناطق کلیدی عرضه آن‌ها در بخش مرکزی استان اصفهان انجام شد، سه خدمت اکوسیستمی ارزش زیبایی‌شناسی سیمای سرزمین، ارزش تفرجی و کاهش آلودگی صوتی در محیط نرم‌افزار GIS نقشه‌سازی شد. سپس با به کارگیری تحلیل هم‌پوشانی مکانی، شاخص کل عرضه خدمات اکوسیستمی، محاسبه شد و در ادامه با استفاده از رویکرد آمار فضایی، نقاط داغ عرضه خدمات اکوسیستمی شناسایی گردید. در پایان رابطه‌ی میان نقاط کلیدی عرضه خدمات اکوسیستمی با پوشش گیاهی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مناطق کلیدی عرضه خدمات اکوسیستمی در بخش مرکزی و شرقی منطقه مطالعاتی پراکنش دارند و دارای رابطه‌ی مستقیمی با پوشش گیاهی هستند. این مناطق ۹/۹۴ درصد سطح منطقه مطالعاتی را در بر می‌گیرند. تحلیل نقاط داغ در بررسی خدمات اکوسیستمی چندگانه می‌تواند کارایی روش‌های مدیریتی برای حفظ خدمات اکوسیستمی را افزایش دهد.

کلمات کلیدی

خدمات اکوسیستمی چندگانه، نقاط داغ، آماره گیتس–ارد، خوشه‌بندی مکانی، مدیریت سرزمین

Identifying and Determining Key Areas for Multiple Ecosystem Services Supply in Central Part of Isfahan Province

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

1*. Department of Environment, Faculty of Natural Resource and Environment, Malayer University

2. Department of Watershed management, Faculty of Natural Resource and Environment, Malayer University

3. Department of Environment, Faculty of Fishery and Environment, Gorgan University of Agricutural Science

4. Department of Environment, Faculty of Natural Resource, Isfahan University of Technology,

*Email:baharabdollahi94@gmail.com

Abstract

Mapping key areas for ecosystem service supply is essential for the development of strategies that will ensure their future supply, provision and quantification. This study aims to investigate simultaneous multiple services and identifying key area for their supply, three ecosystem services, including, landscape aesthetic value, recreation and noise reduction were mapped using GIS in central part of Isfahan province. Then, total ecosystem services supply index was calculated using spatial overlay analysis and then hotspots of ecosystem services supply were identified using the spatial statistics approach. At the end, the relantionship between key area for ecosystem supply and vegetation cover was considered. The results showed that key areas for ecosystem services supply, are distributed in the central and eastern part of the study area and have a direct relationship with vegetation. These areas comprise 9.94% of the study area. Hotspots analysis to consider multiple ecosystem services, can increase, the effectiveness of management approach for conserving ecosystem services.

Key words

Multiple Ecosystem Services, Hotspots, Gites-ord Index, Spatial Clustering, Land Management

۱- مقدمه

سودمندی‌های گوناگونی که بوم‌سازگان‌ها برای مردم فراهم می‌سازند، خدمات اکوسیستمی[۱] نامیده می‌شود که از بین آن‌ها می‌توان به تولید غذا، آب شیرین، خاک حاصلخیز و ارزش‌های زیبایی‌شناختی طبیعت اشاره نمود. خدمات اکوسیستمی در چهار دسته‌ی فراهم‌سازی[۲]، حمایتی[۳]، تنظیمی[۴] و فرهنگی[۵] قابل شناسایی هستند (MEA, 2005). با توجه به مینارد و همکاران ۲۰۱۰، کمی‌سازی و نقشه‌سازی خدمات اکوسیستمی برای شناسایی؛ مناطقی که سطح بالایی از خدمات را فراهم می‌سازد و نیاز به مدیریت و حفاظت برای حفظ خدمات دارد؛ مناطقی که خدمات و عملکردهای ویژه‌ای را تولید می‌کند و تغییرات در فراهم‌سازی خدمات اکوسیتم در طول زمان، اطلاعات پایه‌ای فراهم می‌کند. با این حال نقشه‌سازی محل عرضه و تولید خدمات اکوسیستمی به واسطه کمبود داده‌های موجود در سیمای سرزمین محدود می‌شود. نقشه‌های عملکردی بوم‌سازگان چارچوبی برای شناسایی، محاسبه و ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستمی به منظور مدیریت منابع و برنامه‌ریزی کاربری زمین ارائه می‌دهد (Petter etal, 2013). برای دستیابی به توسعه پایدار، شناسایی و بررسی مکان‌های عرضه خدمات اکوسیستمی در مقیاس‌های مختلف ضروری است. بنابراین نقشه‌سازی و کمی‌سازی خدمات اکوسیستمی ابزار مهمی برای تصمیم‌گیران و مدیران کشوری به منظور مدیریت و پایش سطح عرضه خدمات اکوسیستمی است و امکان شناسایی نواحی دارای ارزش حفاظتی (به علت عرضه زیاد خدمات) را فراهم می‌کند (عبداللهی و همکاران، ۱۳۹۸). منطق و اصول نقشه‌سازی خدمات اکوسیستم با توجه به مطالعات مختلف، متفاوت می‌باشد و مواردی هم‌چون ارزیابی تناسب مکانی خدمات اکوسیستمی با تنوع زیستی (Bai etal, 2011)، تجزیه و تحلیل هم‌بیشی و برهمکنش بین خدمات اکوسیستمی مختلف (RaudseppHearne etal, 2010)، تجزیه و تحلیل کاهش خدمات اکوسیستمی (Harrison etal, 2010) ، برآورد هزینه‌ها و سودمندی‌های خدمات اکوسیستمی (Nelson etal, 2009)، مقایسه عرضه و تقاضای خدمات اکوسیستمی با یکدیگر (Willemen etal, 2012) ، ارزش‌گذاری پولی مقادیر بیوفیزیکی خدمات اکوسیستمی (La-Notte etal, 2012) و یا اولویت‌بندی مناطق در برنامه‌ریزی‌های مکانی و مدیریت آن‌ها را در بر می‌گیرد (Egoh etal, 2011). نقشه‌سازی خدمات اکوسیستمی، به ویژه شناسایی مناطق کلیدی عرضه آن‌ها، فرایندی است که مفهوم خدمات اکوسیستمی را در برنامه‌ریزی‌های حفاظتی وارد می‌کند و بر لزوم توجه به خدمات اکوسیستمی در برنامه‌ریزی کاربری سرزمین تاکید دارد. نقاط داغ خدمات اکوسیستمی، به مناطقی با تنوع بالای خدمات اکوسیستمی، مناطقی با ارزش بالای زیستی و یا اقتصادی و هم‌چنین به مناطقی با عرضه بالای خدمات اکوسیستمی اشاره دارد. روش‌های بررسی نقاط کلیدی خدمات اکوسیستمی در دوگروه کلی قرار می‌گیرد. دسته اول رویکردهایی است که یک حد آستانه‌ی معین برای شناسایی نقاط داغ در نظر می‌گیرد و دسته دوم روش‌های مبتنی بر خوشه‌بندی مکانی خدمات اکوسیستمی است (Yingjie etal., 2017). علاوه بر این روش‌ها، تحلیل‌های زمین- آمار هم‌چون آماره موران و آماره گیتس (G- statistic) به منظور شناسایی و تعیین نقاط داغ و پهنه‌های کلیدی خدمات اکوسیستمی کاربرد دارد. آماره عمومی گیتس (G- statistic) با استفاده از رابطه (۱) برآورد می‌شود؛

$$GI = \sum\sum \frac{Wij(d)XiXj}{\sum\sum XiXj} \qquad (۱)$$

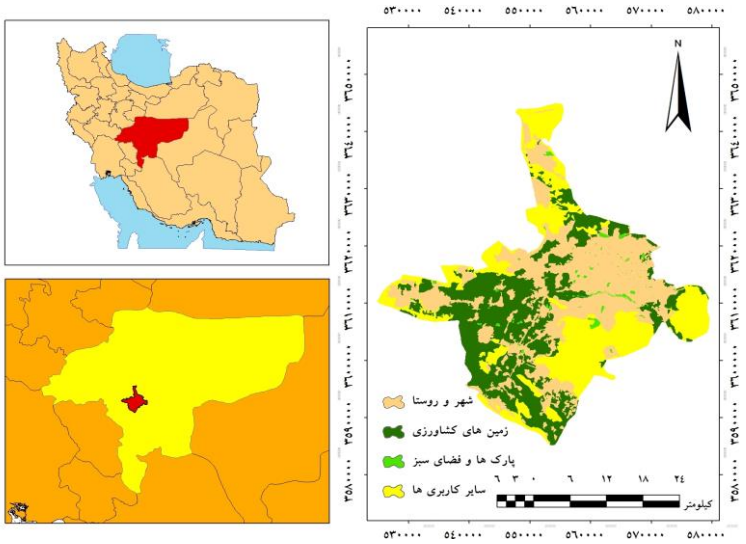
آماره عمومی (G- statistic) بر اساس فاصله‌ی (d) تعریف می‌شود که در آن واحدهای فضایی به عنوان همسایگان i در نظر گرفته می‌شوند. Wij(d) یک ماتریس وزنی است که اگر واحد فضایی j درون فاصله‌ی d باشد، آنگاه مقدار این ماتریس یک است، در غیر این صورت مقدار آن صفر است. از این‌رو این ماتریس، یک ماتریس دودویی متقارن است که در آن ارتباط هماسیگی بر اساس فاصله‌ی d تعیین می‌شود (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۷). از جمله مطالعات داخلی صورت گرفته در زمینه‌ی شناسایی نقاط داغ خدمات اکوسیستمی می‌توان به مطالعه‌ی اسداللهی و همکاران (۱۳۹۷) به منظور شناسایی نواحی مهم عرضه خدمات اکوسیستمی نگه‌داشت خاک، تولید آب و تولید غذا در حوضه آبخیز گرگان‌رود استان گلستان اشاره کرد. در سطح بین‌المللی یانجی و همکاران (۲۰۱۷)، نقاط داغ و نقاط سرد خدمت اکوسیستمی نگه‌داشت خاک را بر مبنای ارزش بیوفیزیکی این خدمت اکوسیستمی در شمال غرب چین بررسی و نقشه‌سازی کردند (Yingjie etal., 2017). هم‌چنین اسروتر و رم (۲۰۱۶) روش‌های مختلف شناسایی نقاط داغ عرضه خدمات اکوسیستمی را در نروژ مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که روش‌های متفاوت شناسایی نقاط داغ خدمات اکوسیستمی باعث افزایش عدم قطعیت در تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی کاربری سرزمین می‌شود (Schroter&Remme, 2016). هدف از این مطالعه شناسایی و تعیین مناطق کلیدی عرضه خدمات اکوسیستمی ارزش تفرجی، ارزش زیبایی‌شناسی و کاهش آلودگی صوتی در منطقه مطالعاتی به منظور بهبود مدیریت کاربری زمین و برنامه‌ریزی سرزمین در راستای دستیابی به توسعه‌ی پایدار است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- محدوده مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در استان اصفهان بین ۳۲ درجه و ۱۹ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۵۶ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۵۹ دقیقه طول شرقی واقع شده است و بخش‌هایی از شهرستان‌های اصفهان، شاهین‌شهر، خمینی‌شهر، نجف‌آباد و فلاورجان را در برمی‌گیرد (شکل ۱). این منطقه در برگیرنده مساحتی معادل ۱۱۸۰/۹۹کیلومترمربع است. متوسط درجه حرارت سالانه این منطقه ۱۶/۷ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی آن ۱۱۶/۹ میلی‌متر است و دارای مزیت‌های چشم‌گیری است که می‌توان به وجود رودخانه‌ی زاینده‌رود، وجود اراضی مرغوب کشاورزی، وجود آثار تاریخی و جاذبه‌های توریستی، قدمت شهرنشینی، وجود عناصر شهری به همراه زیربناهای تجهیز شده، وجود زمینه‌های بالقوه توسعه در تمامی بخش‌ها خصوصا کشاورزی، صنعتی، صنایع معدنی و دستی در صورت

فراهم بودن نیازهای پایه اولیه اشاره نمود (عبداللهی و همکاران، ۱۳۹۷).



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی در ایران و استان اصفهان

۲-۲- کمی‌سازی خدمات اکوسیستمی

رویکردهای گوناگونی برای کمی‌سازی و نقشه‌سازی خدمات اکوسیستمی وجود دارد که در بسیاری از موارد از شاخص‌های متفاوتی برای نقشه‌سازی یک خدمت اکوسیستمی استفاده می‌کنند (Layke etal, 2012). در این مطالعه سه خدمت اکوسیستمی ارزش زیبایی‌شناسی سیمای سرزمین و تفرج به عنوان خدمات فرهنگی و خدمت اکوسیستمی کاهش آلودگی صدا به عنوان خدمت اکوسیستمی تنظیمی مورد بررسی و کمی‌سازی قرار گرفت.

۲-۲-۱- کمی‌سازی خدمت اکوسیستمی ارزش زیبایی-شناسی سیمای سرزمین

در این مطالعه به منظور کمی‌سازی ارزش زیبایی‌شناسی پس از مرور منابع مطالعاتی و بررسی ویژگی‌های منطقه مطالعاتی، معیارهای موثر در ارزش زیبایی‌شناسی شامل تراکم پوشش گیاهی، تنوع تراکم پوشش گیاهی (به عنوان شاخصی از تنوع پوشش)، قابلیت دید نقاط پرتنوع، قابلیت دید رودخانه، قابلیت دید پارک‌ها و فضاهای سبز شهری و قابلیت دید قله‌ها مشخص، نقشه‌سازی و سپس استاندارد گردید و گام بعد پس از وزن‌دهی به معیارهای مورد بررسی با استفاده از روش AHP، با به کارگیری روش ترکیب خطی وزن‌دار، مناطق دارای ارزش زیبایی‌شناسی تعیین شد.

۲-۲-۲- کمی‌سازی خدمت اکوسیستمی تفرج

برای تعیین ارزش تفرجی منطقه مطالعاتی از روش ارزیابی چند معیاره استفاده شد. جهت اجرای این روش ابتدا اهداف مطالعه که شامل طیفی از انواع فعالیت‌های تفرجی در منطقه، (شامل پیاده‌روی، دوچرخه‌سواری، کوه‌نوردی، فرصت شنیدن آواهای طبیعی، اردو زدن، تماشای مناظر زیبا و بازدید آثار فرهنگی) مشخص شدند. سپس معیارهای متناسب با این فعالیت‌های تفرجی تعیین شد. پس از این مرحله، معیارها استانداردسازی و سپس با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی به معیارها وزن داده شد. در مرحله بعد، معیارها با همدیگر ترکیب و در نهایت نقشه توان هر فعالیت تهیه شد. در پایان به منظور تعیین ارزش تفرجی منطقه، نقشه‌ی فعالیت‌های تفرجی با استفاده از ترکیب خطی وزن‌دار ترکیب شدند.

۲-۲-۳- کمی‌سازی خدمت اکوسیستمی کاهش آلودگی صوتی

به منظور کمی‌سازی کاهش آلودگی صوتی پس از تعیین ایستگاه-هایی در منطقه مطالعاتی، شدت تراز صوت اندازه‌گیری شد. به منظور بررسی تغییرات روزانه‌ی شدت تراز صوت در منطقه‌ی مطالعاتی، اندازه‌گیری این پارامتر در ساعت مشخصی از روز (۹ صبح الی ۱۳ بعد ازظهر) در تمامی ایستگاه‌ها جهت جلوگیری از هر گونه خطا انجام گرفت. در میان روزهای هفته نیز اندازه‌گیری از شنبه تا چهارشنبه صورت گرفت و روزهای پنج‌شنبه و جمعه به دلیل تعطیل بود و تاثیرگذاری در نتایج انتخاب نگردید. تمامی اندازه‌گیری به مدت ۴ ماه از اول شهریور تا پایان آذر ماه ۱۳۹۷ انجام شد. به منظور اندازه‌گیری صدا از دستگاه صوت‌سنج Bruel& Kjaer مدل ۲۲۳۹ ساخت کشور دانمارک و هم‌چنین کالیبراتور Bruel& Kjaer مدل ۴۲۳۱ به منظور کالیبره کردن دستگاه صوت‌سنج استفاده شد.در تمامی مراحل اندازه‌گیری، دستگاه صوت‌سنج به جهت ثابت ماندن بر روی یک سه پایه به ارتفاع ۱۵۰ سانتی‌متر قرار گرفت و از یک اسفنج به منظور قرار گرفتن بر روی میکروفن دستگاه صوت‌سنج استفاده گردید.کاربرد این اسفنج برای جلوگیری از خطای ناشی از سر و صدای ایجاد شده توسط ارتعاش مولکول‌های هوا است. براساس استاندارد صوت ایزو ۱۹۹۶دستگاه در فاصله‌ی ۳/۵ متری از ساختمان‌ها و دیواره‌های بتنی که باعث انعکاس صدا می‌شوند قرار گرفت (کسمایی و دانش‌یار، ۱۳۹۶). اندازه‌گیری‌ها براساس استاندارد ملی در زمان ۳۰ دقیقه انجام شد. سپس به‌منظور تهیه نقشه پهنه‌بندی صوتی، مختصات نقاط مورد ارزیابی که توسط دستگاه

GPS ثبت شده بود به همراه مقادیر ترازهای صوت اندازه‌گیری شده به نرم‌افزار GIS وارد گردید و با استفاده از تابع درون‌یابی کریجینگ نقشه پهنه‌بندی صوتی منطقه تهیه گردید. در گام بعد به منظور کمی‌سازی خدمت اکوسیستمی کاهش آلودگی صوتی با استفاده از رگرسیون خطی در نرم‌افزار SPSS رابطه بین شدت تراز صوت (نقشه‌ی پهنه‌بندی صوت) و پوشش گیاهی (شاخص اختلاف نرمال شده پوشش گیاهی) مورد ارزیابی قرار گرفت و در پایان با به کارگیری تابع Raster Calculator در محیط نرم‌افزار GIS پهنه‌بندی مکانی خدمت اکوسیستمی کاهش آلودگی صوتی براساس معادله‌ی رگرسیونی به‌دست آمده انجام شد.

٤-۲-۲- هم‌پوشانی مکانی خدمات اکوسیستمی

آنالیز هم‌پوشانی از پرکاربردترین تحلیل‌ها در حل مسایل مکانی چند معیاره است. خروجی تابع هم‌پوشانی در واقع میانگین مقدار عددی هر پیکسل در هر یک از شاخص‌ها است. در این تابع هم‌چنین می‌توان بر اساس اهمیت هر یک از شاخص‌ها، وزنی به لایه‌ی مورد نظر اعمال کرد تا نتیجه‌ی بهتری در محاسبات حاصل شود (مالچفسکی، ۱۳۹۵). در این مطالعه پس از تهیه‌ی نقشه‌ی هر یک از خدمات اکوسیستمی در منطقه مطالعاتی، با استفاده از ابزار Weighted Sum که یکی از ابزارهای مربوط به توابع هم‌پوشانی مکانی در نرم‌افزار GIS است، این سه نقشه با یکدیگر تلفیق گردید. که در آن مطلوبیت کل در نقشه‌ی خروجی، مجموع وزنی مطلوبیت‌های مربوط به هریک از نقشه‌های ورودی است.

٥-۲-۲- تجریه و تحلیل نقاط کلیدی بر پایه شاخص گیتس (G- statistic)

پس از ترکیب و هم‌پوشانی خدمات اکوسیستمی از شاخص گیتس (G- statistic) از مجموعه ابزارSpatial Statistics Tools در نرم‌افزار GIS 10.4.1 به منظور تعیین نقاط کلیدی عرضه خدمات اکوسیستمی استفاده شد. تحلیل لکه‌های داغ، آماره گتیس ارد جی را برای همه‌ی عوارض موجود در داده‌ها محاسبه می‌کند (Li etal., 2017). یک عارضه با ارزش بالا جالب توجه است اما ممکن است از نظر آماری معنادار نباشد، به این دلیل که یک نقطه داغ معنادار آماری باید علاوه بر داشتن ارزش بالا، توسط دیگر عوارض با ارزش بالا احاطه شده باشد، این امر توسط p-value و z-score بیان می‌شود، این دو به ترتیب میزان احتمال تصادفی بودن و انحراف معیار را نشان می‌دهند (ESRI, 2015). امتیاز Z به دست آمده، نشان می‌دهد که در کدام مناطق، داده‌ها با مقادیر زیاد یا کم خوشه‌بندی شده‌اند. برای امتیاز Z مثبت و معنادار از نظر آماری، هرچه امتیاز Z بزرگ‌تر باشد، مقادیر بالا به میزان زیادی خوشه‌بندی شده و لکه داغ تشکیل می‌دهند. برای امتیاز Z منفی و معنادار از نظر آماری، هرچه امتیاز Z کوچک‌تر باشد به معنای خوشه‌بندی شدیدتر مقادیر پایین خواهد بود و این مقادیر حقیقت لکه‌های سرد را نشان می‌دهند (Zhang etal., 2008).

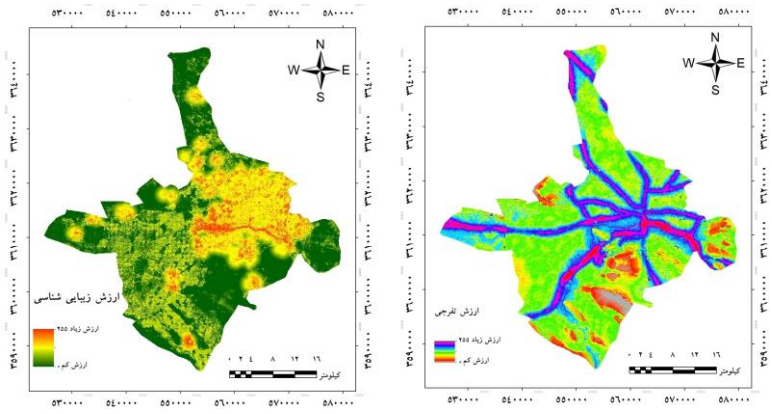
٦-۲-۲- بررسی ارتباط بین نقاط کلیدی عرضه‌ی خدمات اکوسیستمی با شاخص اختلاف نرمال شده پوشش گیاهی

در گام نهایی، رابطه بین خدمات اکوسیستمی با شاخص اختلاف نرمال شده پوشش گیاهی مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور از رابطه رگرسیون خطی ساده در محیط نرم‌افزار SPPSS IBM استفاده شد. بدین صورت که خدمات اکوسیستمی به عنوان متغیر وابسته و پوشش گیاهی (شاخص اختلاف نرمال شده پوشش گیاهی) به عنوان متغیر مستقل وارد رابطه رگرسیونی گردید و ارتباط بین آن‌ها محاسبه شد.

۳- نتایج

۱-۳- کمی‌سازی خدمات اکوسیستمی

همان‌طور که بیان شد به منظور کمی‌سازی ارزش زیبایی‌شناسی و تفرجی منطقه مطالعاتی از روش ترکیب خطی وزن‌دار استفاده شد. در این روش معیارهایی به منظور تعیین ارزش زیبایی‌شناسی و تفرجی مشخص و وزن‌دهی شد. بر اساس نتایج بدست آمده از وزن‌دهی به معیارها، میزان اثر هریک از معیارها در ترکیب نهایی نقشه‌ها مشخص می‌شود. نتیجه اعمال وزن‌ها و ترکیب نقشه‌ها با یکدیگر و با استفاده از روش ترکیب خطی وزن‌دار نقشه‌ای فازی است (شکل ۲) که درجات مختلف مطلوبیت را در دامنه‌ای از ۲۵۵-۰ نشان می‌دهد .



شکل ۲. نقشه پراکنش مکانی دو خدمت اکوسیستمی تفرج و ارزش زیبایی‌شناسی

جدول ۱. وزن معیارهای موثر در ارزش زیبایی‌شناسی

معیار	قابلیت دید پارک‌ها	تراکم پوشش گیاهی	تنوع تراکم پوشش گیاهی	قابلیت دید نقاط پر تنوع	قابلیت دید رودخانه	قابلیت دید قله
وزن AHP	۰/۳۰۰۸	۰/۲۲۳۴	۰/۲۰۴۲	۰/۱۱۰۹	۰/۰۳۹۵	۰/۰۲۴۳

ضریب ناسازگاری (CR): ۰/۰۶

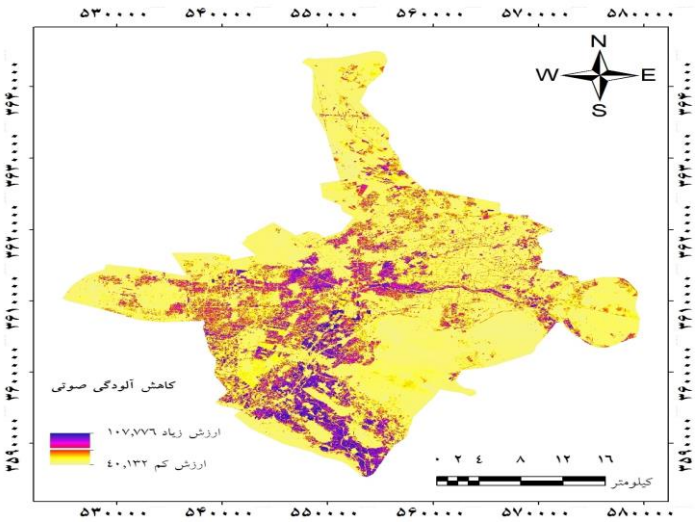
جدول ۲. وزن معیارهای موثر در ارزش تفرجی

معیار	پیاده‌روی	تماشای مناظر زیبا	کوه‌نوردی	اردو زدن	بازدید آثار فرهنگی	دوچرخه‌سواری	فرصت شنیدن آواهای طبیعی
وزن AHP	۰/۳۶۳۶	۰/۲۱۱۵	۰/۱۳۷۴	۰/۱۱۳۰	۰/۰۸۱۳	۰/۰۶۰۷	۰/۰۳۲۵

ضریب ناسازگاری (CR):۰۲/

جدول ۱و ۲ به ترتیب وزن معیارهای موثر در ارزش زیبایی‌شناسی و تفرجی منطقه‌ی مطالعاتی را نشان می‌دهد. با توجه به این دو جدول مهم‌ترین معیار در ارزش زیبایی‌شناسی منطقه مطالعاتی قابلیت دید پارک‌ها و برای ارزش تفرجی فعالیت تفرجی پیاده‌روی است. ضریب همبستگی معادله رگرسیونی بین شدت تراز صوت و پوشش گیاهی ۰/۹۰۴- به دست آمد که نشان‌دهنده رابطه قوی معکوس بین شدت تراز صوت و تراکم پوشش گیاهی است. رابطه ۲ ارتباط بین شدت تراز صوت و پوشش گیاهی را نشان می‌دهد که حاکی از رابطه غیر مستقیم پوشش گیاهی و شدت تراز صوت است به طوری که با افزایش تراکم پوشش گیاهی شدت تراز صوت کاهش می‌یابد شکل ۳ نقشه پهنه‌بندی کاهش صوتی منطقه را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل مناطقی که دارای پوشش گیاهی هستند دارای ارزش بالایی نسبت به کاهش آلودگی می‌باشند.

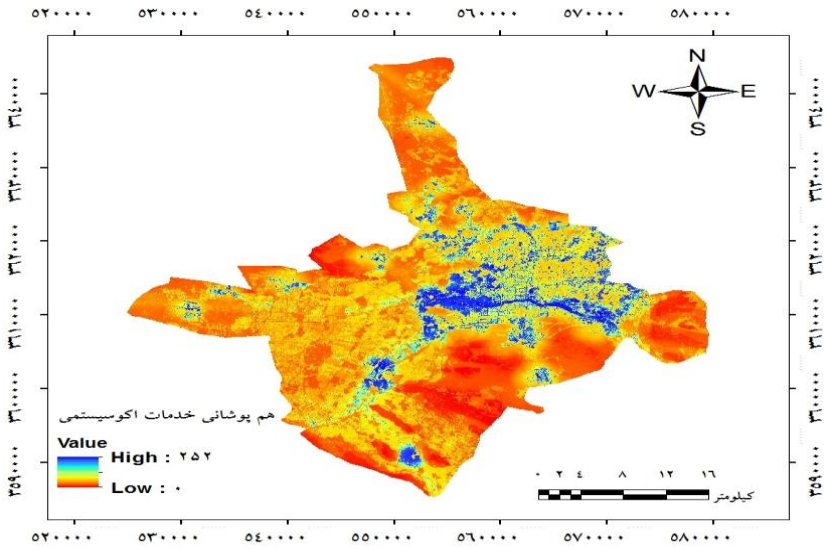
$$Lq= 74. 834- 34.732NDVI \qquad (۲)$$



شکل ۳. نقشه کاهش آلودگی صوتی منطقه مطالعاتی

۲-۳- هم‌پوشانی مکانی خدمات اکوسیستمی

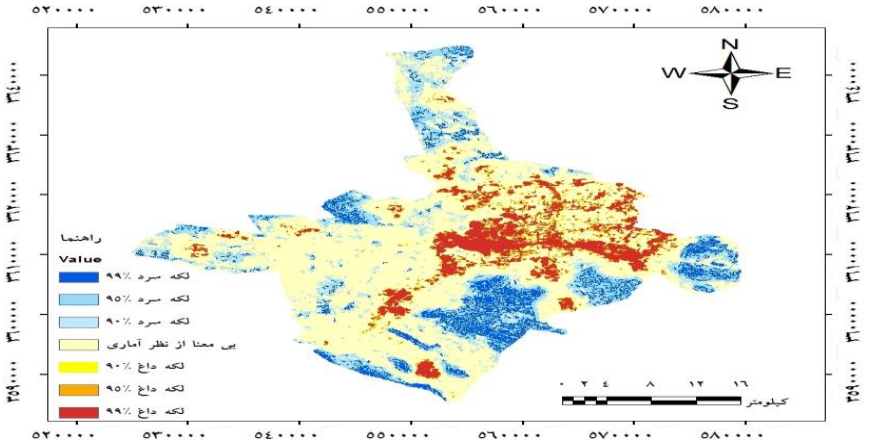
شکل (۴) نتیجه اعمال تابع هم‌پوشانی بر روی نقشه‌ی خدمات اکوسیستمی را نشان می‌دهد. با توجه به شکل، میزان عرضه خدمات اکوسیستمی چندگانه در بخش مرکزی و بخش‌هایی از جنوب غربی و قسمت‌هایی از شرق منطقه مطالعاتی بالاست. در این بخش‌های منطقه مطالعاتی تراکم پوشش گیاهی به علت وجود پارک‌ها و فضاهای سبز و هم‌چنین زمین‌های کشاورزی تراکم پوشش گیاهی نسبتا خوب است و همین امر سبب بالا بودن عرضه خدمات اکوسیستمی در این نواحی گردیده است.



شکل٤. نقشه هم‌پوشانی خدمات اکوسیستمی

۳-۳- تجزیه و تحلیل نقاط کلیدی عرضه خدمات اکوسیستمی

شکل (۵) نتایج به دست آمده از آماره‌ی گیتس- ارد جی (Getis-Ord-Gi) در شناسایی لکه‌های داغ (نقاط کلیدی) عرضه خدمات اکوسیستمی در سطوح اطمینان ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد را نشان می‌دهد .

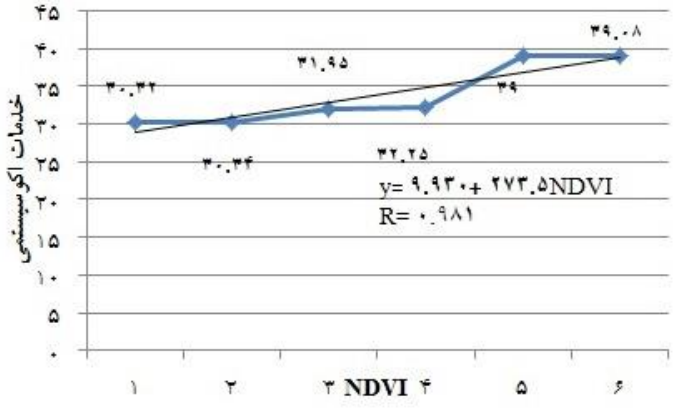


شکل۵. الگوی پراکنش نقاط داغ و سرد خدمات اکوسیستمی

با توجه به نتایج، لکه‌های داغ، با سطح معناداری ۹۹ درصد، حدود ۹/۹۴ درصد سطح منطقه مطالعاتی را می‌پوشاند که این دزصد معادل ۱۱۷/۳۹ کیلومتر مربع از سطح منطقه است. در حالی که نقاط سرد با سطح اطمینان ۹۹ درصد، ۱۰/۰۹ درصد سطح منطقه مطالعاتی و مساحتی حدود ۱۱۹/۱۶کیلومتر مربع را در برمی‌گیرد. با توجه به نتایج مشخص می‌شود مناطقی که از نظر آماری معنادار نیستند بیشترین سطح منطقه‌ی مطالعاتی را شامل می‌شود (۵۷/۴۴ درصد). نقاط داغ و کلیدی عرضه خدمات اکوسیستمی به طور عمده‌ای در بخش مرکزی و شرقی منطقه‌ای مطالعاتی، پراکنده شده‌اند. در حالی که نقاط سرد در بخش‌های شمالی، جنوبی و شمال غربی منطقه پراکنده شده‌اند که با توجه به اینکه عرضه خدمات اکوسیستمی در بخش مرکزی و جنوبی منطقه مطالعاتی نسبت به سایر نقاط منطقه بیشتر است، تمرکز نقاط کلیدی و لکه‌های داغ عرضه خدمات در این بخش‌ها دور از انتظار نمی‌باشد. البته تعدادی از لکه‌ای داغ عرضه خدمات اکوسیستمی در بخش جنوب غربی منطقه‌ی مطالعاتی پراکنش دارند که زمین‌های کشاورزی و درختزارهای نسبتا زیادی در این بخش وجود دارد. نقاط سرد عرضه خدمات اکوسیستمی در این مطالعه مناطقی با پوشش شهری و زمین‌های لخت را شامل می‌شود .

بررسی ارتباط بین نقاط کلیدی عرضه‌ی خدمات اکوسیستمی با شاخص اختلاف نرمال شده پوشش گیاهی

شکل ۶ رابطه رگرسیونی بین شاخص اختلاف نرمال شده‌ی پوشش گیاهی با نقاط کلیدی عرضه خدمات اکوسیستمی را نشان می‌دهد.



شکل٦. رابطه رگرسیونی بین پوشش گیاهی و مناطق کلیدی عرضه خدمات اکوسیستمی

با توجه به معادله‌ی بدست آمده، رابطه‌ی مستقیمی بین پوشش گیاهی و نقاط کلیدی عرضه خدمات اکوسیستمی وجود دارد. با افزایش NDVI (یکدست‌تر شدن پوشش زمین) رابطه‌ی بین پوشش گیاهی و نقاط کلیدی عرضه‌ی خدمات اکوسیستمی نیز قوی‌تر می‌شود. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که سطوح پوشیده از گیاه، دارای ارزش بیشتری نسبت به عرضه خدمات اکوسیستمی هستند.

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه، به منظور شناسایی نقاط کلیدی عرضه خدمات اکوسیستمی چندگانه، در ابتدا با استفاده تحلیل هم‌پوشانی مکانی، نقشه‌ی خدمات اکوسیستمی ارزش زیبایی‌شناسی، ارزش تفرجی و کاهش آلودگی صوتی با یکدیگر ادغام شدند. نتیجه‌ی همپوشانی نشان داد که عرضه این خدمات اکوسیستمی در بخش مرکزی منطقه مطالعاتی دارای بالاترین میزان است. سپس با استفاده از آماره گیتس- ارد نقاط داغ عرضه خدمات اکوسیستمی بررسی شد. پس از آن با استفاده از تحلیل رگرسیون رابطه بین پوشش گیاهی و مناطق کلیدی عرضه خدمات اکوسیستمی مورد بررسی قرار گرفت. نتیجه این تحلیل گیتس – ارد نشان داد که وسیع‌ترین لکه‌داغ عرضه خدمات اکوسیستمی چندگانه با سطح اطمینان بالای ۹۵٪ بخش مرکزی و شرقی منطقه مطالعاتی را در برمی‌گیرد. این مناطق در برگیرنده سطح وسیعی از پوشش گیاهی شامل درختزارها و زمین‌های کشاورزی در منطقه‌ی مطالعاتی است و براساس معادله رگرسیونی به دست آمده دارای رابطه‌ی مستقیمی با عرضه خدمات اکوسیستمی می‌باشد. مطالعه‌ی اسداللهی و همکاران (۱۳۹۷) نیز نقش پوشش گیاهی در مناطق کلیدی و نقاط داغ عرضه خدمات اکوسیستمی در حوضه آبخیز گرگانرود را تایید می‌کند. آن‌ها در مطالعه خود با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون، همبستگی بین انواع کاربری زمین با عرضه‌ی خدمات اکوسیستمی را بررسی کردند و دریافتند که مناطق کلیدی عرضه‌ی خدمات اکوسیستمی با پوشش جنگلی دارای همبستگی مثبت قوی هستند. هم‌چنین لی و همکاران (۲۰۱۷) با بررسی درصد انواع پوشش زمین و کاربری زمین در محل نقاط کلیدی عرضه خدمت اکوسیستمی نگهداشت خاک دریافتند مراتع و پوشش‌های جنگلی ۷۹ درصد از مناطق کلیدی عرضه این خدمت اکوسیستمی را شامل می‌شوند. نقاط کلیدی و داغ عرضه خدمات اکوسیستمی، با مساحت ۳۰۰/۳۷ کیلومترمربع، ۲۵/۴۵ درصد از سطح منطقه مطالعاتی را به خود اختصاص می‌دهند. مناطق سرد عرضه خدمات اکوسیستمی چندگانه در منطقه‌ی مطالعاتی در بخش شمالی و جنوبی منطقه‌ی مطالعاتی پراکنش دارند که در برگیرنده‌ی تواحی شهری- روستایی و زمین‌های بدون پوشش است. این مناطق با مساحتی حدود ۳۲۲/۴۱ کیلومتر مربع، ۲۷/۳۰ درصد از سطح منطقه را در بر می‌گیرند. سایر مناطق از نظر آماری معنایی ندارند و در شمار نقاط داغ و کلیدی و یا نقاط سرد عرضه‌ی خدمات اکوسیستمی قرار نمی‌گیرند. با توجه به این که زیرساخت‌های انسانی و زمین‌های بدون پوشش از سهم بالاتری نسبت به مناطق دارای پوشش گیاهی برخوردار هستند. درصد لکه‌های سرد عرضه خدمات اکوسیستمی نسبت به مناطق کلیدی و داغ عرضه آن‌ها بیشتر است. آماره گیتس- ارد (Gi*) یکی از روش‌های خوشه‌بندی مکانی است که برای برآورد تمامی عوارض موجود در داده‌ها استفاده می‌شود. چهارچوب مفهومی این تحلیل این‌گونه عمل کند که اگر عارضه‌ای مقدار بالا داشته باشد جالب و مهم است ولی به این معنی نیست که یک لکه داغ باشد. عارضه‌ای لکه داغ به شمار می‌آید که هم خود عارضه و هم عارضه‌های همسایه‌ی آن از نظر آماری معنادار باشد. امتیاز Z برای خروجی نهایی زمانی به دست خواهد آمد که مجموع محلی عارضه و همسایه‌ی آن به طور نسبی با جمع کل عارضه‌ها مقایسه شود (Wheeler& Paez, 2009). از این رو این روش نسبت به سایر روش‌های خوشه‌بندی مکانی برای شناسایی نقاط داغ و کلیدی عارضه‌های مورد بررسی هم‌چون خدمات اکوسیستمی از قابلیت بیشتری برخوردار است. نتایج این مطالعه نشان داد که لکه‌های داغ خدمات اکوسیستمی در منطقه مطالعاتی دارای بالاترین پتانسیل عرضه خدمات اکوسیتمی هستند به طوری که نقاط داغ مناطقی با ارزش بسیار بالای عرضه‌ی خدمات اکوسیستمی را در منطقه‌ی مطالعاتی شامل می‌شوند. از سوی دیگر الگوهای مکانی نقاط داغ و کلیدی عرضه خدمات اکوسیستمی در منطقه‌ی مطالعاتی نسبتا همگن است و این مساله می‌تواند اولویت‌بندی برنامه‌ریزی مناطق در بحث مدیریت سرزمین را تحت‌تاثیر قرار دهد و شناسایی و تعیین مناطق کلیدی عرضه‌ی خدمات اکوسیستمی می‌تواند به عنوان یکی از راه‌کارهای حفظ خدمات اکوسیستمی در برنامه‌ریزی کاربری زمین مورد

استفاده قرار گیرد. از سوی دیگر آماره گیتس- ارد با تعیین نقاط سرد عرضه خدمات اکوسیستمی نیز می‌تواند ابزار مناسبی در مدیریت این مناطق برای دستیابی به توسعه پایدار فراهم سازد. با استفاده از تحلیل نقاط داغ در بررسی خدمات اکوسیستمی چندگانه می‌توان کارایی روش‌های مدیریتی برای حفظ خدمات اکوسیستمی را افزایش داد.

منابع

- اسداللهی، ز.، سلمان ماهینی، ع.، میرکریمی، س. ح.، عظیمی، م.، ۱۳۹۷. شناسایی نواحی مهم عرضه خدمات چندگانه بوم‌سازگان (مطالعه موردی: بخش شرقی حوضه آبخیز گرگانرود)، مجله علوم و تکنولوژی محیطزیست، دسترسی آنلاین، ۴ اردی‌بهشت ۱۳۹۷.
- رحیمی، ا.، سلمان ماهینی، ع.، میرکریمی، س. ح.، ۱۳۹۴. بکارگیری فنون همبستگی مکانی در اندازه‌گیری گسترش بی‌رویه شهرنشینی (مطالعه موردی: شهر گرگان)، محیط‌شناسی، ۴۲ (۱): ۹۷-۱۱۳.
- عبداللهی، ص.، ایلدرمی، ع.، سلمان ماهینی، ع. و فاخران س. ۱۳۹۷. تعیین و کمی‌سازی ارزش زیبایی‌شناسی سیمای سرزمین در بخش مرکزی استان اصفهان، مجله بوم‌شناسی کاربردی، ۴: ۴۲ -۳۱.
- عبداللهی، ص.، ایلدرمی، ع.، سلمان ماهینی، ع. و فاخران س. ۱۳۹۸. ارزیابی الگوهای همبستگی مکانی خدمات اکوسیستمی در بخش مرکزی استان اصفهان با رویکرد آمار فضایی، مطالعات علوم محیطزیست، ۴ (۲): ۱۲۳۵-۱۲۲۵
- کسمایی، ز. و دانشیار ا. ۱۳۹۵. دستورالعمل اندازه‌گیری سر و صدا در محیط، انتشارات سازمان محیطزیست، تهران، ۶۶ صفحه.
- مالچفسکی، ی. ۱۳۹۵. سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چندمعیاری. (در ترجمه؛ اکبر پرهیزگار)، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، تهران

- Bai, Y., Zhuang, C., Ouyang, Z., Zheng, H., Jiang, B., 2011. Spatial characteristics between biodiversity and ecosystem services in a human-dominated watershed. Ecological Complexity, 8: 177–183.
- Egoh, B., Reyers, B., Rouget, M., Bode, M. and Richardson, D. M., 2009. Spatial congruence between biodiversity and ecosystem services in South Africa. Biological Conservation 142,553–562.
- ESRI, 2015. ArcGISDesktop: Release 10.4. Redmond, CA: Esri Inc.
- Harrison, P. A., Vandewalle, M., Sykes, M. T., Berry, P. M., Bugter, R., de Bello, F., Feld, C. K., Grandin, U., Harrington, R., Haslett, J. R., Jongman, R. H. G., Luck, G. W., da Silva, P. M., Moora, M., Settele, J., Sousa, J. P. and Zobel, M., 2010. Identifying and prioritising services in European terrestrial and freshwater ecosystems. Biodiversity and Conservation, 19: 2791–2821.
- Layke, C., apendembe, A., Brown, C., Walpole, M., Winn, J., 2011. Indicators from the global and sub-global Millennium Ecosystem Assessments: an analysis and next steps. Ecological Indicators, 17: 77–87.
- La Notte, A., Maes, J., Grizzetti, B., Bouraoui, F., Zulian, G., 2012. Spatially explicit monetary valuation of water purification services in the Mediterranean bio- geographical region. International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management, 8: 26–34.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystem and human well-being: Scenarios; finding of the Scenarios Working Group, Vol, 2. Island Press.
- Nelson, E., Mendoza, G., Regetz, J., Polasky, S., Tallis, H., Cameron, D. R., Chan, K. M. A., Daily, G. C., Goldstein, J., Kareiva, P. M., Lonsdorf, E., Naidoo, R., Ricketts, T. H. and Shaw, M. R., 2009. Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and trade offs at landscape scales. Frontiers in Ecology and the Environment, 7: 4–11.
- Petter, M., Mooney, Sh., Maynard, S. M., Davidson, A., Cox, M. and Horosak, I. 2013. A Methodology to Map Ecosystem Functions to Support Ecosystem Services Assessments, Ecology and Society,18(1):1-36.
- Raudsepp-Hearne, C., Peterson,G. D., Bennett, E. M., 2010. Ecosystem service bundles for analyzing trade offs in diverse landscapes. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States,107: 5242–5247.
- Schroter, M. and Remme, R. P. 2016. Spatial prioritisation for conserving ecosystem services: Comparing hotspots with heuristic optimisation. Landscape Ecology, 31(2): 431–450.
- Wheeler, D. and Paez, A. 2009. Geographically Weighted Regression, In Fischer, M. M& Getis, A (eds), Handbook of applied spatial analysis. Springer, Berlin, Heidelberg and New York. Pp. 461- 486.
- Willemen, L., Veldkamp, A., Verburg, P. H., Hein, L., Leemans, R., 2012. A multi-scale modeling approach for analyzing landscape service dynamics, Journal of Environmental Management, 100: 86–95.
- Yingjie, L., Liwei, Zh., Junping, Y., Pengtao, W., Ningke, H., Wei, Ch. and Bojie, F. 2017. Mapping the hotspots and coldspots of ecosystem services in conservation priority settingJournal of Geographical Sciences, 27(6): 681-696.
- Zhang , C., Luo, L., Xu, W. and Ledwith, V. 2008. Use of local Moran's I and GIS to identify pollution hotspots of Pb in urban soil of Galway, Irland, Science of Total Environment, 398 (3): 212- 221