پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال یازهم، شماره ۴، بهار ۱۴۰۲
صص. ۲۲۹-۲۱۰

بررسی ارتباط بین معیارهای تنوع زمینی و درجه حساسیت‌پذیری چشم‌اندازها در پهنه کپه داغ شرقی

سیما توسلی- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد.
عادل سپهر*- دانشیار ژئومورفولوژی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد.
عباس قادری- استادیار زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد.

پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۶/۱۲ تائید نهایی: ۱۴۰۱/۱۱/۲۴

چکیده

تنوع زمینی توسط معیارهای مختلفی همچون کانی، فسیل، خاک، اقلیم، چشم‌اندازها و فرآیندهای مؤثر در تشکیل آن‌ها، قابل ارزیابی است. حساسیت‌پذیری بر توانایی مناظر برای مقاومت در برابر تغییر تأکید می‌کند که تابعی از انعطاف‌پذیری است. این پژوهش با هدف بررسی میزان ارتباط بین معیارهای تنوع زمینی با درجه حساسیت‌پذیری چشم‌اندازها انجام شده است. ابتدا اولویت‌بندی و تعیین میزان تأثیر هریک از معیارهای تنوع زمینی، با استفاده از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و توسط نرم افزار Expert Choice 11 انجام شد. نتایج، بیانگر آن است که بین زیرمعیارهای منتخب، پوشش گیاهی (۰/۴۹۵) و سپس سنگ‌شناسی (۰/۳۳۶)، از بالاترین میزان اهمیت برخوردار می‌باشند. همچنین بر اساس اولویت‌بندی معیارهای انتخابی فوق، بیشترین وسعت منطقه مورد مطالعه (۴۵٪)، دارای تنوع زمینی متوسط می‌باشد. سپس میزان ارتباط هر یک از معیارها با درجه حساسیت‌پذیری چشم‌اندازها توسط آزمون آماری پیرسون، ارزیابی شد (نرم افزار SPSS 21). نتایج تجزیه و تحلیل‌های صورت‌گرفته نشان می‌دهد که تنها زیرمعیار فسیل با ضریب ۰/۲۳۳-رابطه منفی با میزان حساسیت‌پذیری دارد. بالاترین میزان ضریب همبستگی مربوط به پوشش گیاهی با ضریب ۰/۵۶۶ است. ضریب به‌دست آمده برای هر کدام از زیرمعیارها به لحاظ شدت ارتباط در سطح متوسط بوده و هریک از ضرایب همبستگی حاصل شده برای زیرمعیارها، با توجه به سطح معناداری (۰/۰۰۰) با ۹۹٪ سطح اطمینان قابل پذیرش است. یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که بخش عمده محدوده مطالعاتی، از نظر حساسیت‌پذیری و تخریب، منطقه‌ای بحرانی محسوب می‌شود. همچنین حفاظت از پوشش گیاهی منطقه در برابر عوامل مخرب، نسبت به بقیه زیرمعیارها در اولویت است.

واژگان کلیدی: **معیارهای تنوع زمینی، درجه حساسیت‌پذیری، چشم‌انداز، مدل تحلیل سلسله‌مراتبی، پهنه کپه‌داغ شرقی.**

---

* نویسنده مسئول: E-mail: adelsepehr@um.ac.ir

مقدمه

تنوع زمینی[۱]، کیفیتی که همواره سعی بر حفاظت آن بوده است، یکی از ارزش‌های مهم برای ارزیابی چشم‌اندازها[۲] در ژئومورفولوژی است. تنوع زمینی برای حفاظت میراث زمین‌شناسی[۳]، داده‌های محرزی از پیچیدگی‌های چشمگیر یک منطقه را ارائه می‌کند، ضمن این که با بررسی زمین از منظر تنوع زمینی می‌توان به درک بهتری از منابع طبیعی رسید. با توجه به اقبال گسترده به مطالعات تنوع زمینی به ویژه در دهه‌های اخیر، مروری کلی بر پیشینه پژوهش‌های انجام شده در این زمینه ضروری است. در ایران، سپهر با بحث بر روی وراثت ژئومورفیک، تنوع زمینی و مخاطرات، یکنواختی در فرآیند و اطلاعات ژئومورفولوژیکی درون سیستم را عامل آسیب‌پذیری سیستم در برابر تغییرات محیطی دانسته و معتقد است پاسخ چنین ژئوسیستم‌هایی، ثبات تا مرز فروپاشی خواهد بود (سپهر، ۱۳۹۱: ۱۲-۱۰). باتجربه و همکاران با هدف شناسایی عوامل تأثیرگذار بر تنوع زمینی، نقشه تنوع زمینی شهرستان مشهد را بر پایه اختلاف حساسیت‌پذیری چشم‌اندازها تهیه کرده‌اند (باتجربه و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۱۱). گلی مختاری و بیرامعلی با استفاده از پارامترهای خشونت ناهمواری، تعداد عناصر غیر زنده و لگاریتم مساحت هر یک از سه پهنه مطالعاتی در شهرستان اشتهارد، داده‌های کیفی را با استفاده از فرمول شاخص تنوع زمینی به داده‌های عددی تبدیل و بعد از محاسبه و مقایسه، تصویری از شرایط حفاظتی منطقه ارائه و آن را به عنوان سایتی با قابلیت تبدیل به مکانی مناسب جهت گردشگری معرفی کرده‌اند (گلی مختاری و بیرامعلی، ۱۳۹۷: ۱۴). قهرودی تالی و همکاران، تنوع ژئوسایت‌ها در حوضه بالادست سد کرج را با هدف مدیریت محیطی مورد بررسی قرار داده‌اند و نتایج ایشان بیانگر ارتباط نزدیک تنوع زمینی با چشم‌اندازها در منطقه مذکور بوده است، ضمن این که در این میان ژئوسایت‌های ژئومورفولوژیکی و تکتونیکی درصد آسیب‌پذیری بالاتری داشته‌اند (قهرودی تالی و همکاران،۱۴۰۰: ۱۶). زاوالنسکی، شیوه‌ای برای استخراج نقشه تنوع زمینی کوههای کارپاتین ارائه کرده و با همپوشانی نقشه‌های انرژی، خردشدگی و حفاظت چشم‌اندازها و استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی[۴]، نقشه تنوع جغرافیایی را تولید نموده است (زاوالنسکی[۵]، ۲۰۰۹: ۸۵-۷۷). گری[۶] ضمن مقایسه تنوع زمینی با تنوع زیستی، ضمن ارزیابی تهدیدات زمین‌شناختی، راهکارهایی به منظور مدیریت و حفاظت از آن ارائه داده است (گری، ۲۰۰۴: ۴۳۴). ارهارتیک[۷] و زورن[۸] با ارزش‌گذاری تنوع و میراث زمین‌شناختی، شیوه‌ای جهت تأیید میراث زمین‌شناختی خاص که صلاحیت حفاظت و حمایت قانونی را دارد ارائه داده‌اند (ارهارتیک و زورن، ۲۰۱۲: ۶۳-۵۱). نجور[۹] و همکاران، در مطالعه‌ای، یک روش جدید برای ارزیابی اجزای محیط طبیعی در پاسخ به تعریف تنوع زمینی ارائه داده‌اند. اساس این ارزیابی انتخاب معیارهای ژئومورفیک بوده است. ایشان با در نظر گرفتن معیارهایی چون توپوگرافی، شاخص همگرایی ارتفاع نسبی، انرژی چشم‌اندازها، زمین‌شناسی، اصول هیدروگرافی و ارزش دادن به آنها با استفاده از روش ارزیابی معیارهای چندگانه MEC و تولید نقشه نهایی چشم‌اندازهای تنوع زمینی در محیط GIS، به این نتیجه رسیدند که دو دره ایلگرابن[۱۰] و دربرانس[۱۱] در کوه‌های سوئیس و لهستان می‌توانند به عنوان سایت‌های زمین شناسی با اهمیت طبیعی در نظر گرفته شوند (نجور و همکاران، ۲۰۱۴: ۶۲-۵۲). ملیلی[۱۲] و همکاران به بررسی معیارها و شاخص‌های اشکال تنوع

---

1. Geodiversity
2. Landforms
3. Geoheritage
4. GIS
5. Zwolinski
6. Gray
7. Erhartič
8. Zorn
9. Najwer
10. Ilgraben
11. Drbrance
12. Melelli

زمینی پرداخته و از آن جا که به دست آوردن و استاندارد کردن نقشه‌های ژئومورفولوژی همیشه آسان نیست، از توپوگرافی به عنوان نشانگری برای استنباط ریخت شناسی استفاده کردند (ملیلی و همکاران، ۲۰۱۷: ۱۵۹–۱۵۱). پاترو استپاریو[1] و همکاران ویژگی‌های تنوع زمینی و تنوع پوشش گیاهی را در تحلیل الگوهای چشم‌انداز به کار بردند و دریافتند که درک ارتباط میان این دو متغییر در چشم‌انداز، می‌تواند نقش موثری در برنامه‌ریزی و توسعه راهکارهای مدیریتی ایفا کند (پاترو استپاریو و همکاران، ۲۰۱۷: ۳۷۵–۳۶۳). جیاردینو[2] و همکاران، با پژوهشی بر روی دره سوسا[3] در رشته کوه آلپ، با هدف بهبود دانش مدیریت تنوع زمینی و کاهش خطرات طبیعی و با روش‌های علمی نوین به بررسی تأثیر فشارهای انسانی بر تنوع زمینی پرداختند. به باور ایشان، درک قوی‌تر از خطرات طبیعی، کمک ارزشمندی به کاهش آسیب پذیری محلی در برابر بلایا و حمایت از توسعه پایدار می‌نماید (جیاردینو و همکاران، ۲۰۱۳: ۱۲–۷). با این پیشینه، سؤالات کلیدی که در پژوهش حاضر مدنظر قرار خواهد گرفت این است که ترتیب اولویت تأثیر معیارهای تنوع زمینی در حساسیت‌پذیری چشم‌اندازها در ناحیه کپه داغ شرقی چگونه است و اصولاً آیا بین معیارهای تنوع زمینی منتخب، با درجه حساسیت‌پذیری چشم‌اندازها ارتباطی وجود دارد یا خیر؟ دست‌یابی به پاسخ پرسش‌های فوق، نیازمند شناخت مفاهیمی چون درجه حساسیت‌پذیری، چشم‌انداز و معیارهای تنوع زمینی است تا با این رویکرد و استفاده از نرم افزارهای Expert Choice و SPSS به همراه مطالعات میدانی به پاسخی منطقی برای این پرسش‌ها دست یافت. در این راستا قبل از ورود به بحث، کلیاتی از مبانی نظری در این زمینه ارائه خواهد شد.

مبانی نظری

مفهوم تنوع زمینی، مجموعه‌ای از پدیده‌های مرتبط با علوم زمین نظیر کانی، فسیل و خاک تا چشم‌اندازهای حاصل از فرآیندهایی چون فرسایش، رسوب‌گذاری، دینامیک و تکتونیک را دربرمی‌گیرد. به خاطر ناهمگونی خواص فیزیکی سطح زمین، پدیده‌ها و شکل‌های زمین نیز تنوع فراوانی دارند که می‌توان آنها را به عنوان ویژگی‌های بارز چشم‌انداز دانست. واژه تنوع زمینی با تالیف کتابی به همین نام، توسط ماری گری در سال ۲۰۰۴ تشریح شد (گری، ۲۰۰۴). از دهه ۲۰۰۰ تاکنون مباحث پایه‌ای مربوط به تنوع زمین گسترش زیادی پیدا کرده به طوری که بر ویژگی‌های مختلفی نظیر زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، خاک و ارتباط آنها با سیستم‌های طبیعی تأکید می‌نماید (گری،۲۰۰۴، ۲۰۰۸). تنوع زمینی به طور عام توسط گری (۲۰۰۴)، کوزلوسکی[4] (۲۰۰۴)، سرانو[5] و رویز فلانو[6] (۲۰۰۷) بیان و رایج‌ترین مفهوم آن توسط منشور میراث طبیعی استرالیا ارائه شده است. در دهه اخیر، مفهوم تنوع زمینی با تنوع زیستی[7] جای خود را در مطالعات ژئومورفولوژی و محیط زیست به ویژه در ارتباط با زمین‌گردش‌گری باز کرده است. با توجه به این موضوع، گسترش مباحث مربوط به تنوع زمینی مورد پذیرش همه کشورها قرار گرفته است و نویسندگان بسیاری در گسترش آن تلاش نموده‌اند که از جمله می‌توان به بریلها[8] (۲۰۰۵، ۲۰۱۸) و گری و همکاران (۲۰۱۳) اشاره نمود.

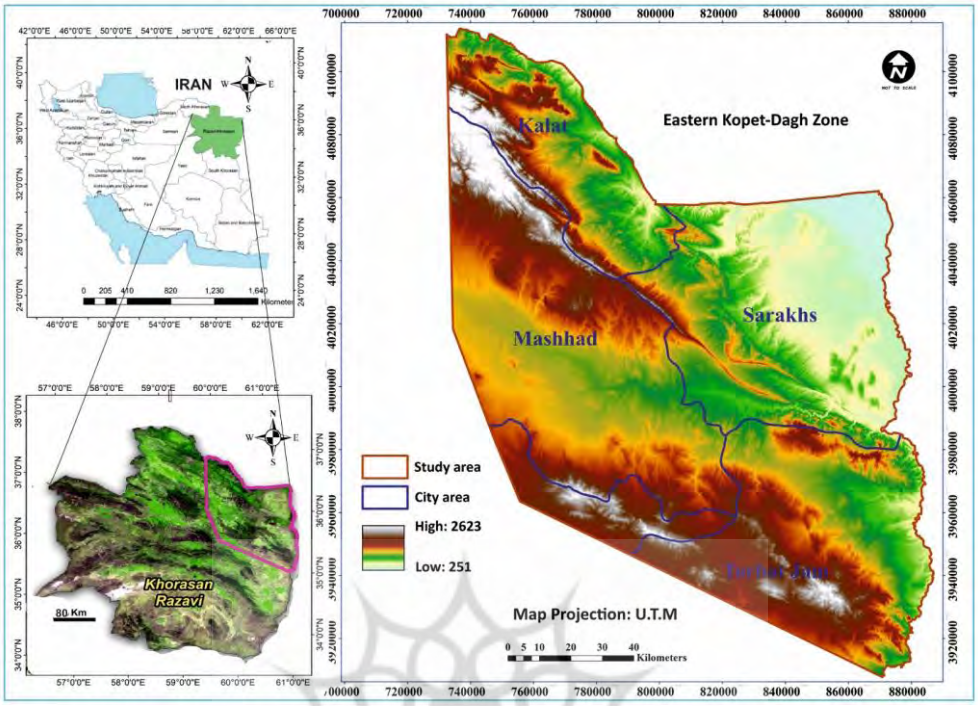
1. Pătru-Stupariu
2. Giardino
3. Susa valley
4. Kozłowski
5. Serrano
6. Ruiz–Flaño
7. Biodiversity
8. Brilha

حساسیت چشم‌انداز یک اصطلاح الاستیک است که می‌تواند متناسب با زمینه‌های مختلف تغییر کاربری اراضی، تکامل ژئومورفولوژیکی یا ارزیابی ظرفیت بازدید از ژئوسایت‌ها ساخته شود (گودی[1] ۱۹۶۸ ، ناوه[2] و لیبمان[3] ۱۹۹۰، توماس[4] و آلیسون[5] ۱۹۹۳). حساسیت ذاتی، یکی از ویژگی‌های فرآیند یا سیستم در برابر تخریب حاصل از اختلالات ناشی از فعالیت‌های انسانی است. به سخنی دیگر، واژه حساسیت، به حساسیت ذاتی یک ویژگی در برابر خسارت اشاره دارد که تابعی از انعطاف‌پذیری ذاتی آن است و حساسیت‌پذیری بر توانایی مناظر برای مقاومت در برابر تغییر تأکید می‌کند. به عبارتی دیگر، حساسیت چشم‌انداز به وضوح به الگوی فرسایشی آن مربوط می شود و آن قسمت از ژئوسیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهد که در معرض تنش است، ولی به دلیل مشخصات محیطی مقاومت کمی دارد. بنا بر این تحلیل، حساسیت به منظور اندازه‌گیری کمّی میزان تحمل‌پذیری زمین به تغییر طراحی شده است. سیمای کنونی چشم‌اندازها و شکل‌های سطحی زمین، تحت تأثیر عامل‌های طبیعی یا انسانی به وجود آمده است. از آن جا که رویارویی با مخاطرات ژئومورفولوژیکی غیرقابل اجتناب می‌باشد، ضروری است میزان حساسیت‌پذیری ژئوسیستم ارزیابی و میزان تأثیر هر یک از عامل‌های مؤثر بر آن مشخص شود تا متناسب با آن راهکارهای مناسب حفاظتی ارائه گردد. روشن است که با بررسی کیفی و محاسبه کمّی حساسیت‌پذیری چشم‌اندازها و ارتباط آن با معیارهای تنوع زمینی هر ژئوسیستم، می‌توان راهکارهای بهتر و مؤثرتری جهت افزایش مقاومت آنها ارائه نمود.

محدوده مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه که بخشی از پهنه کپه‌داغ شرقی است، با مساحت تقریبی ۱۹۲۴۵ کیلومتر مربع در شمال استان خراسان رضوی واقع شده و دارای موقعیت جغرافیایی "00 '37 °59 تا "00 '15 °61 طول شرقی و"05 '14 °35 تا "00 '08 °37 عرض شمالی می‌باشد. متوسط بارندگی سالیانه این ناحیه ۱۰۰ تا ۴۰۰ میلی متر بوده و ارتفاع آن از ۲۵۱ متر تا ۲۶۲۳ متر در تغییر است. این ناحیه بخش‌هایی از محدوده شهرستان‌های مشهد، سرخس، کلات، تربت‌جام، تربت‌حیدریه و فریمان را در بر می‌گیرد. تغییرات شدید دما، بارش‌های تند فصلی و بادهای شدید موسمی از جمله عوامل مهم اقلیمی هستند که در مناطق مختلف پهنه کپه‌داغ شرقی به ویژه بخش‌های خشک و نیمه‌خشک آن، نقشی فعال در درجه حساسیت‌پذیری و فرسایش دارند. با وجود این‌که تنوع اقلیم و خاک باعث گوناگونی زیادی در پوشش گیاهی این منطقه شده است، اما بخش‌های شمالی و غربی ناحیه نسبت به شرق و جنوب آن، شرایط پوشش گیاهی مناسب‌تری دارد. وجود توالی رسوبی منظمی از دوران‌های مزوزوئیک و پالئوزوئیک سبب شده مجموعه‌ای از فرآیندهای ساختمانی، آبی و بادی، تنوع زیادی در چشم‌اندازهای منطقه ایجاد کنند. به سبب بکر بودن منطقه، بسیاری از پدیده‌های ایجاد شده نظیر غارها، آبشارها، تلما سه‌های بادی، دریاچه‌ها، دگر شیبی‌ها، حفرات انحلالی، کنیون‌ها و سایر پدیده‌های مشابه، در محدوده کپه‌داغ شرقی پتانسیل بالایی را به لحاظ زمین‌گردش‌گری به وجود آورده‌اند.

1. Goudie
2. Naveh
3. Liebeman
4. Thomas
5. Allison



شکل ۱: موقعیت پهنه کپه‌داغ شرقی در استان خراسان رضوی

شکل ۲: تصاویری از چشم‌اندازهای طبیعی پهنه کپه‌داغ شرقی در استان خراسان رضوی؛ الف) جنگل درخت‌های پسته موسوم به جنگل خواجه در پیرامون جاده مشهد – سرخس؛ ب) فرسایش تفریقی در سنگ آهک‌ها و شیل‌های سازند سرچشمه در مسیر آبشار قره سو- کلات نادری؛ پ) دریاچه بزنگان در خاور جاده مشهد- سرخس، شمال روستای بزنگان؛ ت) چشم‌انداز حاصل از جابجایی ماسه‌ها در بیابان‌های اطراف شهر سرخس

روش تحقیق

این پژوهش با هدف کلی بررسی میزان ارتباط بین معیارهای تنوع زمینی با درجه حساسیت‌پذیری چشم‌اندازها در ۲ بخش و ۷ مرحله انجام شد. در بخش اول، اولویت‌بندی و تعیین میزان تأثیر هریک از معیارهای انتخاب شده در ارزیابی تنوع زمینی بر پایه درجه حساسیت‌پذیری ژئوسیستم با استفاده از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، صورت گرفت. این بخش توسط نرم افزار Expert Choice Arc GIS انجام شده است. در بخش دوم پس از ایجاد نقاط نمونه در محدوده مورد مطالعه و تعیین درجه حساسیت‌پذیری هر یک از زیرمعیارها، میزان ارتباط آنها با درجه حساسیت‌پذیری چشم‌اندازها با استفاده از آزمون آماری پیرسون، ارزیابی شد.

سنجش میزان تنوع زمینی بر پایه درجه حساسیت‌پذیری

جهت مشخص شدن نحوه سنجش میزان تنوع زمینی، ابتدا با بررسی و مطالعه تحقیقات پیشین، معیارها و زیرمعیارها تعیین گردید و بر مبنای این معیارها و زیرمعیارها، مدل تحلیل سلسله‌مراتبی طراحی شد. بر اساس این مدل، اقدام به طراحی پرسش‌نامه مقایسه زوجی گردید. این مدل متشکل از دو معیار حفاظت و آسیب‌پذیری است. معیار حفاظت شامل زیرمعیارهای پوشش گیاهی، کاربری اراضی و خاک و معیار آسیب‌پذیری شامل زیرمعیارهای شیب واحدهای ژئومورفولوژی، پدیده‌های ژئومورفولوژی، سنگ‌شناسی، فسیل و اقلیم است.

شکل ۳: فرآیند انجام پژوهش

تهیه و ایجاد لایه‌های مکانی معیارها و زیرمعیارهای تحقیق

با استفاده از همپوشانی مرز محدوده مورد پژوهش با نقشه‌های زمین شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ چهار پهنه تربت‌حیدریه، تربت‌جام، مشهد و سرخس سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، نقشه زمین‌شناسی پهنه

کپه‌داغ شـرقی تهیه گردید که در این نقشـه جنس واحدهای سـنگی (لیتولوژی) بخش‌های مختلف منطقه مورد پژوهش به دقت مشـخص شـد. برای تهیه نقشـه ژئومورفولوژی، علاوه بر بازدیدهای میدانی متعدد از محدوده مطالعاتی، از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ (سال ۲۰۱۴)، نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ و نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ اسـتفاده شـد. به منظور تهیه نقشـه تنوع فسـیل در محدوده مورد پژوهش، ده‌ها مقاله مرتبط منتشر شده جمع‌آوری و اطلاعات آن استخراج گردید. جهت تهیه نقشه واحدهای ژئومورفولوژی، با توجه به شیب‌های متفاوت لندفرم‌ها، بخش‌های مختلف تفکیک و نام‌گذاری شد. جهت تهیه مجموع نقشه‌های اقلیم شامل دما و بارش و تبخیر (ETP) منطقه مورد مطالعه، از داده‌های era5 که نسل پنجم و آخرین داده‌های بازتحلیل هواشناسی از پایگاه اطلاعاتی ECMWF است استفاده شد. داده‌های مذکور برای یک دوره ۴۰ ساله (۱۹۸۱ تا ۲۰۲۰) از مرکز کوپرنیک تحت نظر مرکز پیش‌بینی میان‌مدت جوی اروپا ECMWF [1] استخراج و برای انجام محاسبات و خروجی نقشه‌ها از نرم‌افزارهای Grads، CDO و NCL استفاده شد. سپس با محاسبه نسبت P (بارش) به ETP (پتانسیل تبخیر و تعرق سالانه) در منطقه مورد پژوهش، شاخص خشکی ترانسو[2] یا اقلیم، طی باز زمانی ۴۰ سال اخیر محاسبه و نقشه آن تهیه شد. برای تهیه نقشه پوشش گیاهی، از شاخص پوشش گیاهی نرمال شده[3] (NDVI) در محدوده مورد پژوهش استفاده گردید. منبع دریافت داده، سایت USGS باندهای ۴ و ۵ ماهواره لندست ۸ سنجنده OLI سال ۲۰۲۱ می‌باشد. نقشه کاربری اراضی[4] در محدوده مطالعاتی، بر اساس اطلاعات مستخرج داده‌های رقومی و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی سازمان منابع طبیعی استان خراسان رضوی تهیه شد. داده‌های خاک منطقه مورد پژوهش، از نقشه خاک کشوری استخراج شده و نقشه آن تهیه گردید. ضمناً جهت دست‌یابی به اهداف مورد نظر و تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای Global Mapper 17، Google Earth 7 و Arc GIS 10.3 استفاده شد.

طبقه‌بندی و امتیازدهی مجدد لایه‌های اطلاعاتی

از آن جا که اطلاعات مکانی زیرمعیارها از نوع بُرداری[5] است و امکان همپوشانی و امتیازدهی مجدد در این نوع داده‌ها میسر نمی‌باشد، تمام لایه‌ها از حالت بُرداری به نموداری[6] تبدیل شدند. همچنین با درنظر گرفتن این نکته که میزان حساسیت‌پذیری هر یک از زیرمعیارها متفاوت می‌باشد، بر اساس مطالعات صورت گرفته اقدام به طبقه‌بندی و امتیازدهی مجدد لایه‌ها بر اساس جدول ۱ و شکل‌های ۴ و ۵ شد. نحوه طبقه‌بندی و امتیازدهی کمّی و کیفی زیرمعیارها در جدول ۱ به تفصیل آورده شده است. لازم به ذکر است طبقه‌بندی ارائه شده برای تعیین فرسایش‌پذیری واحدهای سنگ و خاک، بر مبنای ویژگی‌های ذاتی سنگ بکر بنا شده است. در تبیین این روش، از مجموعه داده‌های تجربی ارائه شده در طبقه‌بندی‌های مهندسی سنگ مانند دیر[7] و میلر[8] (۱۹۶۶)؛

1. European Center for Medium-Range Weather Forecasts
2. Transeau
3. Normalized Difference Vegetation Index
4. Land use
5. Vector
6. Raster
7. Deere
8. Miller

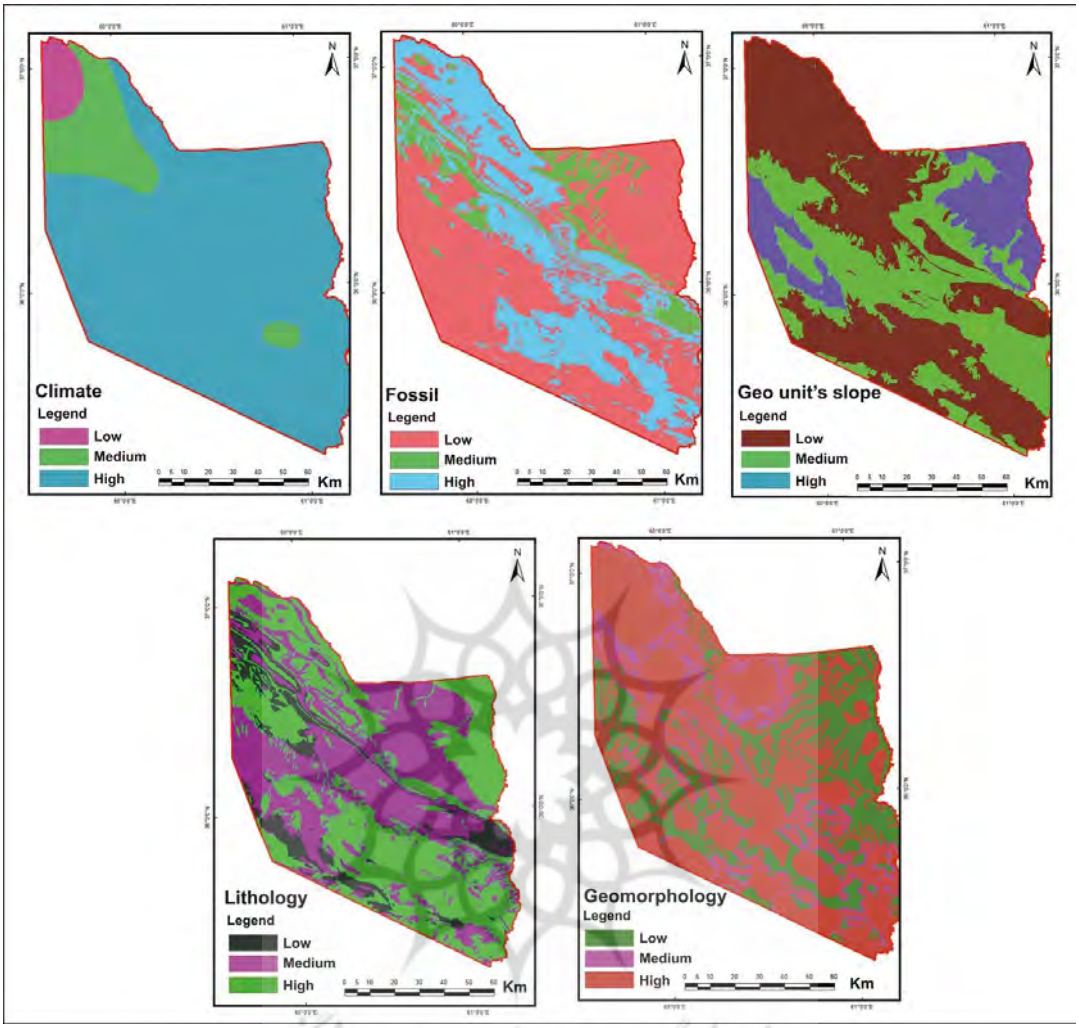
فرانکلین[1] و بروش[2] (۱۹۷۲)، GSEGWP (۱۹۷۷) و سلبی[3] (۱۹۸۰) استفاده شده است. داده‌های ارائه شده در این طبقه‌بندی‌ها چون بر مبنای اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی پژوهندگان معتبر جهانی است، در حال حاضر نیز در دنیا از مراجع معتبر و پذیرفته شده می‌باشد (پیروان و شریعت‌جعفری، ۱۳۹۲). طبقه‌بندی ارائه شده برای فسیل‌ها، با توجه به تنوع گونه‌های فسیلی موجود در منطقه مطالعاتی و پایگاه داده شخصی که به همین منظور توسط نویسندگان تهیه شد، صورت گرفته است. طبقه‌بندی ارائه شده برای اقلیم، پس از تعیین شاخص خشکی ترانسو در ۴۰ سال گذشته و تقسیم‌بندی محدوده مطالعاتی به سه منطقه آب و هوایی انجام شد. در مورد پدیده‌های ژئومورفولوژی، نقش انسان به عنوان یک موجود زنده، در تخریب و فرسایش شکل‌های سطحی و چشم‌اندازها، مورد توجه قرار گرفته است. برای تقسیم‌بندی پوشش گیاهی، پس از تعیین کمینه و بیشینه شاخص پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه، اثر معکوس پوشش گیاهی در تحول چشم‌اندازها مدنظر قرار گرفته است. در تقسیم‌بندی کاربری اراضی، سطوح مورفولوژی مورد توجه قرار گرفته که کمینه یا بیشینه تغییر شکل را به واسطه فرآیندهای شکل‌زایی داشته و توسط فرآیندهای ساخته دست بشر، تغییر یافته یا بدون تغییر باقی می‌مانند.

جدول ۱: طبقه‌بندی و امتیازدهی لایه‌های اطلاعاتی (منبع: یافته‌های تحقیق)

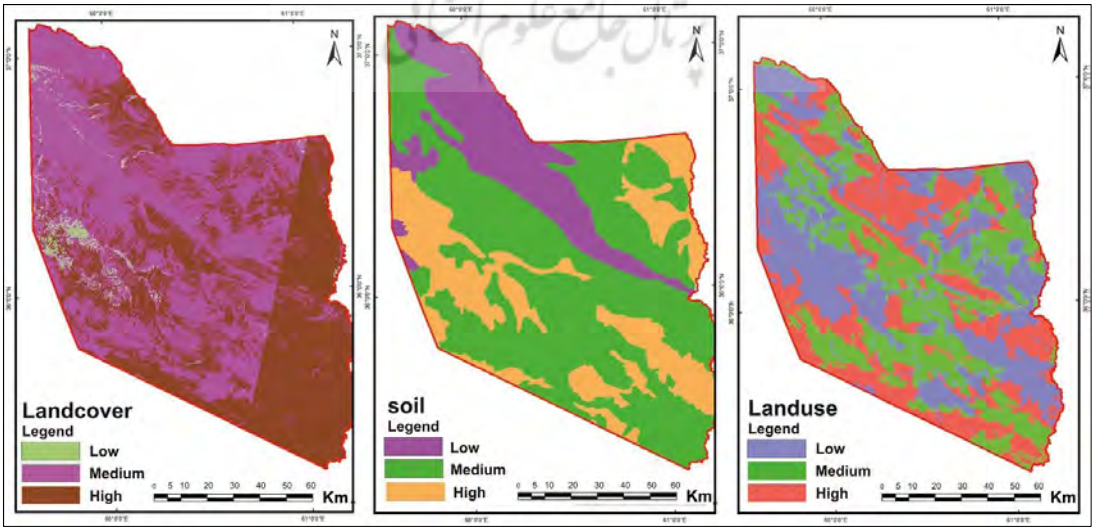
کلاس‌بندی کمی	کلاس‌بندی کیفی	آسیب‌پذیری					حفاظت		
		اقلیم	فسیل	ژئومورفولوژی	سنگ شناسی	شیب واحدهای ژئومورفولوژی	خاک	پوشش گیاهی	کاربری اراضی
I	کم	سرد و کوهستانی	۰ ـ ۴ جنس	اثرات انسانی	سنگ آذرین/ دگرگونی/رسوبی با مقاومت بالا	کوهستان S>15-16%	سکونت‌گاه‌های شهری/ انسپتی سولز	p>60% (+0.6/+1)	کشاورزی/ سکونتگاه‌های شهری
II	متوسط	نیمه‌بیابانی و معتدل/ ملایم و مرطوب	۵ ـ ۸ جنس	شکل‌های فرسایش آبی/بادی	سنگ آذرین/ دگرگونی/رسوبی با مقاومت متوسط	پدیمنت/آپانداژ S= 4-16%	انتی سولز	P=40%- 60% (-o.4/+0.6)	بیشه‌زار/ مرتع
III	زیاد	گرم و خشک/ گرم نیمه‌خشک	۹ ـ ۱۳ جنس	گسل/مخروط افکنه/ حرکات دامنه‌ای/ کارست	توف/سنگ‌رسوبی با مقاومت کم	دشت‌سر پوشیده/ پلایا S<4%	اریدی سولز	p<40% (-1/-0.4)	رخنمون سنگی/ بستر رودخانه/ جنگل

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[1]. Franklin
[2]. Broch
[3]. Selby



شکل ۴: نقشه طبقه‌بندی و امتیازدهی شده زیرمعیارهای آسیب‌پذیری چشم‌اندازهای پهنه کپه‌داغ شرقی در استان خراسان رضوی



شکل۵: نقشه طبقه‌بندی و امتیازدهی شده زیرمعیارهای حفاظت چشم‌اندازهای پهنه کپه‌داغ شرقی در استان خراسان رضوی

تعیین میزان اهمیت زیرمعیارهای تحقیق

فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. این راهکار امکان تنظیم کردن مسأله را به صورت سلسله‌مراتبی فراهم نموده و امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمّی و کیفی در مسأله را دارد. این فرآیند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و علاوه بر این‌که امکان تحلیل حساسیت معیارها و زیرمعیارها را دارد، بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده که قضاوت و محاسبات را تسهیل نموده و میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد. این روش که اولین بار توسط ساعتی[1] (۱۹۸۰) ارائه شد، بر اساس یک ساختار سلسله‌مراتبی بنا نهاده شده و به تحلیل‌گر کمک می کند که جنبه‌های بحرانی مسأله را در داخل یک ساختار سلسله‌مراتبی مشابه درخت خانواده مدیریت نماید. همچنین با کاهش تصمیمات پیچیده به تعدادی مقایسه و رتبه‌بندی ساده و سپس استخراج نتایج، نه تنها به تحلیل‌گر در رسیدن به بهترین تصمیم کمک می‌کند، بلکه منطق روشنی برای انتخاب نیز فراهم می‌نماید. به طور کلی می‌توان گفت فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی که یک تکنیک تصمیم‌گیری برای حل مسائل چندمعیاره پیچیده در حوزه‌های کاری مختلف است، روشی قابل انعطاف و کمّی برای انتخاب گزینه‌ها و بر اساس عملکرد نسبی آنها نسبت به یک یا تعداد بیشتری معیار است.

به همین منظور، برای تعیین میزان اهمیت معیارها و زیرمعیارهای تحقیق از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شد. پس از ایجاد مدل در نرم‌افزار مربوطه، نسبت به به طراحی پرسش‌نامه مقایسه زوجی بر مبنای مدل تحقیق اقدام گردید. پرسش‌نامه مورد نظر در بین ۳۰ نفر از متخصصان و صاحب‌نظران مرتبط توزیع و اطلاعات جمع‌آوری شده در نرم‌افزار وارد و نمودار حاصل از نتایج تهیه شد (شکل ۶).

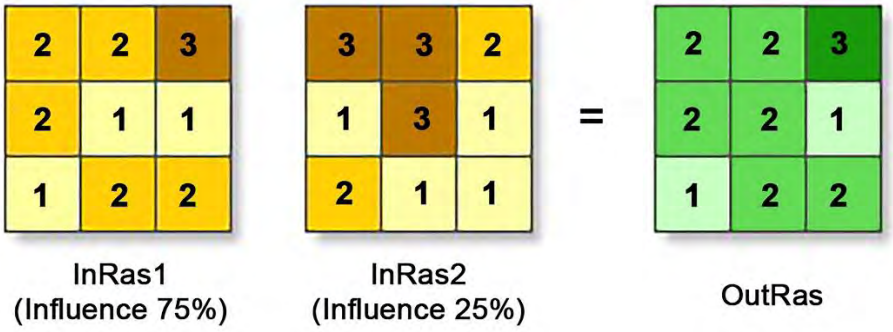
شکل ۶: وزن نسبی زیرمعیارهای تنوع زمینی پهنه کپه‌داغ شرقی در استان خراسان رضوی

همپوشانی لایه‌های مکانی زیرمعیارها به منظور سنجش میزان تنوع زمینی بر پایه درجه حساسیت‌پذیری

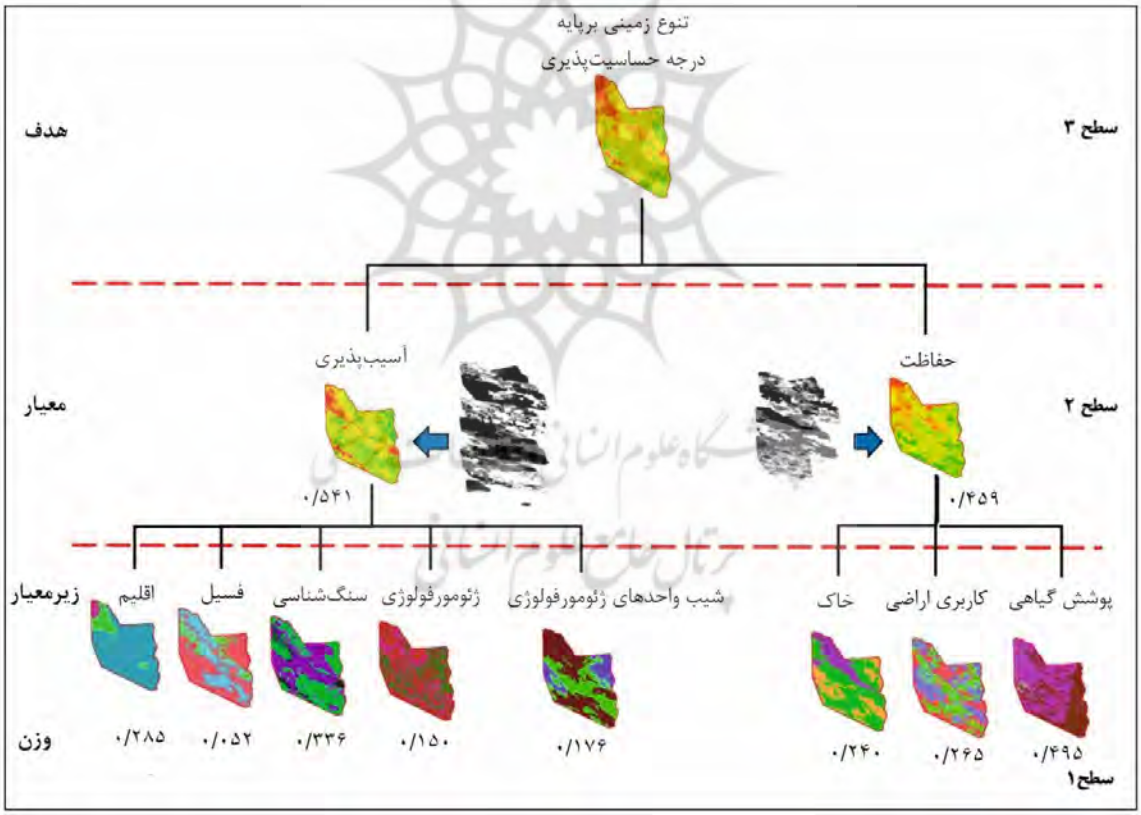
در این مرحله با استفاده از تابع Weighted Overlay در محیط Arc GIS، وزن هر یک از زیرمعیارها که در مرحله قبل به دست آورده شده است در لایه‌های مکانی اعمال و با یکدیگر همپوشانی شدند (شکل ۷). در پایان این

[1] Saaty

بخش، بر اساس نتایج حاصل از مراحل پیشین لایه نهایی تنوع زمینی بر پایه درجه حساسیت‌پذیری ایجاد گردید که این لایه در سه طیف طبقه‌بندی شد (شکل ۸).



شکل۷: تابع همپوشانی وزنی



شکل۸: مدل تحلیل سلسله‌مراتبی و نحوه امتیازدهی معیارها و زیرمعیارهای تنوع زمینی پهنه کپه‌داغ شرقی در استان خراسان رضوی

ارزیابی میزان و نحوه ارتباط معیارهای تنوع زمینی با درجه حساسیت‌پذیری

این بخش به منظور سنجش میزان ارتباط متقابل معیارهای تنوع زمینی با درجه حساسیت‌پذیری چشم‌اندازها، در دو مرحله به شرح ذیل صورت پذیرفت:

تعیین نقاط نمونه‌گیری در محدوده مورد مطالعه و احصاء مقدار حساسیت‌پذیری زیرمعیارها در نقاط نمونه‌گیری

در این مرحله با استفاده از تابع Create Random Points تعداد ۵۰۰۰ نقطه به صورت تصادفی در محدوده مورد مطالعه ایجاد گردید. سپس با استفاده از تابع Extract Multi Values To Points مقدار حساسیت‌پذیری هریک از زیرمعیارها در نقاط تعیین و به لایه نقطه‌ای نمونه‌گیری انتقال داده شد. در ادامه از اطلاعات ایجاد شده با فرمت xls خروجی گرفته شده و وارد نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ شد.

ارزیابی میزان ارتباط معیارهای تنوع زمینی با درجه حساسیت‌پذیری

در این پژوهش با توجه به این که داده‌ها از توزیع نرمال برخودار بود، از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد. یکی از مشهورترین شیوه‌های اندازه‌گیری وابستگی بین دو متغیر کمّی، محاسبه ضریب همبستگی پیرسون است. ضریب همبستگی پیرسون (r) نسبت به داده‌های پرت حساس بوده و همواره بین دو عدد ۱ و ۱- متغییر است. معنی‌داری همبستگی با استفاده از آزمون فرضیه به دست می‌آید. معمول‌ترین روش اندازه‌گیری پیرسون، ضریب r است که از رابطه (۱) قابل محاسبه است:

$$r = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{x_i-\bar{x}}{s_x}\right)\left(\frac{y_i-\bar{y}}{s_y}\right) \quad (1)$$

که در آن، n تعداد داده‌ها و s انحراف معیار است.

برای آزمون معنی‌داری r ، عامل t_r از رابطه (۲) به دست می‌آید:

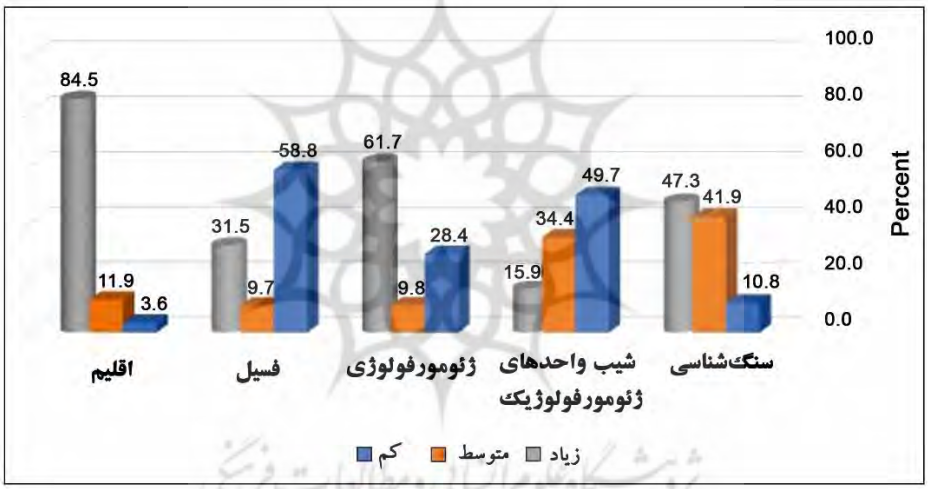
$$t_r = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (2)$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

بحث و یافته‌ها

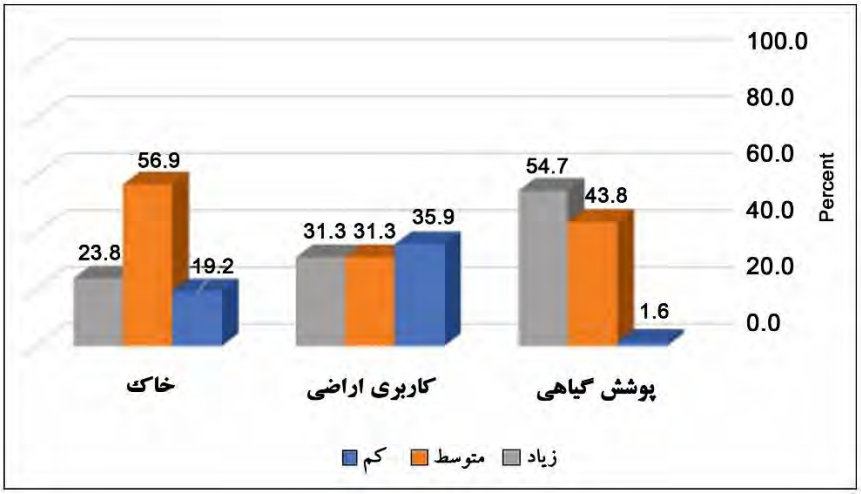
نتایج حاصل از تحلیل سلسله‌مراتبی بیانگر آن است که در بین زیرمعیارهای حفاظت و از دیدگاه متخصصان و صاحب‌نظران، پوشش گیاهی (۰/۴۹۵) از بالاترین میزان اهمیت و زیرمعیار خاک (۰/۲۴۰) از پایین‌ترین میزان اهمیت برخودار است. در معیار آسیب‌پذیری، زیرمعیار سنگ شناسی با وزن ۰/۳۳۶ در رتبه نخست و زیرمعیار اقلیم با ۰/۲۸۵ در رتبه دوم قرار دارد و کمترین میزان اهمیت نیز مربوط به زیرمعیار فسیل با وزن ۰/۰۵۲ است. یافته‌های تحقیق همچنین نشان‌دهنده آن است که در رابطه با معیار آسیب‌پذیری در محدوده مورد مطالعه، وضعیت زیرمعیارها به شرح زیر می‌باشد: به دلیل وجود توالی رسوبی منظم در پهنه کپه‌داغ شرقی و فراوانی انواع سنگ‌های رسوبی نسبت به گروه سنگ‌های آذرین و دگرگونی، و از آن جا که عمده سازندهای زمین شناسی دارای ترکیباتی از جنس شیل، مارن، سیلت‌سنگ و ماسه‌سنگ هستند و همچنین وجود نهشته‌های فراوان نئوژن در محدوده مطالعاتی، در حدود ۴۷/۳٪ در طیف آسیب‌پذیری زیاد و ۴۱/۹٪ در طیف آسیب‌پذیری متوسط قرار داشته و تنها ۱۰٪ از سنگ‌ها در طیف آسیب‌پذیری کم قرار دارند.

از آن جا که عمده واحدهای ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه بر اساس وضعیت شیب در محدوده پهنه‌های آپانداژ، پدیمنت و کوهستان قرار می‌گیرند و شیب بیش از ۴٪ دارند که نسبت به پلایا و دشت‌سرهای پوشیده یا تراکمی آسیب‌پذیری کمتری نسبت به فرسایش آبی- بادی دارند، لذا ۴۹٪/۷ از پهنه‌های محدوده مورد مطالعه دارای آسیب‌پذیری کم هستند. در مورد وضعیت ژئومورفولوژی با توجه به شکل‌های مختلف و متنوع لندفرم‌ها، ۶۱٪/۷ از محدوده مورد بررسی دارای آسیب‌پذیری زیاد است. در خصوص وضعیت فسیل نیز به دلیل این که تنوع جنس‌های مختلف فسیل، به جز در بخش‌های خاص، در بقیه قسمت‌های محدوده مطالعاتی پراکندگی چشمگیری ندارد، لذا ۵۸/۸٪ از کل محدوده در طیف حساسیت‌پذیری کم قرارگرفته است. اقلیم علاوه بر نقش کلیدی که در افزایش حساسیت‌پذیری چشم‌اندازها دارد، در تعیین نوع ویژگی‌های ناشی از فرسایش و هوازدگی اعم از فیزیکی یا شیمیایی نیز موثر است. با توجه به این که وضعیت اقلیم محدوده مورد مطالعه عمدتاً از نوع گرم و خشک تا گرم و نیمه‌خشک می‌باشد، به همین دلیل ۸۴/۵٪ از وسعت محدوده دارای آسیب‌پذیری زیاد است.



شکل۹: وضعیت هر یک از زیرمعیارهای آسیب‌پذیری چشم‌اندازهای پهنه کپه‌داغ شرقی در استان خراسان رضوی

در خصوص معیار حفاظت، وضعیت زیرمعیارها در محدوده مورد مطالعه در شکل ۱۰ آورده شده است. یافته‌ها نشان دهنده آن است که با توجه به توزیع ناهمگن پوشش گیاهی با تراکم کمتر از ۴۰٪ که عمدتاً به شکل لکه‌های گیاهی پراکنده در اغلب نقاط می‌باشند، ۵۴/۷٪ دارای وضعیت حساسیت‌پذیری زیاد، ۴۳/۸٪ دارای حساسیت‌پذیری متوسط و ۱/۶٪ دارای حساسیت‌پذیری کم هستند. این موضوع در خصوص زیرمعیار کاربری اراضی در سه طیف، تقریباً به صورت برابر است به طوری که ۳۵/۹٪ در طیف حساسیت‌پذیری کم، ۳۱/۳٪ در طیف حساسیت‌پذیری متوسط و ۳۱/۳ ٪ در طیف حساسیت‌پذیری زیاد قرار دارند. در خصوص خاک، با وجود انتی سول فراوان در محدوده مورد پژوهش، وضعیت حساسیت‌پذیری عمدتاً در طیف متوسط ۵۶/۹٪ قرار می‌گیرد.

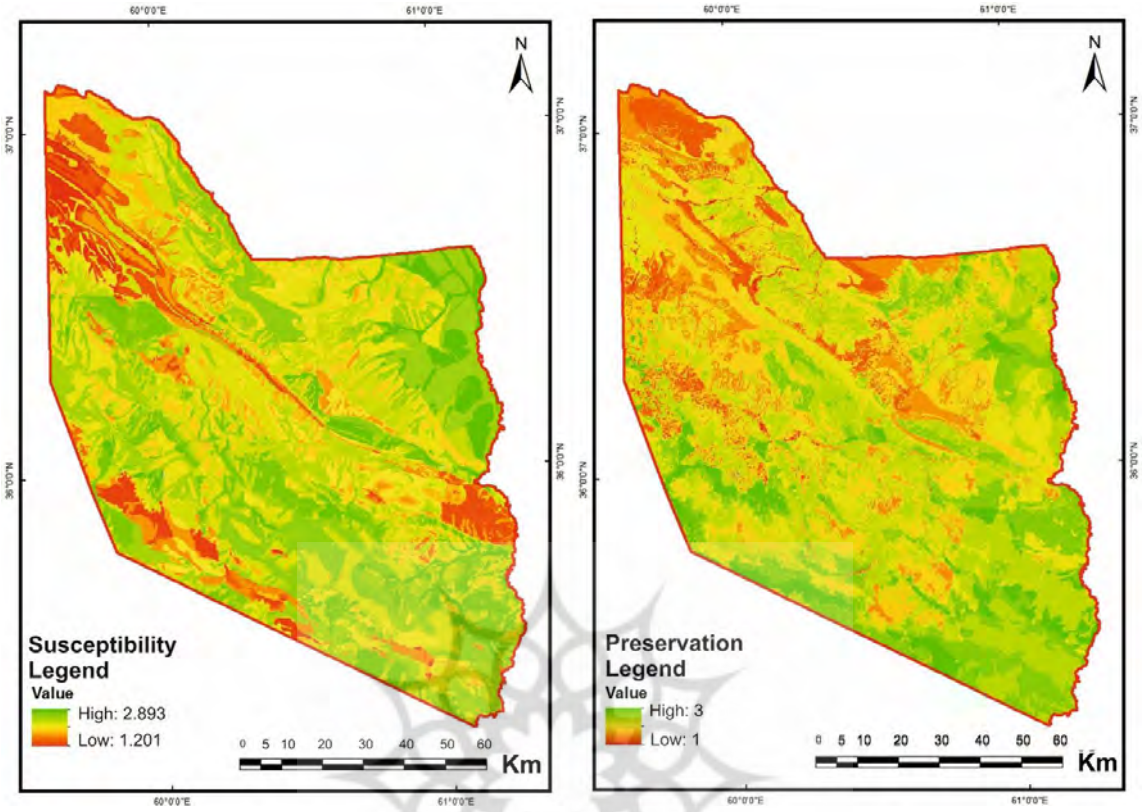


شکل ۱۰: وضعیت هر یک از زیر معیارهای حفاظت چشم‌اندازهای پهنه کپه‌داغ شرقی در استان خراسان رضوی

پس از این‌که هر یک از زیرمعیارهای تحقیق بر اساس میزان حساسیت‌پذیری طبقه‌بندی و امتیازدهی مجدد شد، وزن به د ست آمده از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی در لایه اعمال و لایه‌ها با یکدیگر همپو شانی شدند که نتیجه حاصل از این همپوشانی موجب ایجاد لایه حفاظت چشم‌انداز و لایه آسیب‌پذیری چشم‌انداز گردید. لازم به تو ضیح ا ست که دو معیار آ سیب‌پذیری و حفاظت به لحاظ اهمیت و وزن به صورت تقریبی با یکدیگر برابرند به طوری که معیار حفاظت دارای وزن ۰/۴۵۹ و معیار آسیب‌پذیری دارای وزن ۰/۵۴۱ می‌باشد. وضعیت محدوده مورد مطالعه به لحاظ حفاظت چ شم‌انداز و آ سیب‌پذیری چ شم‌انداز در جدول ۲ و شکل ۱۱ آورده شده ا ست. از نظر حفاظت چشم‌انداز، محدوده مورد مطالعه عمدتاً در وضعیت حساسیت‌پذیری متوسط (۴۰/۸ ٪) و زیاد (۴۳/۹ ٪) قرار دارد. در خصوص آسیب‌پذیری چشم‌انداز (۴۷ ٪) نیز در وضعیت حساسیت‌پذیری متوسط و (۳۸/۱ ٪) در وضعیت حساسیت‌پذیری زیاد است.

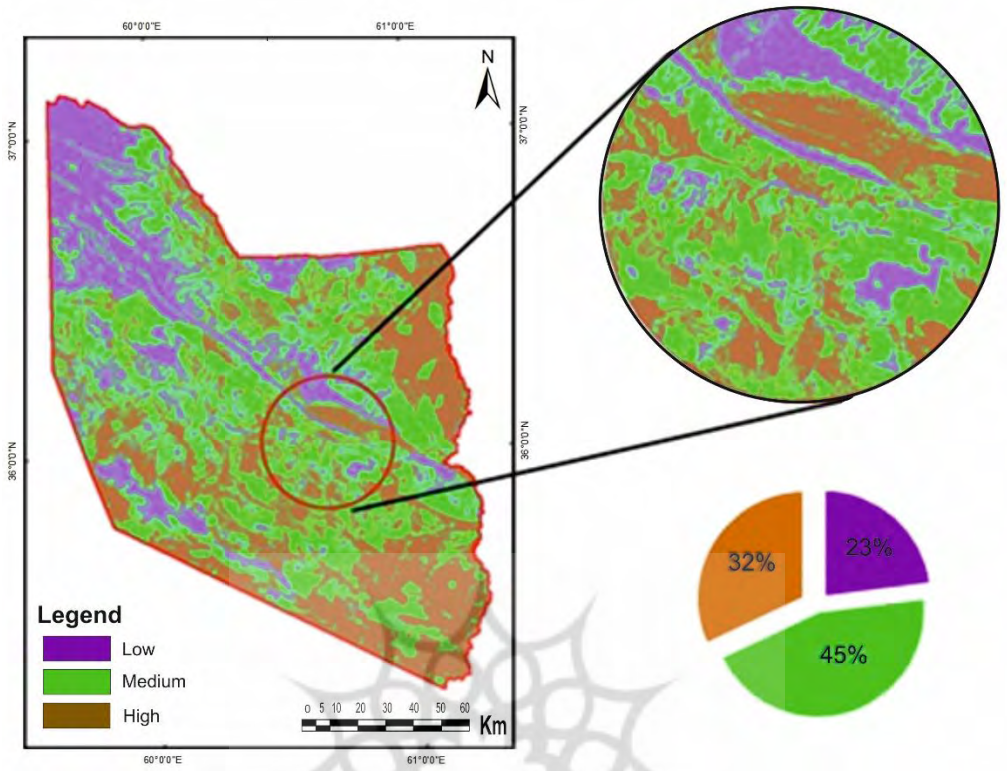
جدول ۲: وضعیت معیار آسیب‌پذیری و حفاظت چشم‌اندازهای پهنه کپه‌داغ شرقی در استان خراسان رضوی (منبع: یافته تحقیق)

ردیف	طبقه‌بندی	حفاظت چشم‌انداز		آسیب‌پذیری چشم‌انداز	
		وسعت (هکتار)	درصد	وسعت (هکتار)	درصد
۱	**حساسیت‌پذیری کم**	۲۹۴۰۰۰	۱۵.۳	۲۸۵۸۰۰	۱۴.۹
۲	**حساسیت‌پذیری متوسط**	۷۸۴۵۱۹	۴۰.۸	۹۰۴۱۹۸	۴۷.۰
۳	**حساسیت‌پذیری زیاد**	۸۴۳۵۹۳	۴۳.۹	۷۳۲۱۱۳	۳۸.۱
۴	**کل**	۱۹۲۲۱۱۱	۱۰۰	۱۹۲۲۱۱۱	۱۰۰



شکل ۱۱: پهنه‌بندی وضعیت حفاظت و آسیب‌پذیری چشم‌اندازهای پهنه کپه‌داغ شرقی در استان خراسان رضوی

در نهایت پس از ایجاد لایه‌های حفاظت و آسیب‌پذیری چشم‌انداز، این دو لایه با یکدیگر ادغام و نتیجه حاصل از آن، به ایجاد لایه پهنه‌بندی تنوع زمینی بر پایه درجه حساسیت‌پذیری منتهی شد. همان طور که در شکل ۱۲ مشخص است، بیشترین وسعت از سطح محدوده مورد مطالعه به لحاظ حساسیت‌پذیری در طیف متوسط قرار دارد (۴۵ ٪). همچنین، ٪۲۳ از محدوده به لحاظ حساسیت‌پذیری در طیف کم قرار داشته و ٪۳۲ هم در طیف زیاد می‌باشد. به لحاظ مکانی، پهنه شرقی و جنوبی محدوده مورد مطالعه دارای حساسیت‌پذیری زیاد هستند. محدوده‌های میانه عمدتاً دارای حساسیت‌پذیری متوسط و شمال غرب نیز دارای حساسیت‌پذیری کم می‌باشد. بنابراین، چنین استنباط می‌شود که میزان حساسیت‌پذیری از غرب به شرق و نیز از شمال به جنوب روند افزایشی دارد.



شکل۱۲: پهنه‌بندی تنوع زمینی بر پایه حساسیت‌پذیری پهنه کپه‌داغ شرقی در استان خراسان رضوی

نحوه و میزان ارتباط هر یک از زیرمعیارهای تنوع زمینی با درجه حساسیت‌پذیری چشم‌انداز در جدول ۳ آمده است. نتایج بررسی و تحلیل‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که تنها زیرمعیار فسیل دارای رابطه منفی با میزان حساسیت‌پذیری است و ضریب این رابطه نیز ۰/۲۳۳- می‌باشد به این معنی که بین افزایش تنوع فسیلی با افزایش میزان حساسیت‌پذیری تنوع زمینی محدوده مورد مطالعه، رابطه مستقیمی وجود ندارد. بالاترین میزان ضریب همبستگی و ارتباط مربوط به پوشش گیاهی می‌باشد که ضریب به دست آمده برای این زیرمعیار برابر ۰/۵۶۶ است. زیرمعیار سنگ شناسی با ضریب ۰/۴۹۱ در رتبه دوم میزان ارتباط زیرمعیارهای تحقیق قراردارد. نتایج فوق با نتایج حاصل از پژوهشی که استپاریو و همکاران (۲۰۱۷) بر روی نقش مؤثر دو عامل تنوع پوشش زمین و تنوع زمینی در تعیین الگوهای چشم‌اندازها انجام دادند، قابل مقایسه بوده و انطباق خوبی را نشان می‌دهد. اقلیم محدوده مورد مطالعه بعد از زیرمعیارهای پوشش گیاهی و سنگ شناسی در رتبه سوم قرار دارد و ضریب همبستگی به دست آمده برای آن ۰/۴۴ می‌باشد. کمترین میزان همبستگی مربوط به پدیده‌های ژئومورفولوژی است که ضریب آن برابر ۰/۰۹۴ می‌باشد. از نکات قابل توجه که می‌توان به آن اشاره نمود این است که ضریب به دست آمده برای هر یک از این زیرمعیارها به لحاظ شدت ارتباط در سطح متوسط هستند. همچنین هر یک از ضریب‌های همبستگی حاصل شده برای زیرمعیارها، با توجه به سطح معنادار به دست آمده که برابر ۰/۰۰۰ می‌باشد، با ۹۹ درصد سطح اطمینان قابل‌پذیرش است.

در خصوص ضریب همبستگی معیار حفاظت چشم‌انداز و آسیب‌پذیری چشم‌انداز می‌توان به این موضوع اشاره نمود که شدت ارتباط و ضریب همبستگی به دست آمده بالاتر از موارد مذکور برای هر یک از زیرمعیارها می‌باشد به طوری که مقدار ضریب به دست آمده برای حفاظت برابر ۰/۶۶۷ و برای آسیب‌پذیری برابر ۰/۶۶۴ است. همان

طور که از ضرایب به دست می‌آید، ارتباط هر یک از این دو معیار با میزان حساسیت‌پذیری تقریباً برابر است. به عبارت دیگر، تأثیر هر یک از این معیارها بر میزان حساسیت‌پذیری محدوده مورد مطالعه، تقریباً مساوی با هم است.

جدول ۳: ضریب همبستگی زیرمعیارهای تنوع زمینی با درجه حساسیت‌پذیری چشم‌اندازهای پهنه کپه‌داغ شرقی در استان خراسان رضوی
(منبع: یافته تحقیق)

زیر معیار	ضریب همبستگی پیرسون	سطح معناداری	رتبه
پوشش گیاهی	.۵۶۶**	۰.۰۰۰۰	۱
کاربری اراضی	۰.۲۵۵۰	۰.۰۰۰۰	۶
خاک	۰.۳۸۴۰	۰.۰۰۰۰	۴
اقلیم	۰.۴۴	۰.۰۰۰۰	۳
فسیل	-۰.۲۳۳	۰.۰۰۰۰	۸
ژئومورفولوژی	۰.۰۹۴۰	۰.۰۰۰۰	۷
سنگ شناسی	۰.۴۹۱۰	۰.۰۰۰۰	۲
شیب واحدهای ژئو مور فولوژی	۰.۲۶۷۰	۰.۰۰۰۰	۵

جدول ۴: ضریب همبستگی معیارهای تنوع زمینی با درجه حساسیت‌پذیری چشم‌اندازهای پهنه کپه‌داغ شرقی در استان خراسان رضوی
(منبع: یافته تحقیق)

درجه حساسیت‌پذیری	معیار	ضریب همبستگی پیرسون	سطح معناداری
	حفاظت چشم‌انداز	.۶۶۷**	۰.۰۰۰۰
	آسیب‌پذیری چشم‌انداز	۰.۶۶۴۰	۰.۰۰۰۰

نتیجه‌گیری

شناخت شاخص‌های تأثیرگذار بر تنوع زمینی و یافتن ارتباط شاخص‌های مذکور با درجه حساسیت‌پذیری ژئوسیستم، جزو مفاهیم کلیدی و مهم در حفاظت زمین و طراحی مدل توسعه پایدار است. نتایج حاصل از اعمال وزن هر یک از زیرمعیارها در لایه‌ها و همپوشانی لایه‌ها و ایجاد دو لایه حفاظت و آسیب‌پذیری در روش سلسله‌مراتبی حاکی از آن است که به لحاظ حفاظت چشم‌انداز، محدوده شمال غرب و غرب نسبت به فرآیندهای فرسایشی دارای درجه حساسیت‌پذیری کمی می‌باشند و محدوده‌های شرق و جنوب درجه حساسیت‌پذیری زیادی دارند. در خصوص وضعیت آسیب‌پذیری چشم‌انداز، پهنه‌هایی که در طیف حساسیت‌پذیری کم قرار دارند عمدتاً در محدوده غرب و شمال غرب و به شکل پهنه‌های کوچک‌تر، در جنوب و شرق قابل

مشاهده می‌باشد. آسیب‌پذیری چشم‌انداز در محدوده مرکزی و شمال شرق در طیف حساسیت‌پذیری زیاد قرار دارد. به سخن دیگر، از لحاظ مکانی میزان حساسیت‌پذیری از غرب به شرق و از شمال به جنوب روند افزایشی دارد که با توجه به وجود رخنمون‌های بیشتر سنگ‌های بکر، تنک بودن پوشش گیاهی، شیب کمتر واحدهای ژئومورفولوژی، تنوع فراوان پدیده‌های ژئومورفولوژی و آب و هوای گرم و خشک تا گرم و نیمه‌خشک در مناطق یاد شده، یافته‌های این پژوهش با ویژگی چشم‌اندازها مطابقت داشته و دور از ذهن نیست. نتایج تجزیه و تحلیل‌های صورت گرفته با استفاده از نرم افزار SPSS نشان می‌دهد که تنها زیرمعیار فسیل دارای رابطه منفی با میزان حساسیت‌پذیری است و ضریب این رابطه نیز ۰/۲۳۳ – می‌باشد، به این معنی که بین افزایش تنوع فسیلی با افزایش میزان حساسیت‌پذیری محدوده مورد مطالعه، رابطه مستقیمی وجود ندارد. با این توضیح که گرچه عامل دیرینه شناسی (فسیل)، نقش مهمی در تنوع زمینی دارد، اما رابطه مستقیمی با تنوع زمینی نداشته و دلیل آن این است که فسیل‌ها به ویژه انواع میکروفسیل و اثرفسیل[1] شاخص مستقلی برای ارزیابی درجه حساسیت‌پذیری تنوع زمینی نمی‌باشند. بالاترین میزان ضریب همبستگی و ارتباط مربوط به پوشش گیاهی است که ضریب به دست آمده برای این زیرمعیار برابر ۰/۵۶۶ می‌باشد. روند تغییرات پوشش گیاهی و تحلیل آن در برنامه‌ریزی توسعه پایدار اهمیت بسیار داشته و در این راستا، سنجش از دور و سیستم تحلیل جغرافیا بستری مناسب برای مطالعات تنوع زمینی و تغییرات چشم‌انداز فراهم می‌نمایند. پوشش گیاهی رابطه مستقیمی با تنوع زمینی داشته و کاهش آن سبب افزایش فرآیندهای فرسایشی و در نتیجه از بین بردن نقوش برجسته‌ای می‌شود که در تنوع زمینی نقش دارند. همچنین طبق یافته‌های این پژوهش، دو عامل سنگ‌شناسی و اقلیم از جمله متغییرهای مهمی محسوب می شوند که با تأثیر بر روی کیفیت و کمّیت پوشش گیاهی نقش به سزایی در تنوع زمینی دارند. در واقع رشد گیاهان در یک منطقه به وسیله دما و بارش و رطوبت و مواد فرسایشی حاصل از تخریب سنگ‌های آن منطقه کنترل می‌شود. بر پایه نتایج به دست آمده در این پژوهش، از آن جا که بخش عمده محدوده مطالعاتی دارای تنوع زمینی با درجه حساسیت‌پذیری متوسط و زیاد است، می‌توان گفت ناحیه مورد مطالعه، منطقه‌ای بحرانی از نظر حساسیت‌پذیری و تخریب زمین محسوب می شود. همچنین به لحاظ این که پوشش گیاهی بیشترین میزان همبستگی تنوع زمینی با درجه حساسیت‌پذیری ژئوسیستم را داراست، این امر، توجه همه‌جانبه و بررسی‌های دقیق‌تر را جهت حفاظت بیشتر از پوشش گیاهی در پهنه کپه‌داغ شرقی در برابر عوامل مخرب می‌طلبد. با توجه به موارد یاد شده فوق، می‌توان متصور شد که با شناسایی و کار بر روی مناطق مختلف ایران و از جمله مناطق مورد مطالعه در این پژوهش، می‌توان به توسعه پایدار مناطق و چشم‌اندازها برای کاربردهای مختلف تنوع زمینی کمک و بر این اساس، برای آنها برنامه‌ریزی نمود. با استفاده از حساسیت‌های متصوّر در تغییر اقلیم و تغییرات ایجاد شده در چشم‌اندازها و با استفاده از برنامه مدوّن و کاربردی قابل استفاده برای مدیران ارشد مجموعه‌های وابسته نظیر جهاد کشاورزی، سازمان گردشگری، اداره محیط زیست و غیره، با کاربردی نمودن موضوع مربوطه، می‌توان از تغییرات ایجاد شده در منطقه بهترین بهره را بُرد.

[1]. Ichnofossil

منابع

- باتجربه، م.، سپهر، ع.، حسین‌زاده، س.ر.، ۱۳۹۴، تهیه نقشه تنوع زمینی شهرستان مشهد بر پایه اختلاف حساسیت‌پذیری لندفرم‌ها، پژوهشهای ژئومورفولوژی کمّی، دوره ۶، شماره ۲، صص ۱۱۵-۹۹.
- پیروان، ح.ر.، شریعت جعفری، م.، ۱۳۹۲، ارائه رو شی جامع برای تعیین فر سایش پذیری واحدهای سنگ شنا سی، نشریه علمی- پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز ، دوره ۵، شماره ۳، صص ۲۱۳- ۱۹۹.
- سپهر، ع ، ۱۳۹۱، وراثت ژئومورفولوژیک، مخاطرات و تنوع زمینی، اولین همایش ملی انجمن ایرانی ژئومورفولوژی، تهران، صص ۱۲-۱۰.
- قهرودی تالی، م.، علی نوری، خ.، فرجاد نیا، س.، ۱۴۰۰، کاربرد ژئودایورسیتی در مدیریت محیط (مطالعه موردی حوضه بالادست سد کرج)، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، دوره ۱۰، شماره ۴، صص ۱۷-۱.
- گلی مختاری، ل.، بیرامعلی، ف.، ۱۳۹۷، محاسبه و تحلیل تنوع زمینی (ژئودایورسیتی) مطالعه موردی شهرستان اشتهارد، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۵، شماره ۲، صص ۳۲۲-۳۰۷.
- *Brilha, J.B. (2018). Geoheritage: inventories and evaluation. In: Emmanuel F Brilha J (eds.), Geoheritage: Assessment, Protection and Management. Chennai: Elsevier, pp. 67-86.*
- *Brilha, J.B., (2005). Património geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica. Palimage Editores, 183 p.*
- *Deere, D.M., & Miller, R.P., 1966. Engineering classification and Index properties for intact rock. Tech. Rep. No. AFWL-TR-65-116, Air Force Weapons Lab, Kirtland Air Base, New Mexico.*
- *Erhartič, B., & Zorn, M. (2012). Geodiversity and geomorphosite research in Slovenia. Geografski vestnik, 84(1), PP. 51-63.*
- *Franklin, J.A. & Broch, E. (1972). The point load Strength test. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 9, pp. 669-697.*
- *Geological Society Engineering Group Working Party. (1977). The description of rock masses for engineering purposes. Quarterly Journal of Engineering Geology, 10, pp. 355-388.*
- *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 geo–heritage in mountain regions. In EGU General Assembly Conference Abstracts, pp. EGU2013-7204.*
- *Goudie, A. (1969)s Statistical laws and dune ridges in southern Africa. The Geographical Journal, 135(3), pp. 404–406.*
- *Gray, Me(2008). Geodiversity: developing the paradigm. Proceedings of the Geologists' Association, 119, pp. 287-298.*
- *Gray, M., 2004. Geodiversity: Valuing and conserving abiotic nature. Chichester: John Wiley and Sons, 512 P.*
- *Gray, M., Gordon, J.E. & Brown, E.J. (2013). Geodiversity and the ecosystem approach: the contribution of geoscience in delivering integrated environmental management. Proceedings of the Geologists' Association, 124(4), pp. 659-673.*
- *Kozłowski, S. (2004). Geodiversity. The concept and scope of geodiversity. Przegląd Geologiczny, 52(8/2), pp. 833-837.*
- *Melelli, L., Vergari, F., Liucci, L., & Del Monte, M. (2017). Geomorphodiversity index: Quantifying the diversity of landforms and physical landscape. Science of the Total Environment, 584, PP. 701-714.*

- *Najwer, A., Reynard, E., & Zwoliński, Z. (2014). GIS and Multi-Criteria Evaluation (MCE) For Landform Geodiversity Assessment: A Case Study in Swiss Alps, Geophysical Research Abstracts, 16, PP. 2014-906.*
- *Naveh, Z., & Lieberman, A.S.* (*1990*). *Some Major Contributions of Landscape Ecology: Examples of Tools, Methods, and Applications in Landscape Ecology. Springer New York, NY. pp. 111-255.*
- *Pătru-Stupariu, I., Stupariu, M. S., Stoicescu, I., Peringer, A., Buttler, A., & Fürst, C. (2017). Integrating geo-biodiversity features in the analysis of landscape patterns. Ecological Indicators, 80, PP. 363-375.*
- *Saaty, T.L., 1980. The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation. New York: McGraw-Hill, 287 p.*
- *Selby, M.J. (1980). A rock mass strength classification for geomorphic purposes: with tests fromr*
  Antarctica and New Zealand, Zeitschrift Fur Geomorphologie., 24(1), ppi 31-51.
- *Serrano, E., & Ruiz–Flaño P.* (*2007*). *Geodiversity: a theoretical and applied concept. Geographica Helvetica, 62(3), pp.140-147.*
- *Thomas, D.S.G., & Allison, R.J., 1993. Landscape sensitivity. In British Geomorphological Research Group symposia series. New York: John Wiley 347 p.*
- *Zwoliński, Z.* (*2009*). *The routine of landform geodiversity map design for the Polish Carpathian Mts. Landform Analysis, 11, pp.77-85.*

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی