**Journal of Environmental Research**
Vol. 13, No. 25, Spring &Summer 2022

**Journal Homepage: www.iraneiap.ir**
**Print ISSN: 2008-9597 Online ISSN 2008-9590**

# Evaluating Ecological Capacity for Using Ecotourism Using Fuzzy-AHP and ANP Multi-Criteria Decision-Making Models (Case Study: Khondab County)

**Najmeh Khademi Rad[1*], Amir Ansari[2], Mehrdad Hadipour[3], Fatemeh Mohammadyari[4]**

1 Master of Evaluation and land use planning, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Environmental Department, Arak University, Iran
2 Assistant Professor of Environmental Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Arak University, Iran
3 Associate Professor of Environment Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Arak University, Iran
4 Department of Environmental Sciences, Malayer University, Iran

DOI: 10.22034/eiap.2022.158593

**Document Type**
Research Paper

**Received**
2021/02/11

**Accepted**
2022/07/11

## Abstract
The present study was done to evaluate the land suitability of Khondab county for ecotourism use. In this regard, after basic studies, soil, climate, physiography and vegetation criteria were used. The criteria were also weighed using FUZZY-AHP Buckley and ANP fuzzy multi-criteria decision-making methods. Then, the ecological model of the region's potential for prioritizing the use of ecotourism (centralized recreation and extensive recreation) after reviewing the ecological model of Makhdoom, was prepared using the WLC model and presented in three classes for the region. Comparison of the area of ecotourism use classes (concentrated and extensive recreation) by both Buckley FAHP and ANP methods shows that by Buckley FAHP method, 28% and 29% and by ANP method, 26% and 27% of the area region are suitable for concentrated and extensive recreation, respectively. In general, 67% of the total area is suitable for concentrated recreation by FAHP method, 71% by ANP method for concentrated recreation, 68% by FAHP Buckley method and 72% by ANP method for extensive recreation. Finally, it is concluded that most of the area has suitable conditions for the development of both concentrated and extensive recreation, but the best type of tourist use in the area is extensive recreation. Also, most of the eastern and southern parts of the region and a few parts of the northern and western parts of the region have suitable Potential for both types of recreation.

**Keywords:** Ecotourism, Land suitability Evaluation, ANP, FAHP Buckly, Geographical Information System (GIS), Khondab county

* Corresponding author Email: najmeh_khademi@yahoo.com

## Extended Abstract

### Introduction

Today, the tourism industry is growing rapidly due to global needs, so that it has become an influential phenomenon in the global economy. Ecotourism is a responsible journey to nature, which preserves the environment and enhances the well-being of local people. Therefore, to reduce the negative effects of tourism on the environment, the importance of ecotourism is increasingly considered. The purpose of ecological environmental assessment is to find the natural or ecological potential of the environment for human use in the context of uses. Accordingly, land assessment is a tool for strategic land use planning.

### Methodology

Khondab county covers about 1345.4 $km^2$ in It is located in the northwest of Markazi province, between 34◦ 7′ N to 34◦ 37′ N and 49◦ 21′ E to 49◦ 48′ E. The maximum elevation of the region is 2745 meters and the minimum elevation is 1632 meters above sea level. This study was done in framework of the ecological model and multicriteria decision making methods such as ANP, FAHP BUKLY by using Arc GIS 10 softwares and with the aim of choosing the suitable locations for Ecotourism use in Khondab county. For this regard, we used the ecological parameters to Evaluating Ecological Capacity for Using Ecotourism including soil (soil texture, soil depth, soil structure, Soil granulation, Soil fertility and soil drainage), physiographic (aspect, percent slope) and Bioclimatology (temperature, Type and density of vegetation). Also, in order to integrate layers Simple Additive Weighting or Weighted linear combination method (WLC) Was used.

### Results and discussion

The final weight of each parameter by ANP using Super Decision 2.0.8 software is shown in Table 1.

**Table 1: The final weight of each parameter by ANP model**

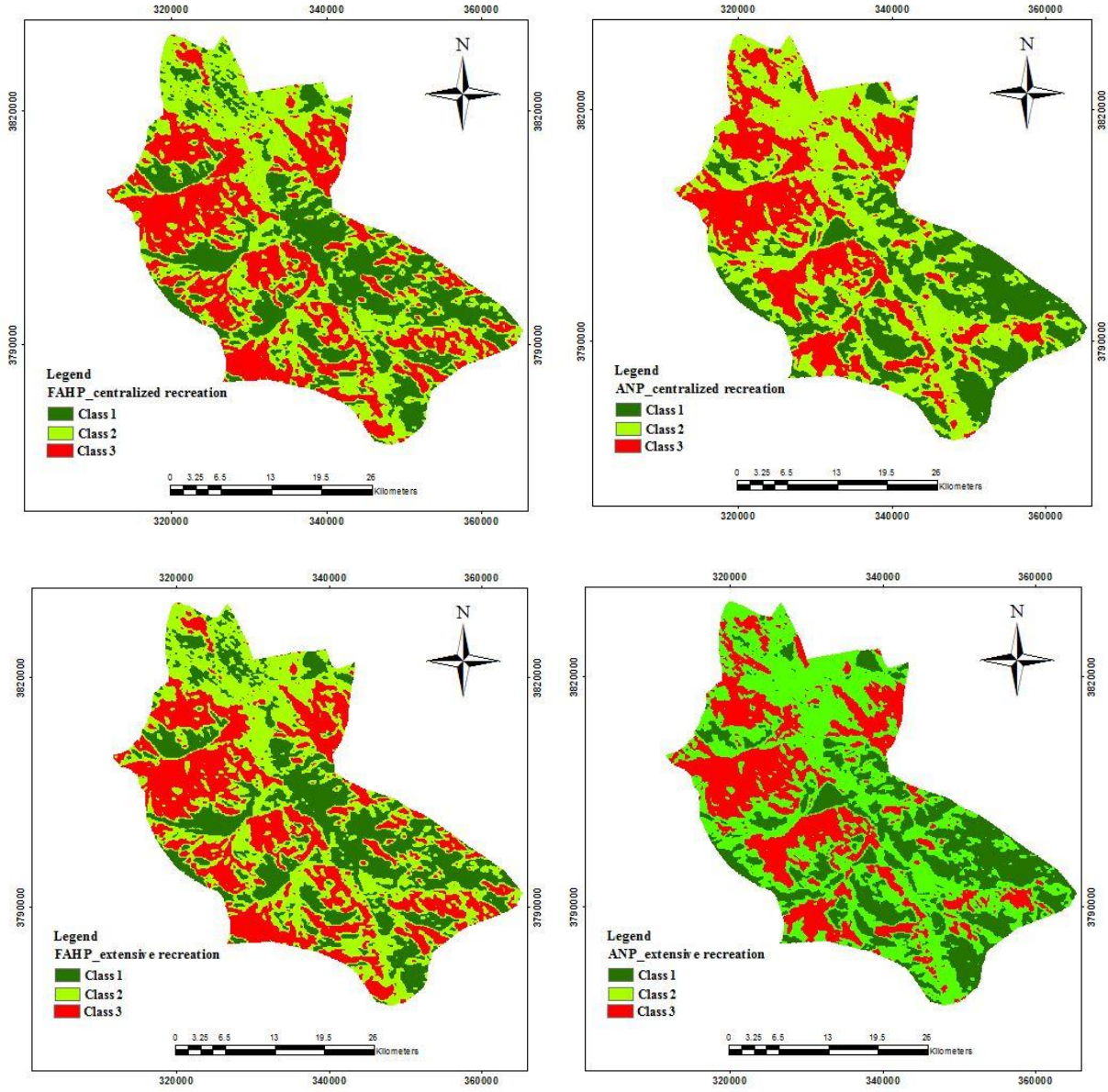
| Criteria | final weight |
|---|---|
| **Soil texture** | 0.11 |
| **Soil depth** | 0.04 |
| **Soil structure** | 0.13 |
| **Soil drainage** | 0.07 |
| **Soil granulation** | 0.05 |
| **Soil fertility** | 0.04 |
| **Aspect** | 0.01 |
| **Slope** | 0.21 |
| **Temperature,** | 0.17 |
| **Type of vegetation** | 0.03 |
| **Density of vegetation** | 0.15 |

Using FAHP decision model and pairwise comparisons performed by experts, weights related to effective criteria in assessing the usability of ecotourism in Khondab city were calculated (Table 2).

**Table 2: Fuzzy evaluation of ecological criteria for ecotourism use**

| Criteria | final weight |
|---|---|
| **Soil** | 0.39 |
| **Climate** | 0.19 |
| **Physiography** | 0.32 |
| **Vegetation** | 0.10 |

Comparison of the area of ecotourism use classes (concentrated and extensive recreation) by both Buckley FAHP and ANP methods shows that by Buckley FAHP method, 28% and 29% and by ANP method, 26% and 27% of the area region are suitable for concentrated and extensive recreation, respectively. In general, 67% of the total area is suitable for concentrated recreation by FAHP method, 71% by ANP method for concentrated recreation, 68% by FAHP Buckley method and 72% by ANP method for extensive recreation (fig 1).




**Figuer1: Map of evaluation of the Ecological Capacity of concentrated and extensive recreation in Khondab County**

## Conclusion

it is concluded that most of the area has suitable conditions for the development of both concentrated and extensive recreation, but the best type of tourist use in the area is extensive recreation. Also, most of the eastern and southern parts of the region and a few parts of the northern and western parts of the region have suitable Potential for both types of recreation.

پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۱۳، شماره ۲۵، بهار و تابستان ۱۴۰۱، از صفحه ۳۰۱ تا ۳۱۸

# ارزیابی توان اکولوژیک به منظور تعیین کاربری اکوتوریسم با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره Fuzzy-AHP و ANP (مطالعه موردی: شهرستان خنداب)

**نجمه خادمی‌راد*[۱]، امیر انصاری[۱]، مهرداد هادی‌پور[۳]، فاطمه محمدیاری[٤]**

۱ کارشناس ارشد ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشکده کشاورزی و منابع‌طبیعی، گروه محیط‌زیست، دانشگاه اراک، ایران

۲ استادیار گروه محیط‌زیست، دانشکده کشاورزی و منابع‌طبیعی، دانشگاه اراک، ایران

۳ دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده کشاورزی و منابع‌طبیعی، دانشگاه اراک، ایران

٤ دکتری آمایش محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست و منابع‌طبیعی دانشگاه ملایر، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۹/۱۱/۳۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱٤۰۱/۰٤/۲۰

## چکیده

مطالعه حاضر به منظور ارزیابی تناسب اراضی شهرستان خنداب جهت کاربری اکوتوریسم انجام شد. در این راستا پس از انجام مطالعات پایه از معیارهای خاک، اقلیم، فیزیوگرافی و پوشش گیاهی استفاده شد. همچنین معیارها با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی FUZZY- AHP باکلی و ANPوزن‌دهی شدند. سپس مدل اکولوژیکی توان منطقه برای اولویت‌بندی کاربری اکوتوریسم (تفرج متمرکز و تفرج گسترده) بعد از بررسی مدل اکولوژیک مخدوم، با استفاده از مدلWLC تهیه و در سه طبقه برای منطقه ارایه شد. مقایسه مساحت طبقات کاربری اکوتوریسم (تفرج متمرکز و گسترده) به هر دو روش FAHP باکلی و ANP نشان می‌دهد که به روش FAHP باکلی، ۲۸٪ و ۲۹٪ و به روش ANP، ۲۶٪ و ۲۷٪ از مساحت منطقه به ترتیب برای تفرج متمرکز و گسترده مناسب است. به طور کلی، از کل مساحت منطقه ۶۷٪ به روش FAHP باکلی و۷۱٪ به روش ANP برای تفرج متمرکز و ۶۸٪ به روش FAHP باکلی و۷۲٪ به روش ANP برای تفرج گسترده مطلوب است. در نهایت، این نتیجه حاصل می‌شود که بیشتر سطح منطقه شرایط مناسب برای توسعه هر دو تفرج متمرکز و گسترده را دارد، اما بهترین نوع کاربری توریستی در منطقه تفرج گسترده است. همچنین بیشتر قسمت‌های شرق و جنوب منطقه و بخش‌های کمی از شمال و غرب منطقه دارای پتانسیل مناسب برای هر دو نوع تفرج است.

**کلید واژه‌ها:** اکوتوریسم، ارزیابی تناسب اراضی، ANP، FAHP، سیستم اطلاعات جغرافیایی، شهرستان خنداب

* نویسندهٔ مسئول: Email: najmeh_khademi@yahoo.com

DOI: 10.22034/eiap.2022.158593
DOR: 20.1001.1.20089597.1401.13.25.18.9

## سرآغاز

امروزه صنعت گردشگری به دلیل نیازهای جهانی به شدت در حال رشد و گسترش است (Parvar et al., 2019)، به طوری که به پدیده‌ای تاثیرگذار در اقتصاد جهانی تبدیل شده است (Ibrahimzadeh & Aghasizadeh, 2011). اکوتوریسم، به عنوان نوعی گردشگری مبتنی بر طبیعت پایدار، پایداری محیط‌زیستی را با گردشگری پیوند می‌دهد (Adom et al., 2019) در واقع اکوتوریسم سفر مسئولانه به طبیعت است، که محیط‌زیست را حفظ و رفاه مردم محلی را افزایش می‌دهد (Balt et al., 2012). بنابراین برای کاهش اثرات منفی گردشگری بر محیط‌زیست، اهمیت اکوتوریسم به طور فزاینده‌ای مورد توجه قرار می‌گیرد (Akbarian Ronizi et al., 2020). هدف ارزیابی اکولوژیک محیط، پیدا کردن توان طبیعی یا اکولوژیک محیط برای استفاده انسان در چارچوب کاربری‌ها است. بر این اساس ارزیابی سرزمین، ابزاری برای برنامه‌ریزی استراتژیک استفاده از سرزمین است (Makhdom, 2005). با توجه به اینکه در مدل‌های اکولوژیک ایران همه لایه‌ها از اهمیت یکسانی برخوردارند، بنابراین، تلفیق تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره با GIS به طور قابل توجهی روش‌های رویهم‌گذاری نقشه‌ها را برای آنالیز تناسب اراضی توسعه داده است (Pourkabbaz et al., 2015). خنداب منطقه‌ای خوش آب و هوا با طبیعت منحصر به فرد، دارای باغاتی فراوان و روستاهایی قدیمی، آب و هوای مناسب، منطقه‌ای کوهستانی و سرسبز می‌باشد. از جاذبه‌های طبیعی خنداب می‌توان به رودخانه قره‌چای (شراء): تالاب آق‌گل، باغ‌های خنداب، کوه شاه (تاج)، چشمه علی‌گذر و منطقه شکار ممنوع پلنگاب اشاره کرد. همچنین باغ دهنو، روستای گوره‌زار، روستای آدشته و کبوترخانه دهنو از جاذبه‌های تاریخی منطقه می‌باشند. شهرستان خنداب به سبب قرار داشتن در امتداد دشت و رودخانه شراء، دامنه‌های رشته کوه زاگرس و ریزش جوی از نظر کشاورزی مناسب و جاذب جمعیت بسیار است و به جرات می‌توان حوزه جغرافیایی خنداب را با شمال ایران مقایسه کرد که به همین خاطر برای توسعه گردشگری و کشاورزی مستعد است. شهرستان خنداب ظرفیت‌های اقتصادی بسیار مطلوبی را دارد، قتصاد شهرستان خنداب، اقتصاد کشاورزی محور بوده و انگور محصول مهمی برای پیشرفت اقتصاد این شهرستان است. با وجود قابلیت‌های فراوان این شهرستان، برنامه‌ریزی‌های مناسبی جهت توسعه اکوتوریسم منطقه صورت نگرفته است و افزایش رشد جمعیت، گسترش طبیعت‌گردی، کاربری‌های نامناسب اراضی و بهره‌برداری‌های بی‌رویه و غیراصولی از منابع آب، خاک و پوشش گیاهی، منطقه مورد مطالعه را در معرض تخریب قرار داده است. در نتیجه مقابله با این وضعیت نیازمند یک برنامه‌ی جامع استفاده از سرزمین است که در آن کاربری‌ها در یک چارچوب مشخص به صورت منطقی و متناسب با توان محیط انتخاب شوند. بر این اساس با توجه به اینکه زمینه گسترش فعالیت‌های توریسم در منطقه وجود دارد و شرایط منطقه برای اکوتوریسم خوب است و تاکنون در منطقه موردنظر در این زمینه مطالعه‌ای صورت نگرفته، بنابراین، تحقیق در این زمینه و ارزیابی منطقه در خصوص این کاربری جهت ایجاد امکانات و جذب هر چه بیشتر توریست ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین اهداف پژوهش حاضر عبارتند از: ۱. ارزیابی توان اکولوژیک برای کاربری اکوتوریسم شهرستان خنداب با استفاده از روش FUZZY AHP و ANP در محیط GIS ۲. تعیین پتانسیل‌های اکولوژیک شهرستان خنداب برای تفرج گسترده و متمرکز ۳. مقایسه مدل ANP با مدل FUZZY AHP باکلی.

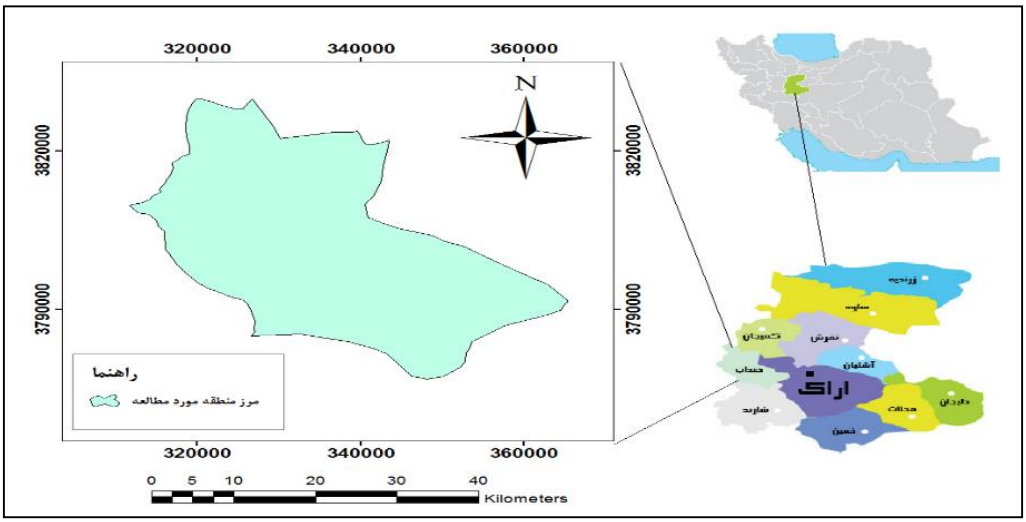
تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و GIS به منظور ارزیابی توان اکوتوریسم در مطالعات متعددی صورت گرفته است (Kumari et al., 2010; Selkuk & Alaeddinoghlu, 2011; Bukenya, 2012; Dhami et al., 2014; Fangyong, 2015; Choudhury, 2016; Seydaei & Hosseini, 2017; Tavakoli, 2018; Parvar et al., 2019; Akbarian Ronizi et al., 2020; Chen et al., 2020; et al., 2020 Zabihi). روش ANP از روش‌هایی است که می‌توان گفت بیشتر از سایر مدل‌های تصمیم‌گیری مورد توجه و استفاده محققان قرار گرفته است. بسیاری از محققان (Piantanakulchai & Neaupane, 2006; Chen et al., 2011; Rahimi et al., 2015; Aghdar et al., 2017; Aliani et al., 2017; Tavakoli, 2018; MirarabRazi et al., 2020) برای ارزیابی توان اکولوژیک کاربری‌های مختلف از جمله اکوتوریسم از این روش استفاده نموده‌اند. همچنین (Pourkabbaz et al., 2015; Rahimi et al., 2015; Aghdar et al., 2016 & 2017) از روش FAHP باکلی نیز در مطالعات خود استفاده کردند. رشد فزاینده شهرنشینی در دهه‌های اخیر سبب شده است که توجه به صنعت توریسم به عنوان بزرگترین و متنوع‌ترین صنعت و همچنین به عنوان هدفی قابل حصول در فرآیند توسعه پایدار، مورد توجه قرار گیرد (Bazm Ara et al., 2017). اکوتوریسم از یک طرف به مجموعه‌ای از الگوهای طبیعت پایه اشاره می‌کند و از طرف دیگر دارای یک بخش تجاری است. ارزیابی توان اکولوژیکی

سرزمین، مرحله میانی فرآیند آمایش سرزمین و وقت‌گیرترین و مشکل‌ترین مرحله آمایش سرزمین است (Basinski, 1985). در مدل اکولوژیکی اکوتوریسم، سه طبقه توان در نظر گرفته شده است که به تدریج از طبقه یک به سمت طبقه سه مرغوبیت و انعطاف پذیری زمین برای این کاربری نامناسب می‌شود. کاربری توریسم در محیط باز و بسته توسط توریست‌ها (داخلی و خارجی) دنبال می‌شود. در محیط‌های باز توریست‌ها به سرگرمی‌های متعددی رو می‌آورند که تمامی این گونه تفریحات تحت عنوان تفرج و یا گشت و گذار مطرح می‌شوند (Makhdom, 2005). عدم سطح اطمینان متغیرها و افق‌های زمانی طولانی در برنامه‌ریزی محیط‌زیست، تصمیم‌سازی را پیچیده‌تر می‌سازد. روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌تواند پاسخگوی همه این چالش‌ها باشد (Anada, 2008). مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره‌ایی که در پژوهش حاضر مورد استفاده قرار گرفته است از معروف‌ترین مدل‌ها می‌باشند. فرایند تحلیل شبکه یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و فرم توسعه یافته‌ی فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) است. بنابراین تمام ویژگی‌های مثبت آن از جمله سادگی، انعطاف‌پذیری، به‌کارگیری معیارهای کمی و کیفی به‌طور همزمان و قابلیت بررسی سازگاری در قضاوت‌ها را دارا بوده و می‌تواند ارتباطات پیچیده (وابستگی‌های متقابل و باز خورد) بین و میان عناصر تصمیم را با به‌کارگیری ساختار شبکه‌ای به جای ساختار سلسله مراتبی در نظر بگیرد (Rahimi et al., 2015). در فرایند تجزیه و تحلیل شبکه‌ای اندازه‌گیری مقادیر و اهمیت نسبی مانند فرایند تحلیل سلسله مراتبی با مقایسه‌های زوجی انجام می‌شود. همچنین امروزه روش AHP به دلیل ناتوانی در ترکیب ابهام ذاتی و نبود صراحت مربوط به نگاشت ادراک‌های تصمیم گیرندگان با اعداد دقیق، مورد نقد است (Deng, 1999). بنابراین، در پژوهش حاضر برای تعیین وزن‌های هر یک از عوامل تاثیرگذار در ارزیابی توان اکولوژیکی جهت کاربری اکوتوریسم از فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (Fuzzy AHP) استفاده شد. این روش که توسط باکلی ارایه شده، شکل تعمیم یافته‌ای از روش AHP کلاسیک است (Pourkabbaz et al., 2015). در این روش برای مقایسه زوجی گزینه‌ها از اعداد فازی و ذوزنقه‌ای و برای به دست آوردن وزن‌ها و ارجحیت‌ها از روش میانگین‌گیری هندسی استفاده می‌شود. زیرا ،این روش به سادگی به حالت فازی قابل تعمیم است و همچنین جواب منحصر به فردی برای ماتریس مقایسه‌ای زوجی تعیین می‌کند. در این روش فرد تصمیم گیرنده می‌تواند مقایسه‌ای زوجی المان‌های هر سطح را در قالب اعداد فازی ذوزنقه‌ای بیان کند (Ataee, 2010).

## مواد روش‌ها

### معرفی منطقه مورد مطالعه

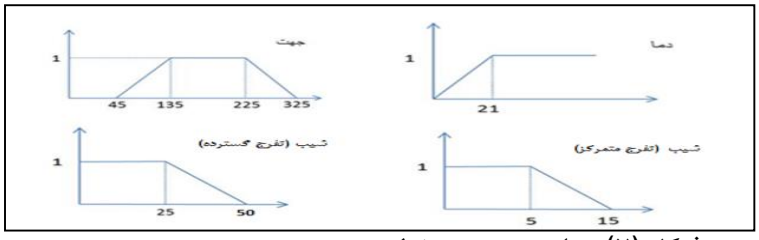
شهرستان خنداب بین طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۴۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۷ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۳۷ دقیقه شمالی در شمال غربی استان مرکزی قرار دارد. مساحت منطقه ۱۳۴۵/۴ کیلومتر مربع است (شکل ۱). حداکثر ارتفاع منطقه ۲۷۴۵ متر و حداقل ارتفاع آن ۱۶۳۲ متر از سطح دریا است.




**شکل (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه** (Khademi rad et al., 2021)

## روش تحقیق

تحقیق حاضر از نوع کاربردی و به شیوه توصیفی– تحلیلی است. روش جمع‌آوری اطلاعات به دو صورت کتابخانه‌ای و میدانی انجام گرفته است، همچنین از مدل‌های اکولوژیک حرفی، تجربیات و پژوهش‌های دیگران، داده‌های موجود منطقه و مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره ANP و FAHP جهت اجرای مراحل تحقیق استفاده شده است. روش اتخاذ شده در این بررسی، استفاده از روش منطق فازی است. در اجرای این روش نیاز به وزن هر یک از فاکتورها، استانداردسازی آنها (فازی‌سازی پارامترهای اکولوژیک) و ترکیب آنها به روش WLC است. فاکتورها با استانداردسازی فازی، بی‌مقیاس شدند. برای فازی‌سازی که همزمان کار استاندارد کردن پارامترها نیز انجام می‌شود از توابع عضویت خطی استفاده شد (Ataee, 2010). توابع عضویت نشان‌دهنده تغییر تناسب منطقه برای کاربری اکوتوریسم به ازاء تغییر در واحد هر یک از پارامترهاست. این توابع بر اساس کار کارشناسی، مشورت با متخصصین و منابع علمی موجود و نیز آزمون و خطا تهیه شدند. پس از آماده‌سازی لایه‌های اولیه، لایه‌های شیب، جهت و دما نیاز به توابع عضویت داشتند که با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS 10.2 برروی لایه شیب تابع عضویت خطی کاهشی، لایه جهت تابع عضویت خطی ذوزنقه‌ای و لایه دما تابع عضویت خطی افزایشی اعمال شد (شکل ۲).




**شکل (۲): توابع عضویت خطی** (Khademi rad et al., 2021)

در پایان جهت تلفیق لایه‌ها از روش WLC در محیط نرم افزارGIS استفاده شد و نقشه نهایی ارزیابی تناسب اراضی منطقه مطالعاتی جهت کاربری اکوتوریسم به دست آمد. پهنه‌بندی توسعه اکوتوریسم و تعیین سه طبقه با توجه به مدل مخدوم و مرور منابع توسط کاربر تعریف شد. از آنجایی که اگر بخشی از محدوده مورد مطالعه در طبقات یک و دو قرار نگیرد، متعلق به طبقه نامناسب خواهد بود، در این پژوهش آستانه‌ها و شرایط ملزوم کلاس‌های بسیار مناسب (طبقه یک) و مناسب (طبقه دوم) مورد ارزیابی قرار گرفت و سایر آستانه‌ها به عنوان طبقه نامناسب (طبقه سوم) در نظر گرفته شد. روند اجرای تحقیق در شکل (۳) آمده است.

## مراحل فرآیند تحلیل شبکه‌ای

مراحل روش ANP به شرح زیر است (Aghdar et al., 2017):

۱. ساخت مدل (شبکه) تحلیل: در این مرحله معیارهایی که در تصمیم‌گیری نهایی مؤثرند و با نظرخواهی از متخصصان مشخص شدند، به یکدیگر متصل و ساختار شبکه‌ای را تشکیل می‌دهند.

۲. تشکیل ماتریس‌های مقایسه‌ی زوجی و محاسبه بردارهای وزن: ماتریس‌های مقایسه‌ی زوجی تاثیر معیارها و زیرمعیارها، با در نظر گرفتن سطوح بالاتر شبکه و ارتباطات داخلی تشکیل می‌شوند، تا به کمک آن‌ها وزن عناصر را به دست آورد. پس از آن که مقایسه‌ی زوجی به صورت کامل انجام شد، بردار وزن (w) محاسبه می‌شود که ساعتی روش زیر را پیشنهاد کرده است.

$$AW = \lambda \max\ W \qquad (۱)$$

که در آن $\lambda \max$ بزرگ‌ترین مقدار ویژه ماتریسA است. بردار w با استفاده از $a = \sum_{i=1}^{n} w_i$ نرمال می‌شود.

برای تعیین میزان سازگاری مقایسه‌ها از شاخص سازگاری وزن معیارها استفاده می‌شود، که این شاخص با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود: در کل اگر CI کمتر از ۰/۱ باشد، مقایسه تایید می‌شود.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n-1} \qquad (۲)$$

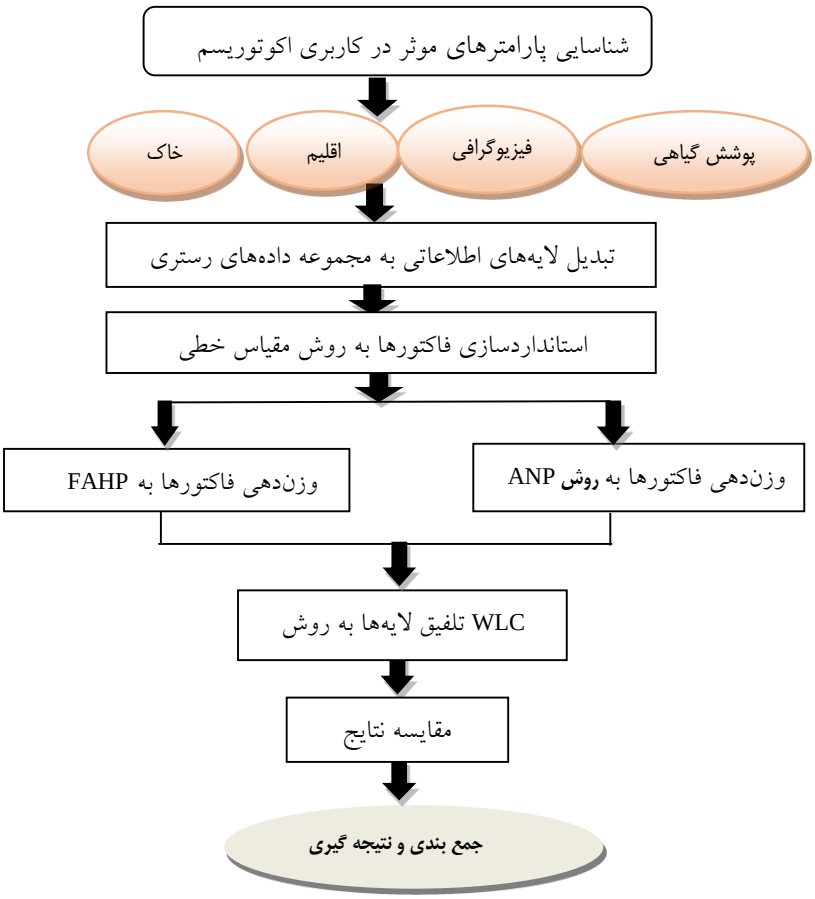
۳. تشکیل سوپرماتریس اولیه: بر اساس مقایسه زوجی که در مرحله قبل انجام شد، چند ماتریس ساخته و وزن نسبی هر

ماتریس محاسبه می‌شود. سپس، وزن های حاصل در سوپرماتریس وارد می‌شوند که رابطه متقابل بین عناصر سیستم را نشان می‌دهند.

۴. تشکیل سوپرماتریس وزنی: برای آنکه از عناصر ستون سوپرماتریس اولیه متناسب با وزن نسبی آنها فاکتور گرفته و جمع ستون برابر یک شود، هر ستون ماتریس استاندارد می‌شود. در نتیجه ماتریس جدیدی به دست می‌آید که جمع هر یک از ستون‌های آن برابر یک خواهد بود.

۵. محاسبه بردار وزنی عمومی- سوپرماتریس حد: درمرحله بعد، سوپرماتریس وزنی، به توان حدی می‌رسد تا عناصر ماتریس همگرا و مقادیر سطری آن با هم برابر شوند. در این مورد جمع سطر سوپرماتریس وزنی به صورت زیر همگرا می‌شود:

$$\lim_{k\to\infty} w^{k} \qquad (۳)$$




**شکل (۳): فرایند انجام تحقیق (Khademi rad et al., 2021)**

## وزن‌دهی معیارها با استفاده از روش Fuzzy AHP باکلی

الگوریتم روش باکلی را می‌توان در قالب چهار گام بیان کرد (Kaya & Kahraman, 2011). گام اول- برآورد اهمیت نسبی معیارها با استفاده از ماتریس مقایسه زوجی. در این ارتباط برای ارزیابی اهمیت معیارها متغیرهای زبانی به اعداد فازی ذوزنقه‌ای تبدیل می‌شوند (جدول ۱).

گام دوم- با استفاده از عملگر میانگین‌گیری اعداد فازی ذوزنقه‌ایی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\tilde{c}_{jk} = {}^{1}/_{k}\left[\tilde{c}^{1}_{jk}(+)\tilde{c}^{2}_{jk} \ldots (+)\tilde{c}^{k}_{jk}\right] \qquad (۴)$$

نظرات و عملکردهای انفرادی کارشناسان گروه‌بندی می‌گردند که k تعداد کارشناسان و $\tilde{c}_{jk}$ ارزیابی k امین تصمیم گیرنده بین معیارهای j ام و k ام در ماتریس مقایسه زوجی است.

گام سوم- وزن‌های فازی $\tilde{w}_{j}$ به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$\tilde{a}_{j} = \left[\prod_{k=1}^{n} a_{jk}\right]^{1/n} \qquad (۵)$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_j \quad (۶)$$

به طور مشابه می‌توان bj، b، cj، c، dj وd را نیز تعریف کرد. سپس وزن‌های فازی wj به صورت زیر تعریف می‌گردند (Chen & Hwang, 2006).

$$\widetilde{w}_j = \left(\frac{\mathrm{a_j}}{\mathrm{d}} \; \frac{b_j}{c} \; \frac{c_j}{b} \; \frac{d_j}{a}\right) \quad و \quad \forall_j \quad (۷)$$

گام چهارم– وزن‌های فازی ذوزنقه‌ایی غیرفازی و نرمال‌سازی شد. به منظور غیرفازی سازی اعداد فازی ذوزنقه‌ایی، معادله زیر استفاده شده است:

$$w_j = \frac{\frac{a_j}{d} + 2\left(\frac{b_j}{c} + \frac{c_j}{b}\right) + \frac{d_j}{a}}{6} \quad (۸)$$

به منظور استانداردسازی و نرمال کردن وزن‌های قطعی معادله زیر به کار برده می‌شود:

$$w_j = \frac{w_j}{\sum_{j=1}^{n} w_j} \quad (۹)$$

$$j = 1\ 2\ \ldots\ n$$

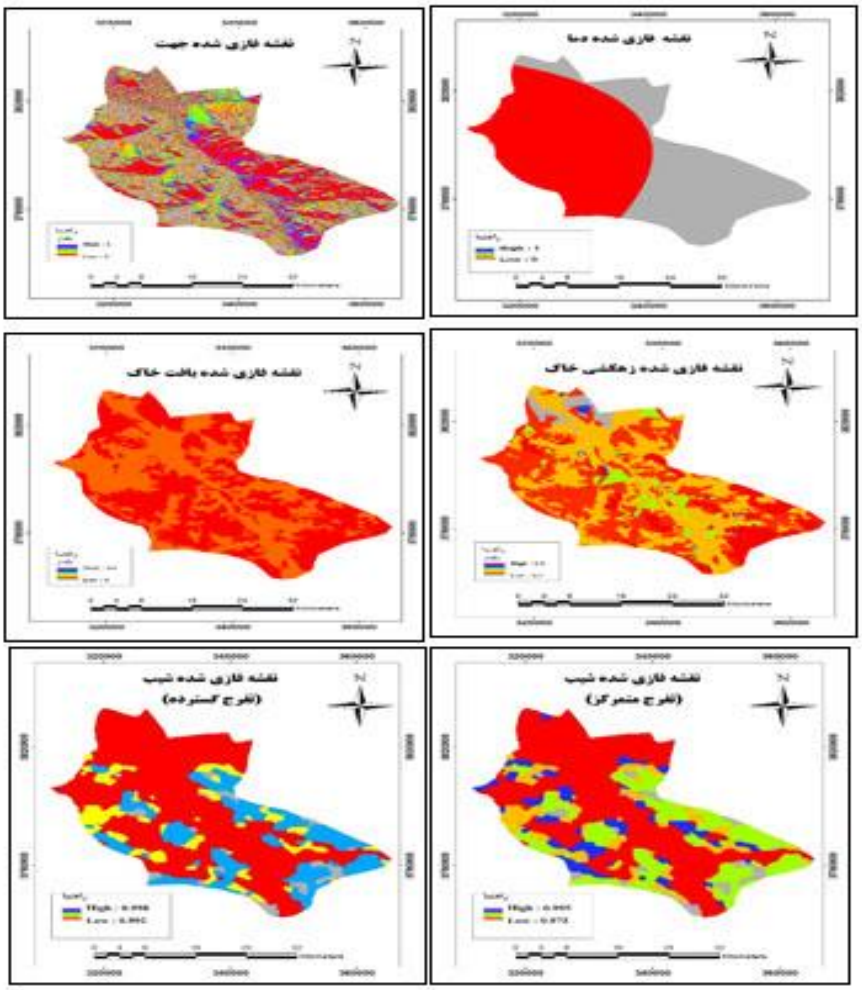
**جدول (۱): ارزیابی مقیاس فازی**

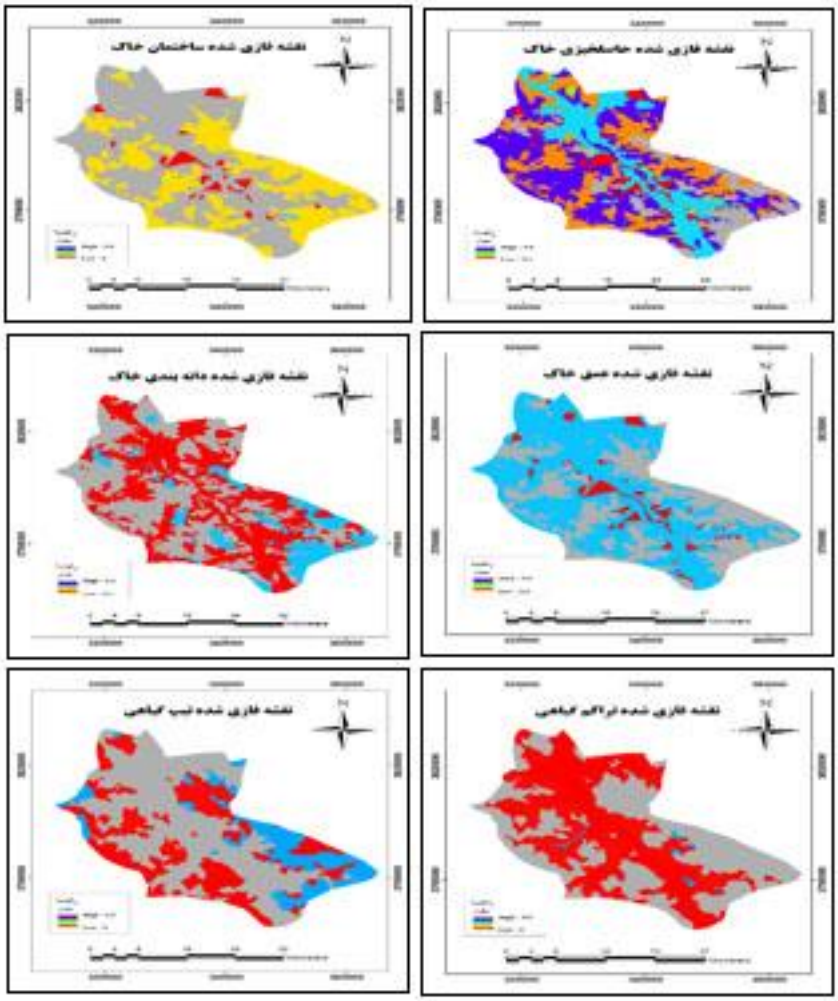
**منبع: (Kaya and Kahraman, 2011)**

| تعریف زبانی | امتیاز فازی |
|---|---|
| کاملا قوی | (۵/۲، ۳ ، ۷/۲، ۴ ) |
| خیلی قوی | (۲، ۵/۲ ،۳ ،۷/۲) |
| نسبتا قوی | (۳/۲،۲، ۵/۲، ۳) |
| کمی قوی | (۱ ،۳/۲ ،۲، ۵/۲) |
| یکسان | (۱،۱،۱،۱) |
| کمی ضعیف | (۲/۵، ۱/۲ ،۲/۳، ۱ ) |
| نسبتا ضعیف | (۱/۳، ۲/۵، ۱/۲، ۲/۳) |
| خیلی ضعیف | (۲/۷، ۱/۳، ۲/۵، ۱/۲) |
| کاملا ضعیف | (۱/۴، ۲/۷، ۱/۳، ۲/۵) |

## یافته‌ها

پس از استانداردسازی لایه‌ها به روش فازی نقشه‌های فازی به دست آمد (شکل ۴).





**شکل (۴): نقشه‌های فازی شده (Khademi rad et al., 2021)**

مراحل تعیین اهمیت (وزن) هر کدام از پارامترها به روش تحلیل شبکه‌ای با کمک نرم افزار Super Decision 2.0.8 تعیین شد (جدول‌های ۲، ۳ و ۴).

**جدول (۲): سوپر ماتریس وزنی (Khademi rad et al., 2021)**

| خوشه‌ها و گره‌ها (معیارها و زیر معیارها) | | خاک | | | | | | فیزیوگرافی | | | بیوکلیماتولوژی | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | بافت خاک | عمق خاک | ساختمان خاک | زهکشی خاک | حاصلخیزی خاک | دانه‌بندی خاک | جهت | شیب | دما | تیپ گیاهی | تراکم گیاهی |
| خاک | بافت خاک | ۰ | ۰ | ۰/۷۵ | ۰/۳۲۱ | ۰/۷۵ | ۱ | ۰/۱۹۹ | ۰/۰۹۳ | ۰ | ۰/۰۲۸ | ۰ |
| | عمق خاک | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۰۴۶ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۸۳ | ۰ | ۰/۰۵۱ | ۰ |
| | ساختمان خاک | ۰/۴۹۳ | ۰/۷ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۵ | ۰/۱۳۵ | ۰/۰۳۹ | ۰ |
| | زهکشی خاک | ۰/۱۳۸ | ۰/۲۲۵ | ۰/۱۶۸ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۰۳۹ | ۰ | ۰/۰۱۵ | ۰ |
| | حاصلخیزی خاک | ۰/۱۱۷ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| | دانه‌بندی خاک | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |

**ادامه جدول (۲): سوپر ماتریس وزنی (Khademi rad et al., 2021)**

| خوشه‌ها و گره‌ها (معیارها و زیر معیارها) | | خاک | | | | | | | فیزیوگرافی | | بیوکلیماتولوژی | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | بافت خاک | عمق خاک | ساختمان خاک | زهکشی خاک | حاصلخیزی خاک | دانه‌بندی خاک | جهت | شیب | دما | تیپ گیاهی | تراکم گیاهی |
| فیزیوگرافی | جهت | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۱۴۲ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| | شیب | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۲۸۵ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۵۸۴ | ۰/۵۸۴ | ۰ |
| بیوکلیماتولوژی | دما | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ | ۰/۷۵ | ۰/۵۶۲ | ۰ | ۰/۲۸ | ۰ |
| | تیپ گیاهی | ۰/۳۲۴ | ۰/۳۲۴ | ۰/۵ | ۰/۱۳۵ | ۰/۰۶۴ | ۰ | ۰/۱ | ۰/۱۸۷ | ۰/۲۸ | ۰ | ۱ |
| | تراکم گیاهی | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |

**جدول (۳): سوپر ماتریس حد (Khademi rad et al., 2021)**

| خوشه‌ها و گره‌ها (معیارها و زیر معیارها) | | خاک | | | | | | | فیزیوگرافی | | بیوکلیماتولوژی | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | بافت خاک | عمق خاک | ساختمان خاک | زهکشی خاک | حاصلخیزی خاک | دانه‌بندی خاک | جهت | شیب | دما | تیپ گیاهی | تراکم گیاهی |
| خاک | بافت خاک | ۰/۱۱۵ | ۰/۱۱۵ | ۰/۱۱۵ | ۰/۱۱۵ | ۰/۱۱۵ | ۰/۱۱۵ | ۰/۱۱۵ | ۰/۱۱۵ | ۰/۱۱۵ | ۰/۱۱۵ | ۰/۱۱۵ |
| | عمق خاک | ۰/۰۴۳ | ۰/۰۴۳ | ۰/۰۴۳ | ۰/۰۴۳ | ۰/۰۴۳ | ۰/۰۴۳ | ۰/۰۴۳ | ۰/۰۴۳ | ۰/۰۴۳ | ۰/۰۴۳ | ۰/۰۴۳ |
| | ساختمان خاک | ۰/۱۲۷ | ۰/۱۲۷ | ۰/۱۲۷ | ۰/۱۲۷ | ۰/۱۲۷ | ۰/۱۲۷ | ۰/۱۲۷ | ۰/۱۲۷ | ۰/۱۲۷ | ۰/۱۲۷ | ۰/۱۲۷ |
| | زهکشی خاک | ۰/۰۷۱ | ۰/۰۷۱ | ۰/۰۷۱ | ۰/۰۷۱ | ۰/۰۷۱ | ۰/۰۷۱ | ۰/۰۷۱ | ۰/۰۷۱ | ۰/۰۷۱ | ۰/۰۷۱ | ۰/۰۷۱ |
| | حاصلخیزی خاک | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۱۳ |
| | دانه‌بندی خاک | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| فیزیوگرافی | جهت | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۱۰ |
| | شیب | ۰/۲۴۲ | ۰/۲۴۲ | ۰/۲۴۲ | ۰/۲۴۲ | ۰/۲۴۲ | ۰/۲۴۲ | ۰/۲۴۲ | ۰/۲۴۲ | ۰/۲۴۲ | ۰/۲۴۲ | ۰/۲۴۲ |
| بیوکلیماتولوژی | دما | ۰/۱۹۴ | ۰/۱۹۴ | ۰/۱۹۴ | ۰/۱۹۴ | ۰/۱۹۴ | ۰/۱۹۴ | ۰/۱۹۴ | ۰/۱۹۴ | ۰/۱۹۴ | ۰/۱۹۴ | ۰/۱۹۴ |
| | تیپ گیاهی | ۰/۱۸۵ | ۰/۱۸۵ | ۰/۱۸۵ | ۰/۱۸۵ | ۰/۱۸۵ | ۰/۱۸۵ | ۰/۱۸۵ | ۰/۱۸۵ | ۰/۱۸۵ | ۰/۱۸۵ | ۰/۱۸۵ |
| | تراکم گیاهی | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۲ |

**جدول (۴): وزن نهایی معیارها (Khademi rad et al., 2021)**

| معیارها | بافت خاک | عمق خاک | ساختمان خاک | زهکشی خاک | دانه‌بندی خاک | حاصلخیزی خاک | جهت | شیب | دما | تیپ گیاهی | تراکم گیاهی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| وزن نهایی | ۰/۱۱ | ۰/۰۴ | ۰/۱۳ | ۰/۰۷ | ۰/۰۴ | ۰/۰۵ | ۰/۰۱ | ۰/۲۱ | ۰/۱۷ | ۰/۱۵ | ۰/۰۳ |

با استفاده از مدل تصمیم‌گیری FAHP و مقایسات زوجی که توسط کارشناسان انجام گرفت، وزن‌های مربوط به هر یک از معیارها و زیرمعیارهای موثر در ارزیابی توان کاربری اکوتوریسم شهرستان خنداب محاسبه شد (جدول‌های ۵، ۶، ۷، ۸).

**جدول (۵): ارزیابی فازی معیارهای اکولوژیک کاربری اکوتوریسم (Khademi rad et al., 2021)**

| معیار | خاک | اقلیم | فیزیوگرافی | پوشش گیاهی | اوزان فازی | وزن نهایی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| خاک | ۱،۱،۱،۱ | ۱،۱،۱،۱ | ۱ ،۲/۳، ۱/۲، ۲/۵ | ۲ ،۵/۲، ۳، ۷/۲ | ۰/۷۲ ،۰/۲۰ ،۰/۲۶ ،۰/۲۴ | **۰/۳۹** |
| اقلیم | ۱ ،۱ ،۱ ،۱ | ۱ ،۱ ،۱ ،۱ | ۱/۲، ۲/۵، ۱/۳، ۲/۷ | ۳، ۵/۲، ۲، ۳/۲ | ۰/۱۳ ،۰/۱۸ ،۰/۲۳ ،۰/۲۶ | **۰/۱۹** |
| فیزیوگرافی | ۵/۲، ۲، ۳/۲، ۱ | ۷/۲، ۳، ۵/۲، ۲ | ۱ ،۱ ،۱ ،۱ | ۷/۲، ۳، ۵/۲، ۲ | ۰/۲۸ ،۰/۲۲ ،۰/۳۰ ،۰/۴۴ | **۰/۳۲** |
| پوشش گیاهی | ۱/۲، ۲/۵، ۱/۳، ۲/۷ | ۲/۳، ۱/۲، ۲/۵، ۱/۳ | ۱/۲، ۲/۵، ۱/۳، ۲/۷ | ۱ ،۱ ،۱ ،۱ | ۰/۰۷ ،۰/۰۸ ،۰/۱۱ ،۰/۱۶ | **۰/۱۰** |

**جدول (۶): ارزیابی زیر معیارهای فیزیوگرافی برای کاربری اکوتوریسم (Khademi rad et al., 2021)**

| معیار اصلی | زیر معیارها | شیب | جهت | اوزان فازی | وزن نهایی |
|---|---|---|---|---|---|
| فیزیوگرافی | شیب | ۱،۱،۱،۱ | ۲/۳، ۱/۲، ۲/۵، ۱/۳ | ۰/۲۲ ،۰/۲۷ ،۰/۳۴ ،۰/۴۵ | ۰/۳ |
| | جهت | ۳، ۵/۲، ۲، ۳/۲ | ۱،۱،۱،۱ | ۰/۴۸ ،۰/۶۴ ،۰/۷۷ ،۰/۹۶ | ۰/۷ |

**جدول (۷): ارزیابی زیر معیارهای پوشش گیاهی برای کاربری اکوتوریسم (Khademi rad et al., 2021)**

| معیار اصلی | زیر معیارها | تیپ | تراکم | اوزان فازی | وزن نهایی |
|---|---|---|---|---|---|
| پوشش گیاهی | تیپ | ۱،۱،۱،۱ | ۱ ،۲/۳، ۱/۲، ۲/۵ | ۰/۲۷ ،۰/۳۸ ،۰/۵۳ ،۰/۷۸ | ۰/۴۵ |
| | تراکم | ۵/۲، ۲، ۳/۲، ۱ | ۱،۱،۱،۱ | ۰/۳۷ ،۰/۴۸ ،۰/۶۱ ،۰/۷۸ | ۰/۵۵ |

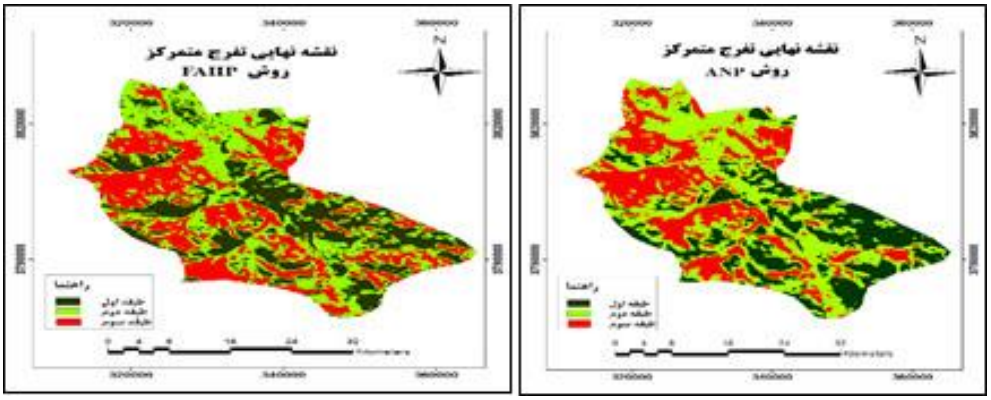
**جدول (۸): ارزیابی زیر معیارهای خاک برای کاربری اکوتوریسم**

| معیار اصلی | زیر معیارها | بافت خاک | ساختمان خاک | عمق خاک | زهکشی خاک | حاصلخیزی خاک | دانه‌بندی خاک | اوزان فازی | وزن نهایی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| خاک | بافت خاک | ۱،۱،۱،۱ | ۵/۲، ۲، ۳/۲، ۱ | ۵/۲، ۲، ۳/۲، ۱ | ۷/۲، ۳، ۵/۲، ۲ | ۳، ۵/۲، ۲، ۳/۲ | ۵/۲، ۲، ۳/۲، ۱ | ۰/۱۷ ،۰/۲۷ ،۰/۳۹ ،۰/۵۴ | ۰/۳۴ |
| | ساختمان خاک | ۱ ،۲/۳، ۱/۲، ۲/۵ | ۱،۱،۱،۱ | ۳، ۵/۲، ۲، ۳/۲ | ۷/۲، ۳، ۵/۲، ۲ | ۲/۵ ،۱/۲ ،۲/۳، ۱ | ۳، ۵/۲، ۲، ۳/۲ | ۰/۱۱ ،۰/۱۸ ،۰/۲۲ ،۰/۳۰ | ۰/۲ |
| | عمق خاک | ۱ ،۲/۳، ۱/۲، ۲/۵ | ۲/۳، ۱/۲، ۲/۵، ۱/۳ | ۱،۱،۱،۱ | ۱،۱،۱،۱ | ۲/۳، ۱/۲، ۲/۵، ۱/۳ | ۵/۲، ۲، ۳/۲، ۱ | ۰/۰۶ ،۰/۰۸ ،۰/۱۰ ،۰/۱۵ | ۰/۱ |
| | زهکشی خاک | ۱/۲، ۲/۵، ۱/۳، ۲/۷ | ۱/۲، ۲/۵، ۱/۳، ۲/۷ | ۱،۱،۱،۱ | ۱،۱،۱،۱ | ۱/۲، ۲/۵، ۱/۳، ۲/۷ | ۵/۲، ۲، ۳/۲، ۱ | ۰/۰۵ ،۰/۰۶ ،۰/۰۸ ،۰/۱۶ | ۰/۰۹ |
| | حاصلخیزی خاک | ۲/۳، ۱/۲، ۲/۵، ۱/۳ | ۵/۲، ۲، ۳/۲، ۱ | ۳، ۵/۲، ۲، ۳/۲ | ۷/۲، ۳، ۵/۲، ۲ | ۱،۱،۱،۱ | ۷/۲، ۳، ۵/۲، ۲ | ۰/۱۵ ،۰/۱۹ ،۰/۲۶ ،۰/۳۲ | ۰/۲۳ |
| | دانه‌بندی خاک | ۱ ،۲/۳، ۱/۲، ۲/۵ | ۲/۳، ۱/۲، ۲/۵، ۱/۳ | ۱ ،۲/۳، ۱/۲، ۲/۵ | ۱ ،۲/۳، ۱/۲، ۲/۵ | ۲/۷ ،۱/۳ ،۲/۵، ۱/۲ | ۱،۱،۱،۱ | ۰/۰۳ ،۰/۰۴ ،۰/۰۲ ،۰/۰۸ | ۰/۰۴ |

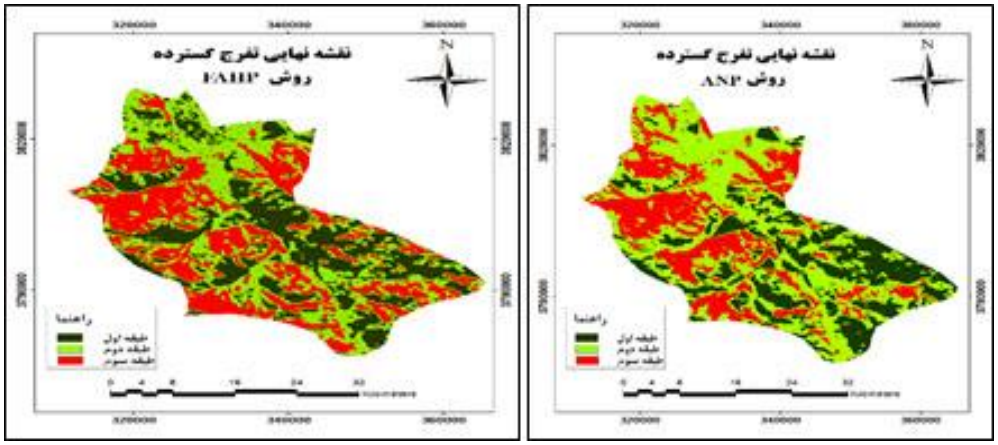
در پایان پس از به دست آوردن وزن نهایی هر لایه به دو روش ANP و FAHP، با روش WLC نقشه نهایی ارزیابی تناسب اراضی منطقه مطالعاتی جهت کاربری اکوتوریسم (تفرج متمرکز و تفرج گسترده) به دست آمد. شکل‌های (۵ و ۶) نقشه‌های ارزیابی توان به روش FAHP و ANP را نشان می‌دهد.

بر پایه نقشه زون‌بندی نهایی از مجموع کل مساحت منطقه (۱۳۴۵/۴ کیلومتر مربع)، حدود ۲۸٪ دارای توان درجه یک و حدود ۴۰٪ دارای توان درجه سه برای کاربری اکوتوریسم (تفرج متمرکز)

و ۲۹٪ دارای توان درجه یک و حدود ۳۹٪ دارای توان درجه سه برای کاربری اکوتوریسم (تفرج گسترده) به روش FAHP باکلی است. همچنین به روش ANP حدود ۲۶٪ دارای توان درجه یک و حدود ۳۰٪ دارای توان درجه سه برای کاربری اکوتوریسم (تفرج متمرکز) و حدود ۲۷٪ دارای توان درجه یک و حدود ۲۸٪ دارای توان درجه سه برای کاربری اکوتوریسم (تفرج گسترده) است (جدول ۹).




**شکل (۵): نقشه ارزیابی توان اکولوژیک تفرج متمرکز شهرستان خنداب (Khademi rad et al., 2021)**




**شکل (۶): نقشه ارزیابی توان اکولوژیک تفرج گسترده شهرستان خنداب (Khademi rad et al., 2021)**

**جدول (۹): مساحت کلاس‌های توان منطقه (Khademi rad et al., 2021)**

| کلاس‌ها | روش FAHP | | | | روش ANP | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | تفرج متمرکز | | تفرج گسترده | | تفرج متمرکز | | تفرج گسترده | |
| | مساحت (کیلومترمربع) | مساحت (درصد) | مساحت (کیلومترمربع) | مساحت (درصد) | مساحت (کیلومترمربع) | مساحت (درصد) | مساحت (کیلومترمربع) | مساحت (درصد) |
| درجه یک | ۳۷۴/۸ | ۲۸ | ۳۹۰ | ۲۹ | ۳۴۳/۱ | ۲۶ | ۳۶۲/۸ | ۲۷ |
| درجه دو | ۵۳۶ | ۳۹ | ۵۲۹/۵ | ۳۹ | ۶۱۱/۳ | ۴۴ | ۶۱۲/۶ | ۴۵ |
| درجه سه | ۴۳۴/۶ | ۳۳ | ۴۲۵/۹ | ۳۲ | ۳۹۱ | ۳۰ | ۳۷۰ | ۲۸ |
| جمع | ۱۳۴۵/۴ | ۱۰۰ | ۱۳۴۵/۴ | ۱۰۰ | ۱۳۴۵/۴ | ۱۰۰ | ۱۳۴۵/۴ | ۱۰۰ |

## بحث

بررسی نقشه شیب منطقه نشان می‌دهد که بیشتر مساحت منطقه برای هر دو تفرج گسترده و متمرکز در طبقه مناسب واقع شده است. همچنین مساحت طبقه نامناسب در تفرج متمرکز نسبت به تفرج گسترده بیشتر است که با توجه به این که در مدل مخدوم برای این تفرج محدودیت‌های بیشتری وجود دارد طبیعی است. با مطالعه و بررسی لایه دما و تابع عضویت آن می‌توان نتیجه گرفت که بیشتر مساحت منطقه مورد مطالعه از نظر دما در طبقه مناسب و نسبتاً مناسب قرار دارد. بردار وزنی معیارهای اصلی به روش FAHP در جدول (۵) نشان می‌دهد که معیار خاک بیشترین تاثیرگذاری و تراکم پوشش گیاهی کمترین تاثیرگذاری را در منطقه مورد مطالعه دارد. همچنین بعد از معیار خاک، معیار فیزیوگرافی از بیشترین تاثیرگذاری نسبت به سایر معیارها برخوردار است. در بین زیرمعیارهای خاک (جدول ۸)، زیرمعیارهای بافت خاک و دانه‌بندی خاک به ترتیب دارای بیشترین و کمترین تاثیرگذاری هستند. ارزیابی زیرمعیارهای فیزیوگرافی برای کاربری اکوتوریسم (جدول ۶) نیز نشان می‌دهد که معیار جهت از نظر کارشناسان، اولویت بالاتری نسبت به شیب دارد. همچنین وزن نهایی معیارها به روش ANP (جدول ۴) حاکی از این است که معیار دما، تیپ گیاهی، ساختمان خاک و بافت خاک به ترتیب از اولویت بیشتری نسبت به سایر پارامترها در ارزیابی توان شهرستان خنداب به منظور کاربری اکوتوریسم برخوردار می‌باشند. مقایسه مساحت طبقات کاربری اکوتوریسم (تفرج متمرکز و گسترده) به هر دو روش FAHP باکلی و ANP (جدول ۹) نشان می‌دهد که به روش FAHP باکلی، ۲۸٪ و به روش ANP، ۲۶٪ از مساحت منطقه برای تفرج متمرکز در طبقه مناسب یا با توان درجه یک قرار دارند. همچنین ۳۲٪ از مساحت منطقه به روش FAHP باکلی و ۳۰٪ به روش ANP از نظر تفرج متمرکز فاقد توان و در طبقه نامناسب قرار دارد. مقایسه نتایج مساحت طبقات به منظور تفرج گسترده نیز حاکی از این است که به روش FAHP باکلی، ۲۹٪ و به روش ANP، ۲۷٪ از مساحت منطقه برای تفرج گسترده در طبقه مناسب قرار گرفته است. به طور کلی می‌توان گفت که در مجموع از کل مساحت منطقه ۶۷٪ به روش FAHP باکلی و ۷۰٪ به روش ANP برای تفرج متمرکز و ۶۸٪ به روش FAHP باکلی و ۷۲٪ به روش ANP برای تفرج گسترده مناسب و نسبتا مناسب است. نتایج نشان می‌دهد که زمینه گسترش فعالیت‌های توریسم در منطقه وجود دارد و شرایط منطقه برای اکوتوریسم خوب است. همچنین نتایج ضمن تایید مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی در منطقه مورد مطالعه، مشخص نمود که بهترین روش‌های ارزیابی، روش‌هایی هستند که عمل ارزیابی اکولوژیک سرزمین را با دقت بیشتری مدل‌سازی کرده و تطابق بیشتری با واقعیت زمینی داشته باشند. بنابراین، با منطق به کار رفته در روش‌های مورد استفاده برای وزن‌دهی به لایه‌ها، به واسطه کاهش بحث عدم قطعیت در مرحله تصمیم‌گیری، با توجه به نتایج موجود می‌توان گفت که اعتمادسازی روش ANP بیشتر می‌باشد، هر چند که دقت نتایج هر دو روش به نسبت به هم نزدیک و دارای اختلاف اندک و همخوانی نزدیک می‌باشد. همچنین با مقایسه نتایج به دست آمده در نرم افزار Google Earth و بررسی‌های میدانی می‌توان گفت، روش ANP با واقعیت سازگاری بیشتری دارد و به این وسیله پشتیبانی لازم را برای تصمیم‌گیرندگان و مدیران محیط‌زیست به عمل می‌آورد. بر این اساس بیشتر قسمت‌های شرق و جنوب منطقه و بخش‌های کمی از شمال و غرب منطقه دارای توان مناسب برای هر دو نوع تفرج می‌باشند. در تحقیق حاضر با توجه به اولویت پارامترها در مدل مورد استفاده جهت ارزیابی، شیب به عنوان مهمترین فاکتور تاثیرگذار دخالت داده شد و سایر عوامل اکولوژیک مانند پارامترهای خاک، اقلیم، تیپ و تراکم پوشش گیاهی نیز لحاظ شد. بنابراین تفکیک مناطق تفرجی برای طبقات تفرج متمرکز و تفرج گسترده در این تحقیق متفاوت با مطالعات انجام گرفته مانند (Bazm Ara et al., 2017; Aghdar et al., 2017) است، که تنها بر اساس شیب تفکیک مناطق تفرجی صورت گرفت. در مطالعات (Pourkhabbaz et al., 2015; Rahimi et al., 2015; Bazm Ara et al., 2017; Aghdar et al., 2017;) نیز مانند مطالعه حاضر لایه‌ها را با روش فازی استانداردسازی کردند. در این مطالعه روش ترکیب خطی وزنی (WLC) به منظور ترکیب لایه‌های اطلاعاتی استفاده شد که مزایای فراوانی نسبت به روش ترکیب بولین دارد و در مطالعات زیادی این مطلب تایید شده است (Gul et al., 2006; Liaghat et al., 2013; Habtemariam & Fang, 2016; Rahimi et al., 2015; Aghdar et al., 2017; Pourkhabbaz et al., 2015). در منطق بولین، نتایج حاصله دارای ریسک کمتری بوده و از اطمینان بیشتری برخوردار است، اما در روش بولین، این که در میان مناطق منتخب کدام یک با توجه به معیارهای در نظر گرفته شده بهترین هستند،

نامفهوم است. روش ترکیب خطی وزنی از طریق تعیین میزان ارجحیت معیارها نسبت به یکدیگر، امکان در نظر گرفتن شرایط انعطاف پذیرتر را فراهم ساخته و مکان‌یابی را در حالت‌های مختلف از لحاظ ریسک و جبران آسان می‌سازد. Momenzadeh et al., 2011 ، ارزیابی توان اکولوژیکی حوزه دریاچه سد و Bazm Ara et al., 2017 نیز توان منطقه خاییز بهبهان برای کاربری اکوتوریسم را ارزیابی کردند. نتایج هر دو مطالعه حاکی از این بود که مناطق مورد بررسی قابلیت بالایی برای اکوتوریسم دارند که با نتایج این پژوهش همسو می‌باشد. Nouri et al., 2007 نیز ارزیابی توان محیطی برای توسعه توریسم در دهستان چغاخور را بررسی کردند. نتایج نشان داد که تمامی سطح منطقه برای توسعه توریسم (شامل تفرج گسترده و تفرج متمرکز) از توان بالایی برخوردار است که با نتایج این پژوهش همسو می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که ترکیبی از چند روش نه تنها در امر مکان‌یابی اکوتوریسم بلکه برای ارزیابی و برنامه‌ریزی برای انواع کاربری‌ها گزینه بسیار مناسبی است که با نتایج مطالعات (Rahimi et al., 2015; Mousavi et al., 2017; Aliani et al., 2017; Pourkhabbaz et al., 2015; Aghdar et al., 2017) همسو است. در این مطالعه با توجه به بررسی‌های میدانی و تحلیل نقشه نهایی هر دو روش برتری روش ANP نسبت به روش FAHP دیده شد که با نتایج (Rahimi et al., 2015; Aghdar et al., 2017) تطابقت دارد.

## نتیجه‌گیری

تجزیه و تحلیل چندمعیاره فازی در استفاده از مدل‌های تلفیقی جهت مدل‌سازی و ارزیابی توان اکولوژیک، با افزایش اطمینان و دقت ارزیابی به تصمیم‌گیری گروهی ارزیابان کمک می‌کند. نتایج تحقیق گویای این است که در فرآیند ارزیابی توان اکولوژیک کاربری‌های مختلف، استفاده از GIS امری اجتناب ناپذیر است. زیرا، GIS تولید و تجزیه و تحلیل حجم عظیمی از داده‌های مکانی و غیرمکانی را امکان‌پذیر و تسریع می‌بخشد و یک خروجی با درجه بالایی از صحت و دقت را در کوتاه‌ترین زمان ممکن امکان‌پذیر می‌سازد. نتایج حاصل از روش ANP حاکی از کارایی این روش جهت مطالعات آمایش سرزمین به‌ویژه در مطالعات ارزیابی توان اکولوژیک است. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که تجزیه و تحلیل چندمعیاره موجب بالا بردن دقت ارزیابی برای مکان‌یابی شده و مدل‌های تلفیقی، راه‌حل موثری را جهت کمک به تصمیم‌گیری گروهی ارزیابان ارایه می‌دهد. همچنین می‌توان به این نکته اشاره نمود که می‌توان در بررسی تعیین تناسب اراضی از مدل‌های تصمیم گیری چند معیاره همچون ANP وFAHP استفاده نمود و نتایج قابل قبولی را به دست آورد. در نهایت، این نتیجه حاصل می‌شود که بیشتر سطح منطقه شرایط مناسب برای توسعه هر دو تفرج متمرکز و گسترده را دارد. اما بهترین نوع کاربری توریستی در منطقه تفرج گسترده است.

## فهرست منابع


Adom, D. 2019. The place and voice of local people, culture, and traditions: a catalyst for ecotourism development in rural communities in Ghana. Sci. Afric. 6, e00184.

Aghdar, H.; Mohammadyari, F.; Pourkhabaz, H. & Rahimi, V. 2017. Comparison Fuzzy-AHP and ANP Decision Making methods for The Land Suitability Rating In order to Ecotourism Landuse (Case study: Khaeiz region of Behbahan). Human Geography Research, 49(3): 621-635. (in persian)

Aghdar, H.; Mohammadyari, F.; & Bigmohammadi, F. 2016. Using of Decision- Making Model FAHP Buckley in Assessment and Zoning of Groundwater Quality for Drinking and Agricultur in Nine Cities of Ilam. Environmental Researches. 8(15): 113-122. (in persian)

Akbarian Ronizi, S.; Mokarram, M. & Negahban, S. 2020. Utilizing multi-criteria decision to determine the best location for the ecotourism in the east and central of Fars province, Iran. Land Use Policy 99 (2020) 105095

Alaeddinoghlu, F. & Selkukcan, A. 2011. Identification and classification of nature-based tourism resources:western Lake Van, Turkey, Procedia Social and Behavioral Science. (19): 98-207.

Aliani, H.; BABAEI, K. S.; Saffari, A. & Monavari, S. M. 2017. Land capability assessment to determine suitable tourism area using analytical network process (ANP). (in persian)

Anada, J. & Herath, G. 2008. Multi-attribute preference modelling and regional landuse planning, Ecological economics.

Ataee. 2010. multi-criteria decision making. Shahroud University of Technology Publications. (in persian)

Balt, S.; Hiromishi, F. & Renchin, T. 2012. Ecotourism Planning with the Participation of Local People in Biger City, Mongolia, South Asian Journal of Tourism and Heritage. 5(1): 17-34.

Basinski, J.J. 1985. Land Evaluation, some general considerations, In Environment Planning and managemented (J.J. Basinski and K.D. Cocks) Csiro Canberra.

Bazm Ara, M.; Tavakoli, M. & Kaveh, J. 2017. Assessing appropriate areas for ecotourism development of protected areas. case study: Khaeez protected area. The Journal of Spatial Planning, 21(3): 95-118. (in persian)

Bukenya, J. 2012. Application of GIS in ecotourism development decisions: evidence from the Pearl of Africa.

Chen, C.T. & Huang, S.F. 2006. A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management, International journal of production economics. 2(102): 289-301.

Chen, F.; Lai, M. & Huang, H. 2020. Can marine park become an ecotourism destination? Evidence from stakeholders' perceptions of the suitability. Ocean and Coastal Management 196: 05307

Chen, V.Y.C.; Lien, H.; Liu, C.; Liou, J.J.H.; Tzeng, G. & Yang, Y. 2011. Fuzzy MCDM approach for selecting the best environment-watershed plan. Applied Soft Computing. (11): 265-275.

Choudhury, S.; Mohan Pant, R.; Chatterjee, S. & Nanding, A. 2016. Destination Branding of Ziro Through Potentiality of Biotourism. Bioprospecting of Indigenous Bioresources of NorthEast India. 329-337.

Deng, H. 1999. Multicriteria analysis with fuzzy pairwise comparison. International Journal of Approximate Reasoning. 21(3): 215-231.

Dhami, J.; Deng, R. & Burns, C. 2014. Identifying and mapping forest-based ecotourism areas in West Virginia– Incorporating visitors' preferences. Tourism Management. (42): 165-172.

Fangyong, H. 2015. Evaluation of the ecotourism development potential for provinces in western China. Journal of Arid Land Resources and Environment. (4): 592-599.

Habtemariama, B.T. & Fanga, O. 2016. Zoning for a multiple-use marine protected area using spatial multi-criteria analysis: The case of the Sheik Seid Marine National Park in Eritrea, Marine Policy. 4(63):135–143.

Ibrahimzadeh, I. & Aghasizadeh, A. 2011. The Effect of Chabahar Free Zone on Tourism Development of Its Under Influence Area By Using Regression Model And T. Test. GEOGRAPHY AND DEVELOPMENT, 9 (21): 5-26. (in persian)

Kaya, T. & Kahraman, C. 2011. An integrated Fuzzy AHP- ELECTRE methodology for environmental impact assessment, Expert Systems With Applications. 29(3): 8544-8555.

Kumari, S.; Behera, M. & Tewari, H. 2010. Identification of potential ecotourism sites in West District, Sikkim using geospatial tools. Tropical Ecology. 51.

Liaghata, M.; Shahabi, H.; Rokni Deilami, R.; Sattari Ardabili, F. & Navid Seyedi, S. 2013. A Multi-Criteria Evaluation using the Analytic Hierarchy Process Technique to Analyze Coastal Tourism Sites, APCBEE Procedia. (19- 20): 479 – 485.

Makhdom, 2005. The foundation of land planning. University of Tehran Press. (in persian)

MirarabRazi, J.; Navrodi, I.H.; Ghajar, I. & Salahi, M. 2020. Identifying optimal location of ecotourism sites by analytic network process and genetic algorithm (GA): (Kheyroud Forest). Int. J. Environ. Sci. Technol. 1–10.

Momenzadeh, A.; Nabavi Seyed, M.; Farrokhian, F. & Rajabzadeh, E. 2011. Ecological Capability Evaluation Area of Maroon Dam Lake for Ecotourism Use and Offer Strategies To Develop In Industry. Journal of wetland ecobiologhy, 2 (8):3-19. (in persian)

Mousavi, S. H.; Abbasian, A. & Zoormand, P. 2017. Evaluation of Ecological Potential of Ecotourism Development on Extensive and Focused Outing in Shahreza. Journal of Applied researches in Geographical Science, 17 (46) :119-138. (in persian)

Neaupane, K.M. & Piantanakulchai, M. 2006. Analytic network process model for landslide hazardzonation. Journal of Engineering Geology. (85): 281-294.

Nouri, S.H.A. & Nouruozi Avargani, A. 2007. Evaluation of Environmental Potential for Tourism Development In Choghakhor Dehastan. RESEARCH BULLETIN OF ISFAHAN UNIVERSITY (HUMANITIES) 22 (1): 13 - 28. (in persian)

Parvar, Z.; Heshmat Nia, B. & Shayesteh, K. 2019. Site Suitability Evaluation for Ecotourism Using GIS & AHP: A Case Study of Hamedan Township. Journal of Environmental Science and Technology, 21(6): 227-241. (in persian)

Pourkhabbaz, H. R.; Aghdar, H.; Mohammadyari, F. & Rahimi, V. 2015. The implementation of agriculture ecological model using AHP and FAHP models in the GIS environment (Case study: Khaeiz region of Behbahan). MJSP. 18 (4): 21-48. (in persian)

Seydaei, S. E. & Hosseini, S. S. 2017. Zonnation assessment for the areas suitable for tourism using GIS, Isfahan Province. Human Geography Research, 49(1): 81-94. (in persian)

Rahimi, V.; Pourkhabbaz, H. R.; Aghdar, H. & Mohammadyari, F. 2015.Comparison of Fuzzy AHP Buckley and ANP Models in Forestry Capability Evaluation (Case Study: Behbahan City Fringe). Iranian journal of applied ecology 4 (13) :15-31. (in persian)

Tavakoli, M. 2018. Comparison of Fuzzy-AHP and ANP Decision Making Methods to Assess the Ecological Capability of Ecotourism Application (Case study: Dehloran National Natural Monuments). Geography and Environmental Sustainability, 8(3): 51-63. (in persian)

Zabihi, H.; Alizadeh, M.; Wolf, I.; Karamid, M.; Ahmad, A. & Salamian, H. 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 36:100726