



زون بندی و ارزیابی میزان یکپارچگی زیستگاه در مجموعه حفاظت شده جاجرو

پروانه سبحانی^{۱*}، افشین دانه کار^۲

۱- گروه محیط زیست، دانشگاه لرستان، دانشکده منابع طبیعی، خرم آباد، ایران

۲- گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

نوع مقاله:	چکیده
پژوهشی	مقدمه: مناطق حفاظت شده آخرین ذخایر ژنتیکی هر کشور و معرف اکوسیستم های منحصر به فرد موجود در عرصه های بکر و طبیعی هستند که حفاظت از آن ها امری ضروری است. طرح ریزی مدیریتی یا همان زون بندی راهکاری مناسب برای ایجاد تعادل بین حفاظت از منابع طبیعی و توسعه پایدار در این مناطق است. هدف اصلی از ایجاد مناطق تحت حفاظت، حفظ یکپارچگی زیستگاه و سیستم های حیات بخش، حمایت از تنوع زیستی و تضمین بهره برداری پایدار از غنای گونه ای و خدمات اکوسیستمی است. بنابراین، برنامه ریزی مدون در قالب زون بندی و گسترش اهداف حفاظتی برای مناطق حفاظت شده از اهمیت ویژه ای برخوردار است.
تاریخچه مقاله:	مواد و روش ها: در مطالعه حاضر با هدف شناسایی پهنه هایی با بیشترین حساسیت اکولوژیک و اولویت بالا در حفاظت به زون بندی مجموعه حفاظت شده جاجرو با استفاده از شاخص های مکانی و روش های تصمیم گیری چند معیاره در قالب روابطی خطی اقدام شد. همچنین یکپارچگی زیستگاه در این مجموعه حفاظتی با استفاده از سنجه های سیمای سرزمین مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفت.
دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۱۰ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۳۰	نتایج: مطابق نتایج به دست آمده می توان در این منطقه ۷ زون اصلی از جمله زون ۱ (طبیعت محدود شده)، زون ۲ (حفاظتی)، زون ۳ (استفاده گسترده)، زون ۴ (استفاده متمرکز)، زون ۷ (استفاده ویژه)، زون ۸ (سپر) و زون ۱۱ (سایر استفاده ها) را شناسایی کرد. بدین ترتیب از نظر میزان حساسیت و آسیب پذیری زون های ۱ و ۲ به دلیل انعطاف پذیری کمتر در برابر توسعه فعالیت های انسانی و محدودیت های زیستی و درجه حفاظتی بالاتر در طبقه حساس و زون های ۳، ۴، ۷، ۸ و ۱۱ با توجه به محدودیت های زیستی کمتر و انعطاف پذیری بالاتر در طبقه غیر حساس قرار گرفتند. نتایج زون بندی نشان داد که در مجموعه حفاظت شده جاجرو بیشترین مساحت در بین زون های شناسایی شده مربوط به زون ۸ (۲۳۰۷۸ هکتار) و کمترین مساحت مربوط به زون ۴ (۴۷۵ هکتار) می باشد. نتایج ارزیابی یکپارچگی زیستگاه و تغییرات سیمای سرزمین نیز حاکی از آن است که سنجه های مساحت کلاس، درصد مساحت کلاس و متوسط اندازه لکه در سطح کلاس های اراضی ساخته شده، محدوده های آبی و اراضی زراعی و باغی افزایش یافته است. در حالی که در سطح کلاس های مراتع پرتراکم، مراتع کم تراکم و اراضی جنگلی کاهش یافته است، که کاهش این سنجه ها نشان دهنده افزایش از هم گسیختگی لکه ها و کوچک شدن اندازه آن ها است.
کلمات کلیدی:	بحث: از هم گسیختگی و کاهش یکپارچگی زیستگاه یکی از تهدیدهای مهم برای حفاظت از اکوسیستم های طبیعی است. بنابراین احیای اتصالات و حفظ کریدورها در بین لکه های زیستگاهی، راهبردهای مؤثری برای کنترل تکه تکه شدن و نابودی اکوسیستم های طبیعی است که این امر مستلزم اتخاذ برنامه ریزی منسجم و مدیریتی یکپارچه و فراهم کردن ابزارهای مناسب برای کاهش اثرات این تهدیدها می باشد. نتایج حاصل از

زون‌بندی و ارزیابی یکپارچگی زیستگاه در این مطالعه، می‌تواند به عنوان یک راهکار مدیریتی به حفاظت و برنامه‌ریزی صحیح در راستای توسعه متناسب فعالیت‌های انسانی با زون‌های شناسایی شده در منطقه و به دنبال آن مخاطرات و پیامدهای محیطی کمک نماید.

مقدمه

اندوخته‌هایی در سطح جهان با عناوین مختلف در رده‌های حفاظتی متفاوت مورد حفاظت قرار گرفته‌اند (Ajayi, 2019). این مناطق در کشور ایران به چهار دسته پارک ملی، پناهگاه حیات وحش، اثر طبیعی ملی و منطقه حفاظت‌شده طبقه‌بندی شده است (Sobhani & Esmaeilzadeh, 2021). مناطق حفاظت شده آخرین ذخایر ژنتیکی هر کشور و معرف اکوسیستم‌های منحصربه‌فرد موجود در عرصه‌های بکر و طبیعی هستند که حفاظت از آن‌ها امری ضروری است. مطابق آخرین گزارش سازمان حفاظت محیط زیست ۳۲۷ منطقه تحت حفاظت (۳۳ پارک ملی، ۱۹۵ منطقه حفاظت شده، ۴۴ اثر طبیعی ملی و ۵۵ پناهگاه حیات وحش) در کشور شناسایی شده است که نزدیک به ۱۲ درصد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده‌اند (Department of the Environment of Iran, 2023).

ایجاد و حفاظت از این مناطق، یک استراتژی محوری برای دستیابی به هدف تنوع زیستی است. اهداف حفاظتی مناطق حفاظت‌شده با تأکید بر تنوع زیستی و ملاحظات گسترده‌تری مانند پایداری اکوسیستم، تاب‌آوری جامعه در برابر تغییرات اقلیمی و افزایش رفاه انسان توسعه یافته است (Hoffmann, 2022). با توجه به این اهداف چندوجهی، تخصیص عاقلانه منابع برای حفاظت مؤثر از تنوع زیستی با شناسایی مناطق مهم استراتژیک برای حفاظت، به‌ویژه در اکوسیستم‌های طبیعی، امری ضروری است (Dang et al., 2025). به‌طور کلی هدف اصلی از ایجاد مناطق تحت حفاظت، حفظ یکپارچگی زیستگاه و سیستم‌های حیات‌بخش، حمایت از تنوع زیستی و تضمین بهره‌برداری پایدار از غنای گونه‌ای و خدمات اکوسیستمی است (Sobhani et al., 2024). بنابراین، برنامه‌ریزی مدون در قالب زون‌بندی و گسترش اهداف حفاظتی برای مناطق حفاظت‌شده از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Danehkar et al., 2024; Voskamp et al., 2023).

با توجه به فشارها و تهدیدهای ناشی از توسعه بی‌رویه فعالیت‌های انسانی، مناطق تحت حفاظت به منظور حفظ

گونه‌های گیاهی و جانوری، حفاظت از زیستگاه‌ها، جلوگیری از آلودگی‌ها و کاهش منابع زیستی توسعه یافته‌اند (Luo et al., 2022; Wolf et al., 2023). با این وجود، در بیشتر موارد به دلیل اثربخشی پایین مناطق تحت حفاظت در حمایت از تنوع زیستی و حفظ خدمات اکوسیستم‌های طبیعی، چالشی بزرگ در خصوص کارایی و عملکرد این مناطق در حفاظت از طبیعت ایجاد شده است (Vigl et al., 2021; Grêt-Regamey & Weibel, 2020).

اساس مدیریت مناطق تحت حفاظت بر پایه شناخت زون‌بندی و برنامه بهره‌وری با اعمال محدودیت و ممنوعیت‌های زمانی و مکانی و عملیاتی در هر زون با توجه به حساسیت‌های اکولوژیک آن استوار است. از این رو، برای استفاده از قابلیت‌های این مناطق، طرح‌ریزی و زون‌بندی باید معرف ویژگی‌هایی نظیر دست‌نخورده‌گی، حفاظت از کانون‌های تنوع زیستی و گستره چشم‌اندازهای بکر و چشم‌نواز باشد و بتواند توسعه فعالیت‌های مختلف انسانی را در عرصه‌هایی مناسب پاسخ دهد (Sobhani et al., 2021). در این راستا، مطالعه حاضر تلاش دارد که با تدوین مدل تصمیم‌گیری و استفاده از روش ارزیابی چندمعیاره به شناسایی مهم‌ترین شاخص‌های مکانی در زون‌بندی مجموعه حفاظت شده جاجرود با هدف شناسایی زون‌هایی با بیشترین حساسیت اکولوژیک و درجه حفاظتی بپردازد. علاوه بر این، میزان یکپارچگی زیستگاه با استفاده از رویکرد بومشناسی و سنج‌های سیمای سرزمین در این اکوسیستم طبیعی مورد ارزیابی و تحلیل قرار گیرد.

با توجه به اهمیت این موضوع، مطالعات متعددی در طرح‌ریزی و زون‌بندی مناطق تحت حفاظت انجام شده است که می‌توان به مطالعه Danehkar و همکارانش (۲۰۲۴) در زون‌بندی پارک ملی گلستان با استفاده از روش‌های ارزیابی چند معیاره اشاره نمود. مطابق نتایج، این منطقه بر اساس نوع استفاده و اهداف مدیریتی دارای ۶ زون اصلی از جمله زون ۱، ۲، ۳، ۴، ۷ و ۸ است که بیشترین وسعت به زون ۱ با ۲۹٪ درصد مساحت و

شده است؛ درحالی که در مطالعه حاضر با تدوین مدل تصمیم‌گیری و استفاده از روش ارزیابی چندمعیاره به شناسایی مهم‌ترین شاخص‌های مکانی در فرآیند زون‌بندی منطقه اقدام گردید. همچنین به ارزیابی میزان یکپارچگی زیستگاه با استفاده از رویکرد بومشناسی و سنجش‌های سیمای سرزمین پرداخته شد.

مجموعه حفاظت شده جاجرود به دلیل شرایط اقلیمی مطلوب، منابع آب کافی و پوشش گیاهی غنی، مکان مناسبی برای حیات تنوع زیستی فراهم کرده است. این منطقه دارای دو پارک ملی سرخه حصار و خجیر با ارزش زیستی بالا می‌باشد. منطقه حفاظت‌شده جاجرود همچنین دارای قدمت بالای تاریخی در کشور می‌باشد که به دوره قاجار برمی‌گردد. وجود جاذبه‌های گردشگری متعدد (جنگل‌های منحصر به فرد پسته وحشی (*Pistacia atlantica Desf.*، سد لتیان، رودخانه جاجرود، مناظر زیبا و گونه‌های متنوع گیاهان دارویی) که از اهمیت ملی و منطقه‌ای برخوردارند، گردشگری و توسعه فعالیت‌های گردشگری در این منطقه را افزایش داده است. این منطقه در کلان‌شهر تهران واقع شده و فضای مناسبی را برای حفظ ذخایر ژنتیکی گونه‌ها، بهبود آب و هوا و مکانی برای لذت بردن شهروندان فراهم کرده است (Sobhani et al., 2023).

علی‌رغم اهمیت اکولوژیک مجموعه حفاظت شده جاجرود، به دلیل تقاضای بالا برای تبدیل زمین و ساخت و ساز فعالیت‌های صنعتی و مسکونی، تهدید فزاینده زمین‌های کشاورزی و منابع طبیعی، تولید انواع زباله و پسماندهای شهری، تشدید آلودگی آب، خاک و هوا، تخریب زیستگاه‌های حساس و کاهش تنوع زیستی و فشار فزاینده بر بهره‌وری از منابع آب زیرزمینی و شهرنشینی، شناسایی پهنه‌های حساس اکولوژیک و ارزیابی یکپارچگی زیستگاه در این منطقه ضروری است. از دیگر مسائل مهمی که این منطقه را تهدید می‌کند، می‌توان به تغییرات اقلیمی، از دست رفتن تنوع زیستی و نابودی زیستگاه حیات وحش اشاره کرد. در دهه‌های اخیر، فشارهای رشد جمعیت و توسعه شهرنشینی به طور قابل توجهی بر منطقه تأثیر گذار بوده است و علاوه بر این، سطح پایین پایش در این منطقه منجر به نابودی و بهره‌کشی از منابع طبیعی شده است. از طرفی رشد فیزیکی سریع کلان‌شهر تهران بدون شک باعث کاهش یکپارچگی زیستگاه و افزایش ناپایداری

کمترین وسعت به زون ۷ با ۱٪ از مساحت کل پارک اختصاص یافته است. در مطالعه‌ای دیگر Rahimi و Barghjelveh (۲۰۲۰) به زون‌بندی منطقه حفاظت‌شده اشترانکوه با استفاده از ارزیابی چند معیاره و الگوریتم خوشه‌بندی K-MEANS پرداختند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که ۷۵ درصد منطقه به زون‌های امن و حفاظتی اختصاص دارد و پهنه‌های انتخاب شده برای این زون‌ها پیوستگی و نزدیکی بالایی به یکدیگر دارند که این امر مدیریت این مناطق را آسان‌تر می‌نماید. Yang و همکاران (۲۰۲۲) با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)^۱ به زون‌بندی خلیج هانگژو پرداختند. نتایج نشان داد شدت استفاده از دریا و پهنه‌های حساس ساحلی در این منطقه تحت تأثیر افزایش ساختار صنعتی و عدم هماهنگی فضایی قرار گرفته است که باید با توجه به طرح مدیریتی و زون‌بندی منطقه مورد حفاظت و برنامه‌ریزی قرار گیرد. Herrera-Montes (۲۰۱۸) در مطالعه خود زون‌بندی در مناطق تحت حفاظت را به عنوان راهبردی برای حفظ مناظر طبیعی، کاهش دخالت فعالیت‌های انسانی و حفظ تنوع زیستی تعریف کرد. او بیان کرد که پهنه‌بندی و طبقه‌بندی آسیب‌پذیری ارائه شده در این مطالعه می‌تواند ابزاری مفید برای کمک به مدیران و محققان در تعریف استراتژی‌های اولویت‌بندی برای گونه‌های حساسی باشد که نیاز به توجه و حفاظت ویژه‌ای دارند.

مطابق مطالعات صورت گرفته هدف اصلی از زون‌بندی عرصه‌های طبیعی تفکیک این مناطق به بخش‌های مختلف با اهداف گوناگون است. هدف از این تقسیم‌بندی، مدیریت بهینه و پایدار منابع طبیعی و زیستگاه‌ها، حفاظت از تنوع زیستی و فراهم کردن امکان فعالیت‌های گردشگری و پژوهشی کنترل شده می‌باشد. مطالعات نشان می‌دهد که زون‌بندی می‌تواند نقش مهمی در موفقیت برنامه‌های حفاظتی ایفا کند. بر این اساس، در مطالعه حاضر سعی شده با زون‌بندی مجموعه حفاظت شده جاجرود زمینه برای مدیریت بهینه این منطقه فراهم آید. در اغلب مطالعاتی که تا کنون صورت گرفته به زون‌بندی بر اساس دستورالعمل تهیه طرح مدیریت مناطق تحت حفاظت (Majnoonian, 2000) پرداخته

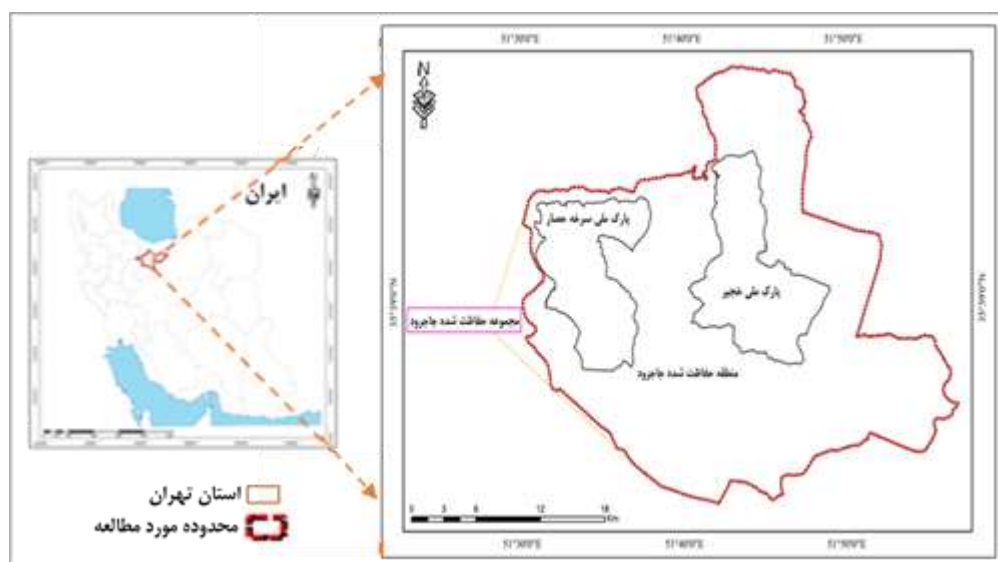
^۱Geographic Information System (GIS)

متر از سطح دریا و بیشترین ارتفاع آن ۲۶۰۰ متر می‌باشد. دو پارک ملی خجیر و سرخه حصار در مجموعه حفاظت شده جاجرود واقع شده است که در سال ۱۳۶۱ به این منطقه اضافه شده‌اند. در حال حاضر، پارک ملی خجیر با مساحت ۱۰۶۹۳ هکتار و پارک ملی سرخه حصار با مساحت ۸۶۹۶ هکتار تحت مدیریت اداره محیط زیست استان تهران می‌باشند. پارک ملی خجیر منطقه‌ای با کوه‌های کم ارتفاع و تپه‌های شیب‌دار با دامنه‌ای ارتفاعی ۱۳۰۰ تا ۲۱۰۰ متر است که رودخانه جاجرود در آن جریان دارد. از ویژگی‌های آن می‌توان به آب و هوای نیمه‌خشک و معتدل و تنوع زیستی بالا اشاره نمود. پارک ملی سرخه حصار نیز منطقه‌ای نیمه‌کوهستانی و تپه ماهوری با دامنه‌ای ارتفاعی ۱۲۰۰ تا ۱۸۰۰ متر است که دارای آب و هوای نیمه‌خشک و معتدل است. از نظر تنوع زیستی، منطقه حفاظت‌شده جاجرود با مساحت ۵۵۴۲۲ هکتار دارای ۵۱۷ گونه گیاهی متنوع است که آن را به یکی از زیستگاه‌های اصلی قوچ و میش و سایر گونه‌های جانوری مهم تبدیل می‌کند (Sobhani, 2024). در شکل ۱، موقعیت جغرافیایی این منطقه نمایش داده شده است.

محیط زیستی در این منطقه خواهد شد. براین اساس، در مطالعه حاضر با هدف شناسایی پهنه‌هایی با بیشترین حساسیت اکولوژیک و اولویت بالا در حفاظت، به زون‌بندی منطقه حفاظت شده جاجرود با استفاده از شاخص‌های مکانی و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در قالب روابط خطی اقدام شد. همچنین یکپارچگی زیستگاه در این مجموعه حفاظتی با استفاده از سنجش‌های سیمای سرزمین مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه: مجموعه حفاظت شده جاجرود در شرق کلان‌شهر تهران واقع شده است. این منطقه از شمال به دریاچه سد لتیان، از شرق به ارتفاعات البرز در اطراف جاده‌های فیروزکوه و هراز، از جنوب به کوه پارچین- ورامین و از غرب به کوه بی‌بی شهربانو و مسگرآباد محدود می‌شود. بخش عمده‌ای از این منطقه کوهستانی است و دامنه جنوبی رشته‌کوه البرز مرکزی را شامل می‌شود. کمترین ارتفاع منطقه مورد مطالعه ۱۰۰۰



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

طبقه‌بندی IUCN، دستورالعمل تهیه طرح مدیریت مناطق تحت حفاظت (Majnoonian, 2000)، مطالعات پیشین، اسناد و منابع بین‌المللی معتبر و نظر متخصصان اقدام شد. مطابق جدول ۱، در دو بعد اکولوژیک و انسانی ۴۱ شاخص در قالب ۷ معیار ارائه شد.

روش‌شناسی پژوهش: در این مطالعه، به منظور زون‌بندی مجموعه حفاظتی جاجرود، به تهیه فهرستی از معیارها و شاخص‌های مکانی مطابق با ویژگی‌های جغرافیایی و بوم‌شناختی منطقه، حساسیت‌های زیستی، محدودیت‌ها و دستورالعمل‌های قانونی مطابق با

جدول ۱- فهرستی از معیارها و شاخص‌های مکانی در فرآیند زون‌بندی محدوده مورد مطالعه

بعد	معیار	شاخص	منابع
زیستگاه	اکولوژیک	توپوگرافی	Sahani, 2021; Canteiroa <i>et al.</i> , 2018; Nino <i>et al.</i> , 2017; Bunruamkaew & Murayama, 2012; Karami, 2010; Mahmoudi, 2007; Jomepour & Yaghoubi-Faz, 2018; Parsajoo & Nasehi, 2018; Bazm-Ara Baleshti, 2017; Fekrizad & Vosoughi, 2017; Asrari & Masoudi, 2016; Makhdoom, 2011
		خاک	Sahani, 2021; Akbarian-Ronizi <i>et al.</i> , 2020; Wondirad <i>et al.</i> , 2020; Canteiroa <i>et al.</i> , 2018; Nino <i>et al.</i> , 2017; Jomepour & Yaghoubi-Faz, 2018; Parsajoo & Nasehi, 2018; Bazm-Ara Baleshti, 2017; Fekrizad & Vosoughi, 2017; Asrari & Masoudi, 2016; Makhdoom, 2011
		اقلیم	Sahani, 2021; Canteiroa <i>et al.</i> , 2018; Nino <i>et al.</i> , 2017; Bali <i>et al.</i> , 2015; Jeong <i>et al.</i> , 2014; Bunruamkaew & Murayama, 2012; Jomepour & Yaghoubi-Faz, 2018; Parsajoo & Nasehi, 2018; Bazm-Ara Baleshti, 2017; Fekrizad & Vosoughi, 2017; Asrari & Masoudi, 2016; Makhdoom, 2011
		آب	Wondirad <i>et al.</i> , 2020; Canteiroa <i>et al.</i> , 2018; Nino <i>et al.</i> , 2017; Gigovic, 2016; Mahdavi & Niknejad, 2014; Kheikhah-Zarkesh <i>et al.</i> , 2011; Bazm-Ara Baleshti, 2017; Asrari & Masoudi, 2016; Makhdoom, 2011
زیستگاه	اکولوژیک	معرف بودن	Canteiroa <i>et al.</i> , 2018; Nino <i>et al.</i> , 2017; Gigovic, 2016; Mahdavi & Niknejad, 2014; Mahmoudi, 2007; Parsajoo & Nasehi, 2018; Bazm-Ara Baleshti, 2017; Asrari & Masoudi, 2016; Makhdoom, 2011; Erfani <i>et al.</i> , 2011; Ghadimi <i>et al.</i> , 2010; Hosseini-Tavasol <i>et al.</i> , 2010; Onogh & Jafari, 2005
		دست‌نخورگی	Sahani, 2021; Akbarian-Ronizi <i>et al.</i> , 2020; Canteiroa <i>et al.</i> , 2018; Nino <i>et al.</i> , 2017; Mahmoudi, 2007; Gigovic, 2016; Bunruamkaew & Murayama, 2012; Dehdar Dargahi, 2007; Bazm-Ara Baleshti, 2017; Asrari & Masoudi, 2016; Farashi & Shariati, 2013; Mirzapour, 2013; Asadollahi <i>et al.</i> , 2012; Kiani <i>et al.</i> , 2011; Makhdoom, 2011
		حساسیت تخریب آسیب‌پذیری زیستگاه	Wondirad <i>et al.</i> , 2020; Canteiroa <i>et al.</i> , 2018; Nino <i>et al.</i> , 2017; Gigovic, 2016; IUCN, 2004; IUCN, 1999; Farashi & Shariati, 2013; Dehdar Dargahi, 2007; Majnoonian, 2000
		یکپارچگی زیستگاه ازهم‌گسیختگی زیستگاه ارتباطات	Maksin <i>et al.</i> , 2018; Grantham <i>et al.</i> , 2013; Nikandish <i>et al.</i> , 2019; Samadi, 2019; Moradpanah <i>et al.</i> , 2017
زیستگاه	اکولوژیک	شکل تنوع زیستگاهی منحصربه‌فرد بودن اهمیت زیستگاه	Maksin <i>et al.</i> , 2018; Farashi, 2016; Kapourachal <i>et al.</i> , 2014; Danekar & Haddadinia, 2009; Mahmoudi, 2007; Makhdoom, 2015; Golmohammadi, 2014; Leghai <i>et al.</i> , 2009; Dehdar Dargahi, 2007; Danehkar & Majnoonian, 2004
		تنوع گونه‌ای جمعیت گونه اهمیت گونه	Gigovic, 2016; Bunruamkaew & Murayama, 2012; Wondirad <i>et al.</i> , 2020; Zarkesh <i>et al.</i> , 2011; Danekar & Haddadinia, 2009; Mahmoudi, 2007; Bazm-Ara Baleshti, 2017; Fekrizad & Vosoughi, 2017; Makhdoom, 2011
		حیات وحش جذاب پراکندگی و توزیع گونه‌ها حضور گونه‌های حفاظتی بومی و مهاجم	Sahani, 2021; Akbarian-Ronizi <i>et al.</i> , 2020; Nino <i>et al.</i> , 2017; Bali <i>et al.</i> , 2015; Mahdavi & Niknejad, 2014; Wu, 2000; Forman, 1995; Fekrizad & Vosoughi, 2017; Farashi & Shariati, 2013; Asadollahi <i>et al.</i> , 2012; Makhdoom, 2011; Dehdar Dargahi, 2007
		مشارکت مردمی	ADB, 2014; Blancas <i>et al.</i> , 2011; Makhdoom, 2015; Moayeri <i>et al.</i> , 2015; Asadollahi <i>et al.</i> , 2012; Danehkar & Majnoonian, 2004
انسانی	اجتماعی	آگاهی عمومی	Chávez-Cortés & Maya, 2010; Schianetz & Kavanagh, 2008; Fekrizad & Vosoughi, 2017; Barzehkar <i>et al.</i> , 2016; Leghaei <i>et al.</i> , 2009

Wondirad <i>et al.</i> , 2020; Maksin <i>et al.</i> , 2018; Gigovic, 2016; Kapourachal <i>et al.</i> , 2014; Grantham <i>et al.</i> , 2013; Chávez-Cortés & Maya, 2010; Schianetz & Kavanagh, 2008; IUCN, 1999.	مقبولیت اجتماعی بهداشت	اقتصادی
Kapourachal <i>et al.</i> , 2014; Grantham <i>et al.</i> , 2013; Gabrielsen & Bosch, 2003; Makhdoom, 2015; Jozi <i>et al.</i> , 2015; Danehkar & Majnoonian, 2004	اهمیت اقتصادی	
Maksin <i>et al.</i> , 2018; Lee, 2009; Zhang, 2017; Samadi <i>et al.</i> , 2019; Farashi & Shariati, 2013; Leghaei <i>et al.</i> , 2009; Danehkar & Majnoonian, 2004; Ko, 2005	وابستگی به خدمات زیست‌بومی	
Maksin <i>et al.</i> , 2018; Nino <i>et al.</i> , 2017; Niknejad, 2014; Kheikhah-Zarkesh <i>et al.</i> , 2011; Samadi <i>et al.</i> , 2019; Fekrizad & Vosoughi, 2017; Sobhani, 2015; Sharifi <i>et al.</i> , 2008	کاربری اراضی	
Gigovic, 2016; Mahmoudi, 2007; Jalilian, 2019; Wondirad <i>et al.</i> , 2020; Jomepour & Yaghoubi-Faz, 2018; Asadollahi <i>et al.</i> , 2012; Ardakani <i>et al.</i> , 2011; Leghaei <i>et al.</i> , 2009; Danehkar & Majnoonian, 2004	اهمیت تفرجی	
Wondirad <i>et al.</i> , 2020; Maksin <i>et al.</i> , 2018; Gigovic, 2016; Moayeri <i>et al.</i> , 2015; Farashi & Shariati, 2013; Dehdar Dargahi, 2007; Danehkar & Majnoonian, 2004; Shariati & Sharifi, 2008	پشتوانه قانونی منابع تصمیم‌گیری	
Gabrielsen & Bosch, 2003; Jalilian, 2019; Makhdoom, 2015; Farashi & Shariati, 2013; Ardakani <i>et al.</i> , 2011; Jozi <i>et al.</i> , 2015; Danehkar & Majnoonian, 2004	مسائل و مشکلات محیطی	
Nino <i>et al.</i> , 2017; Bali <i>et al.</i> , Sahani, 2021; Akbarian-Ronizi <i>et al.</i> , 2020; 2015; Mahdavi & Niknejad, 2014; Fekrizad & Vosoughi, 2017; Farashi & Shariati, 2013; Asadollahi <i>et al.</i> , 2012; Makhdoom, 2011	اهمیت پژوهشی و پایشی	فرهنگی
Farashi, 2016; Kapourachal <i>et al.</i> , 2014; Grantham <i>et al.</i> , 2013; Maksin <i>et al.</i> , 2018; al, 2013; Moayeri <i>et al.</i> , 2015; Farashi & Shariati, 2013; Sharifi <i>et al.</i> , 2008; Dehdar Dargahi, 2007; Danehkar & Majnoonian, 2004	امکانات و زیرساخت‌ها	
Kapourachal <i>et al.</i> , 2014; Grantham <i>et al.</i> , 2013; Makhdoom, 2015; Farashi & Shariati, 2013; Jozi <i>et al.</i> , 2015	برنامه‌های مدیریتی	
Maksin <i>et al.</i> , 2018; Nino <i>et al.</i> , 2017; Niknejad, 2014; Kheikhah-Zarkesh <i>et al.</i> , 2011; Samadi <i>et al.</i> , 2019; Fekrizad & Vosoughi, 2017; Sharifi <i>et al.</i> , 2008	تسهیلات و خدمات گردشگری	
Canteiroa <i>et al.</i> , 2018; Nino <i>et al.</i> , 2017; Gigovic, 2016; Sobhani, 2015; Mirzapour, 2013; Hosseini-Tavasol <i>et al.</i> , 2010	پدیده‌های بارزش تفسیری و آموزشی	زیست‌محیطی
Gigovic, 2016; Canteiroa <i>et al.</i> , 2018; Nino <i>et al.</i> , 2017	ارزش فرهنگی و تاریخی	
Wondirad <i>et al.</i> , 2020; Maksin <i>et al.</i> , 2018; Gigovic, 2016; Kapourachal <i>et al.</i> , 2014; Grantham <i>et al.</i> , 2013; Salemi <i>et al.</i> , 2019	اهمیت زیباشناختی	

زون‌بندی ذخیره‌گاه زیست‌کره پیش‌بینی شده است. بر اساس مطالعات تطبیقی و با توجه به اهداف و ویژگی‌های هر زون در مناطق حفاظت شده به زون‌بندی منطقه بر اساس ۲ بعد اکولوژیک و انسانی، ۷ معیار اصلی و ۴۱ شاخص اقدام شد.

تلفیق پهنه‌ها و زون‌بندی محدوده مورد مطالعه: به منظور آماده‌سازی شاخص‌ها در فرآیند نقشه‌سازی، لازم است ترکیب خطی از شاخص‌های مکانی مطابق رابطه‌های ۱ تا ۱۰ تهیه شود تا بتوان لکه‌های هر زون را در سامانه

در ادامه به منظور انطباق شاخص‌های یادشده با زون‌های یازده‌گانه مناطق تحت حفاظت کشور به پارامترهایی هم‌چون ویژگی‌های هر منطقه و ارتباط هر یک از شاخص‌ها با اهداف مدیریتی و نوع استفاده هر زون پرداخته شد. از طرفی موضوع حائز اهمیت در سنجش وابستگی شاخص‌ها به زون‌ها نقش و عملکرد هر زون است. مثلاً زون ۸ که به عنوان سپر عمل می‌کند فاقد شاخص‌های مستقل است و در مرحله تلفیق نهایی قلمرو آن مشخص می‌شود و همچنین زون ۹ صرفاً برای

زون
۱۰ $DZ_{10} = FI + PE$

رابطه ۱۰)

زون
۱۱ $DZ_{11} = WA, PC, FI, LU, MP$

تغییرات سنجه‌های سیمای سرزمین در سطح کلاس‌های کاربری/پوشش سرزمین: در این مطالعه با استفاده از طبقات کاربری/پوشش سرزمین استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای مطابق جدول ۳ و همچنین رویکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین به تعریف سنجه‌های مناسبی جهت کمی‌سازی تغییرات ساختار زیستگاه پرداخته شد. رویکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین یکی از روش‌های اصلی شناسایی سطح یکپارچگی اکوسیستم‌ها است. این رویکرد به بررسی رابطه بین الگوها و عملکردها در مقیاس‌های مکانی و زمانی و تأثیرات فرآیندهای اکولوژیک و زیستگاه‌های طبیعی می‌پردازد (Hersperger et al., 2021). انتخاب سنجه‌ها بر اساس نظرات کارشناسان، بررسی روند تغییرات در منطقه حفاظت شده جاجرود و همچنین مبانی نظری و سوابق مطالعاتی مشابه در این زمینه صورت گرفت (Castillo et al., 2015; Jaeger et al., 2008; Liu et al., 2014; Babí-Almenar et al., 2019; Li et al., 2021). سپس سنجه‌های سیمای سرزمین جهت بررسی تغییرات ساختاری، در محیط نرم‌افزار FRAGSTATS طی سال‌های ۱۹۸۹-۲۰۲۳ در سطح کلاس‌های کاربری/پوشش سرزمین اندازه‌گیری شد. سنجه‌های مورد استفاده در این مطالعه مطابق با جدول ۴ شامل مساحت کلاس (CA)^۱، درصد مساحت کلاس (CAP)^۲، تعداد لکه (NP)^۳، کل لبه (TE)^۴، میانگین شاخص شکل (MSI)^۵، میانگین نزدیک‌ترین همسایگی (MNN)^۶ و متوسط اندازه لکه (PD)^۷ است. بدین ترتیب A: مساحت کل لکه‌ها، a_{ij} و a_i : مساحت لکه مورد نظر، e_{ik} : طول لبه لکه‌های i و k، N: تعداد لکه‌ها، n_i : تعداد لکه i، g_{ij} : تعداد سلول‌های مشابه و مجاور و p_i و p_{ij} : محیط لکه مورد نظر می‌باشد.

اطلاعات جغرافیایی تلفیق کرد (Sharifi, 2021). لازم به ذکر است اعتبارسنجی و صحت‌سنجی نتایج از طریق منابع معتبر بین‌المللی، نظرسنجی از کارشناسان و متخصصان و همچنین بومی‌سازی با شرایط و ویژگی‌های جغرافیایی منطقه صورت گرفت. در این زمینه، کدهای حرفی روابط خطی ترکیب شاخص‌ها نیز مطابق جدول ۲ ارائه شد. در ادامه از طریق روابط خطی، به ترکیب و پهنه‌بندی این لایه‌ها پرداخته شد و در نهایت لایه نهایی زون‌بندی منطقه تهیه و نقشه‌سازی شد.

رابطه ۱)

$$DZ_1 = HS + WH + PS + ES$$

زون
۱ $PZ_1 = 0.225VA + 0.225HU + 0.212HI + 0.115AH + 0.103DI + 0.048SD + 0.036RH + 0.036IH$

رابطه ۲)

$$DZ_2 = RH + IH + HI$$

زون
۲ $PZ_2 = 0.192SD + 0.139DI + 0.120HU + 0.116AH + 0.116VA + 0.107PS + 0.090ES + 0.065HS + 0.056WH$

رابطه ۳)

$$DZ_3 = RR, VE$$

زون
۳ $PZ_3 = 0.173FI + 0.172PC + 0.169AW + 0.117TO + 0.101HR + 0.100WA + 0.094SO + 0.072CL$

رابطه ۴)

$$DZ_4 = CL + TO + SO + WA$$

زون
۴ $PZ_4 = 0.429HR + 0.344FI + 0.095VE + 0.092PC + 0.040RR$

رابطه ۵)

$$DZ_5 = HR + (PC, TF, WA, MP)$$

زون
۵

رابطه ۶)

$$DZ_6 = VA, HD, XS$$

زون
۶ $PZ_6 = 0.471MP + 0.230TS + 0.216HI + 0.083HS$

رابطه ۷)

$$DZ_7 = TO + WA + FI$$

زون
۷ $PZ_7 = 0.531LU + 0.310MP + 0.159SO$

رابطه ۸)

$$DZ_9 = PC + LU + MP$$

زون
۹ $PZ_9 = 0.321TO + 0.193SO + 0.181WA + 0.181FI + 0.123CS$

رابطه ۹)

^۱ - Class Area

^۲ - Class Area Percentage

^۳ - Number of Patches

^۴ - Mean Patch Size

^۵ - Mean Nearest Neighbor Distance

^۶ - Total Edge

^۷ - Mean Shape Index

جدول ۲- کدهای حرفی مدل خطی ترکیب شاخص‌ها (Sharifi, 2021)

عنوان شاخص	معادل انگلیسی	کد	عنوان شاخص	معادل انگلیسی	کد
گستره و وسعت	Area of Habitat	AH	ناحیه سایر استفاده‌ها	Other use Zone	OZ
حیات وحش جذاب	Attractive Wildlife	AW	مشارکت مردمی	People's Participation	PP
ناحیه سپر بازدارنده	Buffer Zone	BZ	پدیده‌هایی که ارزش تفسیری و آموزشی دارند	Phenomena with educational value	PE
اقلیم	Climate	CL	حضور یا وابستگی گونه‌های حفاظتی	Existence or Dependence of Protected Species	PS
وابستگی به خدمات زیست‌بومی	Dependence on Ecology Services	CS	زون با معیارهای ترجیحی	Priority Criteria	PC
تنوع زیستگاهی	Habitat Diversity	DI	ناحیه حفاظت	Protected Zone	PZ
زون با معیارهای الزامی	Designation Criteria	DC	معرف بودن زیستگاه	Representative Habitats	RH
ناحیه علمی و ترویجی	Educational Zone	DZ	منابع تفرجگاهی	Recreational Resources	RR
حضور یا وابستگی گونه‌های بوم‌زادی	Existence or Dependence of Endemic Species	ES	ناحیه بازسازی	Restoration Zone	RZ
ناحیه طبیعت‌گردی گسترده	Extensive Use Zone	EZ	تنوع گونه‌ای	Species Diversity	SD
امکانات زیرساخت‌ها	Facilities and Infrastructures	FI	خاک	Soil	SO
تخریب زیستگاه	Habitat Distraction	HD	ناحیه محدودیت شدید حفاظتی	Strict Nature Reserve Zone	SZ
اهمیت زیستگاه	Habitat Importance	HI	تسهیلات و خدمات گردشگری	Tourism Facilities and Services	TF
منابع فرهنگی و تاریخی	Cultural and Historical Resources	HR	توپوگرافی	Topography	TO
حساسیت زیستگاه	Habitat Sensitivity	HS	ناحیه گذرگاهی (بینابینی)	Transitional Zone	TZ
منحصربه‌فرد بودن زیستگاه	Habitat Uniqueness	HU	ناحیه استفاده ویژه	Special Use Zone	UZ
ناحیه فرهنگی و تاریخی	Historic – Cultural zone	HZ	آسیب‌پذیری زیستگاه	Vulnerable Areas	VA
یکپارچگی زیستگاه	Integrity Habitat	IH	پوشش گیاهی	Vegetation	VE
ناحیه طبیعت‌گردی متمرکز	Intensive Use Zone	IZ	منابع آب	Water resources	WA
کاربری اراضی	Land Use	LU	دست‌نخوردگی زیستگاه	Wilderness Habitat	WH
برنامه‌های مدیریتی	Management Plan	MP	حضور یا وابستگی گونه‌های غیر بومی و مهاجم	Existence or Dependence of Exotic Species	XS

جدول ۳- روند تغییرات کاربری/پوشش سرزمین در مجموعه حفاظت شده جاجرود طی سال‌های ۱۹۸۹ – ۲۰۲۳ (سبحانی، ۱۴۰۰)

ردیف	سال	۱۹۸۹	۱۹۹۹	۲۰۰۹	۲۰۲۳	تغییرات	روند
	کاربری اراضی	مساحت		مساحت		مساحت	
		هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد
		۱۹۸۹-۲۰۲۳	کاهش/افزایش	۱۹۸۹-۲۰۲۳	کاهش/افزایش	۱۹۸۹-۲۰۲۳	کاهش/افزایش
۱	اراضی ساخته شده	۷۸۴۲	۱۰/۴۸	۷۹۶۳	۱۰/۶۴	۸۳۳۲	۱۱/۱۳
۲	محدوده های آبی	۶۷۶	۰/۹	۶۸۱	۰/۹۱	۶۹۸	۰/۹۳
۳	اراضی زراعی و باغی	۱۷۲۴	۲/۳۰	۱۷۳۸	۲/۳۲	۱۷۴۴	۲/۳۳
۴	مراتع پرتراکم	۲۹۲۴۱	۳۹/۰۸	۲۹۲۱۲	۳۹/۰۴	۲۹۱۵۰	۳۸/۹۴
۵	مراتع کم تراکم	۳۳۵۷۴	۴۴/۸۷	۳۳۴۷۴	۴۴/۷۴	۳۳۱۹۳	۴۴/۳۶
۶	اراضی جنگلی (دست کاشت)	۱۷۵۴	۲/۳۴	۱۷۴۳	۲/۳۳	۱۶۹۴	۲/۲۶
	جمع کل	۷۴۸۱۱	۱۰۰	۷۴۸۱۱	۱۰۰	۷۴۸۱۱	۱۰۰

جدول ۴- سنجه‌های سیمای سرزمین بررسی شده در محدوده مورد مطالعه

متریک‌ها	دامنه ^۲ تغییر	روش محاسبه	واحد
مساحت کلاس	$CA > 0$	$CA = \sum_{j=1}^n a_{ij} \left(\frac{1}{1000} \right)$	هکتار
درصد مساحت کلاس	$0 < CAP \leq 100$	$CAP = P_j = \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{A} (100)$	هکتار
تعداد لکه	$NP \geq 1$	$NP = n_i$	-
کل لبه	$TE \geq 0$	$TE = \sum_{k=1}^m e_{ik}$	متر
میانگین شاخص شکل	$MSI \geq 1$	$MSI = \sum_{i=1}^n \left(\frac{p_i}{\sqrt{2\pi} * a_i} \right) * \left(\frac{a_i}{A} \right)$	-
میانگین نزدیکترین همسایگی	$MNN > 0$	$MNN = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n h_{ij}}{N}$	متر
متوسط اندازه لکه	$MPS > 0$	$MPS = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n} = \frac{A}{n}$	هکتار

Source: Jaeger *et al.*, 2008; McGarigal & Marks, 1995

نتایج

همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد، هر یک از زون‌های شناسایی شده در منطقه بر اساس خصوصیات (میزان حساسیت، آسیب‌پذیری، ظرفیت توسعه‌پذیری)، نوع استفاده و اهداف مدیریتی طبقه‌بندی شدند. مطابق نتایج می‌توان ۷ زون اصلی از جمله زون ۱ (طبیعت محدودشده)، زون ۲ (حفاظتی)، زون ۳ (استفاده گسترده)، زون ۴ (استفاده متمرکز)، زون ۷ (استفاده ویژه)، زون ۸ (سپر) و زون ۱۱ (سایر استفاده‌ها) را شناسایی کرد (جدول ۵). بدین ترتیب از نظر میزان حساسیت زون‌های ۱ و ۲ به دلیل انعطاف‌پذیری کمتر در برابر توسعه فعالیت‌های انسانی و محدودیت‌های زیستی و درجه حفاظتی بالاتر در طبقه حساس و زون‌های ۳، ۴، ۷، ۸ و ۱۱ با توجه به محدودیت‌های زیستی کمتر و انعطاف‌پذیری بالاتر در طبقه غیرحساس قرار گرفتند. از نظر میزان آسیب‌پذیری نیز زون‌های ۱ و ۲ آسیب‌پذیری زیاد و زون‌های ۳، ۴، ۷، ۸ و ۱۱ آسیب‌پذیری کم دارند. علاوه بر این، زون‌های شناسایی شده در منطقه از نظر ظرفیت توسعه‌پذیری شامل زون‌های ۱، ۲ و ۳ در طبقه توسعه‌ناپذیر و زون‌های ۴، ۷ و ۱۱ در طبقه توسعه‌پذیرند. نوع استفاده از این زون‌ها حاکی از آن است که زون‌های ۱ و ۲ غیر مصرفی (زون‌های امن) هستند، زون ۳ و ۸ دارای بهره‌برداری غیرمصرفی (توسعه غیرفیزیکی) و زون ۷ و ۱۱ دارای استفاده‌های مصرفی (توسعه فیزیکی) در

چارچوب دستورالعمل‌های مدیریتی و اصل پایداری در محیط هستند. در نهایت، این زون‌ها از نظر اهداف مدیریتی عبارت‌اند از زون‌های ۱ و ۲ حراست از محیط‌های طبیعی، زون ۳ و ۸ حمایت از محیط‌های طبیعی و زون‌های ۴، ۷ و ۱۱ با هدف توسعه متوازن. همچنین در هم‌جواری زون‌ها مطابق ماتریس سازگاری تنها زون ۲ مجاز است که هم‌جوار زون ۱ باشد. درحالی‌که زون‌های ۳ و ۸ با زون ۲ سازگار هستند و می‌توانند هم‌جوار این زون قرار گیرند و زون‌های ۴، ۷ و ۱۱ با زون ۲ سازگار نیستند و باید به واسطه زون ۸ جدا شوند (جدول ۶).

تحلیل ارتباط معیارها و شاخص‌های مکانی با زون‌های بررسی شده در منطقه: از آنجا که اهداف مدیریتی زون ۱ (طبیعت محدودشده) و زون ۲ (حفاظت‌شده) حراست از محیط‌های طبیعی است، مطابق مطالعات تطبیقی یادشده، دو معیار اصلی شامل زیستگاه و گونه و همچنین دوازده شاخص (معرف بودن، دست‌نخورده‌گی، منحصربه‌فرد بودن، یکپارچگی، حضور یا وابستگی گونه‌های حفاظتی، وجود یا وابستگی گونه‌های بوم‌زاد، اهمیت زیستگاهی، تنوع زیستگاهی، تنوع و تراکم گونه‌ای، حساسیت زیستگاه، آسیب‌پذیری زیستگاه، گستره و وسعت) برای انتخاب این دو زون مورد استفاده قرار گرفت. برای تعیین زون‌های ۳ (استفاده گسترده) و ۴ (استفاده متمرکز) نیز که هدف آن‌ها به ترتیب حمایت از

(منابع آب، توپوگرافی، وضعیت زمین و خاک، اقلیم، مشارکت مردمی، ایجاد زیرساخت‌ها و امکانات زیربنایی، کاربری اراضی، وابستگی به خدمات زیست‌بومی، و برنامه‌های مدیریتی) مورد شناسایی و پهنه‌بندی قرار گرفت. سپس نقشه‌های هر یک از شاخص‌های مکانی (مطابق جدول ۷) تهیه و در شکل‌ها ۲ تا ۱۳ به نمایش گذاشته شد.

محیط‌های طبیعی و توسعه متوازن است پنج معیار اصلی (فیزیکی، گونه، اجتماعی، فرهنگی، مدیریتی) و ده شاخص (منابع تفرجگاهی، حیات وحش جذاب، منابع فرهنگی و تاریخی، منابع آب، اقلیم، پوشش گیاهی، مشارکت مردمی، توپوگرافی، وضعیت زمین و خاک، امکانات و زیر ساخت‌ها) به کار گرفته شد. همچنین برای زون‌های ۷ و ۱۱ با هدف توسعه متوازن چهار معیار (فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی، مدیریتی) و نه شاخص

جدول ۵- خصوصیات، نوع استفاده، و اهداف مدیریتی زون‌های شناسایی شده در منطقه

زون	شرح	طبیعت محدود شده (زون ۱)	حفاظتی (زون ۲)	استفاده گسترده (زون ۳)	استفاده متمرکز (زون ۴)	استفاده ویژه (زون ۷)	سپر بازدارنده (زون ۸)	سایر استفاده‌ها (زون ۱۱)
خصوصیات	میزان حساسیت	حساس	حساس	غیر حساس	غیر حساس	غیر حساس	غیر حساس	غیر حساس
	میزان آسیب‌پذیری ظرفیت توسعه‌پذیری	زیاد	زیاد	کم	کم	کم	کم	کم
نوع استفاده	توسعه‌ناپذیر	توسعه‌ناپذیر	توسعه‌ناپذیر	توسعه‌ناپذیر	توسعه‌پذیر	توسعه‌پذیر	توسعه‌ناپذیر	توسعه‌پذیر
	غیر مصرفی	غیر مصرفی	غیر مصرفی	مصرفی و غیر مصرفی	مصرفی	مصرفی	غیر مصرفی	مصرفی
اهداف مدیریتی	حراست	حراست	حراست	حمايت	توسعه	توسعه	پشتیبانی	توسعه
	محیط طبیعی	محیط طبیعی	محیط طبیعی	محیط طبیعی	متوازن	متوازن	حفاظتی	متوازن

جدول ۶- ماتریس سازگاری زون‌های شناسایی شده در منطقه

زون	۱	۲	۳	۴	۷	۸	۱۱
طبیعت محدود شده	طبیعت محدود شده	حفاظتی	استفاده گسترده	استفاده متمرکز	استفاده ویژه	سپر بازدارنده	سایر استفاده
طبیعت محدود شده	سازگار	سازگار	سازگار	سازگار	سازگار	سازگار	سازگار
حفاظتی			سازگار	سازگار	سازگار	سازگار	سازگار
استفاده گسترده				سازگار	سازگار	سازگار	سازگار
استفاده متمرکز					سازگار	سازگار	سازگار
استفاده ویژه						سازگار	سازگار
سپر بازدارنده							سازگار
سایر استفاده							

جدول ۷- معیارها و شاخص‌های مکانی زون‌بندی مجموعه حفاظت شده جاجرود

زون	نام زون	معیار	نقشه پایه مورد نیاز	شاخص مکانی (فرایند نقشه‌سازی)
۱	طبیعت محدود شده	دست نخوردگی وابستگی گونه حفاظتی	نقشه پوشش و کاربری نقشه پراکنش گونه‌های حیات وحش حفاظتی نقشه نقاط داغ زیستگاهی نقشه تیپ پوشش گیاهی نقشه پراکنش گونه‌های گیاهی نقشه پراکنش گونه‌های جنگلی حفاظتی	حذف جاده و کاربری‌ها با بافر ۵۰۰ متر نقشه حضور گونه‌های حفاظتی نقشه اشتراک زیستگاهی تمام گونه‌های حفاظتی نقشه پراکنش گونه‌های گیاهی حفاظتی اشتراک ۳ و ۴ گونه حیات وحش حفاظتی (توجه ویژه به گونه‌های EN+) گونه جنگلی حفاظتی
		حساسیت زیستگاه	نقشه طبقات شیب نقشه منابع آبی نقشه منابع اراضی حساس (واحدهای اراضی ذیل تیپ ۱: ۱.۱، ۱.۲، ۱.۳، ۱.۴، ۱.۵، ۱.۶، ۱.۷، ۱.۸، ۱.۹، ۱.۱۰) نقشه طبقات خطر روان‌گرایی نقشه طبقات خطر فرسایش نقشه طبقات خطر سیل‌گیری نقشه طبقات خطر لغزش	شیب بیش از ۵۰ درصد، چشمه‌ها در عرصه‌های طبیعی، واحدهای اراضی ذیل تیپ ۱ (۱.۱، ۱.۲، ۱.۳، ۱.۴، ۱.۵، ۱.۶، ۱.۷، ۱.۸، ۱.۹، ۱.۱۰)، طبقه روانگرایی زیاد، طبقه فرسایش زیاد تا شدید، طبقه سیل‌گیری شدید و خیلی شدید، طبقه خطر لغزش (رانس) بالا
۲	حفاظتی	یکپارچگی زیستگاه معرف بودن اهمیت زیستگاهی	دست نخوردگی اکوسیستم‌های معرف کشور نقشه پراکنش گونه‌های حیات وحش حفاظتی نقشه پراکنش آبزیان غیرحفاظتی نقشه پراکنش گونه‌های جنگلی حفاظتی نقشه آب قابل	ترکیب سنجه‌های PD,MESH,LPI,SPLIT,PLAND,NP,CA رتبه‌بندی براساس تنوع اکوسیستم در واحدهای هگزگون (وسعت آن حدود ۵ درصد از سطح منطقه) اشتراک ۲ گونه حفاظتی (توجه به حضور تک گونه‌های حفاظتی و گونه‌های جنگلی حفاظتی)، زیستگاه ماهیان
۴، ۷ و	استفاده	منابع آب	نقشه آب قابل	

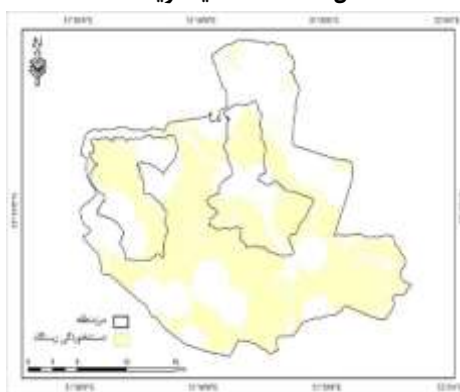
۱۱	متمرکز و استفاده ویژه	برنامه‌ریزی	
		نقشه منابع آب شرب در دسترس	موقعیت چشمه‌ها، نقاط سکونتگاهی و دایر (با بافر ۲۰۰۰ متر)
	ناهمواری	نقشه طبقات شیب	شیب کمتر از ۱۵٪، واحد اراضی مناسب (۳.۲، ۳.۱)
	خاک	نقشه منابع اراضی	۳.۳، ۳.۴، ۳.۵، ۳.۶، ۳.۷، ۸.۳، آب در دسترس (چشمه‌ها با بافر ۲۰۰ متر)، روستاها و واحدهای مدیریتی و تفرجگاه‌های دایر (با بافر ۲۰۰۰ متر)، دمای بیش از ۵ درجه سانتیگراد،
	پوشش گیاهی	نقشه پوشش گیاهی حفاظتی	* حذف رویشگاه حفاظتی، زون ۱ و ۲ و کاربری‌های دایر از نقشه حاصل شده
	اقلیم	نقشه هم دما	طبقات شیب کمتر از ۵۰ درصد
۳	استفاده گسترده	توپوگرافی	* حذف زون‌های حفاظتی از نقشه حاصل شده
۸	سپر	ساخت و ساز و زیرساخت‌ها	بافر ۵۰۰ متر از مرز پارک و همجواری با زون ۲، بافر ۵۰۰ متری از جاده و همجواری با زون ۲، بافر ۱۰۰۰ متری گردشگاه‌های دایر با زون ۲، لحاظ نقشه گونه‌های حفاظتی در خارج از زون‌های ۱ و ۲، شیب‌های بیش از ۵۰ درصد، سایر پهنه‌هایی که در زون‌های شناسایی شده پارک قرار نگرفته اند.
	ناهمواری	نقشه کاربری اراضی	
		نقشه طبقات شیب	



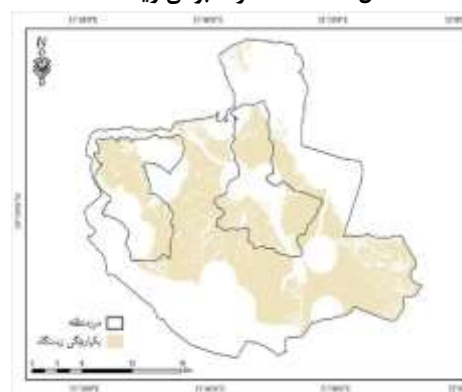
شکل ۳- نقشه اهمیت زیستگاه



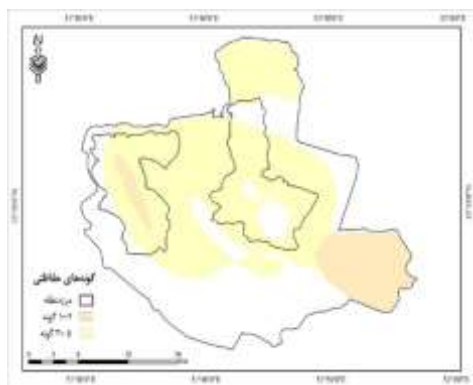
شکل ۲- نقشه معرف بودن زیستگاه



شکل ۵- نقشه دست‌نخورده زیستگاه



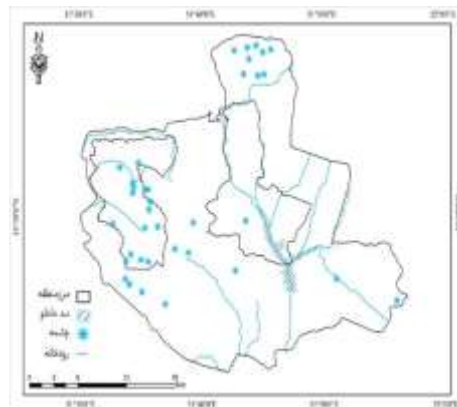
شکل ۴- نقشه یکپارچگی زیستگاه



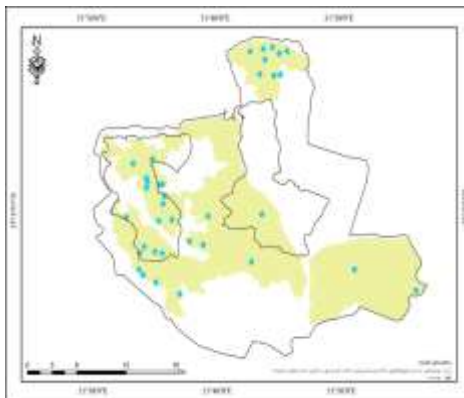
شکل ۷- نقشه حضور یا وابستگی گونه‌های حفاظتی



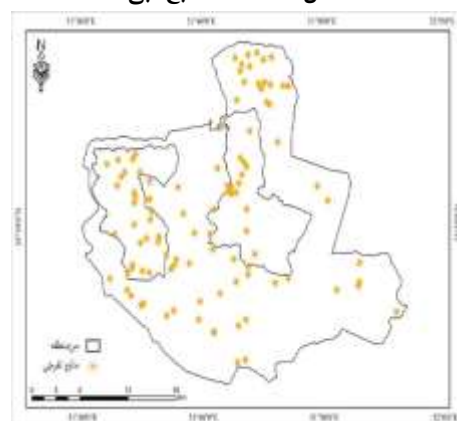
شکل ۶- نقشه حساسیت زیستگاه



شکل ۹- نقشه منابع آبی



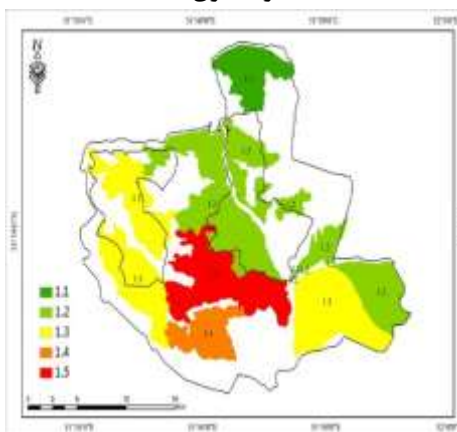
شکل ۸- نقشه منابع اراضی حساس



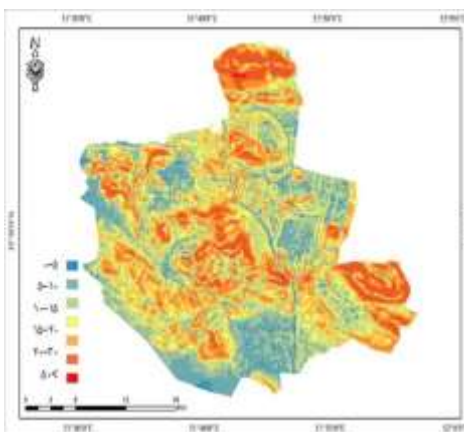
شکل ۱۱. نقشه منابع فرهنگی و تسهیلات و خدمات گردشگری



شکل ۱۰. نقشه پهنه‌های هم‌دما



شکل ۱۳- نقشه واحد منابع اراضی



شکل ۱۲- نقشه طبقات شیب

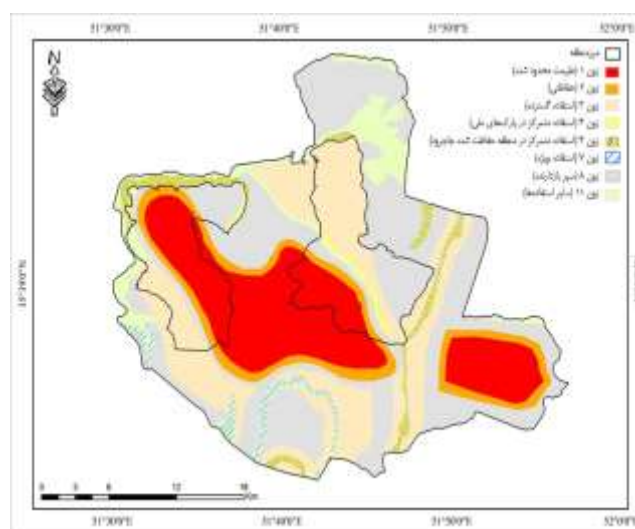
تلفیق پهنه‌ها و زون‌بندی محدوده مورد مطالعه:

همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد زون‌های شناسایی شده در مجموعه حفاظت شده جاجرود شامل زون‌های طبیعت محدود شده (زون ۱)، حفاظتی (زون ۲)، استفاده گسترده (زون ۳)، استفاده متمرکز (زون ۴)، استفاده ویژه (زون ۷)، سپربازدارنده (زون ۸) و زون سایر استفاده‌ها (زون ۱۱) است. بدین ترتیب زون‌های یاد شده از طریق روابط خطی (رابطه‌های ۱ تا ۱۰) ترکیب و پهنه‌بندی شد (جدول ۸). مطابق نتایج در منطقه حفاظت شده جاجرود بیشترین وسعت مربوط به زون ۸ با مساحت ۱۵۴۶۸ هکتار (۲۷/۹۰ درصد) و کمترین وسعت مربوط به زون ۴ با مساحت ۲۷۴۶ هکتار (۴/۹۵ درصد) می‌باشد. در پارک

ملی خجیر نیز بیشترین وسعت به زون ۳ با مساحت ۴۵۳۶ هکتار (۴۲/۴۲ درصد) و کمترین مساحت به زون ۱۱ با مساحت ۲۵۶ هکتار (۲/۳۹ درصد) اختصاص یافته است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد در پارک ملی سرخه حصار، بیشترین مساحت در زون ۱ با وسعت ۳۵۶۵ هکتار (۴۰/۹ درصد) و کمترین مساحت در زون ۱۱ با وسعت ۱۳۰ هکتار (۱/۴۹ درصد) قابل مشاهده است. به‌طور کلی در مجموعه حفاظت شده جاجرود بیشترین مساحت در بین زون‌های شناسایی شده مربوط به زون ۸ (۲۳۰۷۸ هکتار) و کمترین مساحت مربوط به زون ۴ (۴۷۵ هکتار) می‌باشد.

جدول ۸- مساحت و درصد پهنه‌های زون‌بندی شده در مجموعه حفاظت شده جاجرود

مجموعه حفاظت شده جاجرود		پارک ملی سرخه حصار		پارک ملی خجیر		منطقه حفاظت شده جاجرود		زون
مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	
۱۶۷۹۶	۲۲/۴۵	۳۵۶۵	۴۰/۹	۱۹/۴۰	۲۰۷۵	۱۹/۸۲	۱۰۹۸۵	زون ۱: طبیعت محدود شده
۶۹۹۶	۹/۳۵	۱۳۰۴	۱۴/۹	۶/۵۴	۷۰۰	۸/۹۱	۴۹۴۳	زون ۲: زون حفاظتی
۱۸۱۶۰	۲۴/۲۷	۱۴۷۸	۱۶/۹	۴۲/۴۲	۴۵۳۶	۲۰	۱۱۰۸۳	زون ۳: زون استفاده گسترده
۴۷۵	۰/۶۳	۲۶۲	۳/۰۱	۲/۲۰	۲۳۶	۴/۹۵	۲۷۴۶	زون ۴: زون استفاده متمرکز
.	.	.	.	.	.	۲/۹۸	۱۶۵۵	زون ۷: استفاده ویژه
۲۳۰۷۸	۳۰/۸۴	۱۹۵۷	۲۲/۵۰	۲۷/۰۲	۲۸۹۰	۲۷/۹۰	۱۵۴۶۸	زون ۸: سپر بازدارنده
۹۳۰۶	۱۲/۴۳	۱۳۰	۱/۴۹	۲/۳۹	۲۵۶	۱۵/۴۱	۸۵۴۲	زون ۱۱: سایر استفاده‌ها
۷۴۸۱۱	۱۰۰	۸۶۹۶	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۶۹۳	۱۰۰	۵۵۴۲۲	جمع

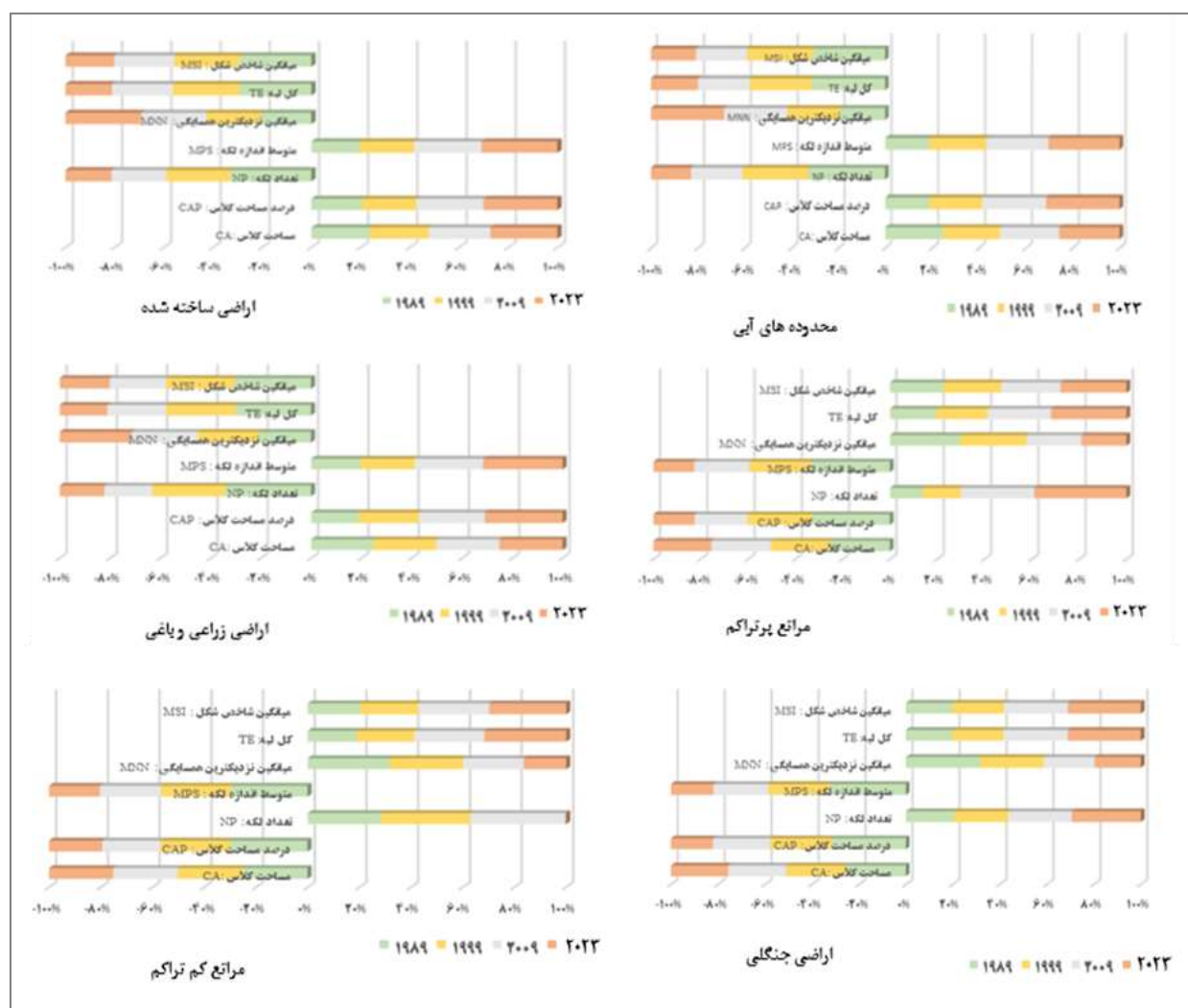


شکل ۱۴- نقشه زون‌بندی منطقه حفاظت شده جاجرود

تحلیل یکپارچگی زیستگاه و تغییرات سنجه‌های

سیمای سرزمین: به منظور ارزیابی روند تغییرات ساختار زیستگاه به بررسی سنجه‌های سیمای سرزمین در سطح کلاس کاربری‌های سرزمین طی سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۳ پرداخته شد (جدول ۹ و شکل ۱۵). همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد در مجموعه حفاظت شده جابجود سنجه‌های مساحت کلاس، درصد مساحت کلاس و متوسط اندازه لکه در سطح کلاس‌های اراضی ساخته شده، محدوده‌های آبی و اراضی زراعی و باغی افزایش یافته است. در حالی که در سطح کاربری‌های ذکر شده روند کاهشی در تعداد لکه، میانگین نزدیکترین همسایگی، کل لبه و میانگین شاخص شکل قابل مشاهده می‌باشد.

بدین ترتیب در مجموعه حفاظت شده جابجود سنجه‌های مساحت کلاس، درصد کلاس، متوسط اندازه لکه در سطح کلاس‌های مراتع پرتراکم، مراتع کم تراکم و اراضی جنگلی کاهش یافته است. همچنین در این منطقه از بین سنجه‌های مورد مطالعه، سنجه مساحت کلاس در سطح مراتع پرتراکم با ۲۸۵۴۰ هکتار در سال ۱۹۸۹ دارای بیشترین روند کاهشی بوده است و سنجه‌های کل لبه در سطح مراتع پرتراکم با مساحت ۷۸۴۱۵۶ هکتار در سال ۲۰۲۳ در مقایسه با ۴۸۲۱۴۵ هکتار در سال ۱۹۸۹ از بالاترین روند افزایشی برخوردار بوده است.



شکل ۱۵- نمودار تغییرات سنجه‌های سیمای سرزمین در محدوده مورد مطالعه (سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۳)

جدول ۹- تغییرات سنجه‌های سیمای سرزمین در سطح کلاس‌های کاربری اراضی/پوشش (سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۳)

کاربری اراضی	سنجه‌ها	سال					اختلاف روند تغییرات	روند کاهشی/افزایشی
		۱۹۸۹	۱۹۹۹	۲۰۰۹	۲۰۱۹	۱۹۸۹-۲۰۱۹		
اراضی ساخته شده	مساحت کلاس (هکتار)	۷۸۴۲	۷۹۶۳	۸۳۳۲	۹۰۳۵	۱۱۹۳	+	+
	درصد مساحت کلاس (هکتار)	۵۸/۳۶	۶۳/۴۲	۷۷/۳۱	۸۵/۴۷	۲۷/۱۱	+	+
	تعداد لکه	۶۷۵۴	۵۳۶۲	۴۵۶۷	۳۸۴۸	-۲۹۰۶	-	-
	متوسط اندازه لکه (هکتار)	۴۷/۲۶	۵۳/۴۲	۶۶/۳۷	۷۴/۶۵	۲۷/۳۹	+	+
	میانگین نزدیکترین همسایگی (متر)	۵۸/۳۲	۶۲/۷۸	۷۵/۲۴	۸۷/۶۳	۲۹/۳۱	+	+
	کل لبه (متر)	۸۲۱۴۶۷	۷۶۵۴۲۷	۶۹۸۲۶۷	۵۳۱۶۵۸	-۲۸۹۸۰۹	-	-
	میانگین شاخص شکل	۸/۲۳	۷/۴۹	۶/۸۵	۵/۶۲	-۲/۶۱	-	-
محدوده‌های آبی	مساحت کلاس (هکتار)	۶۷۶	۶۸۱	۶۹۸	۷۱۵	۳۹	+	+
	درصد مساحت کلاس (هکتار)	۴۶/۲۳	۵۴/۶۳	۶۷/۰۵	۷۶/۸۳	۳۰/۶	+	+
	تعداد لکه	۵۴۷۸	۴۷۲۶	۳۶۴۷	۲۸۷۱	-۲۶۰۷	-	-
	متوسط اندازه لکه (هکتار)	۵۳/۷۶	۶۸/۳۴	۷۵/۱۴	۸۶/۲۲	۳۲/۴۶	+	+
	میانگین نزدیکترین همسایگی (متر)	۴۸/۳۲	۵۶/۷۸	۶۷/۴۳	۷۸/۳۸	۳۰/۰۶	+	+
	کل لبه (متر)	۷۶۲۵۳۴	۶۳۷۴۸۳	۵۳۱۲۷۴	۴۸۶۷۴۲	-۲۷۵۷۹۲	-	-
	میانگین شاخص شکل	۷/۴۶	۶/۸۴	۵/۲۶	۴/۶۶	-۲/۸	-	-
اراضی زراعی و باغی	مساحت کلاس (هکتار)	۱۷۲۴	۱۷۳۸	۱۷۴۴	۱۷۵۳	۲۹	+	+
	درصد مساحت کلاس (هکتار)	۵۳/۲۶	۶۸/۷۳	۷۴/۳۴	۸۸/۱۵	۳۴/۸۹	+	+
	تعداد لکه	۴۵۶۷	۳۸۷۴	۲۵۴۷	۲۳۸۳	-۲۱۸۴	-	-
	متوسط اندازه لکه (هکتار)	۴۸/۳۲	۵۳/۲۷	۶۷/۴۲	۷۸/۳۲	۳۰	+	+
	میانگین نزدیکترین همسایگی (متر)	۶۶/۵۴	۷۷/۴۵	۸۳/۷۴	۹۱/۲۴	۲۴/۷	+	+
	کل لبه (متر)	۸۴۶۵۷۲	۷۸۱۳۴۲	۶۵۷۸۱۷	۵۳۴۸۷۵	-۳۱۱۶۹۷	-	-
	میانگین شاخص شکل	۸/۴۳	۷/۵۸	۶/۲۳	۵/۴۷	-۲/۹۶	-	-
مراعات پرتراکم	مساحت کلاس (هکتار)	۲۹۲۴۱	۲۹۲۱۲	۲۹۱۵۰	۲۸۵۴۰	-۷۰۱	-	-
	درصد مساحت کلاس (هکتار)	۷۸/۶۱	۶۵/۲۱	۵۳/۱۲	۴۱/۶۳	-۳۶/۹۸	-	-
	تعداد لکه	۲۷۸۵	۳۲۱۵	۶۲۳۴	۷۸۲۱	۵۰۳۶	+	+
	متوسط اندازه لکه (هکتار)	۵۵/۲۱	۴۳/۱۵	۳۸/۴۵	۲۸/۷۱	-۲۶/۵	-	-
	میانگین نزدیکترین همسایگی (متر)	۷۸/۵۱	۷۴/۳۲	۶۱/۲۵	۵۰/۳۲	-۲۸/۱۹	-	-
	کل لبه (متر)	۴۸۲۳۴۴	۵۳۲۱۴۵	۶۶۲۵۸۳	۷۸۸۱۵۶	۳۰۵۸۱۲	+	+
	میانگین شاخص شکل	۷/۶۵	۸/۱۵	۸/۴۱	۹/۳۶	۱/۷۱	+	+
مراعات کم تراکم	مساحت کلاس (هکتار)	۳۳۵۷۴	۳۳۴۷۴	۳۳۱۹۳	۳۳۰۹۳	-۴۸۱	-	-
	درصد مساحت کلاس (هکتار)	۸۵/۴۳	۷۶/۲۹	۶۳/۴۷	۵۸/۳۲	-۲۷/۱۱	-	-
	تعداد لکه	۵۶۸۵	۶۸۵۷	۷۳۲۶	۸۶۷۲	۲۹۸۷	+	+
	متوسط اندازه لکه (هکتار)	۷۲/۵۳	۶۶/۲۸	۵۷/۴۲	۴۸/۱۲	-۲۴/۴۱	-	-
	میانگین نزدیکترین همسایگی (متر)	۶۴/۴۷	۵۸/۳۲	۴۸/۲۹	۳۳/۵۷	-۳۰/۹	-	-
	کل لبه (متر)	۵۳۲۱۶۸	۶۲۱۷۴۸	۷۵۶۲۸۴	۸۸۶۷۸۴	۵۳۴۶۱۶	+	+
	میانگین شاخص شکل	۶/۳۸	۷/۲۴	۸/۶۷	۹/۴۵	۳/۰۷	+	+
اراضی جنگلی (جنگل های دست کاشت)	مساحت کلاس (هکتار)	۱۷۵۴	۱۷۴۳	۱۶۹۴	۱۶۷۵	-۷۹	-	-
	درصد مساحت کلاس (هکتار)	۷۶/۴۷	۶۳/۲۵	۵۸/۳۹	۴۳/۲۷	-۳۳/۲	-	-
	تعداد لکه	۶۴۸۷	۷۳۶۵	۸۵۷۴	۹۳۴۵	۲۸۵۸	+	+
	متوسط اندازه لکه (هکتار)	۶۸/۴۲	۵۳/۲۴	۴۸/۳۶	۳۷/۵۸	-۳۰/۸۴	-	-
	میانگین نزدیکترین همسایگی (متر)	۷۷/۳۶	۶۶/۴۱	۵۳/۲۷	۴۸/۳۹	-۲۸/۹۷	-	-
	کل لبه (متر)	۴۸۷۱۶۵	۵۳۲۴۶۵	۶۷۵۱۴۵	۷۶۳۸۲۵	۲۷۶۶۶۰	+	+
	میانگین شاخص شکل	۵/۷۴	۶/۳۲	۷/۸۳	۸/۹۵	۳/۲۱	+	+

بحث

مناطق تحت حفاظت، به‌رغم دارا بودن تفاوت‌هایی در عنوان و مشخصات خود، اغلب از مأموریت واحدی برخوردارند و در مدیریت این مناطق همواره ایجاد تعادل بین حفاظت از منابع طبیعی و توسعه پایدار از طریق طرح‌ریزی مدیریتی یا همان برنامه عمل زون‌ها (زون‌بندی)، امری ضروری است (Sobhani et al., 2018). از این رو در مطالعه حاضر با هدف شناسایی پهنه‌هایی با بیشترین حساسیت اکولوژیک و اولویت بالا در حفاظت به زون‌بندی مجموعه حفاظت شده جاجرود با استفاده از شاخص‌های مکانی و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در قالب روابطی خطی اقدام شد. با توجه به این‌که تغییرات کاربری/پوشش سرزمین ناشی از توسعه فعالیت‌های انسانی (گسترش شهرنشینی، گردشگری بدون برنامه‌ریزی، چرای بی‌رویه دام و توسعه انواع زیرساخت‌ها)، یکی از مهمترین تهدیدات شناخته شده در مناطق تحت حفاظت و کاهش یکپارچگی زیستگاه می‌باشند (Sobhani et al., 2022)، در این مطالعه با استفاده از سنجش‌های سیمای سرزمین به بررسی میزان یکپارچگی زیستگاه طی سال‌های ۱۹۸۹-۲۰۲۳ در این منطقه پرداخته شد. مطابق نتایج به‌دست آمده می‌توان ۷ زون اصلی از جمله زون ۱ (طبیعت محدودشده)، زون ۲ (حفاظتی)، زون ۳ (استفاده گسترده)، زون ۴ (استفاده متمرکز)، زون ۷ (استفاده ویژه)، زون ۸ (سپر) و زون ۱۱ (سایر استفاده‌ها) را شناسایی کرد. بدین ترتیب از نظر میزان حساسیت زون‌های ۱ و ۲ به دلیل انعطاف‌پذیری کمتر در برابر توسعه فعالیت‌های انسانی و محدودیت‌های زیستی و درجه حفاظتی بالاتر در طبقه حساس و زون‌های ۳، ۴، ۷، ۸ و ۱۱ با توجه به محدودیت‌های زیستی کمتر و انعطاف‌پذیری بالاتر در طبقه غیرحساس قرار گرفتند. از نظر میزان آسیب‌پذیری نیز زون‌های ۱ و ۲ آسیب‌پذیری زیاد و زون‌های ۳، ۴، ۷، ۸ و ۱۱ آسیب‌پذیری کم دارند. نوع استفاده از این زون‌ها حاکی از آن است که زون‌های ۱ و ۲ غیر مصرفی (زون‌های امن) هستند، زون ۳ و ۸ دارای بهره‌برداری غیرمصرفی (توسعه غیرفیزیکی)، و زون ۷ و ۱۱ دارای استفاده‌های مصرفی (توسعه فیزیکی) در چارچوب دستورالعمل‌های مدیریتی و اصل پایداری در محیط هستند. در این زمینه، مطالعه Danehkar و

همکاران (۲۰۲۴) نیز مؤید نتایج به‌دست آمده است. آن‌ها بیان کردند که از نظر اهداف مدیریتی می‌توان زون‌های ۱ و ۲ را به عنوان حراست از محیط‌های طبیعی، زون ۳ و ۸ حمایت از محیط‌های طبیعی و زون‌های ۴، ۷ و ۱۱ را با هدف توسعه متوازن در نظر گرفت. همچنین در مطالعه Atri و همکاران (۲۰۲۱)، اشاره به بهره‌برداری‌های ناپایدار و نامتوازن در مجموعه حفاظت شده جاجرود شده است که این امر نیازمند برنامه‌ریزی و مدیریت فعالیت‌های انسانی به ویژه در زون‌های امن و حفاظتی (زون‌های ۱ و ۲) می‌باشد. در مطالعه‌ای دیگر Sobhani و همکاران (۲۰۲۱)، به روند توسعه شهرنشینی و گسترش فعالیت‌های انسانی در منطقه حفاظت شده جاجرود پرداخته شده است. نتایج این مطالعه نیز تأکید بر کنترل روند تغییرات ساختار زیستگاه در این مجموعه ارزشمند زیستی و حفاظت از پهنه‌هایی با حساسیت بالا دارد. تحلیل ارتباط معیارها و شاخص‌های مکانی با زون‌های بررسی شده در منطقه نشان داد که برای انتخاب زون‌های ۱ و ۲، دوازده شاخص از جمله معرف بودن، دست‌نخورده‌گی، منحصربه‌فرد بودن، یکپارچگی، حضور یا وابستگی گونه‌های حفاظتی، وجود یا وابستگی گونه‌های بوم‌زاد، اهمیت زیستگاهی، تنوع زیستگاهی، تنوع و تراکم گونه‌ای، حساسیت زیستگاه، آسیب‌پذیری زیستگاه، گستره و وسعت باید مورد بررسی قرار گیرد. برای تعیین زون‌های ۳ (استفاده گسترده) و ۴ (استفاده متمرکز) نیز که هدف آن‌ها به ترتیب حمایت از محیط‌های طبیعی و توسعه متوازن است پنج معیار اصلی (فیزیکی، گونه، اجتماعی، فرهنگی، مدیریتی) و ده شاخص (منابع تفرجگاهی، حیات وحش جذاب، منابع فرهنگی و تاریخی، منابع آب، اقلیم، پوشش گیاهی، مشارکت مردمی، توپوگرافی، وضعیت زمین و خاک، امکانات و زیرساخت‌ها) به کار گرفته می‌شود. همچنین برای زون‌های ۷ و ۱۱ با هدف توسعه متوازن چهار معیار (فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی، مدیریتی) و نه شاخص (منابع آب، توپوگرافی، وضعیت زمین و خاک، اقلیم، مشارکت مردمی، ایجاد زیرساخت‌ها و امکانات زیربنایی، کاربری اراضی، وابستگی به خدمات زیست‌بومی، و برنامه‌های مدیریتی) مورد شناسایی و پهنه‌بندی قرار می‌گیرد. در ارتباط با اهمیت انتخاب شاخص‌های مکانی در تعیین زون‌ها، مطالعه Sobhani و همکاران (۲۰۱۷) نیز نشان داد که برای زون‌های ۷ و ۱۱

معیارهای فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی به ویژه در ارتباط با شاخص‌های منابع آبی، توپوگرافی، زمین و خاک، اقلیم، مشارکت مردمی، ایجاد زیرساخت‌ها و کاربری اراضی از اهمیت بالایی برخوردار است. همچنین در مطالعه Sharifi و همکاران (۲۰۲۱) نیز به اهمیت شاخص‌های دست‌نخورده زیستگاه و حساسیت زیستگاه در زون ۱، شاخص‌های معرف بودن زیستگاه و یکپارچگی زیستگاه و اهمیت زیستگاه در زون ۲، و منابع تفرجگاهی در زون ۳ اشاره شده است.

در نهایت نتایج تلفیق پهنه‌ها و زون‌بندی منطقه نشان داد که در منطقه حفاظت شده جاجرود بیشترین وسعت مربوط به زون ۸ با مساحت ۱۵۴۶۸ هکتار (۲۷/۹۰ درصد) و کمترین وسعت مربوط به زون ۴ با مساحت ۲۷۴۶ هکتار (۴/۹۵ درصد) می‌باشد. در پارک ملی خجیر نیز بیشترین وسعت به زون ۳ با مساحت ۴۵۳۶ هکتار (۴۲/۴۲ درصد) و کمترین مساحت به زون ۱۱ با مساحت ۲۵۶ هکتار (۲/۳۹ درصد) اختصاص یافته است. همان‌طور که نتایج نشان داد در پارک ملی سرخه حصار، بیشترین مساحت در زون ۱ با وسعت ۳۵۶۵ هکتار (۴۰/۹ درصد) و کمترین مساحت در زون ۱۱ با وسعت ۱۳۰ هکتار (۱/۴۹ درصد) قابل مشاهده است. به طور کلی در مجموعه حفاظت شده جاجرود بیشترین مساحت در بین زون‌های شناسایی شده مربوط به زون ۸ (۲۳۰۷۸ هکتار) و کمترین مساحت مربوط به زون ۴ (۴۷۵ هکتار) می‌باشد. براین اساس در مناطق تحت حفاظت با اهداف مدیریتی و عنوان‌های حفاظتی متفاوت باید چنین رویکردی در طرح‌ریزی مدیریتی منطقه به کار گرفته شود تا فرآیند زون‌بندی تسریع و نتایج آن تدقیق گردد.

نتایج ارزیابی یکپارچگی زیستگاه و تغییرات سنجه‌های سیمای سرزمین نیز حاکی از آن است که سنجه‌های مساحت کلاس، درصد مساحت کلاس و متوسط اندازه لکه در سطح کلاس‌های اراضی ساخته شده، محدوده‌های آبی و اراضی زراعی و باغی افزایش یافته است که افزایش این سنجه‌ها نشان دهنده اتصال لکه‌های کوچک، بزرگ شدن اندازه لکه‌ها و افزایش یکپارچگی در سطح منطقه می‌باشد. در حالی که در سطح کاربری‌های ذکر شده روند کاهشی در تعداد لکه، میانگین نزدیکترین همسایگی، کل لبه و میانگین شاخص شکل قابل مشاهده می‌باشد که نشان دهنده کاهش فاصله بین لکه‌ها، نزدیک شدن آن‌ها

به یکدیگر و در نتیجه افزایش یکپارچگی زیستگاه است. به همین ترتیب در مجموعه حفاظت شده جاجرود سنجه‌های مساحت کلاس، درصد مساحت کلاس، متوسط اندازه لکه در سطح کلاس‌های مراتع پرتراکم، مراتع کم تراکم و اراضی جنگلی به دلیل توسعه فعالیت‌های صنعتی و معدنی، افزایش زیرساخت‌ها، تبدیل و تغییر کاربری‌های اراضی و توسعه بی‌رویه گردشگری کاهش یافته است، که کاهش این سنجه‌ها نشان دهنده افزایش ازهمگسیختگی لکه‌ها و کوچک شدن اندازه آن‌ها می‌باشد. از این رو نتایج به دست آمده حاکی از آن است که سطح بالای توسعه فعالیت‌های انسانی منجر به تهدید گونه‌های زیستی و ازهمگسیختگی زیستگاه‌ها در این منطقه شده است.

ازهمگسیختگی و کاهش یکپارچگی زیستگاه یکی از تهدیدهای مهم برای حفاظت از اکوسیستم‌های طبیعی است. بنابراین بررسی عواملی که می‌تواند بر تکه‌تکه شدن زیستگاه و کیفیت آن تأثیر گذارد امری ضروری و برای حفظ تنوع زیستی مهم است. از سوی دیگر، تکه‌تکه شدن یا ازهمگسیختگی زیستگاه یک فرآیند پویا است و توصیف کمی این فرآیند و آشکارسازی چگونگی تأثیر آن بر کیفیت منطقه، حیاتی و قابل توجه است. در این راستا، تدوین برنامه‌ای منسجم و مدیریتی یکپارچه می‌تواند بستری را برای کاهش و کنترل ازهمگسیختگی زیستگاه و اثرات آن بر تنوع زیستی فراهم سازد. بدین ترتیب نتایج حاصل از زون‌بندی و ارزیابی یکپارچگی زیستگاه در این مطالعه، می‌تواند به حفاظت و برنامه‌ریزی صحیح در راستای توسعه متناسب فعالیت‌های انسانی با زون‌های شناسایی شده در منطقه و به دنبال آن مخاطرات و پیامدهای محیطی کمک نماید. مطابق نتایج بدست آمده، مهم‌ترین راهکارهای مدیریتی (راهکارهای کلان) در این منطقه به شرح زیر می‌باشد:

- حفظ و تقویت پیوستگی با تمرکز بر هم‌افزایی کارکردی و پاسخ‌گویی یکپارچه: ایجاد و تقویت سازوکارهای هماهنگی بین‌سازمانی و بین‌ذی‌نفعان: مدیریت هم‌سو با جوامع محلی، سازمان‌های مردم‌نهاد و ذی‌نفعان اقتصادی-اجتماعی.

- توسعه چارچوب تصمیم‌گیری مبتنی بر داده‌های پهنه‌بندی: تصمیمات باید مبتنی بر نقشه پهنه‌بندی و شاخص‌های یکپارچگی باشد تا از تمرکززدایی ناکارآمد

- planning: the case of rural tourism in Andalusia (Spain). *Sci. Total Environ*, 412-413, 28-45.
11. **Blancas, F.J., Lozano-Oyola, M., Gonzalez, M., Guerrero, F.M. and Caballero, R., 2011.** How to use sustainability indicators for tourism planning: the case of rural tourism in Andalusia (Spain). *Sci. Total Environ*, 412-413, 28-45.
 12. **Bunruamkaew, K. and Murayama, Y., 2012.** Site suitability evaluation for ecotourism using GIS & AHP: a case study of Surat Thani Province, Thailand. *Procedia Soc. Behav. Sci*, 21, 269-278.
 13. **Canteiroa, M., Córdova-Tapiab., F. and Brazeiroc., A., 2018.** Tourism impact assessment: A tool to evaluate the environmental impacts of touristic activities in Natural PAs. *Tourism Management Perspectives*, 28, 220-227.
 14. **Canteiroa, M., Córdova-Tapiab., F. and Brazeiroc., A., 2018.** Tourism impact assessment: A tool to evaluate the environmental impacts of touristic activities in Natural Protected Areas, *Tourism Management Perspectives*, 28, 220-227.
 15. **Canteiroa, M., Córdova-Tapiab., F. and Brazeiroc. A., 2018.** Tourism impact assessment: A tool to evaluate the environmental impacts of touristic activities in Natural Protected Areas, *Tourism Management Perspectives*, 28, 220-227.
 16. **Chávez-Cortés, M. and Maya, J.A.A., 2010.** Identifying and structuring values to guide the choice of sustainability indicators for tourism development. *Sustainability*, 2 (9), 3074-3099.
 17. **Danehkar, A. and Majnoonian, H., 2004.** Proposed Criteria for the Evaluation of Coastal-Marine Areas in Order to Determine the Coastal Marine Protected Areas of Iran. Case Study: Evaluation of Protected Areas of the Caspian Sea. *Journal of Ecology*, 35, 32-9.
 18. **Danehkar, A., Sobhani, P., Alborzimanesh, M. and Ghelichpour, Z., 2024.** Zoning of Golestan national park using multi-criteria decision-making methods. *Town and Country Planning*, 16(1), 161-185. (In Farsi).
 19. **Danehkar, A. and Haddadinia., S., 2009.** Weighting and Ranking criteria for Istanbul Metropolitan Area, *Advances in Engineering Software*, 40, 128- 140.
 20. **Dang, H., Lü, Y., Wang, X., Hao, Y. and Fu, B., 2025.** Integrating species diversity, ecosystem services, climate and ecological stability helps to improve spatial representation of protected areas for quadruple win. *Geography and Sustainability*, 6(1), 100205.
 21. **Dehdar Dargahi, M., 2002.** Zoning of the Darfak No-Hunting Area Based on Methods Based on Landscape and Ecosystem Ecology Using GIS. Master's Thesis in Environment, Faculty of Environment and Energy, University of Sciences and Research, 130 pp.
 22. **Dehdar Dargahi, M., Karami, M. and Khorasani, N., 2007.** Zoning of the Deylaman

جلوگیری شود و هر پهنه مطابق نیازهای ویژه‌اش به‌طور یکپارچه مدیریت شود.

- طراحی برنامه‌های یکپارچه میان‌بخشی برای اولویت‌بندی مداخله‌ها بر اساس پهنه‌ها: اقدامات زیرساختی، اجتماعی-اقتصادی و امنیتی به‌طور هماهنگ اجرا شود.

منابع

1. **ADB. Asian Development Bank. 2014.** Regional state of the Coral Triangle marine resources: Their status, economies, and management of the Coral Triangle, Retrieved from: <http://www.adb.org/sites/default/files/publication/42393/regional-statecoral-triangle>.
2. **Ajayi, S.S.S., 2019.** Principles for the management of protected areas. *Wildlife Conservation in Africa*, 85-93.
3. **Akbarian-Ronizi, S.R., Mokarram, M. and Negahban, S., 2020.** Utilizing multi-criteria decision to determine the best location for the ecotourism in the east and central of Fars province, Iran. *Land Use Policy*, 99, 105095.
4. **Asadollahi, Z., Danehkar, A. and Asadollahi, Z., 2012.** Conservation zoning of Choghakhor Wetland through spatial multi-criteria evaluation (SMCE). *Wetland Ecobiology (Wetland)*, Volume 4, Issue 13, 35-47.
5. **Asrari, A. and Masoudi, M., 2016.** Zoning of areas susceptible to ecotourism and tourism development in Fars province. *Quarterly Journal of Human and Environment*, 38, 1-11.
6. **Atri, S., Panahi, M., Arjmandi, R. and Gharagozlou, A., 2021.** Predictive modeling of the future of the Jajrood protected area, based on the evaluation of land use change trends of the past 30 years. *Environmental Sciences*, 19 (1), 219-238. (In Farsi).
7. **Bali, A., Monavari, S.M., Riazi, B., Khorasani, N. and Kheirkhah-Zarkesh, M., 2015.** Aspatial decision support system for ecotourism development in Caspianhyrcanian mixed forests ecoregion. *Bol. Ciênc. Geod*, 21 (2), 340-353.
8. **Bali, A., Monavari, S.M., Riazi, B., Khorasani, N. and Kheirkhah-Zarkesh, M., 2015.** Aspatial decision support system for ecotourism development in Caspianhyrcanian mixed forests ecoregion. *Bol. Ciênc. Geod*, 21 (2), 340-353.
9. **Bazmara Balashti, M., Tavakoli, M. and Jafarzadeh, K., 2017.** Evaluation of suitable areas for ecotourism development in protected areas (case study: Khayez protected area). *Spatial Planning and Planning*, 21 (3), 95-118.
10. **Blancas, F.J., Lozano-Oyola, M., Gonzalez, M., Guerrero, F. M. and Caballero, R., 2011.** How to use sustainability indicators for tourism

35. **IUCN, 1999.** Guidelines for Marine Protected Areas. Edited & coordinated by Graeme Kelleher., Janssen, R., Goosen, H., Verhoeven, J.T.A., Omtzigt, A.Q.A.
36. **Jeong, J.S., García-Moruno, L., Hernández-Blanco, J. and Javier Jaraíz-Cabanillas, F., 2014.** An operational method to supporting siting decisions for sustainable rural second home planning in ecotourism sites. *Land Use Policy*, 41, 550–560.
37. **Jozi, S.A. and Moradi, N., 2011.** Boulhasan region of Dezfool ecological potential assessment to establish tourism using SMITH method. *Environment and Development Journal*, 2 (3), 71-14.
38. **Jomepour, M. and Yaghoubi Faz, S., 2018.** Locating tourist resorts in the Central Alborz Protected Area with a sustainable development approach. *Quarterly Journal of Tourism Management Studies*, Year 13, Issue 24, Summer 2019, pages 1-19.
39. **Karami, O., 2010.** Land use planning using AHP analysis method in forestry, afforestation and ecotourism (Case study: Babylon River watershed). M.Sc. thesis. Department of Agriculture and Natural Resources, Mazandaran University.
40. **Kheikhah-Zarkesh, M., Almasi, N. and Taghizadeh, F., 2011.** Ecotourism land capability evaluation using spatial multi-criteria evaluation. *Res. J. Appl. Sci. Eng. Technol*, 3 (7), 693–700.
41. **Lee, H., Yu-Hsin, L. and Kune-Muh, T., 2009.** Selection of Technology Acquisition Mode Using the Analytic Network Process. *Mathematical and Computer Modeling*, 49: 1274-1282.
42. **Leghaie, H.A, Munavari, M. and Raisi, B., 2009.** Planning and zoning of the Mangrove Biosphere Reserve based on international criteria with emphasis on Qeshm Island (using GIS), *Journal of Humanity and Environment*, Article 2, Volume 7, Number 1 (8-19), Spring 2009, pp. 30-39.
43. **Luo, Q., Li, S., Wang, H. and Cheng, H., 2024.** Mapping Human Pressure for Nature Conservation: A Review. *Remote Sensing*, 16(20), 3866.
44. **Mahdavi, A. and Niknejad, M., 2014.** Site suitability evaluation for ecotourism using MCDM methods and GIS: Case study- Lorestan province, Iran. *J. Biol. Environ. Sci*, 4 (6), 425-437.
45. **Mahmudi, B., 2007.** Land use planning in Lordegan forest in Chahar Mahal & Bakhtural. A project of the master, Saree nature Source College. Mazandaran University.
46. **Majnoonian, H., 2000.** National Parks and Protected Areas (Values and Functions). Environmental Protection Organization Publications, First Edition.
47. **Makhdoom, M., 2015.** The Foundation of Land Planning, Tehran University Press, 304 pp.
- and Darfak No-Hunting Area Using GIS, *Journal of Environmental Studies*, Volume 33, Issue 43, Pages 51-60.
23. **Department of the Environment of Iran, 2023.** Annual Report (Habitats and Regional Affairs Office), 1-150. (In Farsi).
24. **Farashi, A. and Shariati, M., 2013.** Conservation zoning of Koleh Ghazi National Park with a multi-criteria assessment approach. *Quarterly Journal of Environmental Science*, No. 57: 84-75.
25. **Fikrizad, N. and Vosoughi, L., 2017.** Prioritizing suitable areas for ecotourism development in Talesh County with GIS and AHP. *Quarterly Journal of Spatial Planning (Geography)*, 6 (4), 124-101.
26. **Gabrielsen, P. and Bosch, P., 2003.** Environmental Indicators: Typology and use in Reporting. European Environment Agency, Denmark.
27. **Ghadimi, M., Hosseini, S. M., Pourghasemi, H. and Moradi, H., 2010.** Conservation Modeling of Manasht and Qalarang Protected Areas Using Fuzzy Logic, *Journal of Environmental Sciences*, Volume 8, Issue 1; From page 85 to page 105.
28. **Gigovic, L., Pamucar, D., Lukic, D. and Markovic, S., 2016.** GIS-Fuzzy DEMATEL MCDA model for the evaluation of the sites for ecotourism development: a case study of Dunavski ključ region, Serbia. *Land Use Policy*, 58, 348–365.
29. **Gigovic, L., Pamucar, D., Lukic, D. and Markovic, S., 2016.** GIS-Fuzzy DEMATEL MCDA model for the evaluation of the sites for ecotourism development: a case study of Dunavski ključ region, Serbia. *Land Use Policy*, 58, 348–365.
30. **Graham, H.S., Agostini, V.N., Wilson, J., Mangubhai, S., Rotinsulu, C., Hidayat, N., Muljadi, M., Mongdong, M., Darmawan, A., Rumetna, L., Erdmann, M.V. and Possingham, H.P., 2013.** A comparison of zoning analyses to inform the planning of a marine protected area network in Raja Ampat, Indonesia. *Marine Policy*, 38, 184–194.
31. **Grêt-Regamey, A. and Weibel, B., 2020.** Global assessment of mountain ecosystem services using earth observation data. *Ecosystem Services*, 46, 101213.
32. **Herrera-Montes, M.I., 2018.** Protected area zoning as a strategy to preserve natural soundscapes, reduce anthropogenic noise intrusion, and conserve biodiversity. *Tropical Conservation Science*, 11, 1940082918804344
33. **Hoffmann, S., 2022.** Challenges and opportunities of area-based conservation in reaching biodiversity and sustainability goals. *Biodiversity and Conservation*, 31(2), 325-352.
34. **IUCN Eastern African Regional Programme, 2004.** Managing marine protected areas, A TOOLKIT for the Western Indian Ocean.

59. **Schianetz, K. and Kavanagh, L., 2008.** Sustainability indicators for tourism destinations: a complex adaptive systems approach using systemic indicator systems. *J. Sustainable Tourism*, 16 (6), 601-628.
60. **Sharifi, N., Danehkar, A., Etema, V. and Mahmoudi, B., 2011.** Identification and Prioritization of Criteria used for Selecting Protected Areas in Forest Ecosystems Case Study: Iran's Hyrcanian Forests. *Environment and Natural Resources Research*, Vol.1, No.1: 189-200.
61. **Sharifi, N., 2021.** Developing a comprehensive model for zoning protected areas based on multi-criteria decision-making methods (Case study: Hara Protected Area). PhD thesis in Environmental Sciences. Faculty of Natural Resources and Environment. Islamic Azad University. Science and Research Branch. (In Farsi).
62. **Sobhani, P., 2024.** Urban development impacts on natural ecosystems in urban protected areas of Tehran province, Iran. *Heliyon*, 10(23).
63. **Sobhani, P. and Esmailzadeh, H., 2021.** Evaluation and Analysis of Land Use Change Trends in Protected Areas (Case Study: Lar National Park). *Iranian Journal of Remote Sensing & GIS*, 13(2), 75-92. (In Farsi).
64. **Sobhani, P., Esmailzadeh, H. and Barghjelveh, S., 2024.** Negative impacts of ecotourism activities on protected areas and providing optimal strategies (Case study: Protected areas of Tehran Province). *Journal of Natural Environment*, 76(Special Issue Protected Areas), 129-146. (In Farsi).
65. **Sobhani, P., Esmailzadeh, H. and Mostafavi, H., 2021.** Simulation and impact assessment of future land use and land cover changes in two protected areas in Tehran, Iran. *Sustainable Cities and Society*, 75, 103296.
66. **Sobhani, P., Esmailzadeh, H., Barghjelveh, S., Sadeghi, S.M.M. and Marcu, M.V., 2022.** Habitat integrity in protected areas threatened by LULC changes and fragmentation: A case study in Tehran province, Iran. *Land*, 11(1), 6.
67. **Sobhani, P., Goshtasb, H., Nezami, B. and Jahani, A., 2017.** Ecological capability evaluation of no-hunting areas for a higher level of protection by using Multiple Criteria Decision-Making method (case study: Alvand No-Hunting Area). *Environmental Researches*, 8(16), 29-42. (In Farsi).
68. **Sobhani, P., Goshtasb, H., Nezami, B. and Jahani, A., 2018.** Evaluation of Promoting Conservation Hunting Areas (Case Study: Hamedan Alvand No-Hunting Area). *Environmental Science and Technology*, 20(3), 145-157. (In Farsi).
69. **Vigl, L.E., Marsoner, T., Schirpke, U., Tscholl, S., Candiago, S. and Depellegrin, D., 2021.** A multi-pressure analysis of ecosystem services for conservation planning in the Alps. *Ecosystem Services*, 47, 101230.
- Makhdoom, M., 2011.** Guidelines for preparing and compiling park management plans and engineering designs for national parks, forest parks and nature parks, University Publishing Center.
48. **Maksin, M., Ristić, V., Nenковиć-Riznić, M. and Mičić, S., 2018.** The role of zoning in the strategic planning of protected areas: lessons learnt from EU countries and Serbia. *European Planning Studies*, 26 (4), 838-872.
49. **Moayeri, M., 2015.** Comparison of Arc GIS and Marxan software in zoning of Malusan protected area. Master's thesis in Environment, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Guilan, 130 pp.
50. **Morad Panah, M. and Morad Panah, H., 2017.** Zoning of the Molusan Protected Area using GIS. *Environmental Science and Technology Journal*, No. 1, Spring 2017.
51. **Nino, K., Mamo, Y., Mengesha, G. and Kibret, K.S., 2017.** GIS based ecotourism potential assessment in Munessa Shashemene Concession Forest and its surrounding area, Ethiopia. *Applied Geography*, 82, 48-58.
52. **Onogh, M. and Ja'arfi, A., 2005.** Environmental Sensitivity Mapping: A Regional Planning Tool. *Agricultural Sciences and Natural Resources*, Summer 1996, Volume 3, Issue 2, from page 9-29.
53. **Parsajo, S. and Nasehi, F., 2018.** The role of sustainable tourism development in protected areas (case study: Sabalan region in Ardabil province). *Journal of Geographical Sciences*, 14 (29), 18-30.
54. **Rahimi, E. and Barghjelveh, S., 2020.** Zoning of Oshtrankou Protected Area Using Multi-criteria Evaluation and K-MEANS Clustering Algorithm. *Environmental Researches*, 11(21), 43-60. (In Farsi).
55. **Sahani, N., 2021.** Application of analytical hierarchy process and GIS for ecotourism potentiality mapping in Kullu District, Himachal Pradesh, India. *Environ. Dev. Sustain*, 1-25.
56. **Salemi, M., Jozi, S.A., Malmasi, S. and Rezayan, S., 2019.** Assessing the carrying capacity of nature tourism development (Case study: South Karkheh Protected Area). *Quarterly Journal of Geography and Regional Planning*, 9 (34), 53-63.
57. **Samadi Kuchaksaraei, B., Fatemi, M., Danehkar, A., Jozi, A. and Ramezani-Fard, E., 2019.** New Guidelines for the Identification and Selection of coastal-marine representative areas for Hormozgan Province, Iran. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(12) 8061-8072.
58. **Samadi, B., 2019.** Development of spatial multi-criteria decision-making models for selecting coastal-marine protected areas in Iran: A case study of Hormozgan province. PhD thesis in Marine Biology, Faculty of Natural Resources and Environment, Islamic Azad University, Ahad Ulum ve Rehjas, 260 pp.

- developing countries. *Tourism Manag*, 78,104024.
74. **Wu J., 2000.** *Landscape Ecology: Pattern, Process, Scale and Hierarchy*. Higher Education Press, Beijing, China.
 75. **Yang, S., Fang, Q., Ikhumhen, H.O., Meilana, L. and Zhu, S., 2022.** Marine spatial planning for transboundary issues in bays of Fujian, China: A hierarchical system. *Ecological Indicators*, 136, 108622.
 76. **Zhang, Z.W., Zeng, G.M., Yang, B. and Jiao, S., 2007.** The Integrated Ecoenvironment Assessment of the Red Soil Hilly Region Based on GIS--A Case Study in Changsha City, China. *Ecological Modelling*. 202 (3-4): 540-546.
 70. **Voskamp, A., Fritz, S.A., Köcke, V., Biber, M.F., Brockmeyer, T.N., Bertzky, B. and Böhning-Gaese, K., 2023.** Utilizing multi-objective decision support tools for protected area selection. *One earth*, 6(9), 1143-1156.
 71. **Wolf, I.D., Sobhani, P. and Esmaeilzadeh, H., 2023.** Assessing changes in land use/land cover and ecological risk to conserve protected areas in urban–rural contexts. *Land*, 12(1), 231.
 72. **Wondirad, A. and Ewnetu, B., 2020.** Community participation in tourism development as a tool to foster sustainable land and resource use practices in a national park milieu. *Land Use Policy*, 88, 104155.
 73. **Wondirad, A., Tolkach, D. and King, B., 2020.** Stakeholder collaboration as a major factor for sustainable ecotourism development in





Zoning and Assessment of Habitat Integrity in The Jajrud Protected Area Complex

Parvaneh Sobhani^{*1}, Afshin Daneshkar²

1*-Department of Environmental Science, Natural Resources Faculty, Lorestan University, Khorramabad, Iran

2- Department of Environment, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Original Article

Received:
2025.05.31

Accepted:
2025.09.21

Keywords:
Regional Zoning,
Ecology,
Landscape,
Metrics,
Degree of
Protection,
Multi-Criteria

Abstract

Introduction: Protected areas are the last genetic reserves of each country and represent unique ecosystems in pristine and natural areas, whose protection is essential. Management planning or zoning is an appropriate solution to create a balance between the protection of natural resources and sustainable development in these areas. The main goal of establishing protected areas is to maintain the integrity of habitats and life-giving systems, support biodiversity, and ensure the sustainable use of species richness and ecosystem services. Therefore, documented planning in the form of zoning and the development of conservation objectives for protected areas is of particular importance. The basis of management of protected areas is based on the recognition of zoning and a productivity program by applying temporal, spatial, and operational restrictions and prohibitions in each zone, considering its ecological sensitivities. Therefore, in order to utilize the capabilities of these areas, planning and zoning must reflect characteristics such as intactness, protection of biodiversity hotspots, and a wide range of pristine and scenic landscapes, and be able to respond to the development of various human activities in appropriate areas.

Materials and Methods: In the present study, with the aim of identifying areas with the highest ecological sensitivity and high priority in conservation, the Jajrud protected area was zoned using spatial indicators and multi-criteria decision-making methods in the form of linear relationships. Also, the habitat integrity in this protected area was evaluated and analyzed using landscape metrics.

Results: According to the results obtained, 7 main zones can be identified in this area, including Zone 1 (restricted nature), Zone 2 (conservation), Zone 3 (utilization), and Zone 4 (recreational use). (extensive), Zone 4 (concentrated use), Zone 7 (special use), Zone 8 (shield) and Zone 11 (other uses). Thus, in terms of sensitivity and vulnerability, Zones 1 and 2 were placed in the sensitive category due to their lower flexibility against the development of human activities and biological limitations and a higher degree of protection, and Zones 3, 4, 7, 8 and 11 were placed in the non-sensitive category due to their lower biological limitations and higher flexibility. Zoning results showed that in the Jajrud protected area, the largest area among the identified zones is related to zone 8 (23,078 hectares), and the smallest area is related to zone 4 (475 hectares). The results of the habitat integrity assessment and changes in landscape metrics also indicate that the metrics of class area, percentage of class area, and average patch size have increased at the level of built-up land, water areas, and agricultural and garden lands. While they have

decreased in high-density pastures, low-density pastures, and forest land classes, the decrease in these metrics indicates an increase in patch fragmentation and a decrease in their size.

Discussion: Habitat fragmentation and reduced integrity are one of important threats to the protection of natural ecosystems. Therefore, restoring connections and maintaining corridors between habitat patches are effective strategies to control the fragmentation and destruction of natural ecosystems, which requires adopting coherent and integrated management planning and providing appropriate tools to reduce the effects of these threats. The results of the zoning and habitat integrity assessment in this study can serve as a management strategy to inform proper conservation and planning, aligning with the development of human activities within the identified zones and subsequently mitigating environmental hazards and consequences.