مجله آمایش جغرافیایی فضا،
فصلنامه علمی- پژوهشی دانشگاه گلستان
سال دهم/ شماره مسلسل سی و ششم/ تابستان ۱۳۹۹ / صفحات: ۹۰-۷۷

ارزیابی کمی ژئودایورسیتی ژئوپارک پیشنهادی غرب خراسان رضوی برای حفاظت از میراث زمین‌شناسی آن

علی‌اکبر شایان یگانه[۱] محمدعلی زنگنه اسدی[۲*]، ابوالقاسم امیر احمدی[۳]

[۱]دانش آموخته دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه حکیم سبزواری
[۲و۳]دانشیار ژئومورفولوژی دانشگاه حکیم سبزواری

تاریخ دریافت: ۹۶/۵/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۸/۳۰

چکیده

ژئودایورسیتی پایه‌هایی را برای تأمین مایحتاج زندگی جوامع مدرن فراهم کرده و منابع طبیعی، از قبیل سنگ‌های ساختمانی، سنگدانه‌ها، معادن، گازطبیعی، نفت و آب‌های زیرزمینی را در اختیار انسان قرار می‌دهد و بر مکان زندگی ما اثر می‌گذارد و چشم اندازهای ارزشمند و خاص اطرافمان را افزایش می‌دهد. برای ارزیابی چشم‌اندازها در ژئومورفولوژی علاوه بر ارزش‌های متنوع فرهنگی، علمی و اقتصادی، ژئودایورسیتی هم استفاده می‌شود تا برای حفاظت میراث زمین شناسی داده‌های متقن‌تری ارائه نماید. ژئوپارک پیشنهادی غرب خراسان رضوی از فرم‌های منحصر به فرد و میراث زمین شناسی با قدمت دوره کرتاسه است؛ بنابراین ضروری است ژئودایورسیتی منطقه ارزیابی شده تا اولویت‌ها برای حفاظت از آن میراث در دستور کار قرار گیرد. برای این کار پس از جمع‌آوری اسناد و نقشه‌های مورد نیاز و مشاهدات میدانی، پردازش نقشه‌ها با نرم‌افزار GIS، شبکه بندی و محاسبات تنوع پدیده‌های ژئومورفولوژی، هیدرولوژی و زمین‌شناسی در هر شبکه، نقشهٔ ژئودایورسیتی در چهاردستهٔ کم، متوسط، بالا و خیلی بالا تهیه شده است. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد: ۳/۹ درصد از منطقه را ژئودایورسیتی خیلی بالا به خود اختصاص داده که در شمال و جنوب غربی منطقه مشاهده می‌شود. ۱۱/۵ درصد از مساحت منطقه، ژئودایورسیتی بالایی دارد که بیشتر در شمال و غرب منطقه دیده می‌شود. ۳۷/۲ درصد از منطقه دارای ژئودایورسیتی متوسط است که به غیر از بخش‌های جنوب غربی و مرکز در همهٔ نواحی منطقه مشاهده می‌گردد. ۴۷/۴ درصد از وسعت منطقه ژئودایورسیتی کمی دارند که بیشتر در مرکز و جنوب شرقی متمرکزند که فرایند باد سیستم شکل‌زایی مسلط ژئومورفیک منطقه است.

واژه‌های کلیدی: ژئودایورسیتی، ژئوپارک غرب خراسان رضوی، میراث زمین‌شناسی، ژئوکانزرویشن، ارزیابی کمی

مقدمه

همان‌گونه که در طبیعت و در میان موجودات زنده گوناگونی و تنوع (بیودایورسیتی[۲]) به چشم می‌خورد، در پدیده‌ها و عوارض زمین‌شناختی نیز گوناگونی و تنوع فراوانی وجود دارد (امری‌کاظمی، ۱۳۸۸: ۱۴۲). ژئودایورسیتی یک مفهوم برآمده از علم زمین است (گوردان[۳] و همکاران، ۲۰۱۲: ۲) که پدیده‌هایی از ژئوسفر و هیدروسفر را در برمی‌گیرد (پلیترو[۴] و همکاران، ۲۰۱۱: ۱۶۵). ژئودایورسیتی از نظر لغوی جمع تنوع زمین‌شناسی و تنوع ژئومورفولوژی است و به ناهمگونی در طبیعت غیرزنده همانند گوناگونی مواد سطح زمین، فرم و فرایندهای باد در مقیاس‌هایی به بزرگی یک نقطه (ویرتانن[۵] و همکاران، ۲۰۱۰: ۸۱۱)، چشم انداز (الکساندرویزا و

*نویسنده مسئول: aasy_1358@yahoo.com

2. Biodiversity
3. Gordon
4. Pellitero
5. Virtanen

مارجیلیسکیلو[1]، ۲۰۱۰: ۲۹۲) و جهانی (پارکس و مولیگان[2]، ۲۰۱۰: ۲۷۵۴) اطلاق می‌شود. دانش کمی در ژئودایورسیتی نیز می‌تواند در آموزش(وان لون[3]، ۲۰۰۸: ۲۵۲) و تهیه نقشهٔ کاربری زمین(گوردان و همکاران،۲۰۰۲: ۲۰۴) ارزشمند باشد.

هرچند نابودی چشم‌اندازها قطعی است، اغلب پدیده‌های غیرزنده یا تجدیدناپذیرند و یا فقط در مقیاس زمانی درازمدت ممکن است تجدید شوند (گری، ۲۰۰۴: ۱۵). فشار انسانی و تشدید فرسایش و نیز استخراج دائمی منابع طبیعی، علت اصلی افزایش مخاطرات هستند. اخیراً، چندین مطالعه نشان داده است که یک خطر واقعی برای از بین رفتن ژئودایورسیتی به طور ویژه در مناطقی با تغییرات هوایی جهانی است که تأثیرات فرایندهای مورفوژنتیک را افزایش می‌دهد (پروسر[4] و همکاران، ۲۰۱۰: ۱۳۵).

تنها محققان کمی برای ارزیابی ژئودایورسیتی، متدولوژی به کار برده‌اند(هجرت و لواتو[5]، ۲۰۱۰: ۱۱۰). بعضی محققان به علت روش کمی جامع بیان می‌دارند که ژئودایورسیتی نباید محاسبهٔ کمی شود، بلکه به صورت کیفی و در مقیاس‌های متفاوت باید ارزیابی و مقایسه شود. به عبارتی محاسبه عناصر ژئودایورسیتی هنوز به خوبی اجرا نشده و یا فقط تعداد کمی تاکنون برای محاسبهٔ آن تلاش کرده‌اند(پانیزا، ۲۰۰۹: ۴۱). از مدل‌های ارزیابی دقیق، تکنیک مدل‌های ارزیابی دیجیتال (DEM) و سنجش از دور (RS) بوده که دقیق‌تر از روش‌های سنتی است. برای مثال RS قادر به تهیه نقشه از مناطق بزرگ در رزولیشن‌های رادیومتریک، حرارتی، طیفی و فضایی گوناگون است (کاب[6]، ۲۰۰۸: ۱۳۶-۱۰۷). به علاوه، برای توصیف جزئیات توپوگرافی، مدل‌های ارزیابی دیجیتال در محاسبهٔ میزان تکامل چشم‌انداز با جریان‌های انرژی، فرسایش و انتقال ماده نیز به کار گرفته می‌شود (ژو[7] و همکاران، ۲۰۰۸ و اولایا[8]، ۲۰۰۹: ۱۶۸).

پیشینهٔ پژوهش و ارزیابی ژئودایورسیتی گذشتهٔ خیلی طولانی ندارد. سرانو و رویز فلانو[9](۲۰۰۷: ۳۸۹-۳۹۳) به ارزیابی و بررسی مفهوم ژئودایورسیتی در سوریه پرداخته‌اند. بنیتوکالوو[10] و همکاران (۲۰۰۹: ۱۴۳۳-۱۴۴۵) با استفاده از کلاس‌بندی فاکتورهای زمین‌شناسی و توپوگرافی و مورفو کلیماتی منطقه به بررسی ژئودایورسیتی آبریان پنین سولا[11] در منطقهٔ مشترک سه قارهٔ اروپا، آسیا و آفریقا پرداخته و اقدام به دسته‌بندی تنوع زمین‌شناسی این منطقه و تولید نقشهٔ ژئودایورسیتی از منطقه نموده‌اند. توماس[12](۲۰۱۲: ۸۹-۸۱)، با روش توصیفی و تأکید تأثیر ژئومورفولوژی در ژئودایورسیتی، نتیجه گرفت که حفاظت میراث زمین‌شناسی در نواحی با ژئومورفولوژی بیشتر برای حفظ ژئودایورسیتی تاکید می‌شود. ناستاز[13] و همکاران (۲۰۱۲: ۲۲-۱۷) ژئودایورسیتی را در پارک طبیعی کوهستان مارامورس[14] که مابین اوکراین و رومانی قرار دارد، با استفاده از GIS ارزیابی نموده و مناطق با ژئودایورسیتی بالا را مشخص نمودند. کومانسکو و ندلیا (۲۰۱۲: ۱۵۰۰-۱۴۹۳) با استفاده از فرمول سرانو و فلانو ($Gd= E_gR / L_nS$) به ارزیابی ژئودایورسیتی ژئوپارک بازولی کانتی[15] کشور رومانی پرداخته و براساس درجات ژئودایورسیتی درجه این پارک را بین ۰/۲ تا ۱/۹۱ دانسته‌اند. هجورت و لواتو[16] (۲۰۱۲) به بررسی ژئودایورسیتی منطقه‌ای در اروپای شمالی(فنلاند) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سنجش آن‌ها از طریق نرم افزارهای مخصوص پرداخته و با استفاده از شبکه‌بندی نقشهٔ منطقه، نقشهٔ

1. Alexandrowicza
2. Parks & Mulligan
3. Van Loon
4. Prosser
5. Hjort and Louto
6. Kääb
7. Zhou
8. Olaya
9. Serrano Cañadas, Ruiz Flaño
10. Benito-Calvo
11. The Iberian Peninsula
12. Thomas
13. Nastase
14. Maramures mountains natural park
15. Buz˘aului County (Romania)
16. Jan Hjort and Miska Luoto

ژئودایورسیتی آن را تهیه نموده است. پریرا[1] و همکاران(۲۰۱۳: ۵۵۲-۵۴۱) به ارزیابی ژئودایورسیتی استان پروناوای[2] برزیل پرداخته‌اند. آن‌ها ابتدا با نرم‌افزار شبکه‌هایی به طول و عرض ۲۵ کیلومتر بر روی نقشهٔ منطقه ایجاد کرده و تعداد پدیده‌های ژئومورفولوژی، زیست‌دیرینه، زمین‌شناسی دیرینه و انواع خاک‌ها را بررسی کرده و درنهایت با جمع‌بندی فاکتورهای مختلف اقدام به تهیه نقشهٔ ژئودایورسیتی نموده‌اند. سیلوا[3] و همکاران (۲۰۱۳: ۲۶۲-۲۵۴) با استفاده از سه عامل ژئومورفولوژی، هیدرولوژی و زمین‌شناسی و با استفاده از شبکه‌بندی حوضهٔ زهکشی زینگو[4] در آمازون به ارزیابی ژئودایورسیتی آن منطقه پرداختند و نتایج کار را به شکل یک نقشهٔ ژئودایورسیتی درآوردند. ملیلی[5] (۲۰۱۴: ۱۲-۲) در مقاله‌ای با روش کمی به ارزیابی ژئودایورسیتی پرداخته و با استفاده از نرم‌افزار GIS و شاخص ژئودایورسیتی (GI) به این نتیجه رسیده که پارک ناحیه‌ای سوباسیو[6] یک سایت عالی برای اجزای زیستی می‌باشد. نیچز[7] (۲۰۱۵: ۱۲-۱) در مقاله‌ای با استفاده از GIS و محاسبهٔ کمی و کیفی زمین شناسی و ژئوسایت‌ها، ژئودایورسیتی پارک ملی بوسجی[8] را ارزیابی و مفهوم ژئودایورسیتی را بر مبنای میراث زمین شناسی و تفسیری توضیح داده‌اند و بیان داشته‌اند پارک بوسجی ژئودایورسیتی بالایی دارد.

در ایران نیز تحقیقاتی در این زمینه صورت گرفته است. انصاری‌فر و همکاران(۱۳۹۲: ۵-۱) به بررسی ژئودایورسیتی منطقهٔ سد سهران بشاگرد پرداخته‌اند. یزدی(۱۳۹۲: ۱۱-۱) در مقاله‌ای تحت عنوان ژئودایورسیتی ایران، عامل ارتقاء ژئوتوریسم و توسعهٔ پایدار به صنعت ژئوتوریسم پرداخته و راهکارهایی در جهت حفاظت از محیط طبیعی و جاذبه‌های زمین‌شناختی و رسیدن به توسعهٔ پایدار ارائه کرده‌اند.

یزدی و همکاران (۱۳۹۳: ۸-۱) در مقاله‌ای تحت عنوان گوناگونی زمین‌شناختی، ژئوکانزرویشن و اصول مدیریت در کاربری ژئوسایت‌ها به جنبه‌های جدیدی از گوناگونی زمین‌شناختی، از جمله شکل‌گیری و توسعهٔ گوناگونی زمین‌شناختی در زمین و وجود نقاط با اهمیت، گزینش و تفکیک ژئوسایت‌ها و همچنین حفاظت از آن‌ها، با مطرح شدن مبحث ژئوکانزرویشن می‌پردازند.

ژئوپارک پیشنهادی غرب خراسان رضوی به علت خشک بودن اقلیم و شکننده‌بودن محیط از حساسیت خاصی برخوردار است. به هرحال برای اکثر محققان فرایندهای انسان‌ساخت باید از دایرهٔ ژئودایورسیتی بیرون باشد؛ بنابراین در این پژوهش که هدف آن ارزیابی ژئودایورسیتی بخشی از استان خراسان رضوی به منظور بهره‌مندی و حفاظت از میراث زمین‌شناسی آن است، سیستم‌های دست‌ساز بشر در دستور کار نیست و جهت واقع‌شدن به عنوان یک ابزار مفید، ژئودایورسیتی بر طبق متدولوژی پذیرفته‌شده، ارزیابی می‌شود.

مفاهیم، دیدگاهها و مبانی نظری

برای بیان دیدگاهها و مفاهیم لازم است چند کلمه ژئوتوریسم، ژئودایورسیتی، ژئوکانزرویشن، میراث طبیعی زمین، ژئوسایت و ژئومورفوسایت‌ها تعریف شوند. ژئوتوریسم به توریسمی گفته می‌شود که دارای جاذبه‌های زمین‌شناسی و ژئومورفولوژیک باشدصفاری و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۴۱). تعریف گری[9] (۲۰۱۳: ۳) از تنوع یا گوناگونی زمین‌شناختی، عبارت است از: طیف متنوع عوارض طبیعی، پدیده‌های زمین‌شناسی، عوارض ژئومورفولوژیکی، خاک و پدیده‌های هیدرولوژیکی و انباشتگی‌های آن‌ها، ساختارها، سامانه‌ها و سهم آن‌ها در چشم‌اندازها است. بررسی و سندررو[10] (۲۰۰۹: ۷۴) تعریف متفاوتی ارائه داده‌اند که عبارت است از مجموع اجزای پوستهٔ زمین شامل (سنگ‌ها، ساختارهای زمین‌شناسی، کانی‌ها، فسیل‌ها،

1. Pereira
2. Parana´ State (Brazil)
3. Silva
4. Xingu drainage basin
5. MELELLI
6. Subasio Mountain Regional Park
7. Neches
8. The Bucegi Natural Park
9. Gray
10. Bruschi & Cendrero

نهشته‌های سطحی، واحدهای ژئومورفیک و فرایندهای فعال) که مصالح و خدمات مفیدی را در اختیار مردم می‌گذارد. در زمینه‌های بیولوژی و اکولوژی، ژئودایورسیتی بر روی ابداعات محافظتی و ارزیابی‌های بیودایورسیتی متمرکز می‌شود (پارکس و مولیگان، ۲۰۱۰: ۲۷۵۲). برخی ارزش‌های ژئودایورسیتی به قرار زیر است (بریلها[1]، ۲۰۱۵: ۲):

- در زندگی در کل از آن‌ها استفاده می‌کنیم. حیات طبیعت جاندار وابسته به طبیعت بی‌جان است (در معماری، در فرهنگ ما، در ادبیات).
- ارزش زیبایی‌شناختی: برای مثال، تابلوهایی که از کانی ساخته شده است.
- ارزش اقتصادی: انرژی آب – نفت
- ارزش کاربری
- ارزش علمی و آموزش (برای تحقیقات، تاریخچه زمین، نظارت بر محیط).

نگهداری و کشف تنوع زمین‌شناختی و ارزیابی‌شان می‌تواند اهداف ژئوکانزرویشن را در بر بگیرد و می‌تواند به عنوان فعالیت انسانی که به سمت محافظت میراث زمین شناسی سوق داده شده، توصیف شود (شارپلز[2]، ۲۰۰۲). یکی از راههای محافظت و مدیریت مؤثر از تنوع زمین شناختی این است که قسمت‌های ارزشمندش همچون میراث زمین (میراث زمین‌شناسی و ژئومورفولوژیکی) که می‌تواند با سایت‌های ژئومورفولوژیکی و زمین‌شناسی مهم نشان داده شوند، محافظت و مراقبت شود (کلیل[3]، ۲۰۰۷ : ۲۴).

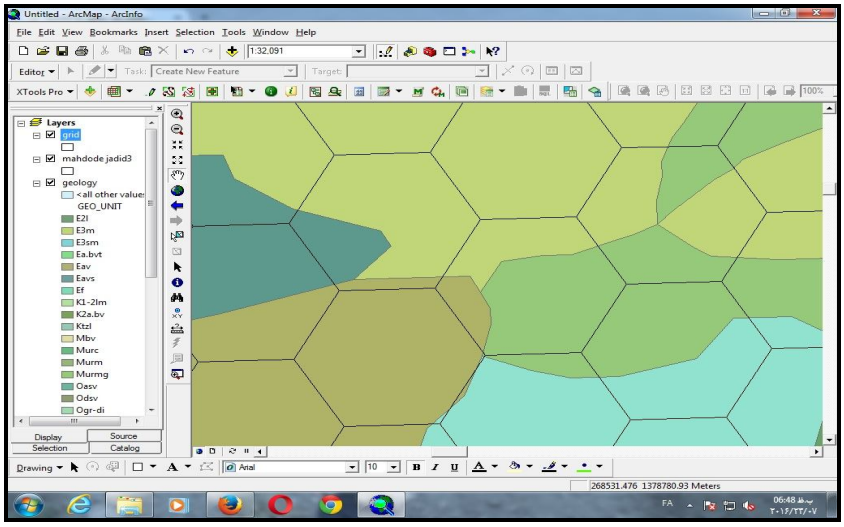
مفهوم میراث زمین بر پایه تعریف میراث طبیعی است که برای اولین بار در سال ۱۹۷۲ ارائه شده است (یونسکو، ۱۹۷۲). اصطلاح میراث زمین به‌عنوان یکی از ارزش‌های مهم برای انسان‌ها، شامل تحقیقات پژوهشی، آموزشی، زیبایی‌شناسی و روحانی، توسعهٔ فرهنگی و یک مکان با تنوع زمین‌شناختی طبیعی همراه با اجتماعات تعریف می‌شود (دیکسون[4]، ۱۹۹۶: ۱۴).

ژئوسایت‌ها به عنوان قسمت‌هایی از زمین خاکی تعریف می‌شوند که دارای اهمیت ویژه ای برای تفسیر تاریخ زمین است، موضوع‌های زمین شناسی و ژئومورفیک دارند و به خاطر درک یا بهره‌برداری انسانی یک ارزش علمی، تاریخی- فرهنگی، روحانی و یا اقتصادی- اجتماعی را نمایش می‌دهند (رینارد، ۲۰۰۴: ۱۲۴). ژئومورفوسایت‌ها اجزاء اصلی توسعهٔ ژئوتوریسم هستند (جانستینا وارونا[5] و همکاران، ۲۰۱۴: ۱۷۳)؛ که ارزش‌های خاصی مانند علمی، فرهنگی و اقتصادی اجتماعی باشند (صفاری و همکاران، ۱۳۹۳: ۲۰).

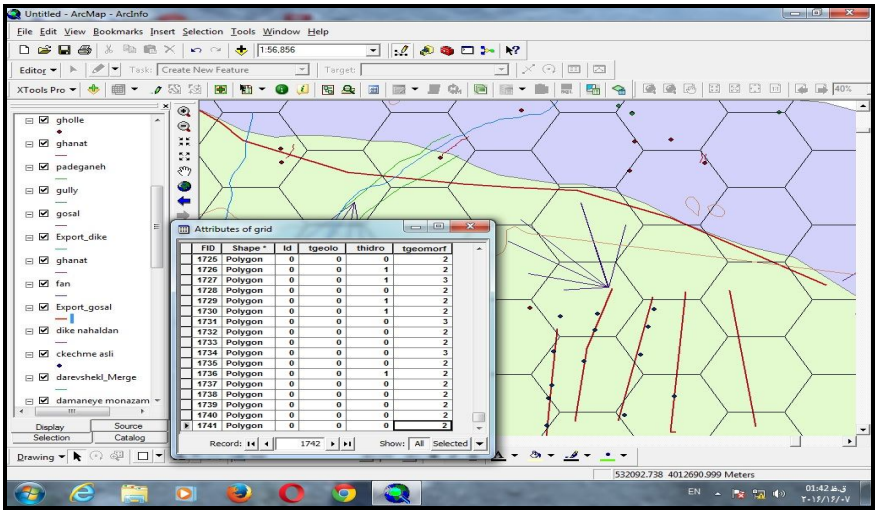
روش تحقیق

برای این‌که مدیریت ژئودایورسیتی و میراث فرهنگی یک منطقه به بهترین شکل ممکن صورت بگیرد باید از طرق مختلف وسعتی متعارف تعیین شود. یکی از این راهها روش ارزیابی ژئودایورسیتی است که با استفاده از نرم‌افزار GIS قابلیت اجرا دارد. جمع‌آوری اطلاعات دراین تحقیق از دو روش میدانی و کتابخانه‌ای صورت گرفته است. مقالات و کتاب‌های مرتبط با موضوع تهیه، مطالعه و بررسی گردیده است. از تصاویر ماهواره‌ای (ETM+) سال ۲۰۰۰ و فایل‌های رقومی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، ژئومورفولوژی ۱:۵۰۰۰۰ و هیدرولوژی ۱۰۰۰۰۰ :۱ منطقه برای پردازش با نرم‌افزار GIS استفاده شده است. برای بررسی دقیق‌تر و بررسی تطبیق سازندها و تهیه عکس‌های مرتبط با فرم‌های ژئومورفولوژی، مشاهدات میدانی صورت گرفته است. برای پردازش و ارزیابی ژئودایورسیتی منطقه ابتدا نقشه‌های مختلف منطقه اعم از هیدرولوژی و زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی، شبکه‌بندی[6] شده است (شکل ۱). ۱۷۷۵ سلول ایجاد شده که مساحت هر سلول حدود ۲/۴ کیلومترمربع است.

1. Brilha
2. Sharples
3. Cleal
4. Dixon
5. Justyna Warowna
6. Grid



شکل ۱: شبکه‌بندی نقشهٔ منطقه



شکل ۲: نحوهٔ کار با GIS و شیوهٔ شبکه‌بندی برای انتخاب بیشترین تنوع زمین‌شناختی

تعداد عارضه‌ها در هر سلول شمارش شده و در جدول لایه شبکه‌بندی در GIS ثبت می‌شود (شکل ۲). مثلاً در مورد زمین شناسی تعداد متفاوت رنگ‌ها حکایت از تعداد متفاوت جنس سنگ‌ها در هر سلول است. هرچه جنس زمین‌شناسی متنوع‌تر باشد ژئودایورسیتی بیشتری دارد. اگر در سلولی، پنج جنس متفاوت زمین‌شناسی وجود داشته باشد، آن سلول عدد پنج می‌گیرد. اگر از یک جنس زمین‌شناسی پر شده باشد، طبیعی است که عدد یک را به خود اختصاص می‌دهد. هرچه این عدد بزرگتر باشد، تنوع زمین‌شناسی آن بیشتر است. در مورد هیدرولوژی سعی شده است تعداد آبراهه‌های موجود در هر سلول ثبت شود. مثلا اگر سلولی تنها یک آبراهه داشته باشد عدد یک می‌گیرد و اگر سه آبراهه در یک سلول به هم رسیده یا از هم جدا شود عدد سه را دریافت می‌کند. هرچه تعداد آبراهه‌ها بیشتر باشد به علت تنوع فرم‌ها و عملکرد آبراهه‌ها، تنوع زمین‌شناسی بیشتری پدید می‌آورد. در مورد ژئومورفولوژی تعداد فرم‌های موجود در هر سلول محاسبه شده به‌طوری که هرچه تعداد آن‌ها بیشتر باشد، ژئودایورسیتی بیشتری دارد. در مورد این فرم‌ها می‌توان به مخروط‌افکنه، منحنی تراز و توپوگرافی، گسل، قنات، چشمه، فرم‌های بیابانی، دره‌ها، کانیون‌ها، دشت و کوه، فرایندهای فرسایشی آب، گالی، ستیغ، غار و .... اشاره نمود و اگر در سلولی،

تعداد این فرم‌ها بیشتر باشد، رتبه و عدد بیشتری دارد. بدیهی است هر چه عوارض ژئومورفولوژی بیشتری در نقشهٔ ژئومورفولوژی باشد، ژئودایورسیتی دقیق‌تر محاسبه می‌شود. ملیلی (۲۰۱۴) و پریرا و همکاران (۲۰۱۳) نیز در کارهای ارزیابی ژئودایورسیتی با تفاوت کمی از همین عارضه‌ها استفاده نموده‌اند؛ زیرا این عارضه‌ها می‌توانند نشان‌دهندهٔ ژئودایورسیتی بالای یک منطقه باشد.

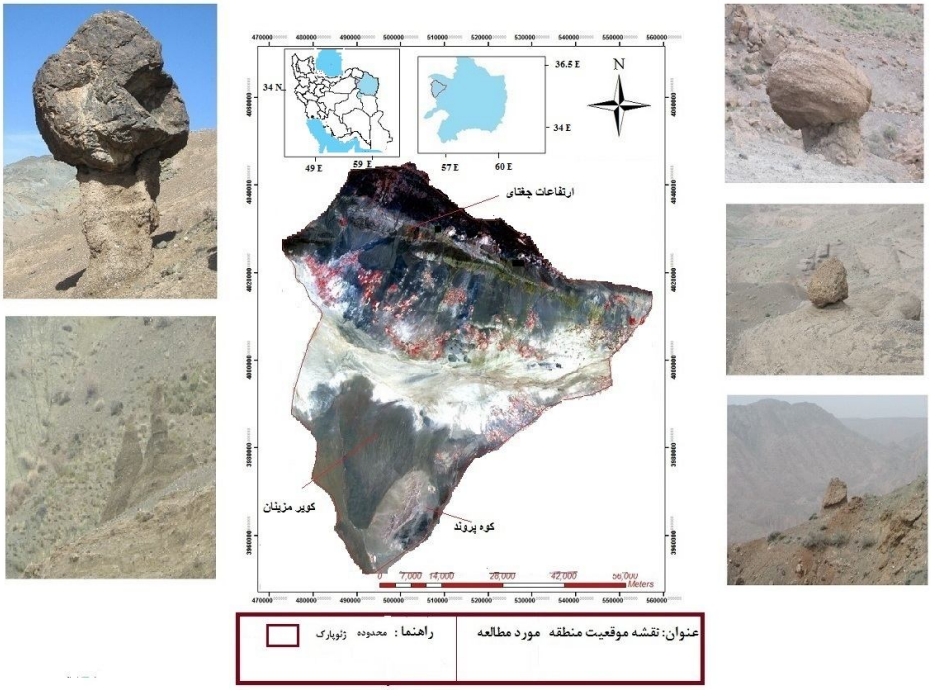
پس از شمردن تعداد عوارض، آن‌ها را در فرمول ژئودایورسیتی (رابطه ۱) سرانو و رویز فلانو (۲۰۰۷) قرار داده و با نرم‌افزار شاخص ژئودایورسیتی محاسبه گردید.

رابطه ۱ : $Gd= E_gR / L_nS$

که در آن Gd شاخص ژئودایورسیتی، E_g تعداد عناصر طبیعی موجود در هر واحد مثلا اگر در هر سلول یا شبکه، پنج نوع جنس زمین‌شناسی با عدد پنج را می‌گیرد و یا اگر سه پدیده ژئومورفولوژی همانند مخروط‌افکنه و ... عدد سه را می‌گیرد. در مورد هیدرولوژی از تعداد شاخه‌های رود در هر شبکه یا سلول می‌توان E_g را محاسبه کرد. R ضریب ناهمواری هر واحد که از راستا و جهت شیب انعکاسی فرایندهای ژئومورفولوژکی، هیدرولوژیکی و خاک محاسبه می‌گردد. این ضریب در نرم‌افزار GIS قابل محاسبه می‌باشد. S مساحت هر واحد و L_n لگاریتم عدد نپر است.

محدوده و قلمرو پژوهش

محدودهٔ مورد مطالعه با مساحتی معادل ۴۲۵۷ کیلومترمربع در غرب خراسان رضوی واقع است که شامل بخش‌هایی از شهرستان‌های سبزوار و داورزن می‌شود. طول جغرافیایی منطقه بین ۵۶ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۵۷ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی آن بین ۳۵ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۳ دقیقه شمالی قرار دارد. در این منطقه رخداد مهم تکتونیکی کرتاسه بالایی به وقوع پیوسته و سنگ‌های بازیک و اولترابازیک با رسوبات این دوره درهم آمیخته و موجب ایجاد آمیزهٔ رنگین در سراسر ایران از جمله رشته کوه جغتای در ژئوپارک منطقهٔ تحقیق می‌شود. نوار افیولیتی واقع در شمال منطقه از سری افیولیتی کرتاسه و سنگ‌های رسوبی همراه، سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی ائوسن زیرین تا بالایی، سنگ‌های رسوبی میوسن و پلیوسن، نهشته‌های عهد حاضر و نیز توده‌های نفوذی دیوریتی، گابرویی، گرانیتی و نیمه ژرف داسیتی می‌باشد. آهک‌های پلاژیک گلی رنگ به همراه لیستونیت به رنگ زرد پرتقالی به مقدار زیاد در این مجموعه افیولیتی دیده می‌شود. در بسیاری از حالات آهک اوربیتولین دار، قدیمی‌ترین لایه‌هایی هستند که می‌توان بر روی گرانیت‌ها مشاهده کرد. قدیمی‌ترین سازندهای منطقهٔ‌هارزبورنیک است که به پیش از کرتاسه پسین بر می‌گردد (درویش‌زاده، ۱۳۸۱: ۴۵۳-۳۷۰). تنوع رنگ در برونزدهای این رشته کوه در کشور منحصر به فرد است. رودخانهٔ کال‌شور از مرکز این منطقه عبور و آب‌های این منطقه را زهکشی می‌کند. در جنوب و غرب منطقه، کویر و فرایندهای بادی مناظر منحصر به فردی را ایجاد نموده است. این منطقهٔ چیدمانی از فرایندهای آتشفشانی، ساختمانی، آبی و بادی است و تنوع لندفرمی زیادی دارد (شکل ۳).

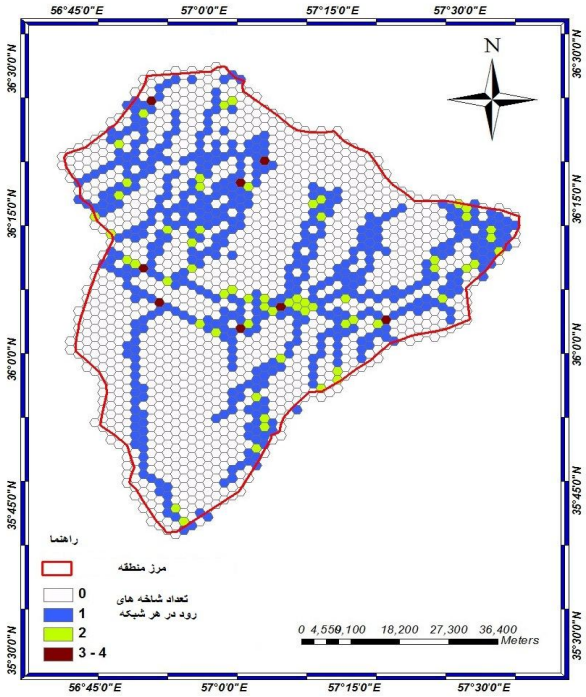


شکل ۳: نقشهٔ موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه

بحث اصلی

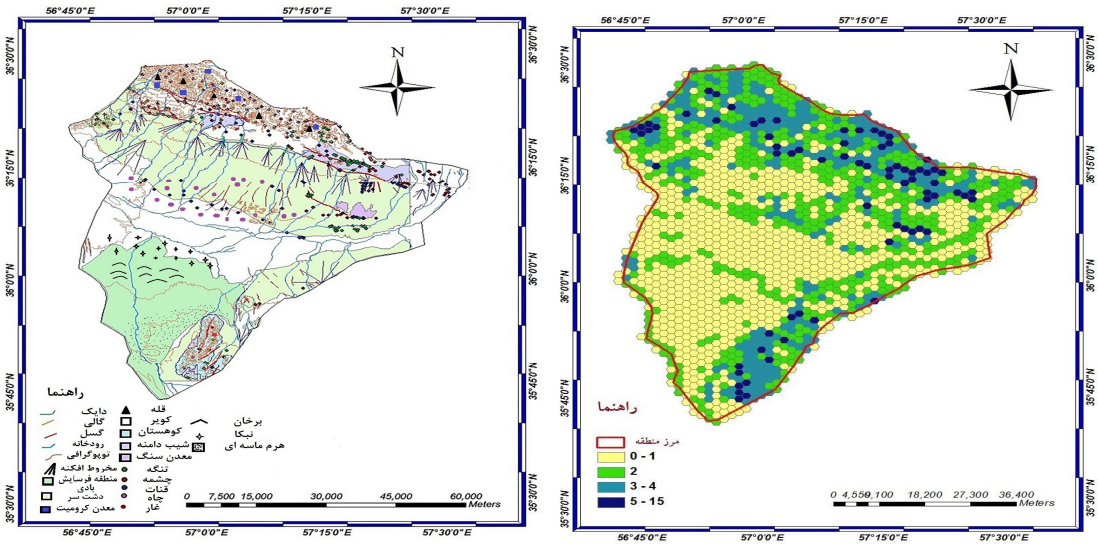
با توجه به روش‌های به‌کارگرفته در قسمت مواد و روش‌ها و پس از شمارش تعداد لندفرم‌ها و پدیده‌های زمین‌شناسی، تعداد آبراهه‌ها و لندفرم‌های ژئومورفولوژی و محاسبهٔ شاخص ژئودایورسیتی طبق فرمول سرانو و فلانو، اطلاعات به جدول نقشهٔ شبکه‌بندی‌شده اضافه شده و خروجی کار در چند بخش ارائه می‌شود:

ژئودایورسیتی براساس تنوع هیدرولوژی در هر شبکه: در این نقشه شکل شماره چهار، رنگ قهوه‌ای، تعداد سه یا چهار آبراهه در هر سلول، سبز روشن، دو آبراهه و آبی یک آبراهه را نشان می‌دهد و سلول‌های بی‌رنگ هم نشان‌دهندهٔ آن است که سلول هیچ آبراهه ای در خود ندارد. همان طوری‌که از این نقشه استنباط می‌گردد، تمرکز دایورسیتی در مرکز منطقه بیشتر از دیگر قسمت‌هاست. مسیر اصلی رود کالشور نیز قسمت مرکز منطقه عبور کرده و طبیعتا مناظر هیدرولوژیکی بیشتری را به وجود آورده است. نکتهٔ دیگری که در این قسمت وجود دارد این است که ژئودایورسیتی براساس هیدرولوژی در محل اتصال شاخه‌های رود به اوج خود رسیده است. با توجه به ارتفاعات جغتای در شمال منطقه و از طرفی شرایط کویری جنوب منطقه به وضوح دیده می‌شود که نیمهٔ شمالی منطقه به علت تغذیه از برف و باران بیشتر و درنتیجه تعداد آبراهه‌های بالاتر از ژئودایورسیتی بیشتری برخوردار است.



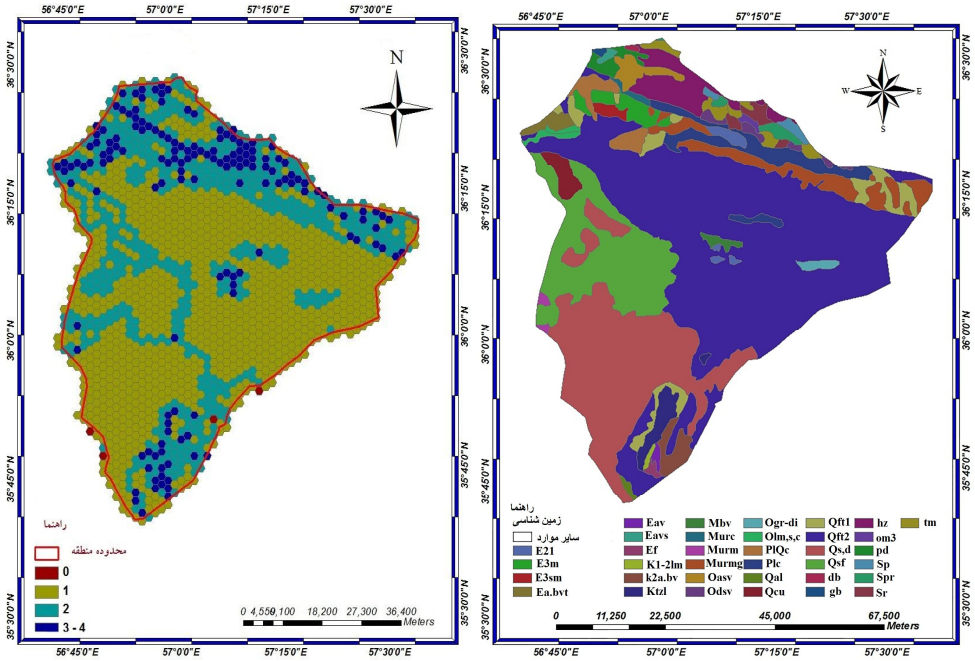
شکل ۴: نقشهٔ خروجی ژئودایورسیتی منطقه براساس تعداد رودخانه‌ها

ژئودایورسیتی براساس تعداد فرم‌های ژئومورفولوژی در هر شبکه: اگر ژئودایورسیتی براساس ژئومورفولوژی، منطقه به چهار قسمت دسته‌بندی شود، نتیجه می‌شود که دسته‌های پایین (۱ و ۲ پدیده در هر سلول که با رنگ‌های زرد و سبز در نقشهٔ شماره ۵ مشاهده می‌شوند)، بیشتر در مرکز و جنوب غرب منطقه دیده می‌شوند. دسته‌های با ژئودایورسیتی بیشتر (بالغ بر دو پدیده ژئومورفولوژی در هر شبکه که با رنگ‌های آبی کم رنگ و پر رنگ مشخص شده‌اند)، در شمال و جنوب شرق منطقه مشاهده می‌شوند(شکل ۵). دلیل این امر می‌تواند ارتفاعات جغتای در شمال و پروند در جنوب منطقه باشد که اشکال مورفولوژیکی زیادی را خلق نموده است و نیز کویر مزینان در مرکز و غرب منطقه باشد که یکنواختی خاصی به چهره زمین داده است.



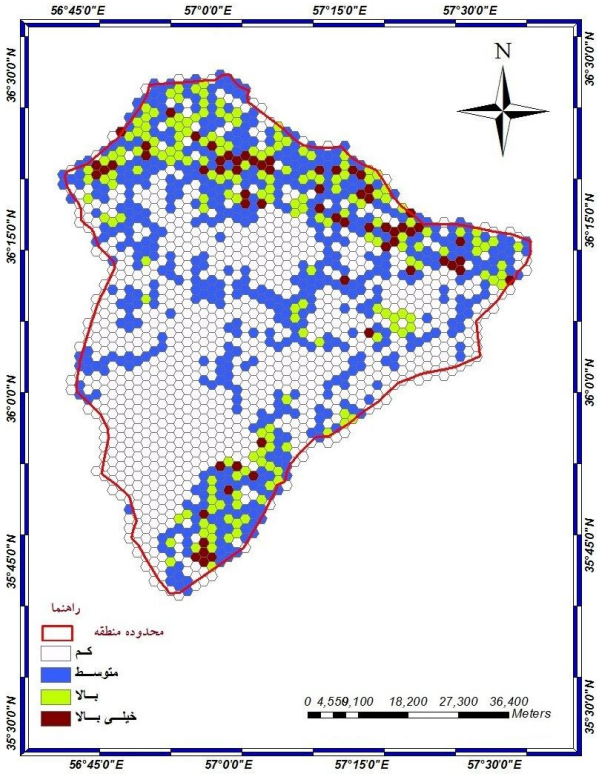
شکل ۵: نقشهٔ ژئومورفولوژی (بالا) و نقشهٔ خروجی ژئودایورسیتی منطقه براساس تعداد فرم‌های ژئومورفولوژی (پایین)

ژئودایورسیتی براساس تنوع جنس زمین‌شناسی در هر شبکه: براساس زمین‌شناسی پس از محاسبهٔ تعداد لایه‌های رویی سنگ شناسی در هر سلول، ژئودایورسیتی را می‌توان همانند نقشهٔ شکل ۶ نشان داد. بیشترین ژئودایورسیتی در قسمت شمال منطقه دیده می‌شود. دلیل این امر این است که افیولیت ملانژها با تنوع و گستردگی رخدادها و عملکردهای ساختمانی و تکتونیکی، جنس زمین‌شناسی متنوعی را ایجاد کرده است. در جنوب شرق منطقه نیز ارتفاعات پروند، تنوع خاصی به زمین‌شناسی منطقه داده است. در مرکز نقشه چند نقطه تنوع بالایی دارد که می‌توان دلیل آن را در کوههای آتشفشانی مقیسه جستجو کرد که در امتداد گسلی بیرون زده شده‌اند(شکل ۶).



شکل ۶: نقشهٔ زمین‌شناسی منطقه (سمت راست) و خروجی ژئودایورسیتی منطقه براساس تنوع جنس زمین‌شناسی سمت چپ

ژئودایورسیتی براساس سه عامل هیدرولوژی، ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی و فرمول سرانو و فلانو: اگر سه عامل هیدرولوژی، ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی و نیز اعمال فرمول سرانو و فلانو در ژئودایورسیتی تأثیر داده شوند، ارزیابی ژئودایورسیتی بدون نقص و کامل‌تر خواهد شد. نقشهٔ شکل شماره ۷، خروجی ژئودایورسیتی بر مبنای سه عامل ذکر شده و اعمال فرمول ژئودایورسیتی است.



شکل ۷: نقشهٔ خروجی ژئودایورسیتی منطقه براساس تعداد رودخانه‌ها، فرم‌های ژئومورفولوژی و تنوع جنس زمین‌شناسی

همان‌طور که مشاهده می‌گردد ژئودایورسیتی در چهار دسته کلی کم، متوسط، بالا و خیلی بالا قرار دارد. ژئودایورسیتی خیلی بالا ۱۶۶ کیلومتر مربع از مساحت ۴۲۵۷ کیلومتری(۳/۹ درصد) را به خود اختصاص می‌دهد که در شمال و جنوب‌غربی منطقه مشاهده می‌شود. در نقشهٔ زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی هم دیده می‌شود که قسمت‌های شمالی بیشترین ژئودایورسیتی را دارد، اما هیدرولوژی منطقه به دلیل وجود کال‌شور و اتصال شاخه‌های بشتر رود در مرکز، ژئودایورسیتی بیشتری دیده می‌شود. ۴۹۱ کیلومترمربع یعنی ۱۱/۵ درصد از مساحت منطقه ژئودایورسیتی بالایی دارد که بیشتر در شمال و شرق منطقه دیده می‌شود. این قسمت بیشتر از ژئومورفولوژی و تا حدودی از هیدرولوژی منطقه تبعیت می‌کند تا مؤلفه‌های زمین‌شناسی منطقه. رنگ‌های آبی در نقشهٔ شکل(۷) دارای ژئودایورسیتی متوسط است که ۱۵۷۱ کیلومترمربع معادل ۳۷/۲ درصد از منطقه را پوشش می‌دهد. این ژئودایورسیتی به غیر از بخش‌های جنوب غربی و مرکز در همهٔ نواحی منطقه مشاهده می‌شود. همان‌گونه که از نقشه‌های شکل ۴، ۵، ۶ و ۷ بر می‌آید این میزان از تنوع زمین‌شناختی در تمامی اشکال به یک میزان است و از هر سه موضوع تبعیت کرده است. درنهایت ۴۷/۴ درصد از وسعت منطقه، ژئودایورسیتی کمی دارند که بیشتر در مرکز و جنوب‌غربی متمرکزاند. همان‌جایی‌که فرایندهای بادی فرایند مسلط در شکل‌زایی فرایندهای ژئومورفولوژی است. از طرفی جنس زمین و رخداهای زمین‌شناسی تنوع کمتری داشته و آب به علت خشکی منطقه از فعالیت کمتری دارد. فرم‌های ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی خوب منطقه می‌تواند نمرهٔ ژئودایورسیتی منطقه را بالا ببرد که نمونه‌هایی از فرم‌ها و تنوع پدیده‌های زمین‌شناسی در شمال منطقه در شکل شماره ۸ مشاهده می‌گردد.

شکل ۸: نمونه‌هایی از فرم‌ها و تنوع زمین‌شناختی در شمال منطقه و در ارتفاعات جغتای

جمع بندی و نتیجه‌گیری

عوارض و پدیده‌های زمین‌شناختی که شواهد و مدارک چند هزار و گاه چندمیلیون سال تحول کرهٔ زمین هستند، همواره در حال تغییر و تحول بوده و نسبت به عامل‌های محیطی گوناگون، حساس و شکننده هستند. نقش انسان در این بین شاید از دیگر نقش‌ها بیشتر باشد. امروزه تعریف، ارزیابی و تشخیص ژئودایورسیتی، برخی از دورنماهای بسیار مهم برای علوم زمین را ارائه می‌نماید. به‌رغم نتایج عالی دریافت شده از تحقیقات ملی و بین المللی، در ارزیابی‌های کمی ژئودایورسیتی هنوز یک روش مدون ارائه نشده است. توسعهٔ یک روش‌شناسی شایسته برای ارزیابی ژئودایورسیتی هم از نقطه‌نظر تئوری و هم کاربردی یک موضوع کلیدی است. چند نکتهٔ کلیدی شاخص هنوز لاینحل باقی مانده است، از قبیل:

- چه معیارهایی بایستی برای ارزیابی ژئودایورسیتی مورد استفاده قرار گیرند؟
- آیا اندازهٔ منطقهٔ تحقیق بر نوع معیار و شاخص‌ها تأثیر می گذارد؟
- نتایج یک متدولوژی معین چگونه بایستی ارائه شوند (به عنوان مثال، نقشه؟ نمودار؟...).

برای ارزیابی ژئودایورسیتی عوامل مختلفی از قبیل زمین شناسی، ژئومورفولوژی، هیدرولوژی بیودایورسیتی و خاک و ... مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

برای حفاظت از میراث زمین‌شناسی ژئوپارک غرب خراسان رضوی از ارزیابی شاخص ژئودایورسیتی علاوه بر ژئومورفوسایت‌ها استفاده شده است. با توجه به یافته‌های تحقیق در این منطقه، نتایج زیر حاصل گردیده است:

- ژئودایورسیتی در شمال و جنوب منطقه زیاد است. دلیل آن وجود رشته کوههای جغتای در شمال و کوه پروند در جنوب منطقه است.
- در مرکز و غرب به دلیل گستردگی کویر و یکنواختی لایه رویی سطح زمین، ژئودایورسیتی قابل توجهی مشاهده نمی‌شود.
- قسمت‌های اندکی در مرکز منطقه به صورت ناپیوسته و نقطه‌ای، ژئودایورسیتی خوبی را نشان می‌دهد که دلیل آن فرایندهای فرسایشی کال‌شور و آتشفشان‌های گسلی در آن نقاط است که از محل گسل بیرون زده‌اند.
- افیولیت ملانژها در شمال منطقه به دلیل گستردگی رنگ و تنوع جنس زمین‌شناسی میزان ژئودایورسیتی را در شمال چند برابر کرده است.
- برای حفاظت از میراث زمین‌شناسی منطقه و بهره برداری‌های اقتصادی از آن، کافی است این نقشه تقدیم مدیرانی همچون سازمان میراث فرهنگی و گردشگری، اداره صنایع و معادن، اداره محیط زیست، دهیاری‌ها و... شده تا نسبت به نواحی با

ژئودایورسیتی بیشتر حساسیت بیشتری به خرج دهند و در برنامه‌ریزی‌های گردشگری، استخراج معادن و آموزش مردم محلی به کار گیرند.

منابع

۱. انصاری‌فر، مجتبی. حسین روشن‌رأی و عبدالرضا روشن ضمیری و ادریس روشن‌ضمیری. ۱۳۹۲. بررسی ژئودایورسیتی منطقهٔ سد تنگ‌سهران بشاگرد، مکران(جنوب‌شرق ایران). اولین همایش ملی مجازی علوم زمین، ارومیه، انجمن کاوشگران جوان زمین ارومیه، https://www.civilica.com/Paper-GEOCKU01-GEOCKU01_114.html

۲. درویش‌زاده، علی. ۱۳۸۱. زمین‌شناسی ایران . انتشارات امیرکبیر، چاپ سوم، صص ۹۰۲-۱.

۳. صفاری، امیر. حمید گنجائیان، مژده فریدونی کردستانی و زهرا حیدری. ۱۳۹۸. بررسی توانمندی‌های ژئوتوریسمی با استفاده از روش‌های ارزیابی و پهنه‌بندی (مطالعه موردی: شهرستان‌های دیواندره و سقز). مجله آمایش جغرافیا ، سال نهم، شماره مسلسل سی و یکم، بهار ۹۸، صص ۱۵۶-۱۴۱.

۴. صفاری، امیر. سعید رحیمی هرآبادی، مجتبی هدائی آرانی و مهدی احمدی. ۱۳۹۳. ارزیابی توانمندی ژئومورفوسایت‌های گردشگری در پایداری و مدیریت مناطق کارستیک(مطالعه موردی: غارچال نخجیر، استان مرکزی). مجله آمایش جغرافیایی فضا، سال چهارم، شماره مسلسل چهاردهم، زمستان ۱۳۹۳، صص ۳۶-۱۹.

۵. یزدی، عبدالله.۱۳۹۲. ژئودایورسیتی ایران، عامل ارتقاء ژئوتوریسم و توسعهٔ پایدار. دومین همایش ملی گردشگری و طبیعت گردی ایران زمین، همدان، شرکت هم اندیشان محیط زیست فردا صص ۱-۱۱، https://www.civilica.com/Paper-CTEI02-CTEI02_169.html

۶. یزدی، عبدالله. محمد فودازی و الهام شاه‌حسینی. ۱۳۹۳. زمین شناختی، ژئوکانزرویشن و اصول مدیریت در کاربری ژئوسایت‌ها. اولین کنفرانس ملی جغرافیا، گردشگری، منابع طبیعی و توسعه پایدار، تهران، مؤسسهٔ ایرانیان، قطب علمی برنامه‌ریزی و توسعهٔ پایدار گردشگری دانشگاه تهران، https://www.civilica.com/Paper-NCGTSD01-NCGTSD01_227.html

7. Alexandrowicza, Zofia. Margielewskilow, Włodzimierz, 2010. Impact of mass movements on geoand biodiversity in the Polish Outer (Flysch) Carpathians. Geomorphology 123: 290-304.
8. Benito-Calvo, Alfonso. Pérez-González, Alfredo. Magriand,O, Meza, Perdomo, , 2009. Assessing regional geodiversity: the Iberian Peninsula, Earth Surface Processes and Landforms, 34:1433-1445.
9. Brilha José, 2015. Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review Geoheritage, The European Association for Conservation of the Geological Heritage, p 16.
10. Bruschi Viola Maria, Cendrero Antonio.2009. Direct and parametric methods for the assessment of geosites and geomorphosites. In: Reynard E, Coratza P, Regolini-Bissig G (eds) Geomorphosites. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München. Section II, pp 73-88.
11. Cleal, C.J. 2007. Geoconservation – what on Earth are we doing? In Hlad, B., & Herlec, U. (Eds.), Regional Conference on Geoconservation: Geological heritage in the South-European Europe. Book of abstracts (p. 25). Ljubljana: Environmental Agency of the Republic of Slovenia. Retrieved from http://arsis.net/circular/ProGEO-Abstract.pdf.
12. Com˘anescu Laura, Alexandru Nedelea, 2012. The assessment of geodiversity – a premise for declaring the geopark Buz˘aului County (Romania), J. Earth Syst. Sci. 121(6): 1493-1500.
13. Dixon, Grant. 1996. Geoconservation: An International Review and Strategy for Tasmania. Occasional Paper 35. Hobart, Tasmania: Parks & Wildlife Service.
14. Gordon, John Elise, Barron, Hugh., Hansom, Jim, Thomas, michael, 2012. Engaging with geodiversity—why it matters. Proceedings of the Geologists' Association 123: 1-6.
15. Gordon, John Elise, Dvorak, Igor, Jonasson, Christer, Josefsson, Melanie, Kocianova, Milena, Thompson, Des B.a.

2002, Geo-ecology and management of sensitive montane landscapes. Geografiska Annaler 84A, 193-203.
16. Gray, Murray. 2004. Geodiversity. Valuing and Conserving Abiotic Nature. Wiley, Chichester.
17. Gray, Murray. 2008. Geodiversity: developing the paradigm. Proceedings of the Geologists' Association 119: 287-298.
18. Gray, Murray.2013. Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature, Second Edition. Published by John Wiley & Sons, Ltd.
19. Hjort Jan, Miska Luoto. 2012. Can geodiversity be predicted from space? Geomorphology 153-154 & 74-80
20. Hjort, Jan, Luoto, Miska, 2010. Geodiversity of high latitude landscapes in northern Finland. Geomorphology 115: 109-116.
21. Justyna Warowna, Wojciech Zgłobicki, Grzegorz Gajek, Małgorzata Telecka,Renata Kołodyńska-Gawrysiak, Paweł Zieliński 2014. Geomorphosite Assessment In The Proposed Geopark Vistula River Gap (E Poland) Quaestiones Geographicae, Journal of Maps, 9(2): 173-180.
22. Kääb, Andreas. 2008. Remote sensing of permafrost-related problems and hazards, Permafrost and Periglacial Processes 19(2): 107-136.
23. MELELLI, Laura, 2014. Geodiversity: A New Quantitative Index For Natural Protected Areas Enhancement, Geo Journal of Tourism and Geosites Year VII,. 11(3): 2-12.
24. NĂSTASE Mihaela, Roxana CUCULICI, George MURĂTOREANU, Ines Grigorescu, Carmen-sofia dragotă, 2012. A gis-based assessment of Geodiversity in the maramures mountains Natural park. a preliminary approach, European Scgis Conference “Best practices: Application of GIS technologies for conservation of natural and cultural heritage sites” pp, 17-22.
25. Neches, Irina-Maria, 2015. Geodiversity beyond material evidence: a Geosite Type based interpretation of geological heritage 2015. Proceedings of the Geologists’ Association, PGEOLA-483; No. of Pages 12
26. Olaya, Victor, 2009. Basic land-surface parameters. In: Hengl, T., Reuter, H.I. (Eds.), Geomorphometry: Concepts, Software, Applications. Elsevier, Amsterdam, pp. 141-169.
27. Panizza, Mario, 2009. The geomorphodiversity of Dolomites (Italy): a key of geoheritage assessment. Geoheritage 1: 33-42.
28. Parks, Katherine, Mulligan, Mark, 2010. On the relationship between a resource based measure of geodiversity and broad scale biodiversity patterns. Biodiversity and Conservation 19: 2751-2766.
29. Pellitero, Ramón, Maria José Gonzلlez-Amuchastegui , Purificación Ruiz-Flaño , Enrique Serrano Geoheritage, 2011. Geodiversity and Geomorphosite Assessment Applied to a Natural Protected Area: the Ebro and Rudron Gorges Natural Park (Spain) 3:163-174
30. Pellitero, Ramon, González-Amuchastegui, Maria jose, Ruiz-Flaño, Purificacion, Serrano, Erique, 2011. Geodiversity and geomorphosite assessment applied to a natural protected area: the Ebro and Rudron Gorges Natural Park (Spain). Geoheritage 3: 163-174.
31. Pereira, Diamantino Insua, Paulo Pereira, Jose´ Brilha, Leonardo Santos. 2013. Geodiversity Assessment of Parana´ State (Brazil): An Innovative Approach, Environmental Management, pp 541-552, DOI: 10.1007/s00267-013-0100-2.
32. Pereira, Diamantino Insua, Paulo Pereira, Jose´ Brilha, Leonardo Santos Jan Hjorta. 2012. Miska Luoto Geodiversity Assessment of Parana´ State (Brazil): An Innovative Approach, Geomorphology 153-154 & 74-80.
33. Prosser, Colin, Burek, Cynthia, Evans, David, Gordon, John Elise., Kirkbride, Vanessa, Rennie, Alistair, Walmsley, Clive, 2010. Conserving geodiversity sites in a changing climate: management challenges and responses. Geoheritage 2: 123-136.
34. Reynard, Emmanuel, 2004. Geotopos, geomorphosites et paysages

geomorphologiques, in Reynard, E., and Pralong, J.P., (eds.), Paysages geomorphologiques, 123-136, Travaux and Recherches, 27, IGUL, Lausanne

35. Serrano Cañadas Enrique, Ruiz-Flaño, Purificacin, 2007. Geodiversity: a theoretical and applied concept. Geographica Helvetica, 62: 140-147.
36. Serrano Cañadas, Enrique, y Ruiz Flaño, Purificacin. 2007. Geodiversity: concept, assessment and territorial aplication. The case of tiermes-caracena (SORIA), Boletín de la A.G.E. N.º 45 - 2007, págs. 389-393.
37. Sharples, Chris. 2002. Concepts and principles of geoconservation. Hobart, Tasmania: Parks & Wildlife Service. Retrieved from http://xbiblio.ecologia.edu.mx/biblioteca/Cursos/Manejo/Geoconservation.pdf.
38. Silva, Juliana De Paula, Diamantino Pereira, Alexandre M. Aguiar, & Cleide Rodrigues, 2013. Geodiversity assessment of the Xingu drainage basin, Journal of Maps, pp 254-262, http://dx.doi.org/10.1080/17445647.2013.775085
39. Thomas Michael. 2012. A geomorphological approach to geodiversity – its applications to geoconservation and geotourism Quaestiones Geographicae 31(1), Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, pp. 81-89.
40. UNESCO. 1972. Convention concerning the protection of the world cultural and natural heritage. Retrieved from http://whc.unesco.org/archive/convention-en.pdf
41. Van Loon, Tom, 2008 Geological education of the future. Earth-Science Reviews 86: 247-254.
42. Virtanen, Risto., Luoto, Miska., Rämä, Teppo., Mikkola, Kari., Hjort, Jan., Grytnes, J.A., Birks, H.J.B. 2010. Recent vegetation changes in the high-latitude tree-line ecotone are controlled by geomorphological disturbance, productivity and diversity. Global Ecology and Biogeography 19(6): 810-821.
43. Zhou, Qiming, Lees, Brian, Tang, Gue-an, 2008. Advances in Digital Terrain Analysis.Springer, Berlin. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, ISSN: 1863-2246