Tarbiyat Modares University

The Journal of Spatial Planning & Geomatics

Research Paper

Application of Fuzzy Logic in Analyzing Ecotourism Sustainability in the limit of city tehran

Parisa Kushki[1], Hassan Esmaeilzadeh[2*], Shahindokht Bargh jelveh[3]

1. Student at Shahid Beheshti University
2. Shahid Beheshti University
3. Shahid Beheshti University

ABSTRACT

Lands located within the limit of city possess substantial latent potential for ecotourism development. However, without scientific planning based on precise evaluation, such development may result in environmental instability and unsustainable land use. The objective of this study is to evaluate the sustainability of ecotourism development within the limit of city Tehran by applying the Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP), a multi-criteria decision-making approach designed to operate under conditions of uncertainty. In the initial phase, indicators influencing the ecological capacity of the region were extracted using environmental data and previous research. Subsequently, the FAHP method was employed to determine the relative weight of each indicator, taking into account the uncertainties in the data and expert opinions. The results derived from FAHP analysis were then used to classify zones within the limit of city based on their potential for ecotourism development. In the final stage, the generated maps were compared with current land-use maps and expert perspectives in the field of ecotourism to accurately assess the degree of alignment and sustainability of development in the region. The findings revealed that FAHP, with its hierarchical and flexible structure, successfully identified zones with high potential for intensive and extensive ecotourism development, with sustainability levels of 28% and 39%, respectively. Additionally, zones with lower potential were accurately distinguished. These results highlight the effectiveness of FAHP in illustrating sustainability levels and guiding targeted ecotourism development within the limit of city areas.

Keywords: Sustainable Ecotourism, FAHP, Ecological Capability Evaluation, Intensive and Extensive ecotourism, Limit of City Tehran.

Corresponding Author: h_esmaeilzadeh@sbu.ac.ir

ORCID ID:

Copyright@ 2025, TMU Press. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution- NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

مقاله آماده انتشار

فصلنامه آمایش فضا و ژئوماتیک

کاربرد منطق فازی در تحلیل پایداری اکوتوریسم در حریم شهر تهران

پریسا کوشکی[۱]، حسن اسماعیل زاده*[۲]، شهیندخت برق جلوه[۳]

۱. دانشجوی دانشگاه شهید بهشتی
۲. عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی
۳. عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی

چکیده

اراضی واقع در حریم کلان‌شهرها از ظرفیت‌های بالقوه فراوانی برای توسعه اکوتوریسم برخوردارند، اما در صورت نبود برنامه‌ریزی علمی و مبتنی بر ارزیابی‌های دقیق، این توسعه می‌تواند به ناپایداری‌های محیط زیستی و کاربری منجر شود. هدف این پژوهش، سنجش میزان پایداری توسعه اکوتوریسم در حریم کلان‌شهر تهران با بهره‌گیری از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) به‌عنوان یک رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره در شرایط عدم قطعیت است. در گام نخست، شاخص‌های مؤثر بر ارزیابی توان اکولوژیکی منطقه با استفاده از داده‌های محیطی و مطالعات پیشین استخراج شدند. سپس با استفاده از FAHP، وزن نسبی هر شاخص با لحاظ ابهامات موجود در داده‌ها و نظرات کارشناسی تعیین گردید. نتایج حاصل از تحلیل FAHP برای طبقه‌بندی پهنه‌های حریم شهری بر اساس قابلیت توسعه اکوتوریسم به‌کار گرفته شد. در مرحله نهایی، نقشه‌های تولیدشده با نقشه‌های کاربری فعلی و دیدگاه‌های متخصصان حوزه اکوتوریسم مقایسه گردید تا میزان تطابق و پایداری توسعه در منطقه به‌صورت دقیق ارزیابی شود. یافته‌ها نشان داد که روش FAHP با ساختار سلسله‌مراتبی و انعطاف‌پذیر خود، توانسته پهنه‌های دارای قابلیت بالا برای توسعه اکوتوریسم متمرکز و گسترده را به ترتیب با میزان پایداری ۲۸٪ و ۳۹% شناسایی کرده و پهنه‌های با قابلیت پایین را نیز به‌درستی تفکیک نماید. این نتایج بیانگر توانمندی روش FAHP در نمایش درجه پایداری و هدایت توسعه هدفمند اکوتوریسم در مناطق حریم شهری است.

واژگان کلیدی: واژگان کلیدی: اکوتوریسم پایدار، FAHP، ارزیابی توان اکولوژیکی، حریم شهر تهران

.

تصاویر پهپادی، تصحیح سایه، یادگیری عمیق، شبکه U-Net

* نویسنده مسئول h_esmaeilzadeh@sbu.ac.ir

کپی‌رایت© ۲۰۲۵، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس (TMU Press). این مقاله به‌صورت دسترسی آزاد منتشر شده و تحت مجوز بین‌المللی Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 قرار دارد. بر اساس این مجوز، شما می‌توانید این مطلب را در هر قالب و رسانه‌ای کپی، بازنشر و بازآفرینی کنید و یا آن را ویرایش و بازسازی نمایید، به شرط آنکه نام نویسنده را ذکر کرده و از آن برای مقاصد غیرتجاری استفاده کنید.

مقدمه

در دهه‌های اخیر، اکوتوریسم به‌عنوان یکی از راهبردهای کلیدی در تحقق توسعه پایدار و حفاظت از منابع طبیعی، جایگاهی برجسته در سیاست‌گذاری‌های محیط‌زیستی و شهری یافته است (Mobasheri et al., 2022) و به‌عنوان نوعی اکوتوریسم مبتنی بر طبیعت، نیازمند ارزیابی دقیق توان اکولوژیکی سرزمین بوده، به‌ویژه در پهنه‌های حریم شهری که تحت فشارهای گسترده تغییرات کاربری و توسعه‌های ناپایدار قرار دارند، از اهمیتی مضاعف برخوردار است (Tabrizi & Zahedi Kalaki, 2018؛ میرمقتدایی، ۱۳۸۹؛ هادیزاده، ۱۳۹۲). از طرفی، حریم شهرها به عنوان ابزاری قانونی برای کنترل رشد کالبدی و ساخت‌وسازهای ناموزون (برک‌پور، ۱۳۹۸)، برقراری تعادل میان توسعه و حفاظت (میلادی و فرهادی، ۱۳۹۳) و ساماندهی فضایی کلان‌شهرها (رهنما، ۱۳۹٤؛ Pendall et al., 2002)، نقش حیاتی در برنامه‌ریزی ایفا می‌کند. ارزیابی توان اکولوژیکی به عنوان ابزاری موثر در حذف تعارضات کاربری، سنجش درجه پایداری و ایجاد هماهنگی در توسعه، ابزاری کلیدی برای هدایت تصمیم‌گیری‌های فضایی محسوب می‌شود (مجنونیان، ۱۳۸۰؛ سعیدی، ۱٤۰۳). مطالعات پیشین از جمله سبحانی و همکاران (۱۳۹۸) نشان داده‌اند که ناپایداری محیط‌زیستی مهم‌ترین مانع در تحقق مدیریت یکپارچه حریم شهرهاست. Dembski et al. (2019) نیز فقدان توجه به حریم شهر در فرآیندهای برنامه‌ریزی شهری را عامل اساسی ناپایداری فضایی معرفی کرده‌اند.

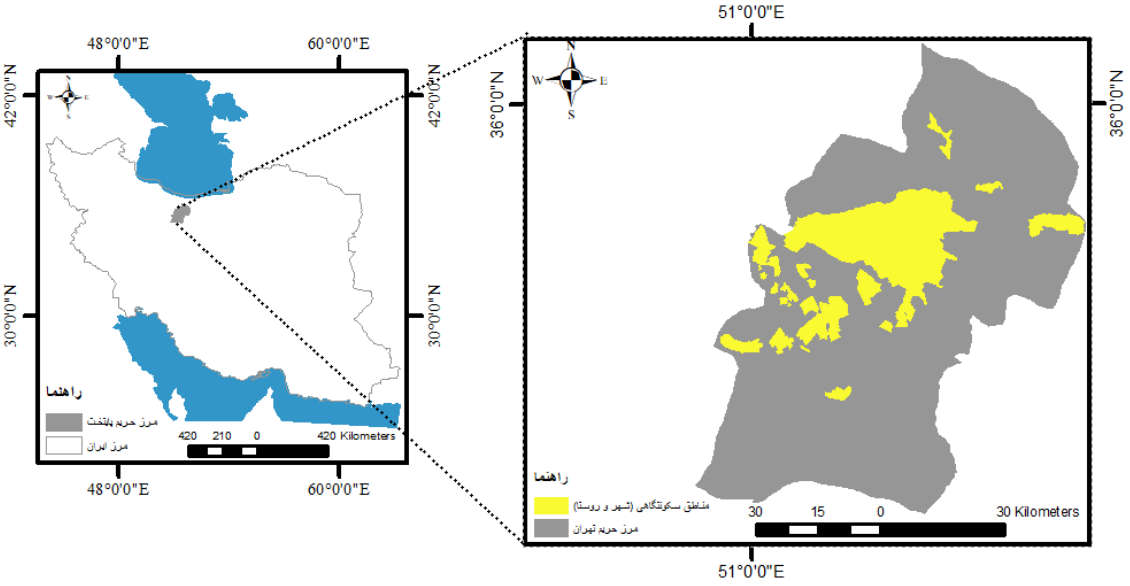
حریم شهر تهران به‌دلیل موقعیت سیاسی، اقتصادی و جمعیتی ویژه، در دهه‌های اخیر با رشد سریع کالبدی و چالش‌های متعددی در حوزه هویتی، عملکردی و محیط‌زیستی مواجه شده است(حمدی و امیرانتخابی، ۱۳۸۹؛ علی‌پور و همکاران، ۱۳۹۸). از آن‌جا که تغییرات کاربری در اطراف تهران موجب تضعیف ظرفیت‌های طبیعی شده، شناسایی دقیق پهنه‌های مستعد برای توسعه اکوتوریسم با محوریت حفاظت محیطی، ضرورتی راهبردی است. این مسئله با تکیه بر اصول آمایش سرزمین (Nowak et al., 2022؛ Pilogallo & Scorza, 2022) قابل تحلیل و مدیریت می‌باشد. در این میان، روش FAHP به‌عنوان یکی از ابزارهای تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی، قابلیت بالایی در ارزیابی توان اکولوژیکی اکوتوریسم دارد. این روش با تلفیق منطق فازی و سلسله‌مراتب تحلیلی، امکان وزن‌دهی دقیق به شاخص‌های کیفی و کمی را فراهم ساخته و در مطالعات اخیر به‌ویژه در حوزه‌های برنامه‌ریزی اکوتوریسم و ارزیابی پایداری، کاربرد گسترده‌ای یافته است(Fallah ؛ Alyamani & Long, 2020؛ Salehipour & Pakzad Asl, 2021؛ Molaei et al., 2018 et al., 2014در ارزیابی توان اکوتوریسم در پهنه‌های حریم شهر تهران، بهره‌گیری از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (Fuzzy AHP) نقش کلیدی در تلفیق داده‌های پیچیده مکانی و محیطی ایفا می‌کند. این روش، با به‌کارگیری منطق فازی، امکان ارزیابی چندمعیاره در شرایط عدم قطعیت را فراهم ساخته و زمینه‌ای دقیق برای تصمیم‌گیری فراهم می‌نماید (Fallah et al., 2014). مطالعات انجام‌شده در حوزه آبخیز کن تهران نیز نشان داده‌اند که تلفیق FAHP با GIS در شناسایی پهنه‌های مستعد توسعه اکوتوریسم کارایی بالایی دارد (Tabibian et al., 2022). به‌علاوه، در بررسی‌هایی مانند پژوهش‌های انجام‌شده در شهر بابل و منطقه دو هزار، این روش توانسته است معیارهای مؤثر در پایداری اکوتوریسم را با دقت بالایی رتبه‌بندی و وزن‌دهی کند (Zabihi et al., 2020; Salehipour Milani & Pakzad, 2021). همینطور در مطالعات بین‌المللی نیز FAHP به‌عنوان روشی مؤثر در ارزیابی جذابیت مقاصد اکوتوریسم مطرح شده است

(Gu et al., 2022). از این‌رو، مطالعه حاضر با هدف شناسایی، سنجش و ارزیابی میزان پایداری اکوتوریسم در محدوده‌های حریم شهری تدوین شده است. در مطالعه حاضر به دنبال، ارزیابی نقش روش FAHP در تحلیل درجه پایداری اکوتوریسم متمرکز و گسترده در سطح حریم شهری. در واقع، در پژوهش حاضر به دنبال پاسخگویی به این پرسش هستیم که تا چه میزان به‌کارگیری روش FAHP می‌تواند قابلیت ارزیابی و نمایش درجه پایداری اکوتوریسم را در توسعه اکوتوریسم متمرکز و گسترده فراهم آورد؟

مواد و روش‌ها

شهر تهران به عنوان پایتخت ایران با مساحت ۷۳۰ کیلومترمربعی، در حدفاصل طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲ دقیقه شرقی تا ۵۱

درجه و ۳۶ دقیقه شرقی، به طول تقریبی ۵۰ کیلومتر و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳٤ دقیقه شمالی تا ۳۵ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی به عرض تقریبی ۳۰ کیلومتر واقع شده است(البرزی‌منش، ۱٤۰۰). " گستره حریم پایتخت " براساس تقسیمات کشوری و مصوبه شورایعالی معماری و شهرسازی و اسناد طرح جامع تهران، عرصه‌ای به وسعت ۵۹۱۸ کیلومترمربع است (شکل ۱).



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

روش تحقیق

تحقیق حاضر از نوع کاربردی و به روش توصیفی-تحلیلی است و اطلاعات آن به دو صورت اسنادی و میدانی جمع‌آوری شده است. همچنین از مدل‌های اکولوژیکی حرفی و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره FAHP و همینطور

WLC برای تلفیق لایه‌ها و نرم‌افزار GIS استفاده شده است. جهت تعیین شاخص‌های مدل حرفی برای ارزیابی توان توسعه اکوتوریسم در حریم شهر تهران، ابتدا ۲۷ شاخص از منابع علمی معتبر شناسایی شد. اعتبار ابزار پژوهش (پرسشنامه ها) با آزمون CVR و پایایی آن با ضریب آلفای کرونباخ تأیید و در نهایت ۲۳ شاخص نهایی انتخاب شد. داده‌های مکانی از طریق سازمان‌های رسمی، تصاویر ماهواره‌ای و سامانه‌های GIS استخراج گردید. در مرحله تحلیل، مدل‌سازی توان اکولوژیکی اکوتوریسم با تلفیق داده‌های مکانی و شاخص‌های وزنی در محیط نرم‌افزار GIS انجام شد. فرآیند وزن‌دهی شاخص‌ها از طریق روش FAHP انجام گرفت که با قابلیت ترکیب داده‌های قطعی و غیرقطعی، امکان تصمیم‌گیری چندمعیاره را فراهم ساخت. این رویکرد، نظرات تخصصی کیفی را با داده‌های کمی ترکیب کرده و بستری برای ارزیابی علمی و توسعه پایدار اکوتوریسم فراهم نموده است. در گام پایانی، نقشه‌های حاصل از ارزیابی توان اکولوژیکی با نقشه طبقه‌بندی‌شده کاربری موجود مورد مقایسه قرار گرفت و میزان پایداری اکوتوریسم در اراضی واقع در حریم تهران بررسی شد.

فازی‌سازی‌ها

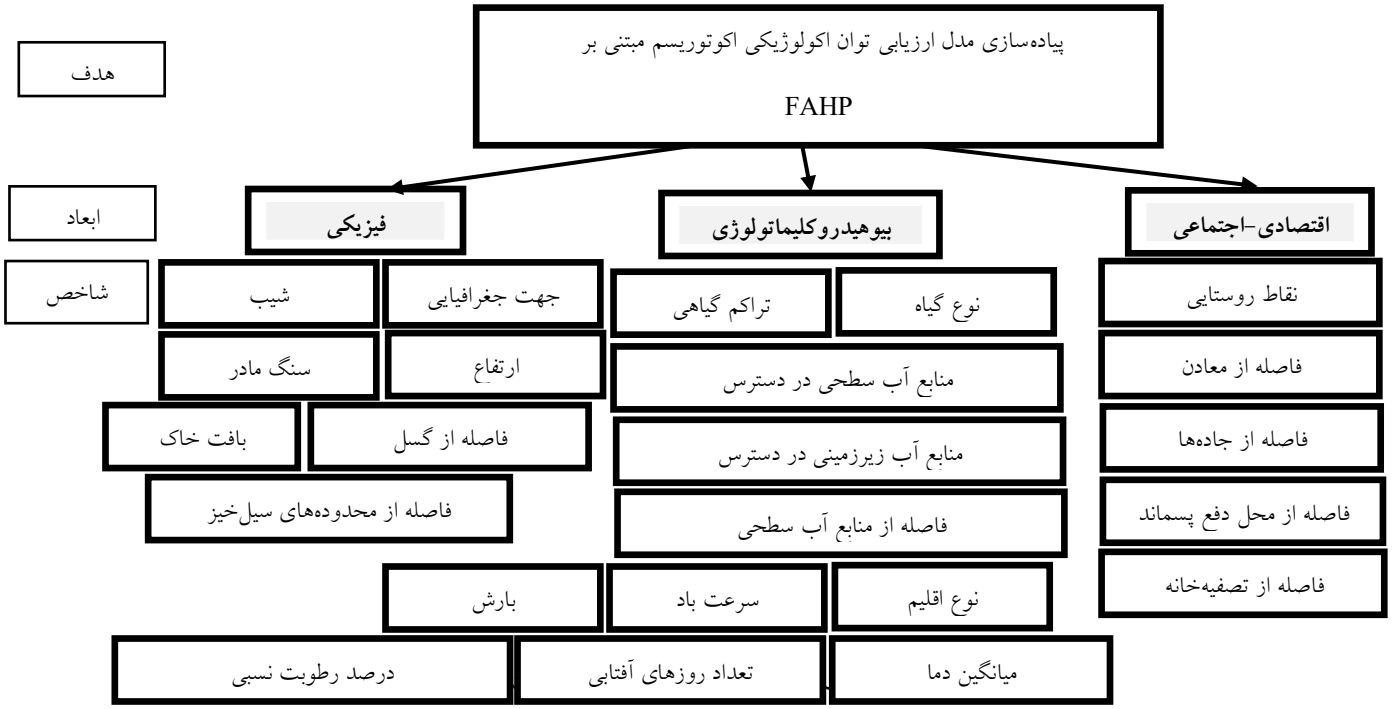
عمل فازی‌سازی، نگاشت فضای ورودی مشاهده به یک مجموعه فازی می‌باشد. این عمل نقش مهمی را در رابطه با اطلاعات غیر مطمئن دارد (کتیرایی، ۱۳۷۵). مجموعه‌های فازی مفهوم کمی داشته و تحت شرایط خاصی می‌توانند به عنوان اعداد فازی یا بازه‌های فازی (Fuzzy interval) مطرح شوند (شوندی، ۱۳۸۵). در حقیقت اعداد فازی تعمیم اعداد معمولی (قطعی) هستند (مؤمنی، ۱۳۸۷) که کاربردشان برای بیان کمی تقریب است (شوندی، ۱۳۸۵). این اعداد نقش مهمی در فرموله کردن متغیرهای فازی دارند. متغیرهای فازی می توانند متغیرهای کلامی (Linguistic variable) باشند (شوندی، ۱۳۸۵؛ Bugnar,&Ban, 2007). در هر صورت، اعداد و بازه‌های فازی در مدل سازی و تحلیل کنترل فازی، تصمیم‌گیری فازی، استدلال تقریبی و بهینه سازی نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کنند (شوندی، ۱۳۸۵). یکی از کاربردی‌ترین اعداد فازی، اعداد فازی مثلثی است که با سه عدد حقیقی t_1، t_2، t_3 نشان داده می‌شوند (مؤمنی، ۱۳۸۷ Ban and Bugnar, 2007;).

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)

در این روش، ابتدا به منظور تعیین میزان الویت و تاثیر معیارها برای مشخص کردن طبقات کاربری اکوتوریسم، نظرسنجی از کارشناسان صورت گرفت. سپس نظرات کارشناسان به کمک اعداد فازی مثلثی، به صورت فازی تبدیل شد (جدول-۱). این کار باعث می‌شود احتمالات مختلف وارد مطالعه شود و نظرات کارشناسان از حالت قطعیت خارج شود. جهت تعیین وزن شاخص‌های نهایی شده، از فرآیند FAHP استفاده گردید که به ترتیب به رسم نمودار سلسله مراتبی (شکل۲)، تعریف اعداد فازی با توجه به میزان اهمیت هر شاخص و در نهایت تعیین وزن نهایی هر شاخص به ترتیب از روابط (۱۲-۱) حاصل می‌شود.

مراحل روش تحلیل سلسله مراتبی فازی به شرح زیر است :

مرحله ۱: رسم نمودار سلسله مراتبی



مرحله۲: تعریف اعداد فازی به منظور انجام مقایسه‌های زوجی

جدول ۱- اعداد فازی مثلثی

ردیف	اولویت‌ها	معادل فازی اولویت‌ها
۱	اهمیت یکسان	(۱و۱و۱)
۲	یکسان تا نسبتا مهمتر	(۳و۲و۱)
۳	نسبتا مهم‌تر	(٤و۳و۲)
٤	نسبتا مهم‌تر تا اهمیت زیاد	(٥و٤و۳)
٥	اهمیت زیاد	(٦و٥و٤)
٦	اهمیت زیاد تا بسیار زیاد	(۷و٦و٥)
۷	اهمیت بسیار زیاد	(۸و۷و٦)
۸	بسیار زیاد تا کاملا مهمتر	(۹و۸و۷)
۹	کاملا مهمتر	(۱۰و۹و۸)

مرحله ۳: تشکیل ماتریس مقایسه زوجی ($\tilde{A}\tilde{A}$) با به کارگیری اعداد

(۱)

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \widetilde{a_{12}} & \dots & \widetilde{a_{1n}} \\ \widetilde{a_{21}} & 1 & \dots & \widetilde{a_{2n}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \widetilde{a_{n1}} & \widetilde{a_{n2}} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

مرحله ٤: محاسبه S_i برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسه زوجی S_i که خود یک عدد فازی مثلثی است از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\begin{aligned} Si &= \Sigma^{m} j \\ &= 1\, M^{J} gi \\ &\times [\Sigma^{n} i = 1\, \Sigma^{M} j \\ &= 1\, M^{J} gi]^{-1} \end{aligned} \qquad (2)$$

که در این رابطه i بیانگر شماره سطر و j بیانگر شماره ستون می باشد. $M^{J}gi$ در این رابطه اعداد فازی مثلثی ماتریس‌های مقایسه زوجی هستند.

$$\Sigma^{m}j = {}_1\, M^{J} gi = (\Sigma^{m} j =^{1} Lj, \Sigma^{m} j =^{1} mj, \Sigma^{m} j =^{1} uj)$$

(۳)

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = \left(\sum_{i=1}^{n} l_i, \sum_{i=1}^{n} m_i, \sum_{i=1}^{n} u_i\right)$$

(٤)

$$[\Sigma\Sigma M^{J} gi]^{-1} = \qquad (۵)$$

$$\left[\frac{1}{\Sigma^{n} i=1\, ui} \cdot \frac{1}{\Sigma^{n} i=1\, mi} \cdot \frac{1}{\Sigma^{n} i=1\, li}\right]$$

$$\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i}\right)$$

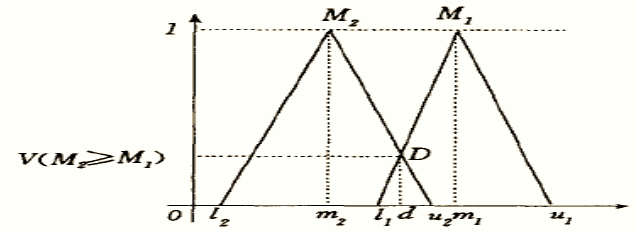
(٦)

مرحله ۵: محاسبه درجه بزرگی S_i نسبت به همدیگر

در مجموع درجه‌ی بزرگی S_i نسبت به S_j از معادله زیر به‌دست می‌آید.

(۷)

$$V(M^{2} \geq M^{1}) = hgt\,(M^{1} \cap M^{2}) = \begin{cases} m_2 > m_1 & 1 \\ L_1 > U_2 & 0 \\ \text{otherwise} & \dfrac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} \end{cases}$$



شکل۳-درجه بزرگی دو عدد فازی نسبت به هم

بدین منظور از رابطه ۸ استفاده می‌شود:

$$d(Ai) = \min V\ (Si \geq Sk), \quad k = 1, \ldots., n, k \neq i \qquad (۸)$$

مرحله ۷: محاسبه بردار وزن نهایی

محاسبه بردار وزن نهایی باید بردار وزن محاسبه شده در مرحله قبل را نرمالیزه کرد. بنابراین:

$$W' = (d'(A^1).\ d'\ (A^2) \ldots, d'\ (An))T \qquad (۹)$$

وزن نرمال از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید:

(۱۰)

$$W = \frac{W'1}{\Sigma W' i}$$

S_i برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسه زوجی به شکل زیر محاسبه می‌شود:

(۱۱)

$$S_i = \frac{\min S1}{\max S2}$$

S_iمقدار حداقل هر سطر به عنوان وزن نابهنجار می‌باشد، در نهایت مقدار وزن بهنجار شده از تقسیم وزن نابهنجار هر معیار به مجموع وزن‌های نابهنجار محاسبه می‌گردد.

(۱۲)

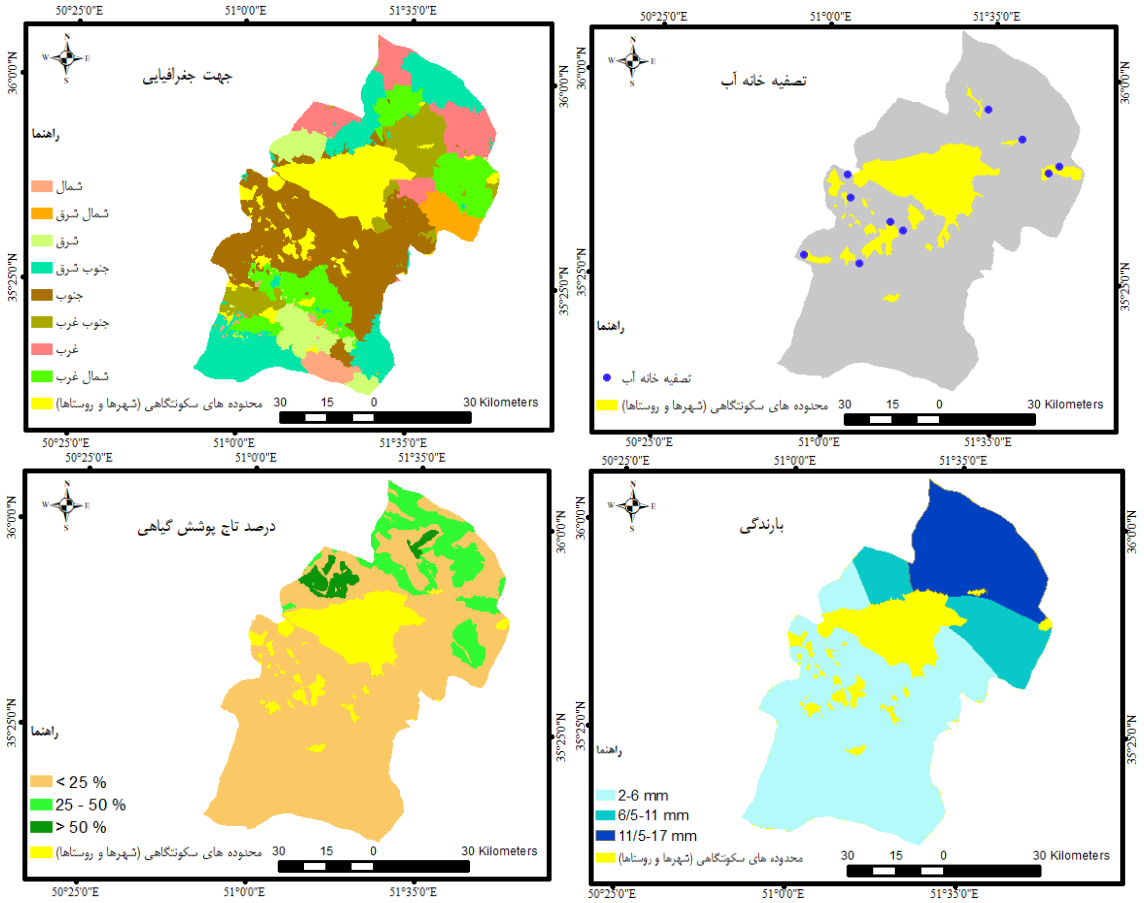
$$W = \frac{Si}{\Sigma Si}$$

نتایج

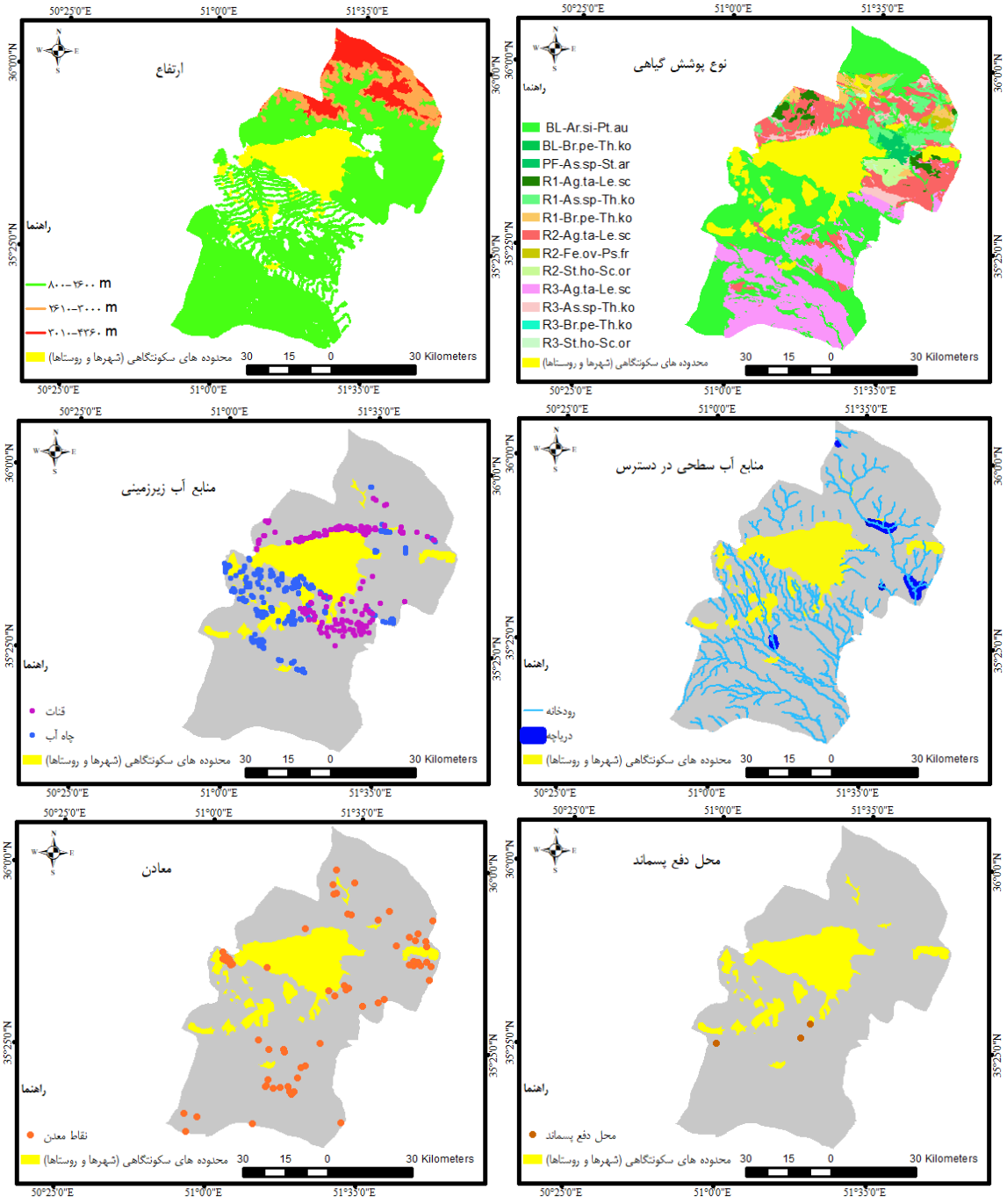
شاخص‌های مناسب برای شناسایی مناطق توسعه اکوتوریسم

برای ارزیابی توان اکولوژیکی اکوتوریسم پایدار در پهنه‌های حریم شهری، بر اساس مطالعه امکان‌سنجی توسعه، از ۱۱ شاخص برای اکوتوریسم گسترده (کوهنوردی، شکار، ماهیگیری) شامل نوع آب و هوا، بارندگی، سرعت باد، درصد شیب، درصد رطوبت نسبی، سنگ بستر، میانگین دما، تعداد روزهای آفتابی در شش ماه اول سال(Nsd) ، بافت خاک، فاصله از منابع آب سطحی (Dfsws) و منابع آب سطحی در دسترس (Aswr) استفاده شد. برای اکوتوریسم متمرکز (شنا، اسکی،

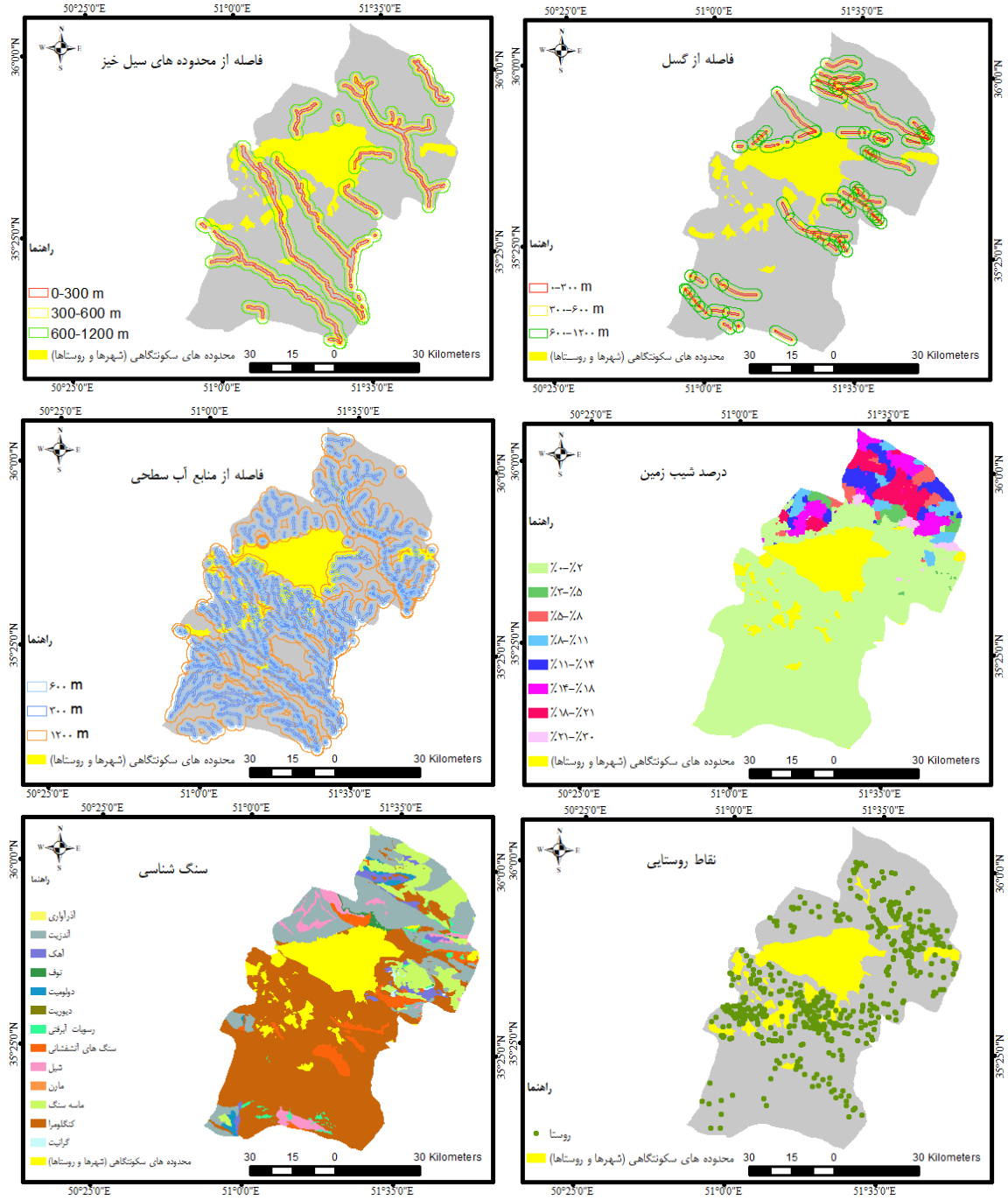
پیاده‌روی) علاوه بر ۱۱ شاخص ذکر شده، از نوع گیاه، تراکم گیاه، منابع آب زیرزمینی در دسترس(agr)، ارتفاع از سطح دریا، فاصله از گسل(dff)، فاصله از دشت‌های سیلابی(dffp)، مناطق روستایی، فاصله از محل دفن زباله(Dflf)، فاصله از تصفیه‌خانه(Dftp)، فاصله از معادن (Dfm) و جهت جغرافیایی استفاده شد که با ۱۱ شاخص ذکر شده، به ۲۳ شاخص رسید. نقشه شاخص‌های ارزیابی توان اکولوژیکی اکوتوریسم در شکل (٤) نشان داده شده است.



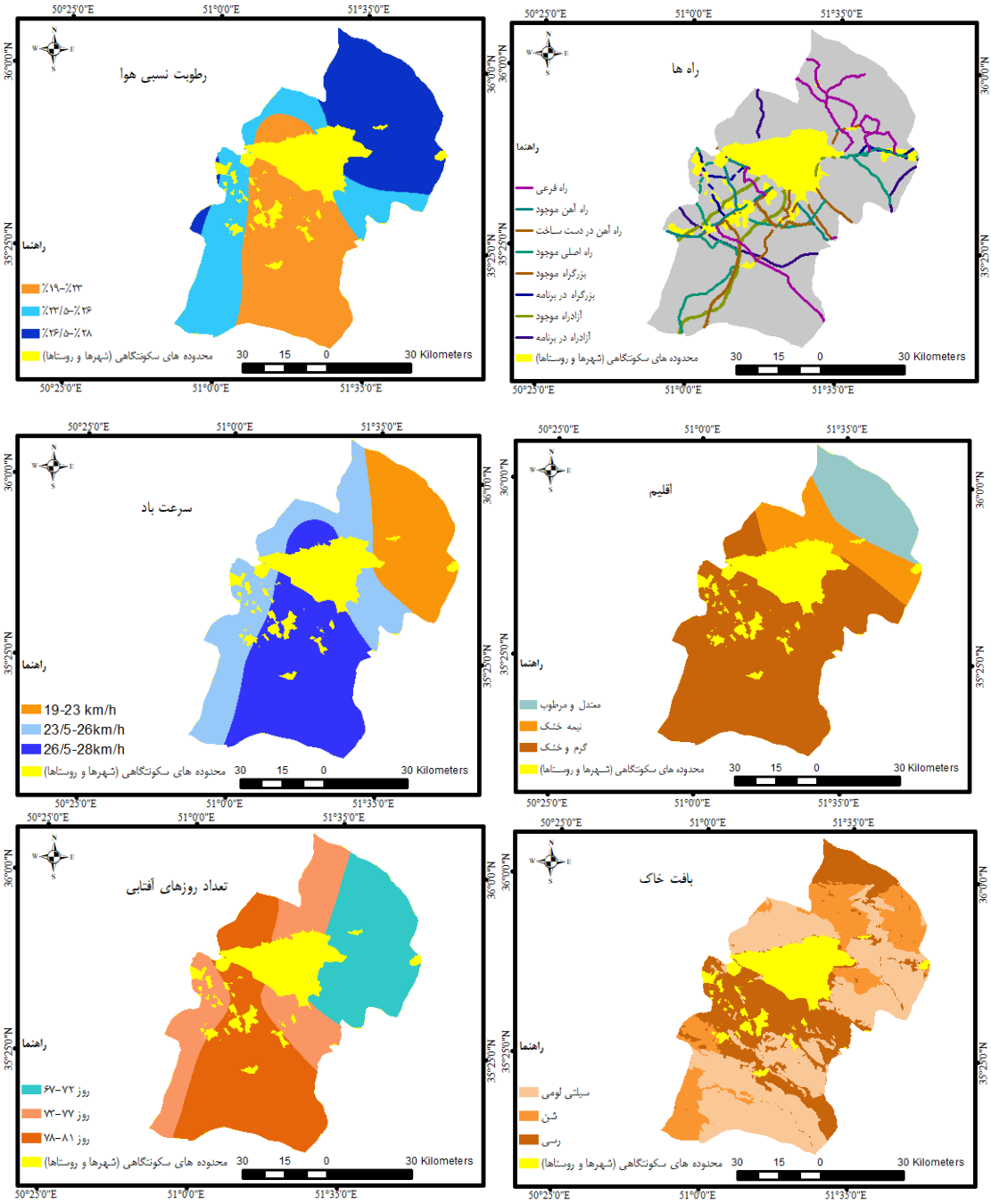
پریسا کوشکی، حسن اسماعیل زاده، شهیندخت برق جلوه



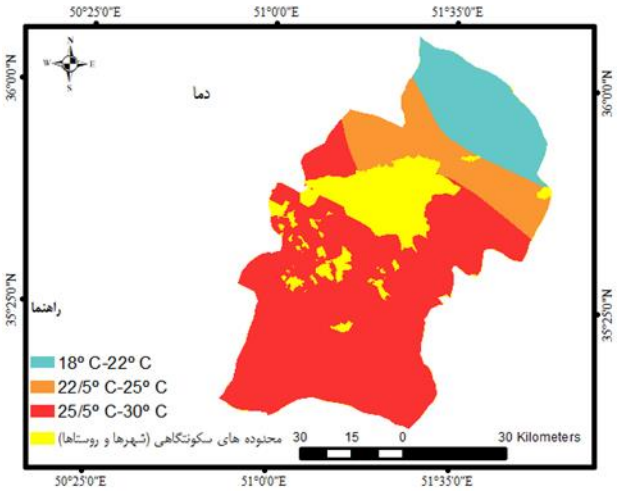
آمایش فضا و ژئومانیک


فاصله از محدوده های سیل خیز
راهنما
0-300 m
300-600 m
600-1200 m
محدوده های سکونتگاهی (شهرها و روستاها)
30 15 0 30 Kilometers
فاصله از گسل
راهنما
محدوده های سکونتگاهی (شهرها و روستاها)
30 15 0 30 Kilometers
فاصله از منابع آب سطحی
راهنما
۶۰۰ m
۳۰۰ m
۱۲۰۰ m
محدوده های سکونتگاهی (شهرها و روستاها)
30 15 0 30 Kilometers
درصد شیب زمین
راهنما
محدوده های سکونتگاهی (شهرها و روستاها)
30 15 0 30 Kilometers
سنگ شناسی
راهنما
آذرآواری
آندزیت
آهک
توف
دولومیت
دیوریت
رسوبات آبرفتی
سنگ های آتشفشانی
شیل
مارن
ماسه سنگ
کنگلومرا
گرانیت
محدوده های سکونتگاهی (شهرها و روستاها)
30 15 0 30 Kilometers
نقاط روستایی
راهنما
روستا
محدوده های سکونتگاهی (شهرها و روستاها)
30 15 0 30 Kilometers

پریسا کوشکی، حسن اسماعیل زاده، شهیندخت برق جلوه



آمایش فضا و ژئومانیک



شکل ٤- شاخص‌های ارزیابی توان اکولوژیکی

وزن‌های حاصل از اجرای روش FAHP

طبق نتایج حاصل از پیاده‌سازی روش FAHP وزن شاخص‌ها در بازه اعداد فازی تعیین گردید. براساس نتایج، در شاخص‌های مربوط به بعد اقتصادی-اجتماعی به ترتیب، نقاط روستایی، فاصله از جاده و فاصله از محل دفع پسماند بالاترین وزن را دریافت نموده‌اند. برای بعد فیزیکی نیز، به ترتیب فاصله از محدوده‌های سیل‌خیز، فاصله از گسل و جهت جغرافیایی، جزء سه شاخصی هستند که وزن بیشتری را در ارتباط با توسعه اکوتوریسم به خود اختصاص داده‌اند و در آخر شاخص‌های بیوهیدروکلیماتولوژی که بخش اعظمی از آن‌ها در ارتباط با شرایط آب و هوا می‌باشند به ترتیب تعداد روزهای آفتابی، میانگین دما و منابع آب سطحی در دسترس، بیشترین وزن‌ها را دارند.

جدول ۲- ارزیابی فازی ابعاد کاربری اکوتوریسم

معیار	فیزیکی	اقتصادی- اجتماعی	بیوهیدروکلیماتولوژی	وزن نهایی
فیزیکی	۱,۱,۱	۴,۳,۲	۵,۴,۳	۰/۲۲۷
اقتصادی-اجتماعی	۱/۴,۱/۳,۱/۲	۱,۱,۱	٤,۳,۲	۰/۳٤۰
بیوهیدروکلیماتولوژی	۱/۵,۱/۴,۱/۳	۱/٤,۱/۳,۱/۲	۱,۱,۱	۰/٤۳۳

جدول ۳- ارزیابی فازی شاخص‌های، بعد فیزیکی کاربری اکوتوریسم

شاخص	جهت جغرافیایی	شیب زمین	ارتفاع	سنگ مادر	فاصله از گسل	بافت خاک
جهت جغرافیایی	۱و۱و۱	۰.۲۵و۰.۳۳و۰.۵	۰.۳۳و۰.۵و۱	۰.۱۶و۰.۲و۰.۲۵	۲و۳و۴	۰.۱۴۲و۰.۱۶۶و۰.۲
شیب زمین	۲و۳و۴	۱و۱و۱	۰.۲۵و۰.۳۳و۰.۵	۰.۲۵و۰.۳۳و۰.۵	۴و۵و۶	۰.۲و۰.۲۵و۰.۵
ارتفاع	۱و۲و۳	۲و۳و۴	۱و۱و۱	۳و۴و۵	۳و۴و۵	۰.۱۶و۰.۲و۰.۲۵
سنگ مادر	۴و۵و۶	۲و۳و۴	۰.۲و۰.۲۵و۰.۵	۱و۱و۱	۵و۶و۷	۰.۲۵و۰.۳۳و۰.۵
فاصله از گسل	۰.۲۵و۰.۳۳و۰.۵	۰.۱۶و۰.۲و۰.۲۵	۰.۱۴۲و۰.۱۶۶و۰.۲	۰.۱۲۵و۰.۱۴۲و۰.۱۶۶	۱و۱و۱	۰.۱۱۱و۰.۱۲۵و۰.۱۴۲
بافت خاک	۵و۶و۷	۳و۴و۵	۴و۵و۶	۲و۳و۴	۷و۸و۹	۱و۱و۱
شیب زمین	۲و۳و۴	۱و۱و۱	۱و۱و۱	۱و۱و۱	۱و۱و۱	۱و۱و۱
ارتفاع	۱و۲و۳	۲و۳و۴	۱و۱و۱	۳و۴و۵	۳و۴و۵	۱و۱و۱
سنگ مادر	۴و۵و۶	۲و۳و۴	۱و۱و۱	۱و۱و۱	۵و۶و۷	۱و۱و۱
فاصله از گسل	۱و۲و۳	۱و۱و۱	۱و۱و۱	۱و۱و۱	۱و۱و۱	۱و۱و۱
بافت خاک	۵و۶و۷	۳و۴و۵	۴و۵و۶	۲و۳و۴	۷و۸و۹	۱و۱و۱
جهت جغرافیایی	۱و۱و۱	۰.۲۵و۰.۳۳و۰.۵	۰.۳۳و۰.۵و۱	۰.۱۶و۰.۲و۰.۲۵	۲و۳و۴	۰.۱۴۲و۰.۱۶۶و۰.۲
شیب زمین	۲و۳و۴	۱و۱و۱	۰.۲۵و۰.۳۳و۰.۵	۰.۲۵و۰.۳۳و۰.۵	۴و۵و۶	۰.۲و۰.۲۵و۰.۵
ارتفاع	۱و۲و۳	۲و۳و۴	۱و۱و۱	۳و۴و۵	۳و۴و۵	۰.۱۶و۰.۲و۰.۲۵
سنگ مادر	۴و۵و۶	۲و۳و۴	۰.۲و۰.۲۵و۰.۵	۱و۱و۱	۵و۶و۷	۰.۲۵و۰.۳۳و۰.۵
فاصله از گسل	۰.۲۵و۰.۳۳و۰.۵	۰.۱۶و۰.۲و۰.۲۵	۰.۱۴۲و۰.۱۶۶و۰.۲	۰.۱۲۵و۰.۱۴۲و۰.۱۶۶	۱و۱و۱	۰.۱۱۱و۰.۱۲۵و۰.۱۴۲
بافت خاک	۵و۶و۷	۳و۴و۵	۴و۵و۶	۲و۳و۴	۷و۸و۹	۱و۱و۱
وزن نهایی	۰.۱۶۴۸	۰.۱۰۵۹	۰.۰۷۳۸	۰.۰۸۰۳	۰.۲۵۱۵	۰.۰۲۲۹

فاصله از محدوده‌های سیل‌خیز
۰.۲و۰.۲۵و۰.۵
۰.۱۴۲و۰.۱۶۶و۰.۲
۰.۱۶و۰.۲و۰.۲۵
۰.۱۲۵و۰.۱۴۲و۰.۱۶۶
۰.۳۳و۰.۵و۱
۱و۱و۱
۰.۱۱۱و۰.۱۲۵و۰.۱۴۲

جدول ٤- ارزیابی فازی شاخص‌های، بعد بیوهیدروکلیماتولوژی کاربری اکوتوریسم

شاخص	تیپ گیاهی	تراکم گیاهی	منابع آب سطحی در دسترس	منابع آب زیرزمینی در	فاصله از منابع آب سطحی	نوع اقلیم	سرعت باد	میانگین دما	بارش	تعداد روزهای آفتابی	درصد رطوبت نسبی	وزن نهایی
تیپ گیاهی	۱و۱و۱	۲و۳و۴	۷و۸و۹	۵و۶و۷	۶و۷و۸	۰.۵و۰.۳۳و۰.۲۵	۳و۴و۵	۷و۸و۹	۱و۲و۳	۷و۸و۹	۰.۵و۰.۳۳و۰.۲۵	۰.۰۲۸۸
تراکم گیاهی	۰.۵و۰.۳۳و۰.۲۵	۱و۱و۱	۵و۶و۷	۴و۵و۶	۴و۵و۶	۰.۵و۰.۲و۰.۱۶	۱و۲و۳	۴و۵و۶	۰.۵و۰.۳۳و۰.۲۵	۶و۷و۸	۰.۵و۰.۲۵و۰.۲	۰.۰۵۵۹
منابع آب سطحی در ۲	۰.۱۴و۰.۱۲۵و۰.۱۱۱	۰.۱۶و۰.۱۴۲و۰.۱۲۵	۱و۱و۱	۱و۰.۵و۰.۳۳	۰.۵و۰.۲۵و۰.۲	۰.۵و۰.۳۳و۰.۲۵	۰.۱۲۵و۰.۱۱۱و۰.۱	۰.۲۵و۰.۲و۰.۱۶	۰.۵و۰.۳۳و۰.۲۵	۰.۱۶و۰.۱۴۲و۰.۱۲۵	۰.۱۲۵و۰.۱۱۱و۰.۱	۰.۱۱۵۹
منابع آب زیرزمینی ۶	۰.۱۶و۰.۱۴۲و۰.۱۲۵	۰.۲و۰.۲۵و۰.۱۶	۱و۲و۳	۱و۱و۱	۰.۵و۰.۳۳و۰.۲۵	۰.۵و۰.۳۳و۰.۱۴۲	۰.۵و۰.۳۳و۰.۲۵	۲و۳و۴	۲و۳و۴	۲و۳و۴	۰.۱۲۵و۰.۱۱۱و۰.۱	۰.۰۹۲۷
فاصله از منابع آب سطحی	۰.۱۴۲و۰.۱۲۵و۰.۱۱۱	۰.۲و۰.۱۶۶و۰.۲۵	۱و۱و۱	۱و۰.۵و۰.۳۳	۰.۲و۰.۲۵و۰.۵	۰.۱۴۲و۰.۱۲۵و۰.۱۱۱	۰.۵و۰.۲۵و۰.۲	۲و۳و۴	۰.۱۴۲و۰.۱۲۵و۰.۱۱۱	۲و۳و۴	۰.۱۲۵و۰.۱۱۱و۰.۱	۰.۱۱۵۳

درصد رطوبت نسبی	تعداد روزهای آفتابی	بارش	میانگین دما	سرعت باد	نوع اقلیم
۲و۳و۴	۰.۱۴۲و۰.۱۶۶و۰.۲	۰.۳۳و۰.۵و۱	۰.۱۱۱و۰.۱۲۵و۰.۱۴۲	۰.۲و۰.۲۵و۰.۵	۲و۳و۴
۳و۴و۵	۰.۱۶و۰.۲و۰.۲۵	۲و۳و۴	۰.۱۶و۰.۲و۰.۲۵	۰.۳۳و۰.۵و۱	۴و۵و۶
۸و۹و۱۰	۲و۳و۴	۷و۸و۹	۰.۲۵و۰.۳۳و۰.۵	۳و۴و۵	۷و۸و۹
۷و۸و۹	۲و۳و۴	۵و۶و۷	۰.۱۶و۰.۲و۰.۲۵	۱و۲و۳	۵و۶و۷
۷و۸و۹	۰.۱۴۲و۰.۱۶۶و۰.۲	۶و۷و۸	۰.۲۵و۰.۳۳و۰.۵	۲و۳و۴	۷و۸و۹
۸و۹و۱۰	۰.۳۳و۰.۵و۱	۰.۲۵و۰.۳۳و۰.۵	۰.۱و۰.۱۱۱و۰.۱۲۵	۰.۱۲۵و۰.۱۴۲و۰.۱۶۶	۱و۱و۱
۳و۴و۵	۴و۵و۶	۴و۵و۶	۰.۱۴۲و۰.۱۶۶و۰.۲	۱و۱و۱	۶و۷و۸
۷و۸و۹	۳و۴و۵	۱و۱و۱	۰.۱۱۱و۰.۱۲۵و۰.۱۴۲	۰.۱۶و۰.۲و۰.۲۵	۲و۳و۴
۸و۹و۱۰	۱و۱و۱	۶و۷و۸	۲و۳و۴	۴و۵و۶	۸و۹و۱۰
۱و۲و۳	۰.۱۱۱و۰.۱۲۵و۰.۱۴۲	۰.۲۵و۰.۳۳و۰.۵	۰.۱۱۱و۰.۱۲۵و۰.۱۴۲	۰.۲و۰.۲۵و۰.۵	۱و۲و۳
۰.۰۱۵۹	۰.۲۹۴۱	۰.۰۴۷۵	۰.۱۲۷۱	۰.۰۶۸۱	۰.۰۳۸

جدول ۵- ارزیابی فازی شاخص‌های، بعد اقتصادی-اجتماعی کاربری اکوتوریسم

معیار	نقاط روستایی	فاصله از معادن	فاصله از جاده‌ها	فاصله از محل دفع پسماند	فاصله از تصفیه‌خانه ها	وزن نهایی
نقاط روستایی	۱و۱و۱	۹و۸و۷	٤و۳و۲	٥و٤و۳	۱۰و۹و۸	۰.۳۸۸۳
فاصله از معادن	۰.۱۱۱و۰.۱۲٥و۰.۱٤۲	۱و۱و۱	۰.۱۲٥و۰.۱٤۲و۰.۱٦٦	۰.۲و۰.۲٥و۰.٥	٥و٤و۳	۰.۰۸٦۸
فاصله از جاده‌ها	۰.۲٥و۰.۳۳و۰.٥	٦و۷و۸	۱و۱و۱	٦و٥و٤	۹و۸و۷	۰.۳۳۲٦
فاصله از محل دفع پسماند	۰.۲و۰.۲٥و۰.٥	٥و٤و۳	۰.۱٦و۰.۲و۰.۲٥	۱و۱و۱	٦و٥و٤	۰.۱٦۳۲
فاصله از تصفیه‌خانه ها	۰.۱و۰.۱۱۱و۰.۱۲٥	۰.۲٥و۰.۳۳و۰.٥	۰.۱۱۱و۰.۱۲٥و۰.۱٤۲	۰.۱٤۲و۰.۲و۰.۲٥	۱و۱و۱	۰.۰۲۸٦

ترکیب خطی وزنی

پس از آماده‌سازی نقشه شاخص‌ها و تعیین وزن آن‌ها، برای تلفیق لایه‌ها از روش WLC استفاده شد. بدین منظور در محیط GIS لایه‌ها در وزن مربوطه ضرب گردید و سپس عملیات رویهم‌گذاری لایه‌ها صورت پذیرفت. در نهایت، ارزیابی توان اکولوژیک توسعه اکوتوریسم در منطقه مورد مطالعه، مدل ریاضی برای اکوتوریسم متمرکز (رابطه-۱۳) و اکوتوریسم گسترده (رابطه-۱٤) به دست آمد:

WLC_Map = (0.038*[Fuzzy_Climate]) + (0.1648*[Fuzzy _Aspect]) + (0.0559*[Fuzzy _ Plant density]) + (0.1271*[Fuzzy _Temperature]) + (0.2515*[Fuzzy _Dff]) +(0.0738* [Fuzzy _altitude]) + (0.1153*[Fuzzy _ Dfsws]) + (0.3002*[Fuzzy _Dffp]) + (0.0803*[Fuzzy _ Bedrock]) + (0.0159*[Fuzzy -Humidaty]) +(0.1159* [Fuzzy _Aswr]) + (0.0927*[Fuzzy _Agr]) + (0.1632*[Fuzzy _ Dflf]) + (0.0475*[Fuzzy _ Precipitation]) + (0.0868*[Fuzzy -Dfm]) + (0.1059*[Fuzzy _Slope]) + (0.0229*[Fuzzy _Soil]) + (0.2941*[Fuzzy -Nsd]) + (0.0288*[Fuzzy - Type Plant]) + (0.3883*[Fuzzy _rural area]) + (0.0286*[Fuzzy -Dftp]) + (0.3326*[Fuzzy -Dfr]) +(0.0681* [Fuzzy -Wind speed])

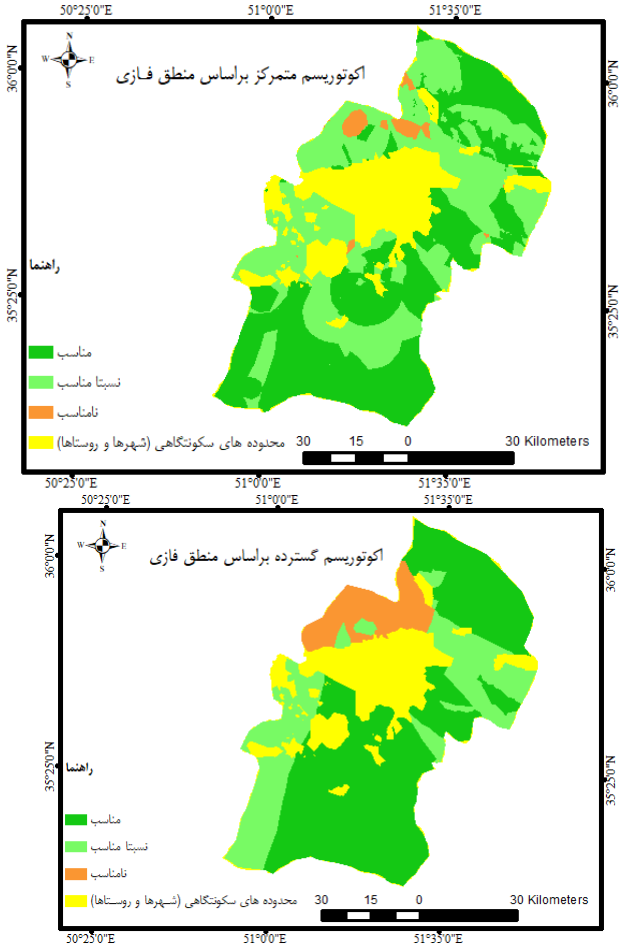
(۱۳)

WLC_Map = (0.038*[Fuzzy_Climate]) + (0.1271*[Fuzzy _Temperature])+ (0.1153*[Fuzzy _

Dfsws]) + (0.0803*[Fuzzy _ Bedrock]) + (0.0159*[Fuzzy -Humidaty])+ (0.1159* [Fuzzy _Aswr]) + (0.0475*[Fuzzy _ Precipitation])+ (0.1059*[Fuzzy _Slope])+ (0.0229*[Fuzzy _Soil])+ (0.2941*[Fuzzy -Nsd]) + (0.0681* [Fuzzy -Wind speed]) (۱٤)

ارزیابی توان اکولوژیکی

در فرآیند ارزیابی توان اکولوژیکی با بهره‌گیری از منطق فازی و روش FAHP برای وزن‌دهی به شاخص‌ها، مشخص شد که ٤٥٤٦ کیلومترمربع از منطقه مورد مطالعه برای توسعه اکوتوریسم متمرکز مناسب است، در حالی‌که ۱۳۱ کیلومترمربع به‌عنوان پهنه نامناسب شناسایی شد. برای اکوتوریسم گسترده، که با سطح توسعه محدودتری همراه است و مبتنی بر ۱۱ شاخص تعیین‌شده با استفاده از FAHP تحلیل شد، ٤۲۱۳ کیلومترمربع از اراضی برای توسعه مناسب ارزیابی شد و ٤٦٤ کیلومترمربع به‌عنوان پهنه نامناسب طبقه‌بندی گردید. این نتایج بیانگر آن است که با وجود شاخص‌های کمتر در اکوتوریسم گسترده، مساحت پهنه مناسب آن تفاوت معناداری با اکوتوریسم متمرکز ندارد و با اهداف توسعه پایدار اکوتوریسم در محدوده مطالعاتی که با رویکرد FAHP ارزیابی شده همخوانی دارد (شکل ۵).



شکل ۵- پهنه‌بندی توسعه اکوتوریسم متمرکز و گسترده در حریم شهر تهران

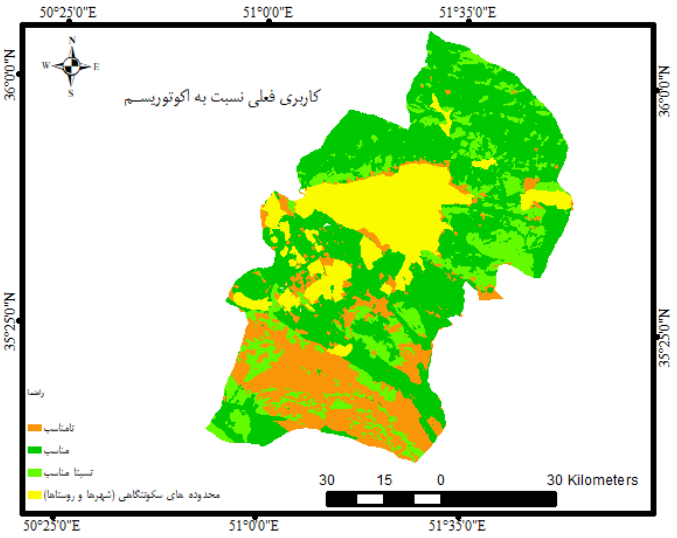
با توجه به نتایج حاصل از ارزیابی توان اکولوژیکی با بهره‌گیری از روش FAHP برای وزن‌دهی به شاخص‌ها (جدول-٦)، توسعه اکوتوریسم متمرکز و گسترده در منطقه مورد مطالعه، از منظر محیط‌زیستی دارای ظرفیت‌های قابل توجهی است. در پهنه‌بندی متمرکز که با اولویت‌بندی شاخص‌ها از طریق FAHP انجام شد، نزدیک به ٩٤٪ از کل مساحت در طبقه‌های مناسب و نسبتاً مناسب قرار گرفته‌اند که بیانگر قابلیت بالای منطقه برای فعالیت‌های اکوتوریسم با رویکرد متمرکز است. از سوی دیگر، توسعه گسترده نیز که شاخص‌های آن با استفاده از FAHP تحلیل گردید، با سهم بالای پهنه‌های مناسب (حدود ٦٠٪)، مزایای خاص خود را دارد؛ به‌ویژه برای طرح‌های اکوتوریسم گسترده و غیرمتمرکز. تحلیل این داده‌ها می‌تواند مبنای تصمیم‌گیری‌های دقیق‌تر در فرآیند تعیین کاربری‌های آتی، حفاظت از منابع طبیعی و توسعه پایدار اکوتوریسم باشد.

جدول ٦- مساحت کلاس‌های حاصل از ارزیابی توان اکولوژیکی توسعه اکوتوریسم متمرکز و گسترده

طبقات نقشه (km^2)	مناسب	نسبتا مناسب	نامناسب
پهنه‌بندی توسعه اکوتوریسم متمرکز	٢٢٧٢	٢٢٧٤	١٣١
پهنه‌بندی توسعه اکوتوریسم گسترده	٢٩٥٣	١٢٦٠	٤٦٤

ارزیابی پایداری

طبق (شکل ٦) که وضعیت توزیع کاربری‌های فعلی در تناسب با کاربری اکوتوریسم را نشان می‌دهد در مناطق شمالی، وجود جنگل‌های طبیعی متراکم و فضاهای سبز شهری، این نواحی را به گزینه‌ای بسیار مناسب برای اکوتوریسم طبیعت‌محور تبدیل کرده‌اند. در مقابل، اراضی شور و فرسایش‌یافته در جنوب، به‌دلیل محدودیت‌های زیست‌محیطی، در طبقه‌بندی نامناسب قرار گرفته‌اند. بخش شرقی با برخورداری از زمین‌های کشاورزی آبی و مراتع نیمه‌متراکم، ظرفیت متوسطی برای توسعه اکوتوریسم دارد، در حالی‌که نواحی غربی شامل زمین‌های دیم، پارک‌ها و بستر رودخانه‌ها، پتانسیل بالایی برای اکوتوریسم پایدار از خود نشان داده‌اند. این نتایج که مبتنی بر تحلیل نقشه‌های مکانی و جدول طبقه‌بندی کارشناسان است، بر اهمیت تمرکز فعالیت‌های اکوتوریسم در نواحی دارای پوشش گیاهی مطلوب و منابع آبی تأکید دارد. در مقابل، اجتناب از توسعه در اراضی تخریب‌شده یا فاقد پتانسیل طبیعی، ضروری به نظر می‌رسد تا دستیابی به پایداری واقعی در حوزه اکوتوریسم شهری محقق شود.



شکل ٦- وضعیت کاربری فعلی نسبت به توسعه اکوتوریسم

منبع: یافته های پژوهش، ١٤٠٤

در ارزیابی پایداری برای توسعه اکوتوریسم، (جدول -٧) دسته‌بندی‌های مختلفی از جمله اراضی شور، مناطق شهری، تأسیسات صنعتی و مناطق کشاورزی را بر اساس نقشه‌ای که توزیع فعلی کاربری اراضی را نشان می‌دهد، آورده شده است. این طبقه‌بندی بینش‌های مهمی در مورد مناسب بودن مناطق مختلف برای طرح‌های اکوتوریسم ارائه می‌دهد.

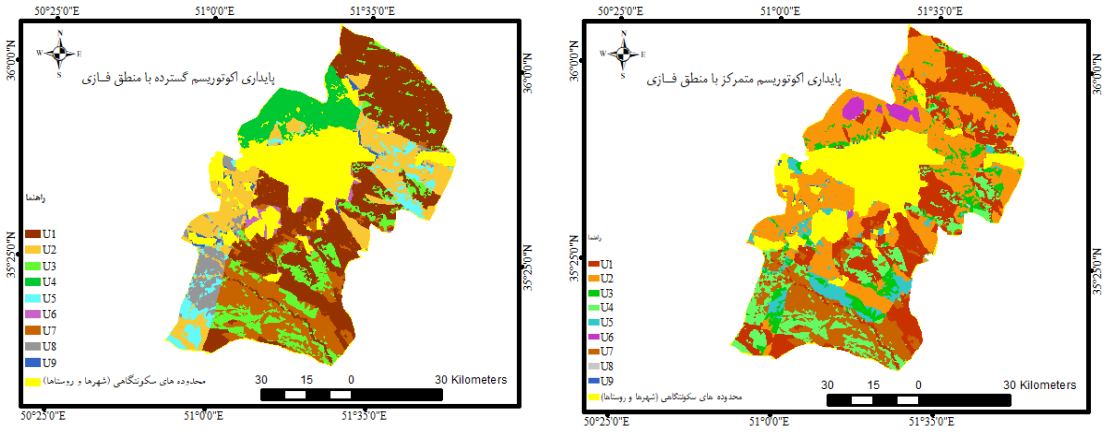
جدول ٧-طبقه‌بندی وضعیت فعلی کاربری اراضی بر اساس مناسب بودن برای توسعه اکوتوریسم.

کلاس‌بندی کاربری‌ها	٠	١	٢
اکوتوریسم متمرکز فازی	نامناسب	مناسب	نسبتا مناسب
اکوتوریسم گسترده فازی	نامناسب	مناسب	نسبتا مناسب
کاربری	اراضی شور، اراضی شور و مرطوب، ساخته شده شهری، فرسایش یافته، تاسیسات صنعتی، گورستان، فرسایش و شور، مرتع کم تراکم و شور و مرطوب، محدوده‌های شهری	کشاورزی آبی، کشاورزی دیم، مرتع متراکم، مرتع نیمه متراکم، باغ و قلمستان، باغ شهر فشم، باغ شهر لواسان، بستر رودخانه، پارک و فضای سبز، جنگل طبیعی کم تراکم، جنگل طبیعی متراکم، جنگل طبیعی متوسط، چمن و فضای سبز، حوضچه ذخیره آب، دریاچه پشت سد،	مرتع کم تراکم

		فرودگاه، فضاهای سبز، مخلوط باغ و مرتع	

منبع: یافته های پژوهش، ۱٤۰٤

طبق (شکل ۷)، تحلیل اکوتوریسم متمرکز و گسترده بر پایه ارزیابی توان اکولوژیکی منطقه صورت گرفته که با استفاده از روش FAHP ، شاخص‌های محیطی وزن‌دهی و تلفیق شده‌اند. این ارزیابی، اساس طبقه‌بندی منطقه به واحدهای پایداری بالا، متوسط و ناپایدار را فراهم کرده و تطابق آن با نقشه فعلی کاربری اراضی، مبنای ارزیابی پایداری بوده است .در حوزه اکوتوریسم متمرکز، روش FAHP به شناسایی واحدهای U1 ، U3و U9 به‌عنوان مناطق با توان اکولوژیکی بسیار بالا کمک کرده است. این واحدها، ۲۸٪ از منطقه را تشکیل داده و برای توسعه اکوتوریسم هدفمند مناسب یا نسبتاً مناسب ارزیابی شده‌اند. واحدهای U2 و U4 نیز با توان نسبتاً قابل قبول، در دسته متوسط قرار گرفته‌اند (٤٥٪ کل منطقه)، در حالی که واحدهای باقیمانده U5 ، U6، U7و U8 با توان ضعیف، توسط FAHP در دسته ناپایدار قرار گرفته‌اند و ۲۷٪ از منطقه را شامل می‌شوند. در ارزیابی اکوتوریسم گسترده، مجدداً ارزیابی توان اکولوژیکی مبتنی‌بر FAHP تعیین‌کننده است. واحد U1 در شمال، با توان اکولوژیکی بالا که به‌روش FAHP استخراج شده، ۳۲٪ از زمین را تشکیل داده و برای اکوتوریسم گسترده بسیار مناسب در نظر گرفته می‌شود. سایر واحدها مانند U2، U4، U6 و U8 با درجات مختلف توان (۳٤٪ از منطقه) در دسته متوسط قرار دارند، در حالی که واحدهایی مانند U9، U3 و U7 بر اساس نتایج FAHP توان ضعیفی داشته و در دسته ناپایدار طبقه‌بندی شده‌اند.



شکل ۷- ارزیابی پایداری اکوتوریسم متمرکز و اکوتوریسم گسترده

منبع: یافته های پژوهش، ۱٤۰٤

طبق جدول ۸، ارزیابی کمی پایداری برای اکوتوریسم متمرکز را ارائه می‌دهد که مبتنی بر مقایسه توان اکولوژیکی منطقه ارزیابی‌شده با روش FAHP با کاربری فعلی زمین است. در این فرآیند، FAHP برای وزن‌دهی دقیق شاخص‌های محیطی استفاده شد تا قابلیت واقعی توسعه اکوتوریسم در هر واحد مکانی شناسایی شود. واحدها بر اساس سطوح پایداری، از بالا تا ناپایدار، طبقه‌بندی شده‌اند و درصدهای مربوطه، توزیع آن‌ها را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد .قابل توجه است که

واحدهای U1 ، U3و U9 که از منظر FAHP دارای توان اکولوژیکی بالا هستند، سطح پایداری بالایی را حفظ کرده‌اند و به خوبی با کاربری زمین مطابقت دارند. واحدهای U2 و U4 که در دسته پایداری متوسط قرار گرفته‌اند، علیرغم وجود عدم تطابق جزئی، همچنان از نظر توان اکولوژیکی تحلیل‌شده توسطFAHP ، پتانسیل ادغام فعالیت‌های اکوتوریسم را دارا می‌باشند. از سوی دیگر، واحدهای ناپایدار شاملU5 ، U6، U7وU8 ، ناسازگاری قابل توجهی بین توان اکولوژیکی و کاربری فعلی نشان می‌دهند و بدون مداخله محیطزیستی، برای اکوتوریسم متمرکز مناسب نیستند. در مجموع مقدار عددی ۲۸٪ که وسعت پهنه‌هایی با پایداری بالا را برای اکوتوریسم متمرکز نشان می‌دهد، حاکی از آن است که کمتر از یک‌سوم منطقه دارای تطابق کامل بین توان اکولوژیکی و کاربری فعلی زمین است. این مقدار، اگرچه پایه‌ای برای توسعه هدفمند اکوتوریسم محسوب می‌شود، اما از منظر برنامه‌ریزی فضایی، محدودیت قابل توجهی در گسترش فعالیت‌های اکوتوریسم بدون مداخله اصلاحی ایجاد می‌کند. همچنین ۷۲٪ ناپایداری بیانگر آن است که بخش عمده‌ای از منطقه (بیش از دو سوم) با چالش‌های جدی در هم‌راستایی کاربری زمین و ظرفیت اکولوژیکی مواجه است. این عدم تطابق می‌تواند منجر به فشارهای محیطزیستی، تخریب منابع طبیعی و کاهش کیفیت تجربه اکوتوریسم شود، مگر آنکه اقدامات اصلاحی مانند بازنگری کاربری، احیای زیست‌بوم یا اعمال محدودیت‌های بهره‌برداری صورت گیرد. این تحلیل، بینش‌هایی استراتژیک برای سیاست‌گذاران محیطزیستی فراهم می‌کند تا توسعه اکوتوریسم با ظرفیت‌های واقعی زمین همسو گردد.

جدول ۸- ارزیابی میزان پایداری اکوتوریسم متمرکز وضعیت موجود کاربری

واحد پایداری	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	U_7	U_8	U_9
واحد اکوتوریسم متمرکز	۱	۱	۲	۲	۰	۱	۰	۲	۰
واحد کاربری	۱	۲	۲	۱	۲	۰	۱	۰	۰
مساحت (Km^2)	۹٤۰	۱۵۷٦	۳۳۸	٥٤٤	۳۱٤	۱۳٦	۷۳۸	٤٤	٤۷
درصد مساحت	۲۰٪	۳۳٪	۷٪	۱۲٪	۷٪	۳٪	۱٦٪	۱٪	۱٪
سطح پایداری	بالا	متوسط	بالا	متوسط	ناپایدار	ناپایدار	ناپایدار	ناپایدار	بالا
پایدار/ناپایدار (پایدار: تطابق کامل طبقات)	پایدار	ناپایدار	پایدار	ناپایدار	ناپایدار	ناپایدار	ناپایدار	ناپایدار	پایدار
درصد پایدار/ناپایدار	پایدار: ۲۸٪								
	ناپایدار: ۷۲٪								

منبع: یافته های پژوهش، ۱٤۰٤

در ارزیابی کمی پایداری اکوتوریسم گسترده براساس (جدول-۹ و شکل-۲۹)، طبقه‌بندی واحدهای منطقه مورد مطالعه با اتکا به توان اکولوژیکی حاصل از تحلیل شاخص‌ها به‌روش FAHP انجام شده و با کاربری فعلی زمین مقایسه گردیده است. روش FAHP در این مرحله، به وزن‌دهی شاخص‌های بوم‌شناختی کمک کرده تا تناسب عملکرد اکولوژیکی با واقعیت‌های فضایی منطقه به‌صورت ساختاریافته ارزیابی شود .نتایج نشان داد که واحدهای U1 و U5 که براساس ارزیابی توان اکولوژیکی با FAHP دارای قابلیت بالایی هستند، در دسته پایداری بالا قرار گرفته‌اند و ٪۳۹ از کل منطقه را پوشش می‌دهند. این واحدها با اهداف توسعه اکوتوریسم گسترده، هم‌راستایی مطلوبی دارند. واحدهای پایداری متوسط شامل U2، U4، U6 و U8 نیز با سهم ٪۳٤، علی‌رغم نوسان در تناسب عملکرد از «نسبتاً مناسب» تا «کاملاً مناسب»، توسط FAHP به‌عنوان مناطق دارای ظرفیت توسعه متعادل اکوتوریسم شناسایی شده‌اند. در مقابل، واحدهای ناپایدار U3 و U7 که حدود ٪۲٦ از منطقه را تشکیل می‌دهند، بر پایه نتایج FAHP، دارای عدم انطباق قابل توجه بین توان اکولوژیکی و کاربری فعلی زمین هستند و تنها با اصلاحات هدفمند می‌توان از آن‌ها در مسیر توسعه پایدار اکوتوریسم بهره برداری نشان می‌دهد که ٪۳۹ از منطقه به‌طور مؤثر برای اکوتوریسم گسترده مناسب ارزیابی شده، در حالی‌که ٪٦۱ دیگر نیازمند ارتقاء ساختاری در راستای تحقق اهداف توسعه پایدار هستند. این تحلیل داده‌محور، ابزار راهبردی مهمی در اختیار برنامه‌ریزان محیط‌زیستی قرار می‌دهد تا ظرفیت‌های طبیعی منطقه بر پایه ارزیابی FAHP، به‌شکل هوشمندانه با سیاست‌های کاربری اراضی همسو گردند. در مجموع ٪۳۹ پایداری بالادر اکوتوریسم گسترده نشان می‌دهد که این نوع اکوتوریسم، به‌طور نسبی، تطابق بیشتری با توان اکولوژیکی منطقه دارد. این درصد بالاتر نسبت به اکوتوریسم متمرکز، بیانگر انعطاف‌پذیری بیشتر در طراحی مسیرها، فعالیت‌ها و زیرساخت‌های گردشگری با حداقل مداخله است. همچنین ٪٦۱ ناپایداری در اکوتوریسم گسترده، اگرچه کمتر از ناپایداری در اکوتوریسم متمرکز است، همچنان نشان‌دهنده نیاز به مدیریت دقیق و اعمال سیاست‌های حفاظتی در بخش قابل توجهی از منطقه است. این بخش‌ها می‌توانند با طراحی فعالیت‌های کم‌فشار، آموزش گردشگران و نظارت مستمر، به تدریج به سطح پایداری بالاتر ارتقاء یابند.

جدول ۹-ارزیابی میزان پایداری اکوتوریسم گسترده وضعیت موجود کاربری

واحد پایداری	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	U_7	U_8	U_9
واحد اکوتوریسم گسترده	۱	۲	۱	۱	۲	۲	۰	۰	۰
واحد کاربری	۱	۱	۰	۲	۲	۰	۱	۲	۰
مساحت (Km^2)	۱۵۲٦	۵۰۳	۳۹۵	٦۸۱	۳۳٦	۸٤	۸۵۵	۲۵٤	٤۳
درصد مساحت	۳۲٪	۱۱٪	۸٪	۱۵٪	۷٪	۲٪	۱۸٪	٦٪	۱٪

سطح پایداری	بالا	متوسط	ناپایدار	متوسط	بالا	متوسط	ناپایدار	متوسط	بالا
پایدار/ناپایدار (پایداری: تطابق کامل طبقات)	پایدار	ناپایدار	ناپایدار	ناپایدار	پایدار	ناپایدار	ناپایدار	ناپایدار	پایدار
درصد پایدار/ناپایدار	پایدار ۳۹٪								
	ناپایدار ٦١٪								

منبع: یافته های پژوهش، ١٤٠٤

بحث

براساس نتایج حاصل از مدل‌سازی فازی در ارزیابی توان اکولوژیکی به‌روشFAHP ، مساحت پهنه مناسب برای اکوتوریسم متمرکز ۲۲۷۲ کیلومترمربع و برای اکوتوریسم گسترده ۲۹۵۳ کیلومترمربع تعیین شد. تفاوت ٦٨١ کیلومترمربعی میان این دو عمدتاً ناشی از تعداد شاخص‌های ورودی به مدل FAHP است؛ اکوتوریسم متمرکز با ۲۳ پارامتر نیازمند سطح بالاتری از دقت و حساسیت در وزن‌دهی بوده، در حالی که اکوتوریسم گسترده با ۱۱ پارامتر عملکردی انعطاف‌پذیرتر داشته است. تطابق بالای نتایج مدل FAHP با نقشه‌های کاربری اراضی موجود، بیانگر دقت بالا و اعتبار روش بوده و با نتایج مطالعات موسوی و همکاران (١٣٩٦) هم‌خوانی دارد. همچنین، یافته‌ها با تحقیقات تبریزی و زاهدی (۲۰۱۸) و Ildermi et al. (2016)در اکوتوریسم مناطق گرگان و ملایر هم‌راستا هستند. در مطالعات مشابه، از جمله پژوهش Khakpour et al. (2015)در پارک ملی لار، نیز از ترکیب FAHP و GIS برای انتخاب مکان‌های مناسب اکوتوریسم استفاده شده و صحت عملکرد این مدل تأیید گردیده است. شاخص‌هایی نظیر فاصله از مناطق سیل‌خیز، گسل‌ها، دما و تعداد روزهای آفتابی در ارزیابی FAHP بالاترین وزن را دریافت کرده‌اند که با نتایج مطالعات موسوی (١٤٠١)، کامیابی (١٣٩٩)، طالشی و خداپناه (١٣٩٩)، ملانوروزی و همکاران (١٣٩٩) و سعیدی و همکاران (١٣٩٨) نیز هم‌خوانی دارد. همچنین، پژوهش Malczewski (2006) به‌طور ویژه به مزایای مدل‌سازی فازی در ارزیابی تناسب کاربری زمین اشاره کرده و در این زمینه، روش FAHP را ابزاری مناسب برای تصمیم‌گیری چندمعیاره در شرایط عدم قطعیت دانسته است.مدل FAHP همچنین نشان داد که پهنه‌های نامناسب برای اکوتوریسم عمدتاً در شمال‌غرب منطقه واقع شده‌اند؛ یافته‌ای که با توجه به وزن‌دهی تخصصی در FAHP کاملاً قابل پیش‌بینی بود. تحلیل نقشه‌ها بیان می‌دارد که پهنه‌های مناسب اکوتوریسم غالباً با مناطق کم‌خطر از نظر مخاطرات طبیعی و دارای اقلیم مطلوب هم‌پوشانی دارند. در پژوهش Bunruamkaew, and Murayama (2012)نیز، کاربردFAHP در توسعه پایدار اکوتوریسم، نتایجی مشابه را حاصل نموده و به نقش آن در تصمیم‌گیری استراتژیک اشاره کرده است. هدف اصلی پژوهش حاضر، ارائه مدلی علمی و قابل دفاع مبتنی بر FAHP برای حفظ ارزش‌های اکولوژیکی حریم شهر در مواجهه با گسترش شهرنشینی بوده است.

تحلیل توان اکولوژیکی با روش FAHP این امکان را فراهم کرده تا روند تغییرات کاربری اکوتوریسم به‌صورت کمی و کیفی ارزیابی و در مسیر پایداری هدایت شود.

طبق نتایج حاصل از پژوهش حاضر، وضعیت توسعه اکوتوریسم در حریم شهر تهران، نشان‌دهنده ناپایداری کاربری فوق می‌باشد. که با مرور منابع پیشین، این موضوع دور از ذهن نمی‌باشد، در این میان بکارگیری روش FAHP در تعیین میزان دقیق‌تر این ناپایداری بسیار مفید و قابل اطمینان است. در واقع یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که ناپایداری اکولوژیکی در مناطق مستعد توسعه اکوتوریسم در حریم تهران، نه‌تنها ناشی از عوامل طبیعی و محیطی، بلکه به‌شدت تحت تأثیر ساختارهای مدیریتی، فرهنگی، و نهادی است. این موضوع با نتایج مطالعات مشابه در سایر استان‌ها و همچنین تحقیقات بین‌المللی هم‌راستا است. از جمله، مطالعه فاضلی و همکاران (۱۴۰۳) در استان چهارمحال و بختیاری با تحلیل کیفی، ۲۹ بعد از چالش‌های توسعه گردشگری شهری را شناسایی کردند. بسیاری از این چالش‌ها مانند ضعف زیرساخت، نبود آموزش و فقدان برنامه‌ریزی راهبردی، در تهران نیز مشاهده می‌شود. این هم‌پوشانی نشان می‌دهد که ناپایداری اکولوژیکی در تهران نه‌تنها مسئله‌ای محیطی، بلکه نتیجه‌ای از ضعف‌های ساختاری و مدیریتی در حوزه گردشگری و اکوتوریسم است. در سطح نهادی، مقاله مشکینی و جمهوری (۱۴۰۳) نشان داد که گفتمان‌های متضاد در سیاست‌گذاری زمین شهری، موجب ناپایداری حقوقی و فضایی در تهران شده‌اند. این ناپایداری، توسعه گردشگری و اکوتوریسم را نیز تحت تأثیر قرار داده و موجب گسترش ناموزون و غیررسمی فضاهای توسعه اکوتوریسم شده است. یافته‌های ما نیز نشان می‌دهد که فقدان سیاست‌های پایدار در تخصیص زمین و مدیریت کاربری‌ها، یکی از عوامل اصلی ناپایداری اکولوژیکی در تهران است. همچنین مطالعه حسن‌پور و همکاران (۱۴۰۳) در استان لرستان با استفاده از مدل FAHP و GIS، نشان داد که عدم تطابق کاربری‌ها با توان اکولوژیکی منجر به ناپایداری شدید در مناطق گردشگری شده است. این یافته با وضعیت تهران مشابه است، جایی که توسعه گردشگری و اکوتوریسم بدون ارزیابی دقیق ظرفیت اکولوژیکی، موجب فشار مضاعف بر منابع طبیعی شده است. در سطح بین‌المللی، مطالعه Ruano و همکاران (۲۰۲۳) در کشور بلیز با استفاده از روش‌های Fuzzy Delphi و DEMATEL ، نشان داد که شناسایی شاخص‌های پایداری اکوتوریسم نیازمند تحلیل روابط علّی و چندبعدی است. این رویکرد، مشابه با ساختار تحلیلی پژوهش حاضر در استفاده از منطق فازی و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است. همچنین، مقاله Karakuş ۲۰۲٤ با استفاده از روش Fuzzy-LMAW و GIS ، به ارزیابی پتانسیل اکوتوریسم در استان Sivas ترکیه پرداخت و نشان داد که تلفیق منطق فازی با وزن‌دهی چندمعیاره می‌تواند نقشه‌های دقیق‌تری از پایداری اکوتوریسم ارائه دهد. این یافته‌ها، اعتبار روش‌شناسی پژوهش حاضر را در استفاده از FAHPتقویت می‌کند. در نهایت، مطالعه Anjum و همکاران (۲۰۲٤) با استفاده از مدل SWARA-WASPAS و مجموعه‌های فازی کروی، نشان داد که در برنامه‌ریزی شهری، تحلیل عدم قطعیت و پیچیدگی‌های محیطی نقش کلیدی دارد. این مقاله، به‌ویژه در تحلیل ناپایداری اکولوژیکی در کلان‌شهرها مانند تهران، قابل تطبیق است. بنابراین، تحلیل ناپایداری اکولوژیکی در تهران باید در چارچوبی چندبُعدی صورت گیرد که شامل ارزیابی توان اکولوژیکی، سیاست‌گذاری زمین، شاخص‌های پایداری شهری و حریم شهری و چالش‌های فرهنگی و مدیریتی باشد. این رویکرد می‌تواند به طراحی سیاست‌های جامع‌تر برای توسعه پایدار گردشگری و اکوتوریسم در حریم کلان‌شهر تهران منجر شود.

اختلاف ۱۱ درصدی بین پهنه‌های پایدار در اکوتوریسم گسترده (۳۹٪) و متمرکز (۲۸٪) نشان می‌دهد که رویکرد گسترده، از نظر تطابق با ظرفیت‌های طبیعی، گزینه‌ای مناسب‌تر برای توسعه پایدار در شرایط فعلی منطقه است. مقایسه درصدهای پایداری در دو رویکرد اکوتوریسم متمرکز و گسترده، نه‌تنها تفاوت در میزان تطابق کاربری زمین با توان اکولوژیکی را نشان می‌دهد، بلکه بیانگر تفاوت‌های بنیادین در ماهیت و انعطاف‌پذیری هر رویکرد است. این تفاوت عددی می‌تواند مبنای تصمیم‌گیری برای اولویت‌بندی نوع اکوتوریسم در مناطق مختلف باشد؛ به‌ویژه در مناطقی که منابع طبیعی حساس‌تر هستند یا زیرساخت‌های گردشگری هنوز توسعه نیافته‌اند. این افزایش درصد پایداری در اکوتوریسم گسترده را می‌توان به ماهیت کم‌فشار و پراکنده آن نسبت داد؛ چرا که در این نوع گردشگری، وابستگی به زیرساخت‌های متمرکز و تغییرات در کاربری زمین کمتر است و امکان بهره‌برداری از مناطق با توان متوسط نیز فراهم می‌شود. میزان ناپایداری ۷۲٪ از منطقه نشان‌دهنده آن است که توسعه اکوتوریسم متمرکز بدون مداخلات اصلاحی، می‌تواند منجر به تخریب زیست‌بوم، فرسایش خاک، کاهش تنوع زیستی و نارضایتی اجتماعی شود. در مقابل، در اکوتوریسم گسترده، درصد ناپایداری به ٦١٪ کاهش یافته است. این کاهش، هرچند نسبی، نشان‌دهنده پتانسیل بالاتر برای توسعه پایدار با حداقل مداخله است و می‌تواند به‌عنوان مزیت رقابتی در انتخاب نوع گردشگری مورد توجه قرار گیرد. در نتیجه در اکوتوریسم متمرکز، محدود بودن پهنه‌های پایدار به کمتر از یک‌سوم منطقه، نیازمند دقت بالا در مکان‌یابی، طراحی زیرساخت‌های مقاوم و اعمال محدودیت‌های شدید در بهره‌برداری است.

اختلاف درصد پایداری بین دو رویکرد، می‌تواند مبنای اولویت‌بندی در تخصیص بودجه، تدوین مقررات حفاظتی و انتخاب نوع سرمایه‌گذاری باشد. برای مثال، در مناطقی با حساسیت اکولوژیکی بالا، توسعه اکوتوریسم گسترده با رویکرد کم‌فشار، گزینه‌ای ایمن‌تر و پایدارتر خواهد بود. همچنین، این تحلیل عددی می‌تواند در ارزیابی اثرات محیط‌زیستی پروژه‌های گردشگری، به‌عنوان شاخص تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار گیرد و از بروز تضاد بین توسعه و حفاظت جلوگیری کند.

براساس نتایج حاصل و مطالب ذکر شده، پیشنهادهای اساسی برای توسعه پایدار اکوتوریسم در حریم کلان‌شهر تهران، عبارتند از:

۱-تدوین راهبردهای تفکیکی برای دو رویکرد اکوتوریسم متمرکز و گسترده، با توجه به تفاوت‌های بنیادین در ماهیت، انعطاف‌پذیری و سطح پایداری این دو رویکرد، پیشنهاد می‌شود سیاست‌گذاری‌ها، طراحی زیرساخت‌ها و تخصیص منابع به‌صورت مجزا و متناسب با ویژگی‌های هر رویکرد انجام گیرد.

۲-اولویت‌بخشی به اکوتوریسم گسترده در مناطق با حساسیت اکولوژیکی بالا، با توجه به درصد بالاتر پایداری در این رویکرد و فشار کمتر بر منابع طبیعی، توسعه اکوتوریسم گسترده می‌تواند به‌عنوان گزینه‌ای کم‌ریسک‌تر در مناطق شکننده و فاقد زیرساخت‌های گردشگری مدنظر قرار گیرد.

۳-الزام‌آوری ارزیابی توان اکولوژیکی پیش از هرگونه مداخله گردشگری، پیشنهاد می‌شود ارزیابی توان اکولوژیکی با روش‌های چندمعیاره مانند FAHP به‌عنوان پیش‌نیاز قانونی برای صدور مجوزهای گردشگری در حریم شهر تهران در

نظر گرفته شود.

٤-بازنگری در سیاست‌های تخصیص زمین و کاربری‌ها با رویکرد اکولوژیکی، با توجه به نقش تعیین‌کننده سیاست‌گذاری زمین در ناپایداری فعلی، بازنگری در قوانین و مقررات تخصیص زمین با تأکید بر تطابق با توان اکولوژیکی ضروری است.

٥-تقویت ظرفیت نهادی و مدیریتی در حوزه اکوتوریسم شهری، پیشنهاد می‌شود ساختارهای مدیریتی مرتبط با گردشگری شهری به‌ویژه در حریم کلان‌شهرها، با هدف ارتقاء هماهنگی بین‌بخشی، آموزش تخصصی و برنامه‌ریزی راهبردی بازطراحی شوند.

٦-توسعه سامانه‌های پایش و ارزیابی مستمر پایداری اکوتوریسم، طراحی و پیاده‌سازی سامانه‌های GIS محور برای پایش تغییرات کاربری، ارزیابی اثرات محیط‌زیستی و به‌روزرسانی نقشه‌های پایداری می‌تواند به تصمیم‌گیری‌های دقیق‌تر کمک کند.

٧-ترویج مشارکت جوامع محلی در برنامه‌ریزی و بهره‌برداری اکوتوریسم، با توجه به نقش کلیدی جوامع محلی در حفظ منابع طبیعی و موفقیت پروژه‌های اکوتوریسم، پیشنهاد می‌شود سازوکارهای مشارکتی در طراحی و اجرای طرح‌ها تقویت گردد.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف تحلیل پایداری اکوتوریسم در حریم شهر تهران، چارچوبی چندمعیاره برای ارزیابی شرایط اکولوژیکی و اکوتوریسم ارائه داد. نتایج مدل‌سازی نشان داد که مناطق مختلف حریم تهران، به‌واسطه تفاوت در ویژگی‌های طبیعی، فشارهای انسانی و ساختارهای مدیریتی، دارای درجات متفاوتی از قابلیت توسعه پایدار اکوتوریسم هستند. این تفاوت‌ها در قالب نقشه‌های اولویت‌بندی‌شده و تحلیل وزن‌دهی معیارها به‌خوبی نمایان شد و نشان داد که توسعه اکوتوریسم در این مناطق نیازمند رویکردی دقیق، منطقه‌محور و مبتنی بر داده‌های چندمنبعی است. تحلیل شاخص‌ها نشان داد که مؤلفه‌های مرتبط با ظرفیت اکولوژیکی، حساسیت محیطی و شدت بهره‌برداری انسانی بیشترین تأثیر را در تعیین سطح پایداری دارند. همچنین، شاخص‌های مدیریتی، زیرساختی و فرهنگی نقش مکملی در شکل‌گیری الگوهای ناپایداری ایفا می‌کنند. این یافته‌ها بیانگر آن است که توسعه اکوتوریسم در مناطق حریم شهری نمی‌تواند صرفاً بر پایه ویژگی‌های طبیعی بنا شود، بلکه نیازمند تلفیق مؤلفه‌های نهادی، اجتماعی و فضایی است. از دیگر دستاوردهای این تحقیق، امکان مقایسه تطبیقی میان مناطق مختلف حریم تهران بر اساس شاخص‌های پایداری اکوتوریسم است. این مقایسه نشان داد که برخی نواحی با وجود ظرفیت طبیعی بالا، به دلیل ضعف در زیرساخت‌های گردشگری یا نبود مدیریت یکپارچه، در رتبه‌های پایین‌تری از پایداری قرار گرفته‌اند. در مقابل، مناطقی با مدیریت منسجم‌تر و بهره‌برداری کنترل‌شده، توانسته‌اند وضعیت پایدارتری را حفظ کنند. این تمایز نشان می‌دهد که توسعه اکوتوریسم پایدار، نیازمند مداخله هدفمند در حوزه‌های مدیریتی، آموزشی و زیرساختی است. دستاورد دیگر این پژوهش، ارائه نقشه‌های تصمیم‌یار برای برنامه‌ریزان شهری و مدیران حوزه اکوتوریسم است. این نقشه‌ها با تلفیق داده‌های اکولوژیکی و مدیریتی، ابزار مناسبی برای هدایت

سرمایه‌گذاری، تدوین سیاست‌های حفاظتی و طراحی مسیرهای اکوتوریسم پایدار فراهم می‌آورند. همچنین، مدل ارائه‌شده قابلیت به‌کارگیری در سایر کلان‌شهرهای ایران را نیز دارد و می‌تواند مبنایی برای تدوین شاخص‌های بومی پایداری اکوتوریسم در مناطق حساس حریم شهری باشد. در مجموع، این تحقیق نشان داد که ارزیابی پایداری اکوتوریسم در مناطق حریم شهری، نیازمند رویکردی چندبُعدی و تلفیقی است که بتواند همزمان به مؤلفه‌های محیطی، مدیریتی و اجتماعی توجه کند. خروجی‌های پژوهش می‌توانند به‌عنوان ابزاری مؤثر در توسعه پایدار اکوتوریسم حریم شهری و مدیریت هوشمند منابع طبیعی مورد استفاده قرار گیرند.

منابع

البرزی‌منش، م.، (۱٤۰۰) بررسی ابعاد محیط‌زیستی، اکولوژیک و حقوقی بهره‌برداری از معادن سنگ حریم کوه‌پایه‌ای شهر تهران نمونه موردی معدن سنگ سبز توچال، مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، دانش‌شهر ٦٤٤.

برک‌پور، ن.، کیوانی، ر.، (۱۳۹۸). گونه‌شناسی نظام مدیریت شهری در ایران، روند تحولات و چشم‌انداز اصلاحات، نشریه هنرهای زیبا – معماری و شهرسازی، دوره ۲٤، شماره ٤، صفحات ۳۳ – ۲۱.

حسن‌پور، س.، امیدی‌شاه‌آباد، ا.، نجفی‌زاده، ز.، ابی‌زاده، س. (۱٤۰۳). ارزیابی توان و موازنه اکولوژیکی استان لرستان با رویکرد آمایشی، فصلنامه آمایش فضا و ژئوماتیک، ۲۸(۳)، ۱–۲٤.

حمدی، ک.، امیرانتخابی، ش. (۱۳۸۹). کلان‌شهر تهران بزرگ و چالش‌های مدیریت شهری، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، علمی – پژوهشی، سال هفتم، شماره ۲٦.

رهنما، م.ر.، خاکپور، ب.، عباس‌زاده، غ.ر.، (۱۳۹٤). بررسی تاثیر قانون تعاریف محدوده و حریم بر ساختار کالبدی – فضایی آینده شهرها نمونه موردی: شهر مشهد، مدیریت شهری، شماره ٤۰، ۳۸۲ – ۳٦۵.

سبحانی، ن.، بیرانوندزاده، م.، سلمان‌زاده، س.، احمدی پرگو، و. (۱۳۹۸). کاربست روش تلفیقی SWOT – DEMATEl در مدیریت یکپارچه حریم شهر تهران، فصلنامه مجلس و راهبرد، سال بیست و ششم، شماره یکصدم.

سعیدی، ج.، صادقی‌ده چشمه، س.، موسویان، م. (۱٤۰۳). شناسایی و تحلیل عوامل موثر بر ظرفیت نهادی براساس رویکرد توسعه یکپارچه شهری (پژوهش موردی: شهر شهرکرد)، فصلنامه آمایش فضا و ژئوماتیک، دوره ۲۸، شماره ٤، ٥٤–۹۵.

سعیدی، ع.، عزیزپور، ف.، ریاحی، وح.، امینی قواقلو، ع. (۱۳۹۸). سنجش پایداری سکونتگاهی در نواحی روستایی (مطالعه موردی: ناحیه روستایی باروق، آذربایجان غربی)، نشریه علمی – پژوهشی برنامه‌ریزی توسعه کالبدی، سال چهارم، شماره ٤، (سری جدید)، پیاپی ۱٦، (۲٦ – ۱۱).

شوندی، ح، (۱۳۸۵)، نظریه مجموعه های فازی و کاربرد آن در مهندسی صنایع و مدیریت، انتشارات گسترش علوم پایه، تهران.

طالشی، م.، خداپناه، ک. (۱۳۹۹). ارزیابی و سنجش پایداری اکوتوریسم از دیدگاه مدیران محلی (مطالعه موردی: ناحیه

اردبیل)، فصلنامه علمی – پژوهشی مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی، دوره ۱، شماره ۱ (پیاپی ۵۰)، صص. ۲۸۰ -۲٦۷.

علی‌پور، ح.، زیاری، ی.، سرور، ر. (۱۳۹۸). تحلیل تاثیرگذاری قانون پیشنهادی مدیریت شهری ایران در تحقق حکمروایی منطقه‌ای در محدوده حریم کلانشهرها (مورد مطالعاتی کلانشهر تهران)، فصلنامه علمی – پژوهشی جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)، سال دهم، شماره ۱، ص: ۹۲٤ – ۸۹۹.

فاضلی، آ.، مرصوصی، ن.، سقایی، م. (۱٤۰۳). شناسایی چالش‌های توسعه گردشگری شهری در شهرهای استان چهارمحال و بختیاری، فصلنامه برنامه‌ریزی و آمایش فضا، ۲۸(۱)، ۷۷–۹۷.

کتیرایی، م، (۱۳۷۵)، طراحی کنترل کننده فازی بر روی ربات، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق، دانشگاه صنعتی امیر کبیر

کامیابی، س. (۱٤۰۰). بررسی سطوح پایداری اکوتوریسم در روستاهای هدف اکوتوریسم شهرستان میامی، مهندسی جغرافیایی سرزمین، دوره ۵، شماره ۲ (پیاپی ۱۰)، صص ۳٦۷ – ۳۷۹

مجنونیان، ه.، (۱۳۸۰). ارزیابی توان محیطزیستی پناهگاه حیات‌وحش لوندویل. مجله محیط‌شناسی، ۲۷: ۳٤ – ۲۱.

مشکینی، م.، جمهوری، ع.م. (۱٤۰۳). گفتمان ایدئولوژیک و ناپایداری حقوق مالکیت زمین شهری، فصلنامه برنامه‌ریزی و آمایش فضا، ۲۸(۱)، ۲۵–٤۸.

ملانوروزی، م.، نوری، س.ه.، کلالی‌مقدم،ژ. (۱۳۹۹). ارزیابی توانمندی محیطی برای توسعه پایدار اکوتوریسم در شهرستان نیشابور، برنامه‌ریزی و توسعه اکوتوریسم.

موسوی، ح. (۱٤۰۱). ارزیابی توان اکولوژیک توسعه اکوتوریسم در قالب تحلیل مکانی نواحی مستعد طبیعت‌گردی (مطالعه موردی: شهرستان کاشان)، مجله علمی پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان، سال یازدهم، شماره سی و هفتم، صفحه ۲۷ – ٤۲.

موسوی، ح.، عباسیان، آ.، زورمند، پ. (۱۳۹٦). ارزیابی توان اکولوژیکی توسعه تفرج متمرکز و گسترده اکوتوریسم در شهرضا، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال هفدهم، شماره ٤٦، صفحات ۱۳۸ – ۱۱۹.

مؤمنی، م، (۱۳۸۷)، مباحث نوین تحقیق در عملیات، انتشارات دانشگاه تهران

میرمقتدایی، م.، تسنیمی، ع.، راهب، غ. (۱۳۸۹). مسکن روستایی در استان اردبیل. نشریه شماره ۵۲۳ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.

میلادی، م.، فرهادی، ل. (۱۳۹۳). رویکردهای کنترل رشد افقی شهرها، نمونه موردی: تهران، نشر مدیریت فناوری اطلاعات و مرکز اسناد، تهران: مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران.

Alyamani, R., & Long, S. (2020). The Application of FAHP in Sustainable Project Selection. Sustainability, 12(20), 8314. [Link](https://www.mdpi.com/2071-1050/12/20/8314)

Anjum, M., Hussain, M., & Rehman, A. (2024). A hybrid SWARA-WASPAS model with spherical fuzzy sets for sustainable urban planning. *Sustainable Cities and Society*,

96, 104123. https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.104123
Ban, O.L., and Bugnar, N., 2007. Using Triangular Fuzzy Numbers for Measuring Quality of Service from the Client' Sperspective in the Hotel Industry. Fascicle of Management and Technological Engineering, Volume VI (XVI):2468-2475.
Bunruamkaew, K., Murayama, Y. (2012). Ecotourism Site Suitability Using GIS and AHP in Surat Thani, Thailand. Procedia Soc. Behav. Sci. 21, 269–278. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.07.024
Dembski, F., Wössner, U., & Letzgus, M. (2019). The digital twin: Tackling urban challenges with models, spatial analysis and numerical simulations in immersive virtual environments. In Proceedings of the 37th eCAADe and 23rd SIGraDi Joint Conference (pp. 795–804).
Fallah, M., Makmom, A., Aziz, A., et al. (2014). A FAHP Approach for Ranking Sustainability Criteria of Ecotourism Management. IOSR-JESTFT, 8(12), 64–73. (https://www.iosrjournals.org/iosr-jestft/papers/vol8-issue12/Version-4/I081246473.pdf)
Fallah, M., Makmom, A., Aziz, A., et al. (2014). A Fuzzy Analytic Hierarchy Approach for Ranking and Prioritizing Sustainability Criteria and Indicators of Ecotourism Management. IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology, 8(12), 64–73) .https://www.iosrjournals.org/iosr-jestft/papers/vol8-issue12/Version-4/I081246473.pdf
Gao, J. O'Neill, B.C. (2020). Mapping global urban land for the 21st century with data-driven simulations and Shared Socioeconomic Pathways. Nat. Commun. 11. https://doi.org/10.1038/s41467-020-15788-7
Gu, X., Hunt, C. A., Jia, X., & Niu, L. (2022). Evaluating Nature-Based Tourism Destination Attractiveness with a Fuzzy-AHP Approach. Sustainability, 14(13), 7584. https://doi.org/10.3390/su14137584
Ildermi, A., Dallal Oghli, A., Ghorbani, M. (2018). Evaluating Ecological and Ecotourism Capability of Lashgar Protected Area in Malayer County. Geographical Space Journal, 16(54), 325–347.
Karakuş, C. (2024). Ecotourism suitability mapping using Fuzzy-LMAW and GIS: A case study of Sivas Province, Turkey. *Journal of Environmental Management*, 345, 118765. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.118765
Malczewski, J. (2006). Fuzzy multicriteria evaluation for land-use suitability. Environment and Planning B: Planning and Design, 33(4), 501–524.
Mobasheri, A., shakari, f., Bagheri., m., moaven, z., kiani, m. (2022). A model for ecotourism development: the case of iran. Tourism management studies, 17(57), 147-178.
Molaei, S.M.S., Khanmohammadi, M.K., Aalipour, M.A., & Hashemi, S.M.S. (2018). Modelling Ecotourism Zoning Using FAHP—Case Study: Masal Area. AJWEP, 15(2), 1–11. (https://accscience.com/journal/AJWEP/15/2/10.3233/AJW-180012)
Nowak, M., Petrisor, I.A., Mitrea, A., Kov´acs, K.F., Lukstina, G., Jürgenson, E., Ladzianska, Z., Simeonova, V., Lozynskyy, R., Rezac, V. (2022). The role of spatial

plans adopted at the local level in the spatial planning systems of central and eastern European countries, Land 11 (9) 1599.

Pendall, Rolf., M., Janathan & Fulton, William (2002). Holding the Line: Urban Containment in the United States, Washington, D.C. The Brooking Institution.

Pilogallo, A., Scorza, F. (2022). Ecosystem services multifunctionality: an analytical framework to support sustainable spatial planning in Italy, Sustainability 14 (6) 3346.

Ruano, M., López, A., & Rodríguez, J. (2023). Sustainability indicators for ecotourism development in Belize: A fuzzy Delphi-DEMATEL approach. *Ecological Indicators*, 149, 110202. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110202

Salehipour Milani, A. R., & Pakzad, S. (2021). Assessment of Ecotourism Potential Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) and GIS in Do Hezar, Mazandaran Province, Iran. Sustainable Earth Review, 1(3), 55–71 . https://sustainearth.sbu.ac.ir/article_99019_40d144a95d1e5c21818d59369d8d0c12.pdf

Tabibian, S., Hosseini, K., Rezvani, M., & Homayoon Nezhad, I. (2022). Ecological Potential Evaluation of the Kan Watershed for Ecotourism Development using AHP and Fuzzy Logic in GIS. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources) .https://www.sid.ir/fileserver/je/1882-279641-x-1133274.pdf

Tabrizi, N., Zahedi Kalaki, E. (2018). Ecological Capability Assessment for Sustainable Ecotourism Using MCE and WLC Models. Geographical Space Journal, 18(4), 75–90..

Zabihi, H., Alizadeh, M., Wolf, I. D., Karami, M., & Ahmad, A. (2020). A GIS-based Fuzzy Analytic Hierarchy Process (F-AHP) for Ecotourism Suitability Decision Making: A Case Study of Babol in Iran. Tourism Management Perspectives,36 .