

## ارزیابی توان اکولوژیکی شهرستان خداآفرین با استفاده از مدل اکولوژیکی دکتر مخدوم و سامانه اطلاعات جغرافیایی

علی خدایی<sup>۱\*</sup>، عباس پهلوانی<sup>۲</sup>، زهرا قلیچی پور<sup>۳</sup> و رحمان زندی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد محیط زیست، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، <sup>۲</sup> <sup>۳</sup> <sup>۴</sup> استادیار، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری و <sup>۴</sup> استادیار، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۰۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۰۱

### چکیده

حفاظت و مدیریت هر کاربری در مناطق مختلف باید بر اساس شرایط اکولوژیکی صورت گیرد که تحقق این امر با انجام ارزیابی توان اکولوژیکی در هر منطقه میسر می‌شود. ارزیابی توان اکولوژیکی به معنی بررسی قدرت بالقوه سرزمین و تعیین نوع کاربرد طبیعی آن به وسیله انسان است. هدف اصلی از انجام این پژوهش، شناسایی توان اکولوژیکی در شهرستان خداآفرین با مساحت ۱۶۱۶۰۷ هکتار، با بهره‌گیری از روش ارزیابی چند معیاره (MCE)، مدل رایج آمایش سرزمین دکتر مخدوم و با به‌کارگیری سامانه اطلاعات جغرافیایی می‌باشد. در این بررسی، پس از شناسایی منابع اکولوژیکی (پایدار و ناپایدار)، تجربه و تحلیل و جمع‌بندی منابع صورت گرفت. سپس، در محیط نرم‌افزار ArcGIS 10.6 لایه‌های اطلاعاتی با هم تلفیق و پس از آن ارزش‌گذاری نقشه‌ها انجام شد. در نهایت، با توجه به ارزش‌های موجود، توان و تنگناهای بالقوه منطقه برآورد و نسبت به اولویت‌بندی کاربری‌های مجاز در سطح منطقه اقدام شد. در نتیجه، پس از تلفیق نقشه‌های لازم و تصحیح آن‌ها ظرفیت‌های محیطی و توان اکولوژیکی منطقه به صورت مساحت (درصد) در سطح شهرستان خداآفرین برآورد شد. با توجه به اهداف پژوهش، مناطق مستعد به تفکیک کاربری‌های آبی‌پروری-کشاورزی (۲/۶۵)، آبی‌پروری-مرتع‌داری (۰/۱۴)، آبی‌پروری-توسعه شهری و روستایی (۰/۲)، آبی‌پروری-توریسم گسترده (۰/۰۴۹)، حفاظتی-توریسم گسترده (۰/۴۵)، حفاظتی-جنگل‌داری (۰/۱۲)، توریسم متمرکز-جنگل‌داری (۰/۰۲۱)، آبی‌پروری (۶/۳۴)، توریسم گسترده (۱۲/۶۱)، توریسم متمرکز (۲/۶۴)، مرتع‌داری (۳۳/۱)، کشاورزی (۷/۵۱)، حفاظتی (۱۳/۵۷)، توسعه شهری، روستایی و صنعتی (۱/۸)، جنگل‌داری (۱۸/۸) پهنه‌بندی و شناسایی شدند. همچنین، نتایج نشان می‌دهد که بیشترین پتانسیل مربوط به مرتع‌داری با مساحت ۶۱۵۶۷/۵۵ هکتار است که کمتر از ۵۰ درصد آن (۳۰۴۵۷ هکتار) با شرایط حاضر منطبق می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** ارزیابی چند معیاره (MCE)، توریسم، حفاظت، ظرفیت محیطی، مدیریت

### مقدمه

زیست بوده است. اما در طول زمان اثراتی را بر سرزمین به خاطر اعمال مدیریت‌ها و مداخلات درست یا نادرست وارد کرده است. به همین خاطر و به دلیل

انسان در طول تاریخ همواره وابسته به طبیعت بوده و برای تأمین نیازهای اصلی خود متکی به محیط

داده است، کل منطقه در توان نسبتاً مناسب (طبقه ۲) قرار می‌گیرد. Masoudi و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی به ارزیابی توان اکولوژیکی توسعه شهری، روستایی و صنعتی شهرستان داراب پرداختند. در همین رابطه، توان اکولوژیکی توسعه شهرستان داراب با استفاده از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی و جمع‌بندی آن‌ها با بهره‌گیری از فناوری GIS ارزیابی شد و نتایج ارزیابی مطالعه را در دو طبقه نسبتاً مناسب (۲) و نامناسب (۳) طبقه‌بندی کردند. بیشتر مناطق شهری، روستایی و صنعتی در طبقه (۳) یا نامناسب قرار دارند. Peng و همکاران (۲۰۱۴)، به ارزیابی توان اکولوژیکی چند شهر در کشور چین با استفاده از روش<sup>۱</sup> AHP و GIS برای کاربری دام‌پروری پرداختند، نتیجه پژوهش نشان داد که این مناطق دارای توان بالقوه و مناسب برای توسعه کاربری دامپروری می‌باشد. Akinci و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی ارزیابی تناسب زمین‌ها برای اجرای کاربری کشاورزی به دلیل احداث سه سد بزرگ در ترکیه با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS و مدل AHP پرداختند و نتیجه پژوهش نشان داد که این منطقه بیشترین تأثیر منفی را از عامل شیب دریافت می‌کند که همین امر روی عمق خاک و فرسایش نیز تأثیرگذار بوده است. Bunruamkaew و همکاران (۲۰۱۱) به شناخت و اولویت‌بندی پتانسیل‌های مناطق مناسب برای اکوتوریسم با استفاده از AHP و GIS در سوارت تانی (تایلند) پرداختند. در این مطالعه، عوامل شناسایی شده در اکوسیستم شامل سیمای منظر، حیات وحش، توپوگرافی، امکان دسترسی به منطقه و شاخص جامعه (نماینده) است. ارزیابی مراحل برای انتخاب مکان مناسب برای اکوتوریسم شامل نه معیار مشاهده کاربری اراضی پوشش، حفاظت/حمایت، تنوع گونه‌ای، ارتفاع، شیب، نزدیکی به مناطق فرهنگی، فاصله از جاده و مناطق مسکونی بوده است. این عوامل به‌وسیله متخصصان در این زمینه انتخاب شده بودند که تنها درصد کمی از این منطقه (۴۱ درصد) بسیار مناسب طبقه‌بندی شد. Dai و همکاران (۲۰۰۸) برای ارزیابی تناسب کاربری زمین یک ناحیه شهری صنعتی در شمال شرق چین

توانایی‌های بالفعل انسان، توان اکولوژیکی برای توسعه آینده سرزمین اهمیتی دوچندان پیدا خواهد کرد (Pourjafar و همکاران، ۲۰۱۲). ارزیابی توان اکولوژیکی فرایندی است که از طریق تنظیم رابطه انسان با طبیعت، توسعه‌های درخور و هماهنگ را با طبیعت فراهم می‌سازد. در واقع، این فرایند گامی مؤثر به‌منظور برنامه‌ریزی برای دستیابی به توسعه پایدار اطلاق می‌شود. زیرا با شناسایی و ارزیابی خصوصیات اکولوژیکی هر منطقه، می‌توان برنامه‌های توسعه‌های همگام با طبیعت تدوین کرد. بر این اساس، ارزیابی توان اکولوژیکی به منزله پایه و اساس آمایش و طرح‌ریزی محیط زیستی برای کشورهای که در صدد دستیابی به توسعه پایدار همراه با حفظ منافع نسل‌های آینده هستند، اجتناب‌ناپذیر است (Ashrafzadeh و همکاران، ۲۰۱۶). درک این شرایط در منطقه و توان‌ها و محدودیت‌های آن به‌منظور رفع نیازهای جامعه می‌تواند به توسعه پایدار منجر شود. در حالی که عدم شناخت ظرفیت‌ها و عدم استفاده مناسب از امکانات، علاوه بر کاهش بهره‌وری در بهره‌برداری از توانایی زمین، سبب بروز مشکلات زیادی همچون تخریب محیط زیست پیرامون شهرها، روستاها، منابع طبیعی و بخش وسیعی از مرغوب‌ترین و مناسب‌ترین اراضی می‌شود (Bonilla و همکاران، ۲۰۱۲). با توجه به این نکته که محیط زیست توان اکولوژیکی محدودی برای استفاده انسان دارد، پیش از برنامه‌ریزی توسعه و بهره‌برداری آن، باید به ارزیابی توان اکولوژیکی، در قالب برنامه‌ریزی و طبقه‌بندی اکولوژیکی سرزمین اقدام کرد (Adl و همکاران، ۲۰۰۷). پژوهش‌های مختلفی در جهان و ایران در ارتباط با موضوع ارزیابی توان اکولوژیکی صورت گرفته است. برای مثال، در ایران Rahimipour و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی پتانسیل و توان اکولوژیکی توسعه صنعتی با استفاده از GIS برای توسعه شهرک صنعتی سمنان پرداختند. نتیجه بررسی نشان داد که با در نظر گرفتن تمامی پارامترهای اکولوژیکی، حدود ۷۵ درصد از کل منطقه مورد مطالعه برای توسعه کاربری صنعتی دارای توان نسبتاً مناسب (طبقه ۲) بوده، سایر منطقه دارای شرایط نامناسب می‌باشد. ولی با حذف پارامتر ارتفاع که آخرین اولویت را در مدل به خود اختصاص

<sup>1</sup> Analytical Hierarchy Process

از سمت غرب با شهرستان جلفا و از سمت جنوب با شهرستان‌های کلیبر و ورزقان هم‌مرز است (شکل ۱). مساحت این شهرستان ۱۵۲۵ کیلومتر مربع و حدود ۳/۳ درصد مساحت استان را شامل می‌شود. شهرستان خداآفرین دارای ۲۲۲ آبادی به مرکزیت شهر خمارلو می‌باشد. این منطقه بین عرض جغرافیایی ۳۸/۷۳ تا ۳۹/۴۲ درجه و طول جغرافیایی ۴۶/۴۶ تا ۴۷/۵۰ درجه، در روی نقشه توپوگرافی قرار گرفته است (شکل ۱).

آب و هوای شهرستان خداآفرین سرد و معتدل است. میانگین بارش سالانه ۳۷۲ میلی‌متر و دمای هوا بین ۲/۲ تا ۲۳/۹ درجه سانتی‌گراد در تغییر می‌باشد. پیش از انقلاب اسلامی خداآفرین که در آن زمان دهستانی از شهرستان کلیبر بود، اقتصاد پویایی داشت. تولید محصولات زراعی در مزارع حاصلخیز کناره‌های ارس بیشتر از نیاز محلی بود. در طی فصل زمستان دامپروران وابسته به تیره‌های مختلف عشایر ارسباران از این اراضی به‌عنوان قشلاق استفاده می‌کردند. در مناطق ییلاقی دامپروری رواج داشت و مازاد محصول برای فروش به اهر فرستاده می‌شد. از سال‌های بعد از وقایع فرقه دمکرات آذربایجان، به‌دنبال مهاجرت دسته جمعی ساکنین ارمنی منطقه به تهران، مسافرت جوانان برای کارگری فصلی به تهران و تبریز آغاز شده بود. برخی از همین کارگران به تدریج به پیمانکاران ساختمانی تبدیل شده و در شهرهای بزرگ مستقر شده بودند. در اواسط دهه ۵۰ تقریباً تمام مردان جوان نصف سال را در تهران می‌گذراندند. تغییرات آب و هوایی و کشت دیم در زمین‌های شیب‌دار باعث فرسایش شدید خاک شده و بهره‌وری را به تدریج کاهش داد. مردم مجبور شدند، بخش عمده درآمد خود را از کارگری فصلی در تهران تأمین کنند. در دوره بی‌نظمی‌های اول انقلاب بخش مهمی از اهالی شهرستان در زمین‌های شمال شرق تهران خانه ساختند. به این ترتیب، جمعیت شهرستان به نحو قابل ملاحظه‌ای پایین آمد. از اواخر دهه ۶۰، دولت مرکزی سختگیری بر ساخت و سازهای غیرقانونی در اطراف تهران کنار گذاشت. این کار به مهاجرت گسترده اهالی شهرستان به حاشیه تهران منجر شد.

تهیه نقشه تناسب زمین با استفاده از تحلیل چند معیاره (MCE) به همراه سامانه اطلاعات جغرافیایی پرداختند. سپس، نقشه به‌دست آمده با کاربری صنعتی حاضر برای تعیین نواحی مناسب برای جابه‌جایی صنایع موجود مقایسه شد. در کل، ۲۵/۷ درصد ناحیه شهری در نافتن چین مناسب ارزیابی شد، ۲۸/۱ درصد کمی مناسب، ۳۷/۹ درصد نامناسب و ۸/۲ درصد بسیار نامناسب بود. در این مطالعه، از ارزیابی پایداری اکولوژیکی به‌عنوان یک اساس برای طرح‌ریزی کاربری زمین استفاده شد. Liu و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای اثرات زیست‌محیطی برنامه‌ریزی استفاده از زمین در شهر وهان را بر اساس تحلیل تناسب اکولوژیکی در محیط بررسی کرده و با تعیین سه طبقه نسبتاً مناسب، مناسب و نامناسب توسعه اکولوژیک محور شهر وهان را مشخص کردند. Bibby و همکاران (۱۹۸۸) با استفاده از روش چند متغیره، مدل اکولوژیک قابلیت اراضی برای کاربری جنگل در انگلستان را ارائه داده‌اند. در این مدل ارائه‌شده، هفت طبقه توان برای اراضی در نظر گرفته شده است که به تدریج از طبقه ۱ به ۷، مرغوبیت و انعطاف‌پذیری زمین به‌ویژه خاک برای تولید محصولات و درختان جنگلی نامناسب می‌شود. هدف از انجام این تحقیق، ارزیابی توان اکولوژیکی محیط زیست شهرستان خداآفرین در راستای تعیین توان و درجه مرغوبیت منطقه در خصوص کاربری‌های حفاظت محیط زیست، توریسم، جنگل‌داری، کشاورزی و مرتع‌داری، آبریز پروری، توسعه شهری، روستایی و صنعتی با استفاده از مدل اکولوژیکی دکتر مخدوم و سامانه اطلاعات جغرافیایی و با دخیل کردن مطالعه عوامل فیزیکی و زیستی در این کاربری و همچنین، بررسی میزان انطباق کاربری فعلی منطقه با توان اکولوژیک منطقه برای کاربری مذکور است.

## مواد و روش‌ها

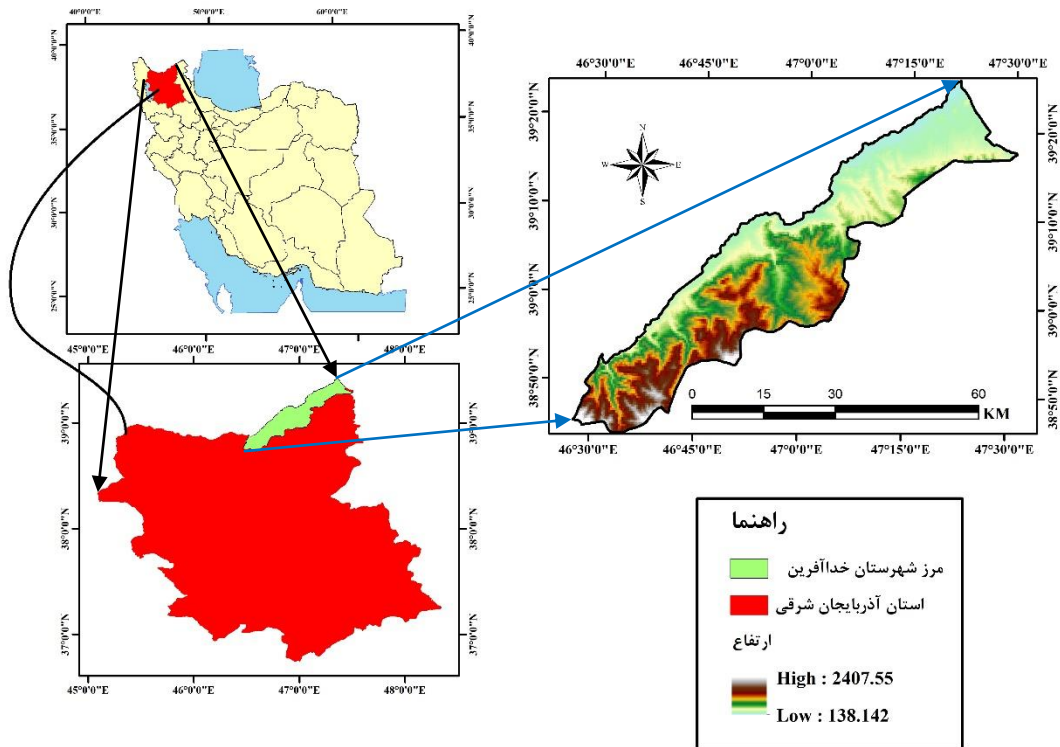
**منطقه مورد بررسی:** شهرستان خداآفرین در شمال شرقی استان آذربایجان شرقی بین رشته‌کوه‌های جنگلی قره‌داغ و رشته‌کوه‌های قفقاز واقع شده است. این منطقه از سمت شمال با کشور جمهوری آذربایجان و ارمنستان از سمت شرق با استان اردبیل،

زنبورداری نیز به صورت یک شغل سودآور درآمده است. از کانون‌های اصلی زنبورداری می‌توان روستای مردانقم را نام برد.

با افتتاح سد خداآفرین قدم اصلی در توسعه کلان منطقه برداشته شده است. اخیراً جاده ترانزیتی کلیر-جانانلو، به طول ۴۰ کیلومتر، افتتاح شده است که انتظار می‌رود، در ارتقاء اقتصاد محل نقش اصلی را داشته باشد. از طرف دیگر، قرار گرفتن بخشی از منطقه آزاد تجاری-صنعتی ارس در جانانلو به رشد اقتصادی شهرستان کمک خواهد کرد (Jalali و همکاران، ۲۰۱۶).

مهاجرین عموماً در کارهای ساختمانی، مخصوصاً نقاشی ساختمان، مشغول شدند.

از اواسط دهه ۸۰ به بعد، به دلایلی که چندان مشخص نیستند، برخی از مهاجرین سابق به روستاها بازگشته و به ساخت ویلا و خانه‌های مدرن اقدام کردند. این کار باعث رونق اقتصاد شهرستان شده است. به علاوه، اخیراً خیل عظیم مهاجرین سابق برای گذران تعطیلات تابستانی به منطقه برمی‌گردند. این کار به نحوی صنعت گردشگری را توسعه خواهد داد. احتمال می‌رود، بزودی گردشگری اساس اقتصاد شهرستان را تشکیل دهد. در سال‌های اخیر،



شکل ۱- موقعیت هرستان خداآفرین در ایران و استان آذربایجان شرقی

تلفیق روش‌های اسنادی-میدانی از جمله مشاهده به کار گرفته شده و همچنین، از آمار و اطلاعات سرشماری‌های مرکز آمار ایران، کتاب‌ها، مجلات، پژوهش‌های انجام شده و مطالعات متخصصان و صاحب‌نظران استفاده شد. نقشه‌های پوشش گیاهی از طریق تصاویر ماهواره‌ای (لندست ۸) سنجنده OLI/TIRS تهیه شد. همچنین، نقشه DEM که نقشه‌های ارتفاع، شیب، جهت جغرافیایی و آبراه‌ها از

تهیه داده‌ها: فرایند ارزیابی توان اکولوژیکی در پژوهش حاضر شامل سه بخش اساسی زیر است که پس از طی این مراحل، توان اکولوژیکی منطقه مطالعاتی تعیین شده است: (۱) شناسایی منابع اکولوژیکی، (۲) تجزیه و تحلیل و جمع‌بندی داده‌ها، (۳) ارزیابی و طبقه‌بندی منطقه.

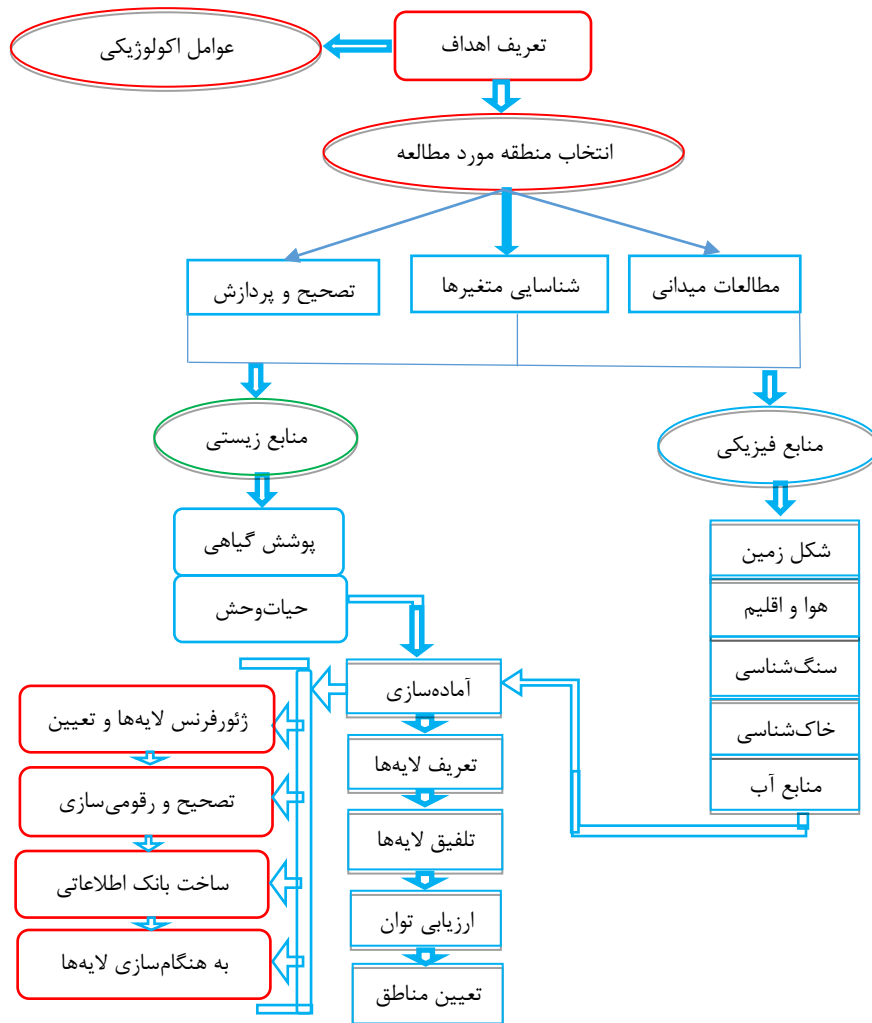
روش تحقیق: روش مورد استفاده در این پژوهش از نوع توصیفی-تحلیلی است و برای جمع‌آوری اطلاعات

برنامه‌ریزی، جهاد کشاورزی، امور آب و هواشناسی، مصاحبه با کارشناسان سازمان‌های مزبور و اداره منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی با قالب Shape فایل جمع‌آوری شد (جدول ۱) و سپس، برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و ترسیم نقشه‌ها در محیط نرم‌افزار ArcGIS 10.6، روش تجزیه و تحلیل سیستمی و مدل اکولوژیکی مخدوم مورد استفاده واقع شد (شکل ۲).

آن به‌دست آمده از طریق ماهواره ASTER از سایت earthexplorer.usgs.gov استخراج شد. برای جمع‌آوری داده‌های منابع اکولوژیکی با توجه به نوع داده‌ها و لایه‌های مورد نیاز، نقشه‌های زمین‌شناسی، هوا و اقلیم، تیپ اراضی، خاک‌شناسی، داده‌های هیدرولوژیک و لایه‌های زیرساختی تهیه شد. لایه‌های اطلاعاتی محدوده مورد بررسی نیز از طریق مراجعه مستقیم و غیرمستقیم به سازمان مدیریت و

جدول ۱- مشخصات داده‌های مورد استفاده در تحقیق

منبع تهیه	قالب	داده
اداره کل هواشناسی استان آذربایجان شرقی	داده‌های آماری	داده‌های اقلیمی (دما، بارش، رطوبت)
اداره منابع طبیعی و آبخیزداری استان آذربایجان شرقی	shapefile	زمین‌شناسی
مرکز تحقیقات آب و خاک استان آذربایجان شرقی	shapefile	بافت خاک
استخراج از ماهواره Aster از سایت earthexplorer.usgs.gov	HDF	مدل رقومی ارتفاع (DEM)
استخراج از مدل رقومی ارتفاع	رستری	شیب
استخراج از مدل رقومی ارتفاع	رستری	جهت
استخراج از DEM منطقه	رستری	آبراهه‌ها
استخراج از ماهواره Landsat8 از سایت earthexplorer.usgs.gov	GeoTIFF	پوشش گیاهی
اداره منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی	shapefile	فرسایش خاک
اداره منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی	shapefile	مناطق دشتی و کوهستانی
اداره جهاد کشاورزی	shapefile	تیپ اراضی
اداره کل هواشناسی استان آذربایجان شرقی	داده‌های آماری	داده‌های اقلیمی (دما، بارش، رطوبت)
اداره محیط زیست شهرستان خداآفرین	shapefile	تراکم پوشش گیاهی
اداره محیط زیست شهرستان خداآفرین	shapefile	تیپ پوشش گیاهی
اداره منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی	shapefile	پراکنش تنوع گونه‌های درختان
اداره سازمان آب شهرستان خداآفرین	داده‌های آماری	منابع آب موجود
اداره منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی	داده‌های آماری (GPS)	حیات‌وحش
اداره منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی	shapefile	زمین‌لغزش
اداره منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی	shapefile	گسل
اداره محیط زیست شهرستان خداآفرین	shapefile	آزاد تجاری
اداره منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی	shapefile	کاربری اراضی
اداره محیط زیست شهرستان خداآفرین	shapefile	منطقه حفاظت‌شده
اداره سازمان آب شهرستان خداآفرین	داده‌های آماری	دمای سطحی و pH آب
اداره منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی	Shapefile	شبکه جاده



شکل ۲- مراحل انجام پژوهش (Firuzi, ۲۰۱۳)

**گام سوم:** جدول ویژگی های واحدهای زیست محیطی (ویژگی های اکولوژیکی پایدار) تنظیم شد.

**گام چهارم:** لایه واحدهای زیست محیطی بر نقاط حضور حیوانات و نقشه منابع پایدار (اقلیم، منابع آب، زیستگاه حیات وحش، کاربری های فعلی، فرسایش پذیری خاک، جاده ها و روستاها) در نرم افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی بر روی هم قرار گرفته و نقشه مربوط به هر لایه تهیه شد.

بعد از تلفیق و جمع بندی داده ها (پهنه بندی برای دستیابی به یگان های زیست محیطی) با اعمال معیارهای ارزیابی مطرح شده و پس از استخراج محدوده مناسب از نظر توان اکولوژیکی، محدوده نهایی توسعه با برهم نهی و غربال کردن نقشه های مربوطه توان مناسب اکولوژیکی منطقه خداآفرین تعیین شد.

تمامی داده های مورد استفاده در این پژوهش، بر اساس استانداردهای موجود تهیه شدند. سپس، کلیه نقشه ها به سامانه مختصات UTM در قالب رستری و با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و اندازه سلول ۲۰ متر ترسیم شدند.

بعد از شناسایی منابع اکولوژیکی، نوبت به فرایند تجزیه و تحلیل و جمع بندی منابع برای تهیه نقشه واحدهای زیست محیطی شد که شامل گام های زیر است.

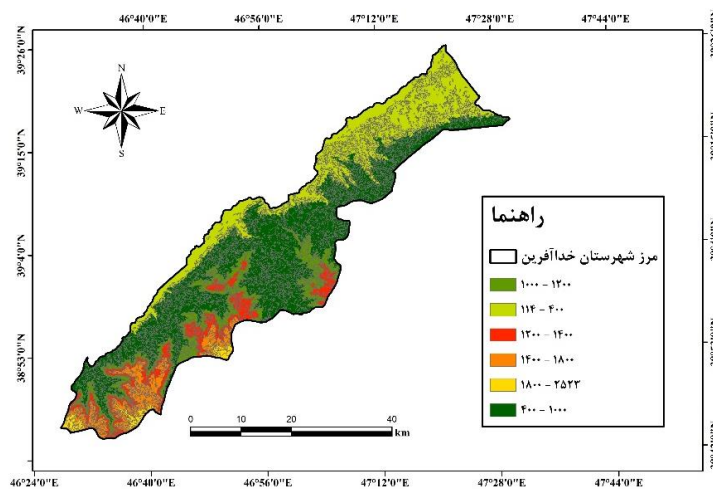
**گام اول:** از روی هم گذاری نقشه واحدهای شکل زمین (مورفولوژی) با نقشه خاک، نقشه واحدهای زیست محیطی پایه یک تهیه شد.

**گام دوم:** از تلفیق نقشه واحدهای زیست محیطی پایه یک با نقشه پوشش گیاهی (جامعه گیاهی و تراکم گیاهی) نقشه واحدهای زیست محیطی تهیه شد.

## نتایج و بحث

**نقشه واحدهای شکل زمین:** بعد از تهیه تمام نقشه‌های موضوعی و داده‌های آماری، برای تهیه نقشه واحدهای شکل زمین از روش روی هم‌گذاری (Macharg, ۱۹۶۹، Adhamimogjarad, ۱۹۸۹) و شیوه دو ترکیبی (Makhdoom, ۱۹۸۷) استفاده شد. در شیوه دو ترکیبی، نخست نقشه طبقات ارتفاع از سطح دریا و نقشه شیب بر روی هم گذارده شده، تلفیق می‌شوند. سپس، نقشه تلفیق‌شده (نقشه واحدهای مقدماتی شکل زمین) بر روی نقشه

جهت‌های جغرافیایی قرار داده می‌شود و بعد از تلفیق، نقشه واحدهای شکل زمین حاصل می‌شود. عمل روی هم‌گذاری لایه‌ها در محیط نرم‌افزار ArcGIS 10.6 صورت گرفت. به دلیل این‌که ایجاد واحدهای همگن زیست‌محیطی از واحدهای خرد، کار برنامه‌ریزی را با مشکل مواجه می‌کند. به منظور همگن‌سازی واحدهای زیست‌محیطی فرایند ادغام لایه‌ها امری ضروری است، عمل ادغام برای لایه‌های کمتر از پنج هکتار صورت گرفت و این واحدها با واحدهای مجاورشان ادغام شدند (شکل ۳).



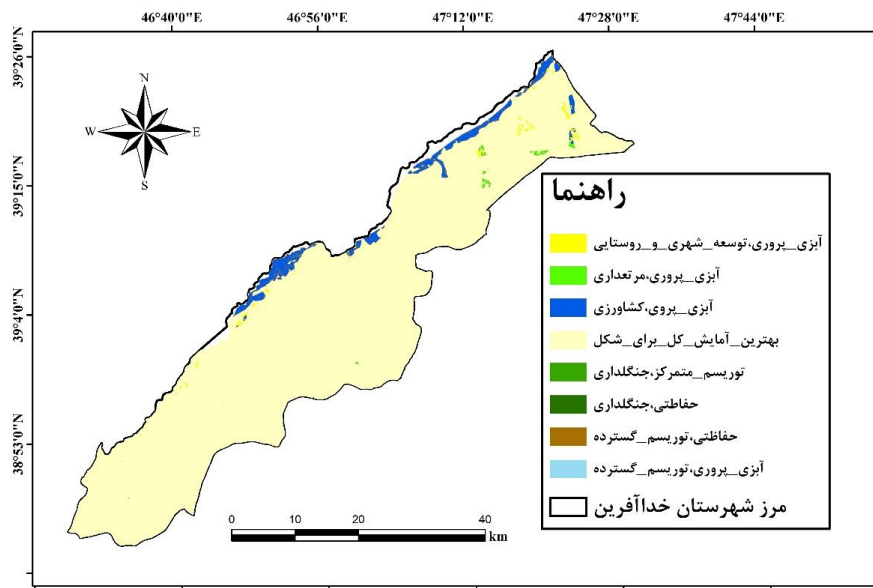
شکل ۳- نقشه واحدهای شکل زمین منطقه مورد مطالعه

**نقشه نهایی واحدهای همگن زیست‌محیطی:** برای تهیه نقشه واحدهای زیست‌محیطی، ابتدا نقشه واحدهای شکل زمین بر روی نقشه تیپ خاک گذاشته، نقشه واحدهای زیست‌محیطی پایه یک تهیه شد. سپس، از طریق قراردادن این لایه بر لایه پوشش، نقشه واحدهای زیست‌محیطی پایه دو استخراج شد. در نهایت، با روی هم‌گذاری لایه زیست‌محیطی پایه دو بر لایه تراکم گیاهی، نقشه نهایی واحدهای زیست‌محیطی (شکل ۴) حاصل شد. البته لازم به ذکر است که بعد از هر عمل روی هم‌گذاری، عمل ادغام واحدهای کمتر از پنج هکتار با واحدهای مجاورشان انجام شده است.

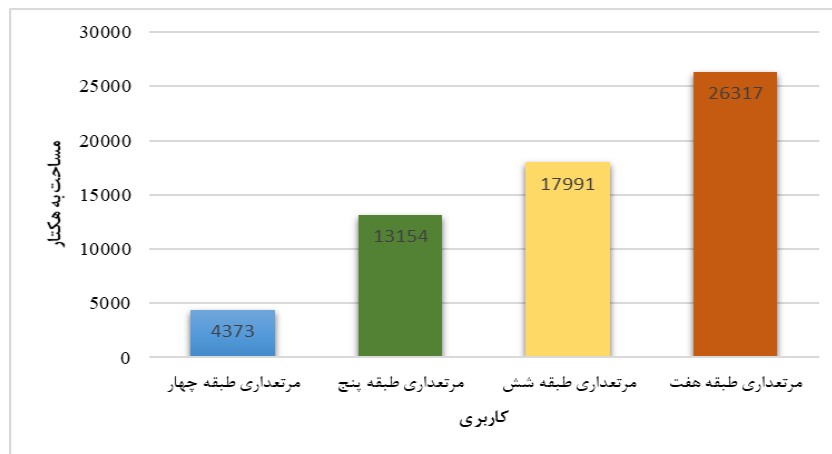
**ارزیابی و طبقه‌بندی اولیه کاربری‌ها:** از مهمترین مراحل آمایش سرزمین، ارزیابی توان اکولوژیکی واحدها برای هر یک از کاربری‌های موجود و یا

پیشنهادی است، این عمل با مقایسه ویژگی‌های منابع فیزیکی و بیولوژیکی واحدها و مدل‌های اکولوژیکی ویژه هر یک از کاربری‌ها انجام می‌شود و در نهایت، بر اساس مقایسه فوق، طبقه یا درجه توان اکولوژیکی هر واحد برای تمام کاربری تعیین شده، نقشه مربوط به آن در سطح حوضه ترسیم می‌شود. در مطالعه حاضر، با توجه به مدل‌های اکولوژیکی مربوط به هر کاربری (مدل مخدوم) و خصوصیات منطقه مورد مطالعه، به وسیله پلی‌گون‌هایی که با در نظر گرفتن عوامل شیب، جهت، ارتفاع، خاک، تراکم و تیپ پوشش گیاهی، فرسایش خاک، زمین‌شناسی، بارندگی، دما و غیره، برای هر کاربری که قابلیت بالایی داشتند، از میان یگان‌های زیست‌محیطی انتخاب و جداسازی شدند و در قالب نقشه‌های جدید با عنوان نقشه توان برآوردی کاربری‌ها ارائه شد که به صورت شکل‌های ۵ تا

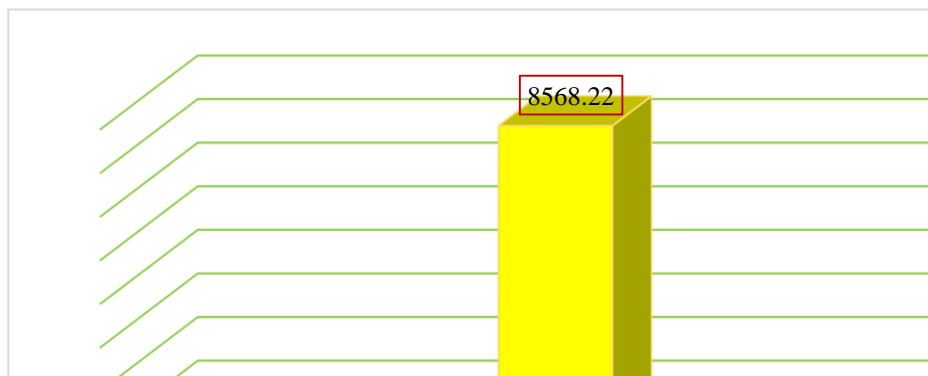
۱۲ نمایش داده شده‌اند. همچنین، طبقات در نظر گرفته شده برای هر کاربری به همراه مساحت آن‌ها در شکل‌های ۵ تا ۹ و در جدول‌های ۲ تا ۴ ارائه شده است.



شکل ۴- نقشه نهایی واحدهای همگن زیست‌محیطی شهرستان خداآفرین



شکل ۵- مساحت مربوط به کاربری مرتعداری



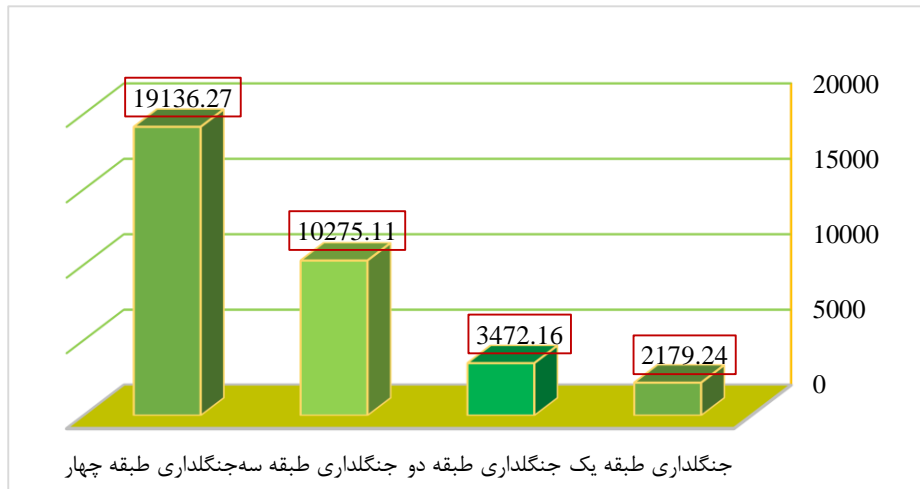
شکل ۶- مساحت مربوط به کاربری کشاورزی



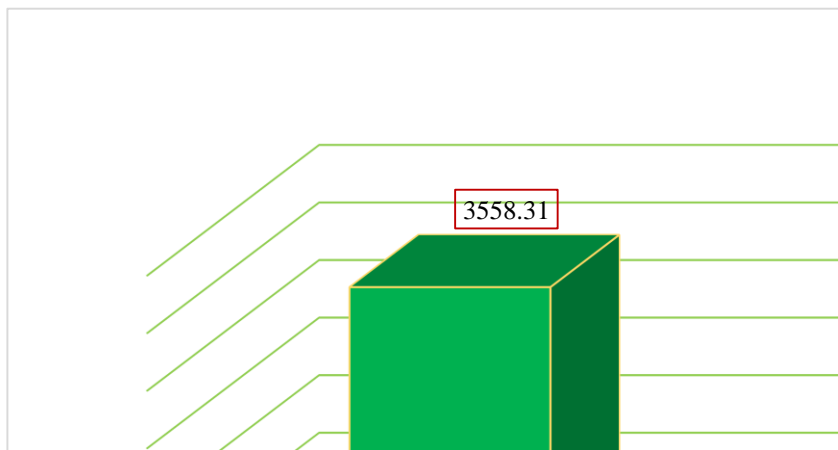
از مدل مخدوم برحسب هکتار نشان داده شده است.

توان اکولوژیکی کاربری مرتعداری: مساحت

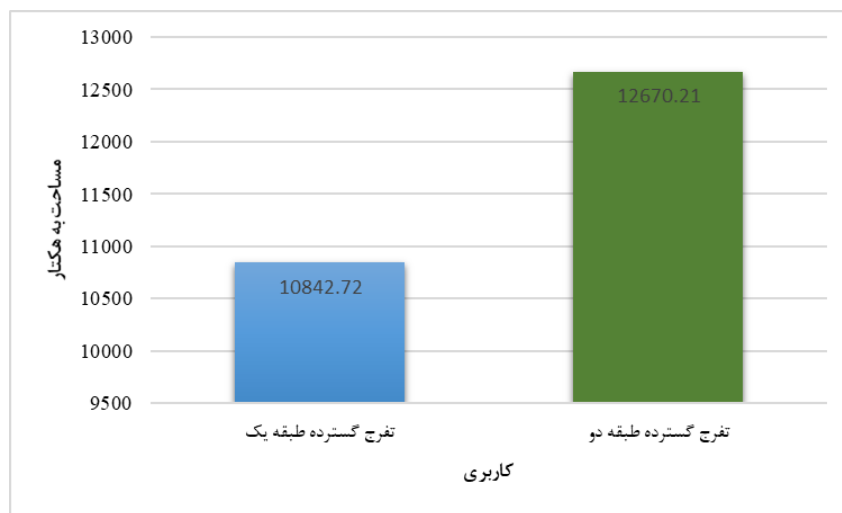
مناطق مناسب کاربری مرتعداری (شکل ۶) با استفاده



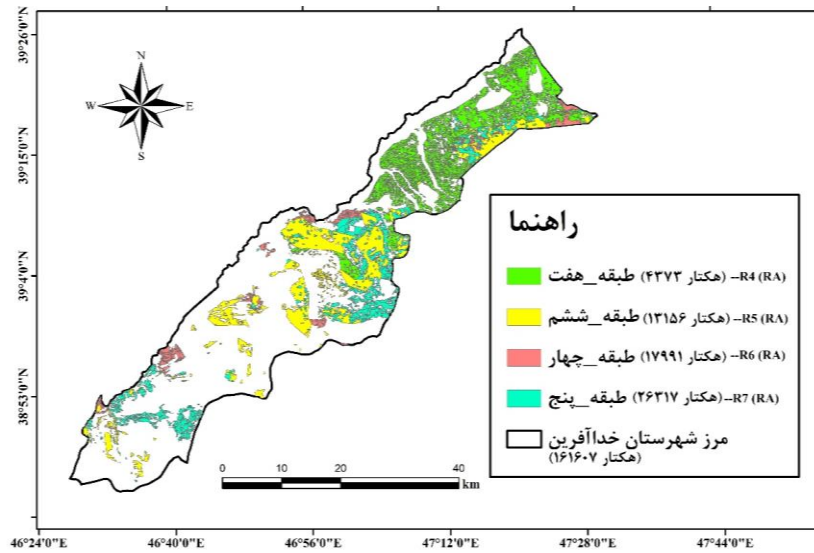
شکل ۷- مساحت مربوط به کاربری جنگلداری



شکل ۸- مساحت مربوط به کاربری اکوتوریسم متمرکز



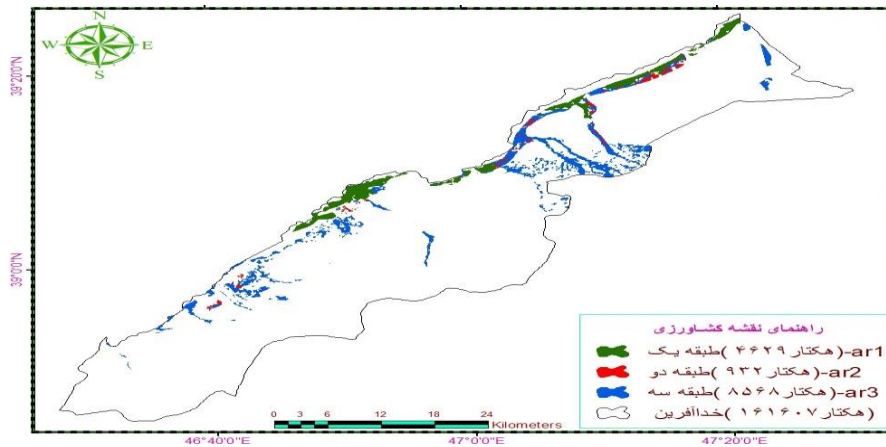
شکل ۹- مساحت مربوط به کاربری اکوتوریسم گسترده



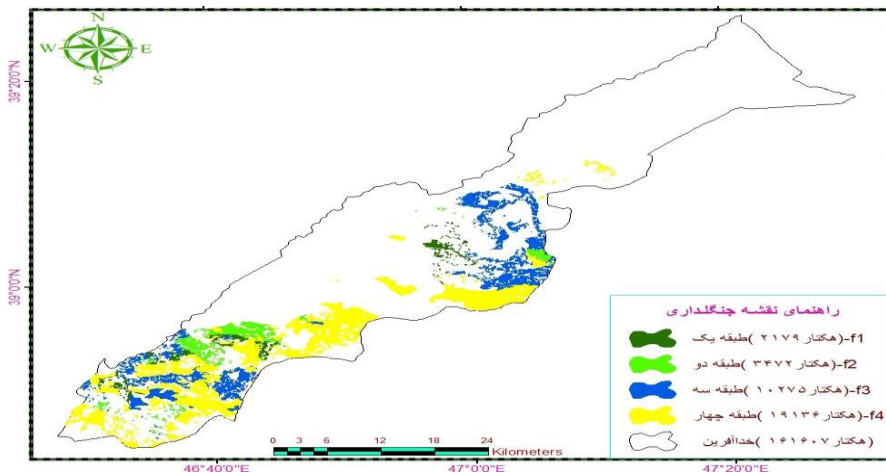
شکل ۱۰- نقشه توان برآوردی برای کاربری مرتعداری

نقشه توان اکولوژیکی کاربری جنگلداری: مساحت مناطق مناسب کاربری جنگلداری با استفاده از مدل مخدوم برحسب هکتار نشان داده شده است.

نقشه توان اکولوژیکی کاربری کشاورزی: مساحت مناطق مناسب کاربری کشاورزی با استفاده از مدل مخدوم بر حسب هکتار نشان داده شده است.



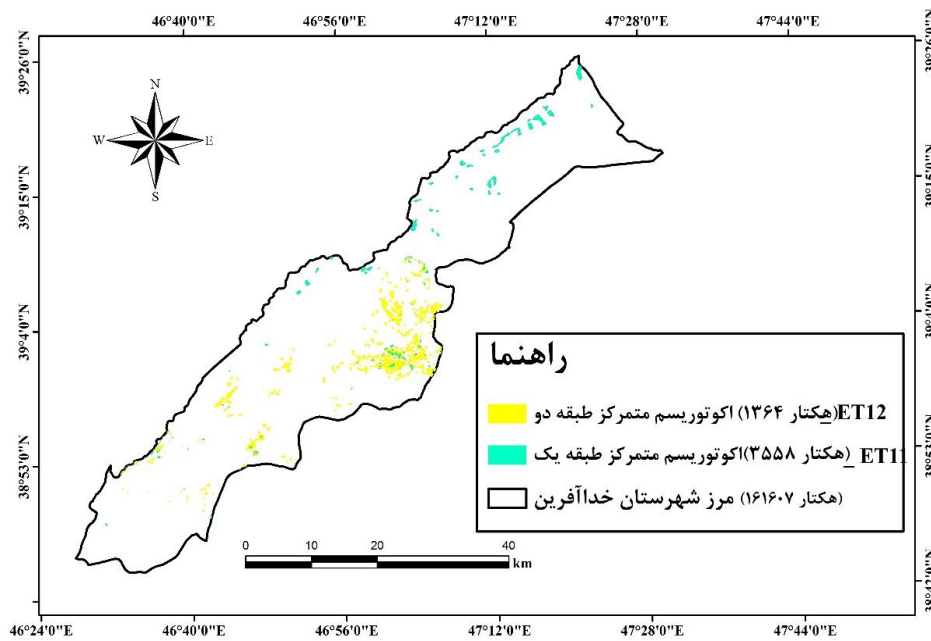
شکل ۱۱- نقشه توان برآوردی برای کاربری کشاورزی



شکل ۱۲- نقشه توان برآوردی برای کاربری جنگلداری

متمركز با استفاده از مدل مخدوم برحسب هكتار نشان داده شده است.

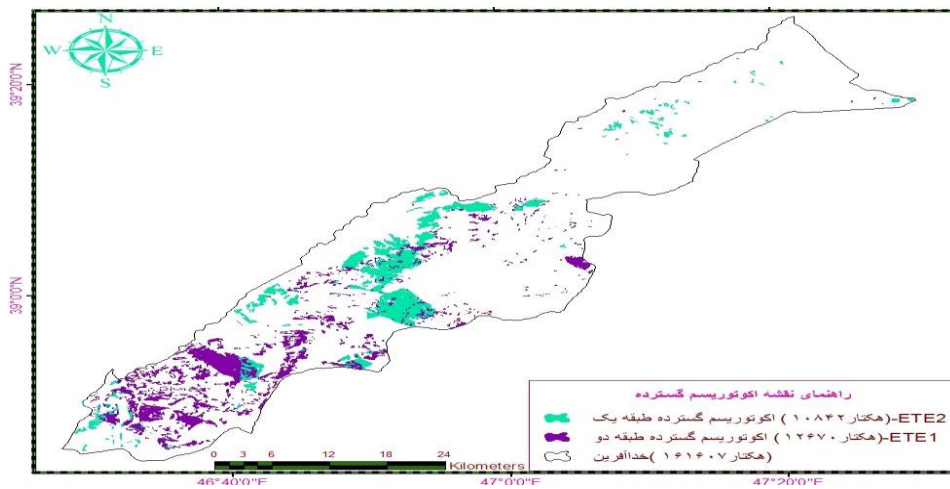
نقشه توان اكلوژيكي کاربري اكلوتوريسم متمركز: مساحت مناطق مناسب کاربري اكلوتوريسم



شكل ۱۳- نقشه توان برآوردی برای کاربري اكلوتوريسم متمركز

گسترده با استفاده از مدل مخدوم برحسب هكتار نشان داده شده است.

نقشه توان اكلوژيكي کاربري اكلوتوريسم گسترده: مساحت مناطق مناسب کاربري اكلوتوريسم



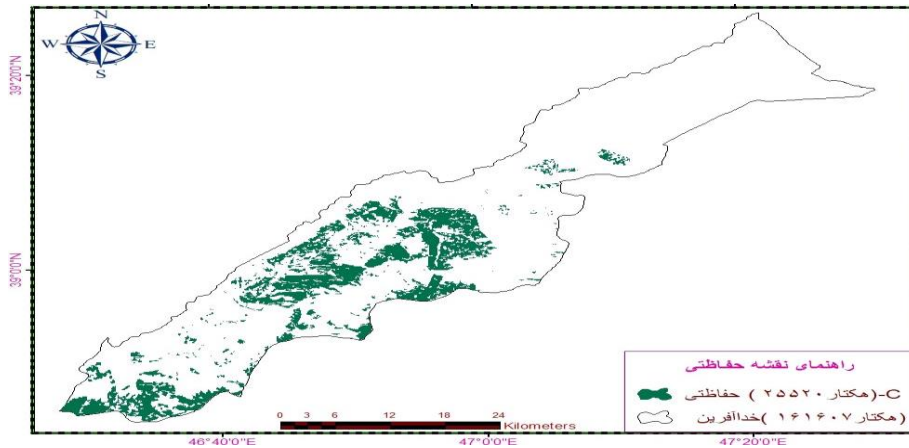
شكل ۱۴- نقشه توان برآوردی برای کاربري اكلوتوريسم گسترده

محيط زيست با استفاده از مدل مخدوم برحسب هكتار نشان داده شده است.

نقشه توان اكلوژيكي کاربري حفاظت محيط زيست: مساحت مناطق مناسب کاربري حفاظت

جدول ۲- اطلاعات مربوط به کاربري حفاظت محيط زيست

مساحت (درصد)	مساحت (هكتار)	مدل اكلوژيكي حفاظت محيط زيست
۱۴/۰۲	۲۵۵۲۰/۶۲	حفاظتي

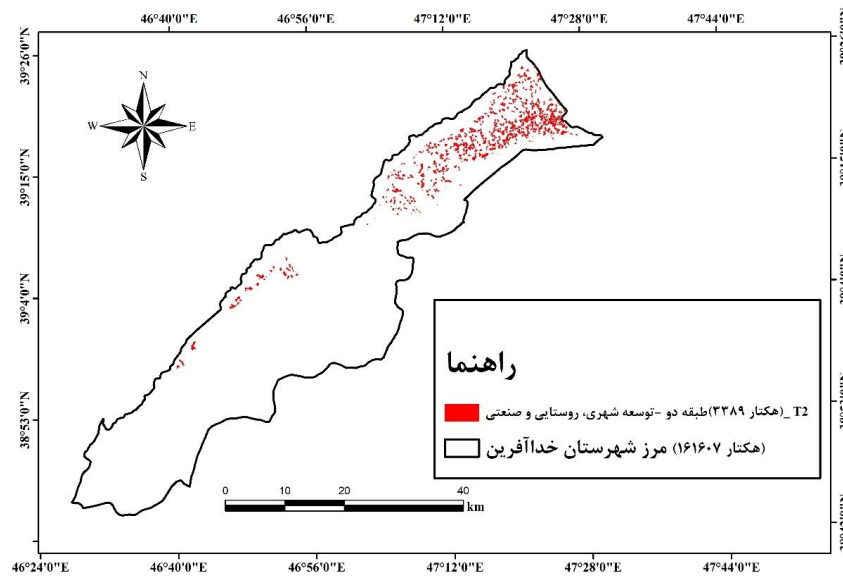


شکل ۱۵- نقشه توان برآوردی برای کاربری حفاظت محیط زیست

نقشه توان اکولوژیکی کاربری توسعه شهری، روستایی و صنعتی با استفاده از مدل مخدوم برحسب هکتار نشان داده شده است. مساحت مناطق مناسب کاربری توسعه شهری، روستایی و صنعتی

جدول ۳- اطلاعات مربوط به کاربری توسعه شهری، روستایی و صنعتی

مساحت (کیلومتر مربع)	مساحت (درصد)	مدل اکولوژیکی توسعه شهری، روستایی و صنعتی
۳۳۸۹۱۷	۱/۸۳	طبقه دو توسعه



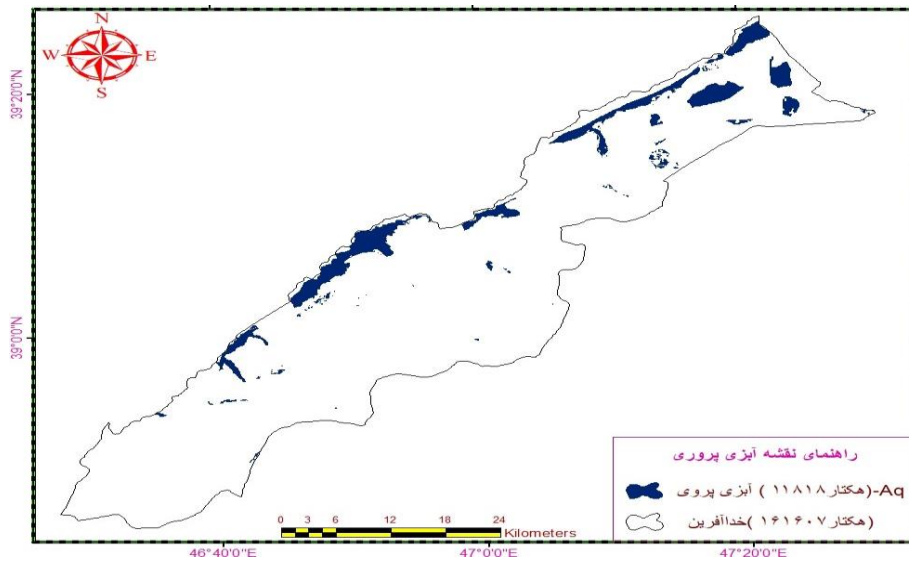
شکل ۱۶- نقشه توان برآوردی برای کاربری توسعه شهری، روستایی و صنعتی

سرزمین منطقه تهیه شد. در نهایت، بین نقشه‌های تهیه شده آمایش سرزمین در آبخیز، با در نظر گرفتن اطلاعات آورده شده در جدول ۶، آمایش در سطح زیرحوضه به عمل آمد و واحدهای همگن کاربری‌های مورد نظر برای یک پهنه بر روی نقشه‌های هر سطح تعیین شد.

نقشه توان اکولوژیکی کاربری آبی‌پروری: مساحت مناطق مناسب کاربری آبی‌پروری با استفاده از مدل مخدوم برحسب هکتار نشان داده شده است. نقشه نهایی توان اکولوژیکی منطقه: پس از تکمیل جدول کاربری‌های نقشه پایه آمایش و توان آن، کاربری‌هایی که با هم سازگارند (جدول ۵) و پس از تلفیق نقشه‌های لازم و تصحیح آن‌ها، نقشه آمایش

جدول ۴- اطلاعات مربوط به کاربری آبی پروری

مساحت (درصد)	مساحت (هکتار)	مدل اکولوژیکی آبی پروری
۷/۰۸	۱۱۸۱۸/۶۸	آبی پروری



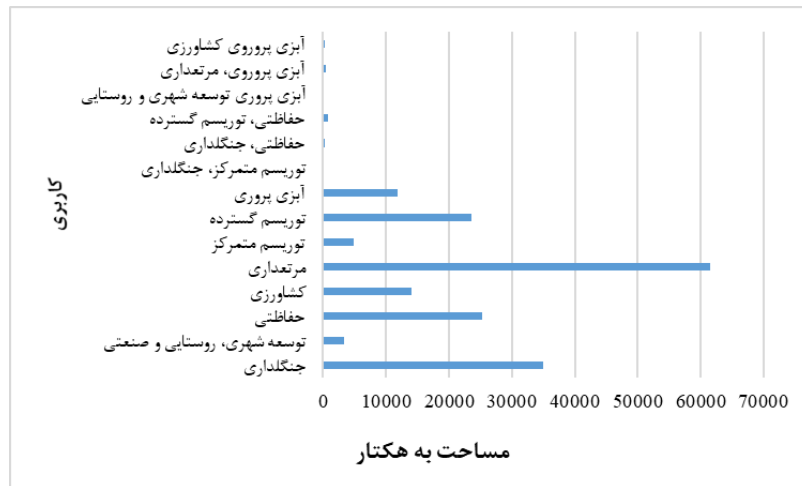
شکل ۱۷- نقشه توان برآوردی برای کاربری آبی پروری

جدول ۵- کاربری‌هایی که با هم سازگارند (Makhdoom, ۲۰۰۵)

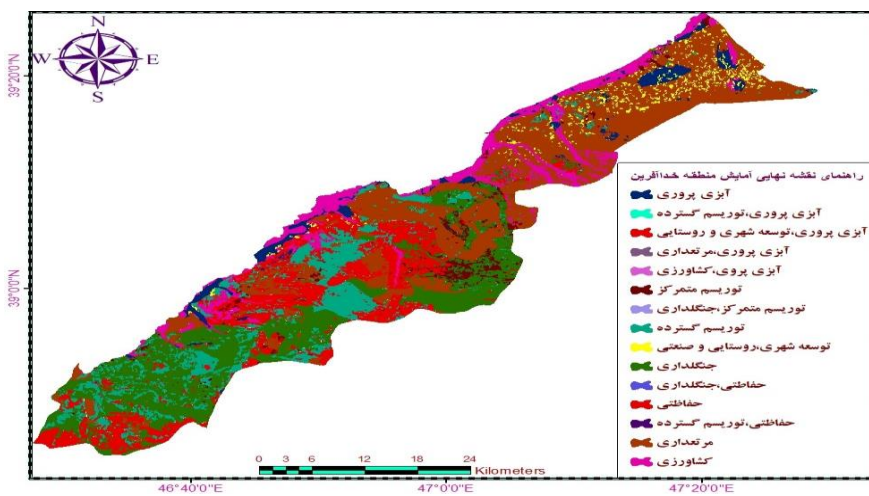
آبخیزداری با:	جنگل‌داری، حفاظت، مرتع‌داری و تفرج گسترده، آبی پروری (با اعمال مدیریت و کنترل) و زنبورداری
آبی پروری با:	جنگل‌داری، کشاورزی، مرتع‌داری، توسعه شهری، روستایی (با اعمال مدیریت) و تفرج گسترده (با اعمال مدیریت)
حفاظت با:	تفرج متمرکز و گسترده و جنگل‌داری (همه با اعمال مدیریت و کنترل)
تفرج متمرکز با:	جنگل‌داری و تفرج گسترده و توسعه شهری و روستایی (با اعمال مدیریت و کنترل)
جنگلداری با:	مرتع‌داری (با اعمال مدیریت و کنترل)
کشاورزی با:	مرتع‌داری (با اعمال مدیریت و کنترل)
	توسعه صنعتی و مکانی با تمامی کاربری‌ها ناسازگارند

جدول ۶- اطلاعات مربوط به کاربری‌های نهایی توان اکولوژیکی منطقه

مساحت (درصد)	مساحت (هکتار)	آمایش سرزمین منطقه
۲/۶۵	۵۰۷۲/۶۹	آبی پروری-کشاورزی
۰/۱۴	۲۵۹/۷۳	آبی پروری-مرتع‌داری
۰/۲	۳۷۹/۱	آبی پروری-توسعه شهری و روستایی
۰/۰۴۹	۱۰۰/۳۴	آبی پروری-توریسم گسترده
۰/۴۵	۸۴۹/۷	حفاظتی-توریسم گسترده
۰/۱۲	۲۳۴/۲۳	حفاظتی-جنگل‌داری
۰/۰۲۱	۳۹/۶۵	توریسم متمرکز-جنگل‌داری
۶/۳۴	۱۱۸۱۸/۴	آبی پروری
۱۲/۶۱	۲۳۵۰۸/۹۵	توریسم گسترده
۲/۶۴	۴۹۲۲/۵۸	توریسم متمرکز
۳۳/۱	۶۱۵۶۷/۵۵	مرتع‌داری
۷/۵۱	۱۴۰۰۲/۶۹	کشاورزی
۱۳/۵۷	۲۵۳۰۵/۸۷	حفاظتی
۱/۸	۳۳۵۷/۶۲	توسعه شهری، روستایی و صنعتی
۱۸/۸	۳۵۰۶۲/۷۶	جنگل‌داری



شکل ۱۸- مساحت مربوط به کاربری‌های نهایی توان اکولوژیکی منطقه



شکل ۱۹- نقشه نهایی توان اکولوژیکی شهرستان خداآفرین

### نتیجه‌گیری

ارزیابی توان اکولوژیک به معنای عینیت بخشیدن به قابلیت بالقوه سرزمین در قالب کاربری‌های با ملاک‌ها و مهیارهای مشخص و از پیش برنامه‌ریزی شده، انجام‌پذیر می‌باشد. این مطالعات، به‌عنوان پایه‌ای برای تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی استفاده از سرزمین در تمام نقاط جهان به‌کار گرفته می‌شود. این امر به‌دلیل ضرورت انتخاب و بهره‌برداری بهینه از پتانسیل اکولوژیک سرزمین در قالب مطالعات برنامه‌ریزی و مدیریت زیست‌محیطی به‌منظور دستیابی به اصل توسعه پایدار است. به‌منظور سنجش فرایند ارزیابی توان اکولوژیکی در راستای شناسایی کاربری‌های شهرستان خداآفرین مورد مطالعه قرار گرفته است.

با مروری بر نتایج ارزیابی توان اکولوژیکی حوزه آبخیز شهرستان خداآفرین که با هدف بهره‌برداری

بهینه از سرزمین در راستای تعیین توان کاربری‌های اکولوژیکی به انجام رسید، مشخص شد که بیشترین کاربری‌های خروجی مدل آمایشی منطقه مورد مطالعه به‌ترتیب کاربری مرتعداری، کاربری جنگلداری، کاربری حفاظت محیط زیست، کاربری اکوتوریسم گسترده، کاربری کشاورزی، کاربری آبی‌پروری، کاربری اکوتوریسم متمرکز و کاربری توسعه شهری، روستایی و صنعتی است که با ۳۳/۴۳، ۱۹/۲۵، ۱۴/۰۲، ۱۲/۶۴، ۸/۶۸، ۷/۰۸، ۳/۰۶ و ۱/۸۳ درصد بیشترین سطح از منطقه را به خود اختصاص می‌دهند. با توجه به اطلاعات شکل ۱۸ مساحت مربوط به کاربری‌های نهایی توان اکولوژیکی شهرستان خداآفرین از پتانسیل، ظرفیت‌های محیطی و توان اکولوژیکی متفاوتی برخوردار می‌باشد. در تحقیق حاضر، با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی کاربری‌هایی که

حفاظتی-جنگلداری (۰/۱۲)، توریسم متمرکز-جنگلداری (۰/۰۲۱)، آبی‌پروری (۶/۳۴)، توریسم گسترده (۱۲/۶۱)، توریسم متمرکز (۲/۶۴)، مرتع‌داری (۳۳/۱)، کشاورزی (۷/۵۱)، حفاظتی (۱۳/۵۷)، توسعه شهری، روستایی و صنعتی (۱/۸)، جنگلداری (۱۸/۸).  
با به‌کارگیری مدل اکولوژیکی مخدوم در محیط GIS مناطق مختلف شهرستان خداآفرین از نظر کاربری‌ها در ۱۵ کاربری مجزا برای توان اکولوژیکی منطقه تقسیم‌بندی شد.

با هم سازگارند، پس از تلفیق نقشه‌های لازم و تصحیح آن‌ها تهیه شده است. بر اساس اهداف تحقیق، تعیین اولویت بین کاربری‌های یک یگان زیست‌محیطی یا بوم‌سازگان‌های خرد در سطح شهرستان خداآفرین مورد بررسی قرار گرفت. مناطق مستعد به کاربری‌های زیر تقسیم شد: مساحت آبی‌پروری (۰/۱۴)، کشاورزی (۲/۶۵)، آبی‌پروری-مرتع‌داری (۰/۱۴)، آبی‌پروری-توسعه شهری و روستایی (۰/۲)، آبی‌پروری-توریسم گسترده (۰/۰۴۹)، حفاظتی-توریسم گسترده (۰/۴۵).

#### منابع مورد استفاده

1. Adhami Mojarad, M., M. Mastouri and F. Honardoost. 2001. Fire hazard zoning and its analysis using Francila Method, case study: natural resources areas of Golestan Province. The First International Conference on Fire in the Field of Natural Resources, Gorgan, 1-12 (in Persian).
2. Adl, H.R., M. Makhdom and M. Marvi Mohajer, 2007. Effective factors on ecological capability in the northern forest of Iran, central and eastern forests of northern Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 15(3): 289-300 (in Persian).
3. Akinci, H., A.Y. Özalp and B. Turgut. 2013. Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique. Computers and Electronics in Agriculture, 97: 71-82.
4. Ashrafzadeh, M., H. Nik Nohad Qara Muharram, F. Ahmadi Mir Qaed and S. Jafari. 2017. Assessing the ecological potential of pastures in Balochi region of Lar City to develop a rangeland management plan. Rangeland and Desert Research of Iran, 23(3): 636-644.
5. Bibby, J.S., R.E.F Heslop and R. Hartnup. 1988. Land capability for forestry in Britain. The Forestry Commission. In: www.bsss.Bangor.ac.Uk/Forest1.htm.
6. Bonilla, S., L. Aubriot, M.C.S. Soares, M. Gonzalez-Piana, A. Fabre, V.L. Huszar and C. Kruk. 2012. What drives the distribution of the bloom-forming cyanobacteria Planktothrix agardhii and Cylindrospermopsis raciborskii? FEMS Microbiology Ecology, 79(3): 594-607.
7. Bunruamkaew, K. and Y. Murayama. 2011. Site suitability evaluation for ecotourism using GIS and AHP: a case study of Surat Thani Province, Thailand. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 21: 269-278.
8. Makhdom, M. 2010. Fundamental of land use evaluation. University of Tehran Press, 289 pages.
9. Masoudi, M. and J. Sadeghi. 2015. Evaluation of ecological capacity of urban, rural and industrial development of Darab City. Natural Ecosystems of Iran, 6(3): 49-58.
10. Peng, L., W. Chen, M. Li, Y. Bai and Y. Pan. 2014. GIS-based study of the spatial distribution suitability of livestock and poultry farming: the case of Putian, Fujian, China. Computers and Electronics in Agriculture, 108: 183-190.
11. Rahimipour, H., A.Sh. Khosravi and T. Samadi. 2016. Article on the potential and ecological potential of industrial development using GIS, case study: Semnan industrial town development. Journal of Environmental Science and Experience, 18(2): 343-349.
12. Dai, L., X. Zhao, H.S. He, D. Yu, L. Zhou, W. Leng and S. Wu. 2008. Evaluating land-use suitability of an industrial city in Northeast China. Sustainable Development and World Ecology, 15: 1-5.
13. Jalali, M., A. Hosseini Sadr and H. Khoshvaghti. 2007. The role of spatial dispersion and temporal fluctuations of climatic parameters in dryland wheat yield, case study: Kalibar and Khodaafarin cities. Journal of Natural Geography, 9: 105-123.
14. Liu, J., Y. Jing, Y. Wang and Y. Shu-Xia. 2010. Environmental impact assessment of land use planning in Wuhan City based on ecological suitability analysis. Procardia Environmental Sciences, 2: 185- 191.