



ارزیابی ژئودایورسیتی و حفاظت از زمین حوضه آبریز تالاب بین المللی ارژن با استفاده از نرم افزار GIS و Fragstase

محمدعلی زنگنه اسدی، نجمه شفیعی*، رحمان زندی

استاد گروه آب و هواشناسی و ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری

فارغ التحصیل دکترای دانشگاه حکیم سبزواری

دانشیار دانشگاه اصفهان، ایران

چکیده

ژئودایورسیتی، تنوع جغرافیایی انواع مواد، اشکال و فرایندهای زمینی است که سیاره زمین را تشکیل می‌دهند. از این رو، گسترش مطالعات مرتبط با ژئودایورسیتی به خصوص در ایران که از غنای زمین شناختی و ژئومورفولوژیکی فراوانی برخوردار است، می‌تواند دریچه‌ای جدید را در زمینه شناخت پتانسیل‌های طبیعی مناطق مختلف کشور بگشاید. در واقع یکی از اهداف مؤثر و بالقوه در گردشگری، تنوع زمین‌شناختی یا ژئودایورسیتی و مهمتر از آن تنوع ژئومورفولوژیک است که به عنوان پایه‌های اصلی گردشگری در ایران می‌تواند محسوب شود. تالاب بین المللی دشت ارژن که در ۶۰ کیلومتری جنوب غربی شیراز در زون زاگرس چین خورده قرار دارد. به دلیل دارا بودن اشکال متنوع کارستی از قبیل چشمه، دولین، لاپیه، پونور، هامس، آبشار، تنگ و دره از نظر توریستی بکر و حائز اهمیت است. روش تحقیق در این پژوهش تحلیلی و کاربردی می‌باشد از شاخص‌های ژئودایورسیتی در محیط نرم افزار ArcMap، Fragstats انجام گرفت و نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که در بخش جنوبی پولیه ارژن شاخص GDI برابر ۱۱/۰۴ می‌باشد که به واسطه شرایط توپوگرافی کوهستانی و ارتفاع بیشتر، بارش فراوان تر و دمای کمتر و از طرف دیگر وجود سازند آهک آسماری اشکال زیاد و متنوعی از کارست در این بخش توسعه یافته است و همچنین میزان شاخص های SIDI، SHDI، SHEI، SIEI، MSIEI، MSIDI به ترتیب برابر است با ۱/۵۶، ۰/۸۷، ۰/۷۷، ۰/۹۲، ۱/۴۷ و ۰/۸۲ می‌باشد. سبب گسترش و تنوع ژئودایورسیتی در منطقه شده است.

کلمات کلیدی: ژئودایورسیتی، پولیه ارژن، شاخص سیمپسون، ضریب شانون، شاخص GDI

۱- مقدمه

ژئودایورسیتی علمی است که با شناسایی و معرفی تنوع‌های زمینی به برنامه‌ریزی، مدیریت و حفاظت از طبیعت می‌پردازد و باعث ماندگاری ارزش‌های درونی، علمی و زیبایی‌شناختی محیط زیست می‌شود. ژئودایورسیتی با طیف متنوعی از خواص و فرایندهای جهان طبیعی غیرزنده، خدماتی را ارائه می‌دهد که از تنوع زیستی حمایت می‌کند. بنابراین ژئودایورسیتی ذاتاً با خدمات اکو سیستم در ارتباط است (ترنر، ۲۰۱۹). تنوع زمین شناسی به وسیله ۵۰۰۰ ماده معدنی شناخته شده در جهان معرفی می‌شود که برخی بسیار نادرند و به آسانی نیز از دست می‌روند این مواد وقتی با فاکتورهای دیگر مانند ذرات ریز، بلورها، اشکال، و ساختارها تعریف شوند، میتوانند هزاران نوع سنگ را به وجود آورند. در حدود یک میلیون فسیل در جهان شناخته شده و به میزان ۱۹۰۰۰ نوع خاک فقط در ایالات متحده شناسایی شده است.

اما در ارتباط با لندفرمهای زمین و توپوگرافی طبقه بندی‌های کمتری انجام گرفته است برخی لندفرمها مانند مورن ها یا کانپون ها نامگذاری شده اند؛ در حالی که بسیاری از فرمهای سطحی زمین در فهرست لندفرمها قرار نگرفته اند. برخی فرایندهای ژئومورفولوژیکی نیز شناسایی و نامگذاری شده اند مانند فرایند ساحلی فرایند، یخچالی و فرایند زمین لغزش ولی هنگامی که با جزئیات بیشتری ارزیابی میشوند به طور فزاینده ای پیچیده و دشوار به نظر میرسند این موارد نشان میدهد که در جهان هستی تنوع زمینی همانند تنوع زیستی چشمگیر است، گری (۲۰۰۸). مفهوم ژئودایورسیتی میتواند در زمینه های مختلف مربوط به علوم آموزش و توریسم به کار برده شود بنابراین منبع ارزشمندی است که برای ایجاد سودهای اقتصادی- اجتماعی به بهره برداری مناسب نیاز دارد

از آنجا که تعداد زیادی از سایتهای میراث زمین شناختی در مناطقی قرار دارد که پدیده شهرنشینی و توسعه اقتصادی سیمای آنها را به شدت دگرگون کرده است، به همین دلیل، یونسکو، در سال ۱۹۹۹ برای پاره ای از این مناطق نوعی ساختار مدیریتی حفاظتی پیشنهاد کرد که به آن ژئوپارک، میگویند مفهوم ژئوپارک برای یونسکو ایجاد ارتباط مردم با طبیعت که در اینجا سیمای زمین و سرزمین است که به پتانسیل های میراث زمین شناختی از بعد توسعه اقتصادی به ویژه ژئوتوریسم نیز توجه دارد. ژئوپارک ها ابزارهای منحصر به فردی برای استفاده از منابع ژئودایورسیتی هستند (روبان ۲۰۱۰). که به حفاظت از ژئودایورسیتی و آموزشهای مربوط به علوم زمین از طریق تورهای مخصوص ژئوسایتهای منجر میشوند (کوه، ۲۰۱۴).

¹ - terner

² Gary

³ - Rouban

⁴ Koh et al

شواهد و آثار لندفرمی ژئومورفولوژیکی و آگاهی از شرایط اقلیمی و زمین شناسی در محدوده مطالعاتی اطلاعات مفیدی را به ما می دهد که در برنامه ریزی های محیطی و جذب توریسم بسیار کارساز خواهد بود و در این میان در کشور ما ایران با این وسعت منطقه ای و پتانسیل های فراوانی که وجود دارد برای ایجاد درآمد و شغل و توسعه پایدار احساس می شود مناطق بالقوه برای شناسایی، تاسیس و بهره برداری گردشگری - آموزشی و پایدار در ایران وجود دارد استان فارس محدوده تالاب بین المللی ارژن یکی از دشت های بزرگ کارستیک در کشور محسوب می شود به دلیل قرار گرفتن در زون زاگرس چین خورده و به دلیل داشتن موقعیت آبی و همچنین مسیر جاده استان های شیراز به بوشهر پتانسیل ها و ظرفیت های لازم برای ثبت ژئوپارک جهانی را دارا می باشد و با شناسایی تنوع اشکال زمینی می توان صنعت گردشگری که یک منبع تولید ارز به کشور می باشد را فراهم نمود در همین راستا و در رابطه با ژئوسایت ها در کشور ما اقداماتی انجام شده است و یا در دست بررسی می باشد همچنین در رابطه با پولیه ارژن در زمینه ژئودایورسیتی با استفاده از مدل های شانون و سیمپسون تحقیقی انجام نگرفته و ضرورت دارد که مطالعات علمی در این منطقه بخصوص قابلیت های بکر موجود در آن مورد پژوهش و کنکاش فراوان قرار بگیرد لذا در پژوهش حاضر سعی بر این است که تا حد امکان به بررسی تحلیل مقایسه ای ژئودایورسیتی پولیه کارستیک دشت ارژن با توجه به محدودیت ها و قابلیت های آن ارزش گذاری های لازم صورت بگیرد (پیرا^۱ و همکاران، ۲۰۱۶) روشی برای ارزیابی کمی ژئودایورسیتی ارائه می نماید و به طور خاص پیشنهاد می کند که عناصر مرتبط با آب (منابع آب) به عنوان بخشی از ژئودایورسیتی در ارزیابی تنوع زمین شناسی مورد توجه قرار گیرد گجیک، (۲۰۱۹) با هدف ارزیابی ظرفیت آموزشی سایت ها و توجه به تنوع زمین شناختی و میراث زمین شناسی مناطق مورد تحقیق پژوهش هایی انجام داده اند. بتارد، ۲۰۱۹ ژئودایورسیتی و مخاطرات آن را در حوضه رودخانه آراپ در برزیل که به عنوان یک منطقه مهم در تنوع زمین شناسی محسوب می شود را توصیف می کند و یک روش کلی برای ارزیابی ژئو دایورسیتی ارائه می دهد

دنیل سانتوس و همکاران ۲۰۲۰ با تحقیق بر دو منطقه کاملاً متفاوت یکی منطقه کوهستانی در کوه های آلپ و دیگری منطقه ساحلی در ریود ژانیرو کشور برزیل به بررسی تأثیر جنبه های فضایی، دینامیکی و زیبایی شناختی بر روی ژئومورفوسایت ها با استفاده از دو روش برزیلی (GEOSIT) و روش سوئیسی (ONIL) پرداختند. نتایج اختلافات مشخصی را بین دو روش نشان داده است و بر این واقعیت تأکید می کند که روش هایی که برای ارزیابی استفاده می شود باید ویژگی های ژئومورفوسایت ها را مدنظر داشته باشد تا بتواند برای محافظت استفاده و مدیریت ژئومورفوسایت ها مفید باشد. فرناندز (۲۰۲۲) در تحقیقی که در منطقه شمالی استان جین (جنوب

¹ - Pereira.,etal

² -Frenandez

اسپانیا) انجام دادند ارتباط بین ژئودایورسیتی و مرزهای مناطق طبیعی محافظت شده در این منطقه را مورد مطالعه قرار دادند، برای بررسی این موضوع آنها ژئودایورسیتی را به عنوان مجموعه ای از شاخص های جزئی تر تعریف نمودند (شاخص لیتولوژی، ژئومورفولوژی، فسیل شناسی، آموزشی، کانی ها، هیدرولوژی، و ژئوسایت). با تهیه نقشه شاخص ژئودایورسیتی و نقشه تغییرات ژئودایورسیتی به بررسی پراکندگی مناطق دارای ژئودایورسیتی متوسط، زیاد، خیلی زیاد پرداختند. تجزیه و تحلیل توزیع آنها نشان داد که تقریباً ۸۰ درصد از منطقه دارای مقادیر با ژئودایورسیتی زیاد و متوسط است. نصیری و همکاران (۲۰۲۲) به بررسی ژئودایورسیتی حوضه آبریز نورآباد ممسنی پرداختند زیرحوضه جنوبی به دلیل داشتن تنوع بیشتر از لحاظ جنس سازند زمین شناسی، ژئومورفولوژی، کلیماتولوژی امتیاز بیشتری را کسب نموده است. میزان این شاخص ها تراکم ناهمواری، تنوع و ناهمواری شانون و سیمسون درحوضه برابر ۵۶،۰/۳۱، ۱/۵۶، ۰/۷۶، ۰/۸۷، ۰/۹۳ به دلیل تنوع و توسعه سازند بیشترین ارزش را در شاخص ها به خود اختصاص داده اما در فاکتور های مورفومتریک و لایه نهایی بالاترین ارزش مربوط به حوضه نورآباد است که به دلیل داشتن بالاترین میزان شیب، ارتفاع، زبری و درجه انحنا و همچنین وجود اقلیمی مرطوب در بخش های جنوبی آن سبب توسعه اشکال متنوع در منطقه شده است. اسکاراکاما، ۲۰۲۲، اقدام به ارزیابی تنوع جغرافیایی گویان فرانسه: با تاکید بر چالش ها و پیامدهای برنامه ریزی زمین پایدار نمودند و نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که لیتولوژی بیشترین نقش را در تنوع زمینی به خود اختصاص داده است. کاریون مرو (۲۰۲۳) پژوهشی با عنوان بررسی ژئودایورسیتی اکوادور انجام دادند و نتایج حاصل از پژوهش نشان داد ۴۷ درصد از منطقه مورد مطالعه در دسته بندی بالا و بسیار بالا قرار دارد.

گلی مختاری و همکاران (۱۳۹۷)، پژوهشی با عنوان ارزیابی محاسبه و تحلیل تنوع زمینی (ژئودایورسیتی) (مطالعه موردی: شهرستان اشتهارد) انجام دادند نتایج نشان داد. بر اساس مطالعات، واحد G1 دارای بیشترین تعداد عناصر غیرزنده، G2 دارای بیشترین تنوع فرم شناسی، و G3 دارای بیشترین ارزش ژئودایورسیتی در منطقه است. گلی مختاری و همکاران (۱۳۹۷) پژوهشی با عنوان به بررسی تحلیل مقایسه ای ژئودایورسیتی (تنوع زمین شناختی) در حوضه های شمال غربی استان فارس انجام دادند نتایج حاصل از محاسبه شاخص ها نشان داد که در فاکتور زمین شناسی حوضه فهلپان به دلیل تنوع و توسعه سازند بیشترین ارزش را در شاخص ها به خود اختصاص داده اما در فاکتور های مورفومتریک و لایه نهایی بالاترین ارزش مربوط به حوضه نورآباد است که به دلیل داشتن بالاترین میزان شیب، ارتفاع، زبری و درجه انحنا و همچنین وجود اقلیمی مرطوب در بخش های جنوبی آن سبب توسعه اشکال متنوع در منطقه شده است. شایان و همکاران (۱۳۹۸)، پژوهشی

Isacaracama

CarionMerro

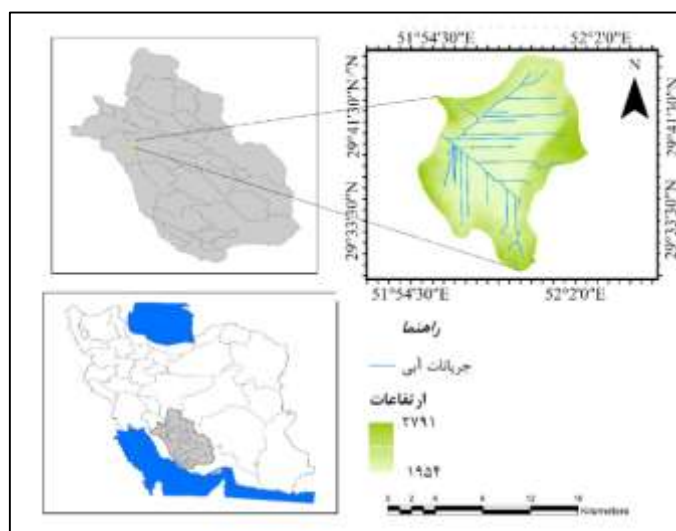
با عنوان بررسی ارزیابی کمی ژئودایورسیتی ژئوپارک پیشنهادی غرب خراسان رضوی برای حفاظت از میراث زمین‌شناسی آن انجام دادند. نتایج نشان داد: ۳/۹ درصد از منطقه را ژئودایورسیتی خیلی بالا به خود اختصاص داده که در شمال و جنوب غربی منطقه مشاهده می‌شود. که فرایند بادی به عنوان سیستم شکل‌زایی مسلط ژئومورفیک منطقه نقش موثر در شکل‌گیری اشکال ژئومورفولوژیکی منطقه دارد.

سیستانی و همکاران (۱۴۰۰)، پژوهشی با عنوان بررسی تفاوت ژئودایورسیتی و ژئومورفودایورسیتی منطقه ساحلی دریای عمان و زون مکران از دماغه جاسک تا خلیج گواتر انجام دادند؛ نتایج تحقیق نشان می‌دهد تنوع ژئومورفولوژیکی زون مکران با تراکم ناهمواری ۰/۰۰۰۹، تنوع شانون ۳/۳۵۲۹، ناهمواری شانون ۰/۹۳۲۹، تنوع سیمپسون ۰/۹۵۷۸ و ناهمواری سیمپسون برابر با ۰/۹۷۷۴ نسبت به تنوع زمین‌شناختی از اعتبار بالاتری برخوردار بوده و ارزش بیشتری را به خود اختصاص داده است. قهرودی تالی و همکاران (۱۴۰۱)، پژوهشی با عنوان بررسی کاربرد ژئودایورسیتی در مدیریت محیط (مطالعه موردی حوضه بالا دست سد کرج) انجام دادند و نتایج تحلیل گونه‌شناسی در حوضه سد کرج منجر به شناسایی عوارض نقطه‌ای مانند آبشارهایی که در نزدیکی جاده‌ها قرار دارند، و همچنین غارها شد که در معرض تخریب هستند گلی مختاری و همکاران (۱۴۰۲) پژوهش با عنوان تحلیل تنوع زمینی (ژئودایورسیتی) در محدوده کوه‌های بینالود نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که بر اساس مقایسه دامنه شمالی و دامنه جنوبی کوه‌های بینالود با شاخص‌های پنج‌گانه ژئودایورسیتی سهم عوامل زمین‌شناسی بیشتر از عوامل مورفومتری و اقلیمی بوده است. هدف از این مقاله شناسایی تنوع اشکال زمینی تالاب بین‌المللی ارژن؛ و همچنین مقایسه ژئودایورسیتی در دو بخش شمالی و جنوبی و توسعه گردشگری در این منطقه با توجه به پتانسیل‌های متعدد که در این منطقه وجود دارد.

۲- مواد و روش تحقیق

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

دریاچه ارژن: تالاب دشت ارژن شکل (۲) در مختصات جغرافیایی ۵۶°-۵۱° تا ۵۹°-۵۱° طول شرقی و ۳۶°-۲۹° تا ۳۹°-۲۹° عرض شمالی در ۶۰ کیلومتری شهر شیراز واقع شده است. این تالاب امروزه به صورت فصلی بوده و مواقع پر آبی ارتفاع آب آن به یک متر میرسد دشت ارژن در بخش جنوبی سلسله جبال زاگرس فارس و در (۶۰) کیلومتری غرب شیراز (در مسیر جاده کازرون - شیراز) قرار دارد و نمونه کاملی از دشتهای کارستی (پولیه) است که با مشارکت نیروهای زمین‌ساختی (گسل) و فرایند انحلالی آب در سازند آهک آسماری به وجود آمده است.



شکل ۱: موقعیت حوزه آبریز پولیه ارژن

Figure 2: The location of the Polyeh Argen catchment area

۳-۲- روش اجرای پژوهش

روش پژوهش بر اساس مشاهدات میدانی، محاسبات کمی و کیفی پدیده‌ها، و تهیه و تحلیل نقشه‌های مورد نیاز مطالعاتی انجام گرفت. در این پژوهش به منظور بررسی تنوع اشکال زمینی از شاخص‌های GDI سرانو و فلانو (۲۰۰۹) استفاده شده است (Serrano & Flaño., 2009). سیمسون و شانون استفاده شده است. در این راستا به منظور محاسبه شاخص GDI ابتدا حوزه مورد مطالعه به ۲ زیرحوضه تقسیم گردید و سپس از لایه DEM به منظور تهیه لایه‌های شیب، جهت شیب، زبری ناهمواری، شبیه‌سازی آبراهه‌ها و تراکم زهکشی و از لایه زمین‌شناسی جهت تهیه نقشه لیتولوژی و فاصله از گسل استفاده گردید. بر اساس این ۱۰ پارامتر تمام متغیرهای مورد نیاز در جدول (۱) به دست آمد و در پایان با محاسبه میزان زبری شمارش تعداد عناصر ژئومورفولوژی در هر طبقه و تقسیم نمودن بر مساحت هر طبقه میزان شاخص ژئودایورسیتی طبق معادله (۱) برای هر طبقه به دست آمد.

معادله (۱):

$$GDI = Eg * R / \ln S$$

Gd: شاخص ژئودایورسیتی، Eg، شمارش تمام پارامترهای مؤثر در ژئودایورسیتی، R شاخص زبری ناهمواری، S مساحت واحد مورد نظر.

جدول (۱): محاسبه شاخص GDI

Table (1): Calculation of GDI index

عناصر زمین شناسی	روش محاسبه
سنگ	تنوع سنگ ها در هر واحد
تراکم گسل	استخراج خطوط گسل از لایه زمین شناسی، (ب) ایجاد لایه تراکم در GIS
خاک	از لایه طبقه بندی خاک ایران. سیستم u.s.d.a
طبقه بندی خاک	
هیدروگرافی	از لایه DEM شبیه سازی حوضه صورت گرفته و نوع آبراهه ها از این طریق تهیه شد.
نوع رودخانه	از لایه آبراهه با استفاده از محیط GIS، LINE DENSITY
تراکم زهکشی	در محیط GIS
طبقه بندی آبراهه	در محیط آرک هیدرو
شیب رودخانه	از لایه DEM در محیط GIS
جهت شیب	از لایه DEM در محیط GIS
زبری ناهمواری	الف) با استفاده از لایه DEM در محیط GIS
ژئومورفولوژی	با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و موزاییک نمودن لایه ها با استفاده از منحنی میزان
لندفرم	ها اشکال استخراج می شود
	لایه شیب با استفاده از لایه DEM

محاسبه شاخص ۶ گانه ژئودایورسیتی

برای درک غنای طبیعی کلاس های چشم اندازه های موجود از نظر ژئودایورسیتی در حوضه مورد مطالعه از شاخص اصلاح شده، تنوع و ناهمواری سیمپسون و شانون استفاده گردید برای انجام محاسبات و مقایسه دقیق بخش های مختلف از لحاظ چشم اندازه های طبیعی حوضه به دو زیرحوضه تقسیم گردید. با استفاده از نرم افزار FRAGSTATS جهت محاسبه ضریب ناهمواری سیمپسون (SIEI)^۱، ضریب همواری شانون (SHEI)^۲، ضریب دایورسیتی شانون (SHDI)^۳، ضریب دایورسیتی سیمپسون (SIDI)^۴، شاخص اصلاح شده همواری سیمپسون (MSIEI)^۵، شاخص اصلاح شده دایورسیتی شانون (MSIDI)^۶ استفاده شد. شکل (۲) چارت کلی تحقیق را نمایش می دهد

جدول ۲: شاخص ۶ گانه ژئودایورسیتی

Table 2: 6 geodiversity index

شاخص	محدوده	فرمول	واحد
SHDI شاخص دایورسیتی شانون	SHDI > 0 without limit	$SHDI = -\sum_{i=1}^m (p_i \ln p_i)$	
SEEI شاخص همواری شانون	$0 < SHEI < 1$	$SHDI = -\sum_{i=1}^m (p_i \ln p_i) / \ln m$	-
SIDI شاخص دایورسیتی سیمپسون	$0 \leq SIDI \leq 1$	$SHDI = -\sum_{i=1}^m p_i^2$	-
SIEI شاخص همواری سیمپسون	$0 \leq SIDI \leq 1$	$SHDI = 1 - \sum_{i=1}^m p_i^2$	-
MSIEI شاخص اصلاح شده همواری سیمپسون	SIEI > 0, without limit	$MSIEI = (-\ln \sum p_i^2 / \ln m)$	-

¹ -Shannon's Diversity Index

² Shannon's Evenness Index

³ Simpson's Diversity Index

⁴ Simpson's Evenness Index

⁵ - Modified Simpson's Evenness Index

⁶ - Modified Shannon's Diversity Index

$$MSIDI = -\ln \sum_{i=1}^m p_i^2$$

MSIDI شاخص اصلاح شده تنوع

سیمپسون

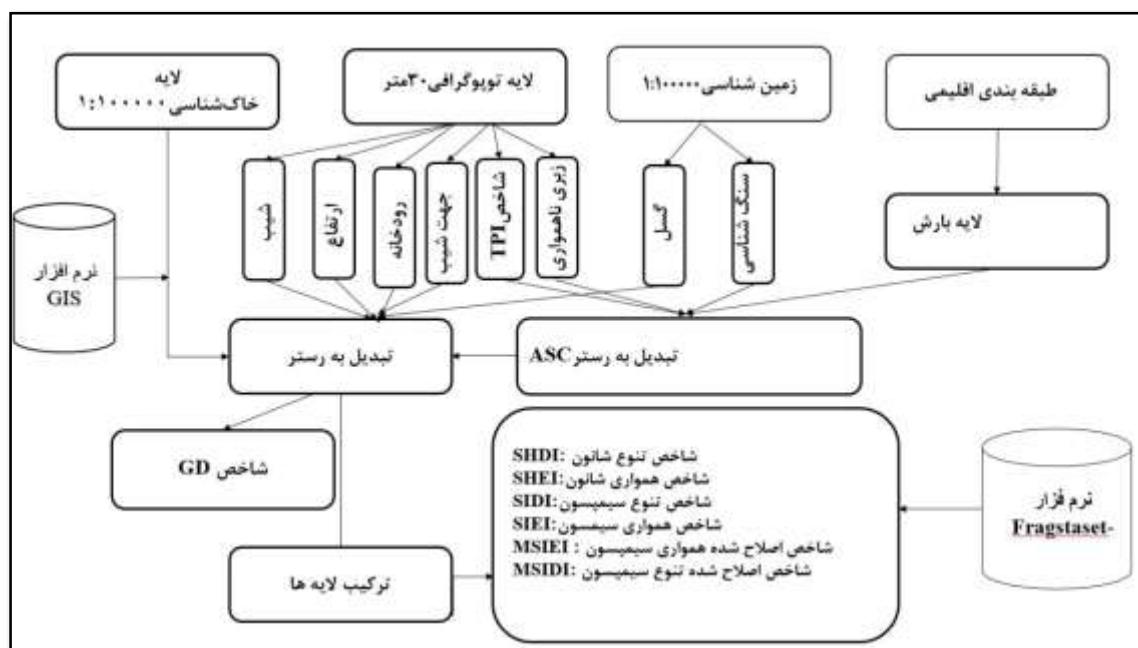
منبع: بنیتو (۲۰۰۹)

جدول شماره (۳): محاسبه شاخص وضعیت توپوگرافی

Table number (3): calculation of the topographic condition index

تعریف طبقات	رابطه پیشنهادی
دره	$TPI \leq -1SD$
شیب کند	$-1SD < TPI \leq -0.5SD$
زمین مسطح	$-0.5SD < TPI \leq -0.5SD, slope \leq 5$
شیب متوسط	$-0.5SD < TPI \leq -0.5SD, slope > 5$
شیب تند	$-0.5SD < TPI \leq -1SD$
ستیع	$TPI > 1SD$

منبع: وایزر (۲۰۰۱)



شکل (۲): چارت داده ها و روش تحقیق

Figure (1): data chart and research method

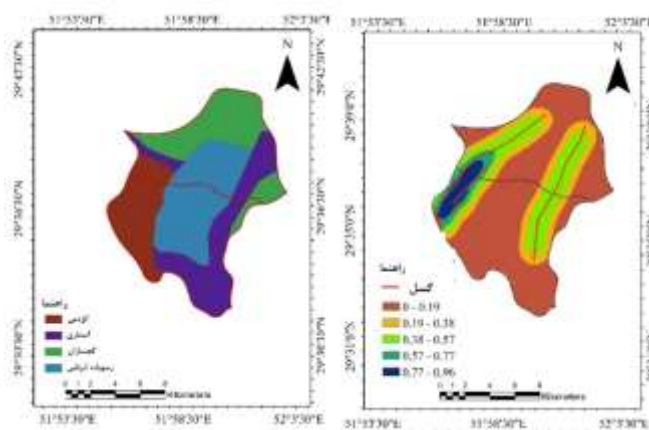
۳- نتایج و بحث

پولیه ارژن با مساحت ۱۲۸ کیلومترمربع در کمربند چین خورده ساده^۱ در بخش جنوبی سلسله جبال زاگرس فارس واقع بوده و از اطراف توسط ارتفاعات آهکی (سازند آسماری) محصور شده است. حداکثر ارتفاع حوضه در کوه دشت ارژن (تاق‌دیس شاه نشین) ۲۸۰۰ متر و حداقل ارتفاع آن ۱۹۸۹ متر از سطح دریا در محل فروچاله های کارستی است و ارتفاع متوسط آن ۱۹۹۰ متر از تراز دریا می باشد. پولیه ارژن یک گرابن می باشد و در نتیجه فعالیت دوگسل نرمال واقع در شرق و غرب آن بوجود آمده است. و نمونه کاملی از دشت های کارستی است که با مشارکت نیروهای زمین ساختمانی (گسل) و فرایند انحلالی آب در سازند آهک آسماری بوجود آمده است. در ۶۰ کیلومتری جنوب غرب شیراز (در مسیر جاده کازرون- شیراز) قرار دارد. در سال ۱۳۵۰ یونسکو،

¹ - Simply folded belt

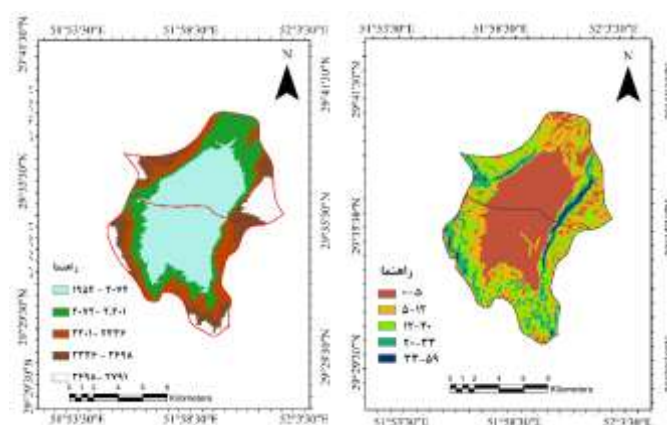
این دشت را به عنوان ذخیره گاه زیست کره انتخاب کرد. یکی از زیباترین پدیده های زمین شناختی جهان به شمار می رود، به گونه ای که اغلب زمین شناسان جهان علاقه مند بازدید از این مکان هستند.

از نظر زمین شناسی این منطقه به صورت یک گرابن بوده که توسط دو گسل در دو طرف شرق و غرب تشکیل شده است طبق مطالعات صورت گرفته در این منطقه گسلهای حوضه امروزه فعال می باشند. سازندهای زمین شناسی کوههای اطراف اغلب از سازندهای گچساران و آسماری است (شکل ۳). در بخش جنوبی تالاب به دلیل وجود مساحت بیشتری از سازند آهک آسماری تنوع اشکال کارستی به مراتب بیشتر می باشد. تالاب دشت ارژن دارای نظام هیدرولوژی نیمه باز می باشد و جریانات آبی به صورت داربستی می باشد و با دریاچه پریشان توسط فروچاله های بزرگ در ارتباط است. ارتفاع متوسط تالاب ۲۰۰۰ متر از سطح دریاست از نظر طبقه بندی حرارتی نیز جزء تالاب های کم تولید می باشد. میانگین ارتفاع در سطح دشت حدود ۲۵۰۰ متر می باشد که بدلیل ارتفاع به نسبت زیاد تالاب دشت ارژن یک چاله برودتی است.



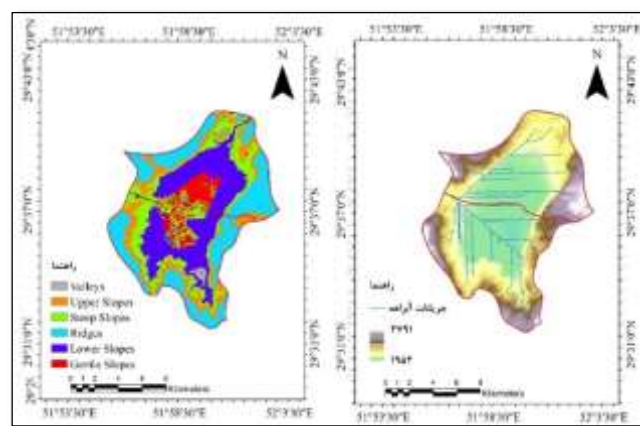
شکل (۳): لایه فاصله از گسل (ب) لایه لیتولوژی حوضه ارژن

Figure (3): distance layer from the fault f) lithology layer of Arjan Basin



شکل (۴): لایه شیب حوضه ارژن ب) لایه توپوگرافی حوضه ارژن

Figure (4): Slope layer of Arjan Basin b) Topographic layer of Arjan Basin



شکل (۵): الف) لایه آبراهه حوضه ارژن ب) لایه شاخص توپوگرافی ارژن

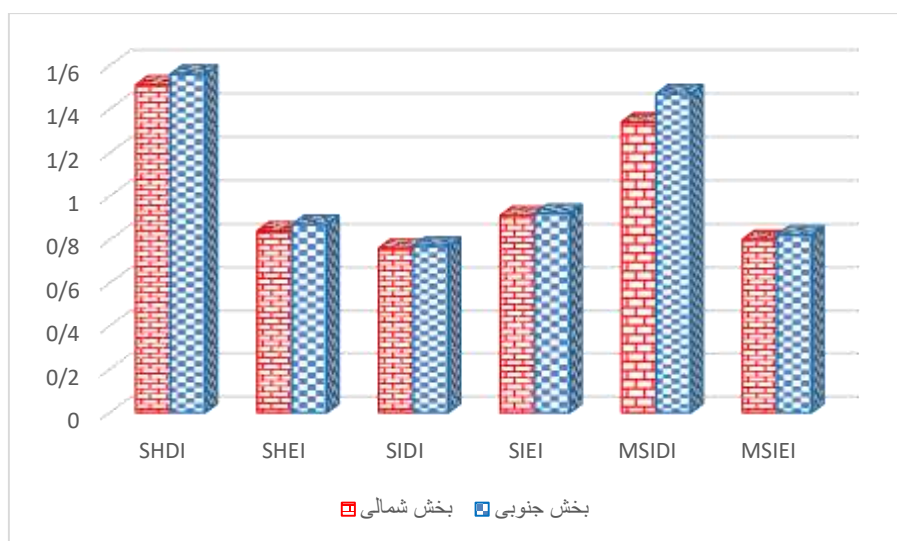
Figure (5): a) Arjan basin waterway layer b) Arjan topographic index layer

بخش های جنوب محدوده تالاب از سازند آهک آسماری ائوسن تشکیل شده است. که محدوده وسیعی را دربرگرفته است. وجود این گونه سازندها سبب تشکیل اشکال ژئومورفولوژیکی متعددی در این بخش از حوضه گردیده است. وجود دره های آبی، تنگ های متمرکز، آبشار و اشکال ساختمانی تیغه ای رازرنگ، هوگ بگ و چشمه های آهکی لایپه کارستی فروان در این منطقه نقش مؤثری در تبدیل تالاب ارژن به منطقه بکر گردشگری داشته است همچنین منابع آبی در این سازندها به مراتب بیشتر بوده که سبب گسترش و توسعه باغات و جنگل های بسیار وسیع شده است. نتایج حاصل از شاخص های شش گانه ژئودایورسیتی در لایه

های شاخص توپوگرافی و زمین شناسی که شامل شاخص های SIDI، SHEI، SHDI، SIEI، MSIDI و MSIEI می باشد به ترتیب در بخش جنوبی برابر است با ۱/۵۶، ۰/۸۷، ۰/۷۷، ۰/۹۲، ۱/۴۷ و ۰/۸۲ می باشد و در بخش شمالی برابر است با ۱/۸۱، ۰/۸۸، ۰/۶۸، ۰/۹۰، ۱/۱۴، ۰/۸۲ می باشد جدول ۴ و ۵

جدول (۴): شاخص ۶ گانه ژئودایورسیتی شاخص توپوگرافی
 Table (4): 6 geodiversity indices of topography index

SHDI	SHEI	SIDI	SIEI	MSIDI	MSIEI	
۱/۵۱	۰/۸۴	۰/۷۶	۰/۹۱	۱/۴۳	۰/۸۰	بخش شمالی
۱/۵۶	۰/۸۷	۰/۷۷	۰/۹۲	۱/۴۷	۰/۸۲	بخش جنوبی

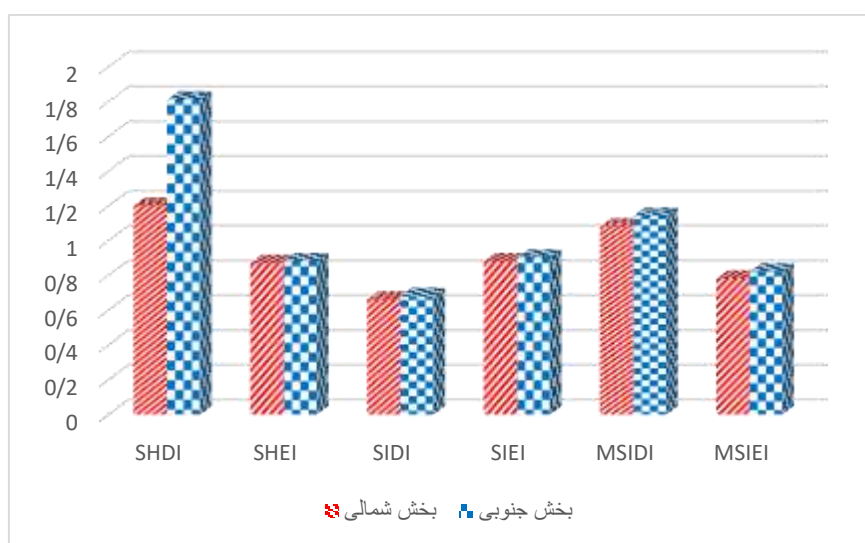


شکل (۶): نمودار شاخص شش گانه لایه وضعیت توپوگرافی
 Figure (6): Six index diagram of the topography layer

جدول (۵): شاخص ۶ گانه ژئودایورسیتی لیتولوژی حوضه آرژن
 Table (5): 6 geodiversity index of lithology of Argen Basin

SHDI	SHEI	SIDI	SIEI	MSIDI	MSIEI	
۱/۲۰	۰/۸۷	۰/۶۶	۰/۸۸	۱/۰۸	۰/۷۸	بخش شمالی

بخش جنوبی ۰/۸۲ ۱/۱۴ ۰/۹۰ ۰/۶۸ ۰/۸۸ ۱/۸۱



شکل (۷): نمودار ژئودایورسیتی شاخص لیتولوژی

Figure (7): Geodiversity diagram of lithology index

واحد جنوبی از نظر لیتولوژی شامل سازندهای آهک آسماری ائوسن، آهک کژدمی کرتاسه است و وجود دره‌های آبی، تنگ‌های متمرکز، آبشار و اشکال ساختمانی تیغه ای و چشمه‌های آهکی فروان، لایه‌های شیار از جمله ویژگی‌های این منطقه است. جنس خاک شامل آنتی سول، انسپتی سول و مناطق سنگی می باشد. تراکم زهکشی ۰/۸۲ متر مربع می باشد. تراکم گسل بیشترین میزان را به خود اختصاص داده و حدود ۱/۱۹ کیلومتر بر کیلومتر مربع می باشد. از شرایط اقلیمی مرطوبی برخوردار می باشد. میزان شیب و ارتفاع به ترتیب به حداکثر میزان خود حدود ۵۹ درجه و ۲۶۷۶ متر رسیده است و میزان زبری ناهمواری بالاترین میزان را به خود اختصاص داده است.

میزان شاخص دایورسیتی (GDI) در بخش شمالی حوضه برابر ۷/۵ می باشد که میزان شیب ۳۰ می باشد. تنوع سازندها به حدود ۴ واحد می باشد و امتیاز آن برابر ۷ می باشد. تراکم گسل ۰/۵۷

می باشد نوع خاک در این واحد ۲ می باشد و از لحاظ تنوع ژئومورفولوژی حدود ۱۰ عارضه در این محدوده قرار می گیرد. از لحاظ هیدرولوژی نوع جریان هم به طور کامل به صورت شاخه درختی نمایان است.

جدول (۵): محاسبه شاخص GDI

Table (5): Calculation of GDI index

جنوبی	شمالی	طبقه بندی لندفرم ها
۴	۴	لیتولوژی
۰/۹۵	۰/۵۷	فاصله از گسل
۱۵	۱۰	عوارض ژئومورفولوژی
۱۴	۷	شیب
۰/۷۷	۰/۷۷	زبری
۷	۷	میزان ارتفاع
۷	۷	آب شناسی
۱۴	۷	تعداد آبراهه
۰/۵	۰/۴	تراکم زهکشی
۶۴	۴۳	جمع عناصر
۱۱/۰۴	۷/۵	Ln
۴/۸۴	۴/۸۱	شاخص ژئودایورسیتی
۶۶	۶۱	مساحت

یکی از زیباترین پدیده های زمین شناختی جهان به شمار می رود. به گونه ای که اغلب زمین شناسان جهان علاقه مند بازدید از این مکان هستند. دشت ارژن با برخورداری از پتانسیل های بالقوه طبیعی و ژئومورفولوژی از جمله اشکال انحلالی کارستی (لایه، چشمه های کارستی، دولین ها، غارها و حفرات زیرزمینی و دره های کارستی)، تاقدیس ها و ناودیس ها، دریاچه ارژن، منطقه حفاظت شده دشت ارژن و اشکال زیبای زمین شناسی از مناطق ژئوتوریسمی ایران می باشد که همراه با دیگر جاذبه های گردشگری تاریخی، فرهنگی به عنوان یک قطب زمین گردشگری به شمار می رود که در این مقاله به معرفی آن می پردازیم.



شکل (۸): آبشار ارژن، دیوارهای صخره ای

Figure (8): Waterfall, rock walls



شکل (۹): (الف) تنگ ابوالحیات (ب) آبشار ارژن

Figure (9): a) Abul Hayat gorge b) Arjan waterfall



شکل (۱۰): (الف) تالاب بین المللی ارژن (ب) پولیه کارستی دشت ارژن

Figure (10): a) Arjan international wetland b) Arjan plain karst belt

۴- نتیجه گیری

نتایج حاصل از روش GDI نشان داد که تراکم گسل، تنوع بسیار بالای سازندهای زمین شناسی، در بخش جنوبی نسبت به مناطق شمالی حوضه؛ سبب گردیده است که میزان ضریب $\ln$ حدود $11/04$ باشد درحالی که در بخش شمالی حوضه شاخص GDI به $7/4$ کاهش یافته است و تنوع اشکال ژئودایورسیتی کم شده است. میزان شاخص های $MSIEI$, $MSIDI$, $SIDI$, $SHDI$, $SHEI$, $SIEI$ به ترتیب در بخش جنوبی برابر است با $1/56$, $0/87$, $0/77$, $0/92$, $1/47$ و $0/82$ می باشد. و نشان می دهد که جنوب تالاب ارژن میزان تنوع بیشتر از شمال می باشد. دشت بین المللی ارژن به علت قرارگیری در مسیر جاده اصلی، در محور استان های فارس، بوشهر، کهگیلویه و بویراحمد امکان دسترسی ساکنان شهرهای پرجمعیت این استان ها را در فاصله زمانی مناسب فراهم می آورد. حوضه آبخیز وسیع و منطقه جنگلی پرباران بالادست این پولیه، موجب فراوانی آب شیرین و گوارای مناطق اطراف شده است، به طوری که در طول سال (بویژه در فصل بهار) از روی اغلب دیواره های صخره ای تنگ، آبشارهای زیبا سرازیر می شوند. این منطقه پرآب، از زمان های قدیم محل ییلاقی طوایفی از عشایر فارس بوده که به باغداری و دامداری اشتغال داشتند. درختان گردوی تنومند در باغ های این منطقه عمری طولانی دارند. بعضی از این درختان تا شعاع 10 تا 15 متری از ورود نور آفتاب به زیر درختان جلوگیری می کنند. راه ارتباطی آسفalte آن است. بنابراین قابلیت کاربری های گردشگری را نیز دارد. از آنجایی که زمین شناسان در طول سال های متمادی در پی شناخت بیشتر زمین و دسترسی به اطلاعات و رفع ابهامات آن بوده اند، از ژئودایورسیتی غافل بوده و وقت چندانی برای بررسی گوناگونی زمین نداشته اند با این حال می توان گفت که با بررسی جهان از منظر گوناگونی زمین شناختی می توان به شناخت و درک بهتری از منابع طبیعی زمین رسید. به رغم اهمیت تنوع زمین شناختی در ابعاد مختلف، این پدیده متاثر از فعالیت های انسانی در معرض تهدید است. بنابراین نیاز به حفاظت از گوناگونی زمین شناختی احساس می شود و این مهم خود برای توسعه ژئوتوریسم ضروری است. اهداف و شیوه های حفاظتی باید عناصر مختلف تنوع زمین شناختی را در نظر داشته باشد و متناسب با نوع ژئوسایت

برنامه‌ریزی مناسب انجام شود. مدیریت در ژئوتوریسم و فعالیت‌های تفریحی مرتبط و هم چنین ژئوپارک‌ها نیز که وابسته به نوع گوناگونی زمین شناختی است در حوضه پولیه ارژن از اهمیت زیادی برخوردار و مستلزم برنامه‌ریزی شایسته است.

References

- Benito-Calvo, A., Perez-Gonzalez, A., Magri, O., Meza, P.(2009). *Assessing regional Geodiversity: the Iberian Peninsula*. Earth Surface Processes and Landforms, 34, 433-1445. <https://doi.org/10.1002/esp.1840>.
- Betard, F., Peulvast, J. P. (2019). Geodiversity Hotspots: Concept, Method and Cartographic Application for Geoconservation Purposes at a Regional Scale. Environmental Management, 63, 822-834. <https://doi.org/10.1007/s00267-019-01168-5>.
- Carrión-Mero P, JDueñas-Tovar M Jaya-Montalvo E Berrezueta N Jiménez-Orellana ,(2022), *Geodiversity assessment to regional scale: Ecuador as a case study*, Environmental Science & Policy, 136, 167-186. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.06.009>.
- Daniel. S. Santos & Emmanuel Reynard2 & Kátia L. Mansur1 & José C. S. Seoane.(2019) *The Specificities of Geomorphosites and Their Influence on Assessment Procedures: a Methodological Comparison* .Geoheritage. <http://dx.doi.org/10.1007/s12371-019-00411-z>.
- Fernández, A., Fernández, T., Pereira, D.I. et al. (2020). Assessment of Geodiversity in the Southern Part of the Central Iberian Zone (Jaén Province): Usefulness for Delimiting and Managing Natural Protected Areas. Geoheritage 12, 20 <http://dx.doi.org/10.1007/s12371-020-00447-6>.
- Gajek G., Zglobicki, W., Kołodyńska-Gawrysiak, R. (2019). Geoeducational value of quarries located within the, Małopolska Vistula River Gap (E Poland). Geoheritage. <http://dx.doi.org/10.1007/s12371-019-00395-w>.
- Gray, M. (2008). *Geodiversity: a new paradigm for valuing and conserving geoheritage* .Ser Geosci Can, 35(2):51-59 <https://journals.lib.unb.ca/index.php/GC/article/view/11084>
- Ghahrodi Tali, M, Ali Nouri Kh, Farjadi Nia S. (2022) The use of geodiversity in environmental management, a case study of the Karaj Dam upstream basin, quantitative geomorphological research. 10(4), 1-17. [10.22034/GMPJ.2021.291188.1283](https://doi.org/10.22034/GMPJ.2021.291188.1283). [In Pershin]

- Goli Mokhtari, L., Amir Ahmadi, A., Zandi, R., Ganjinia, M (2023), Analysis of land diversity (geodiversity) in the Binalud Mountains, Sabzevar Dry Regions Journal 14(52), 24-41. [10.22034/JARGS.2023.373938.0](https://doi.org/10.22034/JARGS.2023.373938.0). [In Pershin]

Goli Mokhtari, L., Gardhan, S., Shafiei, N. (2017). *Comparative analysis of geodiversity (geological diversity) in the northwestern basins of Fars province*. Quantitative geomorphology research, 7(3), 151-163. <https://ensani.ir/fa/article/402825>. [In Pershin]

Goli Mokhtari, L., Biram Ali, Fereshte. (2018). *Calculation and analysis of terrestrial diversity (geodiversity) case study of Eshtehard city*. Natural Geography Research ,58 (2) ,307-322. <https://ensani.ir/fa/article/389760>. [In Pershin]

Koh, Y.; Oh, K., Youn, S. Kim, H. (2014). *Geodiversity and geotourism utilization of islands: Gwanmae Island of South Korea*, Journal of Marine and Island Cultures, 3(2):106 -112. [10.1016/j.ijgeop.2019.07.001](https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2019.07.001)/.

, Moradi, A. (2018). *Investigating the .*, Rezaei, N., Yamani, M., Moghimi, E.- Maqsoudi, M *geomorphodiversity of Damavand volcano and its surroundings based on the GMI index*. Quantitative Geomorphology Research, 8 (1) 52-69. <https://sid.ir/paper/382369/fa>. [In Pershin]

Nasiri, A., Shafiei, N. & Zandi, R.(2022) *Evaluation of Geodiversity Across Noorabad Basin (Fars Province, Iran)*. Geoheritage 14, 119. [10.1007/s12371-022-00754-0](https://doi.org/10.1007/s12371-022-00754-0).

-Pereira, DI., Pereira P., Brilha, J., Santos, L. (2013). *Geodiversity assessment of Paraná State (Brazil): an innovative approach*. Environ Manag 52: 541–552. http://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/69192/1/2014_Book_EngineeringGeologyForSocietyAn.pdf .

(2008). *Scientific research and tourist promotion of geomorphological heritage* .-Reynard, E <https://bibliographie.uni-Geogr.Fis.Dinam.Quat.,31,225-230> <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:5:1-63868-p0011-9> .

Ruban, D. (2010). *Quantification of geodiversity and its loss*, proceeding of the Geologists Association, 121(3): 326 -333. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1170/1/012029/meta>.

-Scammacca, O., Bétard, F., Aertgeerts, G., (2022). *Geodiversity Assessment of French Guiana: Challenges and Implications for Sustainable Land Planning*. Geoheritage 14.83.

<https://doi.org/10.1007/s12371-022-00716-6>.

Shayan Yeganeh, A, Zanganeh Asadi, M. A, Amir Ahmadi, A. (2016). A new approach in the evaluation of geomorphosites and geosites in Iran. *Journal of Tourism Management Studies*, 11(34) 41-64. <https://doi.org/10.22054/tms.2016.5729> [In Pershin].

Sadouq Rafiei R, (2022) Geodiversity assessment of watersheds .Salehipour A Milani H overlooking Salt Lake and Sultan Pond, *Quantitative Geomorphology Research*, 10(2), 105-84. [10.22034/gmpj.2021.289193.1277](https://doi.org/10.22034/gmpj.2021.289193.1277) [In Pershin].

Sistani Badoui M, Fatuhi S, Nagaresh H, Ramsht M H, Raushit, M, (2021): Investigating the difference of geodiversity and geomorphodiversity in the coastal area of the Oman Sea and Makran zone from Jask Cape to Gwatar Gulf, *Geography and Development* 19(63), 66- 39. [10.22111/J10.22111.2021.6169](https://doi.org/10.22111/J10.22111.2021.6169). [In Pershin].

Serrano, E., Ruiz-Flaño, P. (2009). Geomorphosites and geodiversity. In: Reynard E, Coratza P, Regolini-Bissig G (eds) *Geomorphosites*. Velag Dr. Friedrich Pfeil, München, pp 49–61. https://www.researchgate.net/publication/266021187_Geomorphosites_and_geodiversity

Turner, J. A. (2019). *Geodiversity: The Natural Support System of Ecosystems*. Landscape Planning with Ecosystem Services, 253-265.

Weiss, A.(2001). *Topographic Position and Landforms Analysis*. ESRI User Conference, San Diego, CA.



Evaluation of geodiversity and land protection of Arjan International Wetland using GIS and Fragstase software

Abstract

Geodiversity is the geographical variety of materials, forms, and terrestrial processes that make up the planet Earth. Land diversity is a basic term to determine the importance of non-living resources of nature, therefore, the expansion of studies related to geodiversity, especially in Iran, which has a lot of geological and geomorphological richness, can open a new window in the field of understanding the natural potentials of different regions of the country. One of the effective and potential goals in tourism is geological diversity or geodiversity and more importantly, geomorphological diversity, which can be considered as the main foundations of tourism in Iran. Arjan Plain, which is located 60 km southwest of Shiraz in the fold zone of the Zagros, is virgin and important from the point of view of tourism due to the presence of various karst forms such as Cheshme, Dolin, Lapieh, Punor, Hams, Cascade, Teng, and Dareh. In this research, an analytical and practical research method has been used. Geodiversity indicators were carried out in ARCMAP, Fragstats software environment, and the results of the research showed that in the southern part of Polie Arjan, the GDI index is equal to 11.04. Due to the mountainous topography and higher altitude, more rainfall, and lower temperature, and on the other hand, the presence of the Asmari limestone formation, many and varied forms of karst have been developed in this section, as well as the SIEI, SHEI, SHDI, SIDI, MSIDI, MSIEI is equal to 1.56, 0.87, 0.77, 0.92, 1.47 and 0.82, respectively. It has caused the expansion and diversity of geodiversity in the region.

Keywords: Geodiversity, Polyergen, Simpson index, Shannon coefficient, GDI index