پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۶، شماره ۱۱، بهار و تابستان ۱۳۹٤، از صفحه ۷۳ تا ۸٤

رویکردی نوین در تلفیق سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و خوشه‌بندی خاکستری به منظور بهینه سازی مکانی ایستگاه‌های محیط‌بانی (مطالعه موردی: پناهگاه حیات‌وحش نایبندان)

هادی پاک طینت مهدی آبادی[1*]، رحیم علی عباسپور[2]، غدیر عشورنژاد[3]، میترا سادات اسمعیل‌زاده حسینی[4]، فاطمه هوشمند[5]

۱ کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، گروه کارتوگرافی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
۲ استادیار گروه مهندسی نقشه‌برداری، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران
۳ دانشجوی دکتری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، گروه کارتوگرافی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
۴ کارشناس ارشد محیط‌زیست، دانشکده کشاورزی و منابع‌طبیعی، دانشگاه یزد
۵ کارشناس ارشد محیط‌زیست، دانشکده کشاورزی و منابع‌طبیعی، دانشگاه یزد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۸/۰۶؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۰۴/۰۱)

چکیده

در دهه‌های اخیر، دانش زیست‌شناسی حفاظت بسیار مورد توجه متخصصان و صاحب نظران محیط‌زیست قرار گرفته است که هدف اصلی آن حفظ ارزش‌های تنوع‌زیستی می‌باشد. یکی از استراتژی‌های تعیین شده جهت مدیریت محیط‌زیست، ایجاد امکانات زیربنایی حفاظت فیزیکی منطقه می‌باشد. حفاظت از اکوسیستم‌های خشک مانند پناهگاه حیات‌وحش نایبندان که قابلیت دستیابی به شرایط طبیعی حداقل را دارد و به عنوان یکی از مهم‌ترین زیستگاه‌های یوزپلنگ آسیایی، معرفی شده است باید در اولویت‌های حفاظتی قرار گیرد. هدف از انجام این تحقیق، پهنه‌بندی و مکان‌یابی ایستگاه محیط‌بانی با استفاده از سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در پناهگاه حیات‌وحش نایبندان یزد می‌باشد. به همین منظور، ابتدا معیارها و شاخص‌های مؤثر به روش دلفی شناسایی و سپس ساختار داخلی معیارها و شاخص‌ها به کمک تکنیک دی‌متل مشخص شد. در مرحله بعد، با استفاده از تکنیک تحلیل شبکه‌ای شاخص‌ها وزن‌دهی و در نهایت با استفاده از تکنیک خوشه‌بندی خاکستری شاخص‌ها با هم تلفیق و منطقه در پنج کلاس طبقه‌بندی شد. کلاس یک نشانگر بهترین مناطق برای احداث ایستگاه محیط‌بانی است. در گام آخر، با هدف تعیین محل دقیق ایستگاه، آنالیز سه بعدی و تصاویر ماهواره‌ای منطقه مورد استفاده گرفت و مکان دقیق ایستگاه محیط‌بانی مشخص شد. نتایج این پژوهش نشان داد که از بین معیارهای فنی و اقتصادی- اجتماعی به ترتیب دو معیار فاصله از نقطه ثقل و فاصله از خطوط ارتباطی از مهم‌ترین معیارهای مؤثر بر مکان‌یابی ایستگاه محیط‌بانی می باشند. یافته‌های این تحقیق نشان‌دهنده کارامدی استفاده از ترکیب سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره همراه با توابع خاکستری در تصمیم‌گیری‌های مکانی می‌باشد.

کلید واژه‌ها: ایستگاه محیط‌بانی، فرایند تحلیل شبکه‌ای، دی‌متل، آنالیز خوشه‌بندی خاکستری

* نویسنده مسوول: Email: hpaktinat@ut.ac.ir

سرآغاز

پناهگاه حیات‌وحش به‌عنوان یکی از مناطق چهارگانه تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران، به مناطقی از انواع زیستگاه‌های نمونه اطلاق می‌شود که برای حمایت از جمعیت‌ها و گونه‌های حیات‌وحش با اهمیت ملی انتخاب می‌شوند. هدف از انتخاب این مناطق حفظ، حراست، ترمیم و بهبود حیات‌وحش بومی و زیستگاه‌های آنها و افزایش سطح کمی و کیفی آنها تا سطح مطلوب می‌باشد. سطح مدیریت در این مناطق، شامل اصلاح پوشش گیاهی، حیات جانوری و زمین می‌باشد. به طوری که، ادامه حیات ممکن گشته و بازسازی گونه‌های گیاهی و جانوری ویژه میسر شود (مجنونیان،۱۳۸۰؛ سرهنگ‌زاده و همکاران، ۱۳۸۵). موضوع اصلی در زیست‌شناسی حفاظت، حفظ تنوع‌زیستی است که با توجه به اهمیت مناطق حفاظت شده، این مناطق به عنوان نماینده مهم تنوع‌زیستی محسوب می‌شوند (Gaston et al., 2006). اتحادیه بین‌المللی حفاظت از طبیعت و منابع‌طبیعی اغلب گونه‌های گیاهان و جانوران وحشی و زیستگاه‌های آنها را که دارای ارزش واقعی و شناخته شده برای انسان هستند، در حال انهدام و نابودی اعلام نموده است. این مشکلی است که برنامه‌ریزان حفاظت از طبیعت و منابع را سخت نگران کرده است. زیرا، نابودی و انهدام یک منبع زنده بی تأثیر در از بین رفتن منبع دیگر نیست. تخریب و انهدام زیستگاه‌های گیاهی و جانوری مهم‌ترین عامل کاهش تنوع گونه‌ای و جمعیت آنهاست (مجنونیان، ۱۳۸۰). پناهگاه حیات‌وحش نایبندان با در برگرفتن اکوسیستم‌های مختلف دشتی و کوهستانی زیستگاه‌های مناسبی برای گونه‌های مختلف پستانداران و پرندگان فراهم آورده است. به هر حال، اگر چه اکوسیستم‌های خشک موجود در پناهگاه حیات‌وحش نایبندان به دلیل وجود برخی موانع طبیعی شرایط لازم برای فعالیت‌های کشاورزی را ندارند، ولی امکان رشد و گسترش پاره‌ای از جوامع گیاهی و امکان زیست بسیاری از گونه‌های جانوری را فراهم آورده‌اند. گیاهان و جانوران برای رفع نیازهای خود تخصص ویژه‌ای پیدا کرده و به طور شگفت‌انگیزی با منابع کم و محدودیت‌های زیستی محیط خود سازگار شده‌اند (شناسنامه پناهگاه حیات‌وحش نایبندان، ۱۳۸۸؛ سرهنگ زاده و همکاران، ۱۳۸۵). آثار متقابل کوهستان‌ها و بیابان‌ها در کنار هم سبب ایجاد شرایط حداقل برای زیستن در وضعیت سخت و خشک شده است (سرهنگ‌زاده و همکاران، ۱۳۸۵). حفاظت از اکوسیستم‌های خشک مانند پناهگاه حیات‌وحش نایبندان که قابلیت دستیابی به شرایط طبیعی حداقل را دارد به معنای رها کردن آن به حال خود نیست، بلکه اعمال مدیریتی آگاهانه بر منابع زنده آنها به شمار می رود. زیرا، این امر با توجه به محدودیت منابع بیولوژیک و بی ثباتی ماهوی اکوسیتم‌های بیابانی می‌تواند بسیار مخاطره‌آمیز باشد و در برخی موارد به گسترش بیابان نیز منجر شود. بنابراین، با توجه به وجود حساسیت‌ها و محدودیت‌های زیستی نیازمند مدیریتی بسیار ظریف و هوشمند می‌باشیم (سرهنگ‌زاده و همکاران، ۱۳۸۵). شرایط جغرافیایی منطقه بر پایش اکولوژیک تأثیر دارد، بنابراین برنامه پایش ایده‌آل باید متناسب با مقیاس زمانی و مکانی واقعی باشد. در این خصوص، بحث در مورد مدل‌هایی که به طور کامل ساختار اکوسیستم، ترکیب و عملکرد در میان اجزای مؤثر بر اکوسیستم را در نظر بگیرد، حایز اهمیت می‌باشد. بنابراین، از تکنیک فرایند تحلیل شبکه‌ای[۱] و دی‌متل[۲] با بررسی معیارها و زیر معیارهای مؤثر بر محل استقرار ایستگاه محیط‌بانی به عنوان مرکزیت پایش و مدیریت مناطق حفاظت شده دارای کارایی بالایی می‌باشند (Beever & Woodward, 2011). هدف از انجام این پژوهش، پهنه‌بندی و انتخاب مکان مناسب برای استقرار ایستگاه محیط‌بانی در پناهگاه حیات‌وحش نایبندان می‌باشد.

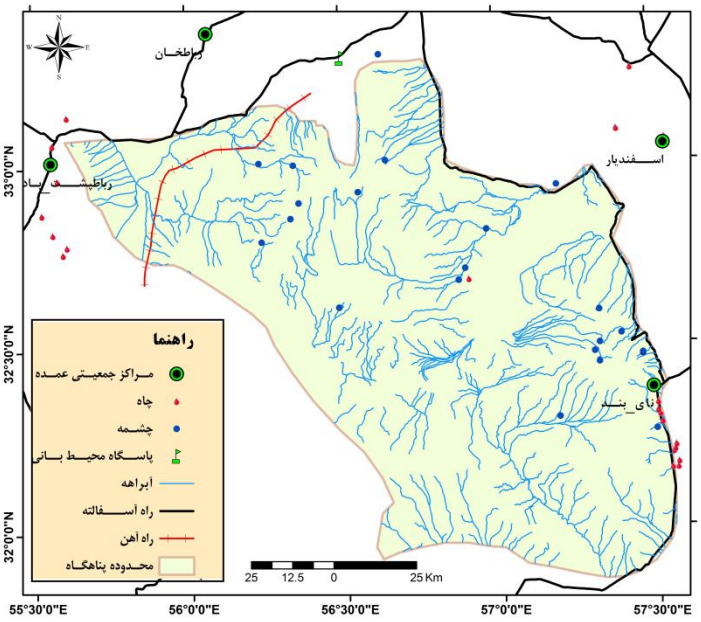
تا به حال، با استفاده از تکنیک فرایند تحلیل شبکه‌ای مقاله‌ها و پژوهش‌های زیادی به منظور حل مسایل پیچیده مدیریتی و صنعتی انجام پذیرفته است. (Chrysochoou et al., 2012) برنامه‌ریزی و انتخاب مکان مناسب برای توسعه مجدد را با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای مورد ارزیابی قرار دادند. این مطالعه بر پایه معیارهای چند گانه شامل اقتصادی- اجتماعی، محیطزیستی و میزان رشد، صورت گرفت که نتایج حاصل نشان‌دهنده دقت بالای فرایند تحلیل شبکه‌ای جهت انتخاب مناسب بهترین شهر برای توسعه مجدد می‌باشد. (Shinkou & Shuh liang, 2011) مدل تصمیم‌گیری برای انتخاب محل سکونت در محیط فازی را با استفاده از روش فرایند تحلیل شبکه‌ای مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد این مدل دارای نتایجی مطابق شرایط واقعی می‌باشد که نشان‌دهنده دقت بالای فرایند تحلیل شبکه‌ای در فرایند مکان‌یابی می‌باشد. به کارگیری تکنیک فرایند تحلیل شبکه‌ای در تهیه نظام مدیریت

محیطزیستی به تازگی مورد توجه کارشناسان و متخصصان محیطزیست قرار گرفته است (گیل عسکر و همکاران، ۱۳۹۰). بررسی منابع داخلی و خارجی نشان داد که با عنوان پژوهش موجود تحقیقی صورت نگرفته است. در موارد مشابه (گیل عسکر و همکاران، ۱۳۹۰)، به منظور تدوین استراتژی یکپارچه محیطزیستی پارک جنگلی صفارود از فرایند تحلیل شبکه‌ای بهره گرفتند که با استفاده از این تکنیک بهترین و مناسب‌ترین کاربری از بین کاربری‌های پیشنهادی برای منطقه انتخاب شد. (Buyokozkan & Cifci, 2012) جهت ارزیابی محیطزیستی از یک مدل MCDM[۳] (مدلی که از ترکیب روش‌های دی‌متل، فرایند تحلیل شبکه‌ای و تاپسیس[۴] طراحی شده است)، استفاده نمودند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

یزد از جمله مناطقی است که دارای ۱۴ منطقه حفاظت شده، پناهگاه حیات‌وحش و پارک ملی می‌باشد. پناهگاه حیات‌وحش نایبندان با مختصات جغرافیایی"۱۷'۳۶ °۳۲ شمالی و"۱۲ '۵۶°۳۳ شرقی، در جنوب و جنوب‌غربی طبس واقع شده است. فاصله این پناهگاه با مرکز استان حدود ۲۰۰ کیلومتر و فاصله تا شهر طبس ۴۰ کیلومتر می‌باشد. مسیرهای دسترسی آن شامل جاده اصلی یزد- طبس و نیز جاده اصلی طبس- راور می‌باشد که هر دو جاده به عنوان بخشی از مرز منطقه نیز محسوب می‌شوند که در شکل (۱)، نشان داده شده است.



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی پناهگاه حیات‌وحش نایبندان

این منطقه با هدف حمایت از گونه‌های جانوری کمیاب مانند جبیر[۵]، یوزپلنگ آسیایی[۶] و غیره از اول آذر ماه سال ۱۳۷۴ به مدت پنج سال به‌عنوان منطقه شکار ممنوع انتخاب شد و در نهایت در سال ۱۳۸۰، مساحتی بالغ بر یک میلیون و ۴۲۲ هزار و ۵۴۲ هکتار از این عرصه به پناهگاه حیات‌وحش نایبندان طبس ارتقا یافت. از لحاظ حیات‌وحش در این پناهگاه ۱۳ گونه پستاندار بزرگ جثه مورد شناسایی قرار گرفته‌اند که ۶ گونه از آنها به عنوان اولویت‌های حفاظتی معرفی شده‌اند که شامل گونه‌های یوزپلنگ، کاراکال[۷]، شاه روباه[۸]، روباه شنی[۹]، قوچ و میش[۱۰] و جبیر می‌باشند. در این منطقه، ۳۳ گونه پرنده بزرگ جثه شناسایی است که ۱۲ گونه واجد ارزش حفاظتی هستند. (شناسنامه پناهگاه حیات‌وحش نایبندان، ۱۳۸۸؛ سرهنگ‌زاده و همکاران، ۱۳۸۵).

روش پژوهش

با توجه به پیچیدگی و چند مرحله‌ای بودن مباحث مربوط به

تصمیم‌گیری‌های چند معیاره که در این پژوهش استفاده شده است، بیان مراحل کار به صورت پیوسته ممکن است دارای پیچیدگی‌های خاصی باشد. بنابراین، مراحل انجام کار را می‌توان در پنج مرحله مجزا به شکل زیر تفکیک نمود:

۱. تعیین شاخص‌ها به کمک روش دلفی[۱۱]
۲. ساختارسازی به کمک تکنیک دی‌متل
۳. وزن‌دهی به شاخص‌ها با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای
۴. تلفیق شاخص‌ها با تکنیک خوشه‌بندی خاکستری (GCA)[۱۲]
۵. تعیین محل دقیق ایستگاه با استفاده از آنالیز سه بعدی

شناسایی معیارها با استفاده از روش دلفی

اولین گام جهت بهینه‌سازی مکان ساخت ایستگاه محیط‌بانی، شناسایی معیارها و شاخص‌های تأثیرگذار در این امر است. در این مطالعه از روش دلفی به منظور گردآوری نظر کارشناسان استفاده شد. روش دلفی فرایندی ساختار یافته برای جمع‌آوری و طبقه‌بندی دانش موجود در نزد گروهی از کارشناسان و خبرگان است که از طریق توزیع پرسشنامه‌هایی در بین این افراد و بازخور کنترل شده پاسخ‌ها و نظرات دریافتی صورت می‌گیرد. به‌کارگیری روش دلفی بیشتر با هدف کشف ایده‌های خلاقانه و قابل اطمینان و یا تهیه اطلاعاتی مناسب به منظور تصمیم‌گیری است (منتظر و جعفری، ۱۳۸۷).

جدول (۱): مهم‌ترین شاخص‌های مؤثر بر مکان‌یابی ایستگاه محیط‌بانی

معیارها	شاخص‌ها	وزن
فنی	فاصله از نقطه ثقل	۰/۱۹۶۳
	فاصله از مناطق کوهستانی	۰/۱۱۳
	شیب	۰/۰۶۸۱
	ارتفاع	۰/۱۶۶
	فاصله از رودخانه	۰/۰۲۹۲
اقتصادی و اجتماعی	فاصله از خطوط ارتباطی	۰/۱۸۷
	فاصله از مراکز جمعیتی	۰/۱۶۴۹
	فاصله از منابع آب (چاه و چشمه)	۰/۰۷۵۵

در این تحقیق، تعداد شش نفر از متخصصان محیط‌زیست در روش دلفی شرکت داده شدند و نظرات آنها در قالب پرسشنامه سنجیده و تدوین شد. در نهایت، دو معیار و هشت شاخص به‌عنوان مهم‌ترین معیارهای مؤثر در مکان گزینی ایستگاه محیط‌بانی برگزیده شدند که در جدول (۱)، آورده شده است.

در مورد شاخص فاصله از مناطق کوهستانی لازم به ذکر است، با توجه به مشخصات پناهگاه حیات‌وحش نایبندان، بالاترین تراکم گونه‌های جانوری در مناطق کوهستانی این منطقه مشاهده می‌شود. زیستگاه‌های کوهستانی به خاطر تمرکز حیات‌وحش جانوری مثل کل و بز[۱۳]، قوچ و میش، پرندگان شکاری و پرندگان قابل شکار مانند کبک[۱۴] جزء زیستگاه‌های با ارزش پناهگاه محسوب می‌شوند (سرهنگ‌زاده و همکاران، ۱۳۸۵). بنابراین، نزدیک بودن ایستگاه به مناطق کوهستانی می‌تواند یکی از اولویت‌ها باشد.

شناسایی روابط میان معیارها برای ساختارسازی

پس از شناسایی معیارها و شاخص‌ها، در مرحله بعدی باید مشخص نمود که آیا این معیارها و شاخص‌ها به‌صورت مستقل از هم تأثیر خود را اعمال می‌نمایند و یا این که در ارتباط با یکدیگر هستند و اگر با هم در ارتباط هستند، ساختار ارتباطی آنها به چه شکلی است. در این تحقیق با هدف شناسایی ساختار ارتباطی معیارها و شاخص‌ها از تکنیک دی‌متل استفاده شد. بسیاری از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره با فرض عدم وابستگی عناصر سیستم وجود دارد، ولی در تمام موارد عناصر سیستم کاملاً غیروابسته نیستند (Buyokozkan & Cifci, 2012). تکنیک دی‌متل در سال ۱۹۷۳، به عنوان روشی برای مدل‌سازی ساختاری برای یک مساله ارایه شد (Fontela & Gabus, 1976). این روش، دانش متخصصان را برای کشف ساختار ارتباطی بین معیارها و رسم نقشه ارتباطات شبکه[۱۵]، شناسایی می‌کند. تکنیک دی‌متل از انواع روش‌های تصمیم‌گیری بر پایه مقایسه زوجی می‌باشد که با بهره‌گیری از نظرات خبرگان در استخراج عوامل یک سیستم و ساختاردهی سیستماتیک به آنها توسط به‌کارگیری اصول تئوری گراف‌ها، ساختار عوامل موجود در سیستم همراه با روابط تأثیرگذاری و تأثیرپذیری متقابل عناصر مذکور را به‌دست می‌آورد. قضاوت خبرگان در مقایسه‌های زوجی این روش ساده بوده و نیازمند آگاهی متخصصان از چگونگی فرایند دی‌متل نمی‌باشد، اما کیفیت نظر و گستره بینش آنها از جوانب گوناگون مساله در نتیجه حاصل از دی‌متل بسیار

اثرگذار است (Agha Ebrahimi; Samani & et al., 2008 Asgharpour, 2003). بر همین اساس، به‌منظور گردآوری نظرات متخصصان، پرسشنامه دی‌متل تهیه شد و در اختیار شش نفر از متخصصان محیطزیست قرار گرفت تا پرسشنامه را تکمیل کنند. سپس، تکنیک دی‌متل با توجه به پرسشنامه‌های به‌دست آمده براساس گام‌های زیر اجرا شد.

ابتدا ماتریس میانگین (A) بر اساس ماتریس‌های زوجی تکمیل شده از سوی متخصصان به‌دست می‌آید. برای تلفیق نظر هر کدام از پاسخگویان، ماتریس متوسط (میانگین) $A = [a_{ij}]$ می‌تواند به‌صورت زیر تدوین شود:

$$a_{ij} = \frac{1}{H}\sum_{k=1}^{H} X_{ij}^{k} \qquad (۱)$$

علامت Xij، نشان‌دهنده درجه‌ای است که مخاطب اعتقاد دارد عامل (فاکتور) i بر فاکتور j تأثیر می‌گذارد.

در گام بعـدی ماتریس نسبت مستقیم اولیه نـرمال شده محاسبه می‌شود.

$$X = A \times \frac{1}{\max_{1\le i\le n}\sum_{j=1}^{n} aij} \qquad (۲)$$

در گام سوم، ماتریس M بر اساس رابطه (۳) به‌دست می‌آید. در این محاسبه I ماتریس واحد می‌باشد.

$$M = X(I - X)^{-1} \qquad (۳)$$

در گام پایانی این روش حد آستانه از راه محاسبه‌ی میانگین عناصر ماتریس M تعیین می‌شود. از آنجا که ماتریس M اطلاعات مربوط به چگونگی اثرگذاری یک فاکتور بر فاکتور دیگر را فراهم می‌کند، تصمیم‌گیرنده الزاماً باید یک مقدار یا حد آستانه‌ای برای فیلتر کردن برخی آثار جزیی تعیین کند. نتیجه نهایی این کار در جدول (۲) نشان داده شده است که در آن عدد صفر حاکی از عدم تأثیرگذاری عامل سطر بر عامل ستونی است و در مقابل عدد یک، از تأثیرگذاری عامل سطر بر عامل ستونی حکایت می‌کند.

جدول (۲): نتایج نهایی حاصل از تکنیک دی‌متل

شاخص ها	فاصله از نقطه ثقل	فاصله از مناطق کوهستانی	شیب	ارتفاع	فاصله از رودخانه	فاصله از خطوط ارتباطی	فاصله از مراکز جمعیتی	فاصله از منابع آب
فاصله از نقطه ثقل	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
فاصله از مناطق کوهستانی	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۱
شیب	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱
ارتفاع	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۱
فاصله از رودخانه	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱
فاصله از خطوط ارتباطی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰
فاصله از مراکز جمعیتی	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱
فاصله از منابع آب	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰

وزن‌دهی به شاخص‌ها با استفاده از روش تحلیل شبکه‌ای

در حل مسایل مکان‌یابی با توجه به این که مجموعه‌ای از اهداف باید به طور همزمان بهینه شوند، از روش تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده می‌شود (فرقانی و همکاران،۱۳۸۶). همان‌طور که قبلاً ذکر شد، بسیاری از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره با فرض عدم وابستگی عناصر سیستم وجود دارد؛ ولی در تمام موارد مانند این پژوهش، عناصر سیستم کاملاً غیروابسته نیستند (Wu, 2008).

بـرای حل این مساله فـرایند تحلیل شبکه‌ای به‌عنـوان روشی به نسبت جدید توسط ساعتی در سال ۱۹۹۶ ارایه شد (Saaty, 1996). ساعتی روش فرایند تحلیل شبکه‌ای را برای حل مسایلی که وابستگی بین گزینه‌ها یا معیارها وجود دارد، پیش‌بینی کرده است (نجفی، ۱۳۸۹؛ دری و حمزه‌ای، ۱۳۸۹). فرایند تحلیل شبکه‌ای یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است و در مجموعه مدل‌های جبرانی قرار می‌گیرد. این مدل بر مبنای فرایند تحلیل سلسله مراتبی[۱۶] طراحی و در آن شبکه جایگزین سلسله مراتب شده است (فرجی و همکاران،

۱۳۸۹). روش تحلیل شبکه‌ای، می‌تواند به‌عنوان ابزاری مؤثر در مواردی که ارتباط داخلی عناصر یک سیستم به‌صورت ساختار شبکه‌ای شکل می‌گیرند، مورد استفاده قرار گیرد (Saaty, 1996).

پایه ریزی مدل

ساخت مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای مستلزم شناخت مساله، تعریف معیارها و زیرمعیارها و تعیین روابط و اثرهای متقابل آنها است. در این پژوهش، به منظور استخراج ارتباط داخلی بین عناصر سیستم، تکنیک دی‌متل مورد استفاده قرار گرفت که به‌طور کامل در مرحله قبل توضیح داده شد (سعیدی و نجفی، ۱۳۸۹).

فرایند مدل‌سازی در تکنیک فرایند تحلیل شبکه‌ای به اجمال شامل مراحل زیر می‌باشد:

- ماتریس مقایسات زوجی و برآورد وزنی نسبی: پس از تدوین مدل شبکه‌ای، مقایسه‌های زوجی بین معیارها و زیرمعیارهای وابسته یا دارای اثر متقابل با استفاده از مقیاس اهمیت نسبی انجام گرفت.
- تشکیل سوپر ماتریس اولیه: عناصر فرایند تحلیل شبکه‌ای با یکدیگر در تعامل قرار دارند. این عناصر می‌توانند واحد تصمیم‌گیرنده، معیارها، زیر معیارها، نتایج حاصل، گزینه‌ها و هر چیز دیگری باشند. وزن نسبی هر ماتریس بر اساس مقایسه زوجی شبیه روش تحلیل سلسله مراتبی محاسبه می‌شود، وزن‌های حاصل در سوپر ماتریس وارد می‌شوند که رابطه متقابل بین عناصر سیستم را نشان می‌دهند (فرجی سبکبار و همکاران، ۱۳۸۹).
- تشکیل سوپرماتریس وزنی
- محاسبه بردار وزن عمومی

در مرحله بعد، سوپر ماتریس وزنی، به تتوان حدی می‌رسد تا عناصر ماتریس همگرا شده و مقادیر سطری آن با هم برابر شوند (صادقی و همکاران، ۱۳۹۰). بر اساس ماتریس به‌دست آمده، بردار وزن عمومی مشخص می‌شود.

$$\lim_{k\to\infty} W^k \qquad (۴)$$

ماتریسی که در نتیجه به توان رسیدن و ماتریس وزنی به‌دست می‌آید، ماتریس حدی است که مقادیر هر سطر آن با هم برابر می‌باشد. اگر سوپر ماتریس اثر زنجیره‌واری داشته باشد، ممکن است دو یا چند سوپر ماتریس داشته باشیم در این مورد جمع سطر و به‌صورت زیر سوپر ماتریس وزنی همگرا می‌شود (Wolfslehner et al., 2005).

$$\lim_{k\to\infty} \left(\frac{1}{N}\right) \sum W_i^k \qquad (۵)$$

به‌منظور پیاده‌سازی تکنیک تحلیل شبکه‌ای در این پژوهش، از نرم‌افزار Super Decision استفاده شد. به همین منظور، در مرحله اول با استفاده از نتایج حاصل از تکنیک دی‌متل که در جدول (۲) آورده شده است، ساختار داخلی مدل شبکه‌ای معیارها و شاخص‌ها در نرم‌افزار شبیه‌سازی شد. سپس، به منظور جمع‌آوری نظر کارشناسان پرسشنامه‌ای تدوین و در اختیار ۶ نفر از کارشناسان محیط‌زیست قرار گرفت و در نهایت با کمک پرسشنامه‌ها، مقایسات زوجی بین معیارها و شاخص‌ها انجام شد. وزن‌های به‌دست آمده از تکنیک تحلیل شبکه‌ای در جدول (۱) نشان داده شده است.

تلفیق لایه‌ها

پیش پردازش داده‌ها

برای انجام مقایسه یا ترکیب لای‌های اطلاعاتی، داده‌ها باید با هم متجانس باشند. بدیهی است امکان ترکیب دو یا چند لایه اطلاعاتی که دارای واحد اندازه‌گیری یکسان نیستند وجود ندارد. در این پژوهش، با توجه به این که هشت شاخص مورد استفاده دارای واحد یکسانی نیستند، قبل از تلفیق باید لایه‌ها را نرمال نمود تا امکان تلفیق لایه‌ها وجود داشته باشد (پاک‌طینت و درویشی، ۱۳۹۰). برای بی‌مقیاس‌سازی هر کدام از لایه‌های اطلاعاتی، از توابع فازی مخصوص استفاده شد. حاصل این عمل به وجود آمدن هشت لایه با ارزش‌های بین صفر تا یک است که امکان ترکیب نمودن لایه‌ها را به وجود می‌آورد.

پس از پیش پردازش داده‌ها در مرحله بعدی به گونه‌ای باید این شاخص‌ها را با هم تلفیق نمود. به این منظور در این پژوهش، از روش خوشه‌بندی خاکستری استفاده شد.

روش خوشه‌بندی خاکستری

در دنیای واقعی سیستم‌های فراوانی وجود دارند که با یکسری اجزا و روابط بین آنها به صورت پویا در حال فعالیت هستند. برای شناخت، تصمیم‌گیری و استفاده از این سیستم‌ها، لازم است که روابط بین اجزای آنها به درستی مورد بررسی قرار گیرد تا به شناخت قابل قبولی از آن دست پیدا کرد. در تئوری سیستم و تئوری کنترل، اغلب از رنگ‌ها برای بیان میزان شناخت و اطلاع

از اجزای سیستم و روابط حاکم بر آن استفاده می‌شود (Wiecek et al., 2008). هر چند به نظر می‌رسد که اعداد خاکستری مشابه با اعداد فازی هستند؛ اما تفاوت اساسی بین اعداد خاکستری با اعداد فازی در آن است که در اعداد خاکستری مقدار دقیق عدد نامشخص است، اما بازه‌ای که مقدار آن عدد را در بر می‌گیرد، معلوم است. به تعبیر دیگر، مقدار دقیق بال چپ و راست عدد معین و معلوم است. در حالی که در یک عدد فازی مقدار دقیق بال چپ و راست عدد معلوم نیست و از یک تابع عضویت تبعیت می‌کند (محمدی و مولایی، ۱۳۸۹).

خوشه‌بندی خاکستری یکی از اجزای تئوری خاکستری است. این روش بر پایه توابع سفیدکننده[۱۷] ارزش‌های خاکستری قرار گرفته است. آنالیز خوشه‌بندی خاکستری یک روش آماری خاکستری بوده که به بررسی ارزش شاخص‌های مورد بررسی مربوط به اهداف موردنظر در طبقات خاکستری (طبقات از پیش تعیین شده براساس ترجیحات نخبگان) می‌پردازد و در آخر نیز در مورد تعلق این اهداف به هر طبقه قضاوت و تصمیم‌گیری می‌کند (Wiecek et al., 2008). در واقع، در این روش n نمونه مورد نظر با نماد (j) با استفاده از m شاخص مورد بررسی با نماد (i) در p طبقه خاکستری با نماد (k) قرار می‌گیرد (فرجی و همکاران، ۱۳۹۱).

جهت مدل‌سازی فضایی و پهنه‌بندی منطقه با استفاده از روش خوشه‌بندی خاکستری، در ابتدا هر کدام از شاخص‌ها در پنج دسته تقسیم‌بندی شدند، به طوری که کلاس ۱ نشان‌دهنده مرغوب‌ترین کلاس و کلاس ۵ نشان‌دهنده نامرغوب‌ترین کلاس می‌باشد. هر کدام از کلاس‌ها در جدول (۳)، نشان داده شده است.

جدول (۳): طبقه‌بندی مطلوبیت شاخص‌ها

شاخص‌ها	کلاس ۱	کلاس ۲	کلاس ۳	کلاس ۴	کلاس ۵
فاصله از نقطه ثقل	۰ —۰/۲۳۵	۰/۲۳۵ —۰/۳۸۵	۰/۳۸۵ —۰/۵۲۵	۰/۵۲۵ —۰/۶۸	۰/۶۸—۱
فاصله از مناطق کوهستانی	۰ —۰/۱۲۵	۰/۱۲۵ —۰/۲۸۵	۰/۲۸۵ —۰/۴۶	۰/۴۶ —۰/۶۷۵	۰/۶۷۵—۱
شیب	۰ —۰/۰۴۵	۰/۰۴۵ —۰/۱۱	۰/۱۱ —۰/۲۰۵	۰/۲۰۵ —۰/۳۵۵	۰/۳۵ —۱
ارتفاع	۰/۳۴ —۰/۴۳	۰/۳ —۰/۳۴	۰/۴۳ —۰/۵۷۵	۰/۱۸۸ —۰/۳	۰/۵۷۵—۱
فاصله از رودخانه	۰/۵۱۵ —۱	۰/۳۱۵ —۰/۵۱۵	۰/۱۸۵ —۰/۳۱۵	۰/۰۸۲ —۰/۱۸۵	۰—۰/۰۸۲
فاصله از خطوط ارتباطی	۰—۰/۱۶۵	۰/۱۶۵ —۰/۳۴۵	۰/۳۴۵ —۰/۵۲۵	۰/۵۲۵ —۰/۷۲	۰/۷۲—۱
فاصله از مراکز جمعیتی	۰—۰/۲۷۵	۰/۲۷۵ —۰/۴۴۵	۰/۴۴۵ —۰/۶	۰/۶—۰/۷۶	۰/۷۶—۱
فاصله از منابع آب	۰ —۰/۲۲۵	۰/۲۲۵ —۰/۳۸	۰/۲۲۵ —۰/۵۳	۰/۵۳ —۰/۷	۰/۷ —۱

در مرحله بعد، با استفاده از لایه‌های بی‌مقیاس‌سازی شده، تمام مراحل روش خاکستری بر روی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS به ترتیب زیر انجام شد و میزان نهایی تعلق هر پیکسل به هر یک از ۵ طبقه مورد محاسبه قرار گرفت.

در زیر مراحل کلاسیک این سیستم طبقه‌بندی به طور خلاصه آورده شده است (Wiecek et al., 2008; Deng, 1989).

۱. اندازه‌گیری ارزش شاخص‌ها در نمونه‌های مورد نظر (d_{ij})
۲. مشخص کردن مقدار ویژه هر طبقه خاکستری (λ_{ik})
۳. بی‌مقیاس سازی: در این مرحله برای از بین بردن تأثیر واحد اندازه‌گیری معیارها بر نتایج تحلیل، داده‌ها با استفاده از رابطه‌های ۷ و ۸ نرمال می‌شوند.

$$y_{ik} = \frac{\lambda_{ik}}{\sum_{k=1}^{P} \lambda_{ik}} \; x_{ij} = \frac{d_{ij}}{\sum_{j=1}^{N} d_{ij}} \qquad (۶)$$

۴. مشخص کردن توابع عضویت سفید کننده $f_i^k(xij)$ در طبقات خاکستری، که برای این پژوهش از یک نوع توابع عضویت سفیدکننده استفاده شده است.

توابعی که مربوط به طبقات با کران پایین و بالای مشخص هستند.

$$\otimes \epsilon [\underline{a}, \bar{a}]$$

$$f_i^2(xij) = \begin{cases} \dfrac{x_{ij} - \lambda_{i1}}{\lambda_{i2} - \lambda_{i1}} , \otimes \in (\lambda_{i1}, \lambda_{i2}] \\ \dfrac{\lambda_{i3} - x_{ij}}{\lambda_{i3} - \lambda_{i2}} , \otimes \in (\lambda_{i2}, \lambda_{i3}] \\ 0 , \otimes \notin (\lambda_{i1}, \lambda_{i3}] \end{cases}$$

۵. محاسبه وزن مربوط به هر شاخص η_{ik}
۶. محاسبه ضریب خوشه‌بندی α_{jk} با استفاده از رابطه (۹)

(۹)

$$\alpha_{jk} = \sum_{i=1}^{m} f_{ik}(x_{ij})\,\eta_{ik}$$

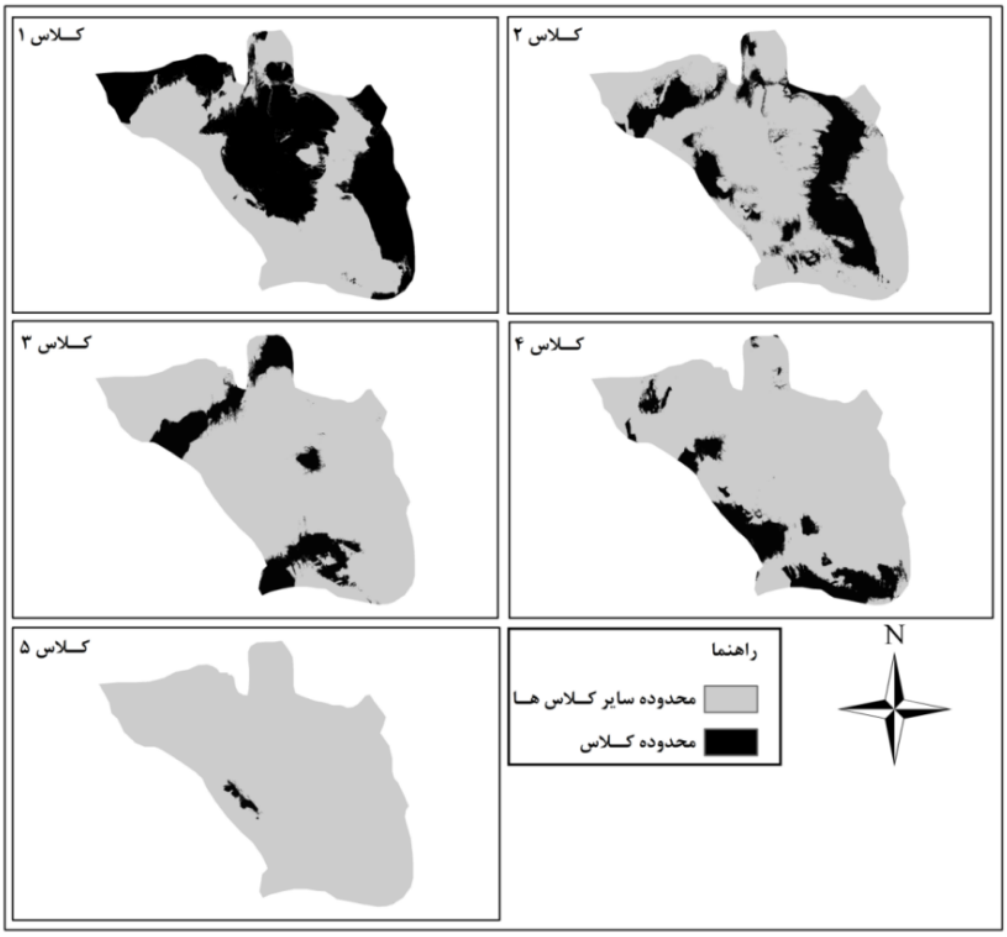
۷. تشکیل بردار مربوط به میزان عضویت هر نمونه به pطبقه خاکستری α_j

$$\alpha_j = \{\alpha_{j1}, \alpha_{j2}, \ldots, \alpha_{jp}\} \quad (۱۰)$$

۸. اعلام درجه کیفیت هر نمونه (طبقه‌ای که هر نمونه بیشترین عضویت را در آن دارد) β_{kj}

$$\beta_{kj} = \max_{k=1}\{\alpha_j\} \quad (۱۱)$$

گام نهایی در این مرحله، تعیین طبقه‌ای است که هر پیکسل در آن قرار می‌گیرد. بدین‌منظور، با توجه به طبقه‌ای که هر پیکسل بیشترین عضویت را در آن داشت، پیکسل موردنظر در آن طبقه قرار گرفت شکل (۲). در نهایت، نقشه‌های به‌دست آمده از تمام طبقات با هم تلفیق شدند و نقشه پهنه‌بندی پناهگاه حیات‌وحش نایبندان به‌دست آمد که در شکل (۴) نشان داده شده است. لازم به ذکر است که با توجه به هم مرز بودن منطقه با دو جاده اصلی و همچنین عبور خط آهن از ضلع شمال‌غربی منطقه و با توجه به آثار مخرب خطوط ارتباطی بر روی محیط‌زیست، احداث ایستگاه محیط‌بانی در محدوده این راه‌ها امکان‌پذیر نیست. بنابراین، از این مناطق به فاصله پنج کیلومتر به عنوان محدوده قرمز خطوط ارتباطی در نظر گرفته شد و از مطالعه حذف شد که در شکل (۴) نشان داده شده است.

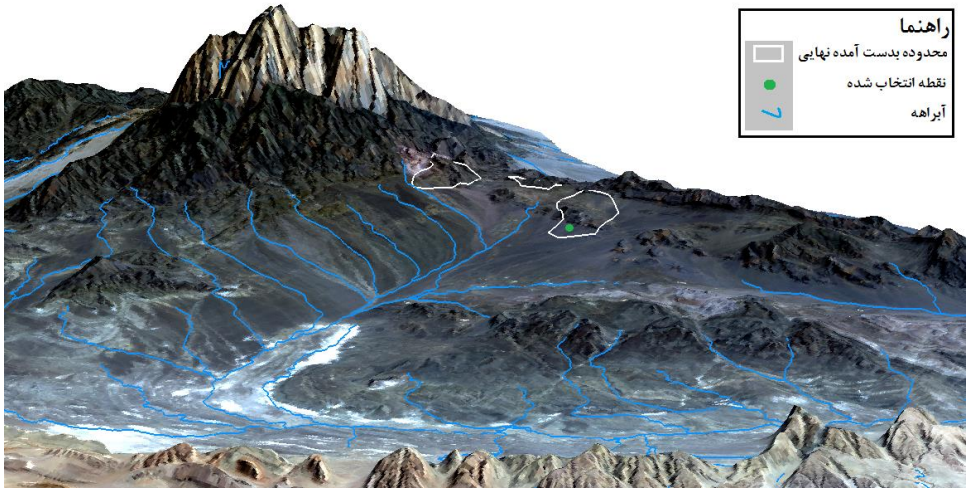


شکل (۲): محدوده هر یک از کلاس‌ها

تعیین محل دقیق پاسگاه محیط‌بانی با استفاده از آنالیز سه بعدی

هر چند تعیین محل دقیق ایستگاه محیط‌بانی در پناهگاه حیات‌وحش نایبندان یزد با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره مورد استفاده در این تحقیق امکان پذیر است، ولی با توجه به این موضوع که کارشناس، بالاترین و خبره‌ترین عضو سیستم

را تشکیل می‌دهد؛ به منظور اعمال شدن نظر کارشناس به عنوان تصمیم‌گیرنده نهایی از شبیه‌سازی سه بعدی منطقه در محیط Arc GIS استفاده شد. با همین هدف، در مرحله اول از لایه‌ها ی فازی به‌دست آمده از روش خوشه‌بندی خاکستری استفاده شد. در لایه نهایی فازی به‌دست آمده از روش‌های خوشه‌بندی خاکستری محدوده ارزش‌های به‌دست آمده بین ۰ تا ۰/۷۷۷ قرار دارد. با توجه به این که بالاترین ارزش‌ها، بهترین مناطق را نشان می‌دهند، در لایه به‌دست آمده از روش خاکستری ارزش های ۰/۷۵ به بالا به عنوان مناطق مناسب انتخاب شدند که در شکل (۳)، نمایش داده شده است. در مرحله بعد، تصویر سنجنده TM ماهواره لندست مورد استفاده قرار گرفت و با استفاده از باندهای ۱، ۲ و ۳ تصویر رنگی طبیعی منطقه ساخته شد. سپس، با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی و تصویر به‌دست آمده از منطقه، مدل سه بعدی پناهگاه حیات‌وحش نایبندان در محیط Arc Scene ساخته شد. در مرحله بعد، با استفاده از نظر کارشناسان محل نهایی ایستگاه دیدبانی در محدوده‌ای که به روش خاکستری به‌دست آمده بود، انتخاب شد که نتایج در شکل (۳) نشان داده شده است.



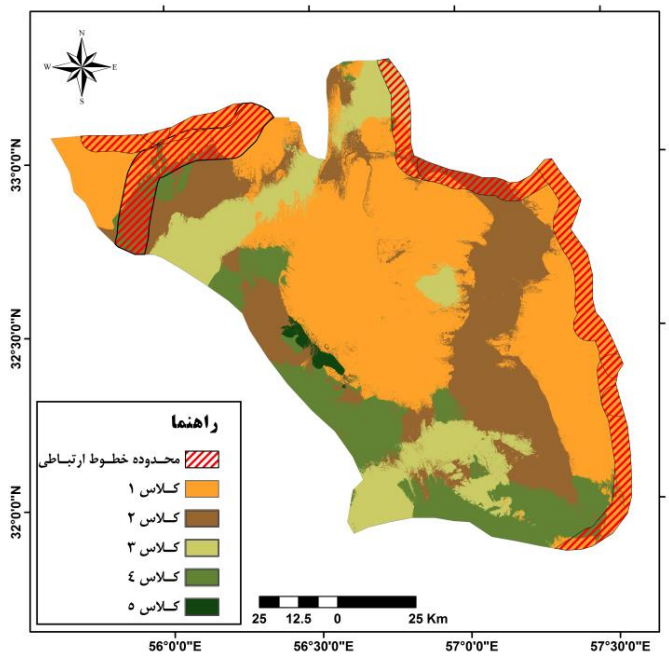
شکل (۳): محدوده‌های انتخاب شده با استفاده از لایه‌های فازی خاکستری و منطقه نهایی پیشنهاد شده

یافته‌ها

براساس نتایج به‌دست آمده از مطالعه، معیارهای فنی و اقتصادی- اجتماعی و هشت شاخص به‌عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر در پهنه‌بندی و تعیین مکان بهینه استقرار ایستگاه محیطبانی انتخاب شد. فرایند تحلیل شبکه‌ای مشخص نمود که بیشترین وزن به شاخص‌های فاصله از نقطه ثقل و فاصله از خطوط ارتباطی اختصاص دارد. براساس یافته‌های نهایی نمایش داده شده در شکل (۴)، کلاس ۱ مطلوب‌ترین کلاس به منظور احداث ایستگاه محیطبانی می‌باشد و کلاس‌های دیگر به ترتیب در درجات با برتری پایین‌تر قرار دارند. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد بیش از ۴۸٪ از کل منطقه در کلاس ۱ واقع شده است و بقیه کلاس‌ها حدود ۵۱٪ از منطقه را تشکیل می‌دهند. لازم به ذکر است که ارزش‌های هر دسته به صورت فازی و در دامنه‌ای بین صفر و حداکثر ارزش آن کلاس قرار دارند. بنابراین، می‌توان در محدوده کلاس ۱ نیز بهترین مکان‌ها را شناسایی نمود. به عبارت دیگر، در هر یک از کلاس‌ها می‌توان بی‌نهایت کلاس دیگر تعریف کرد. با توجه به این که نظر کارشناسان به عنوان بالاترین عضو سیستم، مشخص کننده تصمیم نهایی می‌باشد؛ در این پژوهش آنالیز سه بعدی به منظور اعمال نهایی نظر کارشناسان مورد استفاده قرار گرفت و مکان بهینه نهایی مشخص شد. نتایج حاصل از خوشه‌بندی خاکستری نشان داد که مطلوب‌ترین مکان‌ها جهت استقرار ایستگاه محیطبانی در شرق، مرکز و شمال‌غرب منطقه قرار دارند.

با توجه به وسعت پناهگاه حیات‌وحش نایبندان مسلماً یک ایستگاه ممکن است نتواند جوابگوی حفاظت از کل منطقه باشد و باید چندین مکان پیشنهاد شود. علت این که در این پژوهش چند مکان جهت استقرار ایستگاه محیطبانی معرفی نشد، این است که هرچند انتخاب چند ایستگاه به جای یک ایستگاه، با استفاده از روش استفاده شده در این پژوهش به‌راحتی امکان‌پذیر بود، اما به دلیل یک مشکل عمده از معرفی چند ایستگاه صرف

نظر شد. در واقع، وقتی یک ایستگاه محیطبانی احداث شود، برای احداث ایستگاه بعدی باید ایستگاه اول نیز در مطالعه وارد شود. بدیهی است که بدون در نظر گرفتن ایستگاه اول انتخاب محل ایستگاه دوم از لحاظ علمی توجیه‌پذیر نیست. لازم به‌ذکر است که ایستگاه محیطبانی نایبندان در نزدیکی منطقه مورد مطالعه قرار دارد ولی به دو دلیل عمده در مطالعه آورده نشده است. دلیل اول این که ایستگاه مذکور در خارج از محدوده پناهگاه قرار گرفته است و دلیل دوم این که با توجه به شواهد، محل احداث ایستگاه به صورت علمی انتخاب نشده است. بنابراین، اعمال آن در مطالعه نتنها نمی‌تواند به دقت مطالعه بیافزاید، بلکه ممکن است سبب بروز خطا در انتخاب مکان بهینه نیز شود.



شکل (۴): نقشه نهایی حاصل از تلفیق تمام کلاس‌ها

بحث و نتیجه‌گیری

حفاظت از اکوسیستم‌ها و زیستگاه‌های طبیعی و احیای جمعیت‌های گونه‌ها در محیط‌های طبیعی خود، گامی مهم جهت حفاظت از تنوع‌زیستی و ارتقای وضعیت کمی و کیفی آن می‌باشد. از این رو، در امر بهره‌برداری از محیط زیست، لزوم بهره‌برداری بهینه از عرصه منابع‌طبیعی همراه با حفاظت اصولی از منابع ژنتیکی گیاهی و جانوری و جلوگیری از فرسایش آنها در زمینه نیل به وضعیت مطلوب تنوع‌زیستی باید مدنظر قرار گیرد. سرزمین ایران در میان کشورهای جنوب آسیا از نظر غنا و تنوع‌زیستی موقعیت منحصر به فردی دارد. حفاظت کافی و مؤثر از تنوع‌زیستی به احداث شبکه مناطق تحت حفاظت کافی در راستای یک استراتژی جهانی نیازمند است تا به صورت پناهگاهی وسیع طیف گسترده‌ای از حیات گیاهی و جانوری را در خود جای داده و بقای آنها را تضمین نماید.

پناهگاه حیات‌وحش نایبندان جزء بزرگ‌ترین پناهگاه‌های حیات‌وحش کشور می‌باشد که گونه‌های مهمی همانند یوزپلنگ، جبیر، کاراکال، شاه‌روباه، هوبره[۱۸]، عقاب طلایی[۱۹]، بحری[۲۰] و غیره را دارا می‌باشد. بنابراین به منظور حفاظت بیشتر از منطقه و حفظ تنوع‌زیستی، اقدام به طراحی محل پایش محیط‌زیستی در منطقه شد. با توجه به تجزیه و تحلیل خوشه‌ها و نتایج به‌دست آمده از این مدل و تطبیق یافته‌های پژوهش با شرایط منطقه، امکان استقرار ایستگاه محیطبانی در پناهگاه حیات‌وحش نایبندان در مکان بهینه انتخاب شده توسط مدل ترکیبی مورد استفاده عملی و منطقی می‌باشد؛ همان‌گونه که نتایج حاصل شده از پژوهش‌های قبلی نشان‌دهنده صحت و دقت بالای مدل مذکور در ارایه نتایج مطلوب می‌باشد. در پایان، با توجه به ارزش‌های زیستی منطقه، به‌ویژه نظر به این که پناهگاه حیات‌وحش نایبندان به‌عنوان زیستگاه پستانداران و پرندگان با ارزش حفاظتی بالا از جمله یوزپلنگ آسیایی و هوبره معرفی شده است، جهت حفاظت فیزیکی منطقه که از ابتدایی‌ترین اقدام‌های مدیریتی در

مناطق حفاظت شده محسوب می‌شود، استقرار ایستگاه محیط‌بانی در پناهگاه، براساس نتایج حاصل از این پژوهش مورد پیشنهاد است.

یادداشت‌ها

1. Analytic network process (ANP)
2. Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL)
3. Multiple criteria decision making (MCDM)
4. Topsis
5. Gazella dorcas
6. Acinonyx jubatus Venaticus
7. Felis caracal
8. Vulpes cana
9. Vulpes rueppelli
10. Ovis oriental
11. Delphi
12. Gray Cluster Analysis(GCA)
13. Capra aegagrus
14. Alectoris chukar
15. Network Relation Map(NRM)
16. Analytic hierarchy process
17. Whitening function
18. Chlamidotis undulate macqueenii
19. Aquila chrysaetos
20. Falco peregrines

فهرست منابع

پاک‌طینت، ه. و درویشی، ع. ۱۳۹۰. بهینه‌سازی اندازه باطری در تجهیزات فتوولتائیک با استفاده از داده‌های سنجش از دور، اولین همایش بین‌المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی، تهران.

دری، ب. و حمزه‌ای، ا. ۱۳۸۹. تعیین استراتژی پاسخ به ریسک به وسیله تکنیک ANP (مطالعه موردی: پروژه توسعه میدان نفتی آزادگان شمالی)، مجله مدیریت صنعتی، دوره ۲، شماره ۴، ص ۹۲-۷۵.

سرهنگ‌زاده، ج.؛ ایران‌نژاد پاریزی، م. ح. و مختاری، م. ح. ۱۳۸۵. طرح ساماندهی مناطق حفاظت شده مطالعه موردی: پناهگاه حیات‌وحش نایبندان، مجتمع کشاورزی، منابع‌طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه یزد.

سعیدی، ح. ر. و نجفی، ا. ۱۳۸۹. استفاده از فرایند شبکه تحلیلی (ANP) برای تعیین اولویت جنبش دام از جنگل و ساماندهی مهاجران جنگل مطالعه موردی: بابابکوه منطقه گیلان، مجله جنگل، دوره ۲، شماره ۴، ص ۳۲۱-۳۰۹.

شناسنامه پناهگاه حیات‌وحش نایبندان. ۱۳۸۸. انتشارات سازمان حفاظت محیط‌زیست.

صادقی، آ.؛ دانه کار، ا.؛ خراسانی، ن. و نعیمی، ب. ۱۳۹۰. تحلیل مطلوبیت سرزمین جهت مکان‌یابی نیروگاه حرارتی با استفاده از رویکرد ارزیابی چند معیاره محیط زیستی مطالعه نمونه شهرستان چابهار، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره ۲۳، صفحات ۱۴۰-۱۲۳.

فرجی سبکبار، ح. ع.؛ سلمانی، م.؛ فریدونی، ف.؛ کریم زاده، ح. و رحیمی، ح. ۱۳۸۹. مکان‌یابی محل دفن بهداشتی زباله روستایی با استفاده از مدل فرایند شبکه ای تحلیل (ANP): مطالعه موردی نواحی روستایی شهرستان قوچان، فصلنامه مدرس علوم انسانی، دوره ۱۴، شماره ۱، ص ۱۴۹-۱۳۷.

فرجی سبکبار، ح. ع.؛ عشورنژاد، غ.؛ رحیمی، س. و فرهادی‌پور، ا. ۱۳۹۱. ارزیابی ظرفیت دستگاه‌های خودپرداز در شعب بانک‌ها و موسسات مالی و اعتباری با استفاده از (ANP) و (GCA) مطالعه موردی: حد واسط میدان انقلاب تا میدان فردوسی خیابان انقلاب تهران، مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، سال چهارم، شماره ۱۴، ص ۲۳-۴۲.

فرقانی، ع.؛ یزدان‌شناس، م. و آخوندی، ع. ۱۳۸۶. ارایه چارچوبی برای مکان‌یابی مراکز صنعتی در سطح ملی همراه با مطالعه موردی، فصلنامه دانش مدیریت، سال ۲۰، شماره ۷۷، صفحات ۱۰۴-۸۱.

گیل عسکر، ر.؛ صائب، ک.؛ ارجمندی، ر. و خراسانی، ن. ۱۳۹۰. تدوین استراتژی یکپارچه زیست محیطی پارک جنگلی صفارود به روش ANP، فصلنامه علوم و فنون منابع طبیعی، سال ششم، شماره اول.

مجنونیان، ه. ۱۳۸۰. پارک‌های ملی و مناطق حفاظت شده (ارزش‌ها و کارکردها)، انتشارات سازمان حفاظت محیط‌زیست.

محمدی، ع. و مولایی، ن. ۱۳۸۹. کاربرد تصمیم‌گیری چند معیاره خاکستری در ارزیابی عملکرد شرکت‌ها، مدیریت صنعتی (دانشگاه تهران)، دوره ۲، شماره ۴، ص ۱۴۲-۱۲۵.

منتظر، غ. و جعفری، ن. ۱۳۸۷. استفاده از روش دلفی فازی برای تعیین سیاست‌های مالی کشور، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، فصلنامه پژوهش‌های رشد و توسعه پایدار، سال هشتم، شماره اول

نجفی، ا. ۱۳۸۹. به کارگیری فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) در تحلیل چالش‌های ساختاری و محیط اجرایی سازمان در مدیریت پروژه، نشریه بین‌المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید، شماره ۱، جلد ۲۱، ص ۷۶-۶۳.

Agha Ebrahimi Samani, B.; Makoi, A. & SadrLahijani, M.H. 2008. Challenges of Iranian companies in oil and gas projects to DEMATEL, Sharif Journal (Industrial Engineering & Management), Vol.25, No. 45, PP: 121-129.

Asgharpour, M. J. 2003. Group decision making and games theory with a operations research approach, Tehran University Publications, Tehran.

Beever, E. A. & Wood Ward, A. 2011. Design of ecoregional monitoring in conservation area of high-latitude ecosystems under contemporary climate change, Biological Conservation, 144: 1258-1269.

Buyokozkan, G. & Cifci, G. 2012. A novel hybrid MCDM approach based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS to evaluate green suppliers, Expert Systems With Application, Vol 39, Issue 3: 3000-3011.

Chrysochoou, M.; Brown, k.; Dahal, G.; Carvajal, C.G; Segerson, K.; Garrick, N. & Bagtzoglou, A. 2012. A GIS and indexing scheme to screen brown fields for Area- wide redevelopment planning, Land scape and Urban Planning.

Deng, J. 1989. Introduction to grey system theory, Journal of Grey System, Vol.1, NO.1, 1–24.

Fontela, E. & Gabus, A. 1976. The DEMATEL observer, Battelle Institute, Geneva Research Center.

Gaston, K.; Charman, K.; Jackson, S.F.; Armsworth, P.R.; Bonn, A.; Briers, R.A.;Callaghan, C.S.Q; Catchpole, R.; Hopkins, J.; Kunin, W.E.; Latham, J.; Opdam, P.; Stoneman, R.; Stroud, D.A. & Tratt, R. 2006. The ecological effectiveness of protected areas: The united Kingdom, Biological Conservation, Vol 132, Issue 1: 76-87.

Saaty, T. L. 1996. The analytic network process-decision making with dependence and feedback. Pittsburgh, PA: RWS Publications.

Shinkou, M. & Shuh liang, G. 2011. A novel hybrid decision-making model for selecting location in a fuzzy environment, Mathematical and Computer Modeling, Vol 54: 88-104

Wiecek, M.M.; Ehrgott, M.; Fadel, G. & Figueira, J. R. 2008. Multiple criteria decision making for engineering, OMEGA - The International Journal of Management Science, Vol. 36, NO.3: 337-339.

Wolfslehner, B.; Vacik, H. & Lexer, M.J. 2005. Application of the analytic network process in multi-criteria analysis of sustainable forest management, Forest Ecology and Management, 207: 157–170

Wu, w. w. 2008. Choosing knowledge management strategies by using a combined ANP and DEMATEL approach, Expert Systems with Applications, 35: 828-83