روابط فضایی ژئودایورسیتی و پوشش گیاهی (مطالعه موردی: منطقه حفاظت شده اشترانکوه در استان لرستان)

مهران مقصودی*[1]، پویا کامرانی[1]

۱-گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

(پژوهشی)

پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۲/۱۹ تأیید نهایی مقاله: ۱۴۰۱/۹/۲

چکیده

استان لرستان به دلیل برخورداری از تنوع‌های اقلیمی، زمین‌شناختی، ژئومورفولوژیکی و زیستی دارای ژئودایورسیتی و بیودایورسیتی غنی می‌باشد. گوناگونی های زمین‌شناختی و زیستی مناطق حفاظت شده در زمینه مدیریت محیط زیست می‌بایست مورد توجه دولتمردان و جوامع علمی در این استان باشد که ارتباط میان این دو تنوع به موضوعی مهم برای مسائل مرتبط با حفاظت از منابع طبیعی تبدیل شده است. محدوده مورد مطالعه، منطقه حفاظت شده اشترانکوه در شرق استان لرستان است. این پژوهش به دنبال ارزیابی کمی تنوع زمین‌شناختی این منطقه و ارتباط آن با الگو، تراکم و انواع پوشش‌های گیاهی با استفاده از فناوری سنجش از دور است؛ به همین منظور جهت مشخص کردن نوع پوشش‌های گیاهی منطقه حفاظت شده اشترانکوه از تقسیم‌بندی براساس شکل‌شناسی ظاهری استفاده گردید. روش کار به این صورت بود که ابتدا ژئودایورسیتی این منطقه با استفاده از شاخص GI مورد ارزیابی کمی قرار گرفت و با مشاهدات میدانی و تهیه نقشه ژئومورفولوژی، داده‌های خروجی صحت سنجی شدند و با به کارگیری شاخص (SAVI) وضعیت تراکم و الگوی پوشش‌های گیاهی منطقه حفاظت شده اشترانکوه مشخص شدند و سپس انواع پوشش‌های گیاهی آن براساس شکل‌شناسی ظاهری مورد طبقه‌بندی قرار گرفتند و با اطلاعات حاصل از شاخص ژئودایورسیتی بررسی شدند. نتایج نشان داد که الگو و تراکم پوشش‌های گیاهی این منطقه از طبقات ژئودایورسیتی پیروی کرده و پراکنش فضایی آنان منطبق بر طبقات ژئودایورسیتی از نوع بوته‌زار به سمت مرتع و چمنزار، از زیاد به سمت کم است. از این رو جهت موفقیت در امر حفاظت از گونه‌های زیستی و به ویژه جوامع گیاهی در مناطق حفاظت شده، می‌بایست به حفاظت زمین‌شناختی هم توجه کرد.

واژه‌های کلیدی: پوشش گیاهی، ژئودایورسیتی، لرستان، منطقه حفاظت شده اشترانکوه.

*- نویسنده مسئول: Email: maghsoud@ut.ac.ir

مقدمه

جهان در همه ابعاد، متنوع است و زمین از ابتدا تا به حال، میزبان مجموعه‌ای از رویدادها نظیر حرکات پوسته زمین، تغییرات اقلیمی و رخدادهای کاتاستروفیک بوده،که موجب گسترش گوناگونی-های زمین‌شناسی و ژئومورفولوژیکی شده است (Gray, 2019). توجه به تنوع پدیده‌های طبیعی زمین، به‌طور چشمگیر در دهه‌های گذشته افزایش یافته است؛ و به‌طور اساسی این گوناگونی‌ها در عین وابستگی به یکدیگر، به دو دسته بیودایورسیتی و ژئودایورسیتی تقسیم می‌گردد (Hjort and Luoto, 2010). ژئودایورسیتی به عنوان گوناگونی‌های طبیعی مرتبط با عوامل زمین‌شناختی (سنگ‌ها، کانی‌ها و فسیل‌ها)، ژئومورفولوژیکی (لندفرم‌ها)، خاک، توپوگرافی و هیدرولوژیکی تعریف می‌شود (Gray, 2019)، همچنین این علم به فرآیندهایی که مناظر زمین را شکل می‌دهند، توجه خاصی دارد (Kozlowski, 2004). تنوع زمین‌شناختی، دانش جدیدی است که در دهه‌های گذشته، در دو بعد فلسفی و عملی بر روی آن کار شده است (Gordon and et al, 2012; Gray, 2005; Sharples, 2002). اگرچه اکنون در سطح بین‌الملل به رسمیت شناخته شده است، اما هنوز هم در سیاست‌ها و فرایندهایی که توسعه پایدار را ترویج می‌کنند، به‌طور جدی در نظر گرفته نمی‌شود (Brilha and Reynard, 2018). عملکردها، خدمات و سودمندی ژئودایورسیتی مشخص است (Brilha and et al, 2018; Gray, 2018; Gray and et al, 2013; Gray, 2004) و با استفاده از روش‌های کیفی، کمی، کیفی-کمی و مفاهیم مرتبط به خدمات زمین، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (Gordon and et al, 2012; Garcia, 2019). با این حال، باید به این نکته توجه داشت که ارزیابی‌ها و طبقه‌بندی‌ها از تنوع‌های زمین‌شناختی و ژئومورفولوژیکی به تنهایی کافی نمی‌باشد و ضروری است تلاش‌های مناسبی در جهت حفاظت از آنان صورت بگیرد: که این امر مهم، نیازمند رویکرد "زمین اخلاق" است (Peppoloni and Di Capua, 2012). همچنین، مناطقی که دارای تنوع‌های بالا در زمینه عوامل زمین‌شناختی و ژئومورفولوژیکی می‌باشند، از بخش‌های اصلی میراث جهانی به حساب می‌آیند؛ که امروزه با توجه گسترش فعالیت‌های انسانی و تغییرات محیطی، می‌بایست اقدامات مدیریتی مناسبی برای حفاظت از آنان جهت بهره‌مندی نسل آینده، صورت بگیرد (Fox and et al, 2022; UNESCO, 2020; Tomas, 2012) و مکانی که به عنوان میراث جهانی معرفی شده است، باید از لحاظ جغرافیایی، تاریخی، فرهنگی و کالبدی قابل شناسایی و در سطح بین‌الملل منحصر به فرد باشد (Allan and et al, 2018; Sullivan, 2016). این قبیل سرزمین‌ها به علت ماهیت متنوع خود، خدمات گوناگونی را نیز عرضه می‌دارند. در واقع مناطقی که از ژئودایورسیتی بالایی برخوردار هستند، خدماتی را به انسان و محیط ارائه می‌دهند؛ که از جمله آنان می‌توان به تامین (مواد غذایی و تولید کالاها)، تنظیم (مثلا فرسایش)، حمایت و خدمات فرهنگی (زمین گردشگری) اشاره کرد (Gray, 2012)؛ و علاوه بر این ژئودایورسیتی غنی، عناصر ضروری که برای تنوع زیستی لازم است را فراهم می‌آورد (Kienle and et al, 2021; Erikstad, 2013). ارتباط میان بیودایورسیتی و ژئودایورسیتی به موضوع مهمی برای گفت و گوها و برنامه‌ریزی های حفاظتی تبدیل شده است (Crofts, 2019)؛ و حتی شواهد حاکی از آن است که در چند دهه اخیر، حفاظت زمین‌شناختی نقش ثانویه را در حفاظت از تنوع زیستی به ویژه پوشش-های گیاهی ایفا کرده است (Gordon, 2018; Cavender and et al, 2020). براساس قوانین ژئواکولوژیک انتشار، تنوع در عوامل جغرافیایی

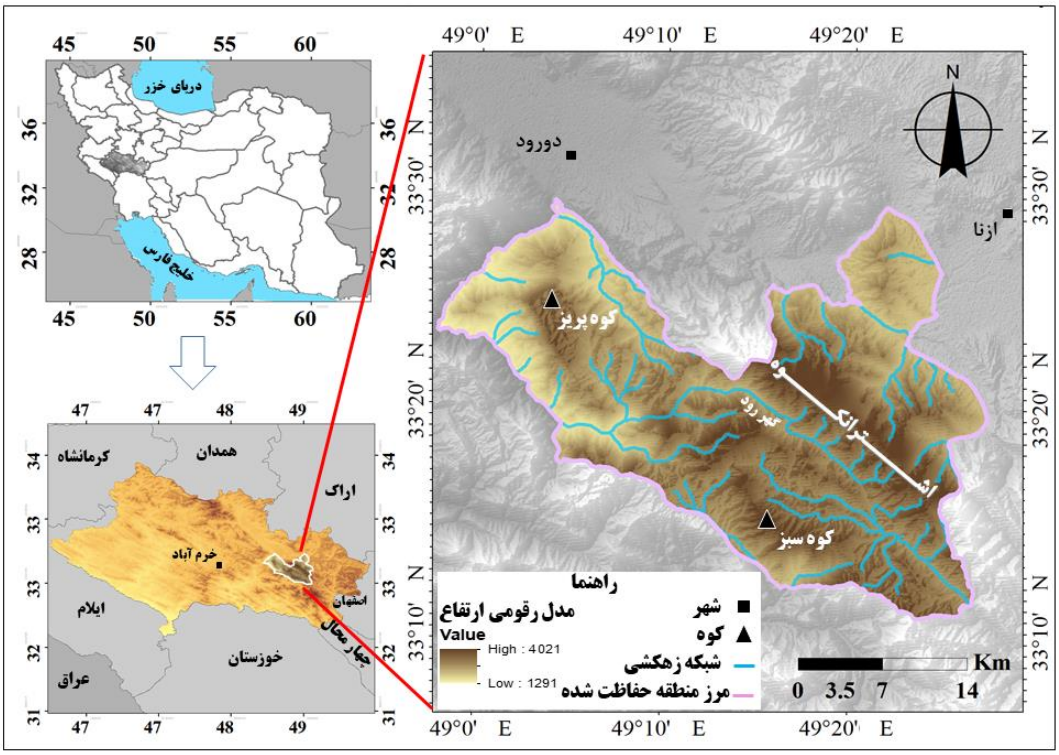
مانند ارتفاع، جهت دامنه، عرض جغرافیایی، درجه شیب، خاک و اقلیم می‌تواند بر خصوصیات پوشش گیاهی یک منطقه تاثیر گذار باشد (جوادی و همکاران، ۱۳۹۰؛ مقدم، ۱۳۹۳). ژئودایورسیتی در مقاومت انواع پوشش‌های گیاهی در مقابل تغییرات اقلیمی (Dubinin and et al, 2021) و الگوهای توزیع فضایی انواع پوشش‌های گیاهی (Stavi and et al, 2015) نقش مهمی دارد؛ و بین غنای پوشش-های گیاهی و به خصوص گیاهان آبزی با تغییرات ژئودایورسیتی حوضه آبریز ارتباط مثبت برقرار است (Toivanen and et al, 2019). چهار مورد از زیر مجموعه‌های ژئودایورسیتی یعنی تنوع‌های مرتبط با انواع، کارکردهای اکولوژیکی، دینامیک و ارتباطات میان لندفرم‌ها، به ایجاد تنوع پوشش‌های گیاهی در مقیاس‌های محلی و منطقه‌ای کمک می-کند (Takaoka, 2022). گام کلیدی به منظور حفاظت و اولویت‌بندی مسائل مربوط به آن در مناطق حفاظت شده، استفاده از نگرش ارتباط بین تنوع زیستی با تنوع زمین‌شناختی است، که مهم-ترین ابزار ارزیابی و ارتباط سنجی میان آن‌ها، استفاده از فناوری سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور است (Zarnetski and et al, 2019). در زمینه کارهای انجام شده در گذشته که با موضوع این پژوهش دارای ارتباط هستند می‌توان به توکیاینین و همکاران (Tukiainen and et al, 2017) اشاره کرد که رابطه بین تنوع زیستی، تنوع زمین شناختی و کاربری اراضی را در کشور فنلاند بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند، که ژئودایورسیتی و بیودایورسیتی ارتباط خطی مستقیم دارند؛ و رابطه میان تنوع‌های موجود در محیط‌های جان‌دار و بی‌جان با کاربری اراضی در عرض‌های بالا، نمود بیشتری دارد. همچنین زارنتسکی و همکاران (Zarnetske and et al, 2019) به منظور یافتن ارتباط میان ژئودایورسیتی و بیودایورسیتی از داده‌های سنجش از دوری استفاده کردند و بیان داشتند که مشکل اصلی در بررسی ارتباط میان اجزای زنده و غیر زنده کره زمین، پراکندگی و تمرکز اطلاعات مربوط به گیاهان در مکان‌های خاص است که کار ارتباط سنجی را برای دیگر مناطق با مشکل مواجه می‌کند. "بررسی تعامل بین حفاظت زمین‌شناختی و تنوع زیستی در مناطق حفاظت شده" عنوان پژوهشی است که کروفتس (Crofts, 2019) انجام داد. او با ارائه چند مثال از تعامل میان عناصر زمین‌شناختی و زیستی، به اهمیت نگرش میان رشته‌ای به منظور مدیریت مطلوب مناطق حفاظت شده، تاکید کرد. در داخل کشور، برخی از مطالعات در زمینه ارزیابی تنوع‌های زمین‌شناختی استوار بوده است (گلی مختاری و بیرامعلی، ۱۳۹۷؛ گلی مختاری و همکاران، ۱۳۹۷؛ سیستانی بدوئی و همکاران، ۱۴۰۰؛ صالحی پور میلانی و همکاران؛ ۱۴۰۰) یا بر ارتباط متقابل ژئودایورسیتی و حفاظت زمین-شناختی و گسترش پدیده زمین گردشگری متمرکز بوده‌اند (یزدی و دبیری، ۱۳۹۴؛ مقصودی و همکاران، ۱۳۹۸؛ رنجبری و همکاران، ۱۳۹۹) اما در زمینه ارتباط ژئودایورسیتی با ویژگی‌های کمی و کیفی پوشش‌های گیاهی در یک منطقه، تاکنون پژوهشی در داخل کشور صورت نگرفته است. در ارتباط با مطالعات انجام شده در منطقه حفاظت شده اشترانکوه، عباسی و همکاران در سال ۱۳۸۸ تاثیر حفاظت بر تنوع گونه‌های درختی، درختچه‌ای و گیاهان چوبی را در بخش‌های حفاظت شده و مناطق پیرامونی اشترانکوه را در سطوح ارتفاعی ۱۶۰۰ تـا ۱۸۰۰ متر از سطح دریا با استفاده از شاخص‌های تنوع زیستی، بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که وضعیت شاخص‌های تنوع در مناطق درونی و مرکزی و شرایط زیست گونه‌های درختی و درختچه‌ای، بهتر از مناطق خارج از

مرزهای حفاظتی است. با توجه به پژوهش‌های صورت گرفته، ژئودایورسیتی ایران بالا است؛ و بسیاری از خصوصیات سرزمینی ایران، به ویژه گوناگونی های تکتومورفیکی، اقلیمی، ژئومورفیکی، سیستم‌های شکل‌زایی، رسوبی و معدنی، کوهزایی، خشکی زایی، زیستی، زمین بوم‌های اجتماعی و غیره، ناشی از دوخت قاره‌ای و واقع شدن ایران در محل تلاقی قاره‌ها و خرده قاره‌های منطقه‌ای است که موجب افزایش تنوع‌های زمین‌شناختی در این پهنه شده است (رامشت و باباجمالی، ۱۳۹۸؛ Maqhsoudi, 2021). در این میان استان لرستان به دلایلی چون تنوع‌های توپوگرافیکی، اقلیمی، ژئومورفولوژیکی و زیستی، از نظر ژئودایورسیتی و بیودایورسیتی حائز اهمیت است (یاراحمدی و بیرانوند، ۱۳۹۳)؛ و ژئودایورسیتی مناطق مختلف استان دارای ارزش‌های متفاوتی است که در منطقه حفاظت شده اشترانکوه به دلیل گوناگونی در عوامل زمین‌شناختی و ژئومورفولوژیکی (نظیر: سطوح ارتفاعی، تکتونیکی، درزه‌ای، سازندی، چینه‌ای، فرسایشی (آبی و یخچالی) و لندفرمی) اقلیمی و همچنین فرآیندهای مرتبط با آنان قابل توجه است. از این رو، یافتن ارتباط متقابل میان تنوع پوشش گیاهی با تنوع زمین‌شناختی به منظور مسائل مرتبط با حفاظت از منابع طبیعی ایران، لازم و ضروری می‌باشد؛ و پرسش مهم این است که آیا ژئودایورسیتی با نوع، تراکم و الگوی پراکنش فضایی پوشش‌های گیاهی در یک منطقه، ارتباط دارد و اگر پاسخ مثبت است این ارتباط چگونه می‌تواند باشد؟ با توجه به این نکته که ژئودایورسیتی بالا، امکانات و خدمات متنوعی را برای اکوسیستم فراهم می‌کند، از این رو می‌تواند نقش مهمی را در کمیت و کیفیت پوشش‌های گیاهی یک منطقه ایفا کند. از این رو اشترانکوه و نواحی پیرامونی آن، که در سال ۱۳۴۹ به عنوان منطقه حفاظت شده اعلام شد، ژئودایورسیتی آن به منظور مدیریت، حفاظت و توسعه پایدار ژئوتوریسم و اکوتوریسم مورد ارزیابی قرار می‌گیرد که در این راه از شاخص‌های گوناگون و فناوری‌های GIS & RS استفاده خواهد شد.

منطقه مورد مطالعه

موقعیت منطقه مورد مطالعه در غرب ایران و در شرق استان لرستان واقع شده است که از نظر تقسیمات مربوط به ساختار زمین‌شناسی ایران، در واحد زاگرس (نبوی، ۱۳۵۵؛ اشتوکلین، ۱۳۷۱؛ آقانباتی، ۱۳۸۳) و بخش‌های عمده آن در منطقه زاگرس مرتفع (علائی طالقانی، ۱۳۸۱) قرار دارد. اشترانکوه و بخش‌های پیرامونی آن با وسعتی معادل ۱۰۶۶۰۷ هکتار در سال ۱۳۴۹، منطقه حفاظت شده اعلام شد (شکل ۱). رویشگاه‌های شناسایی شده در بخش‌هایی از این منطقه عبارتند از گونه ایرانی- تورانی با ۶۰/۳۵٪، دو گونه اروپا- سیبری و ایرانی- تورانی با ۱۷/۷۱٪، سه گونه مدیترانه ای- ایرانی و تورانی- اروپایی و سیبری با ۱۰/۳۳٪، و ۱۱/۶۱٪ مربوط به دو ناحیه گیاهی ایرانی- تورانی و مدیترانه‌ای است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴؛ دهشیری و مهدپرور، ۱۳۹۵). اشترانکوه با روند شمال غرب - جنوب شرق در بخش‌های شمالی این منطقه حفاظت شده قرار گرفته، که از مجموع چندین قله با ارتفاع بیش از ۳۰۰۰ متر از سطح دریا (گل گل، گل گهر، پازن پیر، کولوربد، کوله لایو، کول جنو، ازنا در، پیارو، مهرجمال، سن بران، چال برون، میرزایی، فیالستون و لگر) به وجود آمده است. از نظر سنگ‌شناسی بخش‌های عمده رشته کوه اشترانکوه از شیل آهکی سیاه (سازند ایلام - سروک) و دامنه‌های جنوبی آن از سازند خانه کت (آهک‌های دولومیتی کم عمق) تشکیل شده است و اشکال نابالغ کارستیک در این رشته کوه مشاهده می‌شود (مقیمی، ۱۳۹۲). همچنین بخش‌های

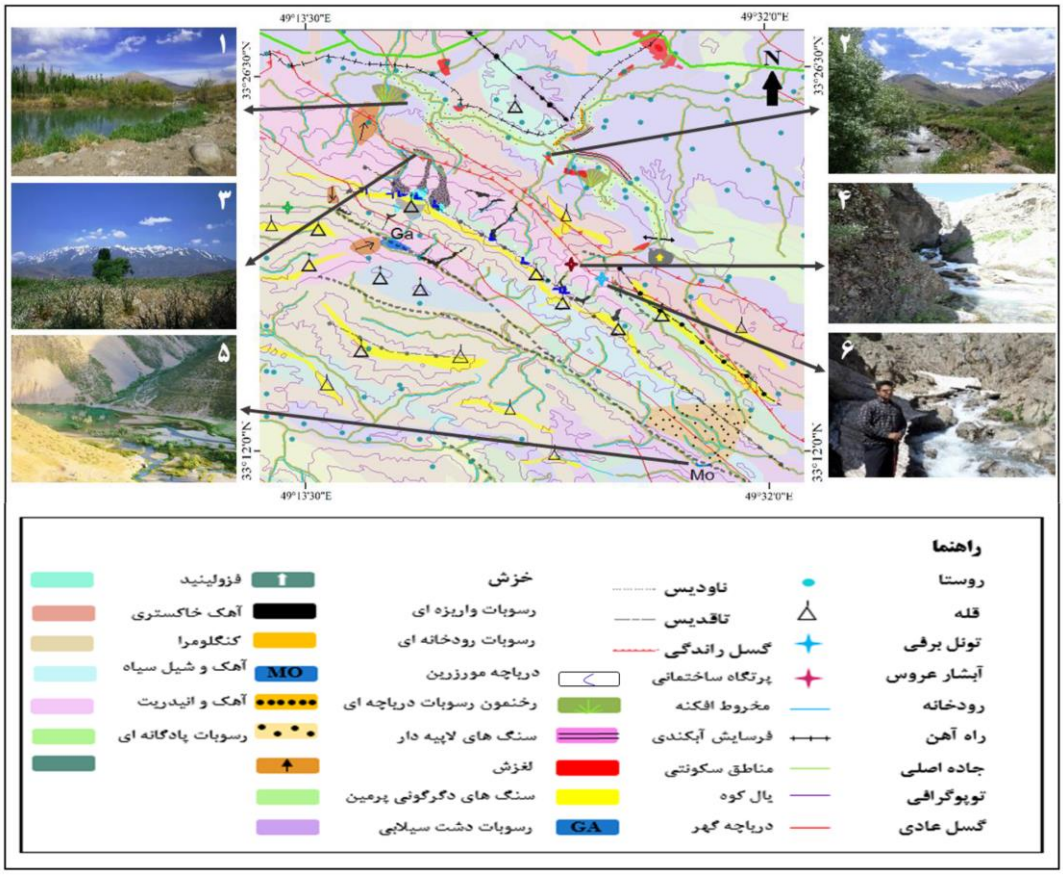
عمده قسمت‌های جنوبی و غربی منطقه حفاظت شده، از رسوبات کنگلومرای پلیوسن پوشیده شده است. کوه‌های پریز و سبز واقع در ضلع‌های جنوبی و جنوب غربی، از دیگر ارتفاعات مهم این منطقه به شمار می‌رود. محدوده منطقه حفاظت شده اشترانکوه از شمال به شهر ازنا، از شمال غرب به شهر دورود، از جنوب به شهر شول آباد و از شمال شرق به شهر الیگودرز منتهی می‌گردد. از نظر اقلیمی متوسط بارندگی سالانه آن ۷۴۴ میلی‌متر می‌باشد؛ همچنین حداکثر و حداقل دمای متوسط مطلق سالانه منطقه حفاظت شده اشترانکوه به ترتیب ۳۶/۹ و ۰/۳- است (احمد آبادی و فتح الله زاده، ۱۳۹۷)؛ و دارای دو بخش اقلیمی متفاوت یعنی گرمسیری (پوشش گیاهی غالب درختان بلوط) در جنوب و سردسیری (پوشش گیاهی غالب بوته گون) در شمال آن می‌باشد (درویش و شکوئی، ۱۳۸۴). رشته کوه زاگرس از نظر اکوسیستم و حفظ ذخایر ژنتیکی، حائز اهمیت است؛ و در این میان، منطقه حفاظت شده اشترانکوه یکی از گستره‌های با ارزش از نظر شاخص‌های اکوسیستمی می‌باشد (عباسی و همکاران، ۱۳۸۸).



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

خصوصیات زمین‌شناسی و ژئومورفولوژیکی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه براساس واحدهای زمین ساختی ایران، در دو پهنه زاگرس (نواحی مرکزی و جنوبی منطقه حفاظت شده) و پهنه سنندج سیرجان (نواحی شمالی منطقه حفاظت شده اشترانکوه) واقع است. براساس نقشه ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه (شکل ۲)، بیشتر لندفرم‌ها و نهشته‌های کواترنری (یخچالی و آبرفتی) در قسمت‌های شمالی منطقه حفاظت شده و واقع در دامنه‌های شمالی اشترانکوه قرار دارند.



شکل ۲: نقشه ژئومورفولوژی اشترانکوه و نواحی پیرامونی آن به همراه تصاویر لندفرم‌های با ارزش بالای ژئودایورستی. ۱) رودخانه ماربره و سفید کوه کوچک، ۲) دره یخچالی دره تخت، ۳) دید به سمت برفچال‌های شمال‌غربی اشترانکوه (قله‌های چال کبود، چال بوران و چال میشان)، ۴) آبشار عروس، ۵) قسمت انتهایی دریاچه مورزرین، ۶) تونل برفی

از شکل ۲ چنین استنباط می‌شود که قسمت‌های شمالی منطقه حفاظت شده اشترانکوه محدود به دشت‌هایی با آبرفت‌های کواترنری است. به دلیل روند شمال‌غربی – جنوب‌شرقی اشترانکوه، دامنه-های شمالی و به ویژه شمال‌غربی خصوصیت سایه آفتابی دارند و موجب ایجاد سه برفچال نیمه دائمی به نام‌های چال کبود، چال بوران و چال میشان شده است، که رسوبات یخچالی آنان به وسیله یک دره پایکوهی تا نزدیک چاه کارستیک تیان ادامه دارد. نهشته‌های واریزه‌ای دامنه‌های شمالی این رشته کوه از حجم، مساحت و تعداد بیشتری نسبت به دامنه‌های جنوبی رشته کوه اشترانکوه برخوردار هستند. این منطقه دارای دو مخروطه افکنه اصلی و بزرگ در جنوب روستاهای وزمه در و تیان است.

رسوبات یک دریاچه دیرینه که با عمل حفر رودخانه ازنا، رخنمون پیدا کرده است، در کیلومترهای ۴ تا ۹ مسیر جاده ارتباطی شهرستان ازنا به روستای دره تخت، قابل مشاهده است. این رسوبات به علت ریزدانه بودن و قرارگیری زهکش‌های منطقه در فاز حفر بستر به منظور رسیدن به سطح اساس جدید، پس از نابودی دریاچه دیرینه در انتهای حوضه آبریز ازنا-الیگودرز، موجب گسترش فرسایش آبکندی و توسعه گالی‌ها در بخش‌هایی از جنوب دشت ازنا شده است (رامشت و باباجمالی، ۱۳۹۸). در دامنه-های شرقی مشرف به سد خاکی در حال احداث روستای کمندان، شواهد خزش دامنه‌ای مشاهده می‌گردد و همچنین سه پادگانه آبرفتی در رودخانه-های ازنا و ماربره قابل مشاهده است. دریاچه

مورزرین واقع در انتهای جنوب‌شرقی رشته کوه اشترانکوه به علت لغزش زمین در سال ۱۳۹۸ ایجاد شده است که لندفرمی مهم و جدید در منطقه می-باشد و همچنین، به دلیل خصوصیات فیزیکی و شیمیایی محیطی حاکم بر سنگ‌های آهکی شمال این دریاچه، لاپیه بر روی آنان مشاهده می‌شود و حالتی پشت گوسفندی دارند که از جریان‌های یخچالی گذشته متاثر شده‌اند. دریاچه گهر نیز در دامنه جنوبی اشترانکوه و در پای قله سن بران (مرتفع‌ترین نقطه اشترانکوه) واقع بر چین گسلی قرار گرفته است. این منطقه حفاظت شده دارای سه زمین لغزش بزرگ می‌باشد که عبارتند: از لغزش-های حوالی روستای قلعه رستم، مناطق جنوب‌غربی دریاچه گهر و ارتفاعات پنبه‌کار. تمامی مواردی اشاره شده، تنوع فرم‌ها و فرآیندهای زمین‌شناسی و ژئومورفولوژیکی می‌باشد که با نتایج حاصل از ارزیابی نهایی وضعیت ژئودایورسیتی مورد انطباق قرار خواهد گرفت.

خصوصیات پوشش‌های گیاهی منطقه مورد مطالعه

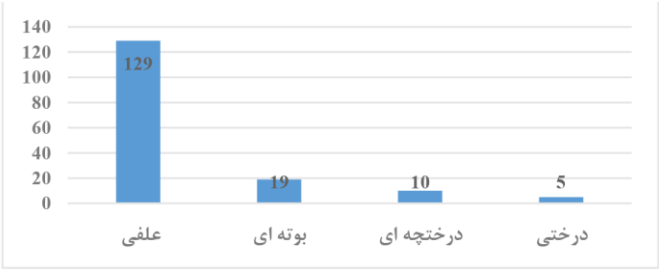
در منطقه حفاظت شده اشترانکوه تنوع رویشی ظاهری وجود دارد (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴)؛ به-طوری که در منطقه چال کبود، واقع در شمال اشترانکوه و در مساحتی برابر با ۳۵۸۵ هکتار و در طبقات ارتفاعی ۱۸۰۰ تا ۳۶۰۰ متری از سطح دریا، ۱۹ گونه گیاهی (جوادی و همکاران، ۱۳۹۰)، در غرب و جنوب غرب اشترانکوه و در مساحتی برابر با ۵۰ هکتار و در طبقه ارتفاعی ۱۶۰۰-۱۸۰۰ متری از سطح دریا، ۶۲ گونه گیاهی (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴)، در شرق منطقه اشترانکوه و در مساحتی برابر با ۳۸۰۰ هکتار واقع در طبقات ارتفاعی ۳۰۰۰ تا ۴۰۵۰ متری از سطح دریا و در قلل سن بران و کول جنو، ۸۲ گونه گیاهی (دهشیری و مهدور، ۱۳۹۵)، تاکنون شناسایی شده است. اسامی علمی گونه‌های گیاهی شناسایی شده در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱: اسامی علمی گونه‌های گیاهی شناسایی شده در منطقه حفاظت شده اشترانکوه

گونه‌های گیاهی شناسایی شده در منطقه چال کبود توسط جوادی و همکاران (۱۳۹۰)
Festuca ovina - Agropyron trichophorum - Eryngium billardieri - Astragalus adscendens - Daphne mucronata - Agropyron elongatiforme - Agropyron olivieri - Astragalus microcephalus - Acantholimon olivieri - Prangos ferulacea - Ferula hausknechtii - Euphorbia cheiradenia - Phlomis olivieri - Agropyron intermedium - Stachys acerosa - Bromus tomentellus - Astragalus marinus - Acantholimon spp - Artemisia persica
گونه‌های گیاهی شناسایی شده در قسمتی از غرب و جنوب غرب منطقه حفاظت شده اشترانکوه توسط عباسی و همکاران (۱۳۹۴)
Acer monspessulanum spp. Cinerascens-Pistacia atlantica-Eryngium billardieri-Turgenia latifolia-Bunium luristanicum-Scariola orientalis -Serratula cerinthifolia- Cardinia orientalis-Gundellia turnefortii-Scorzonera caliculata-Anthemis pseudocotula-Crepis kotschyana-Cardus arabicus-Picnomon acarna-Zoegea leptaurea-Nonnea caspica (Willd.) G.Don.-Hesperis kurdica-Hesperis persica Boiss-Lonicera nummulanfolic-Silene lineata Boiss. & Buhse-Pterocephalus plumosus - Euphorbia sororia-Quercus brantii var persica-Gentiana olivieri-Geranium molle -Iris hymenospatha-Ziziphora capitate-Ajuga chamaecistus ssp. Scoparic-Teucrium polium-Phlomis olivierii- Stachys lavandulifolia-Bellevalia glauca-Allium monophyllum-Allium helicophyllum-Colchicum persicum-Alcea rosea-Fraxinus angustifolia Vahl.- Astragalus ecbatanus-Lathyrus sativus-Astragalus baba-alliar-Cicer arietinum-Astragalus anacardium-Glycirhiza glabra var glanduilefera-Vicia narbonensis-Vicia villosa -Bromus sericeus Drobov-Hordeum bulbosum-Bromus tomentellus-Boissiera squarrosa-Heteranthelium pilliferum-Poa timoleontis-Aegilops kotschyi-Leontice leontopetalum-Cerasus microcarpa-Crataegus meyeri-Sanguisorba minor-Amygdalus scoparia-Cerasus brachypetala -Callipeltis cucalaria-Galium kurdicum-Scrophularia umbrosa-Daphne mucronata
گونه‌های گیاهی شناسایی شده در قله‌های سن بران و کول جنو توسط دهشیری و مهدور (۱۳۹۵)
Chaerophyllum macropodum Boiss- Eryngium billardierei Heldr. ex Boiss-Pimpinella tragium Vill.- Tetrataenium lasiopetalum (Boiss.) Manden- Artemisia haussknechtii Boiss- Artemisia persica Boiss- Cirsium haussknechtii Boiss-Cousinia bachtiarica Boiss. & Hausskn- Cousinia khorramabadensis Bornm. var. purpurea Attar & Ghahr-Cousinia multiloba DC. Crepis asadbarensis Bornm. ex Rech.f.- Echinops haussknechtii Boiss- Erigeron acer L. subsp. pycnotrichus (Vierh.) Grierson-Helichrysum armenium DC.- Iranecio paucilobus (DC.) B.Nord.- Tanacetum kotschyi (Boiss.) Grierson-Tanacetum polycephalum Sch.Bip.- Tragopogon graminifolius DC-Onosma microcarpa DC.- Solenanthus stamineus J.F.Macbr.-

Aethionema grandiflorum Boiss. & Hohen.- Alyssum persicum Boiss.- Draba aucheri Boiss.- Erophila verna (L.) DC.- Fibigia suffruticosa (Vent.) Sweet-Graellsia saxifragifolia Boiss.- Asyneuma amplexicaule Hand.-Mazz.- Asyneuma persicum Bornm.- Acanthophyllum caespitosum Boiss.- Arenaria persica Boiss- Dianthus szowitisianus Boiss.- Gypsophila virgata Boiss.- Silene commelinifolia Boiss.- Kochia prostrata (L.) Schrad.- Convolvulus urosepalus Pau-Euphorbia cheiradenia Boiss. & Hohen.- Geranium tuberosum L.- Astragalus gamasiabensis Maassoumi, Zarre & Podlech-Astragalus horridus Boiss-Astragalus lurorum Bornm.- Astragalus murinus Boiss.- Astragalus shahbazanicus Podlech-Astragalus shuturunkuhensis Podlech-Astragalus verus Olivier-Astragalus zerdanus Boiss.- Oxytropis chrysocarpa Boiss.- Lamium album L. subsp. Crinitum-Marrubium astracanicum Jacq-Nepeta elymaitica Bornm.- Nepeta macrosiphon Boiss.- Phlomis anisodonta Boiss.- Phlomis olivieri Benth.- Scutellaria multicaulis Boiss.- Stachys acerosa Boiss.- Teucrium orientale L.- Thymus daenensis Čelak-Ziziphora clinopodioides Lam.- Allium rotundum L.- Bellevalia longistyla (Miscz.) Grossh.- Gagea chlorantha Schult.f.- Ornithogalum brachystachys K.Koch-Orobanche hirtiflora (Reut.) Tzvelev-Papaver macrostomum Boiss. & A.Huet-Plantago atrata Hoppe subsp. spadicea (Wallr.) Pilger-Plantago lanceolata L.- Acantholimon bromifolium Boiss. ex Bunge var. platyphyllum Bornm.- Acantholimon erinaceum (Jaub. & Spach) Lincz.- Agropyron longearistatum (Boiss.) Boiss-Melica jacquemontii Decne.- Rheum ribes L.- Dionysia gaubae Bornm.- Pilostyles haussknechtii Boiss.- Delphinium tuberosum Aucher ex Boiss.- Ranunculus straussii Bornm.- Cerasus brachypetala Boiss.- Galium megalanthum Boiss.- Galium odoratum Scop.- Odontites aucheri Boiss.- Scrophularia umbrosa Dumort.- Veronica orientalis Mill.- Daphne mucronata Royle-Valeriana sisymbriifolia Vahl

همچنین گونه‌های گیاهی شناسایی شده را از نظر شکل رویشی می‌توان به ۴ طبقه تقسیم کرد؛ که بیشترین تعداد مربوط به فرم علفی با ۱۲۹ گونه، بوته‌ای با ۱۹، درختچه‌ای با ۱۰ و درختی با ۵ گونه در رتبه‌های بعدی قرار دارند (شکل ۳).



شکل ۳: نمودار ستونی تعداد گونه‌های گیاهی شناسایی شده براساس طبقات شکل رویشی

مواد و روش‌ها

نوع تحقیق کاربردی – توسعه‌ای و روش آن تحلیلی- میدانی می‌باشد. از ابزارهای مختلفی مانند DEM Alos PalSar با قدرت تفکیک مکانی ۱۲/۵ متر جهت استفاده در مدل GI (مللی، ۲۰۱۴)، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ دورود (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور)، نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ منابع و استعداد خاک‌های ایران (موسسه تحقیقات خاک و آب ایران) و داده طیفی ماهواره Sentinel 2-A به منظور استفاده در شاخص بارزساز پوشش گیاهی، به کار گرفته شده است. همچنین پیمایش‌های میدانی در چند مرحله در منطقه مورد مطالعه انجام شد. جهت بارزسازی تراکم و الگوی پوشش‌های گیاهی منطقه مورد مطالعه از شاخص SAVI[1] معرفی شده توسط هیوت (Huete, 1984)، استفاده گردید و انواع پوشش‌های گیاهی و درختی منطقه مورد مطالعه براساس ویژگی‌های شکل‌شناسی ظاهری به ۵ دسته تقسیم شدند؛ سپس با نقشه ژئودایورستی منطقه مورد مطالعه به منظور یافتن ارتباط متقابل، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. جهت صحت سنجی نقشه خروجی شاخص ژئودایورسیتی منطقه حفاظت شده اشترانکوه، نقشه ژئومورفولوژی این منطقه تهیه شد و با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفتند. در تهیه نقشه ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه از نقشه زمین‌شناسی، تصاویر ماهواره‌ای و پیمایش‌های متعدد میدانی استفاده گردید.

شاخص ارزیابی ژئودایورسیتی (GI)

شاخص ژئودایورسیتی (GI)[2] در سال ۲۰۰۷ میلادی توسط سرانو و فلانو (Serrano and Flaño,

2007)، اصلاح و به‌طور مجدد معرفی شد (Melelli, 2014)؛ که براساس آن ژئودایورسیتی یک منطقه به سه طبقه V1 (تنوع کم)، V2 (تنوع متوسط) و V3 (تنوع بالا) تقسیم می‌گردد (رابطه ۱). با توجه به مدل رقومی ارتفاع و مساحت منطقه مورد مطالعه، هر یک از زیر شاخص‌ها، به یک نقشه رستری تبدیل شدند، و سپس با یک شبکه ۲۱/۵*۲۱/۵ متر پوشیده شدند؛ که علت انتخاب سلولی با این اندازه، مربوط به داده‌های ورودی است؛ به گونه‌ای که استفاده از سلول‌های کوچکتر برای نقشه کاربری اراضی، موجب کسب نتایج متناقض و نادرست می‌شود. همچنین با توجه به وسعت منطقه مورد مطالعه که مساحتی معادل ۱۰۶۶۰۷ هکتار است، در نظر گرفتن یک شبکه بزرگتر برای نمایش جزئیات، قابل قبول نیست (ferrando and et al, 2021). سرانجام تنوع موجود در درون هر شبکه رستری با استفاده از تابع تنوع در ابزار Focal محاسبه می‌شود.

رابطه ۱)

$$GI = \frac{[(\sum_{i=1}^{n} Vi)+(\sum_{i=1}^{n} Gmi)]\,(\frac{Sa}{Pa})}{\text{In Sa}}$$

که در آن: ۱) VI[۳] (شاخص تنوع در واحدهای چشم‌انداز): جهت محاسبه این شاخص از اطلاعات دو زیر شاخص تنوع سنگ‌شناسی و تنوع خاک-شناسی استفاده می‌شود. برای محاسبه زیر شاخص تنوع سنگ‌شناسی و تنوع خاک‌شناسی، به ترتیب اطلاعات موجود در نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ دورود و نقشه رده‌ها و زیر رده‌های اصلی خاک (تهیه شده توسط موسسه تحقیقات آب و خاک (۱۳۹۴)) به همراه نقشه کاربری اراضی (تهیه شده توسط سازمان سنجش از دور ایران (۱۳۹۵))، به یک نقشه رستری تبدیل و تنوع موجود در هر شبکه آن محاسبه شد. ۲) GMI[۴] (تنوع ژئومورفولوژیکی): در واقع ژئومورفودایورستی زیر مجموعه‌ای از کلیتی به نام ژئودایورسیتی است، که به تنوع زمین چهره‌ها در یک منطقه خاص توجه می‌کند. به منظور ایجاد نقشه طبقه‌بندی شده عامل ژئومورفودایورسیتی منطقه مورد مطالعه، از شاخص GMI که توسط مللی و همکاران در سال ۲۰۱۷ معرفی شد، استفاده گردید. این شاخص از مجموع پنج عامل محاسبه می‌شود (رابطه ۲).

رابطه ۲)

$$GMI = (Geo)\,V + (Dd)\,V + (Rg)\,V + (Sp)\,V + (Lc)\,V$$

- عامل v (Geo) نقشه رستری طبقه‌بندی شده گوناگونی زمین‌شناختی
- عامل v (Dd) نقشه رستری طبقه‌بندی شده گوناگونی شبکه‌های زهکشی
- عامل v (Rg) نقشه رستری طبقه‌بندی شده گوناگونی زبری زمین
- عامل v (Sp) نقشه رستری طبقه‌بندی شده گوناگونی وضعیت شیب
- عامل v (Lc) نقشه رستری طبقه‌بندی شده گوناگونی لندفرمی

گوناگونی عوامل (v) مربوط به هر نقشه رستری با استفاده از تابع تنوع در ابزار Zonal Statistic محاسبه و با استفاده آلگوریتم شکست طبیعی (Jenks, 1967) به طبقات V1 (بسیار کم)، V2 (اندک)، V3 (متوسط)، V4 (زیاد) و V5 (بسیار زیاد) طبقه‌بندی شدند. برای سنجش ژئومورفودایورسیتی یک منطقه لازم است، تنوع فضایی مربوط به ویژگی‌های زمین‌شناسی یک منطقه، مورد ارزیابی قرار بگیرد. از این رو برای دستیابی به این هدف، رسوبات و سنگ‌های منطقه حفاظت شده اشترانکوه براساس فرسایش پذیری به پنج کلاس با استفاده از روش شکست طبیعی (Jenks, 1967)، به ترتیب از فرسایش پذیری کم تا فرسایش پذیری زیاد تقسیم گردید. به منظور محاسبه کمی تنوع مربوط به شبکه زهکشی منطقه مورد مطالعه، ابتدا DEM[۵] با قدرت تفکیک مکانی

۱۲/۵ متر وارد نرم‌افزار WMS[۶] شد و لایه شبکه زهکشی منطقه مورد مطالعه ایجاد و سپس وارد نرم‌افزار Arc GIS شد. با استفاده از ابزار Line Density تراکم خطی رودخانه‌ها مشخص و از V1 تا V5 مورد طبقه‌بندی قرار گرفت. سومین عامل مورد نیاز برای تهیه نقشه ژئومورفودایورسیتی، نقشه طبقه‌بندی شده زبری زمین است که با استفاده از آن می‌توان احتمال وجود یا عدم وجود لندفرم را در یک پهنه جغرافیایی سنجید. در این مطالعه برای محاسبه زبری زمین از شاخص SRR که توسط پیک و ویلسون معرفی گردید (Pike and Wilson, 1971) استفاده شد (رابطه ۳).

رابطه ۳)

$$SRR = (z(mean) - z(min))/(z(max) - z(min))$$

سپس نقشه رستری به دست آمده زبری زمین به پنج دسته طبقه‌بندی شد. به منظور کمی کردن تنوع وضعیت شیب و تنوع طبقه‌بندی لندفرم‌ها، از شاخص موقعیت توپوگرافی TPI[۷] (رابطه ۴)، استفاده گردید (Wiss, 2001)؛ که در نهایت براساس مقادیر به دست آمده طبق جدول طبقات شیب در فاکتور وضعیت شیب و طبقات لندفرمی در فاکتور طبقه‌بندی لندفرم‌ها، به ۶ کلاس برای وضعیت شیب و ۱۰ کلاس برای لندفرم‌ها تقسیم گردید و برای هر یک تابع کانونی تنوع تهیه شد. در نهایت براساس حساب شکست طبیعی به ۵ طبقه از V1 تا V5 تقسیم شدند. در انتها لایه‌های رستری پنج عامل مرتبط با ژئومورفودایورسیتی با یکدیگر جمع شدند و نقشه حاصله برای استفاده در شاخص ژئودایورسیتی به سه طبقه به‌طور مجدد تقسیم شد.

رابطه ۴)

$$TPI_{pt} = H_{pt} - \mu_{pt}$$

که:

H_{pt} = مقدار ارتفاع در هر سلول

μ_{pt} = میانگین ارتفاع در همسایگی هر سلول

پس از ایجاد نقشه رستری شاخص موقعیت توپوگرافی به پنج دسته براساس خطوط شکست طبیعی جنکس تقسیم شد؛ که عبارتند از:

۱- > دره

۰/۵ - ≤ دامنه ≤ ۱-

۰/۵ ≤ سطح مسطح ≤ ۰/۵-

۱ ≤ دامنه ≤ ۰/۵

۱ ≥ یال

۱) Sa (سطح منطقه): سلولی است که ارزش آن، منعکس‌کننده سطح توپوگرافیکی واقعی درون آن سلول می‌باشد (Melelli, 2014)؛

۲) Pa (سطح پلانیمتریک): بیانگر مربع رزولیشن مدل رقومی ارتفاعی زمین (Dem) است. برای محاسبه آن از ابزار "Surface Area and Ratio" در محیط نرم‌افزار Arc GIS استفاده شد (Jenness, 2004).

بارزسازی پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه با استفاده از شاخص طیفی پوشش گیاهی SAVI

یکی از روش‌های به حداقل رساندن تاثیر درخشندگی خاک پس زمینه بر شاخص بازتاب سطحی طیفی گیاه، استفاده نمودن از طول موج‌های قرمز و مادون قرمز نزدیک (NIR) است (Hjort, 1984)؛ و به همین منظور جهت بارزسازی تراکم پوشش گیاهی محدوده مورد مطالعه، داده‌های باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک ماهواره Sentinel-2A در دو بازه زمانی ۰۷/ ۰۵/ ۲۰۲۰ و ۲۰۲۰/۰۹/۰۵ به دلیل توان تفکیک مکانی زیر ۳۰ متر، اخذ و محاسبه شاخص طیفی SAVI وارد نرم‌افزار SNAP[۸] شد. همچنین، به علت پوشش گیاهی تنک و پراکنده منطقه مورد مطالعه در تمام فصول سال، برای فاکتور L مقدار ۱ در نظر گرفته شد (ایمانی و همکاران، ۱۳۹۷).

رابطه ۵)

$$SAVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red + L)} \times (1 + L)$$

تعیین فرماسیون‌ها یا انواع پوشش گیاهی در منطقه حفاظت شده اشترانکوه

منظور از فرماسیون، پوشش گیاهی معین و متمایز از نظر شکل‌شناسی ظاهری یا فیزیونومی است (Leme, 1967)؛ که در آن نوع گونه‌های تشکیل دهنده طبقات و لایه‌ها (ترکیب فلوریستیک) مد نظر نیست؛ و این کلمه را هومبولت، گیاه‌شناس اهل کشور آلمان، در سال ۱۸۰۶ میلادی در حوزه دانش گیاه‌شناسی و جغرافیای زیستی، نخستین بار مطرح کرد (نیشابوری، ۱۳۸۹). در سال ۱۹۸۲، تیوی، انواع اصلی فورماسیون‌ها را به پنج دسته عمده تقسیم کرده است؛ که عبارتند از: ۱) زمین‌های بدون پوشش؛ ۲) بوته‌زار؛ ۳) چمنزار دارای درخت؛ ۴) مرتع و چمنزار؛ ۵) جنگل. از این رو با توجه به همخوانی تقسیم‌بندی فوق با انواع پوشش‌های گیاهی منطقه مورد مطالعه، این روش به منظور مشخص کردن فرماسیون‌های منطقه حفاظت شده اشترانکوه انتخاب و با استفاده از بازدیدهای میدانی، تصاویر ماهواره‌ای و بازتاب‌های طیفی، فرماسیون-های گیاهی منطقه حفاظت شده اشترانکوه مشخص شدند. لازم به یادآوری است که به منظور بررسی پوشش‌های گیاهی طبیعی و وحشی منطقه مورد مطالعه، پوشش‌های باغی و زراعی، جزو تقسیم‌های فرماسیونی در نظر گرفته نمی‌شود.

طبقه‌بندی انواع پوشش‌های گیاهی با استفاده از روش اختلاط زدایی طیفی

به منظور طبقه‌بندی انواع پوشش‌های گیاهی در منطقه مورد مطالعه ابتدا تصاویر ماهواره‌ای Sentinel-2A که در تاریخ ۲۰۲۰/۰۸/۰۵ (به دلیل آنکه رستنی‌ها در فصل تابستان به رنگ طبیعی و تکامل خود می‌رسند و بنابراین تشخیص انواع پوشش‌های گیاهی با دقت بالاتری صورت می‌گیرد (زبیری و دالکی، ۱۳۹۳؛ علوی پناه، ۱۳۹۷)) اخذ شدند وارد نرم‌افزار SNAP شدند. داده‌های Level 2A دارای تصحیحات هندسی و اتسمفری هستند، اما قدرت تفکیک فضایی همه باندها با استفاده از ابزار Sen2Res به ۱۰ متر ارتقا پیدا کرد و چندین نقطه نمونه از هر فرماسیون گیاهی انتخاب و میانگین بازتابندگی سطحی[9] آنان در ۱۲ باند الکترومغناطیس محاسبه و بهترین باندها که دارای حداکثر تفکیک‌پذیری طیفی عوارض هستند، برای انجام طبقه‌بندی انواع پوشش‌های گیاهی انتخاب شدند. در مرحله بعد جهت اجرای طبقه‌بندی اطلاعات از روش (طبقه‌بندی نظارت شده) استفاده شد که مراحل آن عبارتند از (فیروز آبادی و پروین، ۱۳۹۲؛ زبیری و مجد، ۱۳۹۶؛ علیزاده ربیعی، ۱۳۹۶):

الف) انتخاب سطوح نمونه: نمونه‌هایی که همگنی مطلوبی دارند و نماینده پدیده هستند، در تعداد زیاد انتخاب شدند.

ب) طبقه‌بندی مقدماتی و بررسی صحت نتایج: در این مرحله پس از انجام محاسبات آماری، گزارش مربوط به تعداد پیکسل‌های انتخابی برای هر طبقه، تعداد پیکسل‌هایی که از طبقه‌بندی مقدماتی به پدیده اختصاص یافته و در آخر پیکسلی که از طبقه دیگر وارد طبقه‌بندی شده است مورد بررسی قرار گرفت و با توجه به اینکه نتایج نشان دهنده دقت و صحت پایین طبقه‌بندی بود از تکنیک اختلاط زدایی طیفی[10] استفاده گردید. این روش امکان شناسایی هر چه بهتر زیر پیکسل‌ها را از طریق تجزیه بازتاب پیکسل‌های مخلوط (رابطه ۶) فراهم می‌کند (موحامد و همکاران، ۲۰۱۹)؛ که بازتابندگی سطحی انواع پوشش‌های گیاهی جهت طبقه‌بندی دقیق‌تر آنان به صورت نظارت شده، فراهم می‌شود.

رابطه ۶)

$$R_k = \sum_{i}^{n} a_i \cdot E_{i,k} + \varepsilon_k \qquad RMSE = \sqrt{\left(\sum_{k}^{m} \varepsilon_k^2\right)^{-m}}$$

که؛

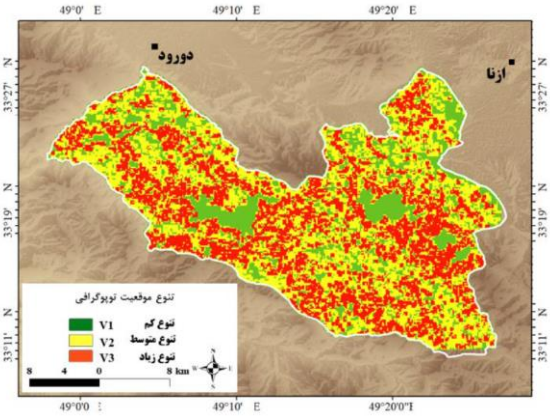
R_k بازتابندگی منبع در طول موج k
$E_{i,k}$ بازتابندگی زیر پیکسل i در طول موج k
A_i فراوانی زیر مجموعه i
$\acute{\varepsilon}_k$ خطا در هر طول موج k
$RMSE$ مربع میانگین ریشه خطا $\acute{\varepsilon}_K$
N تعداد زیر مجموعه
m تعداد طول موج در طیف گسترده

با استفاده از ابزار Spectral Unmixing Tools در محیط نرم‌افزار SNAP با وارد کردن مقادیر مربوط به بازتابندگی سطحی انواع پوشش‌های گیاهی منطقه حفاظت شده اشترانکوه و انتخاب باندهای ۱۱-۸-۷-۶، تصویر طیفی اختلاط زدایی شده ایجاد شد و مراحل طبقه‌بندی نظارت شده با استفاده از روش بیشترین شباهت[11] به‌طور مجدد انجام و صحت سنجی شد.

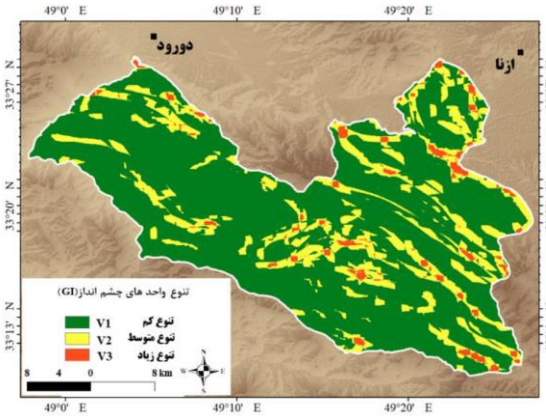
بحث و نتایج

ارزیابی ژئودایورسیتی منطقه حفاظت شده اشترانکوه

در شکل‌های شماره ۴، ۵، ۶، ۷ به ترتیب شاخص‌های زبری، تنوع واحدهای چشم‌انداز، موقعیت توپوگرافی و تراکم خطی شبکه زهکشی براساس خطوط شکست طبیعی به سه طبقه تنوع کم (V1)، تنوع متوسط (V2) و تنوع زیاد (V3) تقسیم شدند.

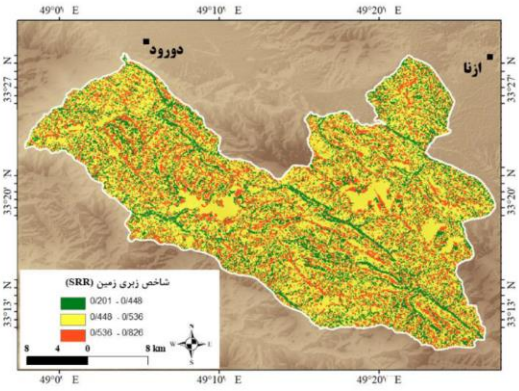


شکل ۴: تنوع موقعیت توپوگرافی

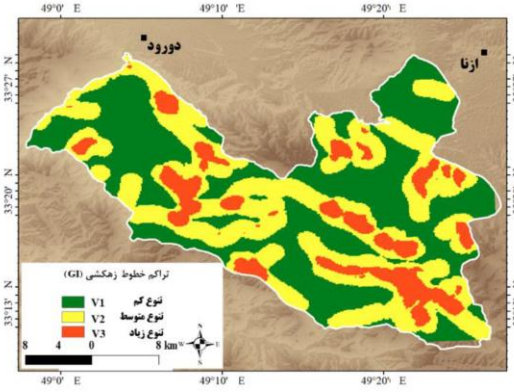


شکل ۵: تنوع در واحدهای چشم‌انداز

به منظور محاسبه پارامتر Vi (شکل ۴)، از نقشه‌های رستری سازندهای زمین‌شناسی و منابع و استعداد خاک‌های منطقه حفاظت شده اشترانکوه استفاده گردید. همچنین جهت محاسبه شاخص تنوع، اطلاعات این دو لایه اطلاعاتی به شعاع ۷۵ متری از آنالیز همسایگی و تابع کانونی آماری تنوع بدست آمد. بر پایه نتایج کسب شده ۷۶/۷۹ درصد منطقه حفاظت شده دارای تنوع V1 می‌باشد که اکثرا بر قسمت‌های غربی و جنوبی منطقه حفاظت شده اشترانکوه انطباق دارد و ۲۰/۴۸ درصد نیز دارای تنوع V2 و ۲/۷۳ درصد دارای تنوع V3 می‌باشد که بر بخش‌های مرکزی منطقه حفاظت شده اشترانکوه (کوه سبز و پیرامون آن) و دامنه‌های شمالی اشترانکوه منطبق است. همچنین براساس نقشه تنوع شاخص موقعیت توپوگرافی (TPI) (شکل ۵)، اکثر دامنه‌های جنوبی اشترانکوه و قسمت‌های جنوبی و شمالی کوه پریز دارای تنوع بالا (V3) با ۷۷/۵۶ درصد و سایر قسمت‌های منطقه حفاظت شده از تنوع متوسط (V2) با ۱۶/۰۳ درصد و تنوع کم (V1) با ۶/۴۰ درصد برخوردار است.

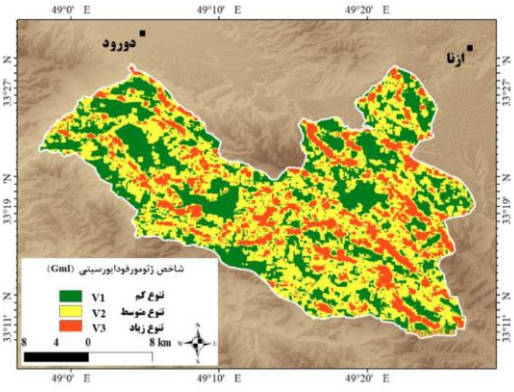


شکل ۶: شاخص‌های زبری زمین

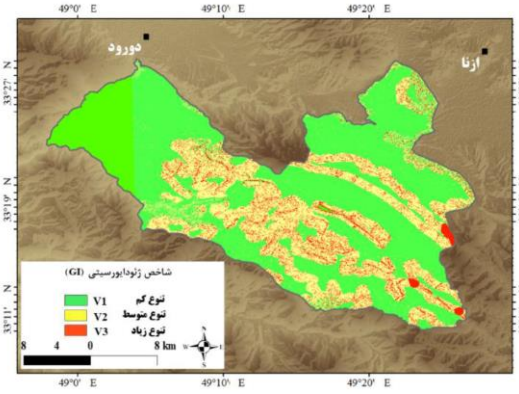


شکل ۷: تراکم خطی شبکه زهکشی

براساس نقشه تراکم خطی شبکه زهکشی (شکل ۶) قسمت‌های جنوب‌شرقی منطقه حفاظت شده و دامنه‌های شرقی کوه پریز مشرف به دره نگار دارای بیشترین تراکم خطی شبکه زهکشی (۶۹/۶۷-۰/۱) است که ۱۲/۸۰ درصد از مساحت منطقه حفاظت شده را تشکیل می‌دهد و قسمت‌های غربی و شمالی منطقه حفاظت شده دارای تراکم خطی زهکشی متوسط (۲۶/۶۹-۰/۰) و پایین (۰/۲۶-۰) می‌باشد که به ترتیب ۴۰/۷۳ و ۴۶/۴۷ درصد از منطقه حفاظت شده اشترانکوه را شامل می‌شود. براساس نقشه شاخص زبری زمین (شکل ۷) ۲۲/۹۴ درصد از مساحت کل منطقه حفاظت شده در طبقه زبری پایین (۰/۴۴ - ۰/۲۰)، ۵۳/۸۲، درصد در طبقه زبری متوسط (۰/۵۳ – ۰/۴۴) و ۲۳/۲۴ درصد نیز در طبقه زبری بالا (۰/۸۲ – ۰/۵۳) قرار دارد.



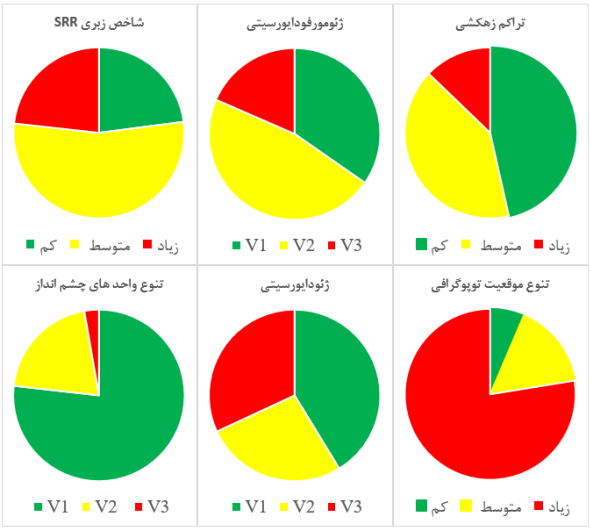
شکل ۸: شاخص ژئومورفودایورسیتی



شکل ۹: شاخص ژئودایورسیتی

پس از جمع عوامل موثر بر ژئودایورسیتی و ژئومورفودایورسیتی منطقه مورد مطالعه، نقشه‌های شاخص تنوع زمین‌شناختی (شکل ۹) و شاخص تنوع ژئومورفولوژیکی (شکل ۱۰) به دست آمد که نشان دهنده گوناگونی های بالای زمین‌شناختی و ژئومورفولوژیکی (V3) در دامنه‌های شمالی اشترانکوه است که این تنوع‌های بالا ناشی از لندفرم‌ها و نهشته‌های کواترنری متنوع (آبرفتی و یخچالی)، تراکم شبکه‌های زهکشی و قرار داشتن در فصل مشترک واحدهای زمین‌ساختی زاگرس مرتفع و سنندج - سیرجان و به دنبال آن تنوع در سازندهای زمین‌شناختی است (شکل ۲). بخش-های عمده دامنه‌های جنوبی اشترانکوه، بخش‌های شمالی و جنوبی کوه سبز، دره نگار و کوه چالمیرون

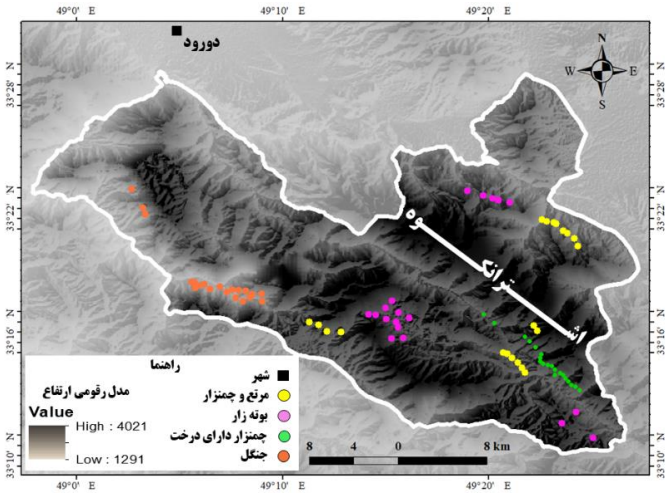
نیز به علت عبور گسل امتداد لغز دورود و زمین‌های ریخت‌های گسلی متنوع، رسوبات واریزه‌ای منتهی به دره شرقی دریاچه گهر، لغزش‌های متعدد و تنوع در سازندهای تبخیری (شکل ۲)، در طبقه دوم ژئودایورسیتی و ژئومورفودایورسیتی قرار گرفتند. همچنین قسمت‌های غربی منطقه حفاظت اشترانکوه و بخش‌های عمده کوه پریز نیز در طبقه اول ژئودایورسیتی و ژئومورفودایورسیتی واقع شده است. درصد مربوط به هر یک از طبقات دو شاخص در شکل ۱۰ نشان داده شده است.



شکل ۱۰: درصد طبقات هر یک از عوامل موثر بر ژئودایورسیتی و ژئومورفودایورسیتی منطقه حفاظت شده اشترانکوه

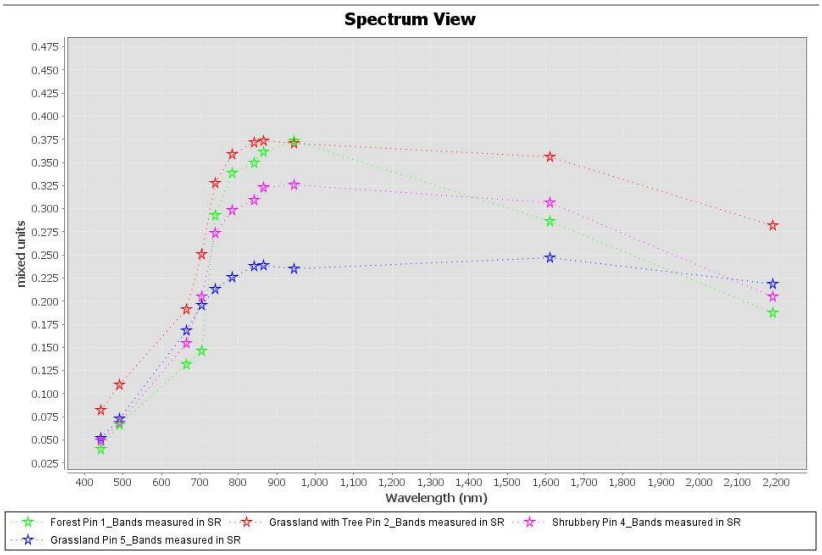
ارزیابی انواع پوشش گیاهی (فرماسیون‌ها) در منطقه حفاظت شده اشترانکوه و پیرامون آن

با انجام بازدیدهای میدانی، بررسی تصاویر ماهواره‌ای و بازتاب‌های طیفی انواع پوشش‌های گیاهی (شکل ۱۲)، براساس تقسیم‌بندی تیوی (۱۹۸۲)، تعداد ۵ فرماسیون پوشش گیاهی در منطقه حفاظت شده اشترانکوه مورد شناسایی قرار گرفت، که عبارتند از: بوته‌زار، چمنزار دارای درخت، جنگل و مرتع و چمنزار (شکل ۱۱).



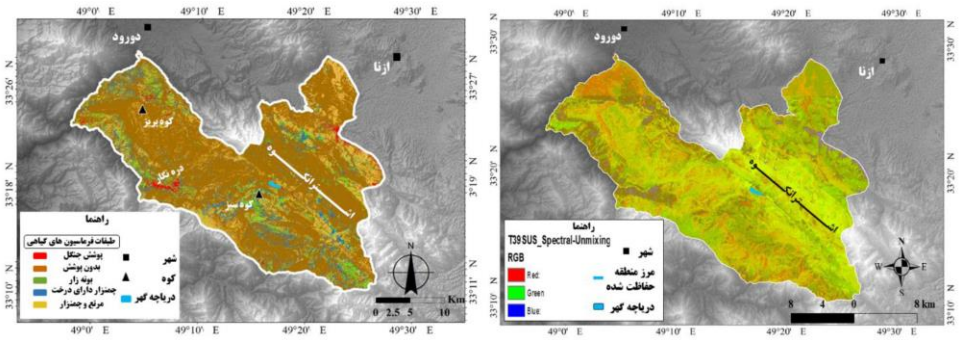
شکل ۱۱: برآورد میانگین بازتاب‌های طیفی نقاط منتخب بر روی هر یک از فرماسیون‌های پوشش گیاهی جهت کمک به انتخاب باندهای طیفی مناسب جهت انجام طبقه‌بندی

به منظور انتخاب بهترین باندها که از حداکثر تفکیک پذیری طیفی انواع پوشش‌های گیاهی اشترانکوه برخوردار باشند، میانگین بازتاب طیفی تعداد ۲۰ نقطه از هر فرماسیون (شکل ۱۱) محاسبه شد که در شکل ۱۲ نمایش داده شده است.



شکل ۱۲: بازتاب‌های طیفی هر یک از فرماسیون‌های منطقه حفاظت شده اشترانکوه در ۱۲ باند الکترومغناطیس

با توجه به نمودار بازتاب‌های طیفی هر فرماسیون (شکل ۱۲)، باندهای ۶، ۷، ۸، ۱۱ از بیشترین توانایی در تفکیک‌پذیری طیفی انواع پوشش‌های گیاهی منطقه حفاظت شده اشترانکوه برخودار می-باشند که از این رو برای انجام طبقه‌بندی نظارت شده به کار گرفته شدند. پس از طبقه‌بندی مقدماتی مشخص شد دقت طبقه‌بندی بالا نیست و نتایج حاصله، از صحت مناسبی برخودار نیستند؛ به همین منظور از تکنیک اختلاط زدایی طیفی به منظور تجزیه بازتاب پیکسل‌های مخلوط و شناسایی زیر پیکسل‌های پوشش‌های گیاهی استفاده شد و به صورت مجدد نمونه‌های تعلیمی بر روی تصویر طیفی اختلاط زدایی شده (شکل ۱۳) تعیین شد.



شکل ۱۳: اختلاط زدایی باندهای طیفی ۶، ۷، ۸، ۱۱ و ترکیب آنان

شکل ۱۴: طبقه‌بندی فرماسیون های گیاهی

منطقه حفاظت شده اشترانکوه در دامنه‌های شمالی رشته کوه اشترانکوه از فرماسیون های پوشش گیاهی بوته‌زار و مرتع و چمنزار و در دامنه‌های جنوبی این رشته کوه و دره گهر از پوشش‌های

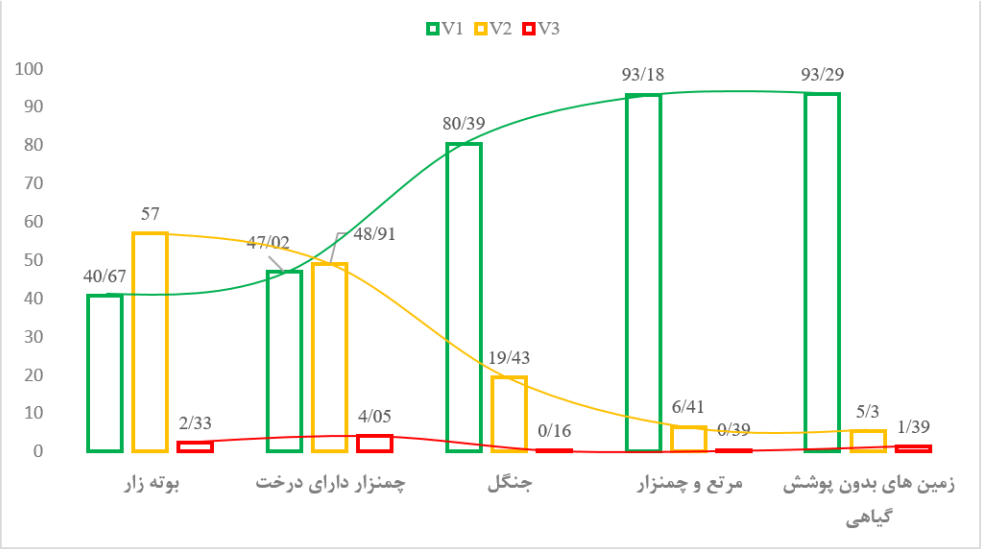
گیاهی مرتع و چمنزار و چمنزارهای دارای درخت برخوردار است (شکل ۱۴). بخش‌های عمده کوه سبز و زمین‌های پیرامون آن که در جنوب دریاچه گهر واقع گردیده‌اند، توسط پوشش گیاهی بوته‌زار و دامنه‌های منتهی به دره نگار و ساحل شرقی دریاچه گهر نیز توسط پوشش جنگلی پوشیده شده‌اند. مساحت زیادی از مناطق جنوبی خارج از محدوده منطقه حفاظت شده در قلمرو پوشش جنگلی قرار دارد. با توجه به اینکه ژئودایورسیتی غنی، عناصر ضروری که برای رشد گونه‌های گیاهی و درختی مناسب است را فراهم می‌آورد از این رو، مساحت و درصد هر یک از انواع پوشش گیاهی که بر طبقات تنوع زمین‌شناختی در محدوده منطقه حفاظت شده اشترانکوه منطبق است، در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲: اطلاعات مربوط به درصد و مساحت هر یک از فرماسیون های منطبق بر طبقات ژئودایورسیتی (V1، V2و V3)

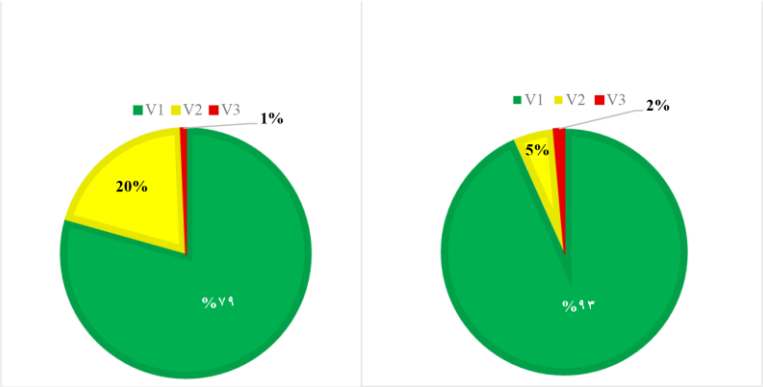
ردیف	نوع پوشش گیاهی (فرماسیون)	مساحت زیر پوشش (هکتار)	درصد زیر پوشش	مساحت زیر پوشش در تنوع V1 (هکتار)	درصد زیر پوشش در تنوع V1	مساحت زیر پوشش در تنوع V2(هکتار)	درصد زیر پوشش در تنوع V2	مساحت زیر پوشش در تنوع V3(هکتار)	درصد زیر پوشش در تنوع V3
۱	بوته زار	۵۸۱۳/۹۹	۵/۴۳	۲۳۶۴/۷۸	۴۰/۶۷	۳۳۱۴/۰۳	۵۷	۱۸/۱۳۵	۲/۳۳
۲	چمنزار دارای درخت	۶۳۳/۳۶	۰/۶۲	۳۱۱/۹۵	۴۷/۰۲	۳۲۴/۵۱	۴۸/۹۱	۲۶/۹	۴/۰۵
۳	جنگل	۱۴۶۷۷/۸۴	۱۳/۷۳	۱۱۸۰۰/۵۳	۸۰/۳۹	۲۸۵۳/۳۱	۱۹/۴۳	۲۴	۰/۱۶
۴	مرتع و چمنزار	۱۶۷۶۱/۶۵	۱۵/۶۸	۱۵۶۱۹/۴۵	۹۳/۱۸	۱۰۷۵/۳۵	۶/۴۱	۶۶/۸۵	۰/۳۹
۵	زمین‌های بدون پوشش گیاهی	۶۸۶۹۴/۵۲	۶۴/۲۷	۶۴۰۹۱/۱۴	۹۳/۲۹	۳۶۴۵/۱۲	۵/۳۰	۹۵۸/۲۶	۱/۳۹
جمع	-	۱۰۶۸۸۱	٪۱۰۰	۳۰۰۹۶/۷۱ (بدون احتساب فرماسیون ۵)- ۹۴۱۸۷/۸۵ (با احتساب فرماسیون ۵)	-	۷۵۶۷/۲ (بدون احتساب فرماسیون ۵)- ۱۱۲۱۲/۳۲ (با احتساب فرماسیون ۵)	-	۲۵۲/۹۳ (بدون احتساب فرماسیون ۵)- ۱۲۱۱/۱۹ (با احتساب فرماسیون ۵)	-

از جدول ۱ چنین استنباط می‌شود که فرماسیون پوشش گیاهی بوته‌زار ۵/۴۳ درصد از کل مساحت پوشش گیاهی منطقه حفاظت شده اشترانکوه را تشکیل می‌دهد که ۴۰/۶۷ درصد آن در طبقه V1، ۵۷ درصد آن در طبقه V2 و ۲/۳۳ درصد نیز در طبقه V3 ژئودایورسیتی قرار گرفته است. در واقع پراکنش فضایی پوشش گیاهی بوته‌زار نسبت به سایر پوشش‌ها، بیشتر بر طبقه دوم تنوع زمین-شناختی منطبق است. نوع بعدی پوشش، چمنزار دارای درخت است که ۴۷/۰۲ درصد آن منطبق بر طبقه V1، ۴۸/۹۱ درصد منطبق بر طبقه V2 و ۴/۰۵ درصد نیز منطبق بر طبقه V3 ژئودایورسیتی است که بیشترین مساحت تحت پوشش منطبق بر طبقه سوم تنوع زمین‌شناختی نسبت به دیگر انواع پوشش‌های گیاهی است. در نوع پوشش جنگل، بیشترین مساحت آن منطبق بر طبقه اول تنوع زمین‌شناختی با ۸۰/۳۹ درصد است و ۱۹/۴۳ درصد در طبقه V2 و ۰/۱۶ درصد دیگر نیز در طبقه

V3 قرار می‌گیرد. آخرین فرماسیون مربوط به پوشش مرتع و چمنزار می‌باشد که بیشترین مساحت آن منطبق بر طبقه V1 با ۹۳/۱۸ درصد و در رتبه‌های بعدی V2 با ۶/۴۱ درصد و V3 با ۰/۳۹ درصد است. نوع پوشش گیاهی مرتع و چمنزار نسبت به سایر انواع پوشش‌های گیاهی بیشترین مساحت فضایی منطبق با طبقه V1 را دارد. زمین-های بدون پوشش گیاهی که البته جزو فرماسیون پوشش گیاهی در نظر گرفته نمی‌شود نیز در مقایسه با فرماسیون های گیاهی دیگر، بیشترین درصد و مساحت پوشش را در طبقات ژئودایورسیتی V1 و V2 به ترتیب با ۹۳/۲۹ درصد و ۵/۳ درصد به خود اختصاص داده است. اطلاعات انواع پوشش گیاهی به صورت نمودار در شکل ۱۵ آورده شده است.



شکل ۱۵: وضعیت مساحت پراکنش فضایی انواع پوشش‌های گیاهی منطبق بر هر یک از طبقات ژئودایورسیتی (V1= تنوع کم، V2= تنوع متوسط و V3= تنوع بالا)



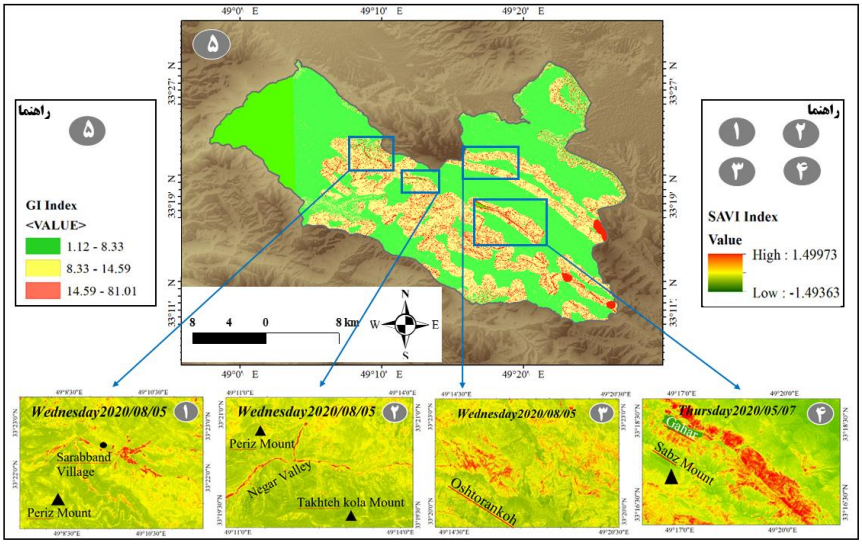
شکل ۱۶: نمودارهای دایره‌ای مساحت زمین‌های بدون پوشش گیاهی منطبق بر طبقات تنوع‌های زمین‌شناختی (راست) و مساحت زمین‌های دارای پوشش گیاهی منطبق بر طبقات تنوع‌های زمین‌شناختی

مساحت کل زیر پوشش فرماسیون های گیاهی منطبق بر طبقات ژئودایورسیتی (شکل ۱۶) در مقایسه با مساحت کل زمین‌های بدون پوشش گیاهی منطبق بر طبقات ژئودایورسیتی، کمتر در

طبقه V1 و بیشتر در طبقه V2 قرار گرفته است.

ارزیابی تراکم و الگوی انواع پوشش گیاهی با استفاده از شاخص SAVI و ارتباط آن با طبقات ژئودایورسیتی

به دلیل پوشش گیاهی پراکنده و غیر متمرکز و حذف دخالت پوشش زمین در ارزیابی پوشش گیاهی، شاخص SAVI انتخاب گردید. به‌طوری که ابتدا در دو زمان مرطوب و معتدل و گرم خشک سال، تصاویر طیفی ماهواره Sentinel 2-A منطقه حفاظت شده اشترانکوه و پیرامون آن در دو بازه زمانی ۲۰۲۰/۰۵/۰۷ و ۲۰۲۰/۰۹/۰۵ اخذ و سپس از شاخص SAVI برای بارزسازی تراکم پوشش گیاهی مورد استفاده قرار گرفت.



شکل ۱۷: ارتباط الگو ها و تراکم پوشش‌های گیاهی با طبقات ژئودایورسیتی

با توجه به نقشه طبقات تنوع زمین شناختی (شکل ۱۷)، منطقه پنبه کار و دره رودخانه‌ای واقع در قسمت شمال‌شرقی کوه پریز به صورت خطی، ارزش بالایی (طبقه V3) را به خود اختصاص داده است. همچنین دو زهکش واقع در شرق روستای سرآبند که در این مکان به یکدیگر متصل می‌شوند و مسیر دسترسی به دریاچه گهر از طرف شهرستان دورود نیز به شمار می‌روند، به صورت خطی دارای ژئودایورسیتی بالا می‌باشند. با بررسی نقشه شاخص پوشش گیاهی در تاریخ ۲۰۲۰/۰۸/۰۵ یعنی نقشه شماره ۱ (شکل ۱۷)، مشخص می‌شود که مناطق دارای بالاترین مقادیر، منطبق بر طبقه سوم تنوع زمین‌شناختی یعنی V3 هستند. فرماسیون پوشش گیاهی غالب در این منطقه (شکل ۱۴) بوته‌زار است. آب زهکش شده دریاچه گهر از طریق رودخانه‌ای به همین نام (گهر رود) به رودخانه سزار می‌پیوندد. در میانه راه، این رودخانه از دره‌ای به نام نگار که از رسوبات کنگلومرای پلیوسن (سازند بختیاری) تشکیل شده است، عبور می‌کند. با توجه به نقشه طبقه‌بندی تنوع زمین‌شناختی، مسیر این دره و زهکشی که از دامنه‌های جنوب شرقی کوه پریز به آن متصل می‌شود، دارای تنوع بالا (طبقه V3) است. از نظر شاخص تراکم پوشش گیاهی دره نگار و زهکش دامنه جنوب‌شرقی کوه پریز در نقشه شماره ۲ (شکل ۱۷)، در بازه زمانی مورد مطالعه دارای بیشترین ارزش است. همچنین فرماسیون پوشش گیاهی غالب نیز در دره نگار و در دامنه‌های جنوب‌شرقی مشرف به این دره بوته زار و جنگل است. فرماسیون پوشش گیاهی غالب در منطقه شمال غرب اشترانکوه (شکل ۱۴) از نوع مرتع و

چمنزار و بوته زار است که براساس نقشه طبقه‌بندی تنوع زمین‌شناختی (شکل ۱۷) دامنه‌های شمال غربی اشترانکوه مقادیر (۱۴/۵۹ – ۸/۳۳) با الگوی خطی بدست آورده‌اند که با الگوی تراکم پوشش گیاهی در نقشه ۳ (شکل ۱۷) در تاریخ ۲۰۲۰/۰۸/۰۵ تطابق دارد. با مقایسه نقشه طبقه-بندی شده شاخص ژئودایورسیتی با نقشه‌های تراکم پوشش گیاهی منطقه دریاچه گهر (جنوب منطقه حفاظت شده اشترانکوه) می‌توان دریافت که بیشترین مقادیر ژئودایورسیتی (۸۱/۰۸ – ۱۴/۵۹) منطبق بر دره جنوب‌شرقی منتهی به دریاچه گهر (مسیر دسترسی پیاده به دریاچه از جانب شهرستان الیگودرز) به صورت خطی تا دریاچه و پیرامون خود دریاچه است. فرماسیون پوشش گیاهی غالب در این دره، جنگل و چمنزار است که از نظر شاخص SAVI در زمان مورد مطالعه، بیشترین مقادیر را نسبت به سایر مناطق به خود اختصاص داده‌اند. همچنین فرماسیون پوشش گیاهی غالب در دامنه-های کوه سبز واقع در بخش‌های جنوبی دریاچه گهر از نوع بوته زار است (شکل ۱۴)، که در پهنه-های ژئودایورسیتی V2 (۱۴/۵۹ – ۸/۳۳) و V3 (۸۱/۰۸ – ۱۴/۵۹) واقع شده است که در شاخص پوشش گاهی شماره ۴ (شکل ۱۷) پس از دره جنوب شرقی دریاچه در رتبه دوم جای گرفته است. در شکل‌های ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱ برخی از مناطق دارای ژئودایورسیتی بالا و نیز برخی از پوشش‌های گیاهی مشاهده می‌شود.

شکل ۱۸: دره کمندان در حاشیه شرقی منطقه حفاظت شده اشترانکوه به همراه تخته سنگ‌های سرگردان ناشی از حمل توسط جریان‌های یخچالی گذشته (مسیر دسترسی به سایت تونل برفی)

شکل ۱۹: کوه خلیل آباد، واقع شده در طبقه سوم ژئودایورسیتی (تنوع بالا) با تراکم پوشش گیاهی بالا و دارای دو فرماسیون پوششی بوته زار و مرتع و چمنزار (۱۴۰۰/۰۲/۱۳)

شکل ۲۰ و ۲۱: فرماسیون پوشش گیاهی بوته زار در دامنه مشرف به دره دایی به همراه واریزه‌های یخچالی در پای آنان (ضلع جنوب شرقی منطقه حفاظت شده اشترانکوه)، منطبق بر طبقه سوم ژئودایورسیتی (تنوع بالا) (۱۴۰۰/۰۲/۲۳)

نتیجه‌گیری

اکوسیستم به معنای محیطی فعال است، که در آن اجزای گوناگون با یکدیگر در ارتباط هستند (Crofts, 2019) و موفقیت در حفاظت از این اکوسیستم، نیازمند ادغام حفاظت زیستی با حفاظت زمین‌شناختی است (Gordon, 2018). در این بین، منطقه حفاظت شده اشترانکوه به دلیل برخورداری از جامعه‌ای متنوع از اجزای زنده و غیر زنده از جمله تنوع زمین‌شناختی و تنوع انواع پوشش‌های گیاهی در منطقه حفاظت شده اشترانکوه و پیرامون آن به منظور مدیریت و حفاظت با یکدیگر مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفتند. روش کار به این صورت بود که ابتدا بخش-های مختلف منطقه حفاظت شده اشترانکوه و نواحی پیرامون آن در استان لرستان با توجه به نقشه ژئومورفولوژی و براساس شاخص ژئودایورسیتی مورد ارزیابی تنوع زمین‌شناختی قرار گرفتند؛ که، مشخص گردید قسمت‌های شمالی منطقه حفاظت شده، یعنی دامنه‌های شمالی اشترانکوه از روستای درب آستانه تا روستای سیوله و کوه سبز، دامنه‌های شرقی و غربی کوه پریز و تخت کلا، واقع در جنوب و غرب منطقه حفاظت شده اشترانکوه، دارای تنوع متوسط زمین‌شناختی هستند. مناطق دره نگار، مسیر دسترسی به دریاچه گهر از سمت جنوب‌شرقی و دره‌های شرقی و جنوبی روستای سرآب بند که همگی در بخش‌های جنوبی و جنوب‌غربی منطقه حفاظت شده قرار داشتند از تنوع بالای زمین‌شناختی برخوردار بودند. با توجه به این نکته که در مقیاس وسیع، الگوی پراکنش فضایی پوشش‌های گیاهی از ژئودایورسیتی پیروی می‌کند (Parks and Mulligan, 2010)؛ در منطقه مورد مطالعه مشاهده گردید که الگوی پراکنش فضایی مناطق دارای تنوع زمین‌شناختی بالا و متوسط، با الگوی پراکنش فضایی مناطق دارای تراکم پوشش گیاهی بالا در بیشتر مواقع همخوانی داشت. قسمت‌های مرکزی منطقه حفاظت شده اشترانکوه و دامنه‌های جنوبی اشترانکوه، دارای ژئودایورسیتی پایینی می‌باشند که از تراکم پوشش گیاهی کمی نیز برخوردار بودند. به منظور محاسبه دقیق‌تر و کمی انطباق فضایی پوشش‌های گیاهی بر طبقات ژئودایورسیتی این منطقه، از طبقه‌بندی شکل‌شناسی ظاهری یا فیزیونومی استفاده گردید و براساس تقسیم‌بندی تیوی (Tivy, 1982) انواع فرماسیون های گیاهی منطقه حفاظت شده اشترانکوه به ۵ گروه تقسیم شدند. فرماسیون چمنزار دارای درخت، بیشترین انطباق را بر طبقه سوم ژئودایورسیتی (تنوع بالا) نسبت به سایر گروه‌ها را داشت و فرماسیون بوته زار نیز نسبت به سایر انواع پوشش‌ها، از بیشترین انطباق بر طبقه دوم ژئودایورسیتی (تنوع متوسط) برخوردار بود. از فرماسیون بوته زار تا مرتع و چمنزار، روند انطباق مساحت زیر پوشش با طبقه اول افزایشی و با طبقه دوم ژئودایورسیتی کاهشی است. با توجه به موارد بیان شده، ژئودایورسیتی غنی عاملی مهم در تعیین الگو، تراکم و نوع فرماسیون های پوشش گیاهی در یک منطقه است (Kienly and et al, 2021; Erikstad, 2013)؛ و جهت مدیریت و حفاظت از تنوع و تراکم گونه‌های گیاهی بخش‌های مختلف به ویژه مناطق حفاظت شده، حفاظت از تنوع‌های زمین شناختی باید در اولویت مدیران و برنامه‌ریزان قرار بگیرد.

پانوشت

1-Soil Adjusted Vegetation Index
2-Geodiversity Index
3-Verity Index
4-Geomorphodiversity Index

5-Digital Elevation Model
6-Watershed Modeling System
7-Topography Position Index
8-SeNtinel Aplication Platform
9-Surface Reflectance
10-Spectral Unmixing
11-Maximum Likelihood

منابع

-آقانباتی، ع.، ۱۳۸۳. زمین‌شناسی ایران، چاپ ۱، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ص ۲۷.

-اشتوکلین، ا.، ۱۳۷۱. فرهنگ چینه‌شناسی ایران، چاپ ۳، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

-ایمانی، ج.، ابراهیمی، ع.، قلی نژاد، ب. و طهماسبی، پ.، ۱۳۹۷. مقایسه دو شاخص NDVI و SAVI در سه جامعه گیاهی مختلف با شدت نمونه‌برداری متفاوت (مطالعه موردی: مراتع اطراف تالاب چغاخور چهارمحال و بختیاری)، تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۵(۱(۷۰))، ص ۱۵۲-۱۶۹.

-احمد آبادی، ع. و فتح الله زاده، م.، ۱۳۹۷. بررسی تغییرات برف مرز در منطقه اشترانکوه از کواترنر پسین تا کنون، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال هفتم، شماره ۱، ص ۱۸۰-۱۹۲.

-جمشیدی، م.، افتخاری، ک.، نویدی، م.ن. و مومنی، ع.، ۱۳۹۴. چهل سال مطالعات خاک-شناسی در موسسه تحقیقات خاک و آب، نشر سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

-جوادی، ا.، زمانی، ب. و مختاری، ا.، ۱۳۹۰. بررسی تاثیر عوامل پستی و بلندی و خاک بر ساختار پوشش گیاهی در نیمرخ شمال اشترانکوه (استان لرستان)، مجله مرتع، سال ۵، شماره ۴، ص ۳۵۲-۳۶۱.

-درویش، م. و شکویی، م.، ۱۳۸۴. گزارش تلفیق و تدوین برنامه مدیریت منطقه حفاظت شده اشترانکوه، مطالعات و تهیه طرح مدیریت منطقه حفاظت شده اشترانکوه، سازمان حفاظت محیط زیست، مهندسین مشاور یکم: شرکت مهندسین مشاور توسعه تکنولوژی کشاورزی مناسب، جلد ۱۵، ص ۲۴۰.

-دهشیری، م. و مهدور، ح.، ۱۳۹۵. فلور آلپی بخشی از اشترانکوه در استان لرستان، مجله تاکسونومی و بیوسیستماتیک، سال ۸، شماره ۲۶، ص ۲۹-۴۰.

-رامشت، م.ح. و باباجمالی، ف.، ۱۳۹۸. ژئومورفولوژی تحلیلی ایران، تهران، انتشارات سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه-ها (سمت)، ص ۶۰ و ۶۱.

-رنجبری، م.، گلی مختاری، ل. و شایان یگانه، ع.ا.، ۱۳۹۹؛ ارزیابی کمی پتانسیل‌های ژئوتوریسم ساحلی دشت میناب، مطالعات جغرافیایی نواحی ساحلی، سال ۱، شماره ۲، ص ۵۳-۷۴.

-زبیری، م. و دالکی، ا.، ۱۳۹۳. اصول تفسیر عکس-های هوایی با کاربرد در منابع طبیعی، چاپ ۱۶، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۱۳ ص.

-زبیری، م. و مجد، ع.ر.، ۱۳۹۶. آشنایی با فن سنجش از دور و کاربرد در منابع طبیعی، چاپ ۱۱، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۲۴۷ ص.

-سیستانی بدوئی، م.، فتوحی، ص.، نگارش، ح.، رامشت، م.ح. و روستایی، م.، ۱۴۰۰. بررسی تفاوت ژئودایورسیتی و ژئومورفودایورسیتی منطقه ساحلی دریای عمان و زون مکران از دماغه جاسک تا خلیج گواتر، جغرافیا و توسعه، سال ۱۹، شماره ۶۳، ص ۳۹-۶۶.

-صالحی پور میلانی، ع.ر.، صدوق، ح. و رفیعی، ر.، ۱۴۰۰. ارزیابی ژئودایورسیتی حوضه‌های آبریز مشرف به دریاچه نمک و حوض سلطان، پژوهش-های ژئومورفولوی کمی، سال ۸، شماره ۲، ص ۸۴-۱۰۵.

-علائی طالقانی، م.، ۱۳۹۶. ژئومورفولوژی ایران، انتشارات قومس، تهران، چاپ ۹، ۳۸۱ ص.
-عباسی، س.، حسینی، م.، پیله ور، ب. و زارع، ح.، ۱۳۸۸. اثر حفاظت بر تنوع زیستی گونه‌های چوبی در منطقه اشترانکوه لرستان، مجله جنگل ایران، کرج، دوره ۱، شماره ۱، ص ۱۵۵-۱۶۴.
-عباسی، س.، بهداروند، م.، زارع، ح.، پیله ور، ب. و حسینی، م.، ۱۳۹۴. بررسی فلور، ساختار رویشی و کورولوژی عناصر گیاهی در بخشی از منطقه حفاظت شده اشترانکوه، لرستان، مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۱۷، شماره ۱، ص ۱۲۵-۱۳۴.
-علوی پناه، ک.، ۱۳۹۷. اصول سنجش از دور نوین و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی، چاپ ۴، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۸۰ ص.
-علیزاده ربیعی، ح.، ۱۳۹۶. سنجش از دور (اصول و کاربرد)، چاپ ۱۴، تهران، انتشارات سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، ۲۰۰ ص.
-فیروز آبادی، پ. و پروین، ن.، ۱۳۹۲. اصول علم سنجش از دور (عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره-ای)، چاپ ۷، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۱۲۸ ص.
-گلی مختاری، ل. و بیرامعلی، ف.، ۱۳۹۷، محاسبه و تحلیل تنوع زمینی (ژئودایورسیتی) (مطالعه موردی: شهرستان اشتهارد)، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۵۰، شماره ۲، ص ۳۰۷-۳۲۲.
-گلی مختاری، ل.، نگهبان، س. و شفیعی، ن.، ۱۳۹۷. تحلیل مقایسه‌ای ژئودایورسیتی (تنوع زمین‌شناختی) در حوضه‌های شمال‌غربی استان فارس، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، دوره ۷، شماره ۳، ص ۱۵۱-۱۶۳.
-مقصودی، م.، مقیمی، ا.، یمانی، م.، رضایی، ن. و مرادی، ا.، ۱۳۹۸. بررسی ژئومورفودایورسیتی آتشفشان دماوند و پیرامون آن براساس شاخص GMI، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال ۸، شماره ۱، ص ۵۲-۶۹.
-مقدم، م.ر.، ۱۳۹۳. مرتع و مرتعداری، چاپ ۸، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
-مقیمی، ا.، ۱۳۹۲. ژئومورفولوژی ایران، چاپ ۲، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۱۳ ص.
-محمودی، ف.، ۱۳۹۹. ژئومورفولوژی ساختمانی، انتشارات دانشگاه پیام نور.
-نیشابوری، ا.، ۱۳۸۹. جغرافیای زیستی، چاپ ۱۱، تهران، انتشارات سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، ۱۱۶ ص.
-نبوی، م.ح.، ۱۳۵۵. دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران، چاپ ۱، تهران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۹۴ ص.
-نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ دورود. شماره برگه: ۴۲۹۹۴، تهیه شده توسط شرکت ملی نفت ایران.
-یزدی، ع.، دبیری، ر. و شاه حسینی، ا.، ۱۳۹۴. جزیره هرمز، از منظر زمین‌شناسی و ژئوتوریسم، دومین کنگره بین‌المللی زمین‌شناسی کاربردی، مشهد.
-یاراحمدی، د. و بیرانوند، ح.، ۱۳۹۳. جغرافیای طبیعی لرستان، چاپ ۱، خرم آباد، انتشارات دانشگاه لرستان، ۱۲۰ ص.

-Allan, J.R., Kormos, C., Jaeger, T., Venter, O., Bertzky, B., Shi, Y., MacKey, B., Van Merm, R., Osipova, E. and Watson, J.E.M., 2018. Gaps and opportunities for the World Heritage Convention to contribute to global wilderness conservation. Conservation Biology, v. 32(1), p. 116-126.
-Ali Ahmad Korori, S., Khoshnevis, M. and Matinizadeh, M., 2011. Comprehensive studies of juniperus species in Iran, The Technology of

Natural Sustainable Ecosystems Group, Pooneh Press, Tehran.
-Brilha, j., Gray, M. and Pereira, D., 2018. Geodiversity: An Integrative Review as a Conrtibution to the Sustainable Management of the Whole of Nature. Environ. Sci., v. 86, p. 19-28.
-Crofts, R., 2019. Linking Geoconservation with Biodiversity Conservation in Protected Areas. International Journal of Geoheritage and Parks. Elsevier, Amsterdam, v. 7(4), p. 211-217.
- Cavender-Bares, J., John, A., Gamon, J.A. and Townsend, P.A., 2020. Remote Sensing of Plant Biodiversity. Springer open, Switzerland, 228 p.
-Dubinin, V., Stavi, I., Svorary, T., Dorman, M. and Yizhag, H., 2021. Hillslope geodiversity improves the resistance of shrubs to prolonged droughts in semiarid ecosystems. Journal of Arid Environments, v. 188, p. 104462. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104462
-Erikstad, l., 2013. Geoheritage and Geodiversity Management – the Questions for Tomorrow. Proceedings of the Geologists Association. Elsevier, Amsterdam, v. 124(4), p. 713-719.
-Ferrando, A., Faccini, F., Paliaga, G. and Coratza, P.A., 2021. Quantitative GIS and AHP Based Analysis for Geodiversity Assessment and Mapping, Sustainability 2021, v. 13, p. 10376.
-Fox, N., Graham, L., Eigenbrod, F., Bullock, J. and Parks, K., 2022. Geodiversity Supports Cultural Ecosystem Services: An Assessment Using Social Media, Geoheritage, v. 14, p. 27. https://doi.org/10.1007/s12371-022-00665-0
-Gray, M., 2018. Geodiversity: The Backbone of Geoheritage and Geoconservation, Elsevier, Amsterdam, p. 13-25.
-Gray, M., 2012. Valuing Geodiversity in an Ecosystem Services Context. Scottish Geographical Journal, v. 128(3-4), p. 177-194.
-Gray, M., 2019. Geodiversity, Geoheritage and Geoconservation for Society**.** International Journal of Geoheritage and Parks, Elsevier, Amsterdam, p. 226-236.
-Gray, M., Gordon, J.E. and Brown, E.J., 2013. Geodiversity and the Ecosystem Approach: The Contribution of Geoscience in Delivering Integrated Environmental Management. Proc. Geol. Assoc, v. 124(4), p. 659-673.
-Gray, M., 2005. Geodiversity and Geoconservation: What, Why, and How? Parks Stewardship Forum, v. 22(3).
-Gray, M., 2004. Geodiversity valuing and conserving abiotic nature. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, p. 1-434.
-Gordon, J.E., 2012. Rediscovering a Sense of Wonder: Geoheritage, Geotourism and Cultural Iandscape Experi-ences. Geoheritage, v. 4(1), p. 65-77.
-Gordon, J.E., 2018. Geoheritage, Geotourism and the Cultural Landscape: Enhancing the Visitor Experience and Promoting Geoconservation. Geosciences. Mdpi. Switzerland, v. 8(4), p. 136.
-Gordon, J.E., Barron, H.F., Hansom, J.D. and Thomas, M.F., 2012. Engaging with Geodiversity-why it Matters. Proc. Geol. Assoc, v. 123(1), p. 1-6.
-Garcia, M., 2019. Ecosystem Services Provided by Geodiversity: Preliminary Assessment and Perspectives for the Sustainable Use of Natural Resources in the Coastal Region of the State of São Paulo, Southeastern Brazil. Geoheritage, Springer. p. 1257-1266.
-Hjort, J. and Luoto, M., 2010. Geodiversity of high-latitude landscapes in Northern Finland. Geomorphology. Elsevier, Amsterdam, v. 115, p. 109-116.

-Huete, A.R., 1984. A soil-adjusted Vegetation Index (SAVI). Remote Sensing of Environment. Elsevier, v. 25(3), p. 295-309.
-Jenks, G.F., 1967. The data model concept in statistical mapping. International Yearbook of Cartography, v. 7, p. 186-190.
-Jenness, J.S., 2004. Calculating landscape surface area from digital elevation models. Wildlife Society Bullettin, v. 3(32), p. 829-839.
-Kozlowski, S., 2004. Geodiversity: The concept and scope of geodiversity, Przeglad Geologiczny, v. 52(8), p. 833-837.
-Leme, G., 1967. Precis de Biogeography, Paris: Masson.
-Melelli, L., 2014. Geodiversity: A New Quantitative Index for Natural Protected Areas Enhancement, GeoJournal of Tourism and Geosites, v. 13(1), p. 2-12.
-Maghsoudi, M., 2021. Geodiversity of Iran, part of the Desert Landscaoe and Landforms of Iran, Springer, p. 147-163.
-Melelli, L., Vergari, F., Liucci, L. and Del Monte, M., 2017. Geomorphodiversity Index: Quantifying the Diversity of Landforms and Physical Landscape. Science of the Total Environment, v. 584-5, p. 701-714.
-Kienle, D., Walentowitz, A., Sungur, L., Chiarucci, A., Irl, S., Jentsch, A., Vetaas, O., Field, R. and Beierkuhnlein, C., 2021. Geodiversity and Biodiversity on a Volcanic Island: The Role of Scattered Phonolites for Plant Diversity and Reproductive Fitness, Biogeosciences Journal, Copernicus Publications.
-Mohammed, M., Massoud, M. and Kaldas, M., 2019. Endmembers abundance estimators based on spectral shape similalrity using genetic algorithm and generalized pattern search algorithm. J. of Applied Remote Sensing, v. 13(2), p. 173-194.
-Parks, K.E. and Mulligan, M., 2010. On the relationship between a resource-based measure of geodiversity and broad scale biodiversity patterns. Biodiversity and Conservation, v. 19, p. 251-276.
-Panizza, M., 2009. The Geomorphodiversity of the Dolomites (Italy): A key of geoheritage assessment. Geoheritage, v. 1, p. 33-42.
-Peppoloni, S. and Di Capua, G., 2012. Geoethics and Geological Culture: Awareness, Responsibility and Challenges. Annals of Geophysics, v. 55(3), p. 335-341.
-Pike, R.J. and Wilson, S.E., 1971. Elevation Relief Ratio, Hypsometric Integral, and Geomorphicarea Altitude Analysis, Bull, Geol. Soc. Am, v. 82, p. 1079-1084.
-Reynard, E. and Brilha, J., 2018. Geoheritage: Assessment, Protection, and Management, Elsevier, Amsterdam, 482 p.
-Serrano, E. and Ruiz-Flaño, P., 2007. Geodiversity: A Theoretical and Applied Concept. Geographica Helvetica, v. 62, p. 140-147.
-Sharples, C., 2002. Concepts and Principles of Geoconservation (Version 3), Tasmanian Parks & Wildlife Service, Hobart, Tasmania.
-Stavi, I., Rachmilevitch, S. and Yizhaq, H., 2015. Small-scale Geodiversity Regulates Functioning, Connectivity, and Productivity of Shrubby, Semi-arid Rangelands. Land Degradation and Development, v. 29(2), DOI:10.1002/ldr.2469.
-Sullivan, A., 2016. Cultural Heritage & New Media: A Future for the Past. John Marshall Review of Intellectual Property Law, v. 15, p. 604-646.
-Takaoka, S., 2022. Four Types of Geodiversity for Nature Conservation with a Focus on the Relationship Between Landform and Vegetation. Geoheritage, v. 14(70).
-Tukiainen, H., Alahuhta, J., Ala-Hulkko, T., Lampinen, R. and Hjort, J., 2017. Spatial relationship between

biodiversity and geodiversity, Landscape Ecol, v. 32, p. 1049-1063.
-Tivy, J., 1982. Biogeography, A Study of Plants in the Ecosphere, 2nd ed., London, Longman.
-Thomas, M.F., 2012. A geomorphological approach to geodiversity - its applications to geoconservation and geotourism. Quaestiones Geographicae, v. 31(1), p. 81-89.
-Toievanen, M., Hjort, J., Heino, J., Tukiainen, H., Aroviita, J. and Alahuhta, J., 2019. Is catchment geodiversity a useful surrogate of aquatic plant species richness?. Journal of Biogeography, v. 46(2). DOI:10.1111/jbi.13648.
-World Heritage Emblem, 2020. UNESCO World Heritage Centre, Archived from the www.whc.unesco.org on 1 June 2020.
-Weiss, A., 2001. Topographic Position and Landforms Analysis, Poster Presentation, ESRI User Conference, U.S.A, San Diego, CA, 3 july 2001, p. 1-3.
-Wood, G.A., Taylor, J.C. and Godwin, R.J., 2003. Calibration methodology for mapping within-field crop variability using remote sensing. Biosystems Engineering, v. 84, p. 409-423.
-Zarnetske, A., Read, Q., Gaddis, K., Pau, S., Hobi, M., Malone, S., Costansa, J., Dahlin, K., Latimer, A., Wilson, A., Grady, J., ollinger, S. and finley, A., 2019. Towards Connecting Biodiversity and Geodiversity Across Scales with Satellite Remote Sensing. Global ecology and Biogeography, Wiley, v. 28(5), p. 548-556.