



جغرافیا و روابط انسانی، پاییز ۱۴۰۴، دوره ۸، شماره ۳، صص ۴۴۲-۴۲۳

ارزیابی توانمندی های ژئوتوریستی محدوده اشتبین

سیداسداله حجازی*^۱، فریبا کرمی^۲، محمد باقربقائی جاوید^۳

۱-دانشیار، گروه ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران،

s.hejazi@tabrizu.ac.ir

۲-استاد، گروه ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۳-دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران،

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۰۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۶/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۲۰

چکیده

گردشگری صنعتی است که امروزه مورد توجه بسیاری از دولت ها قرار گرفته است و در حال حاضر یکی از پردرآمدترین بخش های اقتصاد جهانی می باشد. گردشگری را بسته به هدف گردشگر، به انواع مختلفی طبقه بندی کرده اند که یکی از آنها ژئوتوریسم می باشد. با اینکه ژئوتوریسم در حال حاضر بخش کوچکی از کل توریسم را به خود اختصاص داده، اما این بخش از صنعت توریسم از نرخ رشد بسیار بالایی برخوردار است. هدف از پژوهش حاضر ارزیابی توانمندی پهنه های ژئوتوریستی در محدوده روستای اشتبین می باشد. بر همین اساس، از ۱۰ معیار تاثیرگذار شامل لیتولوژی، فاصله از روستا، پوشش گیاهی (NDVI)، شیب، طبقات ارتفاعی، جهت شیب، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، دما و بارندگی استفاده شد. همچنین از مدل های آنتروپی شانون برای ارزش گذاری یا وزن دهی و Topsis برای رتبه بندی گزینه ها یا جاذبه ها و مدل فازی برای استانداردسازی معیارها و از Weight Sum برای همپوشانی معیارها و تهیه نقشه نهایی بهره گرفته شده است. نتایج حاصل از مدل آنتروپی شانون نشان داد که معیار ارتفاع و جهت شیب به ترتیب برابر با ۰/۱۵۷ و ۰/۰۳۲ در رتبه ۱ و ۱۰ قرار گرفتند. نتایج نقشه پهنه بندی ژئوتوریسم نیز نشان داد که تقریباً ۳۱/۰۷ درصد از کل مساحت محدوده مورد مطالعه در پهنه ی بسیار مناسب و مناسب قرار گرفته است و ۴۰/۸۹ درصد آن نیز در پهنه نسبتاً نامناسب و نامناسب بوده است. نتایج مدل تاپسیس نیز نشان داد که رودخانه ارس با امتیاز ۰/۷۲۳ در رتبه ۱ و جاذبه مقبره نباتی در رتبه های ۱۲ برابر با ۰/۲۲۵ قرار گرفته اند.

واژگان کلیدی: ژئوتوریسم، آنتروپی شانون، تاپسیس، مدل فازی، روستای اشتبین

براساس تعریف سازمان جهانی گردشگری (WTO) گردشگر یا توریست به افرادی اطلاق میشود که به کشور دیگری غیر از کشور محل سکونت خود مسافرت کند و هدفی را غیر از آنچه در کشور خود دارد دنبال نماید (عابدینی و خشخو، ۱۴۰۲). از گردشگری به عنوان یکی از اساسی ترین فاکتورهای توسعه در جوامع بشری و علمی یاد می شود (حسام، ۱۳۹۵). گردشگری یا توریسم می تواند بین المللی باشد و یا این که به صورت داخلی در یک کشور انجام شود (اسفندیاری درآباد و نظافت تکه، ۱۴۰۱). امروزه صنعت توریسم یا گردشگری از عوامل مؤثر در گسترش روابط میان ملت ها به شمار می رود. این صنعت با ۱/۷ میلیارد گردشگر بین المللی در سال ۲۰۱۷ و با پیش بینی ۱/۸ بلیون تا سال ۲۰۳۰ بزرگ ترین صنعت جهان شناخته شده است (اصغری سراسکانرود و همکاران، ۱۳۹۹؛ کوزه گر کالچی و نوروزی، ۱۴۰۱). انواع گوناگون گردشگری مانند گردشگری تاریخی، تفریحی، مذهبی اکوتوریسم یا بوم گردشگری و ژئوتوریسم از عوامل اصلی توسعه پایدار اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و زیست محیطی اند. در این بین اکوتوریسم و ژئوتوریسم از شاخه های جدید صنعت گردشگری اند که گردشگری طبیعت جاندار و بی جان را در بر میگیرند. ژئوتوریسم علمی میان رشته ای است و از دو واژه «ژئو» به معنی زمین و «توریسم» یا گردشگری تشکیل شده است. اساس این نوع گردشگری سیمای زمین شناختی است که طی سالهای مختلف به طور گسترده ای با جهتگیری های زمین شناسی و جغرافیایی تعریف شده است (مختاری، ۱۳۹۴). این علم در سالهای ۱۹۹۰-۱۹۸۰ در مناطق ویژه گردشگری توسعه یافت. در ابتدا، این عمدتاً با دگرگونی مناطق معدنی احیا شده به اشیا گردشگری مرتبط بود (Anokhin و همکاران، ۲۰۲۱؛ حاج علیلو و نکوئی صدری، ۱۳۹۰). به عبارتی دیگر، از مفاهیم نوین در زمینه گردشگری ژئوتوریسم است که ارتقای ویژگی های جغرافیایی یک مکان از قبیل فرهنگ محیط زیست میراث فرهنگی و زمین شناسی را به همراه رفاه جمعیت بومی هدف قرار می دهد که می تواند نوعی تجربه مطلوب برای گردشگر فراهم آورد و در عین حال کیفیت منحصر به فرد مقاصد گردشگری را به صورت یک پارچه حفظ کند از اینرو میتوان آن را برای هر دو گروه گردشگران و مردم بومی مفید و سودمند دانست (Polovitz، ۲۰۱۱). به طور کلی گردشگری مرتبط با پدیده های طبیعی پیوند عمیقی با پایداری گردشگری در هر منطقه داشته و به منظور حفظ تنوع غنای بیولوژیکی و طبیعی محیط مدیریت این نوع از گردشگری نیز از اهمیت زیادی برخوردار است (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۷؛ صبوری و همکاران، ۱۳۹۹) که نسبت به دهه گذشته به سرعت رشد کرده است (Keijan & Wenhui، 2022؛ اسفندیاری درآباد و همکاران، ۱۴۰۱).

پیشینه تحقیق

مطالعات متعددی برای ارزیابی توانمندی های ژئوتوریسم در داخل و خارج از کشور انجام گرفته است که در ادامه به طور خلاصه اشاره گردیده است. مقصودی و همکاران (۱۳۹۷) به ارزیابی و پهنه بندی مناطق مستعد توسعه ژئوسایتهای در شهرستان مریوان با استفاده از روشهای جم، فاسیلوس و کوبالیکو پرداختند. آنها نتیجه گرفتند که در واقع با وجود جاذبه های متنوع طبیعی، چشم اندازهای بکر و وضعیت اقلیمی مناسب در این شهرستان کمتر به صنعت توریسم توجه شده است که همین امر سبب شده است تا ژئوسایتهای این شهرستان اغلب به صورت ناشناخته به خصوص برای افراد غیر بومی باشد. اصغری سراسکانرود و نظافت تکه (۱۳۹۹) به ارزیابی توان ژئوتوریستی و تحلیل رقابت

پذیری مناطق ژئوتوریستی منطقه سرعین با مدل دینامیکی و پائولووا پرداختند. ایشان به این نتیجه رسیدند که توان ژئوتوریستی در مناطق بيله درق و دربند و رگه سران به ترتیب برابر $39/22$ و $24/44$ و در سطح متوسط و در منطقه آوارس $55/55$ و در حد خوب ارزیابی شد همچنین مناطق بيله درق با ارزش عددی $1/16$ و رگه سران شد. همچنین منا با ارزش عددی $1/20$ دارای رقابت پذیری رضایت بخش و منطقه ژئوتوریستی آوارس با ارزش عددی $1/43$ دارای رقابت پذیری خوب و مناسبی بودند. حسن زاده و همکاران (۱۴۰۰) به ارزیابی توسعه ژئوتوریسمی شرق تنگه هرمز از طریق رتبه بندی قابلیت‌های ژئومورفولوژیکی از میناب تا (جاسک) پرداختند. در این پژوهش جهت ارزیابی قابلیت توسعه گردشگری سایت های منطقه از دو مدل کوبالیکوا و بریل ها استفاده شد. آنها نتیجه گرفتند که شکل گیری پتانسیل ژئوتوریسمی محدوده مورد مطالعه نیازمند انجام برنامه ریزی و تخصیص امکانات و تجهیزات و فراهم کردن زیر ساخت‌های گردشگری میباشد. رضایی مقدم و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهشی به ارزیابی ژئوتوریل و ژئوتوریسم حوضه آبریز سیمینه رود (جنوب آذربایجان غربی) با استفاده از روش کامنسکو پرداختند. نتایج نشان داد که ژئوسایت هایی مانند غار سهولان و پارک ساحلی که از نظر چشم انداز و زیبایی وضعیت مناسب دارند، در این روش دارای رتبه های ۱ و ۲ هستند. ژئوتوریل کیوهرش به برده زرد باطول ۶ کیلومتر و دارا بودن انواع ویژگی های طبیعی و انسانی در طول مسیر و چشم اندازهای زیبا و همچنین وجود دو ژئوسایت در مسیر و مشرف به ژئوسایت پارک ساحلی و دشت بوکان یک مسیر توریسمی و گردشگری محسوب می شود. کرمی و همکاران (۱۴۰۲) به ارزیابی و پهنه بندی توانمندی های ژئوتوریستی شهرستان طارم با استفاده از روش قابلیت سنجی کومانسکو، مدل تحلیل شبکه ای فازی پرداختند. نتایج آنها نشان داد که ژئوسایت های شهرستان طارم دارای ارزش های ژئوتوریستی بالایی هستند، به طوری که ژئوسایت رودخانه ولیدر- شیت دارای بالاترین ارزش بوده و ژئوسایت رودخانه قزل اوزن در رتبه دوم و رودخانه نوکیان در رتبه سوم قرار دارد. همچنین، بررسی توانمندی معیارهای ژئوتوریستی شهرستان طارم نیز نشان می دهد که $49/46$ درصد از مساحت محدوده مورد مطالعه جهت توسعه ژئوتوریسم مناسب است. از طرفی، ژئوسایت های با ارزش بالا در مدل کومانسکو با پهنه های مستعد ژئوتوریستی حاصل از پهنه بندی در شهرستان طارم منطبق هستند و سطح قابل قبولی دارند. کرمی، فریبا و مختاری، داود و دادگر، کیمیا و اسدی، احمد نصرتی (۱۴۰۲) به ارزیابی پتانسیل ژئوتوریسم شهرستان پلدختر با استفاده از روش GAM پرداخت. نتایج نشان داد که ژئوسایت های دره خزینه با امتیاز ۱۹،۵، زمین لغزش سیمره با امتیاز ۱۹، و دره کول چپ با امتیاز ۱۸ به عنوان با ارزش ترین ژئوسایت های محدوده مورد مطالعه تعیین شدند. ژئوسایت های موجود از نظر ارزش علمی و آموزشی در شرایط بسیار خوبی قرار دارند و از جهت زیبایی شناختی و حفاظت هم دارای وضع مطلوبی هستند. از نظر ارزش های مکمل نیز علی رغم دسترسی مناسب به برخی از ژئوسایت ها، اما برخی دیگر از آنان دارای راه دسترسی مناسبی نیستند و علاوه بر آن کمبود مراکز اقامتی و رفاهی در محدوده ژئوسایت ها سبب شده تا ارزش های مکمل، امتیاز کمتری نسبت به ارزش های اصلی دریافت کنند. اکثر ژئوسایت های منطقه مورد مطالعه در زون ۳۲ ماتریس GAM قرار گرفته اند. این بیانگر آن است که ظرفیت منطقه از نظر ارزش های اصلی ژئوتوریسم بسیار بالاست اما بایستی نسبت به احداث زیرساخت ها، راه های دسترسی و ارتقاء ارزش های مکمل توجه ویژه ای نمود. اسفندیاری درآباد و همکاران (۱۴۰۴) به بررسی واکاوی و تجزیه و تحلیل نقاط ضعف و قوت ژئوتوریستی و ژئومورفولوژیکی در

جهت توسعه استان گلستان با استفاده از مدل‌های (K.F) پرداختند. نتایج حاصله از مدل فیولت نشان می‌دهد که منطقه ژئوتوریستی آبشار لوه با مقدار امتیاز ۹۷/۸ بیش‌ترین امتیاز را به خود اختصاص داده است و کم‌ترین امتیاز مربوط به منطقه ژئوتوریستی تپه ماهور هزار دره با مقدار ۴۲/۸ را به خود اختصاص داده است. هم‌چنین نتایج حاصله از مدل کوبالیکوا بیش‌ترین امتیاز کسب شده با مقدار ۷۲/۱۰ مربوط به آبشار لوه می‌باشد و کم‌ترین امتیاز به منطقه هزار دره اختصاص یافته است. بنابراین نتیجه‌گیری می‌شود که آبشار لوه در استان گلستان دارای پتانسیل مناسبی در سطح استان تلقی می‌شود. آدولفو و همکاران (۲۰۲۱)، به بررسی تنوع زمین، حفاظت از زمین و ژئوتوریسم در آمریکای مرکزی با استفاده از تکنیک‌های نقشه‌برداری ژئومورفولوژی منطقه‌ای و GIS پرداختند. آنها نتیجه گرفتند آمریکای مرکزی باید برای تقویت حفاظت از زمین به عنوان ژئوپارک استفاده شود و در نهایت از طریق ژئوتوریسم باعث افزایش درآمد در مقیاس ملی، منطقه‌ای و محلی می‌شود. رافائل و همکاران (۲۰۲۲) به رویکرد جدید در ارزیابی کمی پتانسیل ژئوتوریستی مطالعه موردی در ناحیه شمالی ریودوژانیرو در کشور برزیل پروژه ژئوپارک صخره‌ها و تالابها با استفاده از سنجش از دور و تصاویر پهباد پرداختند. آنها نتیجه گرفتند که بخش شمالی قلمرو ریودوژانیرو به دلیل داشتن میراث دست ساز مکانهای با اهمیت، ملی مکانهای مرتبط با ارزشهای تاریخی و فرهنگی طبیعت قابل توجهی را به نمایش می‌گذارد. تامانگ و همکاران (۲۰۲۳) پتانسیل ژئوتوریسم زمین پروتروزویک در شرق هند را از طریق شناسایی و توصیف ژئومورفوسایتها با استفاده از یک طرح کدگذاری جغرافیایی ۱۰ رقمی و مدل ارزیابی ژئوسایت (GAM) ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که پنج ژئومورفوسایت برتر دارای پتانسیل ژئوتوریسمی بالایی هستند که عبارت‌اند از آجوده‌ها، دالما، گار پانچاکوت، جویچاندی، سوسونیا، در حالی که دانگیکوسوم و جارناکوجا پتانسیل پایینی دارند. بهبود زیرساختها و دسترسی به ژئومورفوسایتها باعث افزایش ارزش اضافی سایتها و هم‌چنین افزایش پتانسیل ژئوتوریسم میشود. توسعه ژئوتوریسم در ژئومورفوسایتها بر استفاده اقتصادی و فرهنگی از لندفرمها و ژئو حفاظت از ویژگیهای ژئوسفر تأکید دارد که به‌طور بالقوه می‌تواند شرایط اجتماعی-اقتصادی منطقه را بهتر به همراه داشته باشد. رسمی (۲۰۲۳) به بررسی ارزیابی میراث ژئومورفولوژیکی و چشم‌انداز ژئوتوریسم بالقوه در رودخانه چمبال با استفاده از روش M-GAM پرداخت. دره‌ها، آبشارها و بدلندها همگی ژئومورفوسیت‌هایی هستند که رتبه بالایی دارند. بدلندها بالاترین رتبه را دریافت کردند. زیرا نمونه‌های عالی از فرآیندهای ژئومورفولوژیکی هستند. دره‌ها و آبشارها در دسترس‌ترین هستند. با این حال، بدترین مناطق برای دسترسی هستند. برای هر ژئوسایت، مقادیر عملکردی اضافی بسیار کم است. دره‌ها و آبشارها از مقاصد محبوب گردشگری هستند. پیشرفت‌های عمده در عناصر با رتبه پایین، همراه با فعالیت‌های تبلیغاتی بهتر، گردشگران داخلی و بین‌المللی بیشتری را به این مکان‌ها ارائه می‌دهد و از طریق درآمد بالاتر و مشاغل جدید به نفع مردم و اقتصاد محلی است. الکایچی و همکاران (۲۰۲۴) به بررسی دره‌ها به‌عنوان جاذبه‌های ژئوتوریسمی بالقوه اطلس مرکزی در مراکش به تحلیل مقایسه‌ای دره آیت بوگماز

 1 - Adolfo

2 - Rafael

۳ Tamang

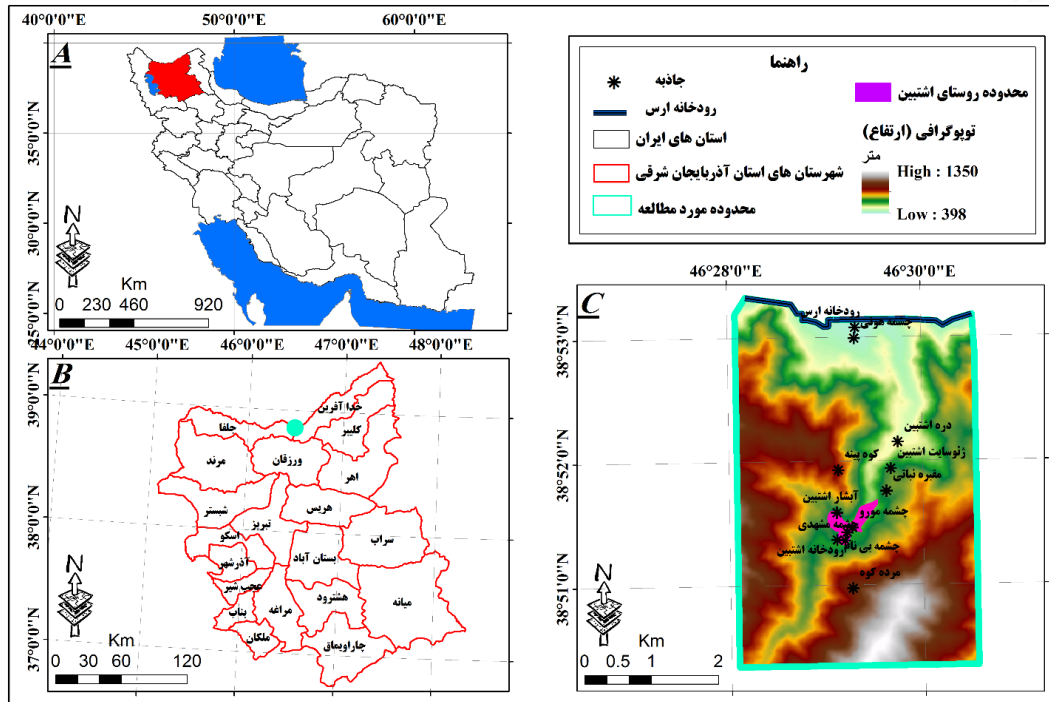
۴ Resmi

۵ Elkaichi

و دره زویات آه‌نسال-تقیه با استفاده از مدل GAM پرداختند. نتایج نشان داد که دره آیت بوگماز دارای مقادیر اصلی بالا (۹/۷۵) و مقادیر اضافی متوسط (۸/۲۵) است، در حالی که دره زوعیات آه‌نسال-تقیه دارای مقادیر اصلی متوسط (۸) و مقادیر اضافی (۵/۲۵) است. با بررسی پیشینه تحقیق می‌توان گفت که مطالعه‌ای در ارتباط با توانمندی ژئوتوریسم در محدوده روستای اشتبین انجام نگرفته است. روستای اشتبین که در تاریخ ۱۷ خردادماه ۱۳۷۹ خورشیدی به عنوان یکی از آثار ملی کشور به ثبت رسیده از جاذبه‌های مهم و بکر گردشگری منطقه آذربایجان بشمار می‌رود. این روستا از نظر طبیعت و نوع معماری در بین تمام روستاهای استان آذربایجان شرقی زبانزد بوده و تاریخی کهن نزدیک به هفت قرن دارد. کوه‌های دوسته‌شان، قازان داغی و کوهستان کیامکی از جمله ارتفاعات منطقه پیرامون این روستا بوده که از جنگل‌های انبوهی پوشیده شده است و در ادامه جنگل‌های کلیبر و ارسباران و محدوده قره داغ بوده که از دلیل جذب توریست‌هایی از نقاط مختلف ایران و جهان به این طبیعت بکر می‌باشد. بنابراین، در این پژوهش سعی شده است با توجه به پتانسیل موجود در بحث گردشگری در روستای مورد مطالعه، به ارزیابی توانمندی‌های ژئوتوریستی که در مدیریت و پایداری اکوسیستم‌های طبیعی اهمیت بسزایی داشته و میراث زمین‌شناختی است پرداخته شود. این امر در حالی است که به حفظ منابع زیست‌محیطی در منطقه کمتر توجه شده است و از سوی دیگر ضرورت توجه به جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی گردشگری و حضور گردشگران در منطقه احساس می‌شود. با توجه به مطالب ذکر شده، پژوهش حاضر ضمن ارزیابی توان‌های ژئوتوریستی منطقه مطالعه شده، راهکارهایی اساسی در زمینه حفاظت از میراث زمین‌شناختی و توسعه گردشگری پایدار منطقه بیان می‌کند و همچنین تهدیدهایی که یک منطقه ژئوتوریسمی را می‌تواند تحت تاثیر و مورد ارزیابی قرار می‌دهد.

معرفی محدوده مورد مطالعه

روستای اشتبین مربوط به دوره صفوی کنار رودخانه ارس واقع شده است. روستایی پلکانی و از توابع بخش سیه‌رود و دهستان نوجه‌مهر شهرستان جلفا می‌باشد و از مجموعه سه آبادی به نام‌های هراس، سیاوشان و جعفرآباد تشکیل شده است که پس از گذر از جلفا، روستای سیه‌رود، نوردوز، کردشت از سه راهی هراس به روستای اشتبین وارد میشوند و فاصله روستا از جاده اصلی و مرزی سیه‌رود-خداآفرین حدود ۷ کیلومتر می‌باشد و راه ارتباطی روستای اشتبین با اطراف، از طریق جاده ایست که از سمت مرز نوردوز و کردشت به طرف روستا می‌آید. این روستا داخل منطقه حفاظت شده دیزمار در استان آذربایجان شرقی با موقعیت جغرافیایی ۳۸ درجه و ۵۱ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی قرار گرفته و رودخانه ارس از مرز شمالی منطقه عبور می‌کند.



شکل (۱): نقشه موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

مواد و روش

داده

روش تحقیق در این پژوهش حاضر، توصیفی-تحلیلی و از نظر جمع‌آوری داده‌ها، پیمایشی و از نظر اطلاعات، کمی و کیفی است. برای جمع‌آوری اطلاعات، از مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی‌های میدانی، از جمله پرسشنامه، استفاده شد. برای ارزیابی توانمندی‌های ژئوتوریستی روستای اشتبین، از لایه‌ها (معیارها) و توابع مختلفی استفاده شد (جدول ۱). همچنین از نرم‌افزارهای ENVI 5.6 برای محاسبه شاخص NDVI و کاربری اراضی با طبقه بندی نظارت شده و الگوریتم حداکثر احتمال و ARCGIS 10.8 برای مدل Fuzzy (برای استانداردسازی معیارها) و استخراج و تهیه نقشه‌های معیارها استفاده شد. از نرم‌افزارهای Topsis Solver و Entropy Shannon solver به ترتیب برای رتبه‌بندی گزینه‌ها (جاذبه‌ها) و وزندهی معیارها بهره گرفته شد.

جدول (۱): داده‌های مورد استفاده در تحقیق

داده‌ها	مقیاس	لایه استخراج شده	توابع و فرمول	منابع داده‌ها
نقشه زمین شناسی	۱:۱۰۰۰۰۰	لیتولوژی	*	سازمان زمین شناسی
OSM	*	جاده‌های ارتباطی	Clip	www.Open Street Map.org
روستا	*	فاصله از روستا	Distance	Google Earth pro
سنتینل ۲	۱۰*۱۰ متر	پوشش گیاهی (NDVI)	$(\text{Nir-red})/(\text{Nir}+\text{Red})$	
DEM srtm ماهواره استر	۳۰*۳۰ متر	شیب	SLOPE	USGS
		جهت شیب	ASPECT	
		ارتفاع	هیپسومتری	
		فاصله از رودخانه	Distance	

Era 5_land	IDW	دما	۲۰۲۳-۲۰۰۰	داده های هواشناسی
		بارندگی		
Google earth pro	Distance	آبشار اشتبین	*	جاذبه های گردشگری
		چشمه بی نام		
		چشمه مشهدی		
		چشمه مورو		
		چشمه هونی		
		دره اشتبین		
		رودخانه ارس		
		رودخانه اشتبین		
		ژئوسایت اشتبین		
		کوه پینه		
		مرده کوه		
مقبره نباتی				

روش

مدل آنتروپی شانون

در اصل استفان بولتزمن که نخستین گام برای توسعه تئوری آنتروپی شانون بود، رابطه ای یک به یک بین مقدار آنتروپی سیستم و درجه آشفتگی وجود دارد و به طور معمول برای بیان وضعیت ترمودینامیکی سیستم استفاده می شود (بهارلو و همکاران، ۱۴۰۴). تئوری آنتروپی را نخستین بار شانون به صورت کمی بیان کرد (Shannon, 1948). آنتروپی یکی از رویکردهای مدیریتی است که به منظور برخورد با بی نظمی، بی ثباتی و عدم یقین های موجود در یک سیستم استفاده می شود (فیض اله پور و همکاران، ۱۴۰۰؛ روستایی و همکاران، ۱۳۹۹). در آنتروپی، متغیرهایی با حداکثر تأثیر در وقوع یک رخداد تعیین و مشخص می شوند. برای استفاده از این مدل ابتدا باید ماتریس تصمیم گیری ایجاد شود ماتریس تصمیم گیری حاوی اطلاعاتی است که آنتروپی میتواند به عنوان برای ارزیابی آن به کار رود و با محاسبه ی ماتریس آنتروپی و وزن کل ده عامل (W) میزان Hi به عنوان ضریب پهنه های مستعد اکوتوریسم به دست می آید (حجه فروش و همکاران، ۱۴۰۱) مدل آنتروپی به صورت رابطه ی ۱ بیان می شود:

$$E_j = k \sum_{n=1}^m P_{ij} \ln P_{ij} \quad \text{رابطه ۱}$$

در این رابطه E_j ارزش آنتروپی و P_{ij} ماتریس تصمیم گیری است.

$$P_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{n=1}^m r_{ij}} \quad \text{رابطه ۲}$$

R_{ij} مقدار وزن هر یک از لایه ها است.

$$k = \frac{1}{\ln(m)} \quad \text{رابطه ۳}$$

K ضریب ثابت است و m تعداد طبقات را نشان می‌دهد.

پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری و به دست آوردن مقدار E_j، مقدار V_j به دست می‌آید:

$$V_j = 1 - E_j \quad \text{رابطه ۴}$$

V_j بیانگر درجه‌ی انحراف عدم اطمینان است و سرانجام وزن هر معیار با تابع زیر تعیین می‌شود (اصغرپور، ۱۳۸۵).

$$W_j = \frac{V_j}{\sum_{j=1}^m V_j} \quad \text{رابطه ۵}$$

پس از محاسبه وزن کل (W_j) شناسایی و اولویت بندی جاذبه های اکوتوریستی در منطقه مورد نظر با استفاده از رابطه ۶ ارزیابی می‌شود:

$$H_i = \sum_{j=1}^n W_i * r_{ij} \quad \text{رابطه ۶}$$

در این رابطه H_i ضریب شناسایی اکوتوریسم، W_i وزن نهایی تمام معیار و r_{ij} وزن هر یک از معیار است (زونگجی^۱ و همکاران، ۲۰۱۰).

مدل تاپسیس

روش تاپسیس یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره است. به این معنی که در این روش، چندین معیار برای ارزیابی گزینه‌ها وجود دارد. گزینه‌ها بر اساس شباهت آنها به دو حالت ایده‌آل و نامطلوب رتبه‌بندی می‌شوند (مروتی شریف آبادی و اسدیان اردکانی، ۱۳۹۳). حالت ایده‌آل، حالتی است که در آن همه معیارها به حداکثر مطلوبیت خود رسیده‌اند. حالت نامطلوب، حالتی است که در آن همه معیارها به حداکثر نامطلوبیت خود رسیده‌اند. گزینه‌ای که بیشترین شباهت را به حالت ایده‌آل و کمترین شباهت را به حالت نامطلوب داشته باشد، بهترین گزینه است (حجازی و جوادی، ۱۳۹۸؛ حبیبی و محمودی، ۱۳۹۸؛ دنگ^۲، ۲۰۱۶).

در گام اول ماتریس ارزیابی که شامل m گزینه و n شاخص است ساخته می‌شود در این ماتریس X_{ij} مقدار عددی به دست آمده از تقاطع گزینه‌ها و شاخص‌هاست. ساختار این ماتریس به صورت رابطه ۷ ارائه شده است.

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} X_{11} & \dots & X_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{m1} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad \text{رابطه ۷}$$

در گام دوم ماتریس تصمیم با استفاده از روش‌های نرمال‌سازی، بی‌مقیاس می‌گردد به این ترتیب هر کدام از مقادیر بر اندازه بردار مربوط به همان شاخص تقسیم می‌شود. نحوه بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم بر اساس رابطه ۸ انجام می‌گردد.

$$r_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m X_{ij}^2}}, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \quad \text{رابطه ۸}$$

۸

r_{ij} بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم، X_{ij} مقدار عددی در مرحله قبل می‌باشد.

در گام سوم یک بردار وزن به مقادیر ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده اختصاص می‌یابد که در رابطه ۹ نشان داده شده است.

^۱ Zongji

^۲ Dong

$$V_{ij} = W_i r_{ij}, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \quad \text{رابطه ۹}$$

V_{ij} ، ماتریس وزنی بی مقیاس شده، W_i وزن حاصل از آنتروپی شانون می‌باشد. در گام چهارم راه حل ایده آل مثبت (A^+) و راه حل ایده آل منفی (A^-) به ترتیب طبق روابط ۱۰ و ۱۱ محاسبه گردید.

$$A^+ = \{V_1^+, \dots, V_n^+\}, V^+ = \{\max(V_{ij}), j \in J; \min(V_{ij}), j \in J'\} \quad \text{رابطه ۱۰}$$

$$A^- = \{V_1^-, \dots, V_n^-\}, V^- = \{\min(V_{ij}), j \in J; \max(V_{ij}), j \in J'\} \quad \text{رابطه ۱۱}$$

A^+ و A^- ، به ترتیب گزینه ایده آل مثبت و منفی، V ، معیارهای مثبت و منفی را نشان می‌دهد. در گام پنجم فاصله بین هر گزینه n بعدی را می‌توان به روش اقلیدسی سنجید. فاصله از راه حل مثبت و راه حل منفی به ترتیب در روابط ۱۲ و ۱۳ نشان داده شده است.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2}, i = 1, \dots, m \quad \text{رابطه ۱۲}$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2}, i = 1, \dots, m \quad \text{رابطه ۱۳}$$

S^+ و S^- به ترتیب فاصله از راه مثبت و منفی را نشان می‌دهد.

-در گام ششم نزدیکی نسبی به راه حل‌های ایده آل محاسبه گردید (رابطه ۱۴).

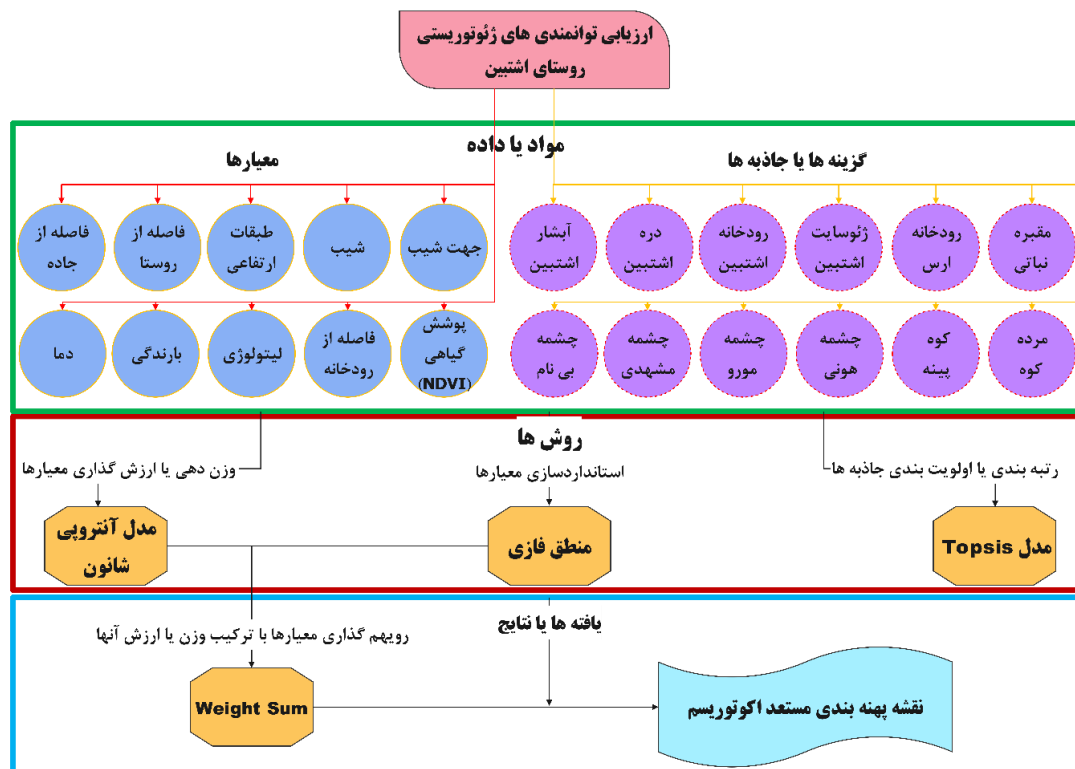
$$C_i^+ = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}, 0 < C_i^+ < 1 \quad \text{رابطه ۱۴}$$

C_i^+ ، نزدیکی نسبی به راه حل‌های ایده آل را نشان می‌دهد. در نهایت بین وزن‌های به دست آمده رتبه بندی انجام داده می‌شود. مقادیر بزرگتر نشان دهنده عملکرد بهتر و اولویت بالاتر می‌باشند.

مدل فازی (Fuzzy Model)

در سال ۱۹۶۵، دانشمند ایرانی-آمریکایی، لطفی زاده، دریچه‌ای نو به سوی دنیای منطق گشود. او در مقاله‌ای با عنوان "مجموعه‌های فازی" که در مجله‌ی اطلاعات و کنترل منتشر شد، نظریه‌ای را تحت عنوان منطق فازی ارائه کرد. این نظریه، انقلابی در نحوه‌ی تحلیل و حل مسائل ایجاد کرد. در منطق سنتی یا بولین، گزاره‌ها یا درست هستند یا غلط. به عبارت دیگر، جهان به دو دسته سیاه و سفید تقسیم می‌شود. اما در دنیای واقعی، بسیاری از پدیده‌ها و مفاهیم، ماهیت فازی یا خاکستری دارند. به عنوان مثال، نمی‌توان به طور قطع گفت که یک سیب کاملاً قرمز یا کاملاً سبز است. منطق فازی با استفاده از مجموعه‌های فازی، ابزاری برای تحلیل این پدیده‌های خاکستری ارائه می‌دهد. در یک مجموعه فازی، عضویت هر عنصر درجه بندی می‌شود. به عبارت دیگر، هر عنصر می‌تواند تا حدی به یک مجموعه تعلق داشته باشد (Zadeh, 1965). در ارزیابی چند معیاره، انتخاب معیارهای مناسب و همسان سازی مقیاس‌های اندازه گیری آنها از اهمیت بالایی برخوردار است. معیارهای انتخاب شده باید به طور کامل هدف ارزیابی را پوشش دهند و مقیاس‌های اندازه گیری آنها باید به گونه‌ای باشد که بتوان آنها را به راحتی با یکدیگر مقایسه کرد. فرآیند استانداردسازی معیارها، روشی برای تبدیل مقیاس‌های اندازه گیری مختلف به یک واحد مشترک است. این فرآیند

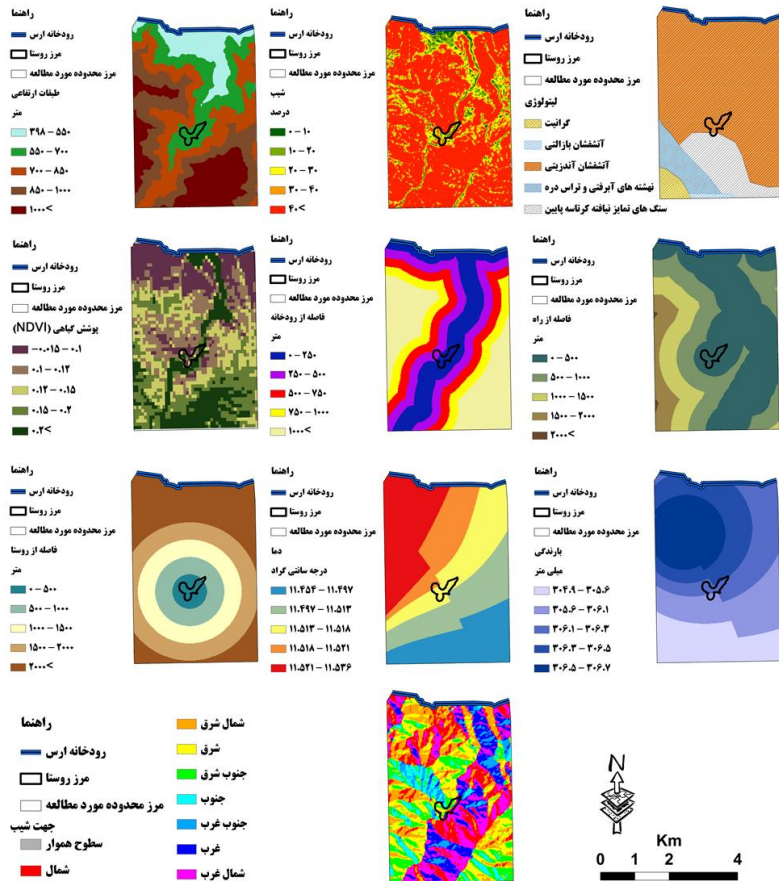
به گونه ای انجام می شود که مقادیر هر معیار در یک محدوده قابل مقایسه قرار گیرند. پس از استانداردسازی معیارها، می توان آنها را به نقشه های معیار تبدیل کرد. نقشه های معیار، به نمایش بصری توزیع فضایی هر معیار کمک می کنند. با استفاده از تحلیل و ارزیابی چند معیاره، می توان به یک دیدگاه جامع و کلی از وضعیت موجود دست یافت و بهترین گزینه را برای دستیابی به هدف معین انتخاب کرد (De Gooijer & Hyndman, 2006). در این تحقیق، برای یکسانسازی داده های کمی از روش فازی استفاده شده است. استانداردسازی داده ها به فرآیندی اطلاق می شود که طی آن، تمام مقادیر و ارزش های معیارهای ارزیابی به یک محدوده مشخص، مانند ۰ تا ۱ یا ۰ تا ۲۵۵، تبدیل می شوند. در روش فازی، استانداردسازی داده ها از طریق تبدیل مقادیر به مجموعه های عضویت انجام می شود. در این روش، به بیشترین مقدار (یعنی عدد ۱) بیشترین درجه عضویت و به کمترین مقدار (یعنی عدد ۰) کمترین درجه عضویت در مجموعه تعلق می گیرد. به طور کلی، تابع عضویت، میزان فازی بودن یک مجموعه فازی را مشخص می کند و درجه عضویت هر عضو را در آن مجموعه نشان می دهد (اعمی از غدی، ۱۳۸۹). روش استانداردسازی فازی برای ارزش گذاری مقادیر از توابع عضویت مختلفی مانند توابع Near Linear, Small, Large و ... استفاده می کند (Eastman, 1997). این توابع در نرم افزارهای IDRISI و ArcGIS موجود هستند. علاوه بر این، کاربر می تواند تابع مورد نظر خود را نیز تعریف کند. در این پژوهش، نقشه های معیار با استفاده از تابع Linear در نرم افزار ArcGIS استانداردسازی شده و مقادیر آنها به واحدهای قابل مقایسه ای از صفر تا یک تبدیل شده اند. در منطق فازی، هر منطقه با توجه به میزان انطباق با معیار مورد نظر، یک مقدار عضویت دریافت می کند که نشان دهنده میزان مطلوبیت آن منطقه است. به عبارت دیگر، هر منطقه با مقدار عضویت بالاتر، از مطلوبیت بالاتری برخوردار است. در این مقیاس ها، اعداد بزرگ تر نشان دهنده مطلوبیت بیشتر هستند. به این معنی که عدد یک بالاترین مطلوبیت و عدد صفر نشان دهنده عدم مطلوبیت است. بین این دو عدد، طیف رنگی قرار می گیرد (Lin et al., 1996). در انتخاب تابع برای معیارهای مورد نظر، باید به نوع کاهش یا افزایشی بودن آنها توجه کرد. منظور از کاهشی بودن، حداقل شونده یا نزولی بودن تابع و منظور از افزایشی بودن، حداکثر شونده یا صعودی بودن تابع است. به عنوان مثال، در رابطه با فاصله از رودخانه، هر چه فاصله کمتر باشد، برای ارزیابی توانمندی ژئوتوریستی یک منطقه بهتر است و برعکس. در نتیجه در این مورد از تابع خطی کاهشی استفاده می شود. شکل ۲ فلوجارت مراحل تحقیق را نشان می دهد. بدین صورت که ابتدا داده های مورد نیاز که شامل معیارها و جاذبه ها (گزینه ها) می باشد از منابع مختلف جمع آوری گردید. در مرحله بعد ابتدا معیارها با استفاده از مدل آنتروپی شانون ارزش گذاری (وزن دهی) گردید، سپس برای تهیه نقشه نهایی معیارهای مورد نظر با استفاده از منطق فازی استاندارد سازی شد. همچنین از مدل Topsis برای رتبه بندی جاذبه ها (گزینه ها) بهره گرفته شد. در نهایت برای رویهم گذاری یا اورلی کردن معیارها، از دستور Weight Sum که شامل نقشه های فازی شده و وزن آنها می باشد، استفاده گردید و نقشه پهنه بندی مستعد ژئوتوریسم تهیه شد.



شکل (۲): فلوچارت مراحل تحقیق

یافته‌های تحقیق

شکل ۳ نقشه معیارهای مورد استفاده را نشان می‌دهد. طبق شکل مورد نظر، طبقات ارتفاعی بین ۳۹۸ تا بیشتر از ۱۰۰۰ را نشان می‌دهد که روستای مورد نظر در رنج ارتفاعی ۵۵۰ تا ۷۰۰ متر قرار گرفته است. شیب روستای مورد مطالعه نیز متنوع بوده و دارای شیب‌های مختلفی می‌باشد. در ارتباط با معیار لیتولوژی نیز می‌توان گفت که محدود مورد مطالعه دارای سنگ‌های گرانیت، آتشفشان بازالتی، آندزیتی، نهشته‌های آبرفتی و تراس دره و سنگ‌های تمایز نیافته کرتاسه پایین می‌باشد که روستای مورد نظر در لیتولوژی آتشفشان آندزیتی بوده است. نقشه NDVI محدوده مورد مطالعه بین ۰/۱۵- تا بیشتر از ۰/۲ بوده است که قسمت‌های جنوبی و اطراف رودخانه دارای پوشش گیاهی بیشتری بوده است. در ارتباط با رودخانه می‌توان بیان کرد که یک رودخانه در محدوده مورد مطالعه وجود دارد که به اسم رودخانه اشکباز می‌باشد که از مرکز محدوده مورد مطالعه جریان دارد که در نقشه فاصله از رودخانه محدوده‌های نزدیک به رودخانه دارای اهمیت بیشتری برای ژئوتوریسم بوده است. در مورد فاصله از راه و روستا نیز می‌توان گفت که فواصل نزدیک به این معیارها دارای اهمیت بیشتری بوده است. در مورد داده‌های اقلیمی دما و بارندگی محدوده مورد مطالعه می‌توان خاطر نشان کرد که حداقل و حداکثر دما بین ۱۱/۴۵۴ تا ۱۱/۵۳۶ درجه سانتی‌گراد بوده و میزان بارندگی نیز بین ۳۰۴/۹ تا ۳۰۶/۷ میلی‌متر بوده است. نقشه جهت شیب نیز بیانگر جهات مهم برای ژئوتوریسم می‌باشد (شکل ۳).



شکل (۳): نقشه‌های معیارهای مورد استفاده در پژوهش حاضر

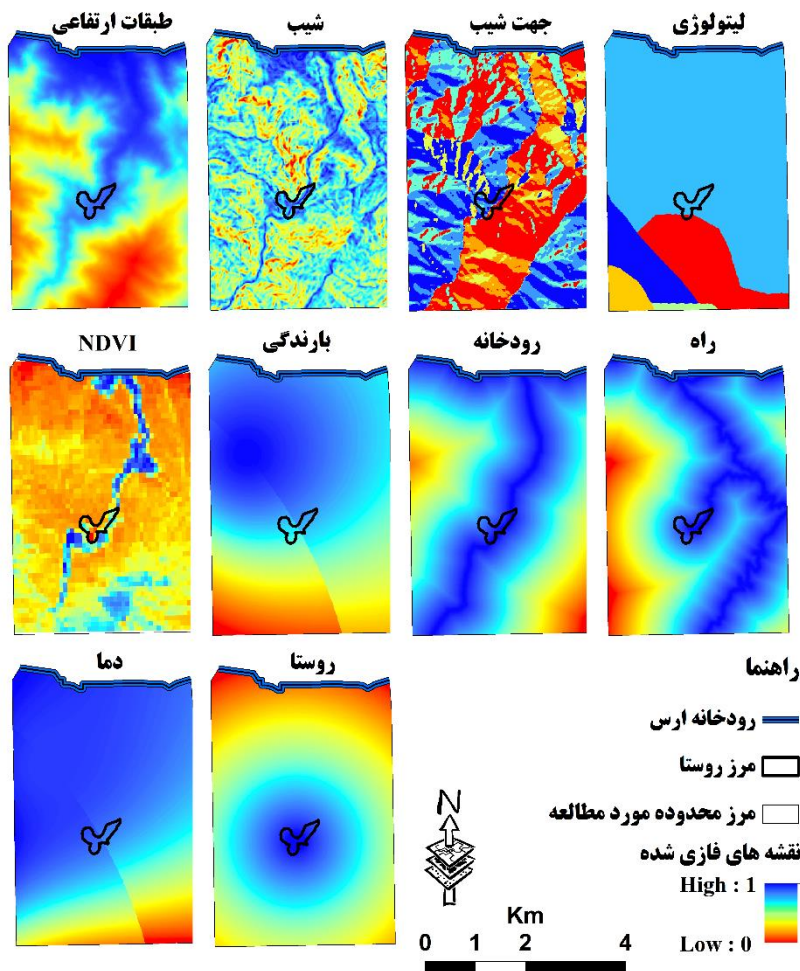
استانداردسازی نقشه معیارها

جدول ۲ و شکل ۴ استانداردسازی معیارهای تحقیق را با استفاده از مدل فازی نشان می‌دهد. برای اینکه بتوان نقشه نهایی را تهیه کرد باید تمامی معیارها در مقیاس واحد یا بی بعد شوند که در این تحقیق از مدل فازی برای استانداردسازی بهره گرفته شد. تمامی معیارها از درجه عضویت فازی خطی _ افزایشی و خطی _ کاهششی استفاده شد. بدین صورت که برای معیار طبقات ارتفاعی از درجه عضویت خطی _ افزایشی استفاده شد، بدین معنی که هر چه میزان ارتفاع بیشتر باشد، برای ارزیابی توانمندی ژئوتوریسم بهتر است و بر عکس. برای معیارهای شیب، فاصله از روستا، فاصله از رودخانه، فاصله از راه، دما و بارش از درجه عضویت فازی خطی _ کاهششی استفاده شد. یعنی هر چه مقدار این معیارها کمتر باشد برای ژئوتوریسم بهتر است. و در نهایت معیارهای پوشش گیاهی (NDVI)، لیتولوژی و جهت شیب از درجه عضویت خطی - افزایشی بهره گرفته شد. در ارتباط با معیارهای لیتولوژی و جهت شیب می‌توان عنوان کرد که چون این معیارها به صورت کیفی بوده، ابتدا براساس اولویت و مهم بودن با دستور Reclassify طبقه‌بندی مجدد گردید. بدین صورت که سنگ‌ها و جهات شیب با اهمیت زیاد عدد ۵ و سنگ‌ها و جهات شیب کم اهمیت عدد ۱ اعمال شد. در نهایت با درجه عضویت فازی خطی _ افزایشی نقشه فازی معیارها تهیه گردید (جدول ۲). نقشه‌های فازی شده معیارها در شکل ۴ نشان داده شده است. براساس نقشه‌های مورد نظر که بین ۰ تا ۱ می‌باشد، عدد ۰ دارای کمترین اهمیت برای ژئوتوریسم و عدد ۱ دارای بیشترین اهمیت را برای ژئوتوریسم بوده است. براساس

نقشه‌های مورد نظر، مناطق رنگ آبی دارای اهمیت زیاد و رنگ قرمز دارای اهمیت کمتر می‌باشد که روستای اشتین و اطراف چند کیلومتری آن دارای اهمیت بیشتری برای ارزیابی توانمندی ژئوتوریسم می‌باشد.

جدول (۲): استانداردسازی معیارهای تحقیق با استفاده از مدل فازی

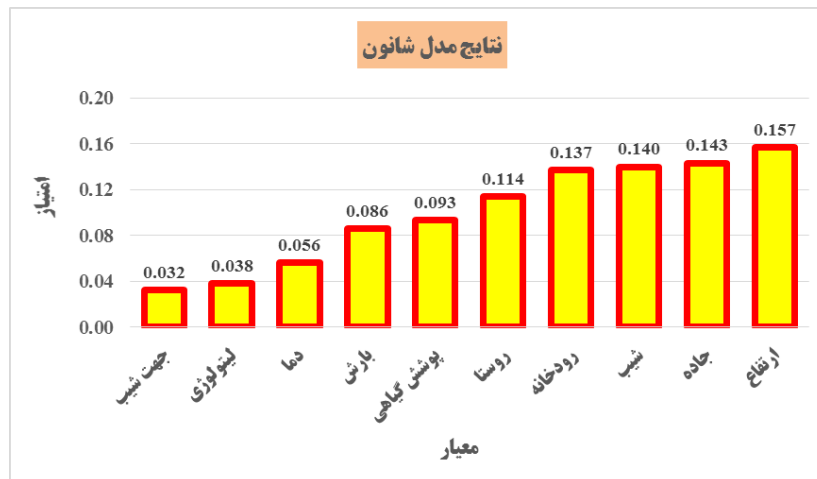
معیارها	خطی _ افزایشی	خطی _ کاهشی
طبقات ارتفاعی	×	
شیب		×
فاصله از روستا		×
فاصله از رودخانه		×
NDVI	×	
فاصله از راه		×
دما		×
بارندگی		×
لیتولوژی	×	
جهت شیب	×	



شکل (۴): نقشه‌های فازی شده معیارهای مورد نظر

نتایج مدل شانون برای وزندهی معیارها

نتایج مدل شانون که برای وزندهی معیارها استفاده شد، نشان داد که معیار ارتفاع و راه به ترتیب ۰/۱۵۷ و ۰/۱۴۳ در رتبه‌های ۱ و ۲ قرار گرفتند، در حالی که معیارهای لیتولوژی و جهت شیب به ترتیب ۰/۰۳۸ و ۰/۰۳۲ در رتبه‌های ۱۱ و ۱۲ بوده است. معیارهای شیب، رودخانه، روستا، پوشش گیاهی، بارش و دما به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند (شکل ۵).



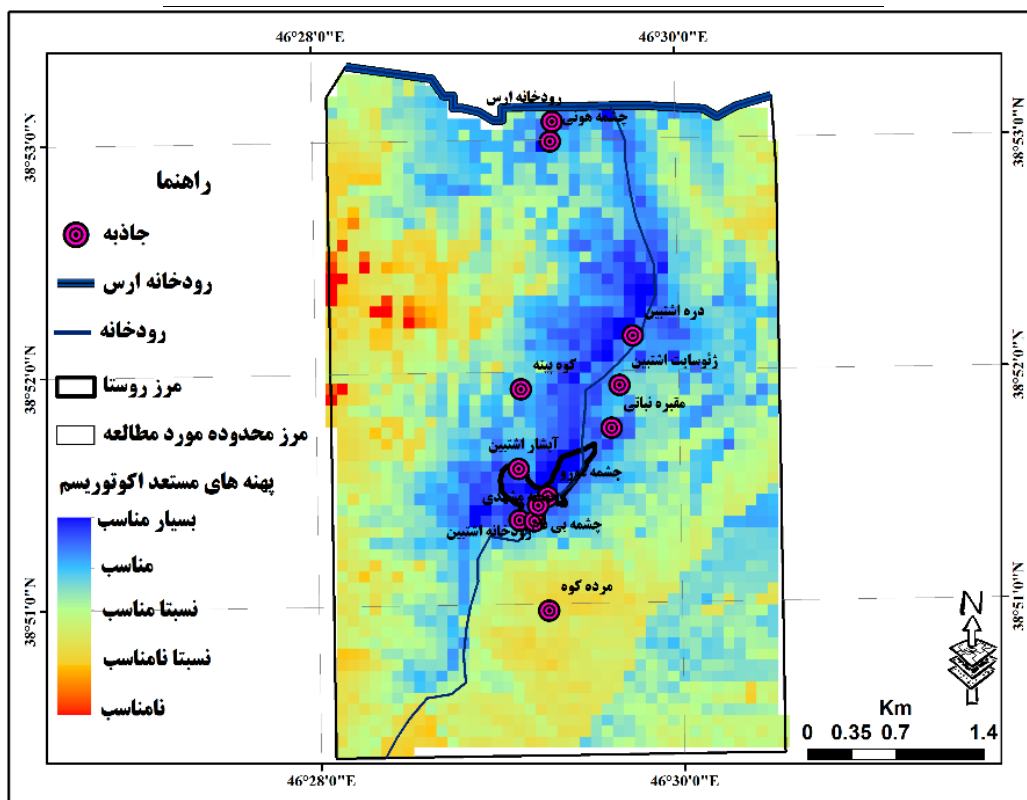
شکل (۵): نتایج مدل آنتروپی شانون برای وزندهی یا ارزش‌گذاری معیارها

روبهم‌گذاری یا همپوشانی معیارها

در این پژوهش، برای همپوشانی یا روبهم‌گذاری معیارها از تابع Weight Sum استفاده شد. اساس این تابع بدین صورت است که ابتدا باید نقشه معیارها استاندارد سازی شوند و سپس وزن هر نقشه به نقشه استاندارد سازی شده ضرب شود و نقشه نهایی با مجموع نقشه‌های وزن‌دار شده استخراج می‌شود. در پژوهش حاضر نیز ابتدا تمامی معیارها براساس مدل قازی براساس جدول ۲ استاندارد سازی گردید. سپس وزن حاصل از مدل آنتروپی شانون برای معیارها با تابع Weight Sum ترکیب شد. در نهایت پهنه‌های مستعد برای ارزیابی توانمندی ژئوتوریسم محدوده مورد مطالعه تهیه گردید که در شکل ۶ نشان داده شده است. همانطور که در نقشه مورد نظر مشاهده می‌شود، پهنه‌های مستعد ژئوتوریسم محدوده مورد مطالعه در ۵ کلاس طبقه بندی گردیده است که مساحت و درصد مساحت هر یک از طبقات در جدول ۳ آورده شده است. براساس جدول مورد نظر تقریباً ۳۱/۰۷ درصد از کل مساحت محدوده مورد مطالعه در پهنه‌ی بسیار مناسب و مناسب قرار گرفته است. بدین ترتیب که ۲۸/۰۴ درصد در پهنه نسبتاً مناسب و ۴۰/۸۹ درصد آن نیز در پهنه نسبتاً نامناسب و نامناسب بوده است (جدول ۳). با بررسی نقشه پهنه‌های مستعد ژئوتوریسم محدوده مورد مطالعه می‌توان مشاهده کرد که پهنه‌های آبی رنگ دارای پهنه‌های بسیار مطلوب و پهنه‌های قرمز رنگ دارای پهنه‌های نامطلوب بوده است. به عبارتی دیگر می‌توان بیان کرد که تقریباً همه جاذبه‌ها به جز جاذبه مرده کوه در پهنه‌های بسیار مناسب و مناسب قرار گرفتند. بنابراین می‌توان گفت که قرارگیری جاذبه‌ها با نقشه نهایی از انطباق خوبی برخوردار است (شکل ۶).

جدول (۳): مساحت و درصد مساحت پهنه‌های مستعد ژئوتوریسم

پهنه‌های مستعد ژئوتوریسم	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت
نامناسب	۲/۲۵	۱۲/۲۶
نسبتاً نامناسب	۵/۲۴	۲۸/۶۳
نسبتاً مناسب	۵/۱۳	۲۸/۰۴
مناسب	۳/۶۳	۱۹/۸۰
بسیار مناسب	۲/۰۶	۱۱/۲۷

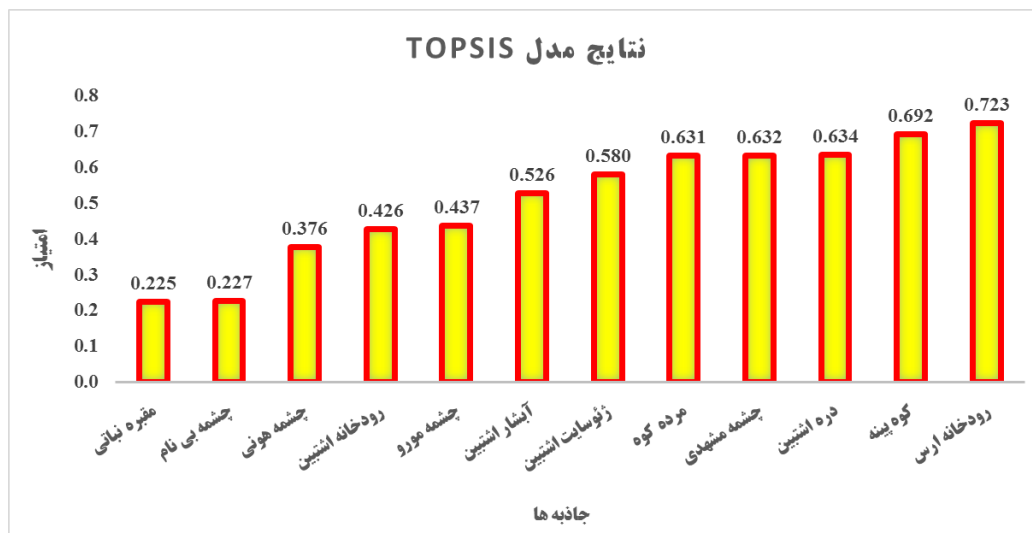


شکل (۶): نقشه پهنه های مستعد ژئوتوریسم محدوده مورد مطالعه

نتایج مدل Topsis برای رتبه‌بندی جاذبه‌ها (گزینه‌ها)

به منظور تعیین رتبه‌بندی جاذبه‌های محدوده مورد مطالعه از مدل تاپسیس به‌عنوان یک ابزار قدرتمند در تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده شد. در این مدل ابتدا گزینه‌ها (جاذبه‌ها) در سطر و معیارهای تاثیرگذار در ستون یک ماتریس قرار گرفتند. در مرحله بعد از آنجایی که معیارها ممکن است واحدهای اندازه‌گیری مختلفی داشته باشند، برای مقایسه‌پذیر کردن آنها، ماتریس تصمیم نرمال‌سازی شد. سپس ماتریس نرمال شده به وزن معیارها که با استفاده از مدل آنتروپی شانون استخراج شده بود، ضرب گردید و ماتریس وزن‌دار نرمال شده محاسبه شد. در مرحله بعد راه‌حل ایده‌آل مثبت (V+) و راه‌حل ایده‌آل منفی (V-) براساس معیارها برای هر یک از گزینه‌ها محاسبه گردید. سپس ضریب نزدیکی نسبی برای هر گزینه استخراج شد که این ضریب نشان‌دهنده میزان هر یک از گزینه‌ها به راه‌حل

ایده آل نزدیک می باشد. در نهایت تمامی گزینه ها براساس ضریب نزدیکی نسبی به ترتیب نزولی رتبه بندی شد. بر اساس نتایج حاصل، جاذبه رودخانه ارس با کسب بالاترین امتیاز (۰/۷۲۳)، به عنوان ارزشمندترین جاذبه ژئوتوریستی محدوده مورد مطالعه شناخته شد. کوه پینه نیز با امتیاز ۰/۶۹۲ در جایگاه بعدی قرار گرفت در مقابل، جاذبه های چشمه بی نام و مقبره نباتی با کمترین امتیاز، به ترتیب در رتبه های ۱۱ و ۱۲ برابر با ۰/۲۲۷ و ۰/۲۲۵ قرار گرفته اند. این یافته ها نشان می دهند که اولویت بندی دقیق جاذبه های ژئوتوریستی، گامی مهم در جهت برنامه ریزی و مدیریت پایدار منابع طبیعی و گردشگری منطقه است (شکل ۷).



شکل (۷): نتایج مدل Topsis برای رتبه بندی جاذبه ها (گزینه ها)

نتیجه گیری

شناخت محدوده های مناسب برای ژئوتوریسم و تحلیل مکانی آن گامی موثر در پهنه بندی ژئوتوریسم در هر موقعیت جغرافیایی می باشد. بنابراین در تحقیق حاضر سعی بر آن شد تا پهنه های مناسب برای ژئوتوریسم در محدوده روستای اشترین مشخص شود. برای دستیابی به این هدف، از ۱۰ معیار تاثیرگذار شامل لیتولوژی، فاصله از روستا، پوشش گیاهی (NDVI)، شیب، طبقات ارتفاعی، جهت شیب، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، دما و بارندگی استفاده شد. برای تحلیل معیارها و جاذبه ها (گزینه ها) و تهیه نقشه های آن ها از نرم افزارهای ArcGIS و ENVI بهره گرفته شد. همچنین برای ارزش گذاری (وزن دهی) و اولویت بندی معیارها از مدل آنتروپی شانون و رتبه بندی جاذبه ها از مدل Topsis و استانداردسازی (بی مقیاس کردن) نقشه های معیارها از منطق فازی بهره گرفته شد. در نهایت برای رویهم گذاری یا همپوشانی معیارها و استخراج نقشه پهنه های مستعد ژئوتوریسم از تابع Weight Sum استفاده شد. نتایج حاصل از مدل آنتروپی شانون برای وزن دهی و اولویت بندی معیارها نشان داد که معیار ارتفاع برابر با ۰/۱۵۷ در رتبه ۱ قرار گرفت، در حالی که معیار جهت شیب برابر با ۰/۳۲ در رتبه ۱۰ بوده است. نتایج نقشه پهنه بندی ژئوتوریسم حاصل از تابع Weight Sum نشان داد که تقریباً ۳۱/۰۷ درصد از کل مساحت محدوده مورد مطالعه در پهنه ی بسیار مناسب و مناسب قرار گرفته است و ۴۰/۸۹ درصد آن نیز در پهنه نسبتاً نامناسب و نامناسب بوده است. همچنین می توان گفت که پهنه های مستعد بسیار مناسب شامل پهنه هایی که به شبکه های ارتباطی و آبراهه نزدیک است و همچنین پوشش گیاهی و لیتولوژی در آن پهنه ها دارای پهنه ی مناسب بوده و جاذبه های گردشگری در آن قسمت از

محدوده متمرکز شده است. نتایج مدل تاپسیس نیز نشان داد که رودخانه ارس با کسب بالاترین امتیاز (۰/۷۲۳) در رتبه ۱ و جاذبه مقبره نباتی در رتبه‌های ۱۲ برابر با ۰/۲۲۵ قرار گرفته‌اند. نتایج این مطالعه با نتایج مطالعاتی که توسط اربابی سبزواری (۱۳۹۳)، یادگاری و همکاران، قنبری و همکاران (۱۳۹۲) و مختاری و احمدی (۱۳۹۶) همخوانی دارد. در نهایت پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آتی از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره جدیدتر و مدل‌های ماشین لرنینگ و مقایسه مدل‌ها برای انتخاب مدل بهتر در زمینه پهنه‌بندی ژئوتوریسم بررسی شود. به توسعه زیرساخت‌های گردشگری با مشارکت اهالی بومی و ایجاد فرصت‌های شغلی پایدار توجه شود.

منابع

- اربابی سبزواری، آزاده. (۱۳۹۳). ارزیابی توانمندی‌ها و قابلیت‌های ژئوتوریسم در توسعه پایدار (مطالعه موردی: سراب دربند در شهرستان صحنه). جغرافیای طبیعی، ۷(۲۶)، ۶۵-۸۶.
- اسفندیاری درآباد، فریبا، نظافت تکه، بهروز. (۱۴۰۱). بررسی و ارزیابی توانمندی‌ها و پتانسیل‌های ژئوتوریستی شهرستان سرعین (مطالعه موردی: روستاهای آوارس، درآباد، نوران). فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی، سال ۱۱، شماره ۴۴، ۱۳۰-۱۴۷.
- اسفندیاری درآباد، فریبا، نظافت تکه، بهروز، حسنی، فاطمه، فاطمی، سیده زهره و نوری، زینب. (۱۴۰۴). واکاوی و تجزیه و تحلیل نقاط ضعف و قوت ژئوتوریستی و ژئومورفولوژیکی در جهت توسعه استان گلستان با استفاده از مدل‌های (K.F). جغرافیا و روابط انسانی، ۷(۴)، ۶۴۹-۶۶۶.
- اصغری سراسکانرود، صیاد، نظافت تکه، بهروز. (۱۳۹۹). توان ژئوتوریستی و تحلیل رقابت پذیری مناطق ژئوتوریستی منطقه سرعین. تحقیقات جغرافیایی، ۳۵(۳ (پیاپی ۱۳۷))، ۱۹۳-۲۰۳.
- اعمی ازغدی، علی، رنگرن، کاظم، وطن خواه، محسن، و آبشیرینی، احسان. (۱۳۸۹). بهینه‌سازی مسیر خطوط حمل و نقل عمومی با استفاده از GIS و روش AHP نمونه موردی: منطقه گلستان شهر اهواز. کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در برنامه ریزی، ۱(۱)، ۷-۱۴.
- بهارلو، ایمان، متکان، علی اکبر، وفائی نژاد، علیرضا و خادم‌الحسینی، احمد. (۱۴۰۴). رویکرد ترکیبی به سیستم اطلاعات مکانی برای اولویت‌بندی توسعه خطوط اتوبوس سریع‌السیار با استفاده از مدل آنتروپی شانون و کوپراس با تأکید بر مفاهیم عدالت فضایی تا افق ۱۴۱۰ (نمونه موردی: شهر اصفهان). نشریه سنجش از دور و GIS ایران، ۱۷(۱)، ۱۲۹-۱۵۰.
- حاج علیلو، بهزاد، نکوئی صدر، بهرام، (۱۳۹۰). ژئوتوریسم تهران، دانشگاه پیام نور.
- حبیبی، فاتح، و محمودی، حسنا. (۱۳۹۸). ارزیابی و اولویت بندی شاخص‌های توسعه گردشگری با استفاده از مدل TOPSIS مطالعه موردی: شهرستان‌های استان کردستان. جغرافیا و توسعه، ۱۷(۵۷)، ۱۵۵-۱۷۶.
- حجازی، سیداسداله، و جوادی، مهدی. (۱۳۹۸). توان سنجی پتانسیل‌های ژئوتوریستی جهت توسعه پایدار گردشگری با استفاده از مدل تاپسیس فازی سلسله مراتبی (مطالعه موردی: پارک ملی کتال). جغرافیایی سرزمین، ۱۶(۶۲)، ۱۳۳-۱۴۵.

- حجه فروش نیا، شیلا، و کرم، امیر. (۱۴۰۱). ارزیابی و پهنه بندی پتانسیل ژئواکتورسمی شهرستان سمیرم. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی (۲) ۱۳ (پیاپی ۴۷)، ۲۳-۲۶.
- حسام، مهدی. (۱۳۹۵). سنجش نگرش جامعه میزبان به تأثیرات اقتصادی، اجتماعی و محیطیستی توسعه گردشگری. مطالعه موردی: روستاهای بخش لاریجان شهرستان آمل، سال ۶، شماره ۲۱، ۶۰-۴.
- حسن زاده، یاسر، مقیمی، ابراهیم، مقصودی، مهران. (۱۴۰۰). ارزیابی توسعه ژئوتوریستی شرق تنگه هرمز از طریق رتبه بندی قابلیت‌های ژئومورفولوژیکی (از میناب تا جاسک). پژوهشهای ژئومورفولوژی کمی، ۱۰ (۱)، ۱۴۸-۱۳۰.
- رضائی مقدم، محمدحسین، رسولی، عادل، حیدری، سیدعبدالسلام، فرزین نیا، ناهید. (۱۴۰۱). ارزیابی ژئوتریل و ژئوتوریسم حوضه آبریز سیمینه رود (جنوب آذربایجان غربی)، نهمین همایش انجمن ایرانی ژئومورفولوژی، تهران.
- روستایی، شهرام، مختاری کشکی، داوود، و اشرفی فینی، زهرا. (۱۳۹۹). پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبریز طالقان با استفاده از شاخص آنتروپی شانون. جغرافیا و برنامه ریزی، ۲۴ (۷۱)، ۱۲۵-۱۵۰.
- صبوری، طاهره، ثروتی، محمدرضا، جداری عیوضی، جمشید. (۱۳۹۹). تبیین تأثیر توسعه ژئوتوریسم و ایجاد ژئوپارک با تاکید بر شاخصهای گردشگری پایدار در ناحیه درفک و دیلمان استان گیلان. فصلنامه مطالعات برنامه ریزی سکونتگاه‌های انسانی. دوره ۱۵، شماره ۱، ۱۷-۱.
- عابدینی، موسی، خشخو، پرستو. (۱۴۰۲). بررسی و تحلیل پتانسیل‌های ژئوتوریستی و ژئومورفولوژیکی شهرستان بابلسر با استفاده از مدل کوبالیکوا و هادزیک (مطالعه موردی: روستاهای ساحلی کرفون، میرود، افراتخت)، جغرافیای طبیعی، ۶۰ (۱۶)، ۷۸-۵۷.
- فیض اله پور، مهدی، منافی، مرضیه، خوش رفتار، رضا، و خسروی، یونس. (۱۴۰۰). پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل آنتروپی شانون (مطالعه موردی: حوضه آبریز طالقان). تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی (علوم جغرافیایی)، ۲۱ (۶۲)، ۹۵-۱۱۴.
- قنبری، ابوالفضل، حجازی، میر اسدالله، قنبری، محمد. (۱۳۹۲). ارزیابی توانمندی زمین گردشگری مکان‌های ژئومورفولوژیکی موجود در روستای کندوان، مسکن و محیط روستا، ۳۲ (۱۴۱)، ۱۱۹-۱۰۹.
- کرمی، فریبا و مختاری، داود و دادگر، کیمیا و اسدی، احمد. (۱۴۰۲). ارزیابی و پهنه‌بندی توانمندی‌های ژئوتوریستی شهرستان طارم. فصلنامه مطالعات مدیریت گردشگری، ۱۸ (۶۴)، ۳۳-۶۰.
- کوزه گر کالجی، لطفعلی، نوروزی، علی. (۱۴۰۱). گردشگری هنری به مثابه رهیافتی نوین در جذب گردشگران، جغرافیا و روابط انسانی، ۵ (۲)، ۱۲۰-۱۳۴.
- مختاری، داود. (۱۳۹۴). اهمیت نقشه‌های زمین پیمایی در مدیریت مکان‌های ژئومورفیکی ایران (مطالعه موردی: گردنه پیام)، نشریه علمی - پژوهشی جغرافیا و برنامه ریزی، سال ۱۶، شماره ۳۷، ۱۷۲-۱۵۱.

مختاری، داود، احمدی، مهدی. (۱۳۹۶). ارزیابی توان محیطی برای توسعه ی ژئوتوریسم در یک منطقه ی حفاظت شده مطالعه موردی: منطقه ی حفاظت شده مانشت، بانکول و قلا رنگ در استان ایلام، جغرافیا و توسعه، ۱۵ (۴۸)، ۱۱۳-۱۳۲.

مروتی شریف آبادی، علی، و اسدیان اردکانی، فائزه. (۱۳۹۳). ارائه مدل توسعه گردشگری سلامت با رویکرد تلفیقی تاپسیس فازی و مدل سازی ساختاری تفسیری در استان یزد. مدیریت سلامت، ۱۷ (۵۵)، ۷۳-۸۸.
مقصودی، مهران، گنجائیان، حمید، فریدونی کردستانی، مزده، و ابراهیمی، عطرین. (۱۳۹۷). ارزیابی و پهنه بندی مناطق مستعد توسعه ژئوسایت ها در شهرستان مریوان با استفاده از روش های جم، فاسیلوس و کوبالیکوا. جغرافیایی سرزمین، ۱۵ (۵۷)، ۴۹-۶۸.

نصرتی، محمد. (۱۴۰۲). ارزیابی پتانسیل ژئوتوریسم شهرستان پلدختر با استفاده از روش GAM، هشتمین همایش بین المللی گردشگری، جغرافیا و محیط زیست پاک، همدان.

یادگاری، فاطمه و گودرزی، راضیه و صفاری، امیر. (۱۴۰۰). ارزیابی توانمندی های ژئوتوریسمی استان البرز بر اساس روش پرالونگ، هشتمین همایش ملی ژئومورفولوژی، کارکردها و ضرورتها، تهران.

Adolfo Quesada, R. Lidia Torres, B. Maynor, A. Manuel Rodríguez, M. Gema Velázquez, E. Catalina Espinosa, V. Jaime, T. Hugo Rodríguez, B (2021). Geodiversity, Geoconservation, and Geotourism in Central America.

Anokhin, A. Kropinova, E. G. Spiriajevas, E (2021). Developing Geotourism with a focus on Geoheritage in a Transboundary region: the case of the Curonian Spit a Unesco site. Sustainable Development of the Baltic Sea region. 13(2), 112-128.

De Gooijer, J. G., & Hyndman, R. J. (2006). 25 years of time series forecasting. International journal of forecasting, 22(3), 443-473.

Eastman, R. J. (1997). Idrisi for Windows User's Guide (Worcester, MA, USA: Clark University).

Elkaichi, A., Errami, E., & Patel, N. (2024). Canyons as potential geotourism attractions of central high atlas, Morocco: Comparative analysis of Ait Bouguemaz valley and Zaouiat Ahnsal-Taghia valley by using GAM model. International Journal of Geoheritage and Parks.

Keijan, X. Wenhui, W (2022). Geoparks and Geotourism in China a Sustainable Approach to Geoheritage Conservation and local Development – A Review. Land 2022.

Lin, H. Y., Kao, J. J., Li, K. C., & Hwang, H. Y. (1996, January). Fuzzy GIS assisted landfill siting analysis. In PROCEEDINGS OF THE TWELFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOLID WASTE TECHNOLOGY AND MANAGEMENT (pp. U14-U17).

Polovitz, N. (etl. (2011). Measuring Geotourism: Developing and Testing the Geotraveler Tendency Scale (GTS), Journal of Travel Research pp. 567-578.

Rafael Altoe, A. Kátia Leite, M. Wellington Francisco, S (2022). New Approach on the Quantitative Assessment of Geotouristic Potential: A Case Study in the Northern Area of the Rio De Janeiro Cliffs and Lagoons Geopark Project.

Resmi, M. R. (2023). Geomorphological heritage assessment and potential geotourism prospects: a case study from Chambal river. Geoheritage, 15(2), 78.

Shannon, Claude. 1948, A mathematical theory of communication, Bulletin System, Technology Journal, vol 27, pp 379-423.

Tamang, L. Mandal, U. K. Karmakar, M. Banerjee, M. & Ghosh, D. (2023): Geomorphosite Evaluation For Geotourism Development Using Geosite Assessment Model (GAM): A Study From A Proterozoic Terrain In Eastern India. International Journal Of Geoheritage And Parks, 11(1), 82-99.

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. Information and control, 8(3), 338-353.