پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال دهم، شماره ۴، بهار ۱۴۰۱
صص. ۱۷-۱

کاربرد ژئودایورسیتی در مدیریت محیط (مطالعه موردی حوضه بالادست سد کرج)

منیژه قهرودی تالی*– استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی تهران.
خدیجه علی نوری – پژوهشگر پسادکتری، دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی تهران.
سجاد فرجادی نیا – کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی تهران.

پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۵/۱۱ تائید نهایی: ۱۴۰۰/۱۱/۱۸

چکیده

ژئودایورسیتی علمی است که با شناسایی و معرفی تنوع های زمینی به برنامه ریزی، مدیریت و حفاظت از طبیعت می پردازد و باعث ماندگاری ارزش های درونی، علمی و زیبایی شناختی محیط زیست می شود. حوضه سد کرج یک منطقه طبیعی است که از ژئودایورسیتی فوق العاده ای برخوردار است و با توجه به وسعت زیاد و لندفرم ها و عوارض طبیعی متعددی از لحاظ علمی و اکوتورسیم مورد توجه می باشد. پژوهش اخیرمیزان ژئودایورسیتی و گوناگونی ژئوسایت ها در حوضه بالا دست سد کرج را با هدف مدیریت محیط مورد بررسی قرار داده است. برای دستیابی به این هدف از داده های مستخرج از تصاویر لندست ۸ ، داده های ارتفاعی ASTGTM و مشاهدات میدانی بهره برده شده است. روش تحقیق مبتنی بر بکاربردن شاخص های ژئودایورستی (PR (Patch Richness، SHDI (Shannons's Diversity Index) و SIEI (Simpson's Evenness Index) و استفاده از روش گونه شناسی بوده است. در روش گونه شناسی ژئوسایتها از نظر داشتن ارزش ذاتی، شاخص بودن در ژئودایورسیتی و ابعاد زمین شناسی مورد شناسایی و ارزیابی قرار گرفته است. تمامی مراحل محاسبات، تجزیه و تحلیل شاخص ها، رسم نمودار آماری شاخص ها و استخراج نقشه های مورد نظر با استفاده از نرم افزارهای SPSS، FRAGSTATS و ArcGIS انجام گردیده است. نتایج حاصله از شاخص ها بیانگر این موضوع بود که حوضه سد کرج از ژئودایورسیتی بالایی برخوردار است و رابطه نزدیکی با لندفرم ها دارد. نتایج تحلیل گونه شناسی در حوضه سد کرج منجر به شناسایی عوارض نقطه‌ای مانند آبشارهایی که در نزدیکی جاده‌ها قرار دارند، و غارها شد که در معرض تخریب هستند. بیشترین ژئوسایت‌های موجود در سد کرج در مقیاس نقطه هستند که بسیار آسیب پذیر هستند و در مرتبه بعدی بخش هستند که آنها هم آسیب پذیرترند و نیازمند محافظت هستند. از نظر موضوعی ژئوسایتهای ژئومورفولوژیکی و تکتونیکی آسیب پذیری بالایی دارند . به طور کلی این عوارض ازلحاظ علمی و زیبایی‌شناختی بسیار مهم می‌باشند لذا مدیریت چنین محیط هایی از نظر اکوتوریسم الزامی می باشد.

واژگان کلیدی: *ژئودایورسیتی، گونه شناسی، حوضه سد کرج ،شاخص های SHDI ،PR, SIEI .*

---

* نویسنده مسئول: E-mail: M-ghahroudi@sbu.ac.ir

مقدمه

ژئودایورسیتی[1]یا تنوع زمینی تنوعی از سنگها، مواد معدنی، فسیلها، رسوبات و خاک ها به همراه فرایندهای طبیعی است که آنها را تشکیل و تغییر می دهند. همچنین انسانها، مناظر و فرهنگ را از طریق فعل و انفعالات تنوع زیستی[2]، خاک‌ها، مواد معدنی، صخره‌ها، فسیل‌ها، فرآیندهای فعال و محیط ساخته‌شده به هم پیوند می‌دهد (گری، ۲۰۰۸، ۳۶-۳۱، استنلی[3]، ۲۰۰۴). به نظر می‌رسد مفهوم ژئودایورسیتی از بحث پیرامون تنوع زیستی توسعه پیدا نموده و باگذشت زمان تکامل‌یافته است و به ابزار و مفهومی نظری تبدیل‌شده است و یک مشخصه چشم‌انداز است که به ناهمگنی خصوصیات فیزیکی سطح زمین مربوط می‌شود (سرانو و روئیز فلانیو[4]، ۲۰۰۷، ۱۴۰-۱۴۷، بنیتو کالوو[5] و همکاران، ۲۰۰۹، ۱۴۳۳- ۱۴۴۵). ژئودایورسیتی فقط حفاظت از زمین نیست بلکه درک ژئودایورسیتی یک منطقه پیش نیاز برای حفاظت از زمین است (اسکات[6] و همکاران، ۲۰۰۸). ژئودایورسیتی به دو دلیل باید حفظ شود: اول اینکه ژئودایورسیتی از نظر روشهای مختلف بسیار ارزشمند است و ثانیاً تنوع عظیمی از فعالیتهای انسانی آن را تهدید می کند (گری، ۲۰۰۵، ۵). حوضه سد کرج یک منطقه طبیعی است که دخالت انسان در این حوضه تا محدوده سد کرج بسیار کم است. این پژوهش میزان ژئودایورسیتی و گوناگونی سایت ها در حوضه بالا دست سد کرج با هدف مدیریت محیط مورد بررسی قرار داده است.

در خصوص ژئودایورسیتی در لندفرم ها در لهستان با بکاربردن انرژی لندفرم، قطعه قطعه شدگی لندفرم و محافظت آنها با استفاده از داده های ارتفاعی، باندهای مرئی تصاویر ماهواره ای و داده های مستخرج از نقشه های کاربری انجام شده است و در محدوده های حوضه ای و منطقه ای به صورت کیفی ژئودایورسیتی بالا ، متوسط ، کم و بسیار کم لندفرم ها محاسبه و ارزیابی شده است (زولینسکی[7]، ۲۰۰۹، ۷۷-۸۵). در بخشی از این پژوهش ها با استفاده ترکیبی از شاخص های ژئومورفولوژی دینامیک، شاخص های ژئومورفولوژی ساختمانی و شاخص های تنوع میزان ژئودایورسیتی بررسی شده است (حیدری، ۱۳۹۷). استفاده از روش‌های تحلیلی و توصیفی، شاخص های توپوگرافی مانند TPI و تراکم ناهمواری هر قطعه (PRD)و شاخص های تنوع زیستی ضریب ناهمواری سیمپسون (SIEI)، ضریب ناهمواری شانون (SHEI)، ضریب دایورسیتی شانون (SHDI)، ضریب دایورسیتی سیمپسون (SID) نیز در محاسبه میزان ژئودایورسیتی قابل مشاهده است (شفیعی و همکاران ۱۳۹۷، ۱۶۳-۱۵۱).

بیشتر پژوهشها در با هدف شناسایی ژئوسایتها و مدیریت مناطق بکر و طبیعی صورت گرفته است. در آذربایجان غربی برای تأسیس ژئوپارک به شناسایی و ارزیابی میراث زمین شناسی پیرامون سایت میراث جهانی تخت سلیمان پرداخته شده است و از دو روش Fassoulas و De Lima استفاده شده است و هر مکان میراث زمین شناختی امتیازدهی شده است و در نتیجه با به‌کارگیری روش‌های درون‌یابی در محیط GIS ، محدوده ژئوپارک و مسیر زمین‌گردشگری استخراج‌شده است (محمدی عراق و همکاران ۱۳۹۵، ۱۳۲-۱۲۳). در اسپانیا برای مدیریت زیستگاه و ژئومورفوسایت‌ها از نظر ظرفیت کاربری آنها از روش سرانو و روئیز فلانیو استفاده نمودند و به این نتجه رسیدند که می توان به هر واحد فضایی حفاظت خاصی اختصاص داد (پلیترو[8] و همکاران، ۲۰۱۱، ۱۷۴-۱۶۳). در سال ۱۹۹۰ طرح کارشناسی گردشگری در نیجریه توسعه یافت و پنج گروه مهم گردشگری شامل دروازه سحر، قلمرو منظره‌ای، مرکز کنفرانس سرمایه، خوشه‌های دروازه جنوب شرقی و آتلانتیک را شناسایی کرده اند. اساس و مفهوم این طرح بر اساس زیبایی‌های اقلیمی، فرهنگی و چشم‌انداز فلات

1. Geodiversity
2. Biodiversity
3. Stanley
4. Serrano and Ruiz-Flano
5. Benito Calvo
6. Scott
7. Zwoliñski
8. Pellitero

جوز پلاتیو[1] بوده است و نتایج نشان داده است که معدنکاری در فلات به طور گسترده ای محیط را ویران کرده و چشم اندازهایی از جمله گودال ها، حوضچه های معدنی و برش های شیب دار زمین را تهدید می کند و آنها را به خطر می اندازد (گوکی[2] و همکاران، ۲۰۱۶، ۳۰-۲۱).

در خصوص توسعه دانش ژئودایورسیتی در اسکاتلند پژوهشی در موضوع چرا ژئودایورسیتی برای مردم و طبیعت در اسکاتلند اهمیت دارد، انجام شده است و در این رابطه ارزش درونی جغرافیای اسکاتلند و سهم ژئودایورسیتی در ارائه خدمات اکوسیستم برای جامعه را ارزیابی شده است و این نتیجه به دست آمد که تنوع جغرافیایی اسکاتلند بخشی جدایی ناپذیر از تنوع گسترده تری در طبیعت است و تنوع جغرافیایی اسکاتلند به طور قابل ملاحظه ای دارای اهمیت ملی و بین المللی برای تحقیقات و آموزش علوم زمین است (گردون[3] و بارن[4] ۲۰۱۱، ۴۱۷).

تأثیرات فشارهای انسانی بر اقلیم بر ژئودایورسیتی توسط پژوهشی درکوهستان سوسا ولی[5] از رشته‌کوه آلپ براساس نقش‌های استراتژیک عناصر و روش‌های علمی نوین انجام شده استو اهداف این مطالعه و بهبود دانش مدیریت ژئودایورسیتی و کاهش خطرات طبیعی بوده است. بنابراین شناخت بهتری از ارزش اقتصادی ژئودایورسیتی و درک قوی تری از خطرات طبیعی بدست آمده است که کمک ارزشمندی برای کاهش آسیب پذیری محلی در برابر بلایا و حمایت از کیفیت سیستم مدیریت یکپارچه میراث زمین و مناسب برای گردشگری و توسعه پایدار هستند (جیاردینو[6] و همکاران، ۲۰۱۳، ۱۵). رویه‌های استفاده‌شده در توسعه سامانمند و منظم که در مقیاس‌ها و مقادیر مختلف سبب ایجاد رویکرد جدید در مورد مفاهیم ژئوسایت، سایت‌های ژئودایورسیتی و پشتیبانی از راهبردهای ژئوپارک‌ها شده است (بریلیا[7]، ۲۰۱۶، ۱۳۴- ۱۱۹).

در خصوص نقش ژئودایورسیتی در گردشگری در ترکیه، پژوهشی را با هدف طبقه‌بندی ژئودایورسیتی به‌وسیله‌ی ارتباط علمی و گردشگری با تمرکز بر ژئوسایت‌های مشهور و یا سایر سایت‌های محافظت‌شده آغاز کردند. از هرگونه عنصری (مفهومی یا کمی) از ساده‌ترین موجود تا مناطقی با چند ژئوسایت برای مشخص و حفاظت نمودن در تمام کشور استفاده شد. طبق نتایج، سایت های واقع در بخش های داخلی کشورنشان دهنده داراییهای درون زا با برچسب سنگ شناسی، گسل یا زمین گرمایی هستند، در حالی که سایتهای واقع در امتداد سواحل تحت سلطه دارایی برون زا (تشکیل تالاب) یا صرفاً یک ویژگی ژئومورفولوژیکی هستند (چتینر[8] و همکاران ۲۰۱۷، ۶۵-۴۹). همچنین در بلژیک و لوکزامبورگ با تأکید بر ژئودایورسیتی، ویژگی‌های دوران ماقبل یخچالی در ناحیه هیوتز فانگز[9]، دشت‌های فرسایش یافته در آردنز[10] و غارهای معروف هان[11] و لیز[12] را بررسی کرده است. هدف او مشخص نمودن و اشتراک‌گذاری ارزش‌های فرهنگی ژئوسایت‌ها بود (دمولین[13]، ۲۰۱۸).

مطالعات گونه شناسی در ژئودایورسیتی اولین بار در شهر ناتال در برزیل انجام شده است. در این منطقه، همه خدمات شناسایی و از طبقه‌بندی فرعی در متعلقات و فرآیندهای ژئودایورسیتی، ۱۶ مورد از ۲۵ مورد که اهمیت ماهیت غیرزنده

1. Jos Plateau
2. Goki
3. Gordon
4. Barron
5. Susa valley
6. Giardino
7. Brilha
8. Cetiner
9. Hautes Fanges
10. Ardennes
11. Han
12. Lesse
13. Demoulin

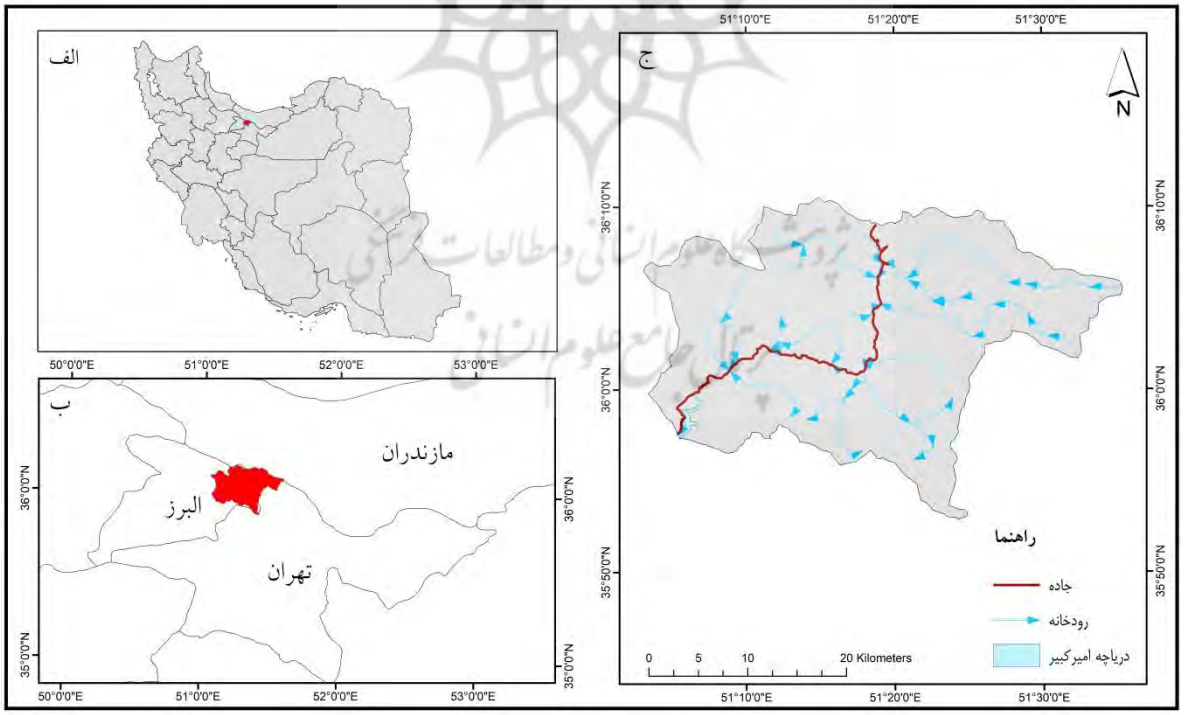
محلی را تأیید می‌کند، مشاهده شده است. بر اساس گونه شناسی این فرآیندها، آن‌ها به‌عنوان بخش، نواحی، نقطه و منظرها شناسایی شده و به این نتیجه رسیده اند که با توجه به گستردگی و تنوع فرآیندها، می توان از آن برای علوم، فرهنگ، ورزش و گردشگری استفاده کرد تا به طور مشترک، هم به گسترش زیبایی های طبیعی و فرهنگی شهر و علوم زمین و هم به فرآیند حفاظت از زمین کمک کرده باشد (داسیلوا و ناسکیمنتو[1] ۲۰۲۰، ۱).

مواد و روش

معرفی منطقه

حوضه سد کرج در ۳۶° ۵' ۵۴"تا ۳۵° ۵۹' ۴۷" عرض جغرافیایی و ۵۱° ۳۵' ۱۱" تا ۵۱° ۳' ۲۹" طول جغرافیایی قرارگرفته است (شکل ۱). مساحت حوضه مورد مطالعه ۸۴۵ کیلومترمربع، طول آبراهه اصلی ۷۱ کیلومتر، ارتفاع متوسط ۲۸۳۱ متر و شیب متوسط آن ۲۶/۱ درجه است.

این حوضه، طبق تقسیم‌بندی واحدهای ساختمانی تحت عنوان البرز مرکزی از زون البرز – آذربایجان و ازنظر واحد ساختمانی البرز غربی نام‌برده شده است (افتخاری نژاد، ۱۳۵۹، ۱۹–۲۸، نبوی، ۱۳۵۵، ۱۰۴–۱۰۹). بر اساس تقسیمات طرح جامع آب کشور این حوضه در حوضه آبریز مرکزی، زیر حوضه کرج – جاجرود و در واحد هیدرولوژیک تهران – کرج واقع‌شده است. از مهم‌ترین عارضه‌های این ناحیه می‌توان ناودیس ونتاژ در غرب، ناودیس وارنگه رود و ولایت رود در شمال حوضه، ناودیس سیاهچال در شمال شرقی، تاقدیس کوه کهار در غرب حوضه را نام برد. این محدوده شامل ۴۱ گسل اصلی و فرعی است که بزرگ‌ترین گسل اصلی آن به طول ۳۸/۴ کیلومتر است که از غرب به سمت شرق حوضه کشیده شده و از نوع معکوس است.



شکل ۱: (الف) کشور ایران (ب) موقعیت منطقه مطالعاتی (ج) حوضه بالادست سد کرج

[1] Da Silva and Nascimento

داده های مورد استفاده

داده های استفاده شده در این پژوهش شامل مدل ارتفاع رقومی ASTGTM با دقت ۳۰ متر، نقشه زمین شناسی کرج با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، تصاویر ماهواره ای Landsat 8 و نقشه طبقات ارتفاعی حوضه می باشد. نقشه زمین شناسی حوضه شامل ۲۱۰ واحد زمین شناسی می باشد. باندهای مرئی و مادون قرمز نزدیک و میانی از تصویر ماهواره ای Landsat 8 در تاریخ ۲۰۱۹/۰۹/۰۲ هستند. همچنین نقشه ارتفاعی که با استفاده از مدل ارتفاع رقومی ترسیم شد، حوضه را به ۸ طبقه ارتفاعی تقسیم کرد.

روش تحقیق

روش انجام پژوهش به شرح زیر است:

در مرحله اول برای درک غنای طبیعی کلاسهای چشم اندازهای موجود از نظر ژئودایورسیتی در حوضه سدکرج شاخص غنای زمین[1] و شاخصهای تنوع شنون[2] و سیمپسون[3] که توانمندی نمایش بیشترین فراوانی تنوع در منطقه را داشتند، انتخاب گردیدند. برای انجام محاسبات شبکه سلولی ۲۵*۲۵ کیلومتری که بتوانند کلاسهای چشم اندازها را محاسبه نمایند، بر روی حوضه قرار داده شده است (شکل ۲). با اینکار واحد های کوچک‌تر و مناسب تر ایجاد گردید تا نتیجه شاخص‌ها با دقت بیشتری محاسبه شود. عملیات کد گذاری سلولها برای ارزیابی نتایج، بر روی لایه مدل ارتفاع رقومی در محیط GIS انجام شده است پس از حصول واحد های کوچک‌تر در نرم افزار FRAGSTATS با استفاده از قابلیت معیارهای چشم انداز ، شاخص های SHDI، PR و SIEI انتخاب شدند و میزان تنوع هر سلول محاسبه شده است. سپس برای ارزیابی روابط بین شاخص ها در تفکیک گونه ها از نرم افزار آماری SPSS استفاده شده است.. معادلات شاخص ها به شرح زیر است.

PR (Patch Richness) (رابطه ۱)

$$PR = m$$

M= تعداد کلاس موجود در منطقه مورد نظر

SHDI (Shannon’s Diversity Index)(رابطه ۲)

$$\text{SHDI} = -\sum_{i=1}^{m}(P_i \ln P_i)$$

∑= مجموع محاسبات

P= نسبت عناصر یک گونه خاص یافت شده، تقسیم بر تعداد کل عناصر یافت شده

ln= لگاریتم طبیعی

Pi= بخشی از چشم‌اندازها که توسط نوع کلاس‌ها اشغال شده است.

M= تعداد که تعداد کلاس‌هایی که در چشم‌انداز وجود دارند، شامل مرز چشم‌انداز (در صورت وجود)

SIEI (Simpson’s Evenness Index)(رابطه ۳)

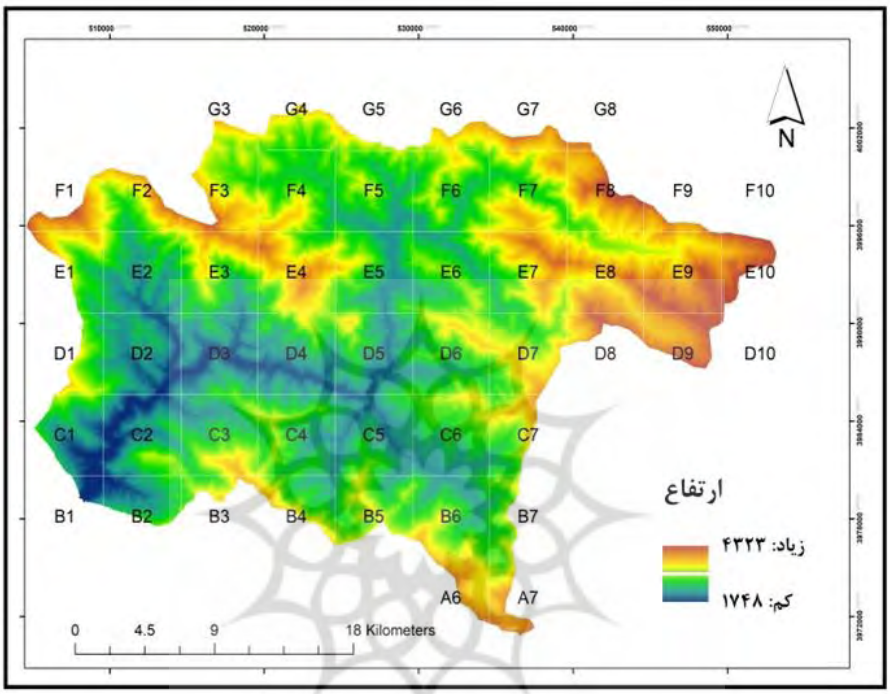
1. Patch Richness
2. Shannon’s Diversity Index
3. Simpson’s Evenness Index

$$SIEI = 1 - \sum_{i=1}^{m} P_i^2 / 1 - \left(\frac{1}{m}\right)$$

$\sum$= مجموع محاسبات

Pi= بخشی از چشم‌اندازها که توسط کلاس‌ها اشغال شده است.

M= تعداد که تعداد کلاس‌هایی که در چشم‌انداز وجود دارند، شامل مرز چشم‌انداز (در صورت وجود)



شکل ۲: واحد بندی حوضه سد کرج

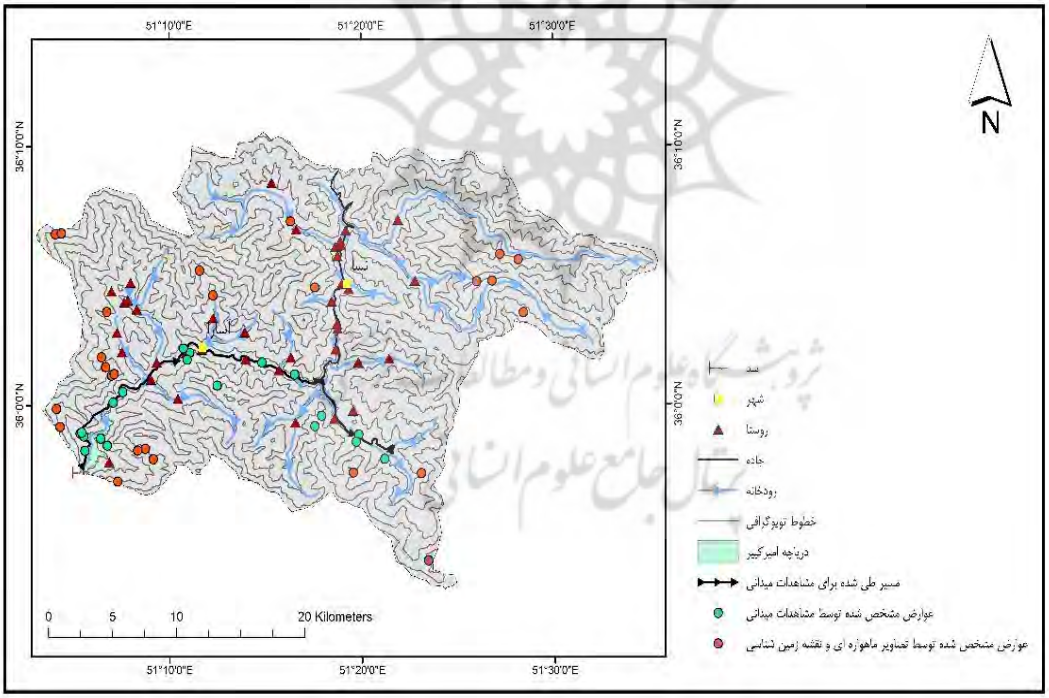
در مرحله بعد برای انتخاب ژئوسایتها و بررسی آنها از نظر حساسیت آسیب پذیری و مدیریت بهینه، از روش گونه شناسی[1] استفاده شده است و از این نظر لندفرم ها مورد شناسایی و ارزیابی قرار گرفته است. در این راستا به معیارهای ارزش ذاتی لندفرم ها، شاخص بودن از نظر ژئودایورسیتی و در رابطه بودن با موضوعات زمین شناسی مانند کانی شناسی، سنگ‌شناسی، دیرینه‌شناسی، چینه‌شناسی، هیدروژئولوژی، تکتونیک توجه شده است. روش کار براساس مشاهدات میدانی و باندهای مرئی تصاویر لندست انجام شده است (فرناندز و فوئرتس گوتیرز، ۲۰۱۰، ۶۰). نحوه اجرا به این ترتیب بود که برای شناسایی عوارض و سایت های منطقه از نتایج تحلیل شاخص ها انتخاب ژئودایورسیتی استفاده گردیده است به این ترتیب که اگرچه در کل حوضه نمونه گیری انجام شده ولی مشاهدات میدانی عمدتا در جنوب حوضه و اطراف دریاچه سد کرج انجام شده است. شکل ۳ نمونه‌هایی که توسط نقشه های زمین شناسی، تصاویر ماهواره ای و مشاهدات میدانی بررسی شدند و همچنین مسیر مشاهدات میدانی را نشان می دهد. بررسی نمونه ها در راستای شناخت ماهیت ژئوسایت های حوضه از نظر ابعاد، آسیب‌پذیری، وضعیت ظاهری و حفاظت از آنها بوده است به نحوی که با مدیریت ژئوسایت بتوان میزان آسیب پذیری را شناسایی و برآورد نمود. با توجه معیارهای فوق ، پنج طبقه زیر براساس جدول ۱ تشخیص داده شده است:

- نقاط[2]: اندازه های کوچک (معمولاً حدود ۱ هکتار یا بیشتر) که به دلیل ابعادشان همیشه آسیب‌پذیر هستند.

1. Typology method
2. Points

- بخش‌ها[1]: توالی های زمانی (چینه نگاری) یا ویژگی‌های دارای توسعه فضایی خطی (به‌عنوان مثال، یک تنگه یا برخی کانال‌های بافته شده در امتداد رودخانه). آن‌ها معمولاً از رخنمونهای کوچک‌تر تشکیل‌شده‌اند. در صورت آسیب دیدن یک عنصر، کل دنباله ارزش خود را از دست می‌دهد. این، میزان شکنندگی و آسیب‌پذیری بخش‌ها را افزایش می‌دهد.
- ناحیه‌ها[2]: ناحیه‌ها بیشتر شبیه به نقاط تفسیر می‌شوند، حتی اگر بتوانند فشار بیشتری را تحمل کنند.
- منظر ها[3]: این مکان‌های زمین‌شناسی به دلیل فاصله ای که از یکدیگر دارند می‌توانند فشار زیادی را تحمل کنند.
- نواحی پیچیده[4]: سایت‌هایی هستند که می‌توانند در شبکه حفاظت مناطق طبیعی گنجانده بشوند. این مناطق ادغام و ترکیبی از چهار طبقه قبل را در خود جای‌داده‌اند.

پس از شناسایی ژئوسایت ها با توجه معیارهای مورد توجه از نظر نوع عارضه و شاخصه ژئوسایت‌ها به نوع شکل‌گیری لندفرم در زمینه های ژئومورفولوژیکی، هیدروژئولوژیک، چینه شناسی، تکتونیک و سنگ شناسی از نظر تنوع گونه ها بررسی شدند.



شکل ۲: نمونه گیری و مسیر مشاهدات میدانی در حوضه سد کرج

1. Sections
2. Areas
3. Viewpoints
4. Complex areas

جدول ۱: طبقه بندی گونه شناسی (فرناندز و فوئرتس گوتیرز ،۲۰۱۰، ۶۴)

گونه شناسی	مفهوم	آسیب‌پذیری	مقاومت در برابر فشار	طرح پیشنهادی
نقطه		زیاد	کم	نیاز به محافظت
بخش		متوسط	متوسط	یک مسیر مشخص‌شده باید دنبال شود
ناحیه		کم	زیاد	آسان برای محبوب شدن (گردشگری)
منظر		زیاد (چشم‌انداز)	زیاد	سایت‌های خوب برای محبوب شدن
ناحیه پیچیده		کم، اما به‌صورت منطقه‌ای زیاد	زیاد	پیوستن به منطقه حفاظت‌شده طبیعی

یافته و بحث

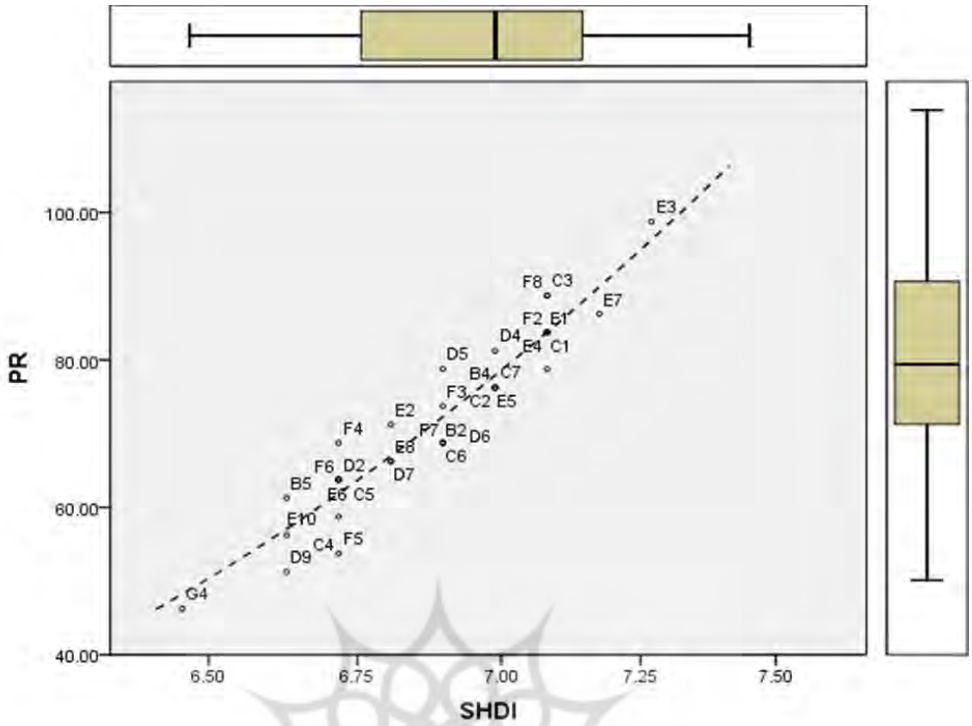
نتایج حاصله از بررسی شاخص های انتخابی ژئودایورسیتی نشان داد که اطراف دریاچه سد کرج و جنوب حوضه از نظر تعداد کلاسهای بدست در شرایط مناسب تری هستند. این نتایج همانطور که در بخش روش تحقیق مطرح شده است، براساس باندهای مرئی تصویر لندست و مدل ارتفاعی بدست آمده است. شاخص PR که غنای طبیعی زمین را نشان می دهد به مفهوم حضور تنوع زمینی است که در تصاویر مرئی خود را نمایش می دهد که حداکثر این تنوع در اطراف دریاچه سد کرج و جنوب حوضه مشاهده شده است. شاخص SHDI شاخصی است که برای توصیف تنوع گونه ها در یک جامعه استفاده می شود (داس و سارما، ۲۰۱۵، ۶۳۵) و شاخص SIEI که بیانگر میزان احتمال تعلق ویژگیهای تصادفی به گونه های مختلف است (گودرزیان و عرفانیفرد، ۲۰۱۷، ۱۰)، نیزبراساس تنوع طیف رنگی باندهای مرئی محاسبه می شود که از نظر تئوری تنوع زمینی یا ژئودایورسیتی را نمایش می دهد. به طور میانگین در سلول‌هایی که بیشترین تکرار را در بین شاخص ها در طبقه ژئودایورسیتی بسیار زیاد داشته اند، ارتفاع و شیب نیز متغیر بوده است. بررسی تصاویر، نقشه های توپوگرافی و زمین شناسی و مشاهدات میدانی در نواحی اطراف دریاچه سد کرج و جنوب حوضه نشان داد که در جنوب حوضه خط الراس ها، یال های توپوگرافیک و تاقدیس و لندفرم هایی چون تیغه های سنگی، تنده یا پرتگاه، در شمال و شمال غربی (وارنگه رود) تراس ها، تاقدیس با محور مایل و گسل پوشیده وجود دارد. به طور کلی این سلول ها پوشیده از مراتع متوسط و نسبتا خوب، از جنبه پوشش گیاهی در بخش های جنوبی شامل آگروپیرون‌ها[1] و لوکوپوآ[2] را بوده اند. این گونه ها نسبت به خشکی و سرما مقاومت زیادی دارند و روی انواع خاکها به خوبی رشد کرده و تا حدودی نسبت به قلیایی بودن خاک مقاوم هستند. برای بررسی ارتباط بین شاخص ها در ارزیابی بهتر نتایج، تحلیل آماری رابطه شاخص های به صورت خطی و دو شاخص و به صورت لگاریتمی محاسبه شده است. جدول ۲، مقادیر شاخص های تنوع زمینی در سلول ها را نشان می دهد. در شکل ۳، رابطه بین شاخص غنای زمین PR و شنون SHDI در سلولها مورد ارزیابی قرار گرفته است. با توجه به اینکه شاخص غنای زمین، تعداد انواع قطعه های موجود را اندازه گیری می کند و از فراوانی نسبی هر نوع قطعه یا چیدمان فضایی آن ها تاثیر نمی پذیرد، در حالیکه شاخص شنون اطلاعات آماری از تنوع گونه ها در یک جامعه به دست می دهد، تراکم میزان آنها حول یک خط نشان داده است که تنوع گونه ها در انواع قطعات زمین قابل

1. Agropyrum
2. Leucopoa

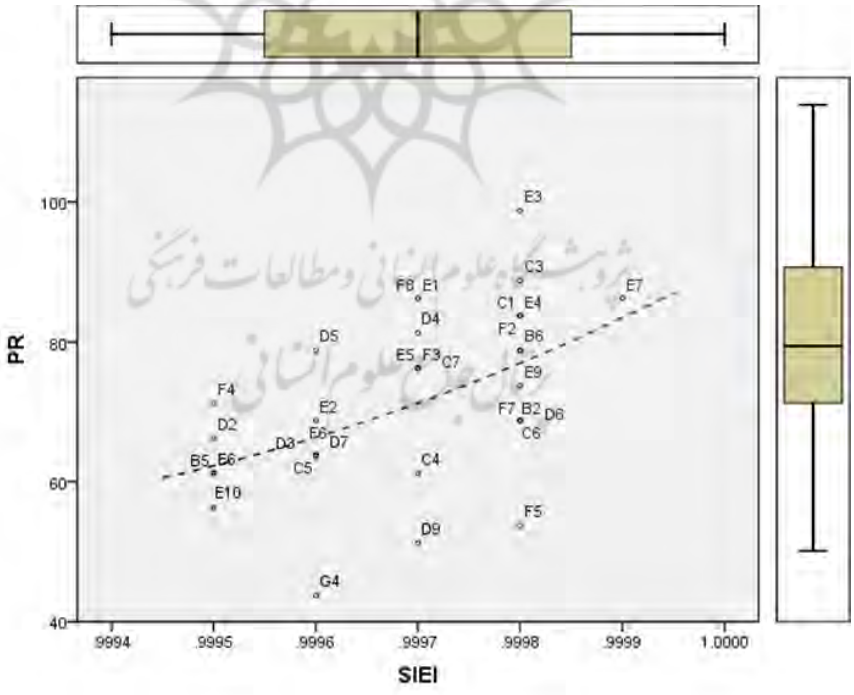
ملاحظه است . همچنین ارتباط تقریبا متوسط بین شاخص های غنای زمین و سیمپسون SIEI بیانگر افزایش تعداد گونه ها و فراوانی نسبی آنها در قطعات زمین است (شکل ۴). به طورکلی ارتباط بین شاخص های فوق بیانگر ژئودایورسیتی در حوضه سد کرج می باشد.

جدول ۲: مقادیر شاخص های تنوع زمینی در سلول ها

PR	SHDI	SIEI	شاخص / نام سلول
100.000	7.284	0.9998	E3
88.158	7.103	0.9998	C3
87.261	7.178	0.9999	E7
86.722	7.088	0.9997	F8
84.928	7.052	0.9997	E1
82.895	7.041	0.9998	E4
82.895	7.090	0.9998	F2
81.938	7.062	0.9998	C1
80.622	6.915	0.9996	D5
79.545	7.016	0.9997	D4
79.246	7.039	0.9998	B6
78.469	6.988	0.9997	C7
76.914	7.037	0.9998	C2
76.914	6.950	0.9997	E5
76.734	7.020	0.9998	B4
75.538	6.925	0.9997	F3
75.419	6.971	0.9998	E9
70.873	6.915	0.9998	B2
70.036	6.744	0.9995	F4
69.856	6.906	0.9998	D6
69.199	6.782	0.9996	E2
67.584	6.903	0.9998	C6
66.866	6.896	0.9998	F7
66.268	6.864	0.9998	E8
66.089	6.753	0.9996	D7
65.730	6.711	0.9995	D2
63.517	6.662	0.9995	E6
63.457	6.717	0.9996	C5
62.739	6.707	0.9996	F6
61.722	6.711	0.9996	D3
59.928	6.634	0.9995	B5
58.852	6.715	0.9997	C4
56.100	6.584	0.9995	E10
53.349	6.694	0.9998	F5
52.093	6.625	0.9997	D9
45.335	6.461	0.9996	G4



شکل ۳: رابطه بین شاخص PR و SHDI



شکل ۴: رابطه بین شاخص PR و SIEI

برای بررسی گونه شناسی یا تیپولوژی زمین از نظر آسیب پذیری و حفاظت از ژئوسایتها با اینکه نمونه گیری از کل حوضه انجام شده است ولی با توجه به نتایج فوق، بیشتر مشاهدات میدانی از اطراف دریاچه و جنوب حوضه صورت گرفته است. در این راستا با بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی، تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و مشاهدات میدانی، عوارض

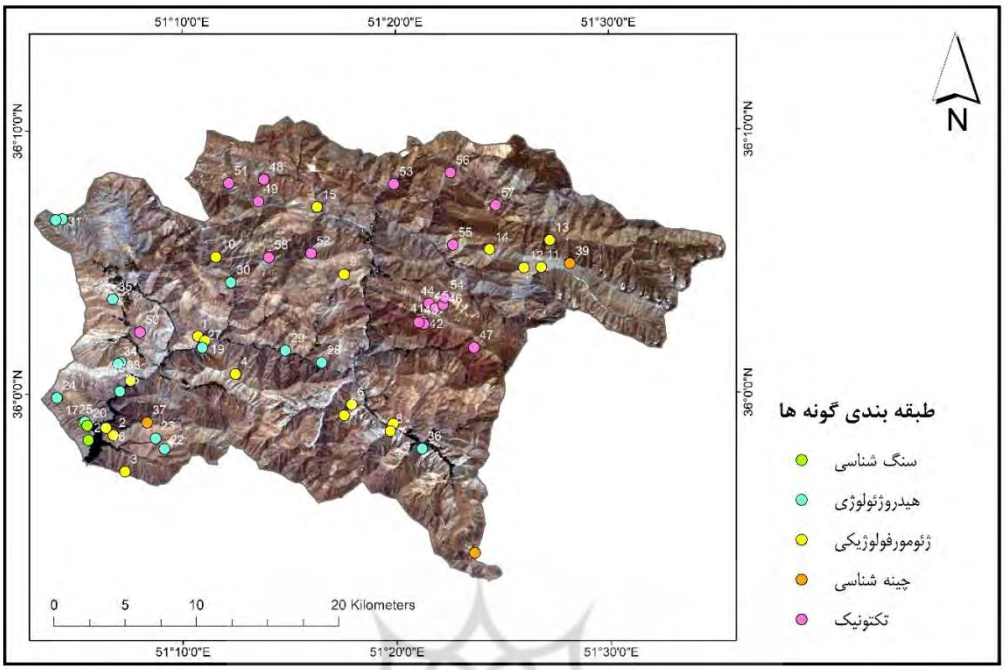
و سایت‌های حوضه شناسایی شدند. بر اساس منشأ سنگ‌شناسی[1]، هیدروژئولوژی[2]، ژئومورفولوژیکی[3]، چینه‌شناسی[4] و تکتونیک[5] و همچنین بر اساس شکل؛ نقطه، بخش، ناحیه، منظر و پیچیده طبقه‌بندی شدند. جدول (۲) سایت‌های موجود در سد کرج را نشان می‌دهد. از مجموع ۵۸ سایت موجود در حوضه: ۲۶ سایت نقطه‌ای (۴۵٪)، ۲۲ بخش (۳۸٪)، ۶ ناحیه (۱۲٪)، ۲ منظر (۳٪) و ۲ ناحیه پیچیده (۳٪) تفکیک شدند. از دیدگاه نوع عارضه و وابستگی سایت‌ها به نوع شکل‌گیری لندفرم، مشخص شد که: ۲۱ سایت ژئومورفولوژیکی (۳۵٪)، ۱۶ سایت هیدروژئولوژیکی (۲۶٪)، ۱۹ سایت تکتونیکی (۳۲٪)، ۲ سایت سنگ‌شناسی (۳٪) و ۳ سایت چینه‌شناسی (۴٪) است در جدول ۲ توضیحات مربوط به نمونه ها و جدول ۵ گونه های نمونه ها را نشان می دهند.

جدول ۳: گونه شناسی منطقه مطالعاتی

شماره	لندفرم	گونه شناسی	نوع لندفرم	منطقه
۱	غار	نقطه	ژئومورفولوژیکی	آسارا
۲	تیغه سنگی	بخش	ژئومورفولوژیکی	سد امیرکبیر
۳	تیغه سنگی	بخش	ژئومورفولوژیکی	واریان
۴	تیغه سنگی	ناحیه	ژئومورفولوژیکی	دره
۵	تیغه سنگی	بخش	ژئومورفولوژیکی	شهرستانک
۶	تیغه سنگی	ناحیه	ژئومورفولوژیکی	شهرستانک
۷	دره یخچالی	ناحیه پیچیده	ژئومورفولوژیکی	شهرستانک
۸	تیغه سنگی	ناحیه	ژئومورفولوژیکی	شهرستانک
۹	تیغه سنگی	ناحیه	ژئومورفولوژیکی	حسنکدر
۱۰	سیرک یخچالی	منظر	ژئومورفولوژیکی	اویزر
۱۱	تراس	بخش	ژئومورفولوژیکی	شمال شرقی حوضه
۱۲	تراس	بخش	ژئومورفولوژیکی	شمال شرقی حوضه
۱۳	تراس	بخش	ژئومورفولوژیکی	شمال شرقی حوضه
۱۴	تراس	بخش	ژئومورفولوژیکی	شمال شرقی حوضه
۱۵	غار یخ مراد	نقطه	ژئومورفولوژیکی	گچسر
۱۶	لایه‌های سنگی	منظر	ژئومورفولوژیکی	سد امیرکبیر
۱۷	سه‌تیغه کوه	ناحیه	ژئومورفولوژیکی	سد امیرکبیر
۱۸	تراس	بخش	ژئومورفولوژیکی	سد امیرکبیر
۱۹	تیغه سنگی	بخش	ژئومورفولوژیکی	آسارا
۲۰	برون‌زدگی	نقطه	سنگ‌شناسی	سد امیرکبیر
۲۱	برون‌زدگی	نقطه	سنگ‌شناسی	سد امیرکبیر
۲۲	چشمه القاضی	نقطه	هیدروژئولوژیکی	واریان
۲۳	چشمه	نقطه	هیدروژئولوژیکی	واریان
۲۴	چشمه	نقطه	هیدروژئولوژیکی	واریان
۲۵	رودخانه	بخش	هیدروژئولوژیکی	سد امیرکبیر

1. Petrological
2. Hydrogeological
3. Geomorphological
4. Stratigraphical
5. Tectonic

۲۶	رودخانه	ناحیه	هیدروژئولوژیکی	سد امیرکبیر
۲۷	آبشار	نقطه	هیدروژئولوژیکی	ری زمین
۲۸	آبشار	نقطه	هیدروژئولوژیکی	همه‌جا
۲۹	آبشار	نقطه	هیدروژئولوژیکی	چنارستان
۳۰	آبشار	نقطه	هیدروژئولوژیکی	ماهان
۳۱	چشمه	نقطه	هیدروژئولوژیکی	اویزر
۳۲	چشمه	نقطه	هیدروژئولوژیکی	اویزر
۳۳	چشمه	نقطه	هیدروژئولوژیکی	جنوب غربی حوضه
۳۴	چشمه	نقطه	هیدروژئولوژیکی	جنوب غربی حوضه
۳۵	چشمه	نقطه	هیدروژئولوژیکی	ورزن
۳۶	چشمه	نقطه	هیدروژئولوژیکی	شهرستانک
۳۷	تنده یا پرتگاه	بخش	چینه‌شناسی	جنوب حوضه
۳۸	تنده یا پرتگاه	بخش	چینه‌شناسی	شمال شرقی حوضه
۳۹	تنده یا پرتگاه	بخش	چینه‌شناسی	جنوب شرقی حوضه
۴۰	دایک	نقطه	تکتونیک	گشنادر
۴۱	دایک	نقطه	تکتونیک	گشنادر
۴۲	دایک	نقطه	تکتونیک	گشنادر
۴۳	دایک	نقطه	تکتونیک	گشنادر
۴۴	دایک	نقطه	تکتونیک	گشنادر
۴۵	دایک	نقطه	تکتونیک	گشنادر
۴۶	دایک	نقطه	تکتونیک	ولایت رود
۴۷	تاقدیس	بخش	تکتونیک	آزادبر
۴۸	تاقدیس	بخش	تکتونیک	آزادبر
۴۹	ناودیس	بخش	تکتونیک	ورزن
۵۰	ناودیس	نقطه	تکتونیک	آزادبر
۵۱	ناودیس	بخش	تکتونیک	ورزن
۵۲	ناودیس	بخش	تکتونیک	غرب حوضه
۵۳	تاقدیس	نقطه	تکتونیک	کیاسر
۵۴	تاقدیس	بخش	تکتونیک	وارنگه رود
۵۵	تاقدیس	بخش	تکتونیک	گشنادر
۵۶	تاقدیس	بخش	تکتونیک	شمال حوضه
۵۷	تاقدیس	بخش	تکتونیک	کیاسر
۵۸	تیغه سنگی	ناحیه پیچیده	ژئومورفولوژیکی	آسارا



شکل ۵: گونه شناسی منطقه مطالعاتی

پس از مشخص نمودن سایت ها و طبقه بندی آنها، ارزش های هرسایت اعم از گردشگری، علمی، محافظت مورد ارزیابی قرار گرفت. هر سایت می تواند در بطن خود ارزش های گوناگونی داشته باشد که حفاظت از آنها ضروری است. حفاظت ژئوسایت ها در بعد اکوتوریسم و گردشگری و درآمدزایی سودمند باشد.

در طبقه‌بندی سایت‌ها، نقاط و بخش‌ها به دلیل ابعاد کوچک‌تر حساسیت بالاتری در برابر آسیب‌پذیری و تخریب دارند. پس از بررسی و معین کردن عوارض محدوده، مشخص شد که بیشتر عوارض منطقه از نوع نقطه می‌باشند. این عوارض شامل غارها، چشمه‌ها و آبشارها، برون‌زدگی‌ها می‌باشند. شکل ۶، نمونه هایی ژئوسایت های حوضه سد کرج را آشکار می سازد. تصویر الف از این شکل، عارضه در محدوده ری زمین در عرض ۳۶/۰۳ درجه و طول ۵۱/۷۸ درجه را نشان می دهد که در گونه نقطه قرار می گیرد. به دلیل ابعاد کوچکی که دارد مقاومت آن در برابر فشار کم است و آسیب پذیری بالایی دارد لذا ضروری است که از نظر فیزیکی محافظت بشود. مدیریت این سایت ها باید تضمین کند که سرعت تخریب طبیعی آن با فعالیت های انسانی تسریع نمی شود. در هر صورت اگر فعالیت های انسانی محدود نشوند ممکن است این عوارض از بین بروند و ناپدید شوند. طبقه دوم شامل عوارضی مانند کانال‌ها، مسیرهای رودخانه، چین‌خوردگی‌های داخل کوه‌ها است که در گونه بخش‌ها قرارگرفته شدند. تصویر ب از شکل اخیر عارضه ای است که در محدوده سد کرج در عرض ۳۵/۹۷ درجه و طول ۵۱/۰۹ درجه شکل گرفته است و در گونه بخش قرار می گیرد. حفظ کل بخش از بیشترین اهمیت برخوردار است زیرا ارزش این عارضه از نظر سنگ شناسی و چینه شناسی است و در صورتی که قسمتی ار آن تحت فشار داخلی (مانند زلزله) یا فشار بیرونی (مانند عوامل انسانی) قرار گیرد، تخریب می شود و ارزش خود را از دست می دهد. گونه سوم، ناحیه است که شامل سایت‌هایی با گستردگی نسبتاً زیاد هستند و به دلیل همین گستردگی از خطر آسیب‌دیدگی کمتری برخوردار هستند. این ناحیه‌ها ممکن است یک یا چند عارضه را در خود جای بدهند. تصویر ج از شکل فوق بیانگر یک ناحیه است. این تصویر متعلق به شهرستانک در عرض ۳۵/۹۷ و طول ۵۱/۳۴ است. ناحیه ابعاد بزرگ تری نسبت به گونه بخش دارد و تنها شامل یک عارضه است. این عارضه به دلیل ابعاد زیادتر آسیب پذیری کمتری دارند و در صورتی که قسمتی از آن از بین برود، گونه ارزش خود را از دست نخواهد داد. گونه چهارم منظرها هستند. از دیدگاه زمین‌شناسی

یک منطقه وسیع را شامل می‌شوند و مانند یک چشم‌انداز قابلیت رصد شدن را دارند و گونه آخر نواحی پیچیده هستند که هم دارای وسعت زیاد هستند و هم چند عارضه را در خود جای‌داده‌اند. این عوارض از ازلحاظ علمی و گردشگری مورد اهمیت هستند. عوارض نقطه‌ای مانند آبشارهایی که در نزدیکی جاده‌ها قرار دارند، رودخانه‌های اصلی این حوضه به دلیل افزایش ساخت‌وسازها (جاده‌سازی، مکان‌های تفریحی، غذاخوری و رستوران‌ها) آسیب هستند و همچنین غارها به دلیل ریختن ضایعات و زباله در معرض تخریب هستند و نیاز به مداخله فوری دارند. این عارضه‌ها به دلیل شرایط خاص ایجاد و تداومشان ازلحاظ علمی هم بسیار مهم می‌باشند. همچنین وجود این عوارض از جنبه زیبایی‌شناختی بسیار حائز اهمیت هستند و می‌توانند مکان‌های باارزشی برای جذب گردشگران باشند. تصویر د از شکل ۶ در ابتدای آسارا، در عرض ۳۶ درجه وطول ۵۱/۱۲ درجه قرار دارد. این تصویر در گونه منظر قرار می گیرد سایتی است شامل چند عارضه مانند رودخانه و دره است. ویژگی مهم این گونه قابلیت رصد شدن مانند یک چشم انداز و داشتن چند لندفرم است. منظر به دلیل ابعاد زیاد آسیب پذیری کمی دارند اما هر فعالیتی که باعث تاثیر منفی بصری بشود می تواند به ارزش آن صدمه بزند. همچنین تصویر ذ از شکل اخیر در آسارا و در عرض۳۶/۰۳ درجه و طول ۵۱/۱۲ درجه قرار دارد و شامل یک ژئوسایت است. این ژئوسایت نقطه، بخش، ناحیه و منظر را در خود جای داده است، گونه نقطه مانند آبشار هایی که در دل کوه شکل گرفته و یک لندفرم هیدروژئولوژیکی می باشد. همچنین این ژئوسایت شامل کانال رودخانه (گونه بخش)، تیغه های سنگی (ناحیه) و یک چشم انداز (منظر) است. آسیب پذیری این نواحی کم است لذا باید توجه داشت که در صورت آسیب دیدن اجزای آن به صورت جداگانه، کل سیستم تحت تاثیر قرار می گیرد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

شکل ۶. ژئوسایت های حوضه سد کرج. تصویر (الف) گونه: نقطه، ری زمین. (ب) گونه: بخش، محدوده سد کرج. (ج) گونه: ناحیه، شهرستانک. (د) گونه: منظر، آسارا. (ذ) گونه: ناحیه پیچیده، آسارا.

نتیجه گیری

ژئودایورسیتی علمی است که با شناسایی و معرفی تنوع های زمینی به برنامه ریزی و مدیریت حفاظت از طبیعت می پردازد و باعث ماندگاری ارزش های درونی، علمی و زیبایی شناختی محیط زیست می شود. ژئودایورسیتی حوضه سد کرج توسط شاخص های PR، SHDI و SIEI مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج بیانگر این موضوع بود که حوضه سد کرج از

ژئودایورسیتی قابل توجهی برخوردار است که رابطه تنگاتنگی با لندفرم ها دارد. مقایسه آن با نتایج با سارما در سال ۲۰۱۵ و گودرزیان و عرفانی فرد در سال ۲۰۱۷ انطباق خوبی نشان داد. نتایج حاصل از محاسبه ژئودایورسیتی و ژئومورفوسایت ها در مقایسه با تحلیلهای پلیترو در سال ۲۰۱۱ در مدیریت محیط برای ادغام جنبه‌های غیربومی در ارزیابی و محافظت از مناطقی با تنوع زمینی برجسته و میراث طبیعی قابل ملاحظه است. نتایج تحلیل گونه شناسی و ارزیابی آسیب پذیری در حوضه سد کرج منجر به شناسایی عوارض نقطه‌ای مانند آبشارهایی که در نزدیکی جاده‌ها قرار دارند، رودخانه‌های اصلی و عوارض زمین‌شناسی این حوضه به دلیل افزایش ساخت‌وسازها (جاده‌سازی، مکان‌های تفریحی، غذاخوری و رستوران‌ها) و یا غارها به دلیل ریختن ضایعات و زباله در معرض تخریب هستند. بیشترین ژئوسایت‌های موجود در سد کرج در مقیاس نقطه هستند که بسیار آسیب پذیر هستند و در مرتبه بعدی بخش هستند که آنها هم آسیب پذیرترند و در مجموع از گونه های مورد بررسی ۸۲ درصد آسیب پذیری بالایی دارند که نیازمند محافظت هستند. از نظر موضوعی ژئوسایتهای ژئومورفولوژیکی و تکتونیکی در مجموع ۶۷ درصد آسیب پذیری بالایی دارند . مقایسه یافته های اخیر با نتایج فرناندز و فوئرتس گوتیرز در سال ۲۰۱۰ از نظر رابطه شکل و موضوع ژئوسایت ها و میزان آسیب پذیری مشابهت زیادی را نشان داده است. به طور کلی این عوارض به دلیل شرایط خاص ایجاد و تداومشان ازلحاظ علمی بسیار مهم می‌باشند. همچنین وجود این عوارض از جنبه زیبایی‌شناختی ارزشمند می باشند و می‌توانند مکان‌های با ارزشی برای جذب گردشگران ایجاد نمایند لذا مدیریت چنین محیط هایی ضروری می باشد.

منابع

- افتخارنژاد، ج.، ۱۳۵۹. تفکیک بخش‌های مختلف ایران ازنظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوضه‌های رسوبی، مجله انجمن نفت ایران، (۸۲)، ۱۹-۲۸.
- باغ باشی، ف. و اوسطی، ا.، ۱۳۹۴. مقایسه توان سیل‌خیزی حوضه‌های کرج و جاجرود با استفاده از نرم‌افزار *WMS*. همایش‌های ملی انجمن ایرانی ژئومورفولوژی،۳.
- حیدری، م.، ۱۳۹۷. ارزیابی لندفرم‌ها در حوضه لار، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما: قهرودی تالی منیژه، دانشگاه شهید بهشتی تهران، گروه جغرافیای طبیعی.
- شفیعی، ن.، گلی مختاری، ل، و نگهبان، س.، ۱۳۹۷. تحلیل مقایسه‌ای ژئودایورسیتی (تنوع زمین‌شناختی) در حوضه‌های شمال غربی استان فارس، فصلنامه پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۷(۳)، ۱۵۱-۱۶۳.
- قهرودی تالی، م.، ۱۳۸۵. ارزیابی مدل $SCS-CN$ در تخمین رواناب (مطالعه موردی: حوضه آبریز سد امیرکبیر (کرج))، نشریه جغرافیا و توسعه، ۴(۷)، ۱۸۵-۱۹۸.
- محمدی عراق، آ.، نکوئی صدری، ب.، هاشمی، س، و بیاناتی، ع.، ۱۳۹۵. شناسایی و ارزیابی میراث زمین‌شناسی پیرامون سایت میراث جهانی تخت سلیمان به‌منظور تأسیس ژئوپارک پیشنهادی تخت سلیمان در آذربایجان غربی. نشریه علوم زمین، ۲۵(۹۹)، ۱۲۳-۱۳۲.
- نبوی، م.، ۱۳۵۵. دیباچه ای بر زمین‌شناسی ایران. مرکز اطلاعات علمی (مجازی)، ۱(۱)، ۱۰۴-۱۰۹.
- *Benito Calvo, A., Perez-Gonzalez, A., Margi, O., & Meza, P. (2009). Assessing regional geodiversity: The Iberian Peninsula. Earth Surface Processes and Landforms, 34(10),1433 – 1445.*
- *Brilha, J. (2016). Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review. Geoheritage, 8(2):119-13433*
- *Cetiner, Z. S., Ertekin, C., & Yigitbas, E. (2017(. Evaluating Scientific Value of Geodiversity for Natural Protected Sites: the Biga Peninsula, Northwestern Turkey. CrossMark, 10(1), 21-23.*

- *Da Silva, M. L. N., Do Nascimento, M. (2020). Ecosystem Services and Typology of Urban Geodiversity: Qualitative Assessment in Natal Town, Brazilian Northeast. Geoheritage00123(2), DOI:10.1007/s12371-020-00479-y.*
- *Demoulin, A. (2018). Landscapes and Landforms of Belgium and Luxembourg. Springer International Publishing, 978-3-319-58237-5.*
- *Fernandez-Martinez, E., Fuertes-Gutiérrez, I. (2010). Geosites Inventory in the Leon Province (Northwestern Spain): A Tool to Introduce Geoheritage into Regional Environmental Management. Geoheritage, 2(1), 57-75.*
- *Giardino, M., Bacenetti, M., Perotti, L., Giordano, E , Ghiraldi, L., & Palomba, M. (2013). Geodiversity and geohazards of the Susa Valley (W-Alps, Italy): combining scientific research and new technologies for enhanced knowledge and proactive management of geoheritage in mountain regions. EGU General Assembly, Vol 15, EGU2013-7204-1.*
- *Goki, N. G., Marcus, N, D., & Umbugadu, A. A. (2016). Preliminary assessment of the post-mining geotourism potential of the Plateau tin fields, Nigeria. Acta Geotourista,(7) 1, 21-30.*
- *Gordon, J. E., & Barron, H. F. (2011). Scotland's Geodiversity: Development of basis for a national framework. Scottish Natural Heritage Commissioned Report, No. 417*
- *Goudarzian, P., Erfanifard, SY. (2017). The efficiency of indices of richness, evenness and biodiversity in the investigation of species diversity changes (case study: migratory water birds of Parishan international wetland, Fars province, Iran). Biodiversity Int J. 1(2):41–45.*
- *Gray, M. (2005). Geodiversity and Geoconservation: What, Why, and How?. Parks Stewardship Forum, 22(3)*
- *Gray, Mo(2008)c Geodiversity: the origin and evolution of a paradigm, In: Burek, C V & Prosser, C.D. (eds), The History of Geoconservation. Geological Society, London, Special Publications, 300, 31- 6.*
- *Pellitero, R., González-Amuchastegui, M. J., Ruiz-Flano, P., & Serrano, E. (2011). Geodiversity and Geomorphosite Assessment Applied to a Natural Protected Area: the Ebro and Rudron Gorges Natural Park (Spain). Geoheritage, 3(3),163-174.*
- *Sarma, P., Das, D. (2015). Application of Shannon's Index to Study Diversity with Reference to Census Data of Assam. ASIAN JOURNAL OF MANAGEMENT RESEARCH, 5(4).*
- *Scott, P., Roche, D., Nicholas, C., Lawrence, D.J.D. & Ambrose, K. (2008). Creating Environmental Improvements through Geodiversity. Review report for the Minerals Industry Research Organisation. Available at: http://www.sustainableaggregates.com/docs/revs/t3b_geodiversity.pdf*
- *Serrano, E,. Ruiz-Flano, P. (2007). Geodiversity. A theoretical and applied concept. Geographica Helvetica, 62(3):140-147.*
- *Stanley, M. (2004). Geodiversity – linking people, landscapes and their culture. In: Parkes, M.(ed.), Natural and Cultural Landscapes – the Geological Foundation. Royal Irish Academy,Dublin, 45-52.*
- *Zwoliński, Z., (2009). The routine of landform geodiversity map design for the Polish Carpathian Mts. Landform Analysis, No.11, pp77-85*