مکان‌یابی اکوپارک در شهرستان‌های مرکزی استان اردبیل با استفاده از مدل‌های تحلیل چندمعیاره

صیاد اصغری سراسکانرود[1*]، مهدی فعال نذیری[1] و الناز پیروزی[1]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۳/۲۲)

چکیده

امروزه به‌علت پیشرفت‌های صنعتی و رشد فزاینده محیط‌های شهری، ایجاد اکوپارک، به عنوان مکانی که بتواند شرایط محیط زیست طبیعی را برای بشر فراهم کند، ضروری است. هدف مطالعه حاضر مکان‌یابی تطبیقی اکوپارک در سطح شهرستان‌های اردبیل، مشکین‌شهر، سرعین، نیر و نمین با استفاده از مدل‌های تحلیل چندمعیاره است. در راستای رسیدن به اهداف پژوهش، ابتدا چهار معیار و ۱۵ زیرمعیار به‌عنوان عوامل مؤثر بر مکان‌یابی اکوپارک شناسایی شدند. سپس برای وزن‌دهی عوامل، از روش فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) و برای تحلیل مدل نهایی از روش میانگین‌گیری وزن‌دار ترتیبی (OWA) به‌عنوان یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده شد. نتایج حاصل از وزن‌دهی معیارها نشان داد که معیار فاصله از رودخانه‌ها بیشترین مقدار ضریب وزنی را به خود اختصاص داده است. برای انتخاب مکان مناسب اکوپارک، محدوده مورد مطالعه به چهار گروه از توان بالا تا فاقد توان طبقه‌بندی شد که ۱۳۰۸۱۵ هکتار از مساحت محدوده در طبقه با توان زیاد و ۱۶۷۲۱۳ هکتار در طبقه با توان متوسط قرار دارد. مناطقی که به‌عنوان نقاط با توان بالا جهت ایجاد اکو پارک شناسایی شدند، به‌طور عمده در کاربری‌های جنگل، مراتع متوسط و باغات قرار دارند. این مناطق، بیشتر در نزدیکی یکی از رودخانه‌های دائمی و بزرگ استان قرار گرفته‌اند. با توجه به نتایج مطالعه، بخش‌های جنوبی مشکین‌شهر و شمال کوه سبلان به‌علت وجود جاذبه‌های متنوع طبیعی و انسانی و داشتن محیط بکر به‌عنوان مناسب‌ترین مکان جهت ایجاد اکوپارک انتخاب شد.

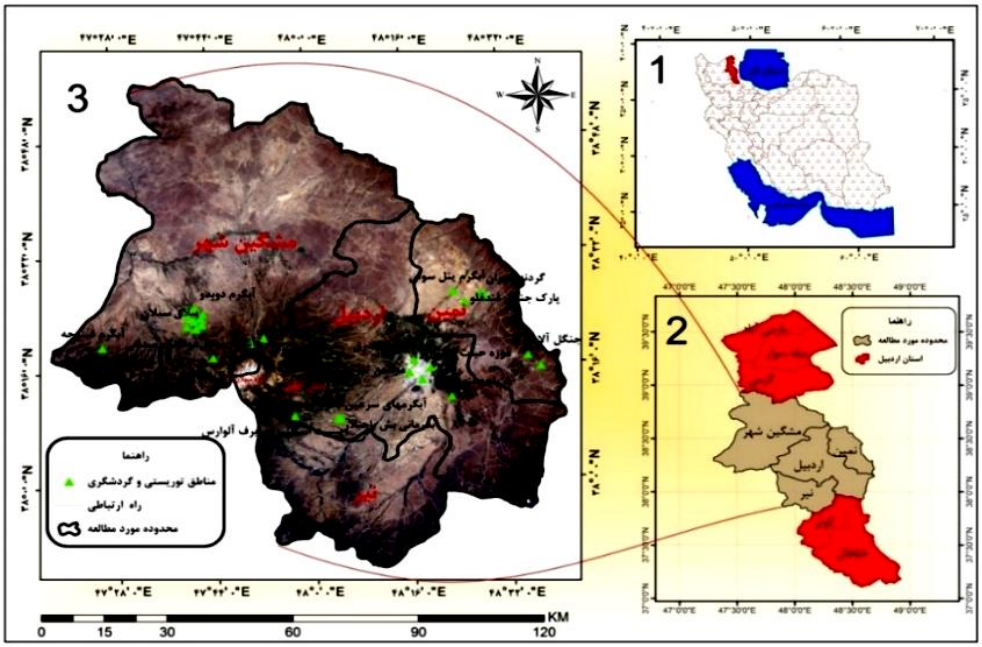
واژه‌های کلیدی: مکان‌یابی، اکوپارک، تحلیل چندمعیاره، طبقه‌بندی شیءگرا، استان اردبیل

۱. گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل.

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Sayyad.sasghari21@gmail.com

مقدمه

از نظر تاریخی تغییرات پارک‌های شهری آمریکایی در طی ۳۵ سال صورت پذیرفت و بیشتر از ۳۰ سال گذشت تا نوع جدیدی از پارک‌ها به نام پارک‌های اکولوژیک روی کار آمد. نخستین فعالیت در این زمینه در سمیناری علمی در دانشگاه برکلی کالیفرنیا در سال ۱۹۹۱ با شعار پارک‌های پایدار (Sustainable Parks) انجام شد و ایده اصلی پارک‌های اکولوژیک مطرح شد (۲۴). خصوصیات این دسته از پارک‌ها همانند پارک‌های قبلی نبوده، بلکه کاربرد گیاهان بومی، ذخیره‌سازی و بازآفرینی سیلاب‌ها و سایر منابع طبیعی، پیوستگی زیرساخت‌ها با فنّاوری‌های مناسب، حفظ و نگهداری چرخه زندگی، نظارت بر مصرف، حفظ و نگهداری حیات وحش و گیاهان بومی از جمله ویژگی‌های این دسته از پارک‌ها است. بیشتر پارک‌هایی که بعد از سال ۱۹۹۱ احداث شدند دارای چنین ویژگی‌هایی بوده و با نام اکوپارک معروف شده‌اند (۱). اکوپارک، محیطی است که در آن فعالیت‌های تفرجی، همگام با شناسایی چگونگی برخورد با مسائل زیست‌محیطی صورت می‌گیرد. فرضیه اصلی طراحی اکوپارک فراهم آوردن پشتوانه‌های اقتصادی، علمی و زیست‌محیطی مناسب برای آموزش عمومی و ایجاد فرهنگ صحیح محیط‌زیستی است (۲۴). استان اردبیل به‌دلیل داشتن آب و هوای مطبوع و خنک در فصل‌های بهار و تابستان یکی از مناطق گردشگری در ایران است. گردشگری به سبب اشتغال‌زایی و افزایش درآمد ملی، توانایی اجرای شاخص‌های توسعه پایدار، و توجه به محیط زیست و آموزش همگانی، اهمیت زیادی دارد که یکی از راهکارهای علم گردشگری برای هماهنگ‌سازی این اهداف، مکان‌یابی (Site selection) و ایجاد اکوپارک است (۱۸). مکان‌یابی فرایندی است که از طریق آن می‌توان بر اساس شرایط تعیین‌شده برای یک کاربری مشخص و با توجه به منابع و امکانات موجود، بهترین محل را تعیین کرد (۵). در بین روش‌های مختلف مکان‌یابی و ارزیابی تناسب سرزمین، روش‌های ارزیابی چندمعیاره (Multi-criteria evaluation) رایج‌ترین روش‌ها هستند که این امکان را فراهم می‌آورند تا معیارهای گوناگون به‌طور هم‌زمان در تعیین بهترین گزینه و مناسب‌ترین شرایط به کار گرفته شوند. در زمینه مکان‌یابی پارک‌ها بر اساس روش‌های چندمعیاره مطالعات زیادی انجام شده است. به‌طور مثال پیران و همکاران (۲۲) برای مکان‌یابی پارک جنگلی در شهرستان بدره معیارهای زیست‌محیطی، اقتصادی- اجتماعی و ژئومورفولوژی را در نظر گرفتند و برای وزن‌دهی به معیارها از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی استفاده کردند. ایشان با استفاده از تکنیک ترکیب خطی وزنی (WLC = Weighted Linear Combination) در محیط GIS نقشه نهایی مطلوبیت منطقه را برای ایجاد پارک جنگلی تهیه کردند. ژئورگیو و اسکارلاتوس (۱۱) در مکان‌یابی پارک خورشیدی در جنوب جزیره قبرس از ترکیب GIS و سنجش‌ازدور و تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده نمودند. ایشان برای وزن‌دهی به معیارها از الگوریتم تحلیل سلسله مراتبی (AHP = Analytical Hierarchy Process) و جهت مدل‌سازی از روش وزن‌گیری افزودنی ساده (SAW = Simple Additive Weighting) استفاده کردند و در نقشه نهایی، مناطق مناسب برای ایجاد پارک‌های خورشیدی در سطح محدوده را مشخص کردند. موحد و همکاران (۲۰) برای مکان‌یابی اکوپارک در ارتفاعات جنوب غربی مشهد با در نظر گرفتن لایه‌های تأثیرگذار در هر مدل و از طریق روی‌هم‌گذاری لایه‌های زیست‌محیطی، مدلی بوم‌شناختی را برای تفرج متمرکز و گسترده و کاربری توسعه شهری در سایت مورد مطالعه ایجاد کردند. دراهکی و همکاران (۷) به مکان‌یابی اکوپارک در منطقه مرکزی استان اصفهان با تلفیق روش‌های GIS و تحلیل سلسله مراتبی پرداختند که نتایج پژوهش آنها نشان داد منطقه‌ای با مساحت ۲/۸۵ هکتار در مجاورت بستر رودخانه زاینده‌رود و در باغ‌بهادران، به‌دلیل داشتن شایستگی ناحیه‌ای سرزمین بالاتر و سطح دسترسی و تسهیلات رفاهی بیشتر و همچنین مساحت بیشتر، مناسب‌ترین منطقه برای ایجاد اکوپارک است. هدف از این پژوهش، مکان‌یابی با استفاده از تلفیق وزن‌دهی فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP = Analytic Network Process) و مدل‌سازی



شکل ۱. محدوده منطقه مورد مطالعه (رنگی در نسخه الکترونیکی)

میانگین‌گیری وزن‌دار ترتیبی(Order Weighted Average = OWA) است. در این پژوهش، برای استخراج نقشه کاربری اراضی از روش‌های پردازش شیءگرا با الگوریتم نزدیک‌ترین همسایگی و برای بررسی پوشش گیاهی از شاخص تعدیل خاک پوشش گیاهی (Soil Adjusted Vegetation Index = SAVI) استفاده شده است.

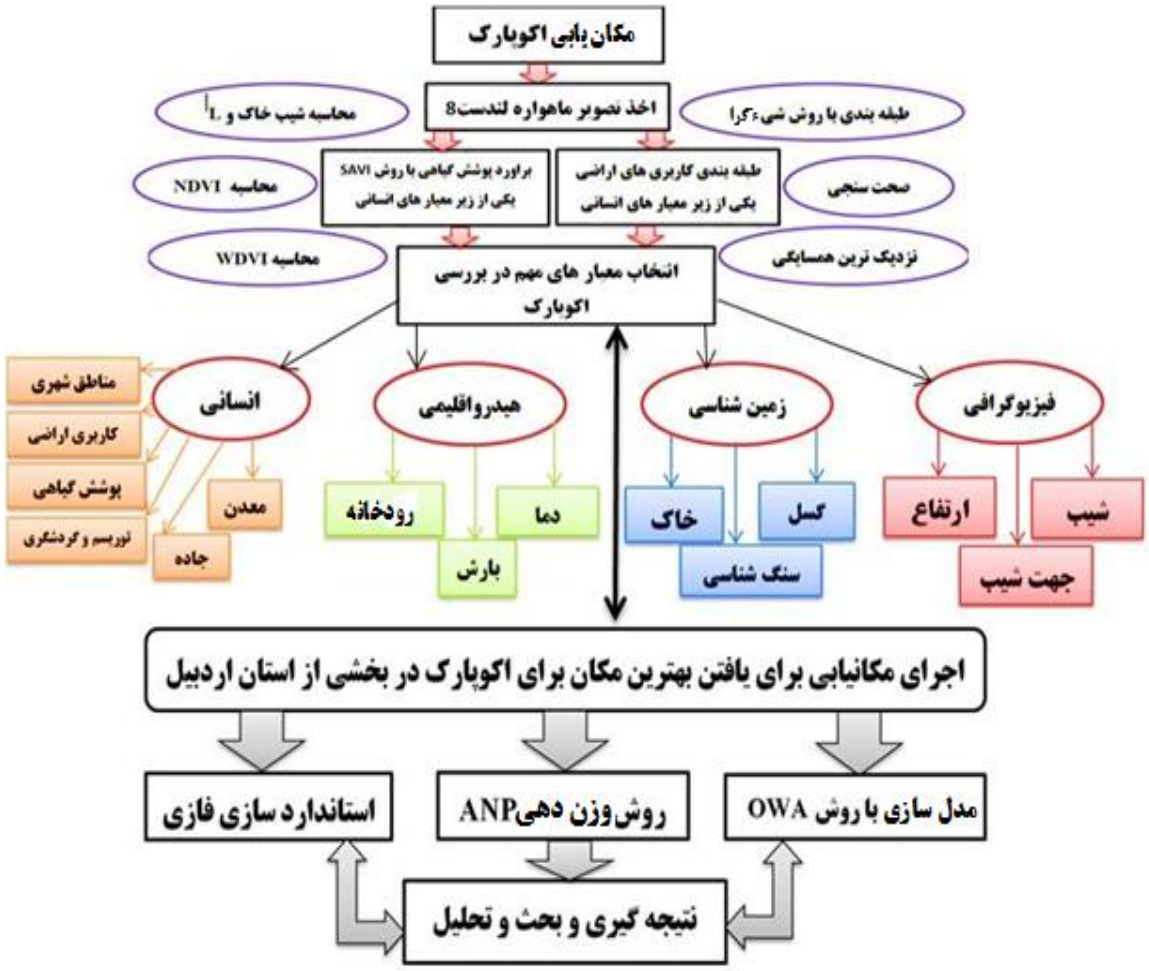
مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه

استان اردبیل در شمال غربی کشور و در محدوده "۳۸°۹′۱۸ تا "۳۸°۲۱′۲۰ طول شرقی و "۴۸°۷′۵۵ تا "۴۸°۳۱′۵۹ عرض شمالی قرارگرفته است (شکل ۱). این استان از شمال به جمهوری آذربایجان، از غرب به استان آذربایجان شرقی، از شرق به استان گیلان و کوه‌های تالش و از جنوب به استان زنجان محدود شده است. مساحت این استان ۱۷۹۵۳ کیلومتر مربع است که ۱/۰۹ درصد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده است. جمعیت استان اردبیل بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵ برابر با ۱۲۷۰۰۰۰ نفر است (۳). مرکز این استان کلان‌شهر اردبیل است و از مهمترین شهرهای گردشگری این استان می‌توان به شهرهای نیر، نمین، سرعین و مشگین‌شهر اشاره کرد. از ویژگی‌های این استان، آب و هوای مطبوع و خنک آن در فصل‌های بهار و تابستان است. طبق آمار اداره کل میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری استان اردبیل، تعداد گردشگران ورودی به استان اردبیل در سال ۱۳۹۸ حدود شش میلیون نفر بوده که نشان از افزایش ۴۰۰ درصدی گردشگری در مقایسه با سالهای گذشته دارد (۳۰).

روش تحقیق

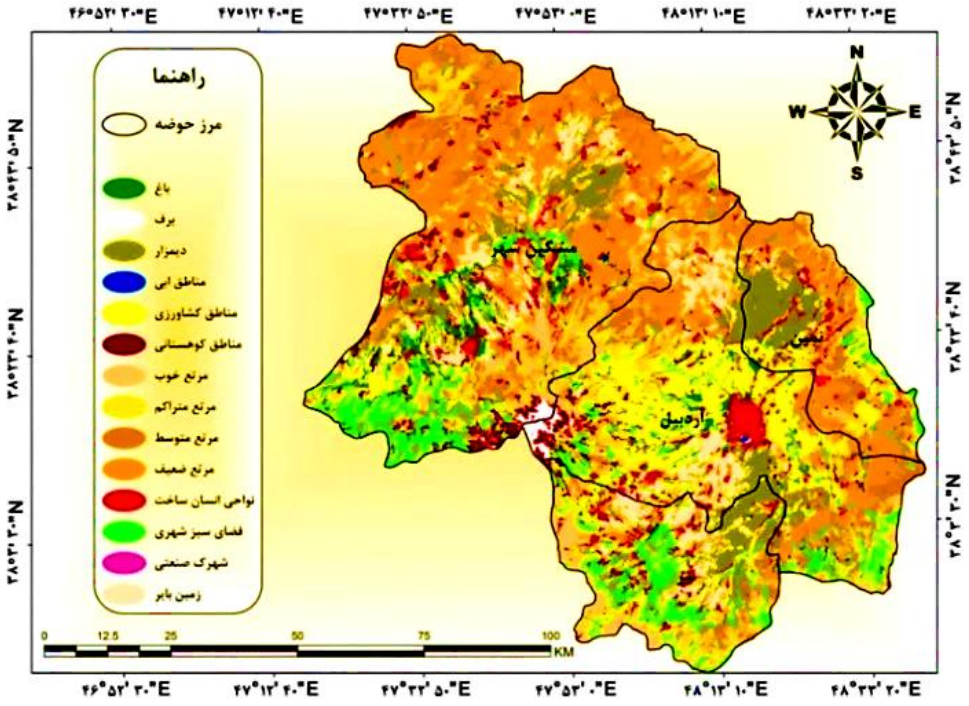
پژوهش حاضر از نظر هدف، از نوع کاربردی و از لحاظ روش، توصیفی- تحلیلی است و با تلفیق روش‌های آماری و آنالیز تصاویر ماهواره‌ای صورت گرفته است. با توجه به هدف اصلی و با مرور مقالات و منابع مرتبط در زمینه مکان‌یابی اکوپارک، معیارهای مورد نیاز توسط متخصصان تعیین شد. با توجه به نظرات کارشناسان، ۴ معیار انسانی، هیدرو-اقلیمی، فیزیوگرافیک و زمین‌شناختی و ۱۵ زیرمعیار بررسی شد. برای معیار انسانی، زیرمعیارهای فاصله از جاده،



شکل ۲. روند نمای (فلوچارت) مکان‌یابی اکوپارک در بخشی از استان اردبیل (رنگی در نسخه الکترونیکی)

پوشش گیاهی، کاربری اراضی، گردشگری، معدن و مناطق شهری انتخاب شد. همچنین معیار هیدرو-اقلیمی شامل زیرمعیارهای بارش، رودخانه و دما مورد بررسی قرار گرفت. برای معیار فیزیوگرافی، زیرمعیارهای شیب، جهت شیب و ارتفاع) و برای معیار زمین شناسی، زیرمعیارهای خاک، سنگ‌شناسی و گسل انتخاب شده و مورد تحلیل قرارگرفت. شکل ۲ روند کلی پژوهش را نشان می‌دهد.

به منظور استخراج زیرمعیار کاربری اراضی و پوشش گیاهی، از تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ سنجنده OLI به شماره گذر۱۶۷ و ردیف ۳۳ در تاریخ ۱۳۹۸/۰۵/۱۴ استفاده شد (۱۰). جهت استخراج نقشه کاربری اراضی از طبقه‌بندی شیءگرا و الگوریتم نزدیک‌ترین همسایگی استفاده شد. بدین ترتیب نقشه کاربری اراضی با استفاده از نرم‌افزار Ecognition تهیه شد. طبقه‌بندی شیءگرا فرایندی است که طبقات پوشش اراضی را به اشیاء تصویری ارتباط می‌دهد. مبنای طبقه‌بندی شیءگرا فرایند قطعه‌بندی است. در فرایند قطعه‌بندی مفسر می‌تواند با در نظر گرفتن پارامترهای شکل، بافت، ضریب فشردگی و معیار نرمی، فرایند قطعه‌بندی تصویر را انجام دهد (۹). در تحقیق حاضر برای قطعه‌بندی، از روش قطعه‌بندی چندمقیاسه استفاده شد. بدین منظور با تجزیه و تحلیل، مقیاس ۱۳۵، شکل ۰/۶ و ضریب فشردگی ۰/۴ برای قطعه‌بندی انتخاب شد. پارامترهای مؤثر بر استخراج کلاس‌ها در طبقه‌بندی شیءگرا در این



شکل ۳. نقشه طبقه‌بندی کاربری اراضی منطقه در سال ۱۳۹۸ (رنگی در نسخه الکترونیکی)

پژوهش شامل این موارد بود: ۱- انحراف معیار باندها: انحراف معیار یکی از شاخص‌های پراکندگی است که نشان می‌دهد داده‌ها چه مقدار از میانگین فاصله دارند. در این شاخص از سه پارامتر شامل باندهای مادون قرمز، قرمز و سبز استفاده شد. ۲- شاخص NDVI: در این پژوهش از شاخص NDVI به‌منظور جداسازی بهتر پوشش گیاهی از بقیه پدیده‌ها استفاده شد. ۳- شاخص PCI ۴- واریانس برای محاسبه بافت بر پایه میانگین و پراکندگی در اطراف میانگین به‌کار گرفته می‌شود. ۵- در شاخص هندسی، از پارامترهای مؤثری چون حداکثر اختلاف، درجه روشنایی، ضخامت، مساحت و فشردگی استفاده شد. برای استخراج نقشه کاربری اراضی از ترکیب باندهای مرئی (آبی، سبز و قرمز) و مادون قرمز نزدیک ماهواره لندست استفاده شد که بر خلاف طبقه‌بندی پیکسل‌پایه، در طبقه‌بندی شیءگرا ترکیب چهار باند (۲-۳-۴-۷) ماهواره لندست امکان‌پذیر است. بر این اساس، تعداد ۱۴ کلاس شامل نواحی انسان‌ساخت، مرتع خوب، مرتع متراکم، مرتع متوسط، مرتع ضعیف، پوشش برف دائمی، دیم‌زار، مناطق کوهستانی، مناطق کشاورزی، زمین بایر، باغات، شهرک صنعتی، فضای سبز شهری، و مناطق آبی برای ناحیه مورد مطالعه استخراج شد (شکل ۳). در این پژوهش تعریف کلاس‌ها بر اساس عوارض موجود در مرکز استان اردبیل صورت گرفت. شایان ذکر است در مراتع خوب، ضعیف و متوسط، میزان پوشش گیاهی موجود با استفاده از شاخص NDVI در سه کلاس طبقه‌بندی شد. برای استخراج نقشه کاربری مناطق انسان‌ساخت از نقشه‌های مناطق شهری استان اردبیل استفاده شد. سپس برای بررسی صحت طبقه‌بندی از نرم‌افزار Envi5.3 استفاده شد. بدین منظور ابتدا برای هر کاربری تعداد ۵۰ نمونه از مناطق مختلف آن برداشت شد و سپس با استفاده از الگوریتم بیشترین فراوانی، طبقه‌بندی صورت گرفت. در مرحله بعد، طبقه‌بندی شیءگرا و بیشترین فراوانی، با بررسی تک به تک کاربری‌ها با یکدیگر مقایسه شدند. در نهایت ضریب کاپا و صحت کلی تعیین شد. در صحت‌سنجی طبقه‌بندی شیءگرا در مرکز استان اردبیل در سال ۲۰۱۹، مقدار صحت کلی ۹۰ درصد و ضریب کاپا برابر با ۰/۸۹ محاسبه شد. با توجه به صحت کلی نقشه‌ها و با استناد به

منابعی مانند لیلسند و همکاران (۱۴) که ضریب صحت کلی بزرگ‌تر از ۸۵ درصد را قابل قبول عنوان کرده‌اند، در این پژوهش نتایج حاصل از طبقه‌بندی کاربری‌ها چه از نظر تک تک کاربری‌ها و چه از نظر صحت کلی و آمار کاپا از دقت قابل قبولی برخوردار است.

در ادامه برای استخراج نقشه پوشش گیاهی از شاخص SAVI بهره گرفته شد. شاخص SAVI، شاخص تصحیح‌شده NDVI است که اثرات خاک و رطوبت خاک را در سطح، کاهش می‌دهد. برآورد شاخص SAVI با فرمول‌نویسی در IDL8.5 (زبان برنامه‌نویسی ENVI5.3) انجام شد. روند کلی برآورد شاخص تعدیل خاک پوشش گیاهی به شرح زیر است:

۱. برآورد شاخص پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI): این شاخص، مقدار و توان پوشش گیاهی را در سطح زمین اندازه-گیری می‌کند. بازه مقادیر در شاخص پوشش گیاهی نرمال‌شده بین ۱- تا ۱+ متغیر است. این شاخص بر اساس رابطه ۱ محاسبه می‌شود (۶).

$$NDVI=(bNir - bRED) / (bNIR – bRED) \quad (۱)$$

۲. برآورد خط خاک: خط خاک، خط فرضی رگرسیونی در فضای طیفی بازتاب خاک در باند مادون‌قرمز نزدیک و باند قرمز است. برای محاسبه خط خاک در یک منطقه، ابتدا باید پیکسل‌هایی که دارای خاک لخت بوده و هیچ پوشش گیاهی ندارند در سطح منطقه شناسایی و انتخاب شوند. در مرحله بعد ارزش پیکسل‌های جدا شده در باند قرمز و مادون قرمز نزدیک، استخراج و معادله رگرسیونی بین ارزش پیکسل‌ها در این دو باند تعیین می‌شود. در این تحقیق، به‌منظور محاسبه معادله خط خاک، ابتدا تعداد ۳۵ پیکسل خالص خاک با استفاده از موقعیت‌های ثبت شده خاک، استخراج و با ترسیم مقادیر بازتاب این پیکسل‌ها در محدوده قرمز و مادون قرمز نزدیک، ضرایب خط خاک محاسبه شد (۲۳).

۳. محاسبه شاخص پوشش گیاهی تفاضلی وزن‌دار شده (WDVI = Weight Differenced Vegetation Index): در واقع میزان پوشش گیاهی با فاصله عمودی از خط خاک تعیین می‌شود. این شاخص بر اساس رابطه ۲ محاسبه می‌شود (۲۵).

$$WDVI=NIR-(G*RED) \quad (۲)$$

G عدد شیب است.

۴. فاکتور تصحیح‌کننده اثرات زمینه خاک (L): در این روش که توسط کوای و همکاران (۲۳) ارائه شد، L فاکتور تصحیح اثرات خاک است. مقدار ۰ برای پوشش گیاهی متراکم و ۱ برای پوشش گیاهی با تراکم کمتر است. ضریب L با استفاده از رابطه ۳ قابل محاسبه است (۱۲).

$$L=1-2*a*NDVI*WDVI \quad (۳)$$

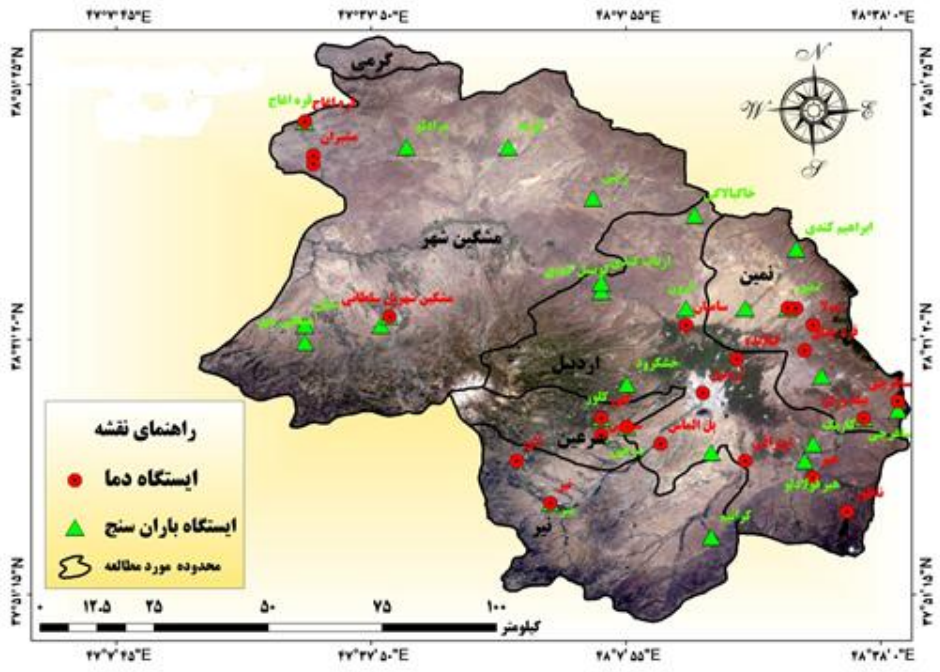
در این رابطه a مقدار ثابت ۱/۶ است.

۵. محاسبه شاخص تعدیل خاک پوشش گیاهی (SAVI): شاخص تعدیل خاک پوشش گیاهی با استفاده از رابطه ۴ محاسبه می‌شود (۲۵).

$$SAVI = \frac{NIR - RED}{NIR - RED + L}(1+L) \quad (۴)$$

در ادامه، برای تهیه نقشه‌های فاصله از جاده، فاصله از معدن و فاصله از مناطق شهری از مطالعات آمایش سرزمین و سند راهبردی توسعه استان اردبیل (۳۰) استفاده شد. همین‌طور برای استخراج نقشه بارندگی و دما، داده‌های ۲۳ ساله ایستگاه‌های سینوپتیک و کلیماتولوژی منطقه مورد مطالعه (شکل ۴) از اداره هواشناسی استان اردبیل تهیه شد و سپس با استفاده از درون‌یابی با مدل‌های IDW برای سطح مرکزی استان اردبیل به‌دست آمد. روش درون‌یابی IDW بر این فرض استوار است که تأثیر پدیده مورد نظر با افزایش مسافت کاهش می‌یابد. به بیان دیگر، پدیده پیوسته در نقاط اندازه‌گیری نشده، بیشترین شباهت را به نزدیک‌ترین نقاط برداشت شده دارد. ه همین دلیل است که این مدل Inverse Distance Weighted نام گرفته است. از طرف دیگر تأثیر شدت وابستگی مکانی در داده‌ها را با استفاده از توان در معکوس فاصله می‌توان اعمال کرد. توان دوم معکوس فاصله در این مدل به‌طور مکرر توسط پژوهشگران استفاده شده است (۵).

نقشه خاک منطقه با مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ از اداره منابع طبیعی استان اردبیل تهیه شده و مورد استفاده قرار گرفت. در مطالعه



شکل ۴. نقشه موقعیت ایستگاه های دما و بارش در شهرستان‌های مرکزی استان اردبیل (رنگی در نسخه الکترونیکی)

حاضر نقشه عمق خاک بررسی شد. خاک‌هایی کـه عمـق بیشـتری دارند، حاصلخیزتر بوده و از تنوع گیاهی بیشـتری برخوردارنـد. در مقابل، در خاک‌هایی با عمق کمتر، زهکشی بیشتر بوده و خشک‌تـر هستند و درجه رقابت کمتری از نظر تنوع گونه‌های گیـاهی دارنـد. به‌علاوه از نظر فرسایش و هدررفت خاک، خاکهای کم‌عمق مستعد فرسایش بیشتر هسـتند و بـرعکس، خـاک‌هـای عمیـق از پتانسـیل فرسایشی کمتری برخوردار هستند. بنابراین، بـه خـاک‌هـای عمیـق بیشترین ارزش (یک) و به خاک‌های کم‌عمق، کمترین مقدار ارزش فازی (صفر) نسبت داده شد. نقشه مدل رقومی ارتفاع با به‌کارگیری نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه استخراج شد و بـا اسـتفاده از آن، نقشه شیب و جهت شـیب شهرسـتان‌هـای مرکـزی اسـتان اردبیـل استخراج شد. نقشه‌های سنگ‌شناسی و گسل‌هـای محـدوده مـورد مطالعـه بـا اسـتفاده از نقشـه زمـین‌شناسـی ۱:۱۰۰۰۰۰ سـازمان زمین‌شناسی کشور تهیه شد. معیار سنگ‌شناسی با توجه بـه اهمیـت مقاومت سازندها در برابر مخـاطرات محیطـی مـورد بررسـی قـرار گرفت. در سازندهای با مقاومت کمتر، پتانسیل مخاطراتی همچـون زمین‌لغزش، حرکات روانه‌ای خاک و فرسـایش زیـادتر اسـت. بـه-

علاوه، مقاومت سازندها از نظر احداث سازه‌ها و امکانات زیربنـایی و تفریحی در اکوپارک حائز اهمیت است. در نهایت برای استخراج تمام نقشه‌ها از نرم‌افزار ArcGIS10.3 استفاده شـد. پـس از تعیـین معیارهـا، از آنجا کـه در فراینـد ارزیـابی و مکـان‌یـابی، همـه معیارهـای مـورد اسـتفاده دارای اهمیت یکسـان نیسـتند، اهمیـت هر معیار نسبت بـه معیار دیگـر باید تعیـین شـود. قابل ذکـر اسـت مقیاس مطالعه در این پژوهش برای ایـن معیارهـا منطقـه‌ای اسـت. بنابراین باید از روش مناسبی برای وزن‌دهی بـه معیارهـا اسـتفاده شـود (۱۸). در این مطالعه برای وزن‌دهی به معیارها از تلفیق روش ANP و روش مدل‌سازی (OWA) استفاده شد. از آنجا که معیارهـا ماهیت متفاوتی دارند، بنابراین معیار انـدازه‌گیـری آنهـا بـا یکـدیگر متفاوت خواهد بـود و لازم اسـت قبل از ترکیب و هـم‌پوشـانی بـا یکدیگر، استانداردسازی شـوند (۱۵). استانداردسازی نقشـه‌هـا بـر اساس منطق فـازی و مدل‌سازی (OWA) صـورت گرفت.

فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP)

روش ANP شکل توسعه یافته‌ای از روش AHP اسـت کـه قـادر

است همبستگی و بازخوردهای موجود بین عناصر در یک تصمیم‌گیری را مدل‌سازی کرده و تمام تأثیرات درونی اجزای مؤثر در تصمیم‌گیری را وارد محاسبات کند (۱۶). در مدل AHP، معیارها تنها با معیار بالایی خود ارتباط دارند؛ یعنی معیارها به هدف‌ها، زیرمعیارها به معیارها و گزینه‌ها به زیرمعیارها وابسته هستند و حتی خود معیارها هم به یکدیگر وابسته نیستند، ولی در مدل ANP نه تنها خوشه‌ها بر عناصر تأثیر می‌گذارند، بلکه حتی عناصر بر خودشان و بر دیگر خوشه‌ها نیز اثرگذارند (۱۹). به‌طور کلی، مراحل روش ANP به این ترتیب است: ۱- تعیین معیارها و شاخص‌ها؛ ۲- تعیین روابط و ارتباطات بین عناصر و خوشه‌ها: در این گام، مسئله تصمیم‌گیری به ساختار شبکه‌ای تجزیه می‌شود.؛ ۳- مقایسات زوجی بین عناصر و خوشه‌ها: ماتریس‌های مقایسات زوجی مشابه روش AHP است و زوج‌های عناصر تصمیم‌گیری در هر خوشه به نسبت اهمیت‌شان در جهت شرط‌های کنترلی آنها مقایسه می‌شوند.؛ ۴- تشکیل سوپرماتریس‌ها: الف- تشکیل سوپرماتریس اولیه یا غیروزنی ب- تشکیل سوپرماتریس وزنی ج- تشکیل سوپرماتریس حدی: سوپرماتریس وزنی به توان حدّی می‌رسد تا عناصر ماتریس هم‌گرا شده و مقادیر سطری آن با هم برابر شوند.؛ ۵- نتایج ماتریس خوشه‌ها؛ ۶- نتیجه نهایی عناصر: ضرایب سوپرماتریس در ضرایب ماتریس خوشه‌ها نرمال شده و در انتها، نتیجه نهایی عناصر و اولویت آنها مشخص می‌شود (۸).

روش میانگین‌گیری وزن‌دار ترتیبی (OWA)

این روش که توسط یاگر در سال ۱۹۸۸ ارائه شد، تلفیق یک جمع وزنی با اولویت‌بندی معیارهای ارزیابی بوده و علاوه بر وزن معیارها، اولویت‌بندی آنها را نیز در نظر می‌گیرد که اولویت‌بندی وزن‌ها امکان کنترل مستقیم معیارها را فراهم می‌کند (۱۷). این روش، قادر به محاسبه میزان ریسک‌پذیری و ریسک‌گریزی افراد و اعمال آن در انتخاب گزینه نهایی است (۱۳). توانایی این روش در این است که منجر به درجه‌بندی پیوسته سناریوهایی بین عملگر اشتراک (خطر ناسازگاری- ریسک‌ناپذیری) و عملگر اجتماع (ریسک‌پذیری) می‌شود (۲). می‌توان گفت که روش OWA ترکیب نسبتاً جدید ارزیابی چند معیاره (MCE = Multi-Criteria Evaluation) است که مانند روش WLC بوده، اما دو مجموعه از وزن‌ها را در برمی‌گیرد. اولین مجموعه از وزن‌ها، سهم نسبی معیار خاص را کنترل می‌کند، در حالی‌که مجموعه دوم وزن‌ها رتبه تجمع (اجتماع) معیارهای وزن‌دار را کنترل می‌کند. از مزایای روش OWA این است که محقق می‌تواند از طریق مرتب‌سازی دوباره و تغییر پارامترهای معیار، دامنه وسیعی از نقش‌ها و پیشنهادهای گوناگون و سناریوهای پیش‌بینی را تولید کند. این روش نقش مؤثری در تصمیم‌گیری ایفا می‌کند و همچنین عملگر تلفیق یک جمع وزنی بین حداقل و حداکثر، با رتبه‌بندی فاکتورهای ارزیابی بوده که هم وزن آنها و هم رتبه‌بندی آنها را در نظر می‌گیرد (۱۷).

ارزش‌گذاری و استانداردسازی

از آنجا که در اندازه‌گیری معیارها، دامنه متنوعی از مقیاس‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، بنابراین لازم است معیارها قبل از ترکیب با یکدیگر استاندارد شوند (۲۷). استانداردکردن داده‌ها به معنی همسان‌کردن دامنه تغییرات داده‌ها بین صفر و یک و یا یک دامنه مشخص دیگر (مانند صفر تا ۲۵۵) است (۴). در این پژوهش، مرحله مربوط به ارزش‌گذاری و استانداردسازی به‌صورت توأم و بر مبنای ارزش عضویت در مجموعه فازی در نظر گرفته شد. بیشترین ارزش یعنی مقدار ۱ به حداکثر عضویت و کمترین ارزش یعنی ۰ به حداقل عضویت در مجموعه تعلق می‌گیرد (۲۹). در تحقیق حاضر برای استانداردسازی، از توابع عضویت سیگموئیدال (Sigmoidal) و خطی (linear) و قالب‌هایی چون عضویت افزایشی به صورت یکنواخت، کاهشی به صورت یکنواخت و سایمتریک استفاده شد. به‌منظور استانداردسازی معیارهایی چون کاربری اراضی و سنگ‌شناسی از روش سیگموئیدال و برای استانداردسازی معیارهای خطی مانند فاصله از راه‌های ارتباطی، رودخانه و گسل از روش خطی استفاده شد.

در معیارهای فاصله از رودخانه، فاصله از مناطق شهری و فاصله از راه‌های ارتباطی، از تابع خطی و روند کاهشی استفاده شد، بدین صورت که هرچه از رودخانه، مناطق شهری و راه‌ها دورتر شویم، درجه مطلوبیت اراضی برای احداث اکوپارک کمتر می‌شود. در معیارهای بارش، دما، فاصله از معادن و فاصله از گسل، تابع خطی و روند افزایشی مورد استفاده قرار گرفت، بدین صورت که با افزایش بارش و دما و فاصله گرفتن از معادن و گسل درجه مطلوبیت برای احداث اکوپارک افزایش می‌یابد. در مورد معیار ارتفاع، به ارتفاعات ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متر بیشترین ارزش نسبت داده شد و با کاهش و افزایش ارتفاع نسبت به این بازه، ارزش فازی کاسته شد. از نظر سنگ‌شناسی، سازندهای آتشفشانی و آذرین با مقاومت زیاد، ارزش بالای فازی را دریافت کردند و با کاهش مقاومت سازندها، ارزش فازی اختصاص داده شده نیز کمتر شد. در مورد معیار خاک، ارزش فازی زیاد به خاک‌های عمیق نسبت داده شد. در ارتباط با معیار پوشش گیاهی، بیشترین ارزش به مناطق با تراکم زیاد پوشش و کمترین ارزش به مناطق با تراکم کم نسبت داده شد. در معیار کاربری اراضی، به‌ترتیب به محدوده‌های جنگلی و باغات، مراتع خوب، متوسط و ضعیف بیشترین ارزش و به مناطق صخره‌ای، مناطق مسکونی و شهری کمترین ارزش اختصاص یافت. از نظر جهت شیب، دامنه‌های جنوبی و جنوب غربی به‌دلیل آفتاب‌گیر بودن ارزش بالایی را به خود اختصاص دادند و به دامنه‌های غربی، جنوب شرقی، شرقی، بدون جهت، شمال غربی، شمال شرقی و شمالی به ترتیب ارزش فازی کمتری اختصاص داده شد. شکل ۵ وضعیت فازی شده نقشه‌های ذکرشده را نشان می‌دهد.

نتایج

تشکیل سوپرماتریس اولیه یا غیروزنی

عناصر ANP در تعامل با یکدیگر قرار دارند. این عناصر می‌توانند واحد تصمیم‌گیرنده، معیارها، زیرمعیارها، نتایج حاصل و گزینه‌ها نیز باشند. وزن نسبی هر ماتریس شبیه روش AHP بر اساس مقایسه زوجی محاسبه می‌شود. وزن‌های حاصل در سوپرماتریس وارد می‌شوند که رابطه متقابل بین عناصر سیستم را نشان می‌دهند (۸). سوپرماتریس به‌دست آمده در این مرحله به‌عنوان سوپرماتریس اولیه معرفی می‌شود که در جدول ۱ نشان داده شده است.

محاسبه بردار وزنی عمومی یا سوپرماتریس حدی

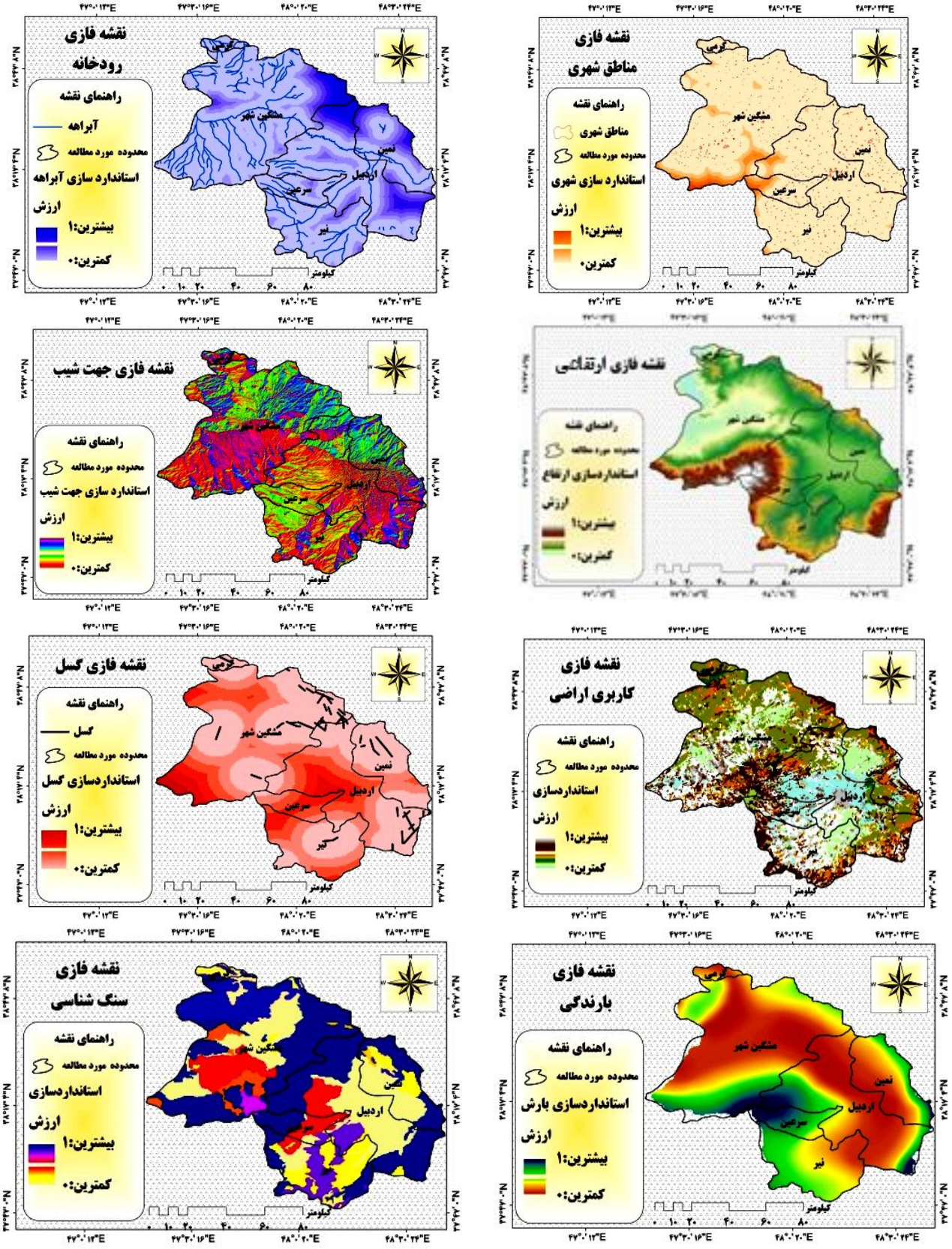
ماتریسی که در نتیجهٔ به توان رسیدن ماتریس وزنی به‌دست می‌آید، ماتریس حدی (جدول ۲) است. در این ماتریس، مقادیر هر سطر با هم برابر است. اگر سوپرماتریس اثر زنجیره‌واری داشته باشد، ممکن است دو یا چند سوپرماتریس داشته باشیم (۸).

نتایج ماتریس خوشه‌ها

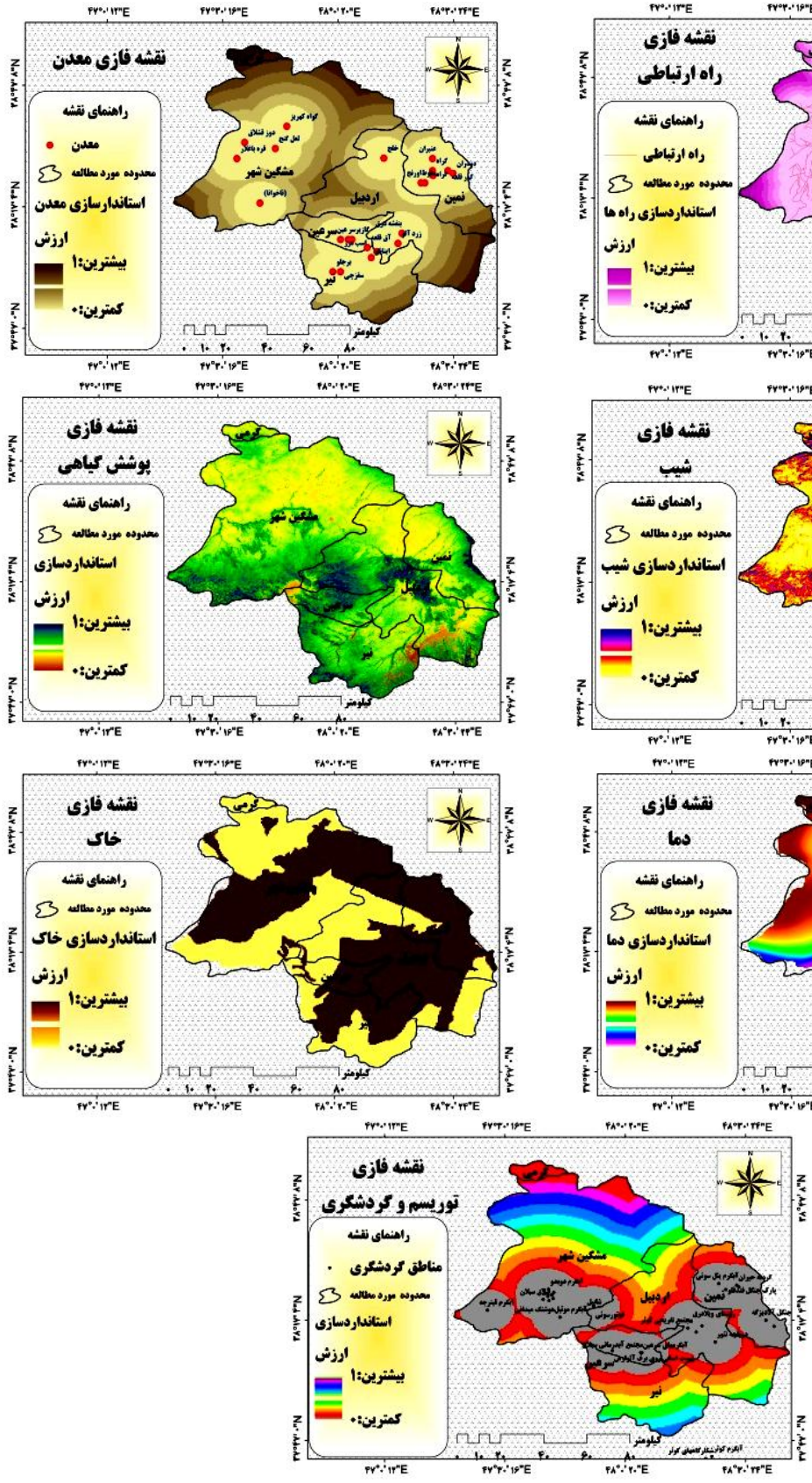
پس از محاسبه سوپرماتریس حدی، آخرین مرحله برای تعیین ارزش و ضریب نهایی عناصر، محاسبه نتایج ماتریس خوشه‌ها و نرمال‌سازی ضریب عناصر در سوپرماتریس حدی توسط ضریب خوشه‌ها است. نتیجه مقایسات زوجی بین گروه‌ها که جدول اوزان گروه‌ها نامیده می‌شود در جدول ۳ آورده شده است.

شکل ۶ نتیجه نهایی مدل ANP را نشان می‌دهد. طبق نتایج این مدل، عنصر فاصله از رودخانه‌ها با ضریب ۰/۵۹، بیشترین ارزش و اهمیت را در بین عناصر برای مکان‌یابی در سطح شهرستان‌های ذکر شده داراست و بعد از آن، عناصر ارتفاع با ضریب ۰/۴۴ و خاک با ضریب ۰/۴۲ عناصر برتر و مهم تلقی می‌شوند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که رودخانه‌ها تأثیرگذارترین معیار برای ایجاد اکوپارک در سطح شهرستان‌های ذکر شده هستند.

در این مرحله به‌منظور تهیه نقشه مکان‌یابی با استفاده از نقشه‌های استانداردشده فازی و ضرایب نهایی مدل ANP، مدل‌سازی نهایی با بهره‌گیری از روش OWA انجام شده و نقشه نهایی تهیه شد. در نهایت، محدوده مورد مطالعه از نظر میزان تناسب برای احداث اکوپارک به چهار گروه از توان بالا تا فاقد توان طبقه‌بندی شد (شکل۷-الف). با توجه به جدول ۴، ۱۳۰۸۱۵ هکتار از مساحت محدوده در طبقه با اولویت بسیار



شکل ۵. نقشه‌های استانداردشده فازی معیارهای مطرح برآورد شده در منطقه مورد مطالعه (رنگی در نسخه الکترونیکی)



ادامه شکل ۵. نقشه‌های استانداردشده فازی معیارهای مطرح برآورد شده در منطقه مورد مطالعه (رنگی در نسخه الکترونیکی)

جدول ۱. سوپرماتریس غیر وزنی یا اولیه مربوط به مدل

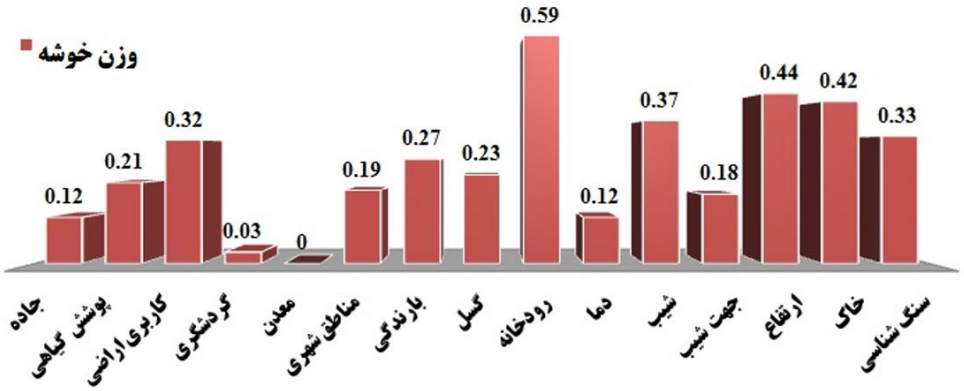
خوشه‌ها و عناصر		انسانی							فیزیوگرافی			هیدرو اقلیمی				زمین ساختی	
		جاده	کاربری	معدن	پوشش گیاهی	شهر	توریسم	ارتفاع	جهت شیب	شیب	بارش	دما	رودخانه	گسل	خاک	سنگ‌شناسی
انسانی	جاده	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۵	۰/۱۶۰	۰/۲۰۹	۰/۲۱۷	۰	۰	۰/۱۵۶	۰/۲۳۱	۰/۱۵۹	۰/۱۶۲
	کاربری	۱	۰	۰	۰/۵	۱	۰/۵	۰/۱۶۷	۰/۲۴۶	۰/۲۱۷	۰/۲۴۶	۰/۲۸۹	۰/۲۳۴	۰/۲۱۹	۰/۲۳۶	۰/۱۳۲
	معدن	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۲۳۸	۰	۰/۰۹۳	۰	۰	۰/۱۵۸	۰/۱۳۲	۰/۱۶۰	۰/۳۵۲
	گیاه	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۳۱۲	۰/۲۹۷	۰/۲۳۵	۰/۳۴۶	۰/۲۸۹	۰/۲۴۳	۰/۱۹۶	۰/۲۳۶	۰/۱۸۹
	شهر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۲۰	۰/۲۴۶	۰/۲۳۵	۰/۲۰۳	۰/۲۴۶	۰/۲۰۷	۰/۲۱۹	۰/۲۰۷	۰/۱۶۲
	توریسم	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۲۰۳	۰/۱۷۵	۰	۰	۰	۰
فیزیوگرافی	ارتفاع	۰/۵	۰/۵	۰/۲۴۸	۰/۴	۰/۴۵۹	۱	۰/۳۳۳	۰	۰	۰/۳۲۲	۰/۱۴۲	۰/۲۲۱	۰	۰/۴۱۲	۰/۳۳۳
	جهت شیب	۰	۰	۰/۱۴۲	۰/۲	۰/۲۲۱	۰	۰/۳۳۳	۰	۰	۰/۳۲۲	۰/۱۴۲	۰/۲۲۱	۰	۰/۴۱۲	۰/۳۳۳
	شیب	۰/۵	۰/۵	۰/۴۲۸	۰/۲	۰/۳۱۸	۰	۰/۶۶۶	۰	۰	۰/۱۴۶	۰	۰/۴۵۹	۰/۵	۰/۲۵۹	۰/۳۳۳
هیدرو اقلیمی	بارش	۰	۰/۴۱۲	۰	۰/۲۲۱	۰/۲۸۰	۰/۳۳۳	۰/۴۲۸	۰/۴۴۳	۰/۲۶۳	۰	۰	۱	۰	۰	۰
	دما	۰	۰/۲۵۹	۰	۰/۳۱۸	۰/۱۳۵	۰/۳۳۳	۰/۴۲۸	۰/۳۸۷	۰/۱۸۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	رودخانه	۱	۰/۳۲۷	۰	۰/۴۵۹	۰/۵۸۴	۰/۳۳۳	۰/۱۴۲	۰/۱۶۹	۰/۵۴۷	۱	۰	۰	۱	۱	۱
زمین ساختی	گسل	۰/۲۵۹	۰/۲۲۱	۰/۱۲۶	۰/۰۹۲	۰/۴۱۲	۰	۰/۱۴۹	۰/۱	۰/۳۲۷	۰	۰/۳۳۳	۰/۴۶۳	۰	۰	۰
	خاک	۰/۴۱۲	۰/۴۵۹	۰/۴۵۷	۰/۴۸۴	۰/۲۵۹	۰	۰/۳۷۶	۰/۴۶۶	۰/۴۱۲	۰/۵	۰/۳۳۳	۰/۲۸۰	۱	۰	۰
	سنگ‌شناسی	۰/۳۲۷	۰/۳۱۸	۰/۴۱۶	۰/۴۲۳	۰/۳۲۷	۰	۰/۴۷۴	۰/۴۳۳	۰/۲۵۹	۰/۵	۰/۳۳۳	۰/۲۵۵	۰	۰	۰

جدول ۲. سوپرماتریس حدی مربوط به مدل (تهیه: نویسندگان،۱۳۹۸)

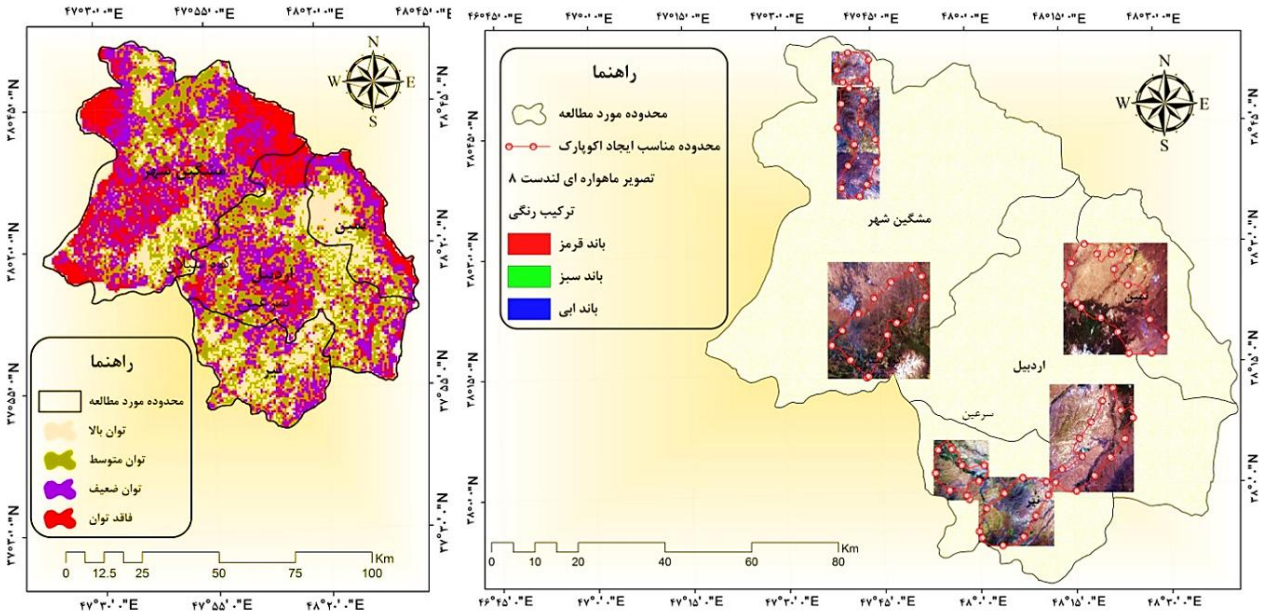
خوشه‌ها و عناصر		انسانی								فیزیوگرافی			هیدرو اقلیمی			زمین ساختی		
		جاده	کاربری	معدن	پوشش گیاهی	شهر	توریسم	ارتفاع	جهت شیب	شیب	بارش	دما	رودخانه	گسل	خاک	سنگ‌شناسی
انسانی	جاده	۰/۰۳۸	۰/۰۳۸	۰/۰۳۸	۰/۰۳۸	۰/۰۳۸	۰/۰۳۸	۰/۰۳۸	۰/۰۳۸	۰/۰۳۸	۰/۰۳۸	۰/۰۳۸	۰/۰۳۸	۰/۰۳۸	۰/۰۳۸	۰/۰۳۸
	کاربری	۰/۱۰۴	۰/۱۰۴	۰/۱۰۴	۰/۱۰۴	۰/۱۰۴	۰/۱۰۴	۰/۱۰۴	۰/۱۰۴	۰/۱۰۴	۰/۱۰۴	۰/۱۰۴	۰/۱۰۴	۰/۱۰۴	۰/۱۰۴	۰/۱۰۴
	معدن	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳
	پوشش گیاهی	۰/۰۷۰	۰/۰۷۰	۰/۰۷۰	۰/۰۷۰	۰/۰۷۰	۰/۰۷۰	۰/۰۷۰	۰/۰۷۰	۰/۰۷۰	۰/۰۷۰	۰/۰۷۰	۰/۰۷۰	۰/۰۷۰	۰/۰۷۰	۰/۰۷۰
	شهر	۰/۰۶۳	۰/۰۶۳	۰/۰۶۳	۰/۰۶۳	۰/۰۶۳	۰/۰۶۳	۰/۰۶۳	۰/۰۶۳	۰/۰۶۳	۰/۰۶۳	۰/۰۶۳	۰/۰۶۳	۰/۰۶۳	۰/۰۶۳	۰/۰۶۳
	توریسم	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰
فیزیوگرافی	ارتفاع	۰/۰۹۲	۰/۰۹۲	۰/۰۹۲	۰/۰۹۲	۰/۰۹۲	۰/۰۹۲	۰/۰۹۲	۰/۰۹۲	۰/۰۹۲	۰/۰۹۲	۰/۰۹۲	۰/۰۹۲	۰/۰۹۲	۰/۰۹۲	۰/۰۹۲
	جهت شیب	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹
	شیب	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸
هیدرو اقلیمی	بارش	۰/۰۷۷	۰/۰۷۷	۰/۰۷۷	۰/۰۷۷	۰/۰۷۷	۰/۰۷۷	۰/۰۷۷	۰/۰۷۷	۰/۰۷۷	۰/۰۷۷	۰/۰۷۷	۰/۰۷۷	۰/۰۷۷	۰/۰۷۷	۰/۰۷۷
	دما	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵
	رودخانه	۰/۱۶۴	۰/۱۶۴	۰/۱۶۴	۰/۱۶۴	۰/۱۶۴	۰/۱۶۴	۰/۱۶۴	۰/۱۶۴	۰/۱۶۴	۰/۱۶۴	۰/۱۶۴	۰/۱۶۴	۰/۱۶۴	۰/۱۶۴	۰/۱۶۴
زمین‌ساختی	گسل	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵
	خاک	۰/۰۸۲	۰/۰۸۲	۰/۰۸۲	۰/۰۸۲	۰/۰۸۲	۰/۰۸۲	۰/۰۸۲	۰/۰۸۲	۰/۰۸۲	۰/۰۸۲	۰/۰۸۲	۰/۰۸۲	۰/۰۸۲	۰/۰۸۲	۰/۰۸۲
	سنگ‌شناسی	۰/۰۶۵	۰/۰۶۵	۰/۰۶۵	۰/۰۶۵	۰/۰۶۵	۰/۰۶۵	۰/۰۶۵	۰/۰۶۵	۰/۰۶۵	۰/۰۶۵	۰/۰۶۵	۰/۰۶۵	۰/۰۶۵	۰/۰۶۵	۰/۰۶۵

جدول ۳. ماتریس اوزان خوشه‌ها

معیارهای اصلی	انسانی	فیزیوگرافی	هیدروگرافی	زمین‌شناسی
انسانی	۰/۳۲۸۵	۰/۴۷۶۶	۰/۴۲۶۹	۰/۱۵۰۰
فیزیوگرافی	۰/۲۱۹۰	۰/۱۱۹۰	۰/۱۳۶۵	۰/۲۴۲۰
هیدروگرافی	۰/۲۹۰۹	۰/۱۸۳۱	۰/۲۰۰۸	۰/۳۷۷۱
زمین‌شناسی	۰/۱۶۱۴	۰/۲۲۱۲	۰/۲۳۵۷	۰/۲۳۰۷



شکل ۶. نتایج نهایی مدل ANP جهت مکان‌یابی اکوپارک در شهرستان‌های مرکزی استان اردبیل (رنگی در نسخه الکترونیکی)



شکل۷. الف) شکل سمت چپ، نقشه طبقه‌بندی توان منطقه سطح شهرستان‌های اردبیل، سرعین، نیر، نمین و مشگین‌شهر برای ایجاد اکوپارک بر مبنای خروجی مدل ANP، ب) شکل سمت راست، مناطق مطلوب برای ایجاد اکوپارک بر روی تصاویر ماهواره لندست ۸ (رنگی در نسخه الکترونیکی)

جدول ۴. مساحت طبقات اولویت‌دار برای احداث اکوپارک

طبقه	توان بالا	توان متوسط	توان ضعیف	فاقد توان
دامنه ارزشی	۰/۷۲-۰/۹۶	۰/۴۸-۰/۷۲	۰/۲۴-۰/۴۸	۰-۰/۲۴
مساحت به هکتار	۱۳۰۸۱۵	۱۶۷۲۱۳	۳۵۳۲۴۷	۱۴۶۷۹۹
مساحت به درصد	۱۶/۴۰	۲۰/۹۵	۴۴/۲۵	۱۸/۴۰

زیاد، ۱۶۷۲۱۳ هکتار در طبقه با اهمیت متوسط، ۳۵۳۲۴۷ در طبقه با توان ضعیف و ۱۴۶۷۹۹ هکتار در طبقه فاقد توان قرار گرفت. محدوده‌های با توان بالا و متوسط جهت ایجاد اکوپارک در سطح شهرستان‌های ذکر شده که بر روی تصاویر ماهواره لندست برش خورده در شکل ۷-ب قابل مشاهده است. مناطقی که به‌عنوان نقاط با توان بالا جهت ایجاد اکوپارک مشخص شدند به‌طور عمده در کاربری‌های جنگلی، مراتع متوسط و باغات و اغلب در نقاط نزدیک به مناطق شهری قرار دارند. این مناطق، بیشتر در دامنه‌های جنوبی، جنوب غربی و غربی، با پوشش گیاهی متراکم (بیش از ۲۰ درصد) و دارای خاک عمیق با بافت لومی، سیلتی و رسی واقع شده‌اند. از نظر معیار سنگ-شناسی، مناطق اولویت‌دار، بیشتر شامل توف آندزیتی و بازالتی و آندزیت آتشفشانی (با مقاومت بالا) هستند. به علاوه، مناطق دارای توان بالا، در فاصله نسبتاً دور از گسل‌های مهم موجود در منطقه (مانند گسل‌های دامنه‌های جنوبی سبلان، گسل خاوری اردبیل، گسل آلوارس، گسل هیر، گسل دویل و گسل نئور) قرار گرفته‌اند. بررسی معیار رودخانه نیز نشان داد اغلب این مناطق در نزدیکی یکی از رودخانه‌های دائمی و پرآب استان مانند خیاوچای، قره‌سو، نیرچای، سولاچای و نمین‌چای قرار گرفته‌اند. با توجه به بررسی معیارها، به نظر می‌رسد تلفیق روش‌های استانداردسازی فازی، وزن‌دهی با فرایند تحلیل شبکه‌ای و مدل‌سازی با استفاده از روش میانگین‌گیری وزن‌دار ترتیبی، نتایج قابل قبولی را به‌منظور مکان‌یابی تطبیقی اکوپارک ارائه کرده است.

با توجه به خروجی مطالعه حاضر و مقایسه هفت منطقه اولویت‌دار از نظر پانزده معیار مطرح، در نهایت بخش‌های جنوبی مشگین‌شهر و شمال کوه سبلان به‌عنوان مناسب‌ترین مکان برای ایجاد اکوپارک انتخاب شد. در کل، این مناطق از نظر دسترسی به راه‌های ارتباطی، نزدیک بودن به رودخانه‌های پرآب، نزدیک بودن به مناطق شهری و روستایی و همچنین دسترسی به مناطق تفریحی و امکانات رفاهی (رستوران، هتل، پارک...) برای احداث اکوپارک بسیار مناسب هستند. همین‌طور با در نظر گرفتن معیارهای شیب (۱۵-۰ درصد)، سنگ‌شناسی (وجود سازندهای با مقاومت بسیار بالا)، بارش (برخورداری از نزولات جوی برف و باران در ارتفاعات که برای تفریح و ورزش‌های زمستانی مانند اسکی مناسب است)، دما (وجود دمای متعادل و مطلوب در فصل‌های تابستان و بهار به‌ویژه در دامنه‌های مشرف به دشت‌ها و مراتع مشگین شهر)، ارتفاع (وجود رشته‌کوه سبلان و قابلیت‌های گردشگری)، و گسل (دور بودن از گسل‌های اصلی و فعال)، این منطقه از اولویت بسیار بالایی برخوردار است. با توجه به قابلیت‌های بسیار بالای شهرستان مشگین‌شهر و دامنه‌های سبلان، احداث مراکز تفریحی و گردشگری در قالب اکوپارک از اولویتهای مهم این منطقه است. از بهترین سایت‌ها برای ایجاداکو پارک، می‌توان به پارک جنگلی خیاوچایی، محدوده شیروان دره‌سی با زیستگاه بکر گیاهان و جانوران، حتم‌مشه‌سی (جنگل طبیعی با درختان بلوط و فندق)، قشلاق‌تنگ، زیستگاه حیات‌وحش ارباب‌کندی، رودخانه قره‌سو در مشگین‌شهر و آبشارهای رودخانه‌های کرکری و خیاوچایی اشاره کرد. مجموعه اکوپارک احداث شده در هر یک از این مکان‌ها می‌تواند با توجه به شرایط هر منطقه دارای امکاناتی مانند باغ پرندگان و حیوانات، سوئیت‌های اقامتی، تالارهای پذیرایی (با استفاده از نمادهای شهرستان و

منطقه و با بهره‌گیری از مصالح طبیعی و معماری بومی)، بازارچه‌های صنایع دستی و دیگر امکانات تفریحی (مانند سایت بالن‌سواری، پاراگلایدر و ورزش‌های هوایی) باشد که این امر نیازمند سرمایه‌گذاری کلان و راه‌اندازی یک بنگاه اقتصادی است. بدیهی است ایجاد اکوپارک استاندارد، باعث توسعه و رونق هرچه بیشتر صنعت گردشگری در این منطقه خواهد شد که علاوه بر فراهم نمودن امکان استفاده از قابلیت‌های موجود در منطقه، زمینه را برای اشتغال‌زایی و افزایش درآمد ملی، دستیابی به شاخص‌های توسعه پایدار، توجه به محیط زیست و آموزش همگانی، و ارتباط جامعه شهری با محیط زیست طبیعی ایجاد خواهد کرد.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که در فرایند طراحی اکوپارک به‌عنوان یک نمونه طراحی بوم‌شناختی، از یک‌سو باید معیارهای طراحی اکوپارک تدوین شود و از سوی دیگر ارزیابی توان بوم‌شناختی سایت برای بارگذاری متناسب با پتانسیل‌های محدوده و دستیابی به بالاترین درصد بهره‌وری محیطی با کمترین تأثیر منفی بر محیط زیست انجام شود. در این مطالعه برای امکان‌سنجی ایجاد اکوپارک در منطقه مورد مطالعه از تلفیق فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) و روش چندمعیاره میانگین‌گیری وزن‌دار ترتیبی استفاده شد. نکته‌ای که در ارزیابی چندمعیاره برجسته است و در این پژوهش نیز آشکار بود، لزوم دقت و توجه کافی در هنگام انتخاب داده‌ها و نیز امتیازدهی به آنها است که در مطالعات متعددی به اثبات رسیده است. رکن‌الدین و همکاران (۲۶) با روش ارزیابی چندمعیاره، مناطق روستایی دارای پتانسیل را در رود-دره‌های گردشگری استان تهران شناسایی و انتخاب کردند و نتیجه گرفتند که این روش به‌خوبی توانسته پتانسیل اکوتوریسم را در منطقه مورد مطالعه تبیین کند. بر اساس نتایج این مطالعه، معیارهای رودخانه، خاک و ارتفاع به ترتیب بیشترین ضریب وزنی و معدن و دما کمترین ضریب وزنی را به خود اختصاص دادند. همچنین یافته‌های دراهکی و همکاران (۷) که به مکان‌یابی اکوپارک در منطقه مرکزی استان اصفهان پرداختند، نشان داد فاصله از رودخانه از نظر کارشناسان دارای بیشترین اهمیت بوده و زیرمعیار دما دارای کمترین وزن است. با توجه به خروجی نهایی حاصل از مدل به‌کار رفته در پژوهش حاضر، مناطق دارای اولویت برای احداث اکوپارک در بخش مرکزی و نیمه غربی شهرستان نمین، قسمت‌های شمالی و جنوبی شهرستان مشگین‌شهر، جنوب و شرق شهرستان اردبیل، بخش‌های مرکزی و شمالی سرعین و قسمت‌های مختلف شهرستان نیر قرار گرفته‌اند. در مناطق دارای اولویت بسیار زیاد، قابلیت‌های زیادی برای ایجاد اکوپارک وجود دارد که از مهمترین آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: در شهرستان نمین، منطقه فندقلو بخشی از اکوسیستم جنگلی شهرستان محسوب می‌شود که به‌وسیله رودخانه قره‌سو از دشت اردبیل جدا می‌شود و از نظر زیست‌شناختی غنی بوده و رویشگاه‌های گیاهی و زیستگاه‌های جانوری در آن بسیار مناسب و مهم تلقی می‌شود. به علاوه، وجود فضای بکر و طبیعی به‌طوری که کاملاً از تأثیر محیط‌های شهری در امان بوده و تقریباً دست نخورده است، اقلیم نیمه‌گرمسیری و نیمه‌مرطوب که آب و هوایی بسیار مطلوب را در فصل‌های گردشگری به‌وجود می‌آورد، تنوع چشم‌انداز با تلفیق جنگل و مراتع کوهستانی و وضعیت توپوگرافی منطقه، مجاورت با فضاهایی مانند گردنه حیران، و داشتن جاذبه بالا برای ورزش اسکی روی چمن به‌دلیل مورفولوژی خاص منطقه، از قابلیت‌های این شهرستان محسوب می‌شود. در شهرستان مشگین‌شهر، قطب توریستی شیروان دره‌سی، دره قطورسویی و دامنه‌های سبلان و ارتفاعات صلوات‌داغ در شمال مشگین‌شهر با جهت شمال خاوری- جنوب باختری، با داشتن طبیعت بکر و تنوع گونه‌های گیاهی و جانوری، از جاذبه‌های طبیعی مهم شهرستان محسوب می‌شود. قابل ذکر است که دامنه‌های سبلان علاوه بر شهرستان مشگین شهر، در اردبیل، نیر و سرعین نیز با وجود زیستگاه‌های حیات وحش (قوچ و میش ارمنی و انواع پرندگان)، گونه‌های

نادر گیاهی، دریاچه آتشفشانی و آثار یخچالی، آب‌های گرم و معدنی، و رودخانه‌های فراوان پرآب از جاذبه‌های تفریحی و گردشگری به حساب می‌آید. به‌علاوه در شهرستان‌های مورد مطالعه، دریاچه‌هایی مانند دریاچه شورابیل و نئور و تالاب‌های متعدد مانند تالاب پته‌خور، قویولی‌یورد، ساری‌گل، بورولی‌گل، قوری‌گل، و اولاغان‌گلی که دارای انواع گونه‌های آبزی به‌ویژه ماهی‌ها بوده و در فصول خاص شاهد حضور پرندگان آبزی مهاجر هستند، از مناطق بالقوه برای احداث اکوپارک محسوب می‌شوند. نوروزی و همکاران (۲۱) و سیادت و پیرعلی (۲۸) نیز به مطالعه در زمینه مکان‌یابی اکوپارک پرداختند و در نهایت، معیار وجود تسهیلات رفاهی را به‌عنوان معیاری مهم برای ایجاد اکوپارک معرفی کردند. انتظار می‌رود دستگاه‌ها و سازمان‌های دخیل در امر گردشگری و احداث مناطق توریستی، نتایج مطالعه حاضر را در راستای احداث اکوپارک در سطح شهرستان‌های اردبیل، نیر، نمین، مشگین‌شهر و سرعین مورد توجه قرار دهند.

منابع مورد استفاده

1. Abbaspour, M. 2007. The position of renewable energy to achieve sustainable development with a focus on green economy in the Islamic Republic of Iran. In: Energy, Environment and Sustainable Development. Tehran, Iran. pp. 108-118 (In Farsi).
2. Aghajani, H., M. R. Rahnama and M. Fatahi. 2012. Landfill location by combining Sequential Weighted Average (SWA) and GIS in Mashhad. *Geography and Environmental Hazards* 3: 87-105. (In Farsi).
3. Amar.2016. Statistical Center of Iran. Available online at: https://www.amar.org.ir/. Accessed 27 june 2019.
4. Ashoria, H. 2011. Investigation and analysis of the proportion and attractions of Amol Industrial Town in the placement of industrial units (small and medium industries). MSc. thesis. University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. (In Farsi).
5. Bouwer, H. 2002. Enhancement of groundwater potential by aquifer artificial recharge techniques: an adaptation to climate change. *Hydrogeology Journal* 10: 121-142.
6. Congalton, R. G and K. Green. 2009. Assessing the accuracy of remotely sensed data, principles and practices. CRC Press, Boca Raton, Florida.
7. Darahaki, A., M. Malekian and S. Pourmanafi. 2019. Locating ecopark in Isfahan Province. *Applied Ecology* 8(2): 47-59. (In Farsi).
8. Faraji Sabokbar, H. A., M. Salmani, F. Fereyduni, H. Karimzadeh and H. Rahimi. 2010. Location of rural landfill sanitation using Network Analysis Process Model (ANP), case study: rural areas of Quchan City. *Quarterly Journal of Teacher of Humanities* 14 (1): 127-149. (In Farsi).
9. Feizizadeh, J., B. Nazimfar and F. Hossein. 2008. The use of remote sensing data in detecting urban land use changes, Case study of Tabriz green space. *Journal of Fine Arts* 34: 17-24. (In Farsi).
10. Geology. 2019. American Geological Site. Available online at: https://earthexplorer.usgs.gov/. Accessed 27 june 2019.
11. Georgiou, A. G. and D. Skarlatos. 2017. Optimal site selection for sitting a solar park using multi-criteria decision analysis and geographical information systems. *Geoscientific Instrumentation Method and Data Systems* 5: 321-332.
12. Huete, A. R. 1988. A soil-adjusted vegetation index SAVI. *Journal of Remote Sensing of Environment* 25: 295-309.
13. Jiang, H. and R. J. Eastman. 2000. Application of fuzzy measures in multi-criteria evaluation in GIS. *International Journal of Geographical Information Systems* 14: 173-184.
14. Lillesand, T. M., R.W. Kiefer and J. W. Chipma. 2008. Remote sensing and image interpretation. John Wiley & Sons Inc., New York.
15. Masoudi, M., A. Salman Mahini, M. Mohammadzadeh and H. Mirkarimi. 2016. Application of multi-criteria evaluation and GIS to ecotourism planning in protected area (case study: Miankaleh Wildlife Refuge). *Natural Environment* 1(69): 211-229. (In Farsi).
16. Mehdizadeh Sula, J. 2012. Climate hazard analysis in Tabriz city using fuzzy logic and ANP model. MSc thesis. University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. (In Farsi).
17. Mirabadi, M., H. Hashemi and J. Amini. 2017. Application of AHP model and Order Weighted Average method (OWA) method in locating the landfill of Buchan city using ArcGIS and IDRISI. *Geographical Space of Ahar* 60: 39-54. (In Farsi).

18. Mirzaei, F. 2015. Importance of the relationship between healthy environment and recycling of waste with tourist attraction through ecopark creation. The First National Conference on Tourism, Geography and Clean Environment. Hamedan, Iran. pp. 22-37. (In Farsi).
19. Momeni, M. and A. Sharifi Saleem. 2011. Models and softwares for multi-criteria decision-making. Authors publication, Tehran. (In Farsi).
20. Movahed, S., H. A. Laghaee and F. Habib. 2016. Designing ecological park: a step towards environmental sustainability of cities (Case study: the Southwest mountains of Mashhad). *Journal of Environmental Science and Technology* 18(2): 203-221.
21. Norouzi, R., H. A. Laghaee and H. Bahmanpour. 2015. Urban ecopark site selection for design, development and equipping using AHP method (case study: Torbat Heydarieh Ecopark). The First International Conference and the Third National Conference on Architecture, Construction & Urban Environment. Hamedan, Iran. pp. 64-88. (In Farsi).
22. Piran, H., R. Maleknia, H. Akbari, J. Soosani and O. Karami. 2013. Site selection for local forest park using analytic hierarchy process and geographic information system (case study: Badreh County). *International Research Journal of Applied and Basic Sciences* 6(7): 930-935.
23. Qi, J., A. Chehbouni, A. R. Huete, Y. H. Kerr and S. Sorooshian. 1994. A modified soil adjusted vegetation index. *Journal of Remote Sensing of Environment* 48: 119-126.
24. Rahnama, M. 2009. Research on urban ecoparks. *Journal of Environmental Management* 3: 243-245. (In Farsi).
25. Richardson, A. J. and C. L. Wieg. 1977. Distinguishing vegetation from soil background information. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 43: 154-168.
26. Roknaddin Eftekhari, A., H. Sajasi Gheidari, M. Pourtaheri and A. Azar. 2013. Application of integrated MCDM and GIS methods in identifying rural areas with ecotourism potentials. *Rural Research* 3(4): 641-660.
27. Salman Mahini, A., B. Riazi, B. Naeemi, S. Babaee Kafaki and A. Javadi Larijani. 2008. Evaluation of ecotourism potentials of Behshahr County based on MCE and by using GIS. *Journal of Environmental Sciences and Technology* 1(11): 187-198.
28. Siadat, S. and A. R. Pirali. 2014. Ecopark site selection in Qeshm Island using AHP. In: Second National Conference on Applied Research in Geography and Tourism. Tehran, Iran. pp. 1-13. (In Farsi).
29. Sui, D. Z. 1999. A fuzzy GIS modeling approach for urban land evaluation. *Computer, Environment, and Urban Systems* 16: 101-115.
30. Tourism. 2019. Planning studies and strategic development document, Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism Organization of Ardabil Province. Available online at: https://ardabilmpo.ir/. Accessed 16 june 2019.

Ecopark Site Selection in the Central Cities of Ardabil Province, Using Multi-Criteria Analysis Models

S. Asghari Sarasekanrood[1*], M. Faal Naziri[1] and E. Pirouzi[1]

(Received: December 21-2019; Accepted: June 11-2020)

Abstract

Today, due to industrial advances and the expansion of urban environments, it is essential to create ecoparks as places that can provide natural environments for human. The current study performed a comparative ecopark site selection across Ardabil, Meshkinshahr, Sarein, Nir and Namin, using multi-criteria analysis models. To achieve the research objective, four criteria and 15 sub-criteria were identified, as effective factors on ecopark site selection in the region. The analytic network process (ANP) was used to weigh the factors and ordered weighted average (OWA) was employed, as a multi-criteria decision making method, to analyse the final model. Results of the weighting approach showed that distance from rivers accounted for the highest weight coefficient. To select suitable places for ecopark, the study area was classified into four groups of high to low land suitability, including 130815 hectares of high and 167213 hectares of moderate suitability. Lands with high suitablity were mainly located in forests, fair rangelands and orchards. In addition, suitable areas were mostly located near one of the large and permanent rivers of the province. Based on the results, southern parts of Meshkinshahr and the north of Sabalan Mountain were selected as the most suitable areas for ecopark, due to the existence of various natural and human attractions and having a pristine environment.

Keywords: Site selection, Ecopark, Multi-criteria analysis, Object-oriented classification, Ardabil province

1. Department of Geomorphology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
*: Corresponding Author, Email: Sayyad.sasghari21@gmail.com