

محوهای ژئومورفیک، میراث با تنوع زمینی



نهمین همایش ملی انجمن ایرانی ژئومورفولوژی

مجموعه مقالات نهمین همایش ملی انجمن ایرانی ژئومورفولوژی



دانشکده جغرافیا
اسفند ۱۴۰۱

گردآوری و تنظیم:

عاطفه حصارکی زاد

محمد فتح الله زاده



فهرست مقالات

۱. اثر اقلیمی تقابل مورفولوژی طبیعی و انسان ساخت در شهر تهران ۱
۲. اثرات آلودگی هوا (PM و آلاینده های فاز گازی) بر اکوسیستم ها، تنوع زیستی جانوری (رده های سیستماتیکي مهره داران جانوری) و فرمانرو گیاهان ۱۵
۳. ارزیابی ژئودایورسیتی شهر میناب جهت توسعه ژئوتوریسم ۲۶
۴. ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر عامل فرساینده گی باران در حوضه آبریز میناب ۳۶
۵. ارزیابی پتانسیل خطر وقوع زمین لغزش با استفاده از مدل میانگین وزنی مرتب شده (OWA) ۴۶
۶. ارزیابی تأثیر تغییرات خطوط ساحلی بر بنادر شرق هرمزگان (سیریک و کوه مبارک) ۵۳
۷. ارزیابی تغییرات سطح آب تالاب میانگران (ایذه) با استفاده از سنتینل-۱ ۶۱
۸. ارزیابی تغییرهای مساحت سدهای ساحلی و سواحل ماسه ای چابهار در حد فاصل سال های ۱۹۹۱ تا ۲۰۲۰ ۶۸
۹. ارزیابی تکنیک فعال حوضه پیراشهری مریانج همدان در مسیر پایداری سرزمینی ۷۸
۱۰. ارزیابی تنوع زمین شناختی با استفاده از یک روش کمی-کیفی (مطالعه موردی: استان لرستان) ۹۰
۱۱. ارزیابی توان ژئومورفوسایت های دشت لوت منطقه شهداد در توسعه ی گردشگری از طریق مدل های ژئومورفوتوریستی ۹۸
۱۲. ارزیابی توان محیطی جنگلهای هیرکانی (مطالعه موردی: زیرحوضه رودخانه تیرم) ۱۲۹
۱۳. ارزیابی توانمندی های ژئوتوریستی مکان های ژئومورفولوژیکی حوضه آبریز نیر جای به روش پراونگ ۱۳۸
۱۴. ارزیابی توانمندی های ژئوتوریستی شهرستان مشگین شهر با استفاده از مدل پراونگ ۱۵۷
۱۵. ارزیابی توسعه و تکامل کارست در نواحی گرم و خشک (مطالعه موردی: حوضه آبریز خلیل آباد) ۱۷۵
۱۶. ارزیابی خطر زمین لغزش در جاده مواصلاتی خلخال-هشتجین (نمونه موردی: زمین لغزش قزل دراخ) ۱۸۹
۱۷. ارزیابی ژئوتریل و ژئوتوریسم حوضه آبریز سیمینهرود (جنوب آذربایجان غربی) ۲۰۸
۱۸. ارزیابی شاخص های آب با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره ای لندست در گوگل ارث انجین ۲۲۰
۱۹. ارزیابی عملکرد شاخص های خشک سالی دریاچه ارومیه با استفاده از تکنیک های تصمیم گیری چند معیاره تاپسیس و الکت ۲۳۰
۲۰. ارزیابی مخاطرات کاتاستروفیک با تأکید بر سیلاب ۲۴۵
۲۱. ارزیابی مخاطرات و توزیع غلظت آرسنیک در منابع آب زیرزمینی دشت جیرفت ۲۵۸
۲۲. ارزیابی میراث ژئومورفولوژیک دشت لوت با استفاده از مدل رینارد ۲۶۷
۲۳. ارزیابی نقش عوامل هیدروژئومورفولوژیکی در سیل خیزی حوضه های آبخیز (نمونه موردی: حوضه آبخیز ماهیدشت کرمانشاه) ۲۸۶
۲۴. ارزیابی نوزمین ساخت حوضه زنجانرود ۲۹۸
۲۵. ارزیابی و پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از فرایند تحلیل شبکه ANP و شبکه مصنوعی ANN در محیط GIS (مطالعه موردی : حوضه

- آبخیز رودخانه رودبال داراب استان فارس) ۳۰۶
۲۶. ارزیابی و پهنه بندی زمین لغزش در حوضه آبخیز مارگون استان فارس ۳۲۷
۲۷. ارزیابی میزان فعالیت نسبی زمینساختی مبتنی بر شاخصهای ریختزمینساختی در شمالشرق کميجان، استان مرکزی ۳۴۵
۲۸. امکان سنجی وقوع سيل در حوضه آبریز بقمچ با روش CN ۳۵۸
۲۹. امکانسنجی احداث مجتمعهای گردشگری و خدمات درمانی با استفاده تکنیک S.W.O.T ۳۶۷
۳۰. اهمیت سیستم مدیریتی در جذب زمین گردشگران در ژئوپارک ها ۳۷۸
۳۱. بازسازی تغییرات آب و هوای دیرینه حوضه آبریز قره قوم در پلیستوسن اخیر ۳۹۳
۳۲. بازسازی محیطهای دیرینه غرب کردستان با استفاده از رسوبات غارها در هولوسن میانی ۳۹۹
۳۳. برآورد فرونشست سطح زمین در بخشی از دشت اردبیل با استفاده از تکنیک تداخلسنجی راداری ۴۰۹
۳۴. برآورد فرونشست سطح زمین در بخشی از دشت اردبیل ۴۱۸
۳۵. برآورد فرونشست سطح زمین در بخشی از دشت قروه با استفاده از تکنیک تداخلسنجی راداری ۴۲۷
۳۶. بررسی جاذبه های گردشگری ژئومورفوسایت تنگه هایقر - استان فارس(شهرستان فیروزآباد) ۴۳۷
۳۷. بررسی اثر تغییرات محیطی رودخانه علاء بر فرسایش کناری و نقش آن در مدیریت محیط ۴۴۳
۳۸. بررسی تحولات ژئومورفولوژی رودخانه دز با استفاده از گوگل ارث انجین ۴۵۱
۳۹. بررسی ارتباط بین شدت و مدت بارش با زمین لغزشهای کم عمق در دامنه های شمالی البرز(مطالعه موردی: منطقه سوادکوه مازندران)..... ۴۶۲
۴۰. بررسی تغییرات دمای سطح حوضه دریاچه نئور و ارتباط آن فیزیوگرافی حوضه ۴۶۳
۴۱. بررسی تغییرات زمین ساخت فعال تاقدیس سردارآباد شوشان با استفاده از تصاویر ماهواره های ۴۷۴
۴۲. بررسی تغییرات ژئومورفولوژیک رودخانه و تاثیر آن بر کاربری اراضی روستایی (مطالعه موردی: رودخانه قلعه چای شهرستان عجب شیر) ۴۸۴
۴۳. بررسی تغییرات ژئومورفولوژیکی سواحل دریای مکران با استفاده از GIS و RS ۴۹۳
۴۴. بررسی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از الگوریتم درخت تصمیمگیری در حوضه ایزدخواست ۵۰۰
۴۵. بررسی تهدیدها و چالش های تالاب میقان ۵۰۹
۴۶. بررسی توانمندی ها و کاربری های ژئوتوریسمی شهرستان دماوند با بکارگیری روش GAM ۵۲۲
۴۷. بررسی جابجایی سطح زمین ناشی از زمین لرزه ۸ بهمن خوی با استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری ۵۳۱
۴۸. بررسی علل ژئومورفولوژیک پیدایش چشمه «کانی بل» پاه ۵۳۹
۴۹. بررسی قابلیت های گردشگری با استفاده از مدل SWOT (مطالعه موردی: شهرستان جوین) ۵۴۵
۵۰. بررسی مخاطرات مناطق کوهستانی استان گلستان برای کوهنوردان و گردشگران از سال ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ ۵۶۳
۵۱. بررسی مخاطرات ژئومورفولوژیکی استان کرمانشاه با تأکید بر سيل و زلزله ۵۷۱
۵۲. بررسی مخاطرات ژئومورفولوژیکی مناطق ژئوتوریستی (مطالعه موردی: روستای ابدال آباد - تربت جام) ۵۸۶
۵۳. بررسی مورفونوتکتونیک و مورفونودینامیک منطقه شهری ارومیه ۵۹۷

۵۴. بررسی میزان تحركپذیری پهنه ماسهای شوش قوم در استان آذربایجان شرقی ۶۱۳
۵۵. بررسی میزان فرونشست در طی سال های ۲۰۱۶-۲۰۲۲ با روش تفاضل سنجی راداری (مطالعه موردی: دشت بوئین زهرا، استان قزوین) ۶۳۰
۵۶. بررسی نقش تکتونیک در تحولات ژئومورفولوژیک حوضه رامهرمز با استفاده از شاخصهای ژئومورفولوژیکی و بعد فرکتال ظرفیت ۶۳۹
۵۷. بررسی نقش فعالیت های انسانی بر تغییرات مورفولوژی رودخانه کرج از بیلقان تا پل راه آهن ۶۵۰
۵۸. بررسی نوسانات سطح آب های زیرزمینی دشت شوش در ارتباط با تغییرات محیطی ۶۵۹
۵۹. بررسی و تحلیل مخاطرات ژئومورفولوژیکی چابهار در راستای آمایش سرزمین ۶۶۶
۶۰. بررسی وضعیت کارستی آبخوان بیستون با استفاده از آنالیز هیدروژئوشیمی ۶۷۸
۶۱. بررسی ویژگی های فیزیوگرافی حوضه آبریز رودخانه تجن ۶۸۵
۶۲. پایش تغییرات خط ساحلی خلیج گرگان در نیم قرن گذشته با استفاده از تصاویر ماهواره ای ۷۰۲
۶۳. پایش فعالیت زمین لغزش های قدیمی حوضه کالپوش با استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری ۷۱۳
۶۴. پهنه بندی خطر سیلاب در محدوده شهر پلدختر با استفاده از مدل AHP ۷۲۲
۶۵. پهنه بندی پتانسیل سیل خیزی با استفاده از تحلیل سلسه مراتبی و منطق فازی در محیط GIS (مطالعه موردی حوضه آبریز کل و مهران و جزایر) ۷۳۲
۶۶. پهنه بندی حساسیت والویت بندی عوامل موثر بر وقوع زمین لغزش با استفاده از مدل بهترین و بدترین (مطالعه موردی: حوضه آبریز لنبران) ۷۴۳
۶۷. پهنه بندی خطر سیلاب در حوضه آبریز شهر چای میانه با استفاده از مدل بهترین - بدترین ۷۵۵
۶۸. پهنه بندی فرایندهای هوازدگی استان ایلام بر اساس مدل های پلتیر ۷۶۴
۶۹. پهنه بندی میزان هدر رفت خاک با استفاده از سنجش از دور و سیستم های اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: بالا دست حوضه آبخیز جگین: مکران شمالی) ۷۷۶
۷۰. پهنه بندی توسعه کارست سطحی از دیدگاه ژئومورفولوژی با استفاده از مدل منطق فازی (مطالعه موردی توده های کارستی پیرغار و دیمه در استان چهارمحال و بختیاری) ۷۸۴
۷۱. پهنه بندی خطر سیل در رودخانه چشمه کیله ۷۹۶
۷۲. پهنه بندی خطر سیل در شهرستان همدان با استفاده از مدل AHP-FUZZY ۸۰۳
۷۳. پیش یابی اثرات تغییر اقلیم بر فرسایش بادی جلگه بندرلنگه، غرب استان هرمزگان ۸۲۳
۷۴. تاثیر تکتونیک فعال بر مورفولوژی رودخانه ها ۸۳۳
۷۵. تأثیر سدها و موج شکن های ساحلی بر پیشروی آب دریای خزر در سواحل شرق گیلان ۸۴۲
۷۶. تأثیر گند نمکی صاحب آباد بر رودخانه و آب های زیر زمینی منطقه کشاور ۸۵۰
۷۷. تجزیه و تحلیل عوامل موثر در تغییرات خط ساحلی دلتای سفیدرود ۸۶۱
۷۸. تحلیل تکتونیکی زون گسلی قم-زفره (QZFZ) از طریق محاسبه بعد فرکتال آبراهه ها و گسل های منطقه ۸۷۱

۷۹. تحلیل رژیم باد و رخداد‌های فرسایش بادی در استان البرز، مطالعه موردی: کلانشهر کرج ۸۸۹
۸۰. تحلیل ژئومورفوتکتو دینامیک سواحل دریایی ایران ۹۰۰
۸۱. تحلیل فرسایش بر اساس شاخصهای هوازدگی شیمیایی در حوضه آبخیز تالار ۹۳۵
۸۲. تحلیل کمی زمین لغزش ها در دامنه های مشرف بر اتوبان تهران- سولقان (محور در حال احداث تهران-شمال) با استفاده از روش رگرسیون لجستیک ۹۴۴
۸۳. تحلیل مورفوتکتونیک دشت گرگان با استفاده از تداخل سنجی راداری (روش سری زمانی SBAS-InSAR) ۹۵۴
۸۴. تحلیل وضعیت ژئومورفوسایتهای کارستیک غار قوری قلعه و سراب روانسر با مدل کوبالیکوا و کرچنر ۹۶۶
۸۵. تهیه نقشه شوری سطح خاک در مناطق خشک با استفاده از تکنیکهای سنجش از دور ۹۷۶
۸۶. جایگاه ژئومورفولوژی در ارزیابی بلایای طبیعی و مقابله با آنها در خراسان رضوی ۹۸۷
۸۷. دشت سیلاخور میراث باستانی در هولوسن پایانی ۹۹۹
۸۸. رابطه بین انحنای زمین و ویژگی های یخچال ها ۱۰۱۰
۸۹. بررسی اثرات ژئومورفیک معادن روباز (مطالعه موردی: معدن سنگ آهن سنگان) ۱۰۳۳
۹۰. رودخانه سیروان؛ بررسی فرصت ها و تهدیدهای ناشی از آن ۱۰۴۲
۹۱. روش مبتنی بر توپوگرافی در محاسبه و تحلیل انرژی تابشی خورشید ۱۰۵۷
۹۲. زیست بوم فناوری های ژئومورفولوژی ۱۰۷۸
۹۳. ژئوتوریسم معادن؛ رهیافتی نوین در گردشگری ترکیبی علوم زمین (مطالعه موردی: استان کردستان) ۱۰۸۶
۹۴. ژئودایورسیتی؛ چالش ها و ظرفیت ها (با تاکید بر ایران) ۱۰۹۷
۹۵. ژئومورفولوژی حوضه سد کرخه و نقش آن در مدیریت و کنترل سیلاب ۹۸ در خوزستان ۱۱۰۵
۹۶. ژئومورفولوژی شهری: تحلیل نقش عوامل ژئومورفولوژیکی در توسعه فیزیکی شهر فیروزآباد ۱۱۱۶
۹۷. ژئومورفولوژی و مکان یابی تغذیه مصنوعی آب های زیر زمینی با توجه به تاثیرات زیست محیطی (مورد مطالعه: دشت سنگان خواف) ۱۱۴۱
۹۸. شبیه سازی رواناب با استفاده از مدل های SIMHYD و SACRAMENTA در حوضه آبریز لنبران چای ۱۱۵۴
۹۹. طبقه بندی بدلندهای شمال خاوری گرمسار با استفاده از شاخص رطوبت توپوگرافیک ۱۱۶۱
۱۰۰. طبقه بندی خودکار لندفرمهای زمین بر اساس شاخص TPI ، مطالعه موردی: حوضه آبریز کرند ۱۱۷۱
۱۰۱. طبقه بندی خودکار لندفرمهای زمین بر اساس شاخص TPI ، مطالعه موردی: حوضه آبریز کرند ۱۱۷۸
۱۰۲. عوامل ژئومورفولوژیکی مؤثر در تولید رواناب و سیل خیزی حوضه آبخیز رازآور کرمانشاه ۱۱۸۶
۱۰۳. فناوری های نوین در ترسیم نقشه های ژئومورفولوژی (مطالعه موردی: نقشه ژئومورفولوژی ۱:۲۵۰۰۰ ماکو) ۱۲۱۸
۱۰۴. قابلیت های ژئودایورسیتی و میراث انسانی در توسعه گردشگری (مطالعه موردی حوضه بالادست سد طالقان) ۱۲۲۸
۱۰۵. کارایی روش تلفیقی FANP در پهنه بندی ژئومورفولوژیکی اراضی دشت بجنورد ۱۲۴۲
۱۰۶. کاربرد الگوریتم های پیشرفته داده کاوی در تهیه نقشه حساسیت خطر وقوع سیل ۱۲۵۳

۱۰۷. کاربرد تکنیک ژئوالکتریک در ارزیابی و تحلیل مخاطرات ژئومورفولوژیکی ۱۲۶۲
۱۰۸. کاربرد فناوری تصاویر راداری در تهیه نقشه سیلاب ۱۲۷۳
۱۰۹. مخاطرات جانمایی نامناسب چاه های نفت در پیرامون رودخانهها (منطقه مورد مطالعه: میدان نفتی مارون، رودخانه جراحی) ۱۲۸۱
۱۱۰. مخاطرات طبیعی و مصیبت‌ها ۱۲۹۰
۱۱۱. مدل LAPSUS و کاربرد آن در تغییرات چشم انداز خاک ۱۲۹۹
۱۱۲. معادن استخراج سنگ: ناپایداری محیطی یا جاذبه ژئوتوریستی ۱۳۰۹
۱۱۳. مقایسه روشهای رایج در ارزیابی کمی تنوع زمینی، مطالعه موردی استان گلستان ۱۳۱۶
۱۱۴. مقدمه‌ای بر مورفولوژی و منشأ ساختاری بیرون زدگیهای سنگی زگیلی شکل در فلیش‌های جنوب شرقی ایران (منطقه خاش) ۱۳۲۴
۱۱۵. نظریه کیاس در تبیین تغییرات الگوی ریزگردها در تهران ۱۳۳۲
۱۱۶. نقش پادگانه های رودخانه ای در تدفین؛ مطالعه موردی: گورستان لما، له سواره و ده پایین ۱۳۴۱
۱۱۷. نقش تحلیل های مورفومتری در مطالعه لندفرم های پیت و ماند ۱۳۵۴
۱۱۸. نقش توپوگرافی بر الگوی و مورفولوژی رودخانه جاجرود ۱۳۶۸
۱۱۹. نقش ژئومورفولوژیک زمین در مکانیابی دفن زباله در شهرستان بم ۱۳۷۴
۱۲۰. نقش و اهمیت بررسی بازه های مرجع در طراحی کانال های طبیعی (احیا و بازسازی رودخانه) ۱۳۸۳
۱۲۱. هرج و مرج در مفاهیم علم ژئوتوریسم و میراث ژئومورفولوژی ایران ۱۳۹۸
۱۲۲. واکاوی پیوندهای فناوری، کارآفرینی و ژئومورفولوژی در پیکار با بزهکاری؛ مطالعه موردی استان بوشهر ۱۴۰۱
۱۲۳. وضعیت موفولوژیک شهر تاریخی میبد ۱۴۱۳

اثر اقلیمی تقابل مورفولوژی طبیعی و انسان ساخت در شهر تهران

Climatic effect of contrast between natural and man-made morphology in Tehran city

سعید سپاسی زنگ آبادی^۱، علی اکبر شمسی پور^{۲*}، محمد حسن کورکینه‌زاد^۳ مصیب ژاله^۴

۱- دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران، saeed.sepasi@ut.ac.ir

۲- دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران، shamsipr@ut.ac.ir

۳- دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران، m.h.koorkinezhad@ut.ac.ir

۴- دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران، m75.zhaleh@ut.ac.ir

چکیده

اطلاعات مورفولوژی طبیعی بستر شکل‌گیری فرم و ساختار شهر و مورفولوژی شهری خروجی الگوی توسعه و رشد شهری است. تقابل این دو مورفولوژی طبیعی و انسانی شرایط اقلیمی شهر را تعیین می‌کنند. شهر تهران با قرارگیری در دشت مابین رشته‌کوه‌های البرز و دشت ورامین مشخصات اقلیمی متنوعی دارد و با الگوی ساختاری و توسعه نامتوازن و ناهمگن شهری، تفاوت‌های اقلیمی آن و پیچیده‌تر شده است. در این مطالعه، یک رویکرد مبتنی بر ماهواره برای استخراج اطلاعات مورفولوژی و آب‌وهوای محلی شهری استفاده شده است. منطقه‌بندی محلی آب‌وهوا (LCZ) به طبقه‌بندی مناطق با توجه و تمرکز بر ساختار فیزیکی و پوشش سطحی می‌پردازد. طبقه‌بندی LCZ دارای ۱۷ کلاس با ویژگی‌های پوششی و فیزیکی متفاوت است. برای انجام پژوهش از چهار نوع داده‌های هواشناسی، تصاویر ماهواره‌ای و لایه‌های اطلاعات مکانی و برداشت میدانی استفاده شد. تصاویر برای دو دوره زمانی تابستان و زمستان؛ لایه‌های اطلاعات مکانی تهران و حومه آن شامل داده‌های کاربری/پوشش اراضی و طبقات ساختمانی شهر؛ و داده‌های جوی دما، بارش، سرعت و جهت باد در دوره زمانی ۲۰ ساله از ایستگاه‌های هواشناسی داخل شهر تهیه شدند. فرایند پردازش داده‌ها در SAGA-GIS، نمونه‌برداری در Google Earth و طبقه‌بندی و خروجی اطلاعات در Arc/GIS انجام شد. نتایج طبقه‌بندی تهران و حومه نشان داد حومه شمال و شمال‌شرق با پهنه‌های پوشش درختی و طبیعی یعنی طبقات اقلیمی A تا C و حومه جنوبی شهر با اراضی کشاورزی و غلفزار (D) مشخص شدند. همچنین نتایج نشان داد در مناطق شهری سطح نفوذناپذیری زیاد و میزان دید آسمان نیز کم است.

واژگان کلیدی: ژئومورفولوژی، طبقه‌بندی اقلیمی، (LCZ)، شهر تهران

مقدمه

برای شناخت الگوهای پوشش گیاهی، کاشت محصولات زراعی، ظرفیت منابع آبی، الگوی معماری بومی، تعیین شرایط آسایش حرارتی و شناخت وضعیت غالب و بحرانی آب و هوا در هر منطقه‌ای انجام طبقه‌بندی اقلیمی مورد توجه قرار می‌گیرد. بنابراین برای شناخت تفاوت‌های ژئومورفولوژیکی، محیطی، فرهنگی، معیشتی و تعیین علل آب و هوایی، یا تعیین فعالیت‌های سازگار با آنها، پهنه‌بندی‌های آب و هوایی با رویکردها و روش‌های متنوعی ارائه شده است.

ژئومورفولوژی یکی از علوم زمین است که مدیران شهری، برنامه ریزان و سایر متولیان مسایل اقتصادی و فنی را در انتخاب مکان‌های مطلوب برای استقرار و توسعه سکونتگاه‌ها کمک می‌کند. بررسی مشکلات مربوط به انتخاب مکان مناسب برای ایجاد شهرها، چگونگی استقرار ساختمان‌ها در داخل شهرها، آثار توسعه شهرها روی زمین‌های اطراف و نظایر اینها موضوع‌های مورد مطالعه ژئومورفولوژی شهری است. هر اندازه که شهرها توسعه یابند و گسترش پیدا کنند برخورد آنها با واحدهای گوناگون توپوگرافی و ژئومورفولوژی و موضوعات مربوط به آنها زیاد تر می‌شود (کریمی ۱۳۹۴). مورفولوژی شهری عناصر کالبدی را در بر می‌گیرد که نتیجه اندرکنش مداوم نیروهای موجود در شهر (اقتصادی، اجتماعی، محیطی و جز اینها) در طول زمان است (دانشپور و همکاران ۱۳۹۱). پارامترهای مورفولوژی شهری و عناصر آن مانند تراکم جرم ساختمان و همچنین نوع جهت و عرض معابر و سازه بلوک می‌تواند علاوه بر اقلیم و تغییرات اقلیمی شهری بر روی رفتار شهروندان نیز تاثیر بگذارند. در رابطه بین ساختمان‌ها و محیط، هر ساختمان آب و هوای اطراف خود را تغییر می‌دهد. این تغییرات تحت عنوان اقلیم خرد شهری و تأثیر عواملی مانند هندسه و سطح مقطع شهر، شکل، ارتفاع، اندازه ساختمان‌ها، جهت خیابان‌ها و ساختمان‌ها و سطح فضاهای باز رخ می‌دهد. عناصر دست ساز شهری به دلیل تأثیراتی که بر عوامل اقلیمی می‌گذارند، می‌توانند اقلیم مصنوعی در ریزاختر اقلیم ایجاد کنند که همواره با یکدیگر در تعامل هستند. بنابراین مورفولوژی شهری با توجه به تأثیرات آن بر عوامل اقلیمی، به طور مستقیم و غیرمستقیم بر تغییر مصرف انرژی در شهرها به‌ویژه انرژی گرمایشی تأثیر می‌گذارد و نمی‌توان گونه‌های ساختمانی را مستقل و بدون توجه به موقعیت و شرایط در مقیاس شهری در نظر گرفت (بقایی، ۲۰۲۰). مورفولوژی شهری می‌تواند بر اقلیم شهری محلی از طریق پارامترهای مورفولوژیکی تأثیر بگذارد (هاب و همکاران، ۲۰۱۴). به طور خاص، مناطق شهری با تراکم ساختمانی بالاتر و مورفولوژی پیچیده‌تر شهری، جزایر گرمایی شدیدتر و نفوذپذیری کمتر تهویه هوای شهری را نشان می‌دهند (چن و همکاران، ۲۰۱۲؛ یوان و همکاران، ۲۰۱۱).

امروزه هیچ رویه مشترک جهانی برای توصیف ماهیت فیزیکی شهرها برای اقلیم‌شناسان شهری وجود ندارد و بیشتر اصطلاحات موجود در مناطق فرهنگی و جغرافیایی قابل انتقال نیست. برای رفع این مشکل، و به ویژه برای کمک به استانداردسازی روش‌های مشاهده و مستندسازی در مطالعات جزیره گرمای شهری، اک طرح مناطق آب و هوای شهری

(UCZ) را در سال ۲۰۰۴ طرح کرد (اک، ۲۰۰۴). طرح UCZ جهانی ترین طبقه بندی آب و هوای شهری بود، اما بیشتر روی سناریوی شهرهای مدرن و توسعه یافته متمرکز است. استوارت و اک بعداً این روش را اصلاح کردند و طبقه بندی محلی آب و هوا^۲ (LCZ) را معرفی کردند (استوارت و اک، ۲۰۱۲). این روش شامل طبقه بندی جدید و منظمی از مکان ها برای مطالعات است. LCZ به طبقه بندی اقلیمی با توجه به ساختار فیزیکی شهر می پردازد. این طبقه بندی مناظر شهری و روستایی را به ۱۷ طبقه استاندارد تقسیم می کند که هر کدام از آنها با خصوصیات ساختاری و پوشش اراضی تعریف می شوند. مطالعاتی با روش LCZ در جهان صورت گرفته است، بطوریکه طبقه بندی آب و هوایی به روش LCZ در دو شهر ووهان و هانگژو صورت گرفته است دو کلاس A و D بیشترین فراوانی را داشتند و به ۱۷ طبقه اقلیمی تقسیم شدند. همچنین به این نتیجه رسیدند که می توان از این روش برای شهرهای دیگر چین نیز استفاده کرد (رن و همکاران، ۲۰۱۶). در بلژیک وضعیت اقلیم داخل شهری سه شهر آنتورپ، بروکسل و گنت با روش LCZ به ۱۲ کلاس اقلیمی طبقه بندی گردید؛ و این نتیجه بدست آمد که می توان از این روش در مناطق شهری ناهمگن در سراسر جهان استفاده کرد (وردانگ و همکاران، ۲۰۱۷). در تحقیقات داخل ایران نیز از روش LCZ برای طبقه بندی اقلیمی شهر تهران استفاده شده و ۱۷ طبقه اقلیم محلی بدست آمده (شمسی پور، ۱۴۰۰). همچنین در پژوهش دیگری طبقه بندی محدوده تهران مورد توجه قرار گرفته است، در این مورد طبقه بندی اقلیم محلی تهران بصورت کلی تری طبقه بندی و ارائه شده است (ایزدی ۲۰۲۰).

اطاعات مورفولوژی شهری یک شاخص مهم در برنامه ریزی شهری، مدیریت اطلاعات و کاربردهای اقلیمی شهری است. با این حال، مشکل هماهنگ سازی داده های مورفولوژیکی شهری، کیفیت و در دسترس بودن، به ویژه در کشورهای در حال توسعه شناخته شده است (بقایی و همکاران، ۲۰۲۰). در این مطالعه، یک رویکرد مبتنی بر ماهواره جدید برای استخراج اطلاعات مورفولوژی و آب و هوای شهری در نظر گرفته شده است.

داده ها و روش شناسی تحقیق

منطقه مورد مطالعه

تهران با تراکم جمعیتی ۱۰۵۵۰ نفر در کیلومتر مربع در رده پانزدهم شهرهای متراکم جهان است (شمسی پور، ۱۴۰۰). تهران با مساحت ۷۳۰ کیلومتر مربع به همراه حومه خود جمعیتی بالغ بر ۱۴ میلیون نفر دارد (اطلس شهرداری تهران، ۱۳۹۲) و به لحاظ بزرگی محدوده شهری بیست و هشتمین شهر دنیا است (Worldmeter, 2019). محدوده شهری تهران به ۲۲ منطقه شهرداری، ۱۳۴ ناحیه و ۳۷۰ محله اداری تقسیم شده است (ساسانیپور و همکاران، ۱۳۹۵).

¹- Urban Climate Zones

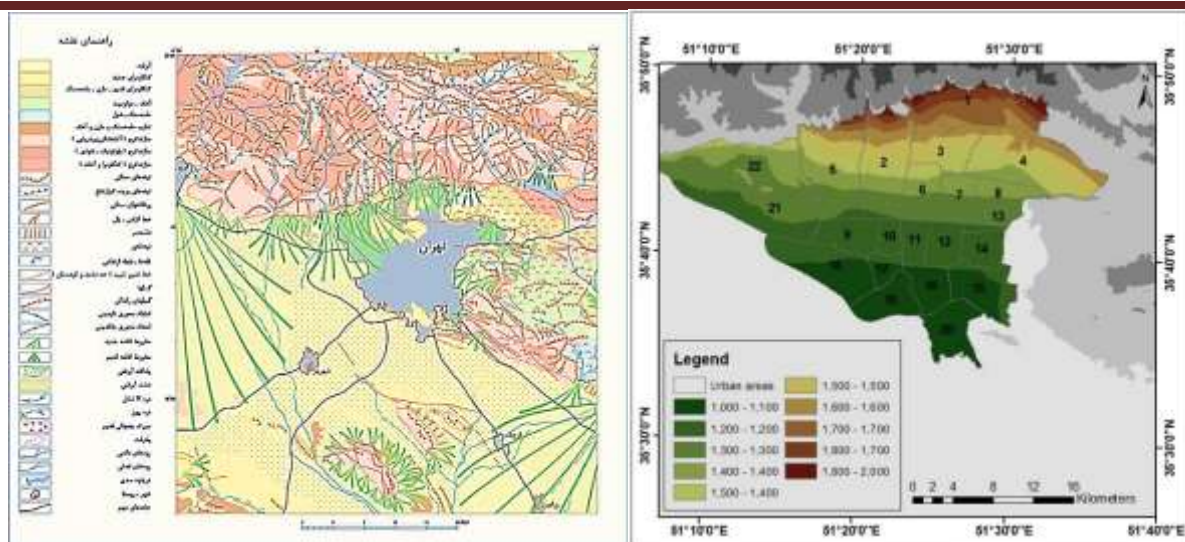
²- Local Climate Zone



تهران در پهنه‌ای بین دو تیپ اراضی کوهستانی در شمال و دشت کویر نمک در جنوب و در پای دامنه‌های جنوبی البرز گسترده شده است. گستره کنونی تهران از ارتفاع ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متری از سطح دریا قرار گرفته است (شکل ۲) و جهت شیب عمومی آن جنوبی است (سجادی و همکاران، ۱۳۹۶). شهر تهران در حاشیه شمالی واحد زمین ساختمانی ایران مرکز و در مرز پایکوه‌های جنوبی واحد مورفوتکتونیک البرز مرکزی واقع شده است قرار گرفتن این شهر در مرز این دو واحد ساختمانی موجب شده است که از هر دو واحد به طور مستقیم و غیر مستقیم تأثیر پذیرد (محمدیان، ۱۳۹۶). منطقه کلانشهر تهران از سه بخش کوهستانی، کوهپایه و دشت تشکیل می‌شود. مناطق کوهستانی ارتفاعات بالای ۱۸۰۰ متر را در بر می‌گیرد. به دلیل ارتفاع زیاد و محدودیت های قانونی ساخت و ساز و سکونت در این محدوده وجود ندارد. از این رو توسعه فیزیکی تهران عمدتاً در منطقه کوهپایه و دشت در دامنه‌های جنوبی البرز صورت گرفته است. می‌توان گفت شیب جغرافیایی و شیب اجتماعی تهران بر یکدیگر منطبق است یا به عبارتی توپوگرافی شهر به نوعی انعکاسی از توپوگرافی اقتصادی-اجتماعی آن است. با توجه به ارتفاع شهر تهران از سطح دریا بین ۱۷۵۰ متر در شمال که به حدود ۱۲۰۰ متر در مرکز و ۱۰۵۰ متر در جنوب شهر می‌رسد شیب قسمت های کوهستانی شهر بین ۱۰ تا ۱۵ درصد از میدان تجریش تا تپه های عباس آباد با شیب متوسط ۳ تا ۵ درصد از عباس آباد تا خیابان انقلاب ۲ درصد و از مرکز شهر تا کناره های آن به حدود ۱ درصد می‌رسد (صفاری و همکاران).

شهر تهران در حاشیه شمالی واحد زمین‌ساختی ایران مرکزی و در مرز پایکوه‌های جنوبی واحد مورفوتکتونیک البرز مرکزی واقع شده است. قرار گرفتن این شهر در مرز این دو واحد ساختمانی سبب شده که از هر دو به طور مستقیم و غیرمستقیم تأثیر پذیرد. بستر شمالی شهر تهران را مخروط افکنه‌های پایکوهی البرز تشکیل می‌دهند. این مخروط افکنه‌ها بر روی سنگ پایه آتشفشانی- رسوبی دوران سوم زمین‌شناسی استقرار یافته‌اند و طی دوران چهارم زمین‌شناسی همواره تحت تأثیر فعالیت‌های تکتونیک، متحول شده و در نهایت مورفولوژی کنونی منطقه تهران تکوین یافته است. محدوده شهر به ۵ واحد تیپ اراضی تقسیم می‌شود: کوه‌ها، تپه‌ها، مخروط افکنه آبرفتی قدیمی، مخروط افکنه آبرفتی جوان و دشت رسوبی.

مطابق شکل (۳-۱) بستر مرکزی شهر در محدوده دشت‌های رسوبی قرار گرفته است. از شمال در خروجی رود دره‌ها شبکه مخروط افکنه‌های قدیم و جدید وجود دارد که بصورت خطوط سبز و واگرا در جهت جنوبی ترسیم شده‌اند. از اشکال سطحی با فراوانی بالا، تپه ماهورها هستند که در غرب و شرق محدوده شهر تهران پراکنده هستند. نوار کوهستانی شمال شهر را سازند کرج تشکیل می‌دهد که با شکستگی‌ها و گسل‌های زیادی مشخص شده‌اند. بالاترین نقطه در این گستره در حدود ۱۸۰۰ متر از سطح دریا و متوسط زاویه شیب بین آن ۳۰ تا ۵۰ درجه است.



شکل ۱- نقشه ژئومورفولوژی و توپوگرافی شهر و حومه تهران (اطلس کلان شهر تهران، ۱۳۸۸)

داده ها

برای انجام این مطالعه سه دسته داده نیاز است، داده های مکانی شامل مشخصات کالبدی شهر، داده های هواشناسی ایستگاه های هواشناسی، و داده های ماهواره ای. داده های ماهواره ای شامل تصاویر سنجنده لندست که شامل شهر تهران است و بازه زمانی تابستان و زمستان را شامل می شود که از سایت Earth Explorer قابل دسترسی است. برای دانلود تصاویر ماهواره ای باید توجه داشت که تصاویر منطقه مورد مطالعه در بازه زمانی مشخص شده حداقل ابر را دارا باشد تا اختلالی در روند کار ایجاد نشود. نوع دیگر داده های مورد استفاده شیپ فایل های منطقه و داده های نقطه ای ایستگاه های هواشناسی منطقه است که مشخصات ایستگاه ها در سایت سازمان هواشناسی موجود می باشد و داده های طبقات ساختمانی شهر تهران است که بتوان با توجه بیشتر به ساختار فیزیکی شهر به طبقه بندی بپردازیم. از دیگر داده های اصلی مورد نیاز داده های ویژگی کلاسه های مختلف در روش LCZ می باشد و در دسترس عموم قرار گرفته است.

لایه های اطلاعات مکانی مربوط به سطوح ارتفاعی، کاربری اراضی شهری در سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای شناخت وضعیت سطحی و مشخصات کلی محیط شهری و طبیعی استفاده شدند و نقشه های مورد نیاز برای مقایسه با طبقات اقلیم محلی LCZ تهیه شد. بر پایه تصاویر ماهواره ای دریافت شده برای تعیین محدوده مورد مطالعه یک لایه پلیگونی در برگیرنده محدوده شهر و حومه آن ساخته شد. سپس در محیط نرم افزاری SAGA-GIS تصاویر به تفکیک ۱۰۰ متری تبدیل شده و با استفاده از محدوده پلیگونی تهیه شده تصاویر برش داده شدند. در مرحله بعد با بکارگیری نرم افزار Google earth و داده های ارتفاع طبقات ساختمانی تهران، انواع کلاس های طبقات اقلیم محلی

مشخص و ترسیم شدند. پس از مشخص شدن نمونه‌ها فایل با فرمت KMZ ذخیره شده و کلاسه‌بندی شدند. در این بخش با استفاده از نرم‌افزار SAGA-GIS، تصاویر و نمونه‌های مشخص شده در Google Earth، طبقه‌بندی شدند. در نهایت فایل متنی حاوی مشخصات هر کلاس اضافه شده و خروجی ۱۷ کلاس LCZ در شهر تهران محاسبه و تهیه شد جدول (۱).

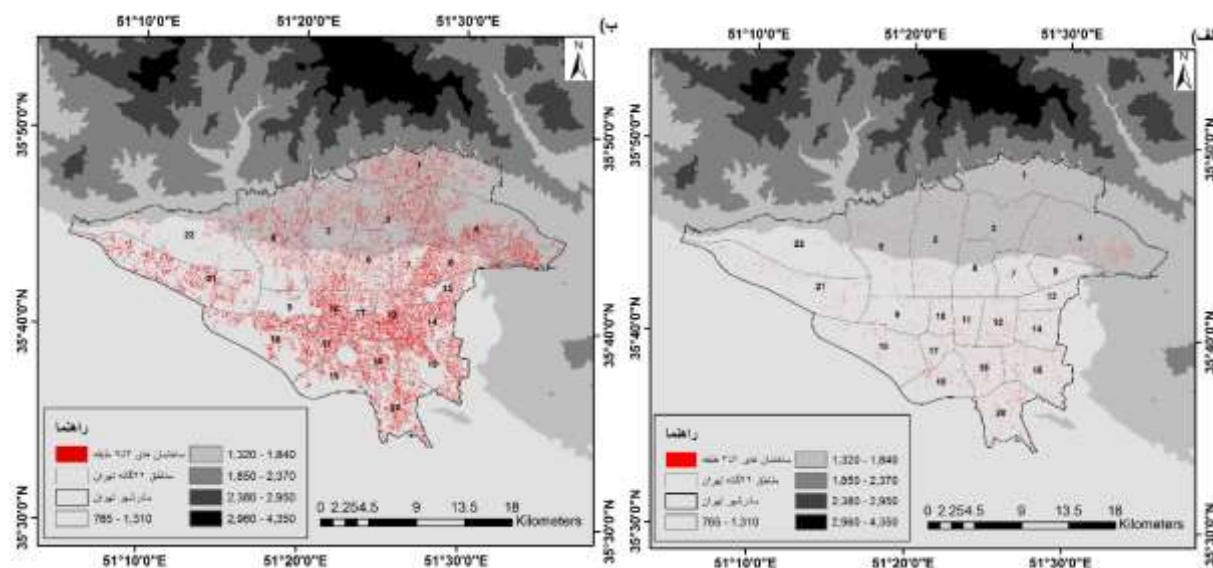
جدول ۱: راهنمای طبقات اقلیم محلی (LCZ) (استوارت و همکاران، ۲۰۱۴)

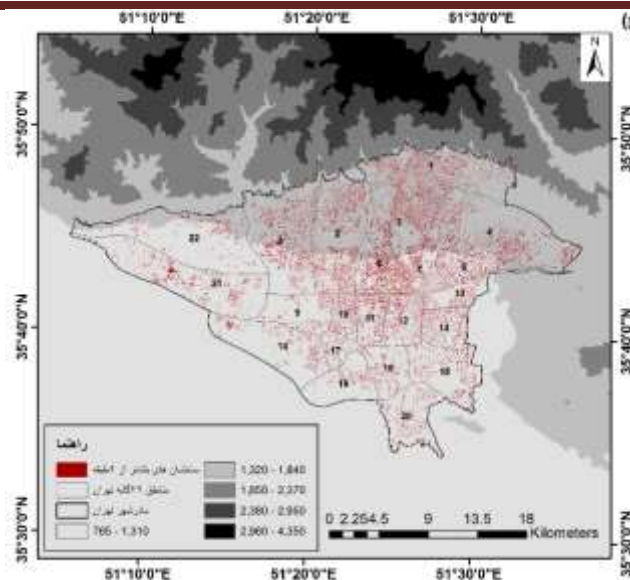
رنگ	مشخصه‌ها	مشخصه طبقات	نام کلاس‌ها	ردیف
	Compact High rise	متراکم و بلند مرتبه	LCZ1	۱
	Compact Mid rise	متراکم و متوسط ارتفاع	LCZ2	۲
	Compact Low rise	متراکم و کم ارتفاع	LCZ3	۳
	Open high-rise	باز و بلند مرتبه	LCZ4	۴
	Open mid-rise	باز و متوسط ارتفاع	LCZ5	۵
	Open low-rise	باز و کم ارتفاع	LCZ6	۶
	Lightweight low-rise	سبک و کم ارتفاع	LCZ7	۷
	Large low-rise	بزرگ و کم ارتفاع	LCZ8	۸
	Sparsely built	ساختمانی پراکنده	LCZ9	۹
	Heavy Industrial	صنایع سنگین	LCZ10	۱۰
	Dense Trees	درختان متراکم	LCZA	۱۱
	Scattered Trees	درختان پراکنده	LCZB	۱۲
	Low plants	علف‌های کوتاه	LCZC	۱۳
	Bush, Scrub	بوته و درختچه	LCZD	۱۴
	Bare, Rock or paved	زمین بایر یا سنگ‌فرش	LCZE	۱۵
	Bare soil or sand	خاک بایر یا ماسه	LCZF	۱۶
	Water	آب	LCZG	۱۷

نتایج

۴-۱ مورفولوژی ساختمانی تهران

مادرشهر تهران از نظر مورفولوژی ساختاری ناهمگن دارد و ساختار منظمی از نظر ساختمان ها ندارد. به این صورت که در تمامی مناطق شهر ساختمان های ۱ تا ۳ طبقه و یا ۳ تا ۹ طبقه پراکنده بوده و در مناطقی با تراکم کمتر و مناطقی هم با تراکم بسیار بالا قابل مشاهده است. ساختمان های بلند (بیشتر از ۹ طبقه) بیشتر در نوار شمالی شهر متمرکز بوده و در قسمت جنوبی شهر کمتر مشاهده می شود. از مساحت حدود ۷۳۰ کیلومتر مربعی شهر تهران ۱۳۷ کیلومتر مربع یعنی حدود ۲۰ درصد سطح شهر با بلوک های ساختمانی پوشیده شده است. از نظر ارتفاعی تمامی ساختمان ها به سه دسته ساختمان های ۳ طبقه و کمتر (ارتفاع کمتر از ۱۰ متر)، ساختمان های ۳ تا ۹ طبقه (ارتفاع بین ۱۰ تا ۲۷ متر)، ساختمان های بلندتر از ۹ طبقه (بالای ۲۷ متر) تقسیم گردید (شکل ۲).



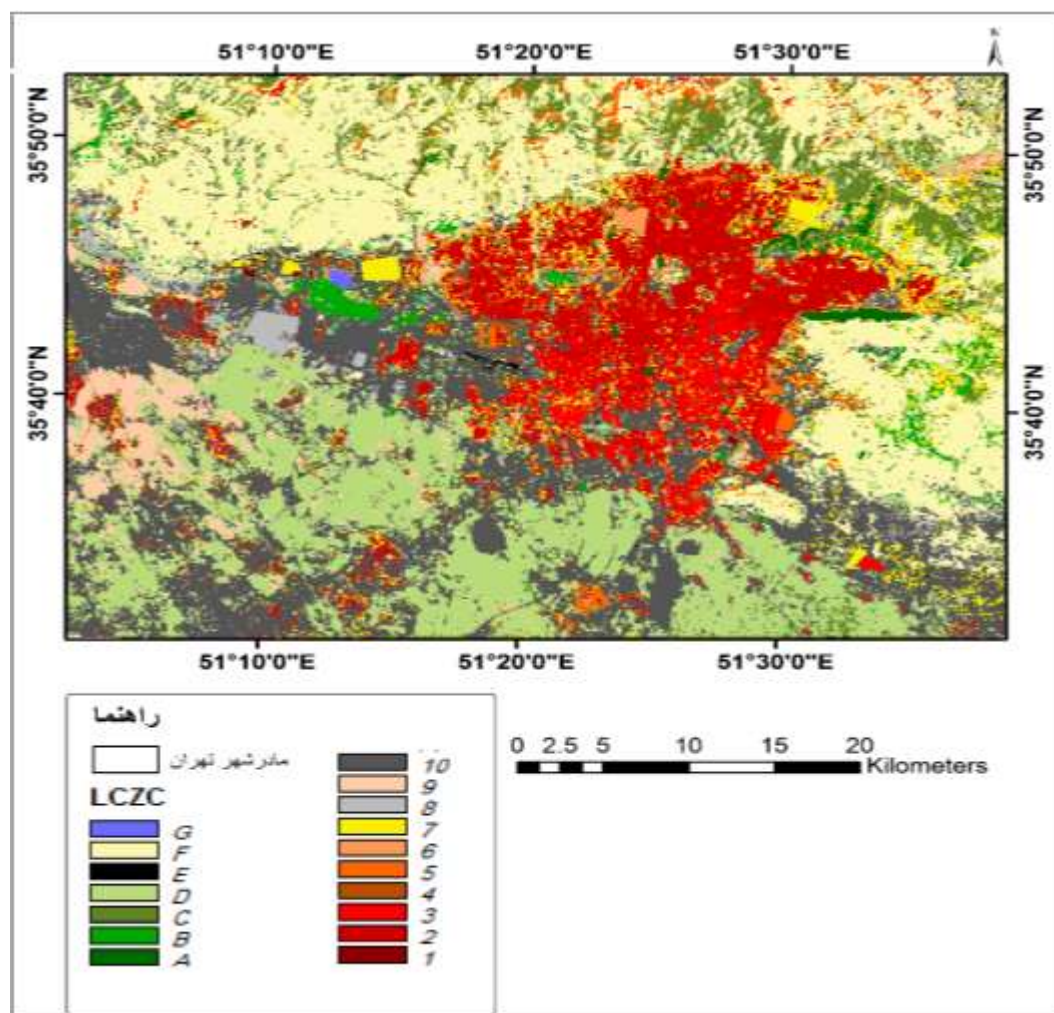


شکل ۲: نقشه طبقات ساختمانی تهران؛ ۳ و کمتر (الف)، ۳-۹ طبقه (ب) و بالای ۹ طبقه (ج) (منبع: شهرداری، ۱۳۹۵)

۴-۲ LCZ تهران و حومه

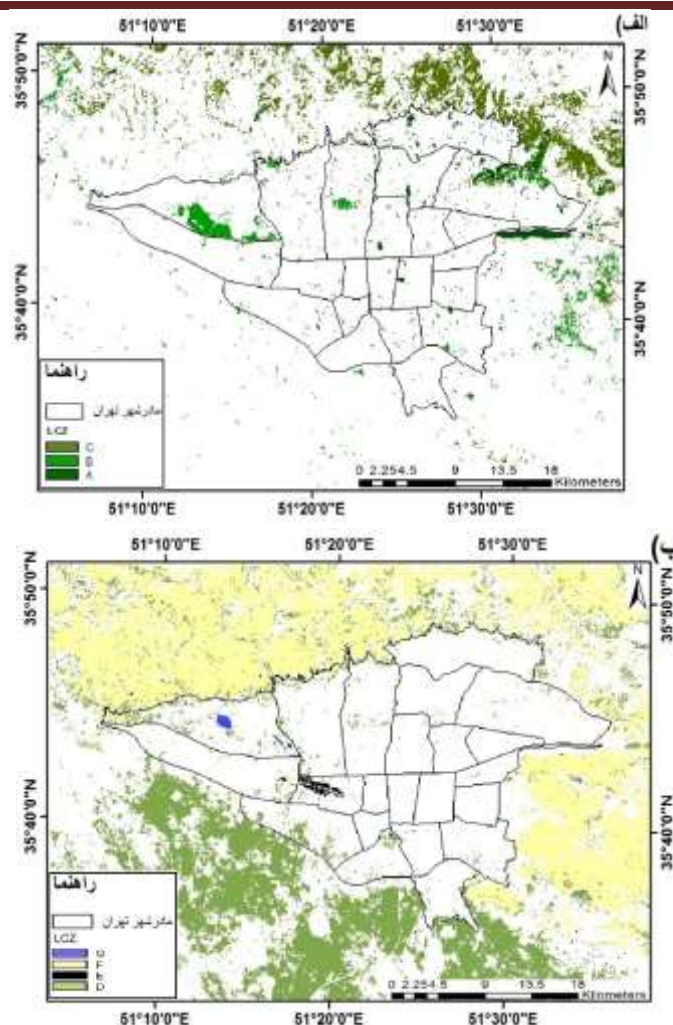
مطابق شکل (۳) بیشتر مناطق تهران با مشخصه ساختمانی متراکم با طبقات اقلیم محلی یک تا سه (LCZ1- LCZ3) بویژه در مناطق مرکزی، شرقی و شمالی دیده می‌شود. در بخش غربی شهر ساختمان‌های بلند و متراکم و پهنه‌های آبی به خوبی دیده می‌شوند که دریاچه چیتگر مهمترین پهنه آبی داخل شهری است. طبقه اقلیم محلی با مشخصه متراکم و متوسط ارتفاع بالاترین سطح پوششی را در شهر دارد. بعد از آن کلاس بارگذاری سبک با بناهای کم ارتفاع دومین طبقه اقلیم محلی داخل شهر است که عمدتاً در مناطق ۲۲ در غرب تهران، یک و سه در شمال و شرق تهران متمرکز هستند (شکل ۳). کلاس صنایع سنگین بطور غالب حومه جنوبی و غربی شهر را در داخل و بیرون محدوده شهری پوشش داده که گویای تمرکز بالای صنایع در این مناطق است. زمین‌های بدون پوشش و بایر محدوده‌های وسیعی از زمین‌های بیرون شهری را در مناطق کوهستانی شمال و شرق تهران می‌پوشاند. این اراضی با سطوح با ظرفیت گرمایی پایین و سطح ارتفاعی بالا از تغییرپذیری بالای دمای سطحی برخوردار بوده و اثر مهمی در شکل‌گیری مناطق سرد در طول شب دارند. در شکل (۳) حومه جنوبی مادرشهر تهران با زمین‌های کشاورزی نمایان شده‌اند. مناطق صنعتی و سوله‌ها در جنوب و غرب شهر در داخل و خارج از محدوده شهری پراکنده شده‌اند. بطور کلی محدوده داخل شهر با دو کلاس ساختمان‌های متراکم و متوسط ارتفاع (LCZ2) و کلاس متراکم و کم ارتفاع (LCZ3) پوشیده شده است، ولی درصد پهنه ساختمان‌های متراکم و متوسط ارتفاع بسیار بیشتر است که شهر تهران را از نظر ارتفاع ساختمان‌ها به یک شهر نیمه بلند متراکم تبدیل کرده است. محله‌های با ترکیب ساختمانی و فضای سبز میان

آن‌ها مساحت بسیار محدودی دارند که در این مورد محله نارمک در شرق و شهرک اکباتان در غرب تهران نمونه‌های مشخص آن هستند. نمونه زمین‌های با پوشش سنگ‌فرش و آسفالتی افزون بر شبکه‌های راه‌های درون شهری در باند فرودگاه‌های داخل شهری مهرآباد، دوشان تپه و قلعه مرغی مشخص هستند. به طور کلی شهر تهران با مورفولوژی پیچیده خود نمایی از تمامی کلاس‌های اقلیم محلی (LCZ) است که با حالتی نا منظم در کل شهر پراکنده هستند.



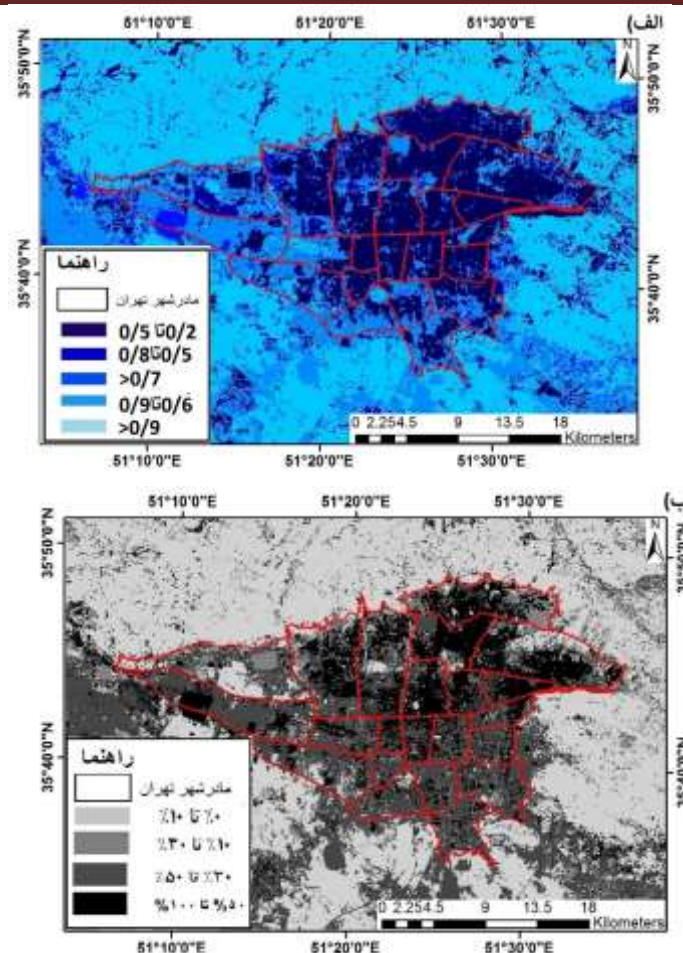
شکل ۳: نقشه LCZ شهر تهران

نقشه‌های ترکیبی در شکل شماره (۴) تهیه شده است. طبقات اقلیم محلی مربوط به فضاهای سبزی که به نوعی انسان‌ساخت هستند یعنی (LCZA-LCZB-LCZC) در یک نقشه ارائه شده‌اند (شکل ۴ الف). پهنه‌های طبقات اقلیم محلی که بطور غالب طبیعی هستند یعنی طبقات (LCZD تا LCZG) در یک نقشه نمایش داده شده‌اند که عمدتاً در محدوده بیرونی مناطق شهرداری تهران هستند (شکل ۴ ب) و در دو بخش مجزای زمین‌های بایر در مناطق کوهستانی و زمین‌های با پوشش گیاهی در ضلع جنوبی می‌پوشانند.



شکل ۴: نقشه های ترکیبی طبقات اقلیم محلی LCZA تا LCZC (الف)، LCZD تا LCZG (ب).

مناطق با ضریب دید آسمان پایین (ضرایب نزدیک به ۰) دقیقاً در مناطق با بار گرمایی بالا در مناطق متراکم ساختمانی مشاهده می شود. (شکل ۵ب). محدوده شهر با عناصر و عوارض متراکم انسان ساخت گویای سطوح نفوذناپذیر شهری هستند که در داخل شهر با بازه ی ۲۰٪ تا ۵۰٪ دیده می شوند. مناطق با رخنمون های سنگی و آسفالتی مانند فرودگاه مهرآباد که در تصویر نمایان شده دارای حداقل سطح نفوذپذیری هستند (۵۰٪ تا ۱۰۰٪ نفوذ ناپذیری) و امکان ایجاد سیل را نیز به حداکثر می رسانند. همچنین حاشیه شهر دارای حداقل نفوذ ناپذیری هستند (۰٪ تا ۲۰٪) (شکل ۵الف).



شکل ۵: ضریب دید آسمان (الف). سطح نفوذ ناپذیری (ب)

بحث و نتیجه گیری

شهرها و مناطق مسکونی بر روی زمین چشم انداز های جدیدی را به وجود آورده است. خلق این بناها از طرفی موجب تغییرات عمده ای در محیط می شوند و چرخه مواد و انرژی را دستخوش تغییر می کند و از سوی دیگر تحت تاثیر محیط طبیعی قرار می گیرد. شهر ها زمین های گسترده ای را به خود اختصاص می دهند که از ترکیب واحد های مختلف توپوگرافی و مورفولوژیک تشکیل می یابند. هر انداز که شهرها گسترش پیدا کنند برخورد آنها با واحد های گوناگون توپوگرافی و ژئومورفولوژی و موزاعت مربوط به آنها زیاد تر می شود.

تهران یک مادرشهر ناهمگن از جنبه های ژئومورفولوژی، فرم و عملکرد به شمار می آید و به دلیل این ناهمگنی تمام کلاس های LCZ در شهر نمایان است. اما همانطور که در شکل (۳) قابل مشاهده است اغلب طبقات اقلیمی داخل شهر منطبق بر کلاس های LCZ1 تا LCZ3 هستند که گویای یک شهر با فرم فشرده و ترکم بالای ساختمانی که با فضاهای سبز محلی پشتیبانی نمی شوند. در همین رابطه محدوده های مرکزی شهر با ساختمان های متراکم و متوسط

ارتفاع مشخص شده در حالیکه مناطق شمالی‌تر با ساختمان‌های مرتفع‌تر هستند و وجه مشترک آنها در تراکم بالای ساختمانی و فضای سبز ناکافی است. این شرایط سبب شکل‌گیری بار گرمای بالا در مناطق مرکزی و شمالی شهر شده است. افزون بر این تراکم ساختمانی فضاهای ساختمانی سبب پوشش سطحی نفوذناپذیر هستند که باز عامل مهمی در ایجاد پهنه‌ها و لکه‌های داغ هستند. فضاهای متراکم داخل شهری افزون بر موارد بالا در کنار شبکه معابر کم عرض، ضریب دید آسمان (SVF) و ظرفیت تهویه هوای پایینی نشان می‌دهند (کریمی، ۱۴۰۰).

زمین‌های بایر با رخنمون سنگی و بدون پوشش گیاهی در نوار کوهستانی شمالی و شرقی تهران طبقات اقلیمی متفاوتی از فضای شهری ایجاد کرده است. این پهنه‌ها با ظرفیت گرمایی پایین و ارتفاع بلندتر در طول شب سرد شده و اختلاف دمای بالای آنها با فضای شهری که با پدیده جزیره گرمای شهری مواجه است، قابلیت شکل‌گیری جریان هوای شمالی به سمت شهر فراهم می‌شود. بطوریکه نوار کوهستانی شمال تهران بعنوان مناطق تأمین هوای خنک و مطلوب شهری مشخص می‌شوند.

نتایج حاصل از پهنه بندی اقلیمی مادرشهر تهران با تاکید بر ساختار فیزیکی نشان داد که مادر شهر تهران یک شهر متوسط ارتفاع از نظر ساختمان‌ها است. به این شکل که بیشتر ساختمان‌های شهر در طبقه بناهای ۳ تا ۹ طبقه هستند. روش LCZ با تمرکز بر کیفیت عوارض ساختمانی، پوشش سطح و نوع کاربری‌ها یک پهنه‌بندی اقلیمی متفاوتی از فضای شهری ارائه می‌کند که با مراجعه به واقعیت‌های زمینی تقسیم‌بندی دقیق‌تری را نشان می‌دهد. بطوریکه هر کدام از طبقات مشخصات اقلیمی مشخصی ارائه می‌کنند که در میزان آسایش شهروندان نمایان و مشهود است.

منابع

اطلس جامع شهر تهران (۱۳۹۲) <https://atlas.tehran.ir>

دانشاپور، عبادالهادی و مرادی، سلمان، (۱۳۹۱)، تبیین ریخت گونه بندی و کاربرد آن در طراحی شهری، دوفصلنامه نامه معماری و شهرسازی، ۶۵-۸۹

ساسان پور فرزانه، نوروزی سحر (۱۳۹۵). پایداری مناطق شهری با رویکرد شهر سبز، فصلنامه علمی پژوهشی بین المللی انجمن جغرافیای ایران، ۱۴(۵۰)،

سجادی ژیل، افراسیابی راد محمد صادق، توکلی نیا جمیله، یوسفی حسین (۱۳۹۶). ارزیابی و تحلیل وضعیت

منابع آب و خاک در مناطق ۲۲ گانه شهر تهران با استفاده از مدل نیروی محرکه، فشار، وضعیت و پاسخ. مجله اکوهیدرولوژی، ۴(۱)، ۱۰۳-۱۱۸.

شمسی‌پور، علی‌اکبر (۱۴۰۰). نگاشت آب‌وهوای شهری و توصیه‌های برنامه‌ریزی (تجربه‌های جهانی)، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول، تهران.

صفاری، امیر، نجفی، اسماعیل، مخاطرات ژئومورفولوژیکی کلان شهر تهران، اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار

فدایی، هادی (۱۳۹۹). بررسی جزایر گرمایی شهر تهران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، ۲۹(۱۱۶)، ۱۱۹-۱۳۰.

کریمی، ایمان، طراحی و استخوان بندی شهری از منظر ژئومورفولوژی مطالعه موردی: شهر کرج، درجه کارشناسی ارشد، دانشگاه یزد، پردیس علوم انسانی و اجتماعی، بهمن ۱۳۹۴

کریمی، محدثه (۱۴۰۰). شبیه سازی اثر ضریب دید آسمان بر شرایط گرمایی فضاهای باز شهری (مطالعه موردی: منطقه ۱۲ شهرداری تهران)، پایان نامه فوق لیسانس رشته آب وهواشناسی محیطی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران. محمدیان، عبرت، نسب‌گرایی در ژئومورفولوژی شهری طالع موردی: منطقه شهری اهواز، رساله دکتری، دانشگاه خوارزمی، شهریور ۱۳۹۶

Baumuller, J., Hoffmann, U, & Reuter, U. (1992). Climate booklet for urban development, Ministry of Economy Baden-Wuerttemberg (Wirtschaftsministerium), Environmental Protection Department (Amt für Umweltschutz).

Bokaie, M., Shamsipour, A.A., Khatibi, P. & Hosseini, A. (2019). Seasonal monitoring of urban heat island using multi-temporal Landsat & MODIS images in Tehran. International Journal of Urban Sciences,. 23(2): 269-285.

Chen, L., Ng, E., An, X., Ren, C., Lee, M., Wang, U., & He, Z. (2012). Sky view factor analysis of street canyons and its implications for daytime intra-urban air temperature differentials in high-rise, high-density urban areas of Hong Kong: A GIS-based simulation approach. International Journal of Climatology, 32(1), 121-136

Izadi N, (2020). World Urban Database. https://lczgenerator.rub.de/factsheets/bd3207a4ab473018efc867890c41734cad953407/bd3207a4ab473018efc867890c41734cad953407_factsheet.html

Knoch K. 1951. Über das Wesen einer Landesklimaaufnahme. Meteorologische Zeitschrift 5: 173. Knoch K. 1963. Die Landsklma-aufanhme, Wesen und Methodik. Berichte der Deutschen Wetterdienst 85: 64.

M. Bagaei¹, Y.A. Ziyari, Z. S. S. Zarabadi, H. Majedi, (2020), Evaluation of thermal comfort condition in urban morphology in approach to micro-climatic transformation in Tehran city. Urban Manage Energy Sustainability, 2(2): 97 -107

Matzarakis A, Röckle R, Richter CJ. 2005. Urban climate analysis of Freiburg – An integral assessment approach. In Paper Presented at the 4th Japanese–German Meeting on Urban Climatology, Tsukuba, Japan, Retrieved 15 August 2008, from <http://www.kenken.go.jp/japanese/information/information/event/jgmuc/report/c3.pdf>

Middel, A., Häb, K., Brazel, A. J., Martin, C. A., & Guhathakurta, S. (2014). Impact of urban form and design on mid-afternoon microclimate in Phoenix Local Climate Zones. Landscape and Urban Planning, 122, 16-28

Ng, E., Yuan, C., Chen, L., Ren, C., & Fung, J. C. (2011). Improving the wind environment in high-density cities by understanding urban morphology and surface roughness: A study in Hong Kong. Landscape and Urban Planning, 101(1), 59-74

Oke, T.R. (2006). Initial guid to obtain representative meteorological observations at urban World meteorological organization, Instruments and observing methods, Report No. 81.

Stewart, I.D. & Oke T.R. (2012). Local climate zones for temperature dtudies. BAMS, 1880-1900

Stewart, I.D., Oke, T.R. & Krayenhoff, S. (2014). Evaluation of the ‘local climate zone’ scheme using temperature observations and model simulations, International journal of climatology. 34: 1062–1080.

Verdoncka, M., Akpona Okujenib, A., Lindenb, S., Demuzerec, M., Wulfa, R. & Coilliea F. (2017). Influence of neighbourhood information on ‘Local Climate Zone’ mapping in heterogeneous cities. International Journal of Applied Earth Observation Geoformation 62, 102–113

Wang, Z., Xing, W., Huang, Y. & Xie, T. (2016). Studying the Urban Heat Island Using a Local Climate Zone Scheme. Pol. Journal of Environmental Studies. 25(6), 2609-2616.

World Urban Database. (<http://www.wudapt.org>)

Worldmeter. (2019). Largest cities in the world. <http://worldmeters.info>

www.earthexplorer.usgs.gov

اثرات آلودگی هوا (PM و آلاینده های فاز گازی) بر اکوسیستم ها، تنوع زیستی جانوری (رده های سیستماتیکي مهره داران جانوری) و فرمانرو گیاهان

The effects of air pollution (PM and gaseous phase pollutants) on ecosystems, animal biodiversity (systematic orders of animal vertebrates) and plant kingdoms

^۱محمدصادق کریمی، ^۲مهرنوش فرخی، ^۳فاطمه طباطبایی یزدی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد حفاظت و مدیریت تنوع زیستی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانش آموزخته گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه تبریز

۳- عضو هیات علمی گروه مهندسی محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد Karimi.msadegh77@gmail.com

چکیده:

افزایش جمعیت و نیازمندی به انرژی و فعالیت های کشاورزی در دهه های اخیر کره زمین را با معضل انتشار آلاینده های هوا و گرمایش جهانی به دنبال آن درگیر کرده است. بخش زنده و غیر زنده در این سیاره هر دو از آسیب های آلودگی هوا تاثیر پذیر خواهند بود. آلودگی هوا یکی از تهدید های بزرگ تنوع زیستی گیاهی و جانوری به شمار می رود که فعالیت های زیستی گونه های ارزشمند را تحت تاثیرات غالباً جبران ناپذیری قرار می دهد. تکنولوژی، به کار گیری ظرفیت های مالی، تفاهات و تبادلات بین کشور ها و آموزش محیط زیست در کنترل این بحران بسیار موثر خواهند بود. در این مقاله به تاثیر آلودگی هوا بر رده های مهره دار جانوری، فرمانرو گیاهان و کاربرد سنجش از دور در پایش آلاینده های هوا پرداخته شده است.

واژگان کلیدی: آلودگی هوا، تنوع زیستی، ذرات معلق، مدل سازی، سنجش از دور

مقدمه

از دیدگاه علمی حضور یک یا بیش از یک آلاینده در هوا، آب، خاک و هر محیط قابل تصویری می تواند آلودگی تلقی شود که جانداران و حتی بیوتوپ ها را با مشکل مواجه می سازد (کریمی، ۱۴۰۰). آلودگی هوا یکی از مهمترین تهدید های محیط زیستی در جهان می باشد که فعالیت های انسانی به طور ویژه آن را افزایش داده است. جوامع انسانی امروز از مضرات آلاینده ها بر سلامت خود آگاه اند که ممکن است این آلاینده ها بیماری های پوستی، تنفسی، نقص های مادرزادی و ضعف های جسمانی را ایجاد کند (بدیعی و پاینده، ۱۴۰۱). آلاینده های هوا بر ساختار و عملکرد زیستگاه ها و همچنین گونه های گیاهی و جانوری تاثیر زیادی گذاشته است. همچنان باید به این بحران در کنار بررسی تاثیرات بسیار خطرناک آن بر سلامت انسان با نگاه محیط زیستی به جانداران و زیستگاه ها هم به طور دقیق پرداخته شود. امروزه پرداختن به این مسئله در ابعاد مختلف در سرتاسر جهان رشد و دامنه وسیعی داشته است به گونه ای که به تاثیر آن بر رفتار های معاملاتی سهامداران شرکت ها هم پرداخته شده است (سیری، ۱۴۰۱). با این همه همچنان در راستای پیامد های این بحران بر سلامت انسان باید به پاسخ گونه های جانوری و گیاهی نسبت به این معضل در طیف های گسترده تری از علم پرداخته شود. آموزش محیط زیست یکی از راهکار های بسیار موثر بر تغییر نگرش انسان نسبت به کنترل فعالیت ها در هر سطحی به شمار می رود (کیخسرو کیانی، ۱۴۰۱). امروزه تکنیک سنجش ازدور می تواند به پایش آلودگی هوا به صورت مقرون به صرفه در کمترین زمان آن هم به صورت دقیق کمک بسیار زیادی برساند. داده های ماهواره ای سنتینل-۵ می تواند در پایش آلاینده های شهری به کار رفته و اطلاعات مفیدی را در اختیار کارشناسان قرار دهد (قنادی و همکاران، ۱۴۰۱). پایش گاز های منواکسید کربن، دی اکسید نیتروژن، دی اکسید گوگرد و ذرات معلق با استفاده از داده های ماهواره ای به صورت سیستماتیک و به راحتی انجام می شود. یکی از منشا های آلودگی صنعت نفت می باشد که می توان با مکان یابی بهینه و رویکرد محیط زیستی آن را بررسی نمود (احمدی و همکاران، ۱۴۰۱). می توان با استفاده از مکان یابی حریم ایمن آلودگی برای گونه های گیاهی و جانوری را مشخص نمود. یکی از راهکارهای پیشنهاد شده برای کنترل آلودگی مراکز صنعتی کنترل آن با دستگاه های پیشرفته در محل تولید و انتشار می باشد (سجادی، ۱۴۰۱). نیروگاه ها حدود یک سوم سهم در انتشار آلاینده ها بر پایه برخی از آمار ها داشته و این سهم قابل توجهی از این قبیل از فعالیت های تولید آلاینده ها خواهد داشت (نخعی و طهپوری، ۱۴۰۱). آلودگی هوا می تواند با باران های اسیدی، آلاینده های آلی و فلزات سنگین حیات وحش را با تهدید جدی مواجه سازد.^۳ جوامع گیاهی یکی از موثر ترین و کم هزینه ترین راهکار های کاهش آلاینده

³ <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/air-pollution/quality->

های هوا در شهر ها، زیستگاه های مصنوعی و طبیعی به شمار می رود (بهشتی نژاد، ۱۴۰۰). بنابراین گیاهان دارای بازده بوم شناختی موثری در کنترل آلودگی هوا می باشند. البته نباید از نقش آلودگی هوا بر رشد و نمو گیاهان و جانوران غافل شد. یکی از اولین پاسخ های گیاهان نسبت به آلاینده ها ایجاد لکه هایی بر روی برگ های آنان می باشد (دهقان و همکاران، ۱۳۹۲). از دیگر تاثیرات آلودگی هوا بر گیاهان می توان به شیوع بیماری و آفات و همچنین اثر ریزگرد ها بر فتوسنتز آنها اشاره کرد (داداش پور، ۱۳۹۴). به طور کلی آلودگی هوا از مهمترین عوامل تهدید تنوع زیستی گیاهی و جانوری آنها با سرعت بالای فعالیت های صنعتی و کشاورزی انسان به شمار رفته و پایداری اکوسیستم ها را هم با اختلال مواجه می سازد (کریمی، ۱۴۰۰). انتشار گازهای گلخانه ای و گرمایش جهانی در مواردی ممکن است متابولیسم برخی از گونه های جانوری مانند حشرات را افزایش داده و نیاز غذایی آن ها را بیشتر کند (گزارش دانشگاه آبرن، ۲۰۲۱). تکنولوژی کمک شایانی به کنترل آلودگی هوا رسانده و از جمله آن ها می توان به اینترنت اشیا، دستگاه های غلظت سنجی، آنالیزور های دودکش و کاتالیست کننده های اکسید کننده اشاره کرد.

SO ₂ , NO _x , CO, PM	Ozone, NO _x	CO, CO ₂ , VOCs	PM, CO, NO _x , VOCs	PM0.1, PM2.5, PM10	SO _x , ozone, NO _x , CO, VOCs
---	---------------------------	-------------------------------	-----------------------------------	-----------------------	--

شکل ۱: معروف ترین آلاینده های هوا (کادام، ۲۰۱۸).

۱. مدل سازی های آلودگی هوا، خاک، آب و صوتی

امروزه روش های زیادی برای مدل سازی آلودگی های آب، خاک و هوا وجود دارد که ابزار مهمی در تحقیقات نظری و بعدا در فاز علمی به شمار می رود. به طور مثال مدل سازی آلودگی نیروگاه ها با کمک نرم افزار ها انجام می شود و علاوه بر پایش آلاینده در بازه زمانی می توان مساحت تحت تاثیر را هم معین نمود (محرری و همکاران، ۱۴۰۱). یکی دیگر از انواع مدل سازی های حیطه آلودگی، مدل سازی آلودگی صوتی می باشد که در آن مناطق بحرانی شناسایی و آلودگی صوتی تخمین زده می شود (سرخیل و همکاران، ۱۴۰۱). در خصوص خاک می توان آلاینده هایی مانند سرب و کادمیم که برای سلامت جانداران بسیار مضر می باشد را با استفاده از داده های آزمایشگاهی و واسنجی با شاخص های کمی مدل سازی نمود (خداوردی لو و همایی، ۱۳۸۶). هوش مصنوعی ابزار بسیار موثر و کاربردی در مدل سازی های حوزه آلودگی به شمار می رود (گرون والد، ۲۰۲۲). در خصوص آلودگی آب هم مدل سازی های گسترده ای در جهان انجام شده و به طور مثال می توان با استفاده از داده های مورد نیاز مدل، خطر پذیری آلودگی آب های زیر زمینی و همچنین آلودگی رودخانه ای را مدل سازی کرد (صمدی و دینان، ۲۰۲۰).

۲. تاثیر آلودگی هوا بر رده های جانوری

۱.۲. تاثیر آلودگی هوا بر پستانداران

آلاینده های هوا می توانند در بافت های پستانداران انباشته شوند و ضمن تضعیف سیستم ایمنی آنها آنان را در برابر بیماری ها آسیب پذیر تر کنند.^۴ دی اکسید گوگرد می تواند آسیب اکسیداتیو بر ژن های پستانداران وارد سازد که البته بررسی ها نشان داده است در کنار آنها می تواند اثرات درون زا، آنتی اکسیدانی و ضد فشار خون هم داشته باشد (وانگ و همکاران، ۲۰۱۴). آلودگی فلزات سنگین می تواند با تجمع زیستی اثرات به شدت مخربی بر پستانداران وارد سازد (جوتا و همکاران، ۲۰۲۲). از دیگر تاثیرات آلودگی هوا بر پستانداران می توان به اثر بر غدد درون ریز، کاهش باروری، آسیب پذیری در برابر تنش های محیطی و در نهایت مرگ اشاره نمود (سایت رسمی دولت کانادا، ۲۰۱۲). تحقیقات نشان داده است که بعضا ذرات آگزوزن و استنشاقی وارد بافت های مغزی و همچنین مایعات مغزی نخاعی جانورانی مانند موش ها شده که حاوی آهن و کلسیم بودند (کی و همکاران، ۲۰۲۲).

۲.۲. تاثیر آلودگی هوا بر پرندگان

ازن یکی از انواع آلاینده های مخرب بر پرندگان بوده و سیستم تنفسی آنها را به طور مستقیم با آسیب جدی مواجه می سازد و همچنین آلودگی ازن بر منابع غذایی آنها هم تاثیر گذار خواهد بود (سایت رسمی دانشگاه کرنل، ۲۰۲۰). به طور کلی یکی دیگر از تاثیرات مهم آلودگی هوا برای پرندگان کاهش منابع غذایی با کاهش حشرات گیاهخوار و شیوع انگل ها در میان آنها می باشد (دوتا، ۲۰۱۷). نارسایی ریه ها، کاهش اندازه بدن و اختلال در تفریح و دسته سازی تخم ها از آلودگی تاثیر می پذیرند.^۵ در پژوهشی مشاهده شد که مسیر های مهاجرت پرندگان در مکانیت جهانی که در نزدیکی مسیر های هواپیماها به شدت با ذرات معلق کمتر از ۲.۵ میکرون آلودگی داشتند که برای سلامت گونه ها به شدت مضر بود (لا سورت و همکاران، ۲۰۲۲).

۳.۲. تاثیر آلودگی هوا بر خزندگان

انتشار آلاینده های هوا و تشدید گرمایش جهانی به دنبال آن یکی از مهمترین تهدید های زیستگاهی مانند تکه تکه شدن برای رده خزندگان به شمار می روند (گزارش PBS، ۲۰۲۲). مطالعات اکوتوکسیکولوژیکی نشان داده است که سموم، کود ها و علف کش های شیمیایی می توانند به سیستم غدد درون ریز خزندگان آسیب جدی وارد کرده و همچنین آسیب های پوستی، دهانی و تنفسی از آسیب های شایع آلودگی هوا به خزندگان به شمار می رود. رفتار های خشن درجفت گیری توسط نرها در برخی از خزندگان از اثرات آلودگی هوا بر رفتار تولید مثل آنها می باشد (وایت

⁴ /www.usatoday.com

⁵ https://www.venta-air.com/en_us/wildlife-pets-affected-air-pollution/

۴.۲. تاثیر آلودگی هوا بر دوزیستان

نفوذپذیری پوست رده دوزیستان نسبت به ورود آلاینده ها و سموم آنان را بسیار آسیبپذیر کرده و سموم می توانند به اندام های حاتی آنها آسیب جدی وارد سازند.^۶ از طرف دیگر دوزیستان ممکن است هنگام پاکسازی پوست خود فلزات سنگین را از دفع کنند (مارتین و همکاران، ۲۰۲۲). استفاده از آفت کش ها، سموم و شوینده ها می تواند جذب پوست قورباغه ها شده و به راحتی این عوامل بیماری زا وارد بدن آنها شوند (موسسه بین المللی علوم محیط زیست، ۲۰۱۷). کاهش نرخ بقا و اندازه وزن از دیگر اثر پذیری های حائز توجه در معرض آلاینده قرار گرفتن دوزیستان به شمار می روند (اگا و همکاران، ۲۰۱۲). در قورباغه ها ممکن است بر اثر آلودگی هوا رفتار عذاب اور در جفت گیری نرها مشاهده شود (وایت کمپ و همکاران، ۲۰۲۱).

۵.۲. تاثیر آلودگی هوا بر ماهی ها

باران اسیدی می تواند به حیات ماهی های ساکن دریاچه ها و رودخانه ها آسیب جدی وارد سازد.^۷ آسیب دیدن آبشش ها، پوسیدگی باله و دم، هیپرپلازی، کاهش متابولیسم، آسیب اپیتلومی، آسیب کبدی، نئوپلازی و پاپیلومای اپیدرمی از اثرات آلاینده ها بر آبزیان می تواند به شمار رود (استین، ۱۹۹۸). فلزات سنگین و ترکیبات هیدروکربنی از آلاینده های مهم تاثیر گذار بر اکوسیستم های آبی و تهدید حیات ماهی ها به شمار می رود (جان و همکاران، ۲۰۲۲). می توان از پاسخ ماهی ها نسبت به آلودگی که شامل آسیب طحال، کبد، آبشش و شاخص های گنادوسوماتیکی به عنوان نشانگر های وضعیت سلامت گونه ها استفاده نمود (کارراس و همکاران، ۲۰۲۲).

۳. تاثیر آلودگی هوا بر گیاهان

۱.۳. تاثیر آلودگی هوا بر درختان

آلودگی هوا با آسیب به شاخ و برگ درختان توانایی فتوسنتز و تنفس آنها را مختل و آنان را نسبت به پاتوژن ها آسیب پذیر تر خواهد کرد.^۸ سوختگی برگ ها در نوک یا حاشیه، پژمردگی، توقف رشد، ریزش زودرس، تاخیر از بالغ شدن و شکوفایی زودرس از دیگر اثرات آلودگی هوا به درختان می تواند باشد.^۹ ذرات معلق می توانند روی سطح برگ ها رسوب کنند و ذرات بسیار کوچک هم از طریق روزنه ها جذب شوند (چیم و همکاران، ۲۰۱۹). در مانیتور های

⁶ <https://www.e-education.psu.edu/>

⁷ <https://www.quora.com/>

⁸ <https://extension.tennessee.edu/publications/Documents/SP657.pdf>

⁹ <https://www.aces.edu/>

آلودگی درختان شهری ذرات معلق کمتر از ۲.۵ میکرون از موثر ترین آلاینده ها به شمار می رود (رودریگز و همکاران، ۲۰۲۲).



شکل ۲: نمونه ای از آسیب آلاینده ازن (سمت راست)، گوگرد دی اکسید (وسط) و فلوراید (سمت چپ) به برگ ها.^{۱۰}

۲.۳. تاثیر سرخس ها در از بین بردن آلاینده های هوا

برخی از سرخس ها توانایی بالایی در تجمع نیتروژن در بافت های خود دارند (ایتاف و همکاران، ۲۰۱۱). همچنین سرخس ها ترکیباتی نظیر فرمالدهید، زایلن و تولوئن که باعث سردرد و بیماری های تنفسی می شوند را از بین خواهد برد.^{۱۱}

۳.۳. تاثیر آلودگی هوا بر خزه ها

قرار گرفتن خزه ها در معرض آلاینده دی اکسید گوگرد می تواند باعث زرد شدگی و پیچ خوردگی برگ های آنها شود (ژانگ مینگ و همکاران، ۲۰۱۸). همچنین خزه ها به عنوان شاخص زیستی ابزار خوبی مانند گل سنگ ها برای پایش آلودگی هوا می باشند و قادر به جذب و نگهداری فلزات می باشند (شچپانیاک و بیزیوک، ۲۰۰۳). تشکیل شدن برگ خزه ها از یک لایه سلول آنها را به مراتب نسبت به آلودگی هوا حساس تر و جذب آلاینده ها را هم در آنها تسهیل خواهد کرد (گزارش خبری MONGABAY، ۲۰۱۸).

۴.۳. تاثیر آلودگی مواد مغذی بر جلبک های سبز

یکی از انواع بررسی های آلودگی بر جلبک ها، آلودگی مواد مغذی مانند ورود بیش از اندازه نیتروژن به اکوسیستم

¹⁰ <https://extension.tennessee.edu/publications/Documents/SP657.pdf>

¹¹ <https://www.elledecor.com/life-culture/cleaning-organizing>

های آبی می باشد. شکوفایی جلبکی می تواند باعث ایجاد مناطق هیپوکسی (با اکسیژن کم یا فاقد اکسیژن) شده و حیات را برای آبزیان غیر ممکن سازند (وانگ و همکاران، ۲۰۲۱؛ گزارش EPA، ۲۰۲۲).^{۱۲} از طرفی نیتروژن و فسفر اضافی باعث شکوفایی جلبکی می شود و این رشدی شار حد با مصرف بالای اکسیژن و ممانعت از رسیدن نور خورشید به زیر آب باعث آسیب به اکوسیستم های آبی خواهند شد (گزارش EPA، ۲۰۲۲).

۴. پایش آلودگی هوا با اپلیکیشن های موبایل و به طور دقیق تر با رویکرد پژوهشی با استفاده از سنجش از دور

با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین می توان آلاینده های هوا را در بازه زمانی مورد مطالعه بررسی و همچنین نقشه آن ها را در کمترین زمان ممکن استخراج و در مدل سازی ها و به طور کلی پژوهش ها مورد استفاده قرار داد. باید خاطر نشان کرد که پیشرفت تکنولوژی و ایجاد اپلیکیشن های موبایل ها امکان پایش آلاینده های هوا به ویژه ذرات معلق را در موقعیت های متفاوت [با اتصال به اینترنت] برای شهروندان فراهم کرده است.

نتیجه گیری:

آلاینده های هوا با منشا انسانی و طبیعی بر سلامت و به طور کلی حیات جانداران کره زمین تاثیرات مخرب و در بسیاری از موارد جبران ناپذیری خواهد گذاشت. برای حفاظت از گونه ها و به دلیل نقش ارزشمند اکولوژیکی آنان در پایداری اکوسیستم ها باید نسبت به آلاینده ها بسیار حساس بود و با بهره گیری از تکنولوژی، امکانات مادی، ظرفیت های فرهنگی و اجتماعی مانند آموزش محیط زیست در جهت کاهش انتشار گاز های گلخانه ای پیش رفت. تحقیقات علمی بسیاری بر روی اثرات آلودگی هوا بر سلامت انسان از ابعاد ذهنی و جسمی انجام شده است اما همچنان باید مضرات آلاینده ها بر سایر باشندگان کره زمین هم به طور دقیق مورد بررسی علمی و پژوهشی قرار بگیرد. تنوع زیستی در سه سطح اصلی ژن، گونه و اکوسیستم به طور مستقیم و غیر مستقیم تحت تاثیر آلاینده های هوا و گرمایش جهان قرار داشته و همچنان بیشتر از پیش و با قدرت پایش ها و اقدامات کاهنده آلاینده ها از منابع شهری، صنعتی و کشاورزی باید ادامه پیدا کند. سنجش از دور در کنار داده های زمینی ایستگاه های آلودگی ابزار مقرون به صرفه ای در پایش آلاینده های هوا به شمار می رود.

¹² <https://www.epa.gov/nutrientpollution/effects-environment>

منابع و مأخذ:

- سیری، م، ۱۴۰۱، بررسی نقش ریسک اطلاعاتی بر میزان تاثیر گذاری آلودگی هوا بر رفتارهای معاملاتی سهامداران، اولین کنگره و نمایشگاه بین المللی صنعت و بازار سازهای نوین، جزیره کیش.
- کریمی، م، ص، ۱۴۰۰، اثرات آلودگی هوا بر تنوع زیستی، یازدهمین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار، تهران.
- کیخسرو کیانی، ن و امیری، م و نوحه گر، ال، ۱۴۰۱، نقش آموزش محیط زیست در کاهش آلودگی هوا، هشتمین کنفرانس بین المللی مهندسی محیط زیست و منابع طبیعی، تهران.
- محرری، م و لاری، ک و ارکیان، ف و صالحی، غ، ۱۴۰۲، تعیین جهت توسعه شهر بر مبنای مدل سازی انتشار آلودگی هوا از نیروگاه های حرارتی (مطالعه موردی: شهر مشهد).
- سرخیل، ح و کریمی اصل، ز و طلائیان عراقی، م، ۱۴۰۱، مدل سازی و تخمین آلودگی صوتی در سکوی ایستگاه های متروی دروازه دولت و تجریش کلان شهر تهران.
- قنادی، م، الف و شهری، م و مرادی، الف، ر، ۱۴۰۱، پایش آلودگی هوا با استفاده از تصاویر ماهواره سنتینل-۵ (مطالعه موردی: شهرهای بزرگ صنعتی ایران).
- احمدی، ه و برنا، ر و مرشدی، ج، ۱۴۰۱، تاثیر صنایع نفت بر آلودگی هوا و مکان یابی بهینه آن با رویکرد زیست محیطی در کلان شهر اهواز.
- بهشتی نژاد، ع، ۱۴۰۰، نقش گیاهان در فضاهای سبز و تاثیر آن بر آلودگی هوا در شهرها، سیزدهمین کنفرانس ملی رویکردهای نوین در مدیریت، اقتصاد و حسابداری، بابل.
- بدیعی، م و پاینده، م، ب، ۱۴۰۱، بررسی امکان عدم استفاده از شمع در خودروهای هیدرژنی و تاثیر مثبت این خودروها در مدیریت آلودگی هوا، چهارمین همایش ملی تحقیقات میان رشته ای در علوم مهندسی و مدیریت، تهران.
- سجادی، س، ح، ۱۴۰۱، آلودگی هوا و روش کنترل آن، پنجمین همایش و نمایشگاه بین المللی آتش نشانی و ایمنی شهری، تهران.
- داداش پور، م، ۱۳۹۴، بررسی تاثیر آلودگی هوا و منابع آلاینده بر اکوسیستم و اثرات آن بر روی انسان و گیاهان، کنفرانس ملی مهندسی و مدیریت محیط زیست، تهران.

نخعی، م و طهوری، ح. ر. ۱۴۰۱، بررسی تاثیر آلاینده های مخرب بر آلودگی هوا، هشتمین کنفرانس بین المللی علوم مدیریت و حسابداری، تهران.

خداوردی لو، ح و همایی، م، ۱۳۸۶، مدل سازی پالایش سبز خاک های آلوده به سرب و کادمیم،
<https://civilica.com/doc/1218876>

Grunwald, S. (2022). Artificial intelligence and soil carbon modeling demystified: power, potentials, and perils. *Carbon Footprints*, 1(1), 5.

Qi, Y., Wei, S., Xin, T., Huang, C., Pu, Y., Ma, J., ... & Liu, S. (2022). Passage of exogenous fine particles from the lung into the brain in humans and animals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(26), e2117083119.

Ualiyeva, D., & Khan, Z. (2022). Reptiles in Decline: Eco-Toxicological Prospective.

Martin, J., Recio, P., RODRÍGUEZ-RUIZ, G., Barja, I., Gutierrez, E., & Garcia, L. V. (2022). Relationships between soil pollution by heavy metals and melanin-dependent coloration of a fossorial amphisbaenian reptile. *Integrative Zoology*, 17(4), 596-607.

Weitekamp, C. A., & Hofmann, H. A. (2021). Effects of air pollution exposure on social behavior: a synthesis and call for research. *Environmental Health*, 20(1), 1-13.

La Sorte, F. A., Aronson, M. F., Lepczyk, C. A., & Horton, K. G. (2022). Assessing the combined threats of artificial light at night and air pollution for the world's nocturnally migrating birds. *Global Ecology and Biogeography*, 31(5), 912-924.

Jan, A., Shah, T. H., & Nissa, N. U. (2022). Impact of aquatic pollution on fish fauna. In *Bacterial Fish Diseases* (pp. 103-112). Academic Press.

Carreras-Colom, E., Constenla, M., Dallarés, S., & Carrassón, M. (2022). Natural variability and potential use of melanomacrophage centres as indicators of pollution in fish species from the NW Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 176, 113441.

Jota Baptista, C., Seixas, F., Gonzalo-Orden, J. M., & Oliveira, P. A. (2022). Biomonitoring metals and metalloids in wild mammals: invasive versus non-invasive sampling. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-10.

Wong, W. Y., Al-Ani, A. K. I., Hasikin, K., Khairuddin, A. S. M., Razak, S. A., Hizaddin, H. F., ... & Azizan, M. M. (2021). Water, soil and air pollutants' interaction on mangrove ecosystem and corresponding artificial intelligence techniques used in decision support systems-a review. *IEEE Access*.

Samadi, J & Dinan, N.(2020). Groundwater Pollution Risk Modeling in Southern Catchment Basin of Namak Lake Using Statistical, DRASTIC and P-DRASTIC Methods. 22. 259-273. 10.22034/JEST.2020.10984.

Zhongming, Z., Linong, L., Xiaona, Y., Wangqiang, Z., & Wei, L. (2018). Moss rapidly detects, tracks air pollutants in real time.

Kadam, V. (2018). Multifunctional air filtration for respiratory protection using electrospun nanofibre membrane (Doctoral dissertation, RMIT University).

Chiam, Z., Song, X. P., Lai, H. R., & Tan, H. T. W. (2019). Particulate matter mitigation via plants: Understanding complex relationships with leaf traits. *Science of the total environment*, 688, 398-408.

Rodríguez-Santamaría, K., Zafra-Mejía, C. A., & Rondón-Quintana, H. A. (2022). Macro-Morphological Traits of Leaves for Urban Tree Selection for Air Pollution Biomonitoring: A Review. *Biosensors*, 12(10), 812.

Dutta, H. Insights into the impacts of four current environmental problems on flying birds. *Energ. Ecol. Environ.* 2, 329–349 (2017). <https://doi.org/10.1007/s40974-017-0075-6>.

Egea-Serrano, A., Relyea, R. A., Tejedo, M., & Torralva, M. (2012). Understanding of the impact of chemicals on amphibians: a meta-analytic review. *Ecology and evolution*, 2(7), 1382-1397.

Austin, B. (1998). The effects of pollution on fish health. *Journal of applied microbiology*, 85(S1), 234S-242S.

Eatough Jones, M., Fenn, M. E., & Paine, T. D. (2011). The effect of nitrogen additions on bracken fern and its insect herbivores at sites with high and low atmospheric pollution. *Arthropod-Plant Interactions*, 5(3), 163-173.

Szczepaniak, K., & Biziuk, M. (2003). Aspects of the biomonitoring studies using mosses and lichens as indicators of metal pollution. *Environmental research*, 93(3), 221-230.

<https://www.weforum.org/agenda/2021/09/warmer-wetter-climate-change-insects-biodiversity/>

<https://www.pbs.org/newshour/science/over-20-percent-of-reptiles-worldwide-face-risk-of-extinction>

<https://www.epa.gov/nutrientpollution/effects-dead-zones-and-harmful-algal-blooms>

<https://news.mongabay.com/>

<https://kids.niehs.nih.gov/topics/environment-health/meet-the-scientist/environmental->

analyst/frog-deformities/index.htm

<https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/air-pollution/quality-environment-economy/ecosystem/wild-animals.html>

<https://news.cornell.edu/stories/2020/11/study-air-pollution-laws-aimed-human-health-also-help-birds#:~:text=The%20findings%20suggest%20that%20ozone,indirectly%20harms%20their%20food%20sources.>

ارزیابی ژئودایورسیتی شهر میناب جهت توسعه ژئوتوریسم

Evaluation of the geodiversity of Minab city for the development of geotourism

^۱ یاسر حسن زاده، ^۲ عباس درخشان، ^۳ محمد عبدالله پور

^۱ آموزش و پرورش شهرستان میناب hassanzadeh1389@yahoo.com

^۲ آموزش و پرورش شهرستان میناب abbas.derkhshan62@gmail.com

^۳ آموزش و پرورش شهرستان میناب abdollahpour_mohammad@yahoo.com

چکیده

ژئودایورسیتی پایه‌هایی را برای تأمین مایحتاج زندگی جوامع مدرن فراهم و در ژئوسایت‌ها، با ظاهر شدن ویژگی‌های زمین‌شناسی، با ارزش‌های علمی، آموزشی، فرهنگی و گردشگری حاکم بر آنها می‌تواند از طریق مدیریت مبتنی بر آموزش و ژئوتوریسم، مزایای اجتماعی-اقتصادی برای جامعه محلی ایجاد کنند. موردی که در ایران از جمله شهر میناب متأسفانه با وجود دارا بودن ژئودایورسیتی و تنوع زیاد جاذبه‌های ژئوتوریسمی بهایی به آن داده نشده و در زمینه ارزیابی قابلیت‌های ژئودایورسیتی منطقه و همچنین سرمایه‌گذاری در این زمینه اقدامات قابل توجهی صورت نگرفته و همچنین عدم وجود عوامل زیربنایی با اهداف گردشگری از جمله امکانات اقامتی، و نبود مدیریت گردشگری توسط سازمان‌های ذیربط از جمله مسائل مهم پیش‌رو در منطقه است. داده‌های پژوهش از طریق کارهای میدانی و مشاهده مستقیم و همچنین از داده‌های آماری و تولید و تحلیل آنها بر پایه مدارک اسنادی و نیز تصاویر و نقشه‌های مختلف تهیه و موقعیت و شرایط ژئوسایت‌های مستعد برای توسعه ژئوتوریسم در محدوده و موقعیت و پراکندگی مکانی آن‌ها با استفاده از GPS جمع‌آوری و یک شناسنامه کامل از ژئوسایت‌های محدوده تهیه و هر یک از ژئوسایت‌ها با استفاده از مدل زرووس مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد بر اساس ارزیابی انجام شده در منطقه مورد مطالعه ژئوسایت‌های سد میناب با ۷۲ و بام میناب با ۶۳ امتیاز، بیشترین امتیاز را کسب و از شرایط مطلوب‌تری جهت توسعه ژئوتوریسم برخوردارند. لذا شکوفا شدن پتانسیل ژئوتوریسمی منطقه نیازمند انجام برنامه ریزی و تخصیص امکانات و تجهیزات و فراهم کردن زیرساخت‌های گردشگری می‌باشد.

کلمات کلیدی: ارزیابی، ژئودایورسیتی، ژئوتوریسم، میناب.

اسفند ماه ۱۴۰۱ - دانشگاه تهران

هم اکنون در بسیاری از کشورهای پیشرفته، ژئوتوریسم از جایگاه بالایی در تولید ناخالص ملی برخوردار بوده و نقش مهمی را در توسعه ملی این کشورها ایفا کرده است، موردی که در ایران متأسفانه چندان بهایی به آن داده نشده است. کشور پهناور ایران با دارا بودن ژئودایورسیتی و تنوع زیاد در عوارض ژئومورفولوژیکی، از جاذبه های ژئوتوریسمی بیشماری برخوردار است که در بسیاری از مجامع ملی و بین المللی به بهشت زمین شناسان ملقب شده است. استفاده بهینه و اصولی از این پتانسیل ها می تواند مسبب توسعه پایدار در سطوح اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و زیست محیطی شود (یزدی، ۱۳۹۲). شهر میناب در جنوب ایران و در شمال شرق تنگه هرمز نیز با داشتن ژئودایورسیتی و ژئومورفودایورسیتی بی نظیر، می تواند از مکانهای مهم گردشگری و ژئوتوریستی کشور محسوب شود و همه ساله پذیرای گردشگران مختلف باشد. داشتن این ویژگیهای جذاب زمین شناسی و ژئومورفولوژیکی، میتواند نقش مهمی در توسعه پایدار منطقه داشته باشد، اما متأسفانه تاکنون در زمینه شناسایی و ارزیابی قابلیت های ژئودایورسیتی منطقه و همچنین سرمایه گذاری در این زمینه اقدامات قابل توجهی صورت نگرفته است. عدم وجود عوامل زیر بنایی با اهداف گردشگری از جمله امکانات اقامتی، و نبود مدیریت گردشگری توسط سازمان های ذیربط از جمله مسائل مهم پیش رو هستند. لذا ارزیابی قابلیت های منطقه از دیدگاه پژوهش حاضر یعنی ارزیابی ژئودایورسیتی به توسعه ژئوتوریسم و توسعه ی گردشگری پایدار کمک شایانی خواهد کرد.

واژه و مفهوم "ژئودایورسیتی" برای اولین بار در سال ۱۹۹۳، مدت کوتاهی پس از تصویب کنوانسیون تنوع زیستی در اجلاس زمین ریو در سال ۱۹۹۲ معرفی شد. به عبارت دیگر، هنگامی که کلمه "بیودایورسیتی" به طور کلی استفاده شد، تقریباً اجتناب ناپذیر بود که اصطلاح "ژئودایورسیتی" نیز معرفی شود زیرا زمین شناسان نیز پدیده های بسیار متنوعی را در سیاره ما تشخیص و آنها را مطالعه می کنند. بنابراین، در سال ۱۹۹۳ تعدادی از زمین شناسان به طور مستقل شروع به استفاده از اصطلاح "ژئودایورسیتی" کردند (بریلها و همکاران، ۲۰۱۸). با توجه به اهمیت ژئودایورسیتی در سال های اخیر، پژوهشهای متعددی در سطوح ملی و بین المللی صورت گرفته است. از جمله به اختصار می توان کار پلیترو و همکاران (۲۰۱۰)، که به ارزیابی ژئودایورسیتی و ژئومورفودایورسیتی یک پارک طبیعی در منطقه ای حفاظت شده در اسپانیا پرداختند و همچنین در پژوهش بریلها و همکاران (۲۰۱۸)، که ژئودایورسیتی را برای کمک به مدیریت پایدار کل طبیعت بررسی نمودند، اشاره نمود. آلتو آلبانی و همکاران (۲۰۲۰) ارزیابی کمی ژئودایورسیتی سایت و ژئوسایت های شهر ژائو دورادو در باهیا برزیل را انجام داده ند و رومن و یومانا (۲۰۲۰)، به بررسی وضعیت ژئودایورسیتی، ژئوکانسزرویشن (حفاظت از زمین) و ژئوتوریسم در کاستاریکا پرداخته اند. رینارد و زوولینسکی (۲۰۲۲) در پژوهشی به ارزیابی ژئودایورسیتی جهت مدیریت ژئومورفوسیت های بورنس و ایلگرا بن در آلپ سوئیس پرداختند. سوما (۲۰۲۲) نیز موجودی و ارزیابی کمی ژئودایورسیتی، به عنوان ابزارهای استراتژیک برای ترویج حفاظت از زمین و

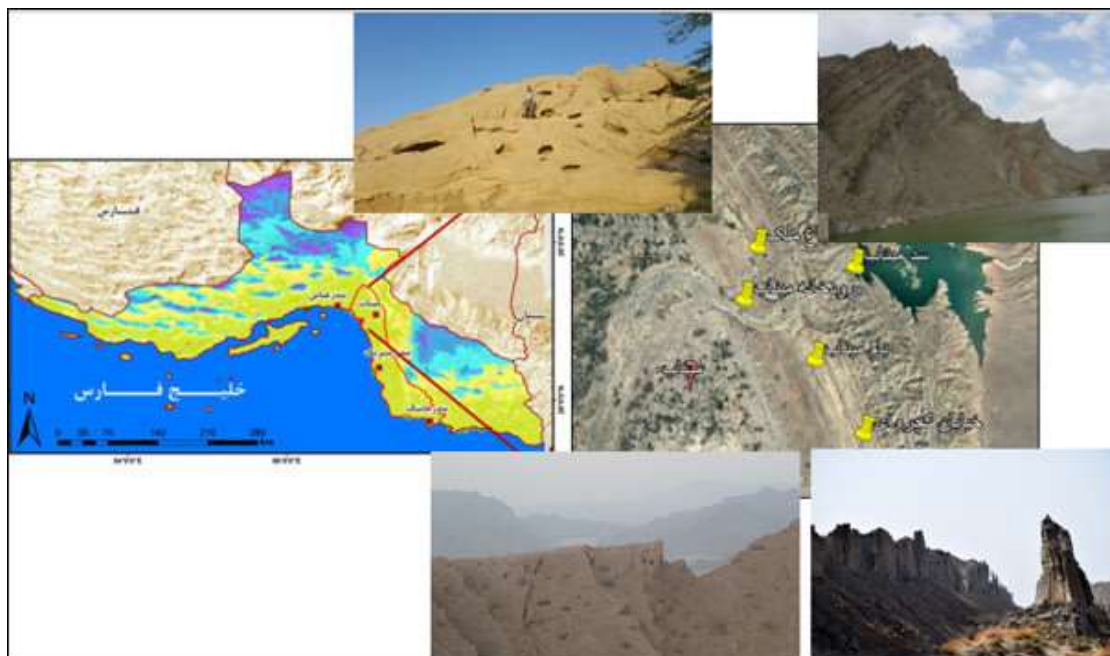
آموزش جغرافیایی پایدار در کوه‌های پلوریتانی (ایتالیا) را مطالعه نمود. از جمله پژوهش‌هایی که در زمینه ی ژئودایورسیتی در کشور شده می‌توان به پژوهش یزدی (۱۳۹۲) با عنوان ژئودایورسیتی ایران، عامل ارتقاء ژئوتوریسم و توسعه پایدار اشاره نمود. همچنین یزدی و دبیری (۱۳۹۴) بار دیگر پژوهشی را با عنوان درآمدی بر ژئودایورسیتی، به عنوان پایه ای برای توسعه ژئوتوریسم ارائه نمودند. مختاری و همکاران (۱۳۹۷) نیز پژوهشی برای تحلیل مقایسه ای ژئودایورسیتی (تنوع زمین شناختی) در حوضه های شمال غربی استان فارس انجام دادند. در پژوهشی دیگر مقصودی و همکاران (۱۳۹۸) ژئودایورسیتی میراث جهانی بیابان لوت و ضرورت حفاظت از آن را مطالعه نمودند. شایان یگانه و همکارانش در سال ۱۳۹۹ به ارزیابی کمی ژئودایورسیتی ژئوپارک پیشنهادی غرب خراسان رضوی برای حفاظت از میراث زمینشناسی آن انجام داده اند و سیستانی بدویی و همکاران (۱۴۰۰) تفاوت ژئودایورسیتی و ژئومورفودایورسیتی منطقه ساحلی دریای عمان و زون مکران از دماغه جاسک تا خلیج گواتر را بررسی نمودند. و در نهایت یکی از جدیدترین پژوهشهای منتشر شده در کشور مربوط به قهرودی تالی و همکاران (۱۴۰۱) است که با عنوان کاربرد ژئودایورسیتی در مدیریت حوضه بالادست سد کرج را انجام منتشر شده است.

با عنایت به مطالب فوق هدف اصلی پژوهش حاضر ضمن شناسایی ژئودایورسیتی و ارزیابی توانمندیهای ژئوتوریسمی منطقه بهره گیری از توان طبیعی و میراث زمینشناختی و ژئومورفولوژیکی منطقه، که از مناطق محروم و کمتر توسعه یافته کشور می باشد، بسیار ضروری است. لذا با تنوع بخشی به فعالیت های گردشگری از جمله صنعت ژئوتوریسم در این منطقه می توان موجبات اشتغال زایی، کاهش فقر و ایجاد رفاه اجتماعی نسبی و کاهش مخاطرات را فراهم آورد. و با حفاظت از محیط طبیعی و جاذبه های زمین شناختی، سلامت و حفاظت از محیط زیست و رفاه بومیان پیرامون جاذبه های ژئوتوریسمی را فراهم نمود.

محدوده ی مورد مطالعه

پهنه مورد بررسی در پژوهش حاضر شهر میناب مرکز شهرستان میناب، در استان هرمزگان می باشد. شهرستان میناب به مرکزیت شهر میناب، با مساحت ۵۲۰۵ کیلومتر مربع در شرق استان هرمزگان، در موقعیت ۲۶ درجه و ۲۸ دقیقه تا ۲۷ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۶ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۵۷ درجه و ۴۹ دقیقه طول شرقی واقع شده است. این شهرستان با مرزی به طول ۴۵۴ کیلومتر با شهرستان رودان، بندرعباس، سیریک، بشاگرد و شهرستان منو جان استان کرمان مرز مشترک دارد (شکل: ۱). از نظر وسعت سرزمین، هفتمین شهرستان استان بشمار می آید. شهرستان میناب همچنین در ردیف شهرهای ساحلی استان قرار داشته و با دارا بودن نوار ساحلی به طول ۱۰۱ کیلومتر (۳۹ کیلومتر بدون تضاریس و فرورفتگی خورها)، پنجمین ساحل استان را در اختیار دارد. (طرح آمایش استان

هرمزگان، ۱۳۹۵). که شهر میناب با جاذبه های طبیعی ژئوتوریسمی و اکوتوریسمی در مجاورت این نوار ساحلی قرار دارد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

مواد و روشها

اغلب داده ها از طریق کارهای میدانی و مشاهده مستقیم و نیز مصاحبه جمع آوری شده اند همچنین از داده های آماری و تولید و تحلیل آنها بر پایه مدارک اسنادی و نیز تصاویر و نقشه های مختلف تهیه شده است. موقعیت و شرایط ژئوسایت های مستعد برای گردشگری در منطقه مورد مطالعه و موقعیت و پراکندگی مکانی آن ها با استفاده از GPS به روی نقشه های پایه انتقال داده شده اند. بدین ترتیب یک شناسنامه کامل از پراکندگی ژئوسایت های محدوده تهیه شد (جدول ۱). در مرحله بعد هر یک از ژئوسایت های در نظر گرفته شده مورد ارزیابی قرار گرفت.

روش ارزیابی: بعد از شناسایی ژئوسایت های منطقه از میان ژئوسایت های شناخته شده، ۵ ژئوسایت جهت ارزیابی ژئوتوریسمی با استفاده از مدل زوروس (۲۰۰۷) مورد ارزیابی قرار گرفتند.

مدل ارزیابی زوروس با استفاده از یک مجموعه شش معیاره شامل ارزش علمی و آموزشی، ارزش ژئوداریوسیتی، ارزش اکولوژیکی و زیبایی، ارزش فرهنگی، تهدیدهای بالقوه و نیازمندی های حفاظتی و توانمندی بهره برداری که تقریباً کلیه ارزش های یک ژئوسایت و معیارهای ضروری را پوشش می دهد، آن ها را ارزیابی می کند.

جدول ۱: برگه شناسایی ژئومورفوسایت های شرق تنگه هرمز (گردآورنده: نگارندگان)

ردیف	نام ژئوسایت	مختصات	عارضه ها
۱	باغ ملک	۲۷°۳۱' و ۵۷°۴۶'	تافونی
۲	حوضه سد میناب	۲۷°۴۸' و ۵۷°۴۳'	دریاچه سد- چین خوردگی لایه ها- اشکال فرسایشی - تافونی
۳	رودخانه میناب	۲۷°۱۶' و ۵۷°۴۲۹'	تراس های آبرفتی جدید و قدیم - مئاندر
۴	بام میناب	۲۷°۸' و ۵۷°۵۲'	مخروط افکنه قدیمی بالا آمده- تیغه های فرسایشی- مشاهده دلتای میناب
۵	خیابان کچره ای	۲۷°۶' و ۵۷°۷۱۹'	تیغه های فرسایشی- تافونی

نتایج

در روش ارزیابی زوروس ژئوسایت های منطقه از لحاظ معیارهای پنج گانه که قبل توضیح داده شده مورد بررسی قرار می گیرند (جدول ۱). برای ارزش گذاری ژئوسایتها با استفاده از روش زوروس ابتدا هر کدام از ژئوسایتها ارزشگذاری شده و سپس مجموع ارزشها با هم ترکیب شده و ارزش نهایی هر ژئوسایت بدست آمده است (جدول ۲). مطابق جدول همان طور که از نتایج (جدول ۲) برمی آید در منطقه مورد مطالعه ژئوسایت های سد میناب با ۷۲، بام میناب با ۶۳، امتیاز، بیشترین امتیاز را کسب نموده و از شرایط مطلوب تری برخوردار هستند. ویژگی عمومی این ژئوسایتها شرایط مطلوب از نظر معیار های ارزش علمی، آموزش، حفاظتی، اقتصادی و اکتسابی می باشند (جدول ۲).

جدول ۲: ارزیابی ارزش سایت های منطقه مورد مطالعه بر اساس روش زوروس

سایت ها					معیارها و شاخص ها	ردیف
خیابان	بام	رودخانه	حوضه	باغ		
کچره ای	میناب	میناب	سد میناب	ملک		
ارزش علمی و آموزشی						۱
۸	۸	۶	۸	۴	تمامیت	۱-۱
۶	۶	۴	۶	۳	نادر بودن	۱-۲
۶	۶	۶	۶	۵	شهرت	۱-۳
۶	۶	۶	۶	۵	بارز بودن	۱-۴
۶	۶	۶	۸	۶	ارزش تنوع زمین	۲
۶	۶	۸	۸	۶	ارزش اکولوژیکی و زیبایی	۳
۸	۸	۸	۸	۸	ارزش فرهنگی	۴
تهدیدهای بالقوه و نیازمندی های حفاظتی						۵
۴	۴	۵	۵	۳	حفاظت قانونی	۵-۱
۱	۱	۱	۳	۱	آسیب پذیری	۵-۲
توانمندی بهره برداری						۶
۳	۳	۵	۵	۳	قابلیت شناسایی	۶-۱
۴	۴	۲	۳	۲	پراکنش جغرافیایی	۶-۲
۲	۲	۳	۳	۲	قابلیت دسترسی	۶-۳
۲	۳	۲	۳	۲	توانمندی اقتصادی	۶-۴
۶۲	۶۳	۶۲	۷۲	۵۰	جمع کل	

بحث و نتیجه گیری

در شهر میناب مناطقی با جاذبه های گردشگری طبیعی و انسانی متنوع و زیبا وجود دارد که هر کدام می تواند به نوعی سبب رشد و توسعه منطقه گردد. در پژوهش حاضر ژئوداریوسیتی موجود در شهر میناب از منظر توسعه ژئوتوریسمی ارزیابی و رتبه بندی شد. از میان ژئوسایت های موجود ۵ ژئوسایت از نظر قابلیت های ژئوتوریسمی مناسب بودند، ارزیابی شد. در این میان ژئوسایت حوضه سد میناب برای توسعه فعالیت های گردشگری بسیار مستعد و ایده آل می باشند. که در ارزیابی با روش زروس، ژئوسایت سد میناب با امتیاز ۷۲ و بام میناب با ۶۳ امتیاز، بیشترین امتیاز را کسب نمودند. شکوفا شدن پتانسیل ژئوتوریسمی محدوده مورد مطالعه نیازمند انجام برنامه ریزی و تخصیص امکانات و تجهیزات و فراهم کردن زیر ساخت های گردشگری می باشد. فعال سازی جنبه گردشگری این منطقه می تواند سبب بهره گیری همه جانبه از ظرفیت های دریا و سواحل محدوده گردد که این امر باعث رونق کسب و کار و اشتغال مردم منطقه شده و با کسب درآمد از طریق گردشگری تاثیر بسزایی در معیشت مردم منطقه خواهد داشت.

مراجع

- دانشگاه هرمزگان (۱۳۹۶). طرح آمایش سرزمین استان هرمزگان، سازمان برنامه و بودجه استان هرمزگان.
- سیستانی بدوئی، مسعود. فتوحی، صمد. نگارش، حسین. رامشت، محمدحسین. روستایی، مه آسا (۱۴۰۰) بررسی تفاوت ژئودایورسیتی و ژئومورفودایورسیتی منطقه ساحلی دریای عمان و زون مکران از دماغه جاسک تا خلیج گواتر، جغرافیا و توسعه، شماره ۶۳، صص ۶۳-۳۹.
- شایان یگانه، علی اکبر. زنگنه اسدی، محمدعلی. امیر احمدی، ابوالقاسم (۱۳۹۹) ارزیابی کمی ژئودایورسیتی ژئوپارک پیشنهادی غرب خراسان رضوی برای حفاظت از میراث زمین شناسی آن، آمایش جغرافیایی فضا، فصلنامه علمی-پژوهشی دانشگاه گلستان، سال دهم/ شماره مسلسل سی و ششم/ تابستان ۱۳۹۹ / صفحات ۷۷-۹۰.
- قهرودی تالی، منیژه. علی نوری، خدیجه. فرجادی نیا، سجاد (۱۴۰۱) کاربرد ژئودایورسیتی در مدیریت محیط (مطالعه موردی حوضه بالادست سد کرج)، پژوهشهای ژئومورفولوژی کمی، سال دهم، شماره ۴، صص ۱۷-۱.
- مختاری، لیلاگلی. نگهبان، سعید. شفیعی، نجمه (۱۳۹۷) تحلیل مقایسه ای ژئودایورسیتی (تنوع زمین شناختی) در حوضه های شمال غربی استان فارس، پژوهشهای ژئومورفولوژی کمی، سال هفتم، شماره ۳، صص. ۱۶۳ - ۱۵۱.

یزدی، عبدالله. دبیری، رحیم (۱۳۹۴) درآمدی بر ژئودایورسیتی، به عنوان پایه ای برای توسعه ژئوتوریسم، یافته های نوین زمین شناسی کاربردی، دوره ۹، شماره ۱۸، صص ۸۲-۷۴.

مقصودی، مهران. مرادی، انور. مرادی پور، فاطمه (۱۳۹۸) ژئودایورسیتی میراث جهانی بیابان لوت و ضرورت حفاظت از آن، اولین کنفرانس بین المللی گردشگری بیابان لوت؛ فرصت های محلی و بین المللی، بیرجند.

یزدی، عبدالله (۱۳۹۲) ژئودایورسیتی ایران، عامل ارتقاء ژئوتوریسم و توسعه پایدار، دومین همایش ملی گردشگری و طبیعت گردی ایران زمین، همدان، ۲۷۶۶۰۲، <https://civilica.com/doc/276602>

Altoe Albani, R. Mansur, K. de Souza Carvalho, I. Santos, W (2020): Quantitative evaluation of the geosites and geodiversity sites of João Dourado Municipality (Bahia—Brazil), Geoheritage, May, <https://doi.org/10.1007/s12371-020-00468-1>

Brilhaa, J., Grayb. M, Pereira, D. I., Pereira, P. (2018): Geodiversity: An integrative review as a contribution to the sustainable management of the whole of nature, Environmental Science and Policy 86, pp. 19–28

Serrano, E. & Ruiz-Flano, P. (2007): Geodiversity. A theoretical and applied concept, Geographica Helvetica Jg. (62/Heft 3).

Chakraborty, A. (2022): Geodiversity and Tourism Sustainability in the Anthropocene. Tour. Hosp. 3, 496–508.

Pál, M. & Albert, G. (2021): Refinement Proposals for Geodiversity Assessment—A Case Study in the Bakony–Balaton UNESCO Global Geopark, Hungary. ISPRS Int. J. Geo-Inf. 10, 566.

Pellitero, R., Ruiz-Flaño, P., Serrano, E. (2010): Geodiversity and Geomorphosite Assessment Applied to a Natural Protected Area: the Ebro and Rudron Gorges Natural Park (Spain), Geoheritage, Accepted: 13 October, doi.org/10.1007/s12371-

Quesada-Román, A., Torres-Bernhard, L., Ruiz-Álvarez, M. A., Rodríguez-Maradiaga, M., Velázquez-Espinoza, G., Espinosa-Vega, C., Toral, J.; Rodríguez-Bolaños, H. (2022): Geodiversity, Geoconservation, and Geotourism in Central America, Land, 11, 48. <https://doi.org/10.3390/>

Román, A. & Umaña, D. (2020): State of the Art of Geodiversity, Geoconservation, and Geotourism in Costa Rica, geosciences, 2020, 10, 211; doi:10.3390/geosciences10060211.

Reynard, A. E. & Zwoliński, Z. (2022): Geodiversity assessment for geomorphosite management: Derborence and Illgraben, Swiss Alps, Geological Society, London, Special Publications, DOI: <https://doi.org/10.1144/SP530-2022-122>.

Somma, R(2022): Citation: Somma, R. The Inventory and Quantitative Assessment of Geodiversity as Strategic Tools for Promoting Sustainable Geoconservation and Geo-Education in the Peloritani Mountains (Italy), education sciences, 12, 580. <https://doi.org/10.3390/educsci12090580>.

Zouros, N. C(2007), Geomorphosite assessment and management in protected areas of Greece of the Lesvos island - coastal geomorphosites Case stud, Geographica Helvetica Jg. 62 Heft3, pp169-180.

ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر عامل فرساینده‌گی باران در حوضه آبریز میناب

Projecting the climate change effects on the rainfall erosivity factor in Minab watershed

^۱فرزانه میرزاده کوهشاهی، ^۲محمد اکبریان، ^۳اسداله خورانی

^۱ دانش آموخته جغرافیای طبیعی - تغییر اقلیم، گروه علوم جغرافیا، دانشگاه هرمزگان، mirzadehf7@gmail.com

^۲ استادیار گروه علوم جغرافیا، دانشگاه هرمزگان، m.akbarian@hormozgan.ac.ir

^۳ دانشیار گروه علوم جغرافیا، دانشگاه هرمزگان، khoorani@hormozgan.ac.ir

چکیده

تغییرات اقلیمی، تأثیراتی را بر ویژگی‌های حوضه‌های آبخیز به جا می‌گذارند که به نوبه خود باعث تغییر در فرسایش و رسوب حوضه می‌شود. این پژوهش با تأکید بر نقش عامل فرساینده‌گی باران، با استفاده از داده‌های ایستگاهی بارش، داده‌های خروجی دو مدل BCC-CSM2-MR و CanESM5، گزارش ششم، سناریوهای ۲/۶، ۴/۵، ۸/۵ و شاخص فرساینده‌گی باران مدل RUSLE به برآورد و پیش‌بینی تغییرات عامل فرساینده‌گی باران در حوضه آبخیز میناب می‌پردازد. شاخص فرساینده‌گی باران مدل RUSLE برای سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ محاسبه شد. در مرحله بعد جهت تعیین اثر تغییر اقلیم بر عامل فرساینده‌گی بارش، از مدل‌های اقلیمی و سناریوهای مذکور استفاده شد. برای ارزیابی مدل‌های اقلیمی، نتایج پیش‌بینی مدل‌ها در سال ۲۰۱۰ و ۲۰۱۹ استخراج شده، با استفاده از داده‌های واقعی و معیارهای RMSE و MAE به ارزیابی خطای مدل‌ها و سناریوها پرداخته شد. نتایج نشان داد که میانگین لایه فرساینده‌گی باران از ۴۱/۵۷ در سال ۲۰۱۰ به ۵۲/۰۱ در سال ۲۰۲۰ افزایش داشته است. خروجی دو مدل BCC-CSM2-MR و CanESM5، نیز حاکی از افزایش میزان فرساینده‌گی بارش در سال ۲۰۴۰ است. به نظر می‌رسد عامل فرساینده‌گی بارش متأثر از تغییرات اقلیمی، روند صعودی داشته و در آینده نزدیک (۲۰۴۰) افزایش فرسایش را موجب شود.

کلمات کلیدی: تغییر اقلیم؛ حوضه میناب؛ فرسایش؛ مخاطرات اقلیمی؛ RUSLE.

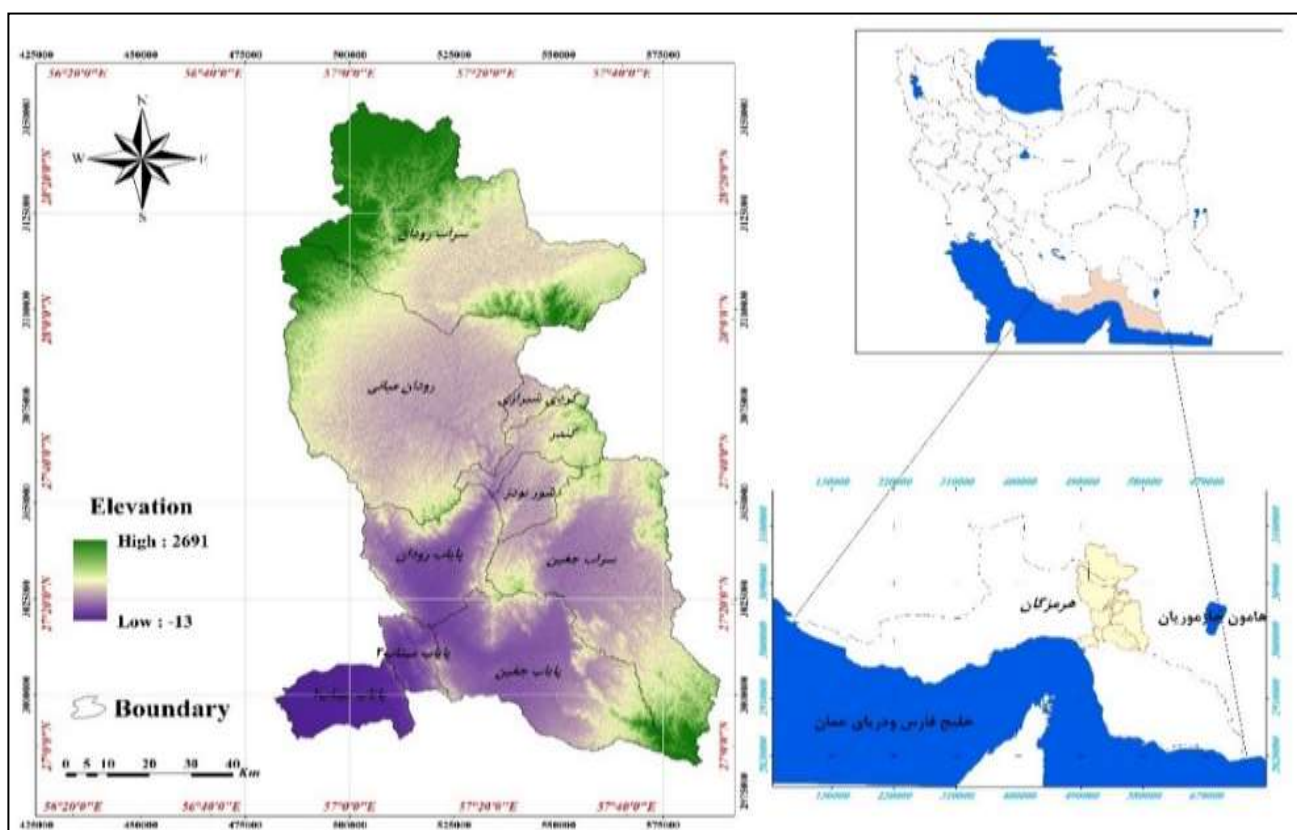
تغییر اقلیم و به تبع آن تغییرات میزان فرسایش خاک به یک چالش بزرگ زیست‌محیطی تبدیل شده است. برخی از عوامل، نظیر عوامل اقلیمی، کاربری اراضی و فعالیت‌های انسانی، نقشی کلیدی در میزان فرسایش داشته و می‌توانند تغییرات شدیدی را در هدررفت خاک موجب شوند (Colman et al., 2019; Routschek et al., 2014). زمانی که بارش از حدی زیادتر شود، به دلیل ابرناکی، مقدار تابش کم شده، با تأثیر معکوس بر رشد گیاه، پوشش گیاهی کم و افزایش فرسایش خاک را موجب می‌شود (Wang و همکاران، ۲۰۱۸). الگوی مکانی بارش نیز حالت‌های مختلفی را در فرسایش خاک به وجود می‌آورد. با افزایش بارندگی در ارتفاعات، رطوبت خاک نسبت به مناطق پست سریع‌تر افزایش می‌یابد، در نتیجه میزان نفوذ به سرعت کم شده، رواناب و هدررفت خاک افزایش پیدا می‌کند (Nearing و همکاران، ۲۰۰۴). بر اساس مطالعات انجام شده، انتظار می‌رود در اثر تغییر اقلیم، قدرت فرساینده‌ی باران افزایش یافته (Sun و همکاران، ۲۰۰۲) تغییرات فرسایش و هدررفت خاک را در پی داشته‌باشد (اکبریان و خورانی، ۲۰۲۲).

محققان زیادی از مدل‌های تغییر اقلیم (GCMs)، برای انعکاس نقش تغییرات آب‌وهوایی بر تغییرات فرسایش استفاده کرده‌اند به گفته Galdies و همکاران (۲۰۲۲)، استفاده از رویکرد RUSLE-GIS می‌تواند با انعکاس تغییرات آب و هوایی به فاکتور R بر اساس آخرین پیش‌بینی‌های اقلیمی فاز ششم CMIP6، به برآورد نرخ فرسایش سالانه فعلی و آینده خاک در حوضه‌های آبخیز دست یابد. Chuenchum و همکاران (۲۰۲۰) به ارزیابی فرسایش سالانه خاک حوزه Lancang-Mekong چین از نظر توزیع مکانی و رابطه روند رسوب‌دهی با تغییرات اقلیمی و زمین در سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۴۰ از طریق مدل RUSLE پرداختند. Rani و همکاران (۲۰۱۹) و Talchabhadel و همکاران (۲۰۱۹) نیز به برآورد اثرات تغییر آب و هوا بر عامل فرساینده‌ی بارش (عامل R) پرداختند و بر نقش تغییرات اقلیمی بر هدررفت خاک تأکید کردند. Segura و همکاران (۲۰۱۴) تغییرات R را از سال ۱۹۷۰ تا ۲۰۹۰ در سراسر ایالات متحده تحت نه شرایط آب و هوایی و سه سناریو (A1B، A2، و B1) از گزارش چهارم ارزیابی کرده و حوضه‌هایی را که از نظر پتانسیل فرسایش خاک در برابر تغییرات آب و هوایی آینده آسیب پذیرترند شناسایی کردند. با توجه به مطالب گفته شده استفاده از مدل‌های مختلف برای برآورد تخمین فرسایش، در حوضه‌هایی که با کمبود داده و آمار مواجه است، دارای اهمیت است و به نظر اغلب محققین مذکور، مدل جهانی اصلاح شده هدر رفت خاک (RUSLE) به‌خوبی توانایی ارزیابی تأثیر سناریوهای مختلف تغییر اقلیم را میزان فرسایش را دارا است. منطقه مورد مطالعه در این تحقیق حوضه آبخیز میناب است که از جهات گوناگون اقتصادی و اجتماعی به ویژه تأمین آب بندرعباس در استان هرمزگان حائز اهمیت است. در این پژوهش سعی شد که با بررسی اقلیم در دوره‌های گذشته، حال و آینده، تغییرات فرسایش در این دوره‌ها، مشخص شود. امید است پژوهش حاضر با پیش‌یابی تغییرات فرسایشی منطقه، بخشی از منابع اطلاعاتی لازم برای کارشناسان به منظور برنامه‌ریزی‌های توسعه حوضه میناب و مناطق وابسته به تأمین آب این حوضه

را در استان هرمزگان فراهم نماید.

۲- منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز میناب در محدوده عرض‌های $48^{\circ} 56'$ تا $57^{\circ} 59'$ شرقی و 27° تا $28^{\circ} 32'$ عرض شمالی واقع گردیده است. این حوضه، یکی از زیر حوضه‌های بندرعباس- سدیچ است که در شمال شرق استان هرمزگان و قسمت‌های شمالی آن در استان کرمان قرار دارد. پایین‌ترین نقطه حوضه دارای ارتفاع مساوی سطح آب‌های آزاد (صفر) و مرتفع‌ترین نقطه آن بر اساس لایه رقومی SRTM، ۲۸۱۱ متر ارتفاع دارد. مساحت حوضه ۱۰۶۱۳ کیلومترمربع است. رودخانه میناب که حاصل اتصال رودخانه‌های جغین و رودان است، مهم‌ترین رودخانه این حوضه محسوب می‌شود و با احداث سد میناب، از منابع آبی آن برای تأمین آب شرب بندرعباس استفاده می‌شود.



شکل ۱، موقعیت جغرافیایی منطقه پژوهش

۳- مواد و روش‌ها

در این پژوهش از داده‌های ماهانه ایستگاه‌های هواشناسی داخل و اطراف حوضه آبریز میناب (شکل ۲)، داده‌های بارش مستخرج از مدل‌ها و سناریوهای مختلف اقلیمی، به شرح جدول ۱، استفاده شد. داده‌های اقلیمی در دوره‌های زمانی مختلف (دوره پایه ۲۰۰۲-۲۰۲۰ و دوره آینده ۲۰۲۰-۲۰۴۰) است. در این پژوهش، عامل فرساینده‌گی بارش

(R) از مدل RUSLE در سه دوره زمانی ۲۰۰۰-۲۰۱۰، ۲۰۱۰-۲۰۲۰ و ۲۰۲۰-۲۰۴۰ محاسبه شد تا تغییرات فرساینده‌گی باران در حوضه میناب مشخص شود. برای محاسبه شاخص R، داده‌های بارندگی ماهانه مورد استفاده قرار گرفت. برای سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۱۰ و ۲۰۱۰-۲۰۲۰ از داده‌های بارندگی ایستگاه‌های هواشناسی داخل و اطراف حوضه (شکل ۲) استفاده شد. برای دوره زمانی ۲۰۲۰-۲۰۴۰، از مدل‌های تغییر اقلیم BCC-CSM2-MR و CanESM5 بر اساس گزارش ششم، تحت سناریوهای ۲.۶، ۴.۵ و ۸.۵ استفاده شد. داده‌ها و پیش‌بینی‌های این دو مدل در سایت www.worldclim.org برای کل جهان قابل دسترس است. در این پژوهش، داده‌های بارش پیش‌بینی شده این مدل‌ها در سناریوهای مختلف و با دقت ۱۰ دقیقه، برای ماه‌های مختلف سال دریافت شد. فرمت اولیه داده‌ها Netcdf است. برای تبدیل به رستر از نرم‌افزار ArcGIS استفاده گردید. با در دسترس بودن لایه‌های رستری بارش، فاکتور R برای دوره‌های پیش‌بینی شده، محاسبه شد. در هر دو مدل از سه سناریو ۲/۶، ۴/۵ و ۸/۵ استفاده شد؛ در مجموع شش حالت مختلف به وجود آمد و شش فاکتور R برای آینده محاسبه گردید. در مرحله بعد با در دسترس بودن فاکتورهای مدل RUSLE، این مدل برای شش حالت داده‌های پیش‌بینی شده نیز اجرا شد.

جدول ۱، داده‌های مورد استفاده در پژوهش

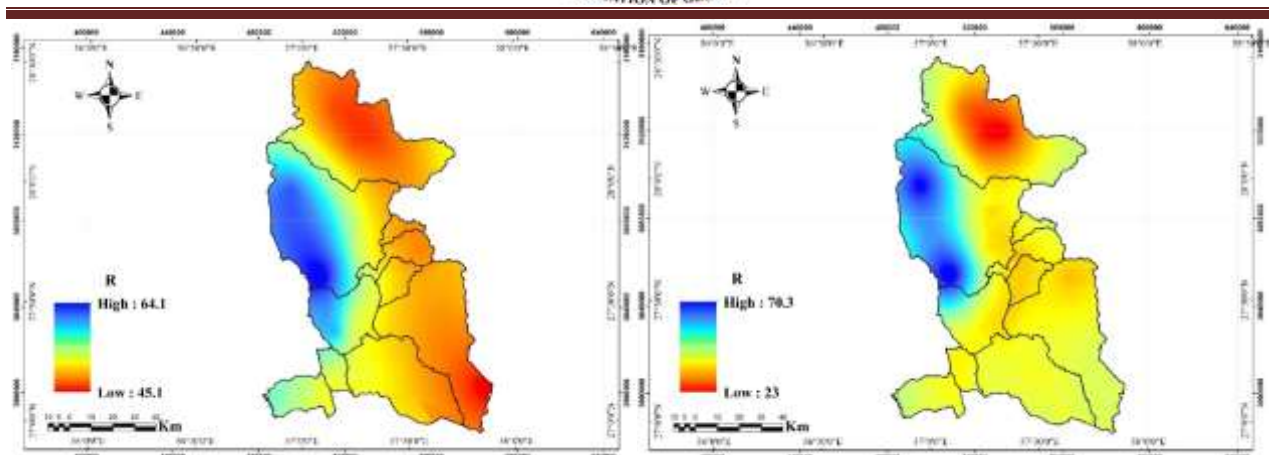
داده	رزولیشن / ماهیت	کاربرد	منابع داده‌ها
بارش ماهانه ایستگاه‌های هواشناسی	نقطه ای	لایه R	سازمان هواشناسی کشور
بارش ماهانه مدل‌های اقلیمی	۲۵×۲۵ کیلومتر	لایه R	gisweb.ciat.cgiar.org
بافت خاک	نقطه ای	عامل P	جهاد کشاورزی استان هرمزگان و نقشه واحدهای اراضی (پژوهشگران)
لایه رقومی SRTM	۳۰ متر	لایه LS	earthexplorer.usgs.gov
تصاویر ماهواره لندست	۳۰ متر	عامل C	



۴-۱- نتایج اجرای مدل RUSLE در دو دوره ۲۰۰۹-۲۰۱۰ و ۲۰۱۰-۲۰۱۹

جدول ۲، پارامترهای آماری لایه‌های فرساینده‌گی بارش در سال ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰

اسفند ماه ۱۴۰۱ - دانشگاه تهران

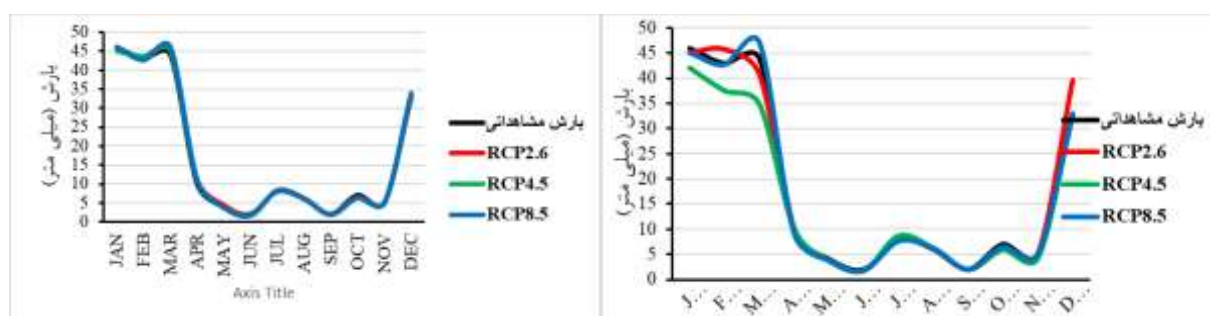


شکل ۴، فرسایش حوضه میناب در دوره ۲۰۲۰-۲۰۱۰

شکل ۳، فرسایش حوضه میناب در دوره ۲۰۱۰-۲۰۰۰

۲-۴- نتایج پیش‌یابی بارش و عامل فرساینده‌گی آن (R)

اشکال ۵ و ۶، مقایسه بین پیش‌یابی مدل‌ها و سناریوهای اقلیمی مورد استفاده با داده‌های مشاهداتی (میانگین بارش ماهانه از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ در ایستگاه سینوپتیک میناب) را نشان می‌دهد. اختلاف چندانی بین نتایج پیش‌یابی مدل BCC-CSM2-MR و مقدار مشاهداتی وجود ندارد، لذا می‌توان گفت مدل در سناریوهای مختلف عملکرد خوبی داشته است. از بین سناریوهای مورد استفاده، سناریوی ۸/۵ کم‌ترین خطا را داشته و در انتها سناریو ۴/۵ قرار می‌گیرد (جدول ۳). در مورد مدل CanESM5 نیز اختلاف زیادی بین مقادیر مشاهداتی و مقادیر پیش‌یابی شده وجود ندارد؛ هرچند برای سال‌های دورتر مانند ۲۰۴۰ اختلاف بیش‌تر می‌شود، نتایج سناریوهای مختلف نیز تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند (جدول ۳).



شکل ۵، مقایسه نتایج مدل BCC-CSM2-MR و مقادیر مشاهداتی

شکل ۶، مقایسه نتایج مدل CanESM5 و مقادیر مشاهداتی

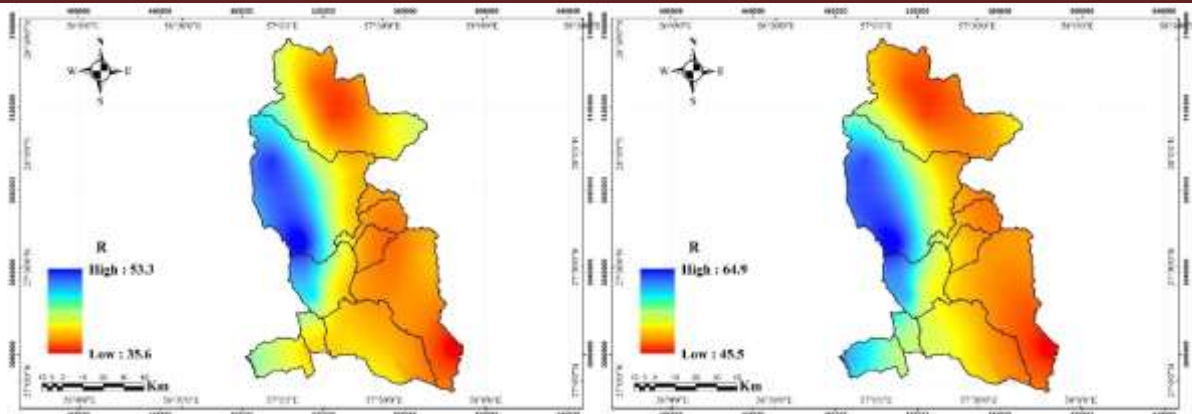
جدول ۳، آماره‌های خطا در مدل‌های تغییر اقلیم مورد استفاده

	SSP 2.6		SSP 4.5		SSP 8.5	
	BCC-CSM2-MR	CanESM5	BCC-CSM2-MR	CanESM5	BCC-CSM2-MR	CanESM5
MAD	۱/۳۰۷	۰/۳۷۵	۱/۸۲۰	۰/۵۴۲	۰/۵۶۰	۰/۵۲۱
MSE	۲/۳۹۰	۰/۵۲۴	۳/۲۹۴	۰/۶۷۰	۱/۰۱۶	۰/۷۹۱

جدول ۴ پارامترهای آماری و شکل‌های ۷ تا ۱۲ توزیع عامل فرساینده‌ی باران را تحت مدل‌ها و سناریوهای مختلف اقلیمی، در حوضه میناب نشان می‌دهد.

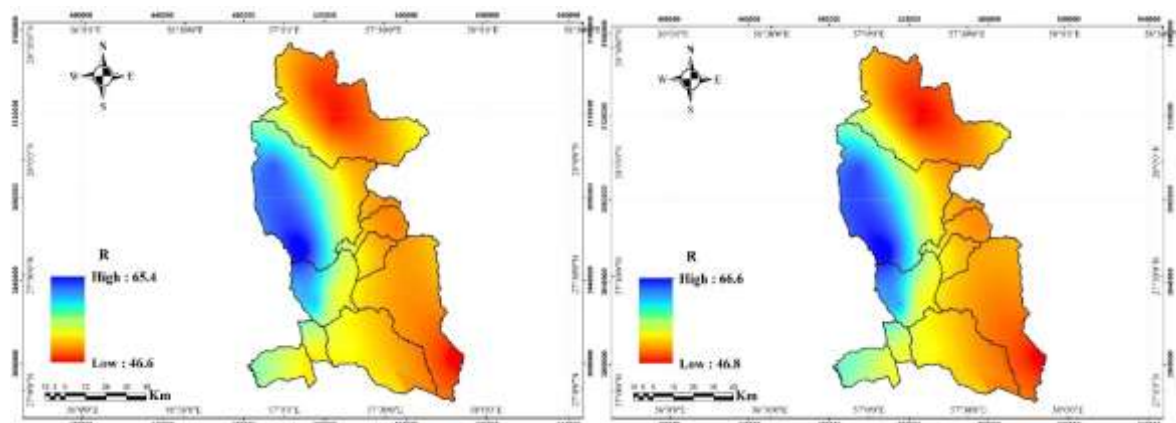
جدول ۴، پارامترهای آماری نقشه‌های فرساینده‌ی بارش در دو مدل و سناریوهای مختلف اقلیمی

SSP 2.6		SSP 4.5		SSP 8.5		
BCC-CSM2-MR	CanESM5	BCC-CSM2-MR	CanESM5	BCC-CSM2-MR	CanESM5	
۲/۶۴	۲/۷	۲/۰۶	۲/۶۹	۲/۷۱	۲/۷	حداقل
۴/۱۷	۴/۲	۳/۵۶	۴/۱	۴/۲۶	۴/۲	حداکثر
۳/۱۱	۳/۱۴	۲/۴۸	۳/۱۴۲	۳/۱۸	۳/۲۱	میانگین
۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۲۶	انحراف معیار



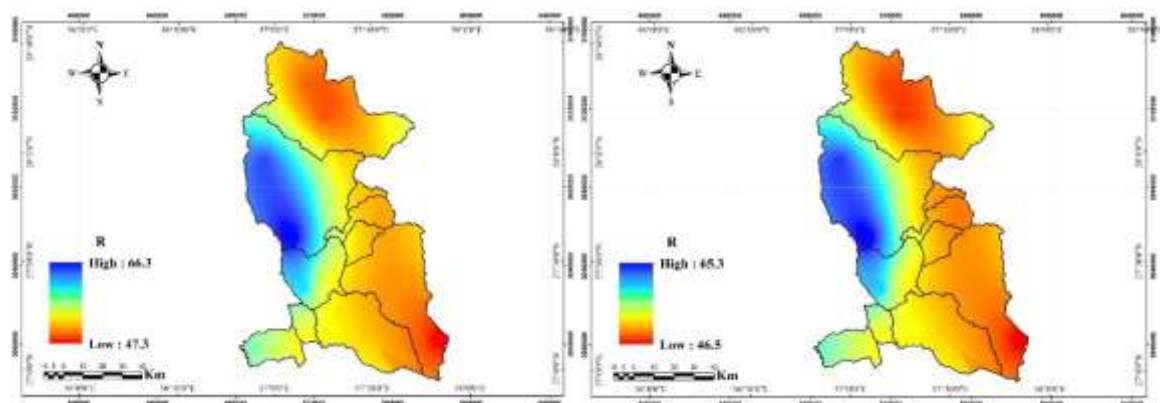
شکل ۸، لایه R (مدل BCC-CSM2-MR SSP4.5)

شکل ۷، لایه R (مدل BCC-CSM2-MR SSP2.6)



شکل ۱۰، لایه R (مدل CanESM5 SSP2.6)

شکل ۹، لایه R (مدل BCC-CSM2-MR SSP8.5)



شکل ۱۲، لایه R (سناریوی SSP8.5 در مدل CanESM5)

شکل ۱۱، لایه R (سناریوی SSP4.5 در مدل CanESM5)

۵- بحث و نتیجه گیری

میزان میانگین لایه فرساینده گی باران در سال ۲۰۱۰، ۴۱/۵۷ به دست آمد، در حالی که در سال ۲۰۲۰ این مقدار

به عدد ۵۲/۰۱ رسیده است. این روند افزایشی با نتایج گوپتا و کومار^{۱۳} (۲۰۱۷) همخوانی دارد. بر طبق نتایج حاصله، هرچند سناریوها و مدل های اقلیمی مقادیر مختلفی از بارش و به تبع آن عامل فرساینده گی باران را پیش یابی کرده اند، (سناریو ۴/۵ کم ترین مقدار، سناریو ۲/۶ در رتبه بعدی و سناریو ۸/۵ بالاترین مقدار)، آنالیز داده های بارش حاصل از مدل های اقلیمی، افزایش عامل فرساینده گی باران را در آینده نزدیک (۲۰۴۰) نشان می دهد. این نتیجه با نتایج بذرافشان و همکاران (۱۳۹۸) مطابقت دارد. با توجه به اهمیت لایه فرساینده گی باران در مبحث فرسایش آبی و در حوضه میناب بطور خاص (میرزاده کوهشاهی، ۱۴۰۱)، به نظر می رسد در صورت ثابت ماندن سایر عوامل تأثیرگذار بر فرسایش، در آینده نزدیک شاهد افزایش فرسایش و هدررفت خاک در حوضه میناب باشیم.

۶- مراجع

عظیمی سردری، محمدرضا، بذرافشان، ام البنین، پاناگوپولوس، توماس، رفیعی ساردوئی، الهام، ارزیابی حال و آینده مقدار فرسایش خاک در حوزه آبخیز سد استقلال میناب با بهره گیری از مدل RUSLE-3D و سناریوهای تغییر اقلیم، مدیریت بیابان، دوره ۷، شماره ۱۴، ۱۱۹-۱۳۹، تهران، ۱۳۹۸.

میرزاده کوهشاهی، فرزانه، ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر میزان فرسایش خاک در حوضه آبخیز میناب، پایان نامه کارشناسی ارشد آب و هواشناسی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ۸۵ صفحه، ۱۴۰۱

Chuenchum, P., Xu, M. and Tang, W., Predicted trends of soil erosion and sediment yield from future land use and climate change scenarios in the Lancang–Mekong River by using the modified RUSLE model, International Soil and Water Conservation Research, 8(3), pp.213-227, 2020.

Colman, C.B.; Oliveira, P.T.S.; Almagro, A.; Soares-Filho, B.S.; Rodrigues, D.B., Effects of climate and land-cover changes on soil erosion in Brazilian pantanal. Sustainability .11, 7053, 2019.

Galdies, C., Azzopardi, D. and Sacco, A., Estimates of soil erosion rates in a principal watershed in Gozo, Malta under current and future climatic conditions, CATENA, 210, p.105900, 2022.

Gupta, S. and Kumar, S., Simulating climate change impact on soil erosion using RUSLE model– A case study in a watershed of mid-Himalayan landscape, Journal of Earth System Science, 126(3), pp.1-20, 2017.

Nearing, M.A., Pruski, F.F., O'Neal, M.R., Expected climate change impacts on soil erosion rates: a review, J. Soil Water Conserv. 59 (1), 43–50, 2004.

¹³ Gupta and Kumar

Rani, R.S., Rejani, R., Kumar, G.M., Lakshmi, Y.S. and Srinivas, D.K., Impact of Climate Change on Soil Loss in Mudhole Watershed of Telangana using GIS and RUSLE, Indian Journal of Dryland Agricultural Research and Development, 34(1), pp.47-52, 2019.

Routschek, A.; Schmidt, J.; Kreienkamp, F., Impact of climate change on soil erosion—a high-resolution projection on catchment scale until 2100 in Saxony/Germany. Catena, 121, 99–109, 2014.

Sun, G. E., McNulty, S. G., Moore, J., Bunch, C., & Ni, J., Potential impacts of climate change on rainfall erosivity and water availability in China in the next 100 years, Proceedings of the 12th International Soil Conservation Organization. Beijing, China. Pp 244-250., 2002.

Talchabhadel, R., Nakagawa, H., Kawaike, K., Yamanoi, K., & Aryal, A., Future assessment of rainfall erosivity (R-factor) in West Rapti Basin, Nepal based on RUSLE and CMIP5 climate models, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering), 75(2), I_1141-I_1146, 2019.

Wang, L., Cherkauer, K.A. and Flanagan, D.C., Impacts of climate change on soil erosion in the Great Lakes region, Water, 10(6), p.715, 2018.

ارزیابی پتانسیل خطر وقوع زمین لغزش با استفاده از مدل میانگین وزنی مرتب شده (OWA)

(مطالعه موردی: حوضه آبریز وانق، استان آذربایجان شرقی)

Case)Evaluating the landslide risk potential using the ordered weighted average (OWA)
model(study: Abriz Vanagh basin, East Azerbaijan Province

^۱ توحید رحیم پور، ^۲ محمدحسین رضائی مقدم

^۱ دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز t.rahimpour@tabrizu.ac.ir

^۲ استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز Rezmogh@tabrizu.ac.ir

چکیده

هدف از این تحقیق ارزیابی پتانسیل خطر وقوع زمین لغزش در حوضه آبریز وانق با استفاده از مدل میانگین وزنی مرتب شده (OWA) می باشد. بدین منظور، لایه های اطلاعاتی مربوط به ۱۱ پارامتر مؤثر در وقوع زمین لغزش شامل زمین شناسی، کاربری اراضی، شاخص تراکم پوشش گیاهی، شیب، جهت شیب، ارتفاع، بارش، فاصله از آبراهه، فاصله از گسل، تراکم آبراهه و تراکم گسل با استفاده از نرم افزار ArcGIS تهیه شد. در مرحله بعد جهت تعیین وزن معیارها با استفاده از مدل OWA از نرم افزار Idrisi استفاده شد. در نهایت، با تلفیق این لایه ها با توجه به وزن محاسبه شده برای هر پارامتر، نقشه ی پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش در محیط GIS به دست آمد. نقشه پهنه بندی از لحاظ خطر وقوع زمین لغزش، حوضه را به پنج طبقه خطر خیلی زیاد، زیاد، خطر متوسط، کم و خیلی کم طبقه بندی نمود. نتایج نشان داد که طبقه متوسط با ۱۱۶ کیلومتر مربع بیشترین مساحت را داشته است.

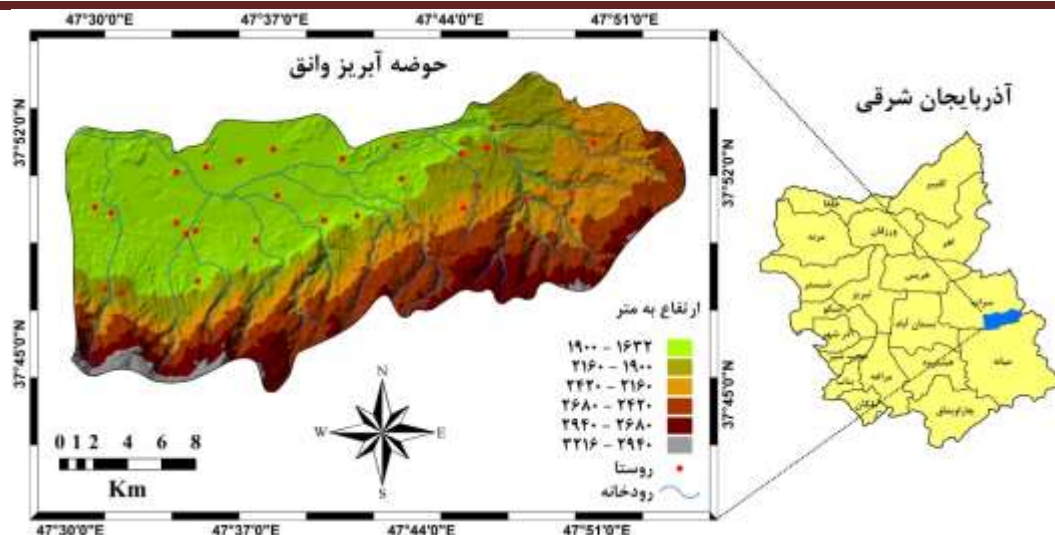
کلمات کلیدی: زمین لغزش، پهنه بندی، GIS، OWA، حوضه آبریز وانق

۱- مقدمه

پدیده زمین لغزش یک از پدیده های مهم و قابل توجه در مسائل زیست محیطی، آبخیزداری و منابع طبیعی می باشد. اهمیت زمین لغزش ها را می توان از دیدگاه های گوناگونی مورد بحث و بررسی قرار داد. مهم ترین دلیل با اهمیت بودن این پدیده، خسارت های جانی و مالی ناشی از به وقوع پیوستن آن ها می باشد (رجب زاده، ۱۳۹۲: ۲). ایران به دلیل توپوگرافی عمدتاً کوهستانی، فعالیت زمین ساختی و لرزه خیزی زیاد، پتانسیل طبیعی برای زمین لغزش های گسترده را دارد (نیک اندیش، ۱۳۷۶: ۱۶). بر اساس برآوردهای اولیه در ایران سالانه حدود ۵۰۰ میلیارد ریال خسارت مالی از طریق وقوع زمین لغزش وارد می شود (حسین زاده و همکاران، ۱۳۸۸: ۲۷). یکی از بهترین روش های جلوگیری از وقوع زمین لغزش و خسارت ناشی از آن، تهیه نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش می باشد. پهنه بندی خطر زمین لغزش شامل تقسیم بندی سطح زمین به مناطق مجزا و رتبه بندی این مناطق بر اساس درجه ی واقعی یا قابلیت مخاطره ای ناشی از بروز زمین لغزش روی شیب دامنه هاست (شریعت جعفری، ۱۳۷۵: ۱۴۸). امروزه به واسطه توسعه سریع قدرت پردازش کامپیوترها و فناوری سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، تعداد وسیعی از روش های کمی و آماری در ارزیابی حساسیت رخداد زمین لغزش گسترش یافته است (وانگ، ۲۰۱۳: ۸۱). از جمله این مدل ها می توان به مدل هایی مثل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، فرآیند تحلیل شبکه ای (ANP)، شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، مدل LNR و مدل منطق فازی و غیره اشاره کرد. بنابراین تحقیق حاضر با هدف شناسایی عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش و پهنه بندی حوضه آبریز وابق به لحاظ وقوع این پدیده با استفاده از مدل میانگین وزنی مرتب شده (OWA) و سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام شده است.

۲- منطقه مورد مطالعه

حوضه ی آبریز وائق با مساحت ۴۲۱ کیلومترمربع در استان آذربایجان شرقی و در جنوب شهرستان سراب قرار دارد. این حوضه از نظر موقعیت جغرافیایی بین ۴۷°-۲۸'۵۵" تا ۴۷°-۵۳'-۴۵" طول شرقی و ۳۷°-۴۴'-۱۴" تا ۵۱°-۳۷' عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). حداکثر ارتفاع منطقه ۳۲۱۶ متر در ارتفاعات رشته کوه بزقوش بوده و حداقل ارتفاع حوضه با ۱۶۳۲ متر ارتفاع از سطح دریا در پایین دست منطقه قرار دارد. این حوضه جزو زیرحوضه های حوضه آبریز دریاچه ارومیه محسوب می شود که آب های سطحی آن پس از پیوستن به رودخانه آجی چای به دریاچه ارومیه می ریزد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوزه آبریز وابق در استان آذربایجان شرقی

۳- مواد و روش ها

در تحقیق حاضر از مدل میانگین وزنی مرتب شده به منظور پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوزه آبریز وابق استفاده شده است. روش میانگین وزنی مرتب شده (OWA) اولین بار توسط یاگر در سال ۱۹۸۸ معرفی شد. عملگر OWA نگاشتی از فضای n بعدی به فضای یک بعدی J که $f: I^n \rightarrow J$ در آن با یک بردار وابسته وزنی $w_i = (w_1; w_2; \dots; w_k)$ سروکار داریم. بازه I بیانگر مجموعه مقادیری است که می خواهند با یکدیگر جمع گردند و J بیانگر جواب های متناظر همگرا شده است. عملگر OWA، یک عملگر تجمیعی با بردار وزن متناظر $W \in [0,1]^n$ و $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ است به طوری که:

$$F_w(X) = \quad (1)$$

که در آن b_i ، i امین مقدار بزرگ مجموعه مرتب شده صعودی به نزولی مجموعه $X \in I^n$ است. جهت محاسبه بردار وزن عملگر OWA دو روش رایج وجود دارد: در روش اول، بردار وزن با استفاده از داده های نمونه محاسبه می شود. در این روش که به neatOWA معروف است وزن داده ها به صورت تابعی از مقادیری که می خواهند با هم جمع گردند محاسبه می شود. جهت محاسبه آن از رابطه زیر استفاده می شود:

$$W_i = \quad (2)$$

$$\frac{x_i^a}{\sum_i x_i^a}, \quad \alpha \geq 0$$

در نتیجه:

$$\text{neatOWA}_w(X_1, \dots, X_n) = \quad (3)$$

$$\frac{\sum_i X_i^{\alpha+1}}{\sum_i X_i^{\alpha}}, \quad \alpha \geq 0$$

پارامتر α ، پارامتر تصمیم است که می‌تواند بر اساس تجربیات تصمیم‌گیر معین شده و یا جایگزین درجه α و $\alpha = 0$ در نظر گرفته شود. عملگر به یک عملگر میانگین‌گیری ساده تبدیل می‌شود و اگر $\alpha = \infty$ در نظر گرفته شود، عملگر به یک عملگر ماکزیمم تبدیل می‌شود. در روش دوم، بردار وزن با استفاده از کمیت سنج‌های زبانی محاسبه می‌شود. این روش که توسط یاگر در سال ۱۹۹۹ پیشنهاد شده از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

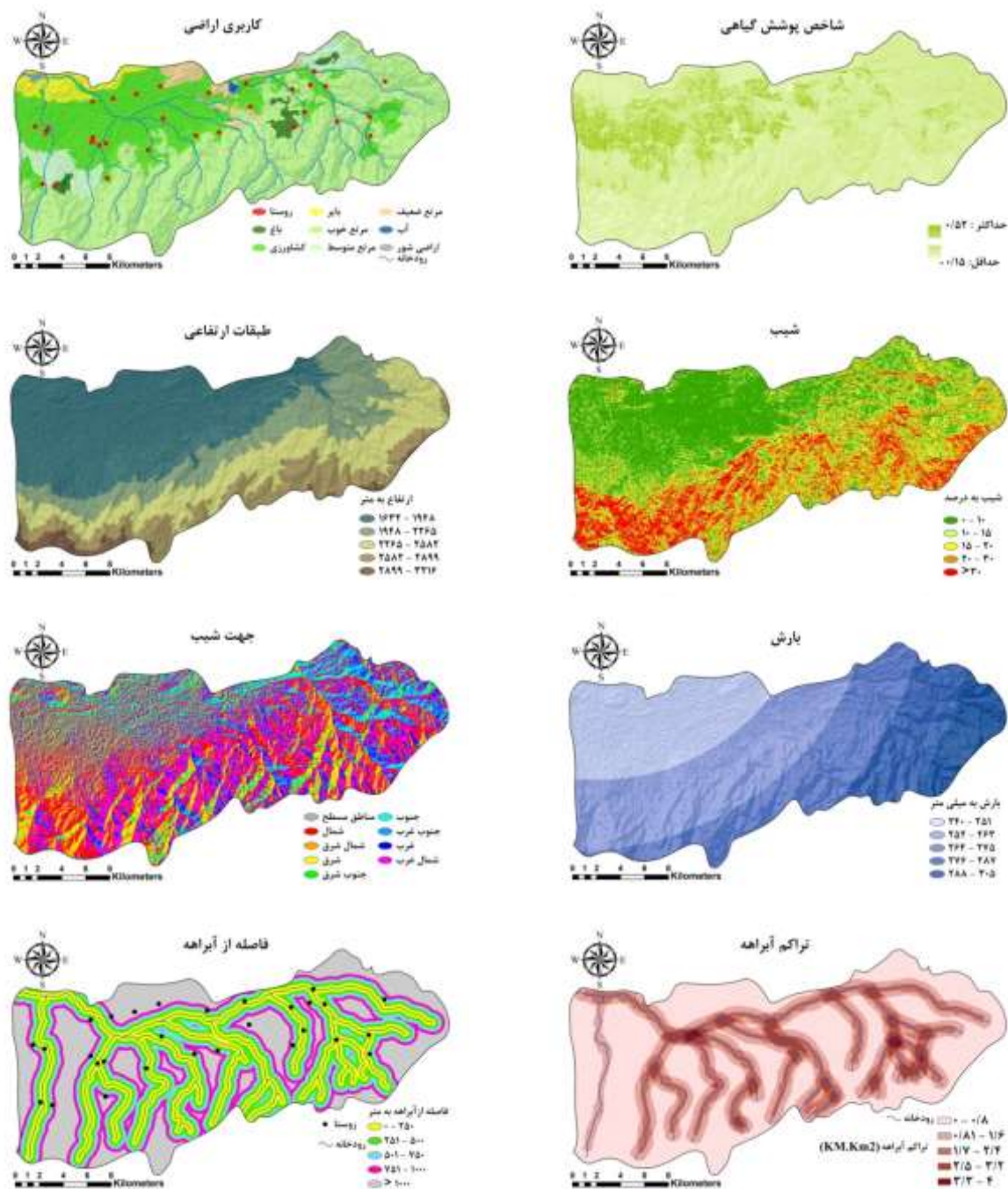
$$W_i = \quad (4)$$

$$Q\left(\frac{i}{n}\right) - Q\left(\frac{i-1}{n}\right), \quad i = 1, \dots, n$$

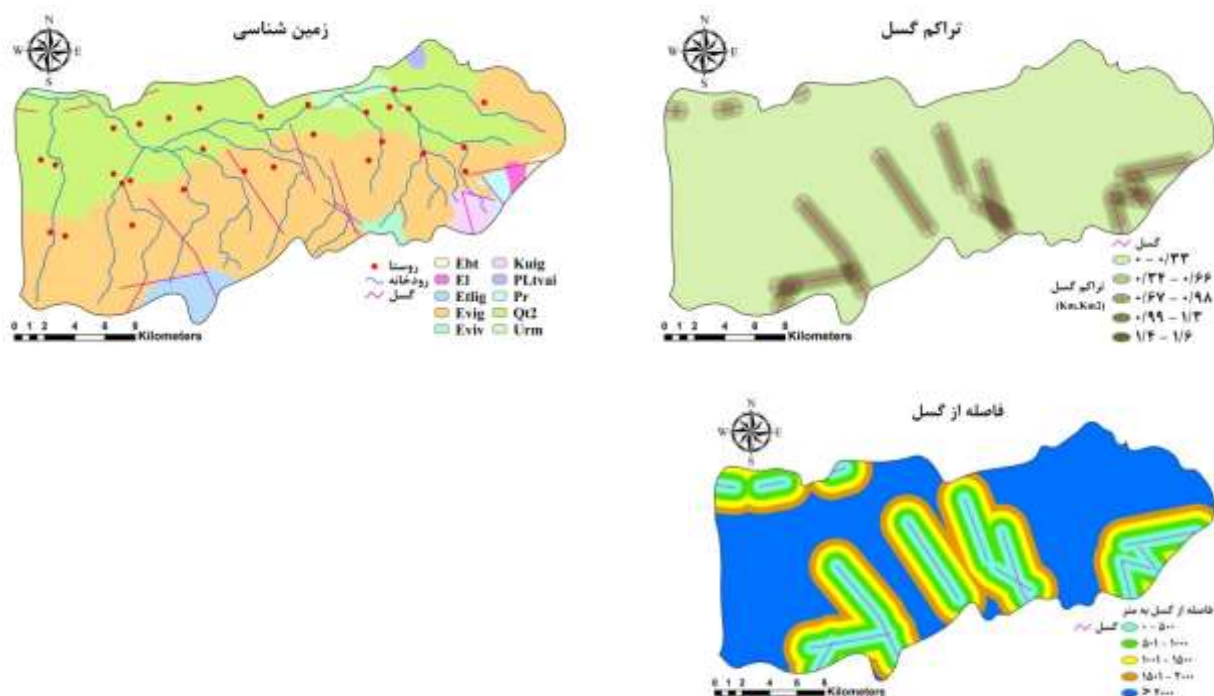
که در آن i ، شماره شاخص و n ، تعداد شاخص‌ها می‌باشد. Q ، نیز یک کمیت‌سنج زبانی است که مفهوم اکثریت فازی را منعکس نموده و برای محاسبه بردار وزن عملگر تجمیع استفاده می‌شود. عملگر OWA شامل $\max$ و $\min$ فازی بوده که عملگر $\min$ مطابق با AND منطقی و عملگر $\max$ مطابق با OR منطقی می‌باشد (مالچفسکی، ۱۹۹۹). از آنجا که توابع عضویت فازی در نرم‌افزار Idrisi وجود دارند، وزن‌دهی و مقایسه معیارها در نرم‌افزار Idrisi صورت گرفته است.

۴- نتایج

در تحقیق حاضر به بررسی ۱۱ پارامتر از مهم‌ترین عوامل مؤثر در وقوع پدیده زمین‌لغزش با توجه به استفاده از تجربیات کارشناسان و پژوهشگران در بررسی‌های صورت گرفته در مناطق مختلف پرداخته شده است که عبارت‌اند از: کاربری اراضی، پوشش گیاهی، ارتفاع، شیب، جهت شیب، بارش، فاصله از آبراهه، تراکم آبراهه، زمین‌شناسی، تراکم گسل و فاصله از گسل (شکل ۲). تمامی لایه‌های اطلاعاتی پس از تهیه در نرم‌افزار ArcGIS با توجه به اهمیت‌شان در وقوع زمین‌لغزش در نرم‌افزار Idrisi با استفاده از مدل OWA مورد بررسی قرار گرفتند.

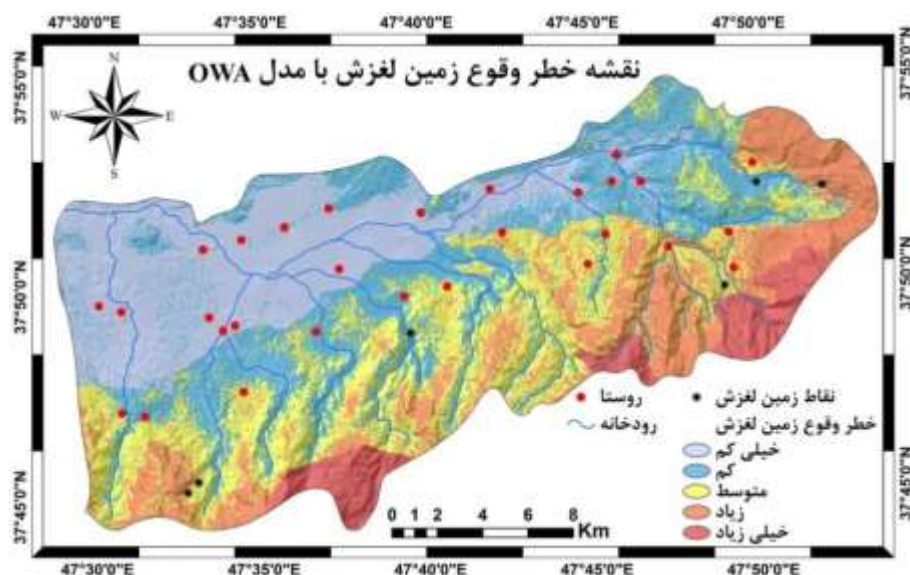


شکل ۲. نقشه لایه‌های اطلاعاتی



ادامه شکل ۲. نقشه لایه های اطلاعاتی

پس از مشخص شدن وزن نهایی هر یک از پارامترها، اقدام به تهیه نقشه خطر پهنه بندی وقوع زمین لغزش گردید. بدین صورت که وزن نهایی هر یک از پارامترها به لایه اطلاعاتی شان در محیط Raster Calculator اعمال شد و با همپوشانی این لایه ها نقشه پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش برای حوضه آبریز وابق در ۵ کلاس از خطر خیلی کم تا خیلی زیاد به دست آمد (شکل ۳).



شکل ۳. نقشه پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش با مدل OWA

۵- بحث و نتیجه گیری

تحقیق حاضر با هدف پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش برای حوضه آبریز وانق واقع در استان آذربایجان شرقی با استفاده از میانگین وزنی مرتب شده انجام شد. نقشه پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش در حوضه در پنج طبقه با خطر خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم تهیه شد. بر این اساس در مدل OWA از کل مساحت منطقه مورد مطالعه حدود ۲۸ کیلومترمربع (۷٪) مناطق با خطر خیلی زیاد، حدود ۶۷ کیلومترمربع (۱۶٪) مناطق با خطر زیاد، ۱۱۶ کیلومترمربع (۲۸٪) مناطق با خطر متوسط، حدود ۱۰۴ کیلومترمربع (۲۴٪) مناطق با خطر کم و ۱۰۶ کیلومترمربع (۲۵٪) از منطقه مورد مطالعه با خطرپذیری خیلی کم برای ایجاد زمین لغزش را در بر می گیرد. همچنین مقایسه ی نقشه پهنه بندی و نقاط پراکنش زمین لغزش گویای این مطلب است که حدود ۶۷ درصد لغزش ها در پهنه های خطر متوسط و زیاد اتفاق افتاده اند.

مراجع

- حسین زاده، محمدمهدی، ثروتی، محمدرضا، منصوری، عادل، میرباقری، بابک؛ خضری، سعید، پهنه بندی ریسک وقوع حرکات توده ای با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک، فصلنامه زمین شناسی ایران، سال ۳، شماره ۱۱، صص ۳۷-۲۷، ۱۳۸۸
- رجب زاده، حمیدرضا، ارزیابی و پهنه بندی احتمال خطر زمین لغزش در حوضه آبریز گدار چای نقده با استفاده از GIS، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، ۱۱۶ صفحه، ۱۳۹۲.
- شریعت جعفری، محسن، زمین لغزش (مبانی و اصول پایداری شیب های طبیعی)، تهران، انتشارات سازه، ۲۱۸ صفحه، ۱۳۷۵.
- نیک اندیش، نسرين، نگرشی بر اهمیت حرکات توده ای زمین در ایران، نشریه جهاد سازندگی، شماره ۱۵۵، سال دوازدهم، ۱۳۷۶.

Malczewski, J. (1999), GIS and Multicriteria Decision Analysis, New York: J. Wiley & Sons, 408 p.

Wang, L.j. Kazuhide, S. Shuji, M. (2013), Landslide susceptibility analysis with logistic regression model based On FCM sampling strategy, Computers & Geosciences, 57, pp. 81-92.

Yager, R. R. (1988), On ordered weighted averaging aggregation operators in multi-criteria decision making, IEEE, Transaction on Systems, Man, and Cybernetics, 8, 183-190.

ارزیابی تأثیر تغییرات خطوط ساحلی بر بنادر شرق هرمزگان (سیریک و کوه مبارک)

Evaluation of the impact of changes in coastlines on the eastern ports of Hormozgan (Sirik and Kouh Mubarak)

^۱ علیرضا صالحی پور میلانی، ^۲ صبا پاکزاد اصل

^۱ دانشگاه شهید بهشتی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

^۲ دانشگاه شهید بهشتی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

چکیده

بنادر شرق هرمزگان اهمیت استراتژیکی زیادی دارد و طرح کلان توسعه آن به منظور بهره‌برداری از پتانسیل‌های این منطقه ساحلی در حال اجراست. از این رو، ارزیابی پایداری سواحل این منطقه اهمیت زیادی دارد و می‌تواند به برنامه ریزان در جهت بهره‌برداری بهتر از این سواحل کمک کند. تغییرات خطوط ساحلی، سیریک، کوه مبارک در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱. مرز است. پهنه آبی در این سواحل، با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای لندست و بهره‌گیری از شاخص NDWI استخراج شد. تغییرات کمی خطوط ساحلی نیز با استفاده از افزونه سامانه تحلیل خطوط ساحلی DSAS مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که روند غالب در زمینه تغییرات خطوط ساحلی در هر دو منطقه با توجه به شاخص EPR به صورت پیشروی خط ساحلی به مقدار ۱/۰۹ متر در سال در بندر کوه مبارک و ۰/۸۴ متر در سال در بندر سیریک است ولی در کنار موج‌شکن‌های اسکله‌ها این روند پیشروی خط ساحل افزایش یافته و به حدود ۱۷۰ متر در بندر کوه مبارک و حدود ۱۱۴ متر در بندر سیریک می‌رسد. با این وجود پس‌روی‌هایی نیز در بخش‌های شمالی بنادر مشاهده می‌شود که با وجود سرعت بسیار اندک این پس‌روی در آینده می‌تواند به در فرسایش خطوط ساحلی این زیادی بگذارد.

واژگان کلیدی: پایش خطوط ساحلی، سامانه تجزیه و تحلیل رقومی خطوط ساحلی، سیریک، کوه مبارک

توسعه سازه های ساحلی در مناطق مختلف جهان به دلیل اهمیت استراتژیک بنادر از اهمیت زیادی برخوردار است. در ایران نیز به دلیل نقش اقتصادی و سیاسی بنادر توسعه کشور امروزه توجه ویژه ای توسعه این بنادر به خصوص دریای عمان می شود. سه بندر واقع در شرق استان هرمزگان شامل بندر جاسک، کوه مبارک و سیریک از اهمیت فراوانی در حوزه نظامی و صیادی برخوردار هستند و پایداری عملکردی آنها ارتباط بسیار زیادی به پایداری خط ساحل دارد. تغییرات خط ساحلی در قالب پیشروی و پسروی خطوط ساحلی می تواند بر بهره برداری از این بنادر تأثیر بگذارد. عوامل متعددی بر تغییر شکل خط های ساحلی این منطقه تأثیر می گذارد که می توان به فرآیندهای ائوستاتیکی، ایزوستازی و همچنین فرایندهای مورفودینامیکی دریایی همانند جریان های دریایی، جزر و مد، نیروی باد و موج از طریق (حمل، فرسایش و رسوب گذاری) اشاره نمود که می تواند سبب تحول و پیش روی و پسروی خط های ساحلی این منطقه گردد. در کنار این موارد تأثیر رویدادهای مخرب طبیعی طوفان های حاره ای همانند گونو (Salehipour et al, 2010) و همچنین بارش های سنگین و سیلاب های مخرب را در این منطقه نمی توان نادیده گرفت. علاوه بر فرایندهای طبیعی، افزایش فعالیت های انسانی در سه دهه گذشته تأثیر زیادی بر پهنه ساحلی گذارده است و مجموعه این عوامل در سه دهه گذشته تأثیر زیادی بر پهنه ساحلی به خصوص بر بنادر ساحلی این منطقه. از این رو ارزیابی تغییرات خطوط ساحلی این بنادر می تواند اطلاعات ارزشمندی را در اختیار دستگاه های اجرایی به خصوص بنادر و کشتیرانی داشته باشد. در ارزیابی تغییرات خطوط ساحلی از تکنیک های متعددی استفاده می شود که سامانه DSAS عملکرد مناسبی داشته و مطالعات متعددی در سطح جهان به از طریق این نرم افزار انجام گرفته است.

Murali و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از تصاویر ماهواره ای و ابزار DSAS تغییرات خطوط ساحلی اودیشا^{۱۴} در هند را مورد مطالعه قرارداد. Tsokos و همکاران (۲۰۱۸) سه تکنیک سنجش از دور را به منظور تعیین میزان جابجایی خطوط ساحلی در طول بخشی از خلیج کورینس^{۱۵} یونان بکار برد. Natesan و همکاران (۲۰۱۵) تغییرات خطوط ساحلی را در طول سواحل تامیل نادو^{۱۶} هند با استفاده از تصاویر ماهواره ای MSS، TM، ETM و OLI لندست و ابزار DSAS ارزیابی نمود. Vassilakis and Papadopoulou-Vrynioti (۲۰۱۴)، تغییرات خط ساحلی را در طول ساحل ایستایا^{۱۷} یونان بر اساس تکنیک های متعدد مورد بررسی قرارداد. Aedla و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی تغییرات خطوط ساحلی از روش یکسان سازی هیستوگرام^{۱۸} و تکنیک های آستانه گذاری تطبیقی^{۱۹} به همراه DSAS استفاده

¹⁴-Odisha

¹⁵-Corinth Gulf

¹⁶-Tamil Nadu

¹⁷-Istiaia

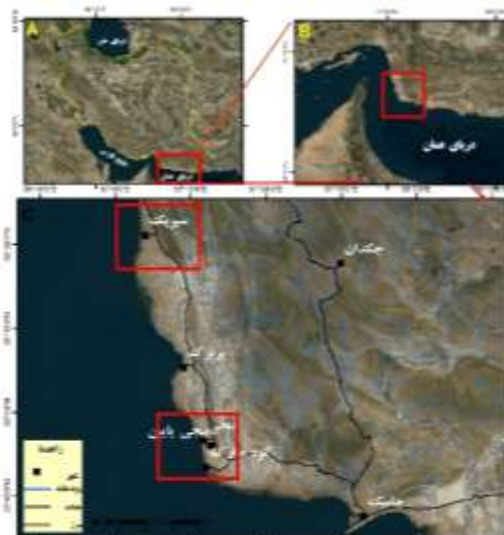
نمود. همچنین Abou Samr and Ali^{۲۰} (۲۰۲۰) تغییرات خطوط ساحلی را در ۴ منطقه از دلتای رود نیل را ارزیابی نمودند.

در زمینه بررسی تغییرات خطوط ساحلی در ایران مطالعات متعددی انجام گرفته است. از آن جمله می توان به مطالعه ای که در جنوب شرق دریای خزر انجام گرفته اشاره نمود که در آن Barghamadi (۱۳۹۹) جنوب شرق دریای کاسپین که شامل خلیج گرگان، لاگون و گمیشان واقع در مرز شمال شرقی ایران و ترکمنستان را به کمک افزونه DSAS در بازه زمانی سال های ۲۰۱۹، ۲۰۱۱، ۱۹۹۸، ۱۹۸۷، ۱۹۷۵ با تصویرهای ماهواره ای لندست مورد بررسی قرارداد و نتایج نشان دهنده آن است که در سال های ۱۹۹۸ و ۲۰۱۱ میلادی بیشترین میزان تغییرات خطوط ساحلی در سد ساحلی آشوراده و میانکاله روی داده است. Shayan و همکاران (۱۳۹۹) در حدفصل سال های ۱۹۵۶ تا ۲۰۱۷ به بررسی تغییرات خطوط ساحلی دلتاهای هراز، بابل رود و تلار با استفاده از DSAS پرداختند و نرخ پیشروی و پسروی خط ساحلی در دلتای هراز برابر ۰/۱۷ - متر، محدوده بابل رود برابر ۰/۰۵ + متر و برای محدوده تلار برابر ۰/۱۶ + متر برآورد کردند. Hajikarimi و همکاران (۱۳۹۹) در ساحل کرگانرود تغییرات خطوط ساحلی را مورد بررسی قرار دادند و یافته های پژوهش نشان می دهد که در منطقه مورد مطالعه، پیش روی و پسروی بیش تر تحت تأثیر نوسان آب دریا بوده است. هدف این مطالعه، بررسی تغییرات خطوط ساحلی در سه بندر سیریک و کوه مبارک در حدفصل سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ است. در این تحقیق به منظور دستیابی به اهداف پژوهش از تصاویر ماهواره ای لندست TM و TEM استفاده گردید.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه این تحقیق دو سیریک و کوه مبارک در شرق استان هرمزگان قرار دارد (شکل، ۱)

بندر چندمنظوره کوه مبارک در سواحل شهر کوه مبارک واقع شده است. منطقه کوه مبارک همواره یکی از مناطق مورد نظر جهت احداث بندر صیادی بوده است که مطالعات فاز ۱ این بندر سال ۱۳۶۹ انجام پذیرفته است. کار احداث این بندر از سال ۱۳۸۳ (۲۰۰۴ میلادی) آغاز گردیده و ساخت آن در سال ۱۳۸۹ (۲۰۱۰) پایان یافته و در حال حاضر دارای تأسیسات خاصی نمی باشد.



شکل ۱. نقشه بنادر منطقه مورد مطالعه

مواد و روش ها

در ابتدا تصحیحات رادیومتریک و اتمسفری بر روی تصاویر ماهواره ای انجام شد. تأثیر پارامترهای اتمسفری موجود بر روی این تصاویر کاهش یابد. در ادامه، بازه مقادیر تصاویر ماهواره ای بین صفر تا یک نرمال شد. برای استخراج خطوط ساحلی در منطقه مورد مطالعه نیز از شاخص های طیفی مربوط به محیط های آبی شامل MNDWI و بهترین شاخص برای استخراج پهنه آبی انتخاب شد. پس از استخراج خطوط ساحلی از تصاویر ماهواره ای به منظور مطالعه بهتر تغییرات این خطوط، منطقه مورد مطالعه از لحاظ ژئومورفولوژیکی به سه بخش سواحل ماسه ای، سدهای ساحلی و پادگانه های دریایی مطالعات به صورت مجزا بر روی آن انجام شد. خطوط ساحلی استخراج شده در مرحله قبل، به نرم افزار DSAS وارد و تغییرات خطوط ساحلی در این سامانه که افزونه ای در نرم افزار ArcGIS است محاسبه شد. این افزونه، آمار میزان تغییرات را برای یک سری از داده های بردار خط ساحلی محاسبه و با استفاده از فاصله هر نقطه اندازه گیری شده تا خط مبنا و تاریخ خطوط ساحلی استخراج شده، میزان تغییرات خطوط ساحلی را مشخص کرد.

نتایج

روند تغییرات خطوط ساحلی در بنادر مورد مطالعه

یکی از مهم ترین پدیده های دریایی در بنادر کشور پدیده فرسایش و رسوب گذاری است. این پدیده همزمان با احداث بنادر و بعد از آن در خطوط ساحلی کنار بنادر، در داخل حوضچه بنادر، اطراف سازه های دریایی، از اهمیت بسیار زیادی

در زمینه بهره‌برداری از بنادر دارد. به گونه‌ای که در صورت تشدید فرسایش و رسوب‌گذاری شدید در بنادر می‌تواند زمینه را برای اختلال در بهره‌برداری از این بنادر فراهم آورد. از این رو بررسی

پیشروی و پسروی خطوط ساحلی در قبل و بعد از ساخت بنادر و تعیین چگونگی حرکت رسوب و رسوب‌گذاری بعد از احداث سازه‌های دریایی، باید در همان فاز اول پروژه بررسی شود. با توجه به موقعیت ساحل، جهت حرکت و میزان انتقال رسوب و پتانسیل ساحل از لحاظ رسوب‌گذاری و یا فرسایش‌پذیری، می‌توان میزان بازدهی و مدت عمر پروژه بندری را تحت تأثیر خود قرار دهد.

به منظور ارزیابی تغییرات خطوط ساحلی و تأثیر آن بر بنادر، دو بندر مهم و صیادی کوه مبارک و سیریک مورد ارزیابی قرار گرفت. این بررسی‌ها در سه بازه زمانی ۲۰۰۰، ۲۰۰۹ و ۲۰۲۱ مورد ارزیابی قرار گرفت.

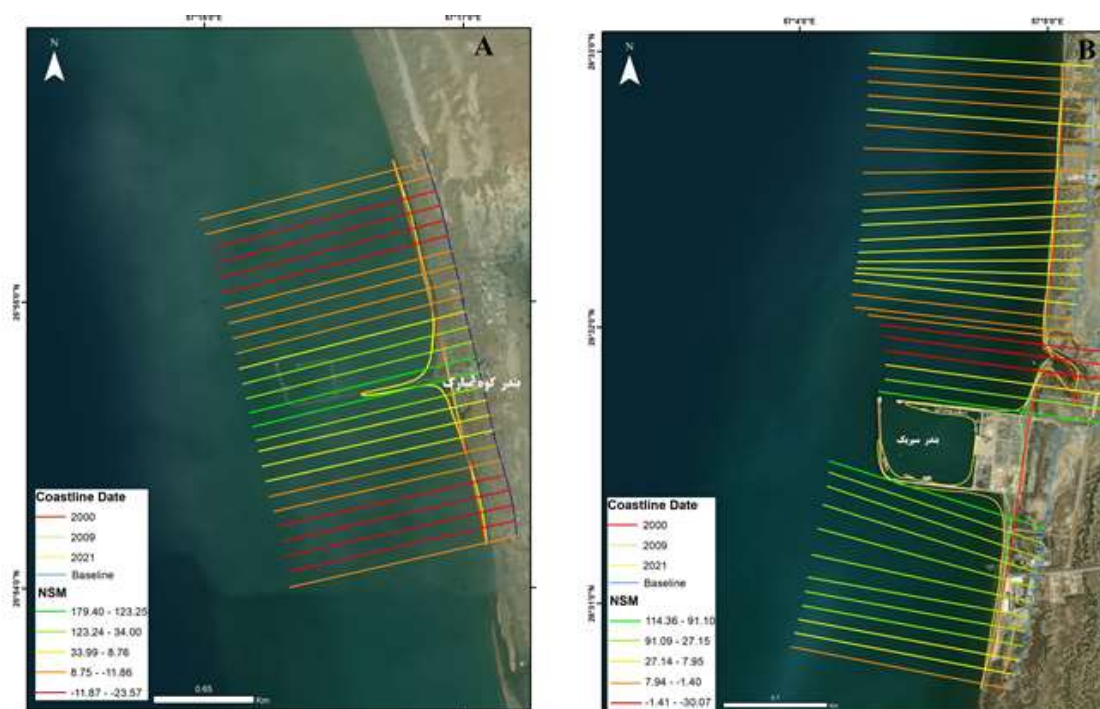
همان‌طور که در جدول ۱ و شکل مشاهده می‌شود، در بندر کوه مبارک در حداث سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ با توجه به شاخص EPR روند غالب به صورت پیشروی است. هرچند میزان این پیشروی در ساحل ۲.۵ کیلومتری بسیار کم و به میزان ۱/۰۹ متر در سال است ولی نشان‌دهنده نقش سازه‌های ساحلی در رسوب‌گذاری در خط ساحلی است. با توجه به همین شاخص بیشترین میزان پسروی در بخش جنوبی اسکله و موج‌شکن آن به میزان ۳۳.۳۴ متر در سال برآورد شده است که با توجه به دوره مورد مطالعه عدد قابل توجهی به شمار می‌آید. شاخص NSM نیز خود روند پیشروی خط ساحلی را نشان می‌دهد به گونه‌ای که نرخ خالص تغییرات در حدود ۱۷۴/۴ متر در سال بوده است. هرچند در برخی از بخش‌های شمالی این بندر فرسایشی در حدود ۲۳/۵۷ متر با توجه به شاخص NSM مشاهده شده است ولی نسبت به پیشروی خط ساحلی در این منطقه کمتر به شمار می‌آید. موج‌شکن‌ها و اسکله‌ها در بسیاری از موارد می‌تواند زمینه تجمع رسوبات را در مناطق مجاور خود فراهم آورند. قرا گرفتن موج‌شکن اسکله در راستای جریان‌های موازی ساحل منجر به فراهم آوردن فضایی آرام و همراه با سرعت جریان پائین تر موج را فراهم می‌آورد این امر باعث می‌شود که مؤلفه حمل رسوب در امتداد ساحل تبدیل به مؤلفه رسوب‌گذاری شده و زمینه را برای رسوب‌گذاری در کنار اسکله‌ها فراهم می‌آورد. این امر در اسکله کوه مبارک نیز مشاهده می‌شود. افزایش رسوب‌گذاری به ویژه در بخش جنوب موج‌شکن اسکله کوه مبارک منجر به افزایش رسوب‌گذاری و پیشروی خط ساحل در این منطقه شده است.

روند غالب رسوب‌گذاری و پیشروی خط ساحل در بندر سیریک نیز همانند بند کوه مبارک مشاهده می‌شود. ارزیابی شاخص EPR در این بخش از ساحل نشان می‌دهد که خط ساحلی در حداث سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ به طور متوسط به میزان ۰/۸۴ متر در سال پیش روی داشته است. با این وجود میزان پیروی خط ساحلی در برخی قسمت‌ها با توجه به همین شاخص ب ۷۲.۵ متر در سال و همچنین ۲/۳۲ متر پسروی در سال داشته است. بیشترین میزان

پیشروی در این اسکله صیادی دقیقاً در مجاورت موج‌شکن‌های اسکله مشاهده می‌شود به گونه‌ای که با توجه به شاخص NSM میزان پیشروی در طول دوره مورد مطالعه به ۱۱۴/۳۶ متر نیز می‌رسد. بافاصله گرفتن از اسکله به سمت شمال به دلیل دم افتادن حجم زیادی از رسوبات در بخش جنوبی اسکله و کاهش روند انتقال رسوب به بخش‌های شمالی اسکله به تدریج فرسایش در بخش شمالی اسکله مشاهده می‌شود به گونه‌ای که با توجه به شاخص SCE در بخش‌های شمالی اسکله حتی ۲۳/۵ متر در شمال بندر کوه مبارک و ۳۰ متر در بندر سیریک در حداثال سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ مشاهده می‌شود که رقم قابل توجهی است.

جدول ۱. تغییرات خطوط ساحلی در بنادر سیریک و کوه مبارک

بندر سیریک			بندر کوه مبارک		
تغییرات (متر)	روند	شاخص	تغییرات (متر)	روند	شاخص
۱۱۴/۳۶	پیشروی	NSM	۱۷۴/۴	پیشروی	NSM
-۳۰/۰۷	پسروی		-۲۳/۵۷	پسروی	
۱۷/۹۷	میانگین		۱۱/۶۹	میانگین	
۵/۷۲	پیشروی	EPR	۳۳/۳۴	پیشروی	EPR
-۳/۳۲	پسروی		-۵/۱۱	پسروی	
۰/۸۴	میانگین		۱/۰۹	میانگین	
۵/۷۲	پیشروی	LRR	۸/۹۳	پیشروی	LRR
-۱/۵	پسروی		-۱/۱۵	پسروی	
۳۴/۱۶	میانگین		۰/۵۹	میانگین	



شکل ۲. تغییرات خطوط ساحلی در بنادر A: کوه مبارک و B: سیریک

نتیجه گیری

یکی از مشکلات بنادر بزرگ و کوچک کشور موضوع رسوب گذاری در حوضچه و کانال دسترسی بنادر و تغییرات ساحل و بستر دریا پس از ساخت بندر است، به طوری که لایروبی رسوبات انباشته شده برای تأمین آبخوردن نیاز کشتی ها و استفاده بهینه از بنادر هزینه بسیار هنگفتی در بردارد. شناخت رسوب و مکانیسم رسوب گذاری و تغییرات خطوط ساحلی در اسکله ها می تواند در افزایش بهره وری از این بنادر نقش مهمی داشته باشد. در هر دو بندر کوه مبارک و سیریک تغییرات خطوط ساحلی به صورت پیشروی خط ساحلی است. سرعت پیشروی خطوط ساحلی در این بنادر به طور متوسط کم و در حدود $1/09$ متر در سال برای بندر کوه مبارک و $0/84$ متر در سال برای سیریک است. ولی در صورتی که شاخص SCE در ارزیابی در نظر گرفته شود مشخص می شود که در مناطق مجاور موج شن اسکله ها نرخ پیشروی به 189 متر و در سیریک به حدود 294 متر نیز در طول دوره مورد مطالعه و در حواصل سال های 2000 تا 2021 رسیده است. این امر نشان می دهد که هر چند نرخ رسوب گذاری به صورت میانگین در منطقه کم است ولی سرعت بسیار زیاد رسوب گذاری در کنار اسکله ها بسیار زیاد بوده و درازمدت می تواند بر بهره برداری این بنادر تأثیر منفی بگذارد. نکته دیگر در این بنادر نرخ فرسایش در مناطق شمالی هر دو اسکله است. با توجه به بررسی هایی که اکبری و همکاران (2014) انجام داده اند جهت ارائه شده برای جریان، نشان دهنده جریان در بندر کوه مبارک و سیریک سمت جنوب شرقی به شمال غربی و در انتهای آن از جنوب به شمال می باشد. با توجه به اطلاعات جریان، در ابتدای سواحل مقدار سرعت میانگین جریان $0/095$ و مقدار حداکثر آن $0/295$ متر بر ثانیه و در انتهای سواحل، مقدار سرعت میانگین جریان $0/082$ و مقدار حداکثر آن $0/215$ متر بر ثانیه می باشد. این امر باعث به دام افتادن رسوب در بخش جنوبی هر دو اسکله شده و به دلیل عدم انتقال رسوب به بخش های شمالی هر دو اسکله فرسایش در این منطقه غالب است. در صورت عدم تعادل بین انتقال رسوب بین بخش های شمالی و جنوبی این موج شک ها به تدریج روند فرسایشی در این بخش ها افزایش یافته و روند تخریب ساحل تشدید می شود.

منابع

- اکبری، محمد، سپهوند، خدایار، کریمی، مهدی. (2014). بررسی رسوب گذاری و جهت جریان آن با مدل سازی نرم افزاری جریان در سواحل کوه مبارک. فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی «سپهر»، 23 (89), $61-66$.
- Abou Samra, R. M., & Ali, R. R. 2020. Applying DSAS tool to detect coastal changes along Nile Delta, Egypt. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science.
- Aedla, R., Dwarakish, G.S. and Reddy, D.V., 2015. Automatic shoreline detection and

change detection analysis of netravati-gurpurrivermouth using histogram equalization and adaptive thresholding techniques. Aquatic Procedia, 4, pp.563-570.

Barghamadi, M. The effect of hydrodynamic processes on the formation of southeastern Caspian coastlines, M.Sc. Thesis, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University. 220 p. (in Persian)

Hajikarimi, Z., Mohamadi, H., Shayan, S., Yamani, M., Khoshraftar, R. 2020. The analyze of Effective Morphodynamic Processes in Caspian Sea shoreline changes (case study: Karkanrod delta river) West of Gilan. Geographical Planning of Space, 10(36), 249-266.

Natesan, U., Parthasarathy, A., Vishnunath, R., Kumar, G. E. J., & Ferrer, V. A. 2015. Monitoring longterm shoreline changes along Tamil Nadu, India using geospatial techniques. Aquatic Procedia, 4, 325-332.

Murali, R.M., Dhiman, R., Choudhary, R., Seelam, J.K., Ilangovan, D. and Vethamony, P., 2015. Decadal shoreline assessment using remote sensing along the central Odisha coast, India. Environmental Earth Sciences, 74(10), pp.7201-7213.

Salehipour Milani, A. R., Nezhadafzali, K., & Bayatani, F. (2012). Investigation of Guno Storm and their Effects on Coastlines Geomorphology of Makran Sea use of Remot Sensing. Journal of Geoscience, 21(83), 23-32.

Vassilakis, E. and Papadopoulou-Vrynioti, K., 2014. Quantification of deltaic coastal zone change based on multi-temporal high resolution earth observation techniques. ISPRS International Journal of Geo-Information, 3(1), pp.18-28. il Nadu, India using geospatial techniques. Aquatic Procedia, 4, pp.325-332.

ارزیابی تغییرات سطح آب تالاب میانگران (ایذه) با استفاده از سنتینل-۱

Evaluation of changes in the water level of Miangaran lagoon (Izeh) using Sentinel-1

^۱ شهرام بهرامی ، ^۲ زهرا یونسیان ، ^۳ مژگان شبان

^۱ دانشیار ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی sh_Bahrami@sbu.ac.ir

^۲ دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه شهید بهشتی Zahra.younesian1373@gmail.com

^۳ دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری Shaban.mojgan74@gmail.com

چکیده

تالاب یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های آبی و همچنین بانک ژن گیاهی و جانوری زمین بعد از جنگل‌های بارانی هستند. تالاب‌ها از لحاظ اکولوژیکی از پربازده‌ترین و ارزنده‌ترین اکوسیستم‌ها به شمار آمده و کارکردهای زیادی را در قالب اکوسیستم‌های طبیعی ایفا می‌کنند. بیش‌ترین اکوسیستم‌های در معرض خطر در جهان، تالاب‌ها هستند. برنامه ریزی برای حفاظت از تالاب‌ها نیازمند پایش تغییرات این اکوسیستم‌های آبی می‌باشد. در طول دهه‌های گذشته داده‌های سنجش از دور به دلیل تکرار دوره‌ای، دید یکپارچه، تنوع طیفی و رادیومتریک و فرمت رقومی مناسب برای پردازش در کامپیوتر، منبع داده شگرف برای کاربردهای گوناگون مثل پایش سطح زمین همچون پایش منابع آب محسوب می‌شوند. پژوهش حاضر به منظور بررسی تغییرات سطح آب تالاب میانگران (ایذه) بین سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۱ با استفاده از روش سنجش از دور ماهواره‌ای و تصاویر سنتینل-۱ می‌باشد. همچنین از نرم افزارهای ArcGIS 10.3 و SNAP.6 برای آنالیز داده‌ها و اطلاعات استفاده شد، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که در تالاب میانگران (ایذه) از سال ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۱، حداکثر میزان کاهش سطح آب ۲۰۱۱ میلی‌متر و حداکثر میزان بالا رفتن سطح آب ۷۹۹ میلی‌متر بوده است.

کلمات کلیدی: تالاب میانگران، تغییرات سطح آب، تصاویر سنتینل-۱

تالاب‌ها با ثبات‌ترین اکوسیستم‌های آبی به شمار می‌روند. وجود تالاب‌ها نه تنها از منظر فرآیندهای اکولوژیک، هیدرولوژیک و بیولوژیک منطقه، بلکه جهت ادامه حیات مجموعه موجودات گیاهی و جانوری که به آن وابسته‌اند و همچنین برای حمایت از فعالیت اقتصادی و اجتماعی انسان ضروری هستند (سیمس و همکاران، ۲۰۱۳). تعاریف و تعبیر مختلفی از اصطلاح تالاب در جهان رایج شده است، متداول‌ترین آن‌ها تعریفی است که کنواسیون جهانی حفاظت از تالاب‌ها به شرح زیر عنوان نموده است: مناطقی پوشیده از مرداب، باتلاق، لجن‌زار یا آبگیرهای طبیعی و مصنوعی اعم از دائمی یا موقت که در آن آب‌های شور یا شیرین به صورت راکد یا جاری یافت می‌شود، از جمله شامل آبگیرهای دریایی که عمق آن‌ها در پایین‌ترین حد جزر از شش متر تجاوز نکند. تالاب‌ها نقش کلیدی در تولید غذا و مصرف آب، تعادل آب و هوا، ذخیره‌سازی کربن و تغییر اقلیم منطقه، چرخه‌های بیوشیمیایی، تبادل انرژی، جلوگیری از سیلاب و در مجموع حفاظت از تنوع زیستی در اکوسیستم‌های آب شیرین منطقه دارند (کلانتری و همکاران، ۲۰۰۹). با توجه با اینکه تالاب‌ها منبع ذخایر عظیم کربن (بین ۱۵-۳۰ درصد) هستند، نقش آن‌ها در کنترل تغییرات اقلیمی در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است (ژانگ و زینک، ۲۰۱۱). همچنین از اوایل قرن بیستم، اکوسیستم‌های تالابی با چالش‌های بزرگی شامل توسعه سریع اقتصادی، افزایش استفاده از زمین‌های کشاورزی، رشد جهانی تقاضا برای تهیه غذا، استفاده مازاد از منابع طبیعی و آب، رسوب‌گذاری، آلودگی آب، توسعه بیش از حد گردشگری و تخریب زیستگاه مواجه شده است. همچنین بسیاری از اکوسیستم‌های تالابی با کاهش شدید آب‌های زیر زمینی، کاهش کیفیت آب، از دست دادن تنوع زیستی و اختلالات در عملکردشان مواجه هستند (گوتام و همکاران، ۲۰۱۵). اهمیت تالاب‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان مانند ایران بیش‌تر از مناطق دیگر است. با توجه به این‌که در این مناطق آب به عنوان یک عامل کلیدی و تعیین کننده زیستگاه‌ها است، بنابراین تالاب‌ها با فراهم نمودن و تنظیم کردن آب، عامل مهمی در حفظ بقا و تنوع زیستی محسوب می‌شوند (گوا و همکاران، ۲۰۱۷). ملکی و همکاران (۱۳۹۹)، در پژوهشی به استفاده از داده‌های رادار دهانه مصنوعی سنتینل-۱ به منظور مطالعه اکوسیستم‌های آبی پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها حاکی از آن بود که توانایی تصاویر داده‌های راداری در پایش تالاب‌ها و فراهم کردن داده برای مدیریت و حفاظت اکوسیستم‌های آبی ارزشمند است. حجاریان و همکاران (۱۴۰۰)، در تحقیقی به پایش تغییرات فصلی تالاب میقان با استفاده از داده‌های سنجنش از دور رادار، حرارتی و اپتیک پرداختند. مقایسه نتایج سنجنده‌های مختلف در پایش تالاب میقان، که تغییرپذیری شدیدی در طول سال دارد، نشان داد رویکرد چند سنجنده‌ای در چنین مطالعاتی مناسب‌تر است.

۲- مواد و روش ها

۲-۱ منطقه مورد مطالعه:

تالاب میانگران ایذه در حدود ۱۳۰ کیلومتری شمال شرقی مرکز استان خوزستان، اهواز واقع شده است. در واقع این تالاب، زیستگاه طبیعی پرندگان در حال انقراض از قبیل اردک سرسفید و شاه باز می باشد. تالاب میانگران سفره های آب زیر زمینی آزاد دشت ایذه را از طریق فروچاله های موجود در بخش هایی از آن تغذیه می نمایند. در واقع این تالاب با مساحتی بالغ بر ۴۰ کیلومتر مربع و ارتفاعی بین ۸۲۲ تا ۸۲۸ از سطح دریا قرار دارد. تالاب میانگران بخشی از زاگرس چین خورده است که از شمال به مرز جنوبی زون راندگی ها، از جنوب با مرز شمال فروافتادگی دزفول، از شرق به گسل کازرون محدود می شود. تالاب ایذه بین طول های شرقی جغرافیایی ۴۹ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۵۴ دقیقه و عرض های شمالی ۳۱ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۵۵ دقیقه محدود می گردد (شکل ۱).



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

۲-۲ روش تحقیق:

مهم ترین ویژگی و مزیت تصاویر SAR این است که در هر شرایط آب و هوایی و شبانه روز اطلاعات دقیقی از سطح زمین به ویژه محدودهای آبی، ارائه می دهند. پهنه های آبی در این تصاویر (شکل ۲) به رنگ تیره دیده می شوند. در حالی که سایر پهنه ها با توجه به زبری سطح خود انرژی زیادی از امواج رادار را به سمت سنجنده ارسال می کنند که این شرایط موجب اختلاف شدید بین آب و خاک می شود (ویلیجز، ۲۰۱۳). ماهواره سنتینل-۱ ترکیبی از دو ماهواره

به نام سنتینل A1 و B1 است. در واقع این ماهواره‌ها در باند C با پولاریزاسیون VH و VV تصویر تهیه کرده و دارای قدرت مکانی ۲۰ متر می‌باشد. به منظور تغییرات سطح آب تالاب میانگران (ایذه) از تصاویر Sentinel ۱ A استفاده شده است (سایت سازمان فضایی اروپا). مشخصات تصاویر مورد استفاده در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول (۱)

Acquisition Data	Level 1. p	Mode	Orbit	Pixel spacing	Polarization
۲۰۱۹/۵/۲۰	GRD	IW	Descending	10*10	VV-VH
۲۰۲۱/۵/۲۰	GRD	IW	Descending	10*10	VV-VH

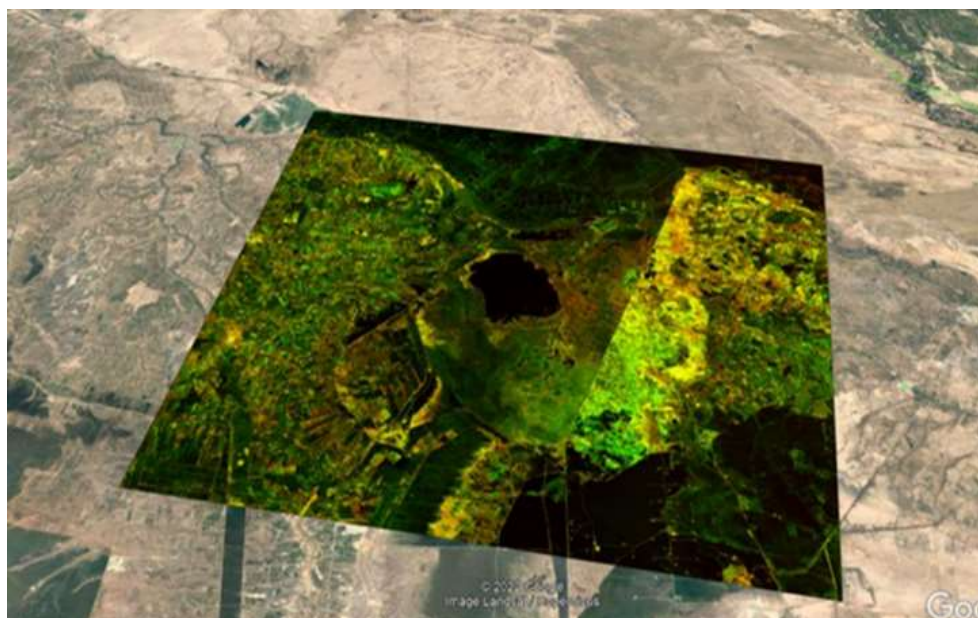
۲-۳ پیش پردازش تصاویر:

تصاویر مربوط به منطقه مورد مطالعه از سایت آژانس فضایی اروپا دانلود شد و پیش پردازش‌های مورد نیاز برای تصاویر سنتینل-۱ با استفاده از نرم افزار اسنپ صورت گرفت، همان طور که در جدول ۱ مشخص شده است، تصاویر SAR مورد استفاده برای استخراج تغییرات تراز آب تالاب از نوع سطح دو (IW) و پروداکت (GRD)، با پولاریزاسیون VV-VH است. تصاویر دریافتی وارد نرم افزار اسنپ شد و فرآیند پیش پردازش روی آن‌ها اعمال گردید. این فرایند به صورت اتوماتیک است که شامل کالیبراسیون رادیومتریکی تصاویر و تبدیل آن‌ها به سیگمای صفر، تصحیحات ارتفاعی به روش Range Doppler و با استفاده از مدل‌های رقومی ارتفاعی و اعمال فیلتر نقطه‌ای است. همچنین به منظور تطبیق دقیق و پیکسل به پیکسل دو تصویر، هر یک از تصاویر به صورت جداگانه ریجستر شدند تا پیکسل‌های دو تصویر زمانی متفاوت به طور دقیق روی هم قرار گیرند.

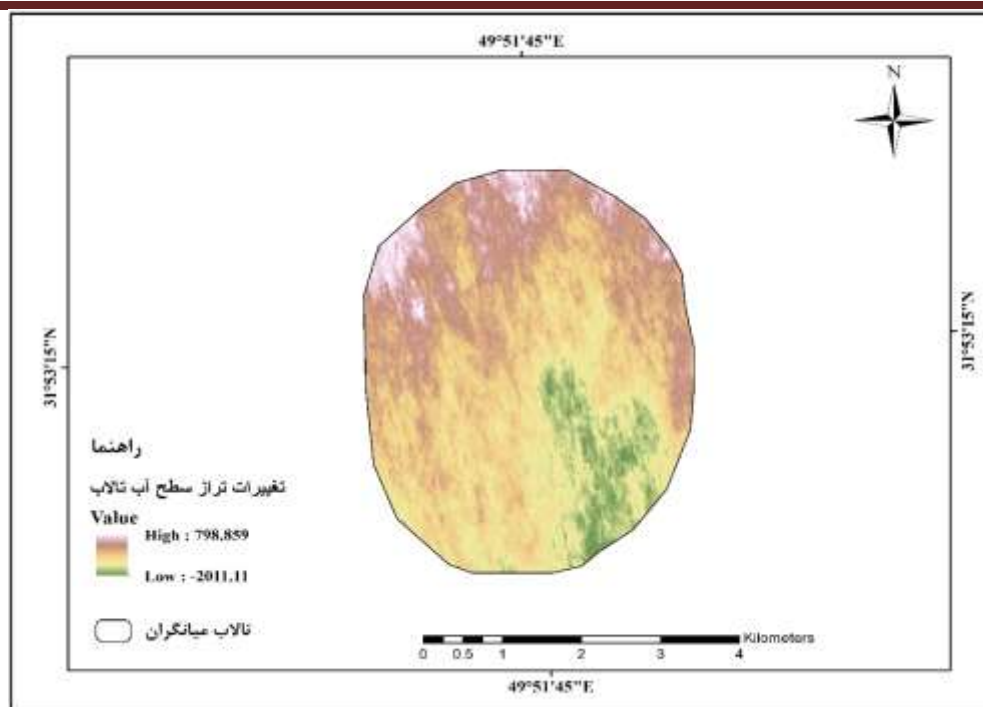
۳-نتایج و بحث

مهم‌ترین تفاوت بین تصاویر اپتیک و رادار در این است که مرز تالاب به راحتی در تصاویر سنتینل ۱ قابل تشخیص است و در واقع تفکیک تالاب از سایر کاربری‌ها به آسانی صورت می‌گیرد. طبیعی است که در ماه‌هایی از سال که پهنه آبی تالاب مساحت بیشتری دارد تشخیص آن در تصویر آسان‌تر است. همانطور که در شکل ۲ مشخص است پهنه آبی تالاب نسبت به بقیه کاربری‌ها به راحتی قابل تشخیص است. در واقع قسمت‌هایی که رنگ تیره‌تری دارند پهنه آبی

تالاب‌اند. و همچنین مناطقی که پوشش گیاهی در آب است به صورت کاملاً روشن مشاهده می‌شوند که باعث می‌شود بتوان به راحتی از آب که در تصاویر راداری به علت پراکنش آینه‌ای تیره است، جدا شود. دلیل این تفاوت در پراکنش مربوط به پراکنش دوتایی سیگنال‌های راداری در مناطق دارای آب و پوشش گیاهی است. بر این اساس پالس پراکنش شده به آب پس از پراکنش، مجدداً به پوشش گیاهی اصابت می‌کند. در این حالت مقادیر معمول پیکسل روشن‌تر ظاهر می‌شود و بنابراین می‌توان به راحتی محدوده‌ای که آب به همراه پوشش گیاهی وجود دارد را تعیین کرد. همچنین آب کم‌ترین پراکنش را دارد که دلیل این امر پراکنش آینه‌ای در آب است. در واقع قطبش VV آب پراکنش کاملاً متفاوتی از پوشش گیاهی در زمان آب‌گیری تالاب دارد. اما در قطبش VH تفاوت پراکنش کمی بین آب و چمن‌زار مرطوب می‌باشد. بنابراین برای جداسازی آب در تصاویر، رادار قطبش VV از قطبش VH مناسب‌تر است. نتایج مربوط به نوسان آب در تالاب میانگران ایزده از سال ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۱ بر اساس تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۱ نشان می‌دهد که حداکثر میزان کاهش سطح آب ۲۰۱۱ میلی‌متر و حداکثر میزان بالا رفتن سطح آب ۷۹۹ میلی‌متر می‌باشد (شکل ۳). در واقع دقت این تغییرات به اندازه یک پیکسل یعنی ۴۰۰ متر مربع تخمین زده می‌شود. همچنین قابل ذکر است که تعیین حد آستانه کلاس پیکسل‌های تغییر یافته از پیکسل‌های تغییر نیافته از عوامل موثر بر نتایج است. همچنین صحت‌سنجی نتایج با استفاده از مقایسه نتایج با نقشه‌برداری زمینی می‌باشد.



شکل (۲) تصویر Google earth تالاب ایزده



شکل (۳) نقشه تغییرات تراز سطح آب تالاب میانگران (ایذه)

۴- نتیجه گیری

داده های راداری در سال های اخیر در مطالعات منابع طبیعی وارد شده اند. در واقع داده های رادار به دلیل عدم وابستگی به شرایط جوی در مطالعات سری زمانی اهمیت زیادی دارند. با توجه به این که سنتینل-۱، تصاویر رادار را با فاصله زمانی ۱۲ روز از سطح زمین برداشت می کند، برای مطالعه تغییرات کوتاه مدت در مناطقی که با تغییرات زیاد در طی دوره آبیگری همراه هستند، بسیار ارزشمند است. بنابراین با توجه به این نتایج و به دلیل اهمیت تالاب ها به ویژه در منطقه مطالعه شده، از نظر پیشگیری از توسعه زمین های بایر و شوره زارها که منجر به پراکنش ریزگردها می شود و محیط زیست جانوری که در فصل مهاجرت و همزمان با دوره پر آبی تالاب، در آنجا ساکن می شوند، لزوم مطالعه و پایش این مناطق بیش از پیش اهمیت پیدا می کند. به طور کلی استفاده از سنجش از دور راداری در بررسی میزان تغییرات محیطی به ویژه سطح آب در تالاب ها بسیار کارآمد است و می تواند به مدیران محیط زیست و منابع طبیعی در حفاظت از این عرصه ها کمک کند. در مجموع نتایج نشان می دهد که می توان با استفاده از سنجش از دور راداری و تصاویر سنتینل-۱ تغییرات تراز آب تالاب را با دقت خوبی تعیین نمود.

مراجع

حجاریان، محمد حسین، عطارچی، سارا و حمزه، سعید، پایش تغییرات فصلی میقان با استفاده از داده های سنجش

از دور راداری، حرارتی و اپتیک، پژوهش‌های جغرافیایی، دوره ۵۳، شماره ۳، صص ۳۶۵-۳۸۰، (۱۴۰۰)

ملکی، سعیده، راهداری، وحید، بغدادی، نیکلاس و پهلوانروی، احمد، استفاده از داده‌های رادار دهانه مصنوعی سنتینل-۱ به منظور مطالعه اکوسیستم‌های آبی. تحقیقات منابع آب ایران. دوره ۱۶، شماره ۲، صص ۲۵۹-۲۷۰، ۱. (۱۳۹۹).

[3] Guo, M., Li, J., Sheng, C., Xu, J., & Wu, L. A review of wetland remote sensing. *Sensors*, 17(4), 777, (2017).

[4] Gautam, V.K., Gaurav, P. K., Murugan, P., & Annadurai, M. Assessment of surface water Dynamics in Bangalore using WRI, NDWI, MNDWI, supervised classification and KT transformation. *Aquatic Procedia*, 4, 739-746, (2015).

[5] Sims, A., Zhang, Y., Gajaraj, S., Brown, P. B., Hu, Z. Toward the development of microbial indicators for wetland assessment. *Water research*, 47(5), 1711-1725(2013).

[6] Vilches, J.P. Detection of areas affected by flooding river using SAR images. In Seminar: Master in Space Applications for Emergency Early Warning and Response. P. 40, (2013).

[7] Zhang, W.W., Ma, J.Z., Waterbirds as bioindicators of wetland heavy metal pollution. *Procedia Environmental Sciences*, 10, 2769-2774, (2011).

[8] Kalantari, N., Pawar, N. J., & Keshavarzi, M. R. Water resource management in the intermountain Izeh Plain, Southwest of Iran. *Journal of Mountain Science*, 6, 25-41(2009),

ارزیابی تغییرهای مساحت سدهای ساحلی و سواحل ماسه ای چابهار در حد فاصل سال های

۱۹۹۱ تا ۲۰۲۰

Evaluation of changes in the area of coastal dams and sandy beaches of Chabahar
between 1991 and 2020

^۱علیرضا صالحی پور میلانی، ^۲مائده اسکندری

^۱ دانشگاه شهید بهشتی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، اوین، تهران

^۲ دانشگاه شهید بهشتی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، اوین، تهران

چکیده

موقعیت استراتژیک سواحل چابهار به دلیل استقرار سازه های ساحلی، وجود منطقه آزاد و گردش گری از اهمیت زیادی برخوردار است. از این رو ارزیابی تغییرهای خطوط ساحلی و تعیین روند فرسایش و رسوب گذاری این منطقه ها از اهمیت زیادی برخوردار است. هدف این تحقیق ارزیابی تغییرهای مساحت دو واحد ژئومورفولوژی سد ساحلی و سواحل ماسه ای چابهار از حد فاصل رودخانه پارک تا لیپار است. در این تحقیق واحد های ژئومورفولوژی سد ساحلی تیس و شور و هم چنین سواحل ماسه ای پارک، غرب شهر چابهار و لیپار با استفاده از مجموعه ای از تصویرهای ماهواره ای لند ست استخراج گردید و تغییرهای مساحت آن ها در حد فاصل سال های ۱۹۹۱ تا ۲۰۲۰ و در ۵ بازه زمانی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان می دهد که روند غالب تغییرها در دوره زمانی مورد مطالعه در هر دو واحد سد های ساحلی و سواحل ماسه ای فرسایشی بوده است و مساحت هر دو واحد ژئومورفولوژی کاهش یافته است. در مقایسه تغییرهای این دو واحد ژئومورفولوژی مشخص گردید که تغییرهای سد های ساحلی به دلیل این که هم زمان تحت تاثیر فرآیند های رودخانه ای به خصوص در زمان سیلاب های فصلی و هم چنین فرآیند های دریایی هستند نسبت به سواحل ماسه ای بیش تر است. هم چنین بیش ترین میزان فرسایش سواحل ماسه ای در حد فاصل سال های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۹ روی داده ای است که در این دوره وقوع طوفان های دریایی شدید همانند گونو از عوامل مهم موثر بر این تغییرها بوده است.

کلمات کلیدی: سواحل ماسه ای، سد های ساحلی، پایش، چابهار

مقدمه

خطوط ساحلی به عنوان خط تماس زمین و بدنه آب تعریف می شود (کلین و ریچر، ۲۰۰۶) و از لحاظ طبیعی، اجتماعی و اقتصادی از اهمیت استراتژیکی برخوردار است. یکی از مهم ترین ویژگی های منطقه های ساحلی پویایی آن است (Winarso, et al., ۲۰۰۱). لندفرم های ساحلی که تجلی گاه جلوه های هنری - جذاب به نسبت نواحی خشکی - قاره ای می باشد که بر اثر ویژگی های ژئومورفولوژی - عوامل تکتونیکی و جریان های دریایی - خط های ساحلی شکل می گیرد (معتد و غریب رضا، ۱۳۸۶ و رامشت، ۱۳۸۰)، که محیط های ساحلی می تواند از لایه های های نرم، سواحل رسوبی - سخت بستر، سنگ لای تقسیم شود که متناسب با این لایه ها بر اساس واحدهای ژئومورفیک می توان لندفرم های ساحلی را این گونه توصیف کرد (Harris, 2017). این پویایی پیش روی ها و پس روی هایی در خطوط ساحلی به همراه دارد که و منجر به فرسایش و هم چنین رسوب گذاری در منطقه های ساحلی می شود. تغییر های خطوط ساحلی یکی از تهدید های مهم خطوط ساحلی است. در این تغییر ها عواملی متعدد طبیعی همانند فرآیندهای مورفودینامیکی دریا و خشکی و عوامل انسانی تاثیر گذار هستند (والاورست و هم کاران، ۲۰۱۴ و دارو، ۲۰۱۴). فرآیندهای تأثیر گذار در نواحی ساحلی که (نیروی باد، نیروی موج، نیروی جزر و مد، جریان های دریایی) را در بر می گیرد که این فرآیندها انرژی لازم را برای (شکل دهی) یا (تغییر شکل نوار های ساحلی)، از طریق (حمل، رسوب گذاری، فرسایش) را ایجاد می کنند از این رو پایش منطقه ساحلی و هم چنین بررسی پیش روی و پس روی خطوط ساحلی اهمیت بسیار زیادی در توسعه پایدار و حفاظت از محیط زیست ساحلی دارد (ناصر و هم کاران، ۲۰۱۸، تایلر کلین و هم کاران، ۱۹۹۸، دلپین و هم کاران، ۲۰۰۴). این بررسی های نیازمند مطالعه بلند مدت و کوتاه مدت میزان تغییر های خطوط ساحلی با استفاده از سندهای موجود از جمله: نقشه های توپوگرافی، عکس های هوایی و تصاویر ماهواره ای است (نوفال و ابود، ۲۰۱۹، توماس و هم کاران، ۲۰۱۰) یکی از روش های بررسی و پایش تغییر های خطوط ساحلی در یک منطقه در بازه زمانی بلند مدت استفاده از تکنیک های سنجش از دور است (ابوسمر و ال باربری، ۲۰۱۸) و مبنای این بررسی ها استفاده از تصاویر ماهواره ای و تجزیه و تحلیل تغییر های طیفی، مکانی و زمانی این تصاویر است (ال اسمار و هرهر، ۲۰۱۱). یکی از ابزار های پایش خطوط ساحلی که امروزه استفاده فراوانی در سراسر جهان از آن می شود. منطقه مورد مطالعه این تحقیق در سواحل جنوب شرق مکران، خلیج چابهار است. این منطقه امروزه از اهمیت استراتژیکی بسیار خاصی برخوردار است. وجود بندر چابهار به عنوان تنها بندر اقیانوسی ایران و یکی از قطب های توسعه اقتصادی جنوب شرق ایران به همراه بندر های صیادی مهمی همانند: تیس، بريس نشان دهنده اهمیت استراتژیک بسیار زیاد این منطقه است. توسعه این منطقه توسعه دریا پایه است از این رو استقرار این حجم زیاد تاسیس های ساحلی در این منطقه ضرورت پایش و بررسی تغییر های خطوط ساحلی این منطقه را بیش از پیش نمایان می نماید. عوامل متعددی بر تغییر شکل خط های ساحلی این منطقه تاثیر می گذارد که می توان به فرآیندهای

اوستاتیکی، ایزوستازی و هم چنین فرآیند های مورفودینامیکی دریایی مانند جریان های دریایی . جزر و مد . نیروی باد و موج از طریق (حمل، فرسایش، رسوب گذاری) اشاره نمود که می تواند، سبب تحول و پیش روی و پس روی خط های ساحلی این منطقه گردد. در کنار این موارد تاثیر رویداد های مخرب طبیعی طوفان های حاره ای همانند گونو (صالحی پور و هم کاران، ۱۳۹۱) و فت_ و هم چنین بارش های سنگین و سیلاب های مخرب را در این منطقه نمی توان نادیده گرفت. علاوه بر فرآیند های طبیعی، افزایش فعالیت های انسانی در سه دهه گذشته ای این منطقه است. احداث و اجرای طرح توسعه بندر چابهار و هم چنین سایر بندر این منطقه از جمله رمین در این منطقه از عوامل تاثیر گذار بر تغییرهای و تحول های خطوط ساحلی در این منطقه محسوب می شود . هدف این تحقیق بررسی مساحت، پهنه های پلی گونی در دو واحد ژئومورفولوژیکی مجزای، به کمک تغییرهای خطوط ساحلی چابهار در حد فاصل سال های ۱۹۹۱ تا ۲۰۲۰ است که از لحاظ ژئومورفولوژیکی دربرگیرنده سواحل ماسه ای^{۲۱} و هم چنین سدهای ساحلی^{۲۲} است. حال ما هم در سواحل جنوب مکران، در بندر چابهار به بررسی روند تغییر مساحت، پهنه های پلی گونی شکل خط های ساحلی در دو محدوده ژئومورفولوژی، سواحل ماسه ای سد های ساحلی بندر چابهار با استفاده از نرم افزارهای جغرافیایی و دریایی پرداخته شد.

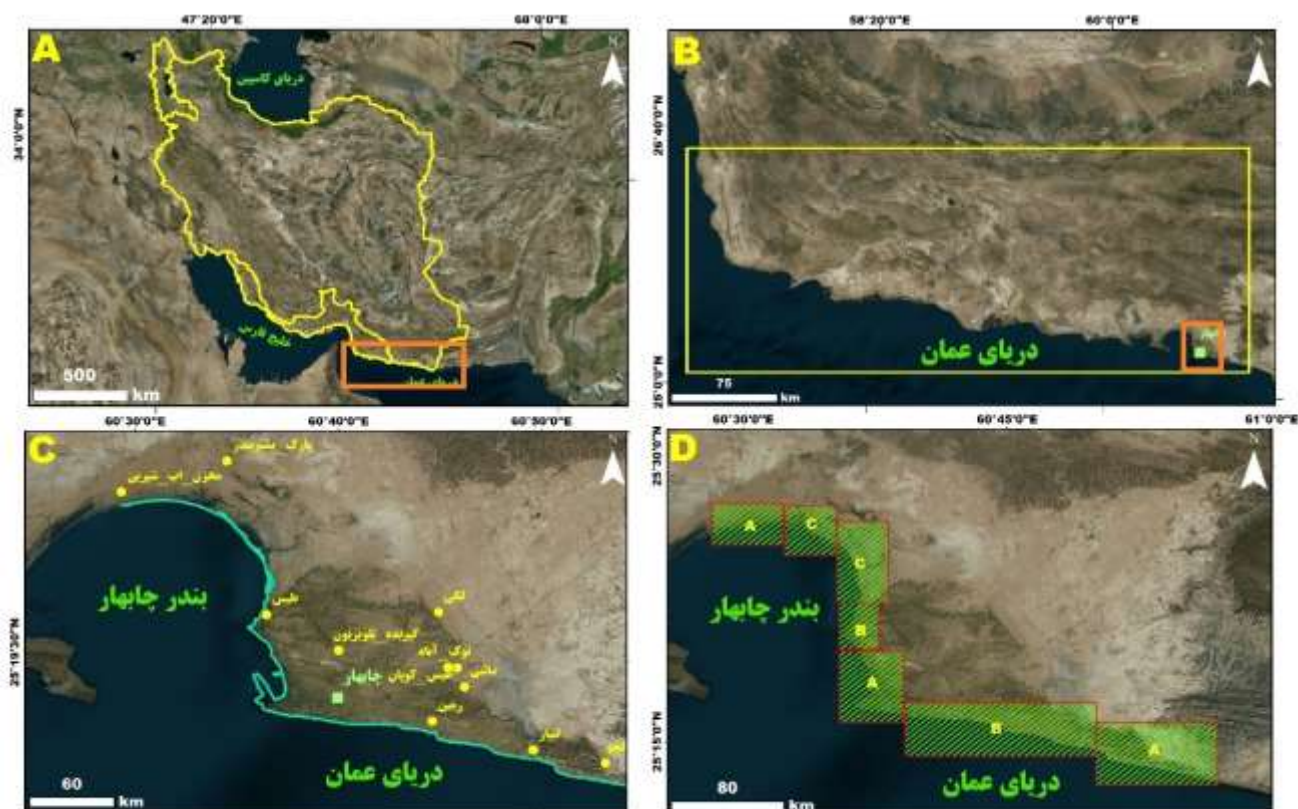
منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه پژوهش، سواحل مکران است که در جنوب شرق ترین نقطه شهر ساحلی ایران (بندر چابهار) فراگرفته است که منطبق بر نقشه چهار گوش زمین شناسی چابهار و نگور قرار دارد به ترتیب موقعیت جغرافیایی منطقه از (طول جغرافیایی ۴۵°، ۵۵° تا ۳۰°، ۶۱° درجه شرقی و عرض های ۲۵ تا شمالی درجه شمالی) را شامل می شود. وسعت حوضه مورد مطالعه ۱۱۰۰ کیلومتر مربع می باشد که ۶۰۰ کیلومتر آن را خشکی و بقیه را آب فرا گرفته است. مهم ترین بندر این ساحل چابهار می باشد که با دارا بودن منطقه آزاد تجاری و بندر ترانزیتی یکی از مهم ترین بندرهای جنوب کشور می باشد. ارتفاع آن از سطح دریا ۷ متر می باشد و در ۶۰° درجه طول شرقی و ۲۵° درجه عرض شمالی قرار دارد. از روستاهای این منطقه می توان به وشنام، طیس، رمین، لکی، طیس کوپان، کمبل اشاره نمود. سرچشمه رودخانه این منطقه کاملاً بخشی از حوضه آب ریز بزرگ دریای عمان را تشکیل می دهد، که از ارتفاع های مکران سرچشمه گرفته و از شمال به جنوب جریان دارند و در انتها به دریا می ریزند و از نظر هیدروژئولوژیکی منطقه مورد مطالعه را تشکیل می دهند. از لحاظ موقعیت نسبی می توان گفت که در زون ساحلی مکران و در حد فاصل خلیج چابهار تا خلیج گواتر

²¹ Coastal Beach

²² - Barrier

قرار دارد و از نظر (نبوی، ۱۳۵۵) در واحد مشرق و جنوب شرق ایران و در زون مکران قرار دارد. در قسمت شمال باختری اقیانوس هند، در اثر فروورانش صفحه اقیانوسی عمان به زیر صفحه قاره ای ایران، ناحیه فروورانش مکران تشکیل شده است. در منطقه چابهار گسل های فراوانی وجود دارد، ولی از لحاظ ژئومورفولوژیکی شواهدی بر وجود عوارض تکتونیکی در منطقه وجود دارد.



شکل ۲. محدوده بخش های ژئومورفولوژیکی بندر چابهار A: سواحل ماسه ای، B: پادگانه های دریایی و C: سدهای ساحلی

مواد و روش ها

در راستای ارزیابی میزان تغییرهای مساحت واحد های ژئومورفولوژی در منطقه مورد مطالعه در حذف سال های ۱۹۹۱ تا ۲۰۲۰ از تصویرهای ماهواره ای لندست TM و Oli 8 ۲۰۲۰ استفاده گردید و در بازه های زمانی ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۶، ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۱، ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۹، ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۳ و ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۰ این تغییرها مورد ارزیابی قرار گرفت. به منظور ارزیابی بهتر و واقعی تر تغییرهای خطوط ساحلی و واحد های ژئومورفولوژی سعی شد از لحاظ زمانی تمام تصویرها در حالت مد باشند. در این بررسی ابتدا با استفاده از نرم افزار Envi 5.3 در دو مرحله تصحیح های

رادیومتریک و اتمسفری در تصویرهای ماهواره ای لندست اجرا شد. به منظور ارزیابی میزان تغییرهای خطوط ساحلی، منطقه مورد مطالعه در سه واحد ساحل ماسه ای، پادگانه های دریایی و هم چنین سد های ساحلی تقسیم بندی شد و مرز واحد های ژئومورفولوژی از روی تصاویر ماهواره ای مشخص گردید و محدوده این واحد ها در هر دو دوره زمانی استخراج شد. در ادامه تغییرها مساحت این واحد های ژئومورفولوژی مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج

واحد های ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه

نوسان های سطح آب دریاها (آستاتیک)، تغییرهای تکتونیکی و حرکت های تعادلی گسل ها در این منطقه باعث شده است که تاریخ تکتونیکی این منطقه به خصوص در سواحل دریای عمان بسیار پیچیده باشد و نتیجه نهایی این گونه حرکت ها، بالا آمدن زمین ها و ایجاد پادگانه های دریایی سواحل ماسه ای و زبانه های ساحلی، سدهای ساحلی های^{۳۳} است که در سواحل مکران گسترش زیادی یافته اند. در این بررسی تغییرهای سد های ساحلی و سواحل ماسه ای مورد بررسی قرار گرفته است.

سد ساحلی، جزیره های سدی و زبانه های ساحلی به موازی خط ساحلی امتداد یافته اند ولی به دلیل وجود لاگون، خور یا خلیج از ساحل اصلی جدا شده اند. یک سد ممکن است از طریق یک دهانه ورودی به صورت رشته ای از سد ها، از یک دیگر جدا شوند. در شرق خلیج چابهار دو زبانه ساحلی وجود دارد که یکی از آن ها در دهانه رودخانه شور و دیگری در شمال بندر تیس قرار دارد و روند آن ها شمالی و جنوبی است و پهنه های جزرومدی پشت این سد ها را از دریا جدا می کند. در شمال خلیج چابهار و در مصب رودخانه پارک نیز در گذشته زبانه های ساحلی و خور مرتبط با آن وجود داشته است که پس از احداث بند خاکی از سال ۲۰۰۰ بر روی این رودخانه که منجر به جلوگیری از ورود سیلاب های مخرب به خط ساحلی این منطقه شد، به تدریج دهانه خور بسته شد و منطقه تبدیل به یک ساحل ماسه ای گردید، علاوه بر آن سواحل ماسه ای منطقه مورد مطالعه، شامل ساحل ماسه ای پارک، بندر چابهار، لیپار گواتر را در بر می گیرد.

تغییرهای مساحت واحد های ژئومورفولوژی

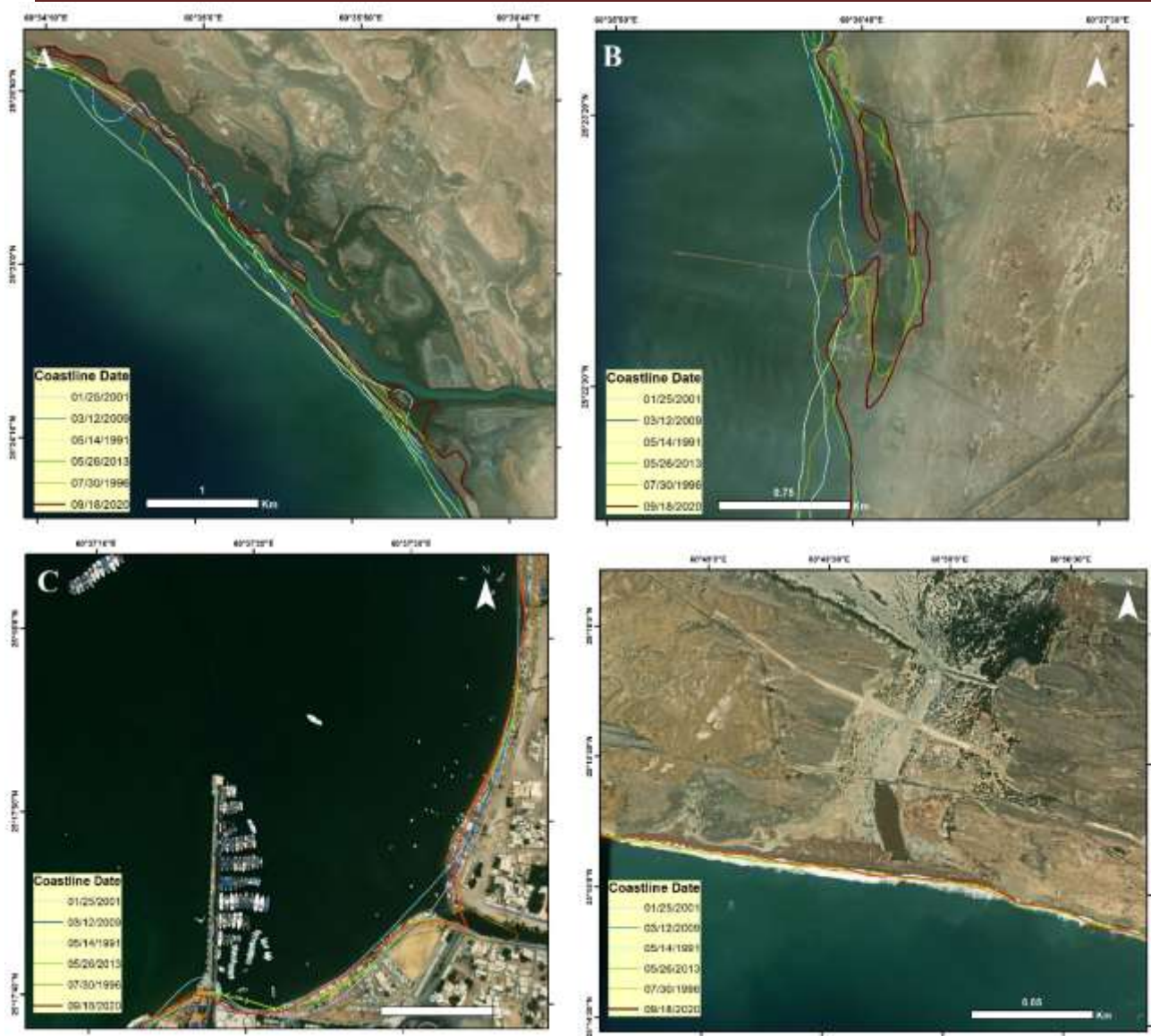
تغییرهای واحد های ژئومورفولوژی در منطقه مورد مطالعه در دوره های زمانی مختلف متفاوت است. در حد فاصل

سال های ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۶ پیشروی و پسروی در بخش هایی از خط ساحل ماسه ای مشاهده می شود ولی روند غالب در این منطقه به صورت رسوب گذاری خط ساحلی به طور میانگین در حدود ۳۱۲ متر مربع بوده است هرچند در بخش هایی این میزان پیش روی خط ساحل به حدود ۷۶۶ متر مربع در محدوده بندر تیس نیز رسیده است، ولی روند تغییرها در سدهای ساحلی در این منطقه برخلاف سواحل ماسه ای به صورت پس روی بوده است و میانگین این پس روی در حدود ۳۶۱ متر مربع در منطقه مورد مطالعه است. در منطقه سد های ساحلی به دلیل تحول های بسیار زیاد آن ها به دلیل ورود جریان های سیلابی از دهانه خور ها به دریا و هم چنین جا به جایی حجم بالای رسوب ها توسط جریان های موازی ساحل است. از این رود در طول دوره مورد مطالعه بیش ترین تغییرهای مساحت در بین واحد ای ژئومورفولوژی در منطقه مورد مطالعه در سد های ساحلی مشاهده می شود به گونه ای که در حد فاصل سال های ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۶ در سد ساحلی رودخانه سدیح در برخی قسمت ها در حدود ۱۱۰۶ متر مربع رسوب گذاری و در برخی قسمت ها فرسایشی در حدود ۹۱۴ مترمربع مشاهده می شود. در دوره مورد مطالعه سال های ۱۹۹۶ تا سال ۲۰۰۱ نیز روند تغییرهای خطوط ساحلی ادامه یافته و همانند دوره زمانی گذشته بیش ترین تغییرهای خطوط ساحلی در سد های ساحلی و با روند فرسایشی به میزان میانگین ۱۱۸۵ متر مربع مشاهده می شود و این در حالی است که در این دوره روند تغییرهای مساحت خطوط ساحلی به صورت رسوب گذاری ادامه یافته به طور میانگین در حدود ۱۴۵ متر مربع رسوب گذاری مشاهده می شود. در حد فاصل سال های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۹ روند رسوب گذاری در سواحل ماسه ای به روند فرسایشی تغییر می یابد و به طور میانگین فرسایشی در حدود ۳۴۱ متر مربع را نشان می دهد. یکی از دلایل فرسایش خطوط ساحلی در این منطقه را می توان وقوع دو طوفان حاره ای گونو در سال ۲۰۰۶ در این منطقه دانست که تقریباً بر تمامی خطوط ساحلی دریای عمان تاثیر گذاشته و روند فرسایشی را در این دوره مورد مطالعه به همراه داشته است. در این دوره سد های ساحلی چابهار از جمله در رودخانه شور پیش روی داشته است که علت آن را می توان ورود حجم مناسب رسوب ها به دهانه خورها در این منطقه در نتیجه سیلاب های رودخانه ای به خصوص در زمان طوفان گونو است. در دو دوره سال های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۳ روند تغییرهای خطوط ساحلی و همراه با پیش روی خطوط ساحلی و پس روی سد های ساحلی در منطقه مورد مطالعه است به گونه ای که به طور متوسط در سد های ساحلی روند پس روی و فرسایشی خطوط ساحلی به مقدار ۵۶۴ متر مربع مشاهده شده است و روند پیش روی در سواحل ماسه ای به خطوط سواحل ماسه ای لیپار تا بريس است. در دوره سال های ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۰ روند تغییرها تقریباً پایدار بوده است. هر دو واحد ژئومورفولوژی ساحل ماسه ای و سد های ساحلی پیش روی اندک به ترتیب و به طور میانگین در حدود ۱۲۸ و ۶۲ متر مربع پیش روی را نشان می دهد. به منظور بررسی جامع تغییرهای خطوط ساحل در منطقه مورد مطالعه مرز خط ساحلی در سال ۱۹۹۱ با مرز خطوط ساحلی در سال ۲۰۲۰ و تغییرهای مساحت بین این دو سال مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی نشان می دهد با وجود این که در برخی سال ها

سد های ساحلی و سواحل ماسه ای با روند های رسوب گذاری و فرسایش (افزایش و کاهش مساحت) مواجه بوده اند، ولی میانگین تغییرها در هر دو واحد ژئومورفولوژی فرسایشی است. این روند فرسایشی در واحد ژئومورفولوژی متفاوت است، به گونه ای که ساحل ماسه ای به طور میانگین تنها در حدود ۶۱ متر فرسایش را نشان می دهد ولی این تغییرها در سد های ساحلی بسیار بیش تر است به گونه ای که میانگین فرسایش سد های ساحلی در منطقه مورد مطالعه به حدود ۳۶۳ متر مربع می رسد. همان طور که بیش تر اشاره شد، در محدوده واحد ژئومورفولوژی سد ساحلی به دلیل این که هم زمان تحت تاثیر رژیم رودخانه ای و فرآیند های دریایی هستند بیش ترین تغییرها نیز در این منطقه مشاهده می شود و در سواحل ماسه این روند کندتر و حتی می توانیم بگوییم در کل منطقه مورد مطالعه سواحل ماسه ای از پایداری بیش تری نسبت به سد های ساحلی برخوردار هستند. حداکثر پس روی ساحل ماسه ای در برخی قسمت ها در حد فاصل سال های ۱۹۹۱ تا سال ۲۰۲۰ به ۱۱۷۹ متر مربع و پیش روی آن به ۷۸۰ متر مربع می رسد

جدول ۲. تغییر مساحت واحد های ژئومورفولوژی در حد فاصل سال های ۱۹۹۱ تا ۲۰۲۰

years	دامنه تغییرها	سواحل ماسه ای (کیلومتر مربع)	سد های ساحلی (چاهار)	years	دامنه تغییرها	سواحل ماسه ای	سد های ساحلی (چاهار)
۱۹۹۱ تا ۱۹۹۶	پس روی	۰.۷۱۰۰	۹۱۴.۰۰	۲۰۱۳ تا ۲۰۰۹	پس روی	۱۰۶.۰۰	۶۸۰.۰۰
	پیش روی	۰.۷۶۶	۱.۱۰۶		پیش روی	۰.۴۶۳	۰.۲۳۴
	میانگین	۳۱۲.۰	۳۶۱.۰۰		میانگین	۱۲۵.۰	۵۶۴.۰۰
۱۹۹۶ تا ۲۰۰۱	پس روی	۱۲۷.۰۰	۳۷۲.۱۰	۲۰۲۰ تا ۲۰۱۳	پس روی	۲۷۱.۰۰	۳۵۴.۰۰
	پیش روی	۵۴۵.۰	۳۷۵.۰		پیش روی	۷۹۷.۰	۸۳۱.۰
	میانگین	۱۴۵.۰	۱۸۵.۱۰		میانگین	۱۲۸.۰	۰.۶۲۰
۲۰۰۱ تا ۲۰۰۹	پس روی	۴۳۳.۰۰	۲۳۲.۰۰	۱۹۹۱ تا ۲۰۲۰	پس روی	۱۷۹.۱۰	۸۷۱.۰۰
	پیش روی	۱۸۴.۰	۲۱۰.۱		پیش روی	۰.۸۷۸	۰.۷۳۶
	میانگین	۳۴۱.۰۰	۳۷۳.۰		میانگین	۰.۶۱۶۷.۰۰	۳۶۳.۰۰



شکل ۳. تغییرات خطوط ساحلی در A: سد ساحلی رود شور، B: سد ساحلی بریس، C: ساحل ماسه ای چابهار و D: ساحل ماسه ای لیپار

نتیجه گیری

تغییرها و ناپایداری خطوط ساحلی یکی از چالش های مهمی است که برنامه ریزان درزمینه توسعه سواحل با آن روبرو هستند و عدم توجه به این تغییرها و روند آن در آینده می تواند خسارت های جبران ناپذیری را به پروژه های عمرانی تحمیل نماید. تحقیق حاضر در منطقه ای بسیار بااهمیت چابهار به منظور بررسی پایداری خطوط ساحلی با استفاده از داده های ماهواره ای دوره ای به اجرا درآمد. نتیجه ها نشان داد که داده های ماهواره ای لندست به خوبی توانسته تغییرهای خطوط ساحلی را در این دوره مورد مطالعه نشان دهد. نتیجه ها نشان می دهد که بیشترین تغییرها در سدهای ساحلی رود شور و تیس مشاهده می شود. خلیج چابهار روی داده است که دلیل این تغییرهای زیاد را

می‌تواند نقش تأثیر هم‌زمان عوامل مورفودینامیکی خشکی و دریا در تحول مورفولوژیکی این منطقه دانست و سواحل ماسه‌ای نسبت به واحد ژئومورفولوژی سد های ساحلی از پایداری بیش تری برخوردار هستند. از این رو در توسعه آتی سواحل و استقرار سازه‌های ساحلی، در درجه اول پادگانه‌های دریایی و هم‌چنین سواحل ماسه‌ای می‌تواند در اولویت‌های بهره‌برداری برنامه ریزان ساحلی جهت توسعه سازه‌های ساحلی در این منطقه قرار گیرد.

منابع

- رامشت ، م. ح. (۱۳۸۰). دریاچه های دوران چهارم بستر تبلور و گسترش مدنیت در ایران . مجله پژوهشی دانش گاه اصفهان (علوم انسانی) ، جلد پانزدهم ، شماره ۱ و ۲ . صص ۳۸-۱۳
- صالحی پور میلانی ، ع. ر. ، نژادافضلی ، ک ، بیاتانی ، ف. (۱۳۸۹). بررسی توفان گونو و تاثیرات آن بر ژئومورفولوژی خطوط ساحلی دریای مکران با استفاده از سنجش از دور.
- غریب رضا ، م. ر. معتمد ، ا. (۱۳۸۷). تکامل مکران ساحلی ، طی کواترنر پسین. پژوهش های جغرافیایی - شماره ۶۳ ، تابستان ، صص ۸۷-۷۷

Abou Samra, R. M., & Ali, R. R. 2020. Applying DSAS tool to detect coastal changes along Nile Delta, Egypt. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science.

Dawson, A.G., Dawson, S. and Ritchie, W., 2007. Historical climatology and coastal change associated with the 'Great Storm' of January 2005, south uist and Benbecula, Scottish outer hebrides. Scottish Geographical Journal, 123(2), pp.135-149.

Dellepiane, S., De Laurentiis, R., and Giordano, F., 2004. Coastline extraction from SAR images and a method for the evaluation of coastline precision. Pattern Recognition Letter, 25:1461- 1470

Duru, U. 2017. Shoreline change assessment using multi-temporal satellite images: a case study of Lake Sapanca, NW Turkey. Environmental monitoring and assessment, 189(8), 1-

El-Asmar, H. M., & Hereher, M. E. 2011. Change detection of the coastal zone east of the Nile Delta using remote sensing. Environmental Earth Sciences, 62(4), 769-777.

Klein, M. and Lichter, M., 2006. Monitoring changes in shoreline position adjacent to the Hadera power station, Israel, Applied Geography 26 (3), 210-226.

Nabavi, M. H. (1976). An introduction to the Iranian geology. Geological Survey of Iran,

Tehran, 110

Nassar, K., Mahmod, W. E., Fath, H., Masria, A., Nadaoka, K., & Negm, A. 2019. Shoreline change detection using DSAS technique: Case of North Sinai coast, Egypt. *Marine Georesources & Geotechnology*, 37(1), 81-95.

Nofal, R. A. E., & Abboud, I. A. 2019. Sea level changes of Sharm Yanbu and its expected impacts on development processes using GIS and remote sensing. *Journal of Taibah University for Science*, 13(1), 547-558..

Thomas, T., Phillips, M. R., & Williams, A. T. 2010. Mesoscale evolution of a headland bay: Beach rotation processes. *Geomorphology*, 123(1-2), 129-141.

Tiercelinc, J. J., Mondeguer, A., Thouveny, NN., Vincens, A., Williamson, D. 1988. 25000 ans d'histoire hydrologique et sédimentaire du lac Tanganyika, Rift Est-africain. *Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série 2, Mécanique, Physique, Chimie, Sciences de l'univers, Sciences de la Terre*, 307(11), 1375-1382.

Vassilakis, E. and Papadopoulou-Vrynioti, K., 2014. Quantification of deltaic coastal zone change based on multi-temporal high resolution earth observation techniques. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 3(1), pp.18-28. il Nadu, India using geospatial techniques. *Aquatic Procedia*, 4, pp.325-332.

Winarso, G. and Budhiman, S., 2001, November. The potential application of remote sensing data for coastal study. In *Proc. 22nd. Asian Conference on Remote Sensing*, Singapore (pp. 1-5).

ارزیابی تکتونیک فعال حوضه پیراشهری مریانج همدان در مسیر پایداری سرزمینی

Assessment of active tectonics of Meryanj Hamedan suburb watershed in the path of territorial stability

زهرا خراتیان^۱، ممند سالاری^۲، پیام سجادی^۳

دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه ژئومورفولوژی دانشگاه کردستان zkharaatian@gmail.com

استادیار گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه کردستان m. salari@uok.ac.ir

دکترای سنجش از دور و GIS^۴

چکیده:

تأثیرگذاری تکتونیک در سطح کره زمین به حدی است که تقریباً تمام پهنه‌های آن در طی چند هزار سال اخیر از آن متأثر شده‌اند. یکی از راههای دسترسی به بعد کمی تکتونیک فعال و نیز شناسایی اثرات آن شاخص‌های ژئومورفولوژیک هستند که در صورت اتخاذ و به کارگیری چند شاخص مرتبط و با رویکرد سیستمی در جهت شناخت دینامیک حوضه‌ها و مدیریت محیط ارزشمند هستند. در این پژوهش به بررسی تکتونیک فعال در سطح حوضه پیراشهری مریانج همدان پرداخته شد. در این مسیر حوضه مریانج بر اساس شاخص‌های ژئومورفیک مورد بررسی قرار گرفت. شاخص‌های شش‌گانه مورفومتریک شکل حوضه (Bs)، عدم تقارن آبراهه (AF)، پیچ و خم جبهه کوهستان (smf)، نسبت پهنای کف دره به عمق دره (vf)، گرادیان طولی رودخانه (SL)، و تراکم سطحی آبراهه (P) انتخاب و حوضه بر مبنای این شاخص بر اساس استانداردهای مورد تایید هر شاخص و بر مبنای به کارگیری نقشه‌های توپوگرافی، تصاویر Google Earth، STRM و نیز بازدیدهای میدانی اندازه‌گیری و نیز اعتبار سنجی شدند و در نهایت با به کارگیری شاخص Iat، ارزیابی وضعیت و کلاسه‌بندی نهایی صورت گرفت. بررسی موردی نشان داد که در کل در سطح حوضه بر اساس شاخص‌های ژئومورفیک شش‌گانه، پویایی بالای تکتونیک وجود ندارد و فعالیت غالب در سطح متوسط به آرام است. تحلیل آن نیز در ارتباط با سازوکار نئوتکتونیک غالب در سطح منطقه و نیز عملکرد فرایندهای غالب دینامیک بیرونی است. از دلایل تایید این مساله عدم پراکنش خطواره‌های گسلی و نیز ایمن بودن از منظر لرزه‌خیزی است که مصداق تایید کننده این نتیجه نیز است. بررسی موردی نتایج حاصل از شاخص Iat نشان داد که در کل حوضه مریانج در سطح فعالیت بینابینی به سمت کم قرار دارد. به عنوان نمونه، مقادیر کمی حوضه مریانج ۲/۵۰ بر آورد گردید که دال بر موارد بالا است. در کل مجموع شاخص‌های ژئومورفیک و نیز Iat گویای پویایی نسبی تکتونیک است و می‌توان در برنامه‌ریزی‌های سرزمینی منطقه مذکور و نیز سایر مناطق از این روش استفاده نمود.

کلمات کلیدی: تکتونیک فعال، شاخص‌های ژئومورفیک، شاخص Iat، حوضه مریانج

۱- مقدمه

تکتونیک ژئومورفولوژی بخشی از علوم زمین است که به مطالعه‌ی تاثیر متقابل تکتونیک و ژئومورفولوژی می‌پردازد (عبادیان، ۱۳۷۹، نجفی و همکاران، ۱۳۹۳). یکی از مباحث حوزه تکتونیک و تکتونیک-ژئومورفولوژی، مبحث تکتونیک فعال است. تکتونیک فعال، در قالب حرکات تکتونیکی که احتمال وقوع آنها در زمان آتی بوده و جوامع بشری را نیز تهدید می‌نمایند، تعریف شده است (کلر و پینتر^{۲۴}، ۱۹۹۶). با توجه به این مساله که این فرایند درونی بر بیشتر مناطق جهان تاثیر گذاشته و به عبارتی غالب مناطق جهان متأثر از تغییرات تکتونیکی بوده‌اند، ضرورت بررسی در قالب شناسایی و ارزیابی تکتونیک فعال وجود دارد. چشم اندازهای غالب ناشی از عملکرد دینامیک درونی، ناهمواری‌ها هستند. به بیانی، چشم‌انداز غالب کوهستان و یا رشته کوهها هستند که در درون آنها شبکه‌های هیدرولوژی مشخصی جریان خواهند داشت و حوضه‌های آبریز متنوعی را می‌سازند که همواره دارای مخاطرات محیطی و طبیعی مشخصی خواهند بود (کرمی، ۱۳۸۸). در این ارتباط، ارزیابی کامل فعالیت‌های تکتونیکی و به ویژه حرکات تکتونیکی معاصر و جوان و خطرات ناشی از آن نیاز به شناخت کامل از سرعت، طرح و آرایش این گونه فرایندها دارد (سلیمانی، ۱۳۷۸). ارزیابی در این مسیر با رویکرد کیفی و نیز کمی امکانپذیر است. با این اوصاف در طی سالیان اخیر، محققین در کنار بررسی شاخص‌های مورفومتریکی کیفی، اقدام به کمی نمودن رفتار حرکات تکتونیکی داشته و برای انجام این امر به سمت شاخص‌های مورفومتریکی حرکت نموده‌اند (سلیمانی، ۱۳۷۸). در واقع می‌توان گفت برآورد تکتونیک فعال در سطح حوضه‌ها از این منظر یک رویکرد مدیریت محیط را دنبال می‌کند. در این رویکرد، شاخص‌های ژئومورفیک، از منظر شناسایی نواحی فعال، نیمه فعال و کمتر فعال بسیار موثر هستند (اسفندیاری و همکاران، ۱۳۹۴). این رویکرد برای حوضه‌های آبریز پیراشهری که یک نوع شناسایی پتانسیل خطر در محیط‌های پر تراکم به لحاظ جمعیتی و ساختگاهی نیز است، رویکرد بسیار مهمی است. بر این اساس پژوهش حاضر با این رویکرد در مسیر پایداری سرزمینی به بررسی حوضه‌های آبریز پیراشهری مریانج همدان از منظر تکتونیک فعال می‌پردازد.

بررسی منابع مختلف گویای اهمیت موضوع بوده و بر این اساس مطالعات زیادیداخلی و نیز خارجی در زمینه تکتونیک فعال و حوزه‌های مرتبط با آن صورت گرفته است. پیشینه پژوهش در این حوزه‌ها توسط محققان خارجی دارای بازه زمانی گسترده‌تر و قدیمی‌تری است ولی پژوهش‌های جدیدتر کمی‌تر و توسعه‌یافته‌تر هستند. از مطالعات

اولیه می توان به پژوهشهای بول و مک فادن^{۲۵} (۱۹۷۷)، آدامز^{۲۶} (۱۹۸۰)، آکساندر و لیدر^{۲۷} (۱۹۸۷)، بوید و شوم^{۲۸} (۱۹۹۵) و کلر و پینتر^{۲۹} (۱۹۹۶) اشاره نمود. بعد از این پژوهش های پایه زمینه نگرش و نیز روش شناختی به موضوع توسعه پیدا کرد و در سال های اخیر مطالعات متعددی در این زمینه صورت گرفته است. به عنوان نمونه، ال- همدونی و همکاران^{۳۰} (۲۰۰۸) در پژوهشی تکتونیک فعال را در جنوب اسپانیا مورد بررسی قرار دادند. آنها از شاخص های ژئومورفیک و در نهایت Iat استفاده کردند و بر این اساس در یک قالب شناسایی، مناطق فعال را مشخص کردند. پرزپنا و همکاران^{۳۱} (۲۰۱۰) در پژوهشی به تکتونیک فعال در سرانوادا در جنوب شرق اسپانیا پرداختند. مبنای تحلیل شاخص- های ژئومورفیک و آنالیز شبکه زهکشی بود. منطقه مطالعاتی یک ناحیه و رشته با ارتفاع تا ۳۰۰۰ متری و نیز وجود نواحی گسلی به ویژه در غرب و شرق بود. در مسیر ارزیابی، شاخص های ژئومورفیک همچون Smf و منحنی پیپسومتریک و ... بررسی شدند. نتایج نشان داد که بخش غربی از براینند عملکرد گسل های نرمال در امتداد جبهه کوهستان ها و نیز چین خوردگی های NNE-SSW دارای عملکرد تکتونیک فعال تری است. از سایر مطالعات جدیدتر خارجی می توان به پژوهشهای بیرمن و همکاران (۲۰۱۹) و نیز ابودا و همکاران و (۲۰۱۹) اشاره نمود. در سطح داخلی نیز می توان به مطالعه گورابی و نوحه گر (۱۳۸۶) در ارتباط با تکتونیک فعال در حوضه درکه در شمال تهران اشاره کرد. آنها با استفاده از ۷ شاخص ژئومورفولوژیکی اقدام به بررسی نمودند و نتایج نهایی نشان داد که از لحاظ تکتونیک فعال می باشد. همتی و همکاران (۱۳۹۴) نیز در پژوهشی به بررسی شواهد ژئومورفولوژیک زمین ساخت فعال در طاق دیس پیکلا پرداختند. منطقه مورد مطالعه در جنوب غرب استان کرمانشاه است. در این پژوهش شاخص های زمین ساخت فعال متعددی به کار رفتند و نتایج نشان داد که بخش شمال شرق طاق دیس از دامنه جنوب غربی آن به لحاظ زمین- ساخت فعالتر است. از سایر مطالعات داخلی نیز می توان به پژوهش های جعفری و براتی (۱۳۹۷) و نیز شفیعی و همکاران (۱۳۹۹) اشاره نمود. در کل مجموع مبانی نظری و نیز مطالعات دال بر اهمیت موضوع در مسیر پایداری سرزمینی است و بر این اساس در این پژوهش این مهم در سطح حوضه پیراشهری مریانج همدان مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- موقعیت منطقه مطالعاتی:

در این پژوهش حوضه مریانج بررسی شد. حوضه مذکور یکی از حوضه های پیراشهری همدان و جزو مجموعه

²⁵ - Bull & Mc Fadden

²⁶ - Adams

²⁷ - Alexander & Leeder

²⁸ - Boyd & Schumm

²⁹ - Keller & Pinter

³⁰ - El- Hamdouni & et al

³¹ - Perez- Pena & et al

رشته و توده الوند است. این حوضه دارای مساحت ۵۳/۳۴ کیلومترمربع بوده و محیط آن نیز ۳۴/۳۰ کیلومتر است. حوضه ها با توجه به هدف پژوهش در محل سطح دوم تغییر شیب و منطبق بر ورود به محیط هموار در شمال غرب همدان به عنوان خروجی آن در نظر گرفته شده است. حوضه مریانج جزو بخشی از آبهای همدان در شمال و شمال غرب می باشند که در نهایت به همراه مجموعه جریانات دیگر الوند و نیز صالح آباد و لالچین وارد قره چای شده و در نهایت وارد حوضه دریاچه نمک شده و در حوضه آبریز ایران مرکزی قرار می گیرد (نقشه توپوگرافی محدوده). به لحاظ موقعیت جغرافیایی نیز در عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۵۱ دقیقه شمالی و در طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۲۸ دقیقه طول شرقی قرار دارد و به لحاظ ارتفاعی نیز اختلاف ارتفاع قابل توجه مشهود است که دال بر شرایط خاص توپوگرافیک و وجود واحدهای ژئومورفولوژیک کوهستانی و نیز سطوح دشتی بوده و در ارتباط با مسائل نئوتکتونیک قابل بحث و بررسی است.



شکل ۱- موقعیت حوضه مریانج و نمای توپوگرافیک آن

۳- مواد و روش ها:

بر مبنای ماهیت پژوهش، روش این تحقیق ترکیبی از مطالعات تئوریک، میدانی همراه با تحلیل های آماری شاخص های مورفومتریک بوده و در این مسیر از نقشه های توپوگرافی و نیز تصاویر موجود از جمله SRTM، تصاویر گوگل ارث نیز کمک گرفته شده است. روش غالب این پژوهش، در مرحله اول به کارگیری شاخص های ژئومورفیک منتخب و در مرحله دوم به کارگیری شاخص زمین ساخت فعال نسبی (Iat) است که در ادامه روند برآورد و اجرای آنها مورد بحث قرار می گیرد.

۳-۱- شاخص های ژئومورفیک:

در این پژوهش، اولین شاخص نسبت عرض کف دره به عمق دره (Vf) بود که از طریق رابطه زیر به دست می آید.
(رابطه ۱)

$$Vf = \frac{Vfw}{\frac{(Eld - Esc) + (Erd - Esc)}{2}}$$

که Vfw عرض بستر دره (متر)، Eld ارتفاع دیواره سمت چپ دره (متر)، Erd ارتفاع دیواره سمت راست دره (متر) و Esc ارتفاع میانگین بستر دره (متر) می باشد. در کل، این شاخص برای تشخیص مناطق تکتونیکی فعال و غیر فعال استفاده می شود. مقادیر عددی کمتر از ۰/۵ نشان دهنده مناطق با فعالیت تکتونیکی زیاد، مقدار بین ۰/۵ تا ۱ نشان دهنده فعالیت متوسط و در صورتی که مقدار این شاخص بزرگتر از ۱ باشد، نشان دهنده مناطق با فعالیت تکتونیکی کم می باشد (Bull, 2007).

شاخص دوم گرادیان رودخانه (SL) است که از طریق رابطه شماره ۲ برآورد می گردد.

$$SL = \frac{(\Delta H / \Delta L) L}{\quad} \quad \text{(رابطه ۲)}$$

در این رابطه ΔH - اختلاف ارتفاع کانال، ΔL - فاصله افقی بین دو نقطه اندازه گیری شده و L طول کانال رودخانه از نقطه اندازه گیری شده تا مرتفع ترین نقطه کانال است. به صورت کلی و بر اساس نظرات موجود، مقادیر شاخص بالای ۵۰۰ نشان دهنده مناطق دارای فعالیت تکتونیکی بالا، مقادیر بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ نشان دهنده مناطق دارای فعالیت متوسط و مقدار شاخص کمتر از ۳۰۰ نشان دهنده مناطق دارای فعالیت تکتونیکی پایین است. در کل این شاخص در مسیر شناسایی مناطق به لحاظ فعالیت های تکتونیکی بسیار کارا است.

شاخص سوم، شاخص سینوسی جبهه کوهستان (Smf) است که بر اساس رابطه شماره ۳ برآورد می گردد.

(رابطه ۳)

$$Smf = \frac{Lmf}{Ls}$$

Lmf ، طول جبهه کوهستان در محل بینابینی کوهستان و کوهپایه (جایی که شیب تغییر می کند و یا شیب می شکند)، Ls ، طول مستقیم میان دو نقطه در محل تغییر شیب (کنیک کوهستان) است. شاخص سینوسی جبهه کوهستان با فعالیت بالا، متوسط و غیرفعال به ترتیب دارای مقادیر نزدیک به ۱ تا ۱/۵، ۱/۵ تا ۳ و بیش از ۳ می باشند

(Bull, 2007). در کل این شاخص نیز قابل اندازه گیری راحت بوده و در مسیر سنجش حرکات تکتونیکی کارا است.

شاخص چهارم، شاخص عدم تقارن آبراهه ها در حوضه آبریز (AF) است که به صورت زیر حاصل می شود.

$$AF = 100 (A_r / A_t) \quad \text{(رابطه ۴)}$$

A_r : مساحت حوضه در ساحل سمت راست آبراهه اصلی ، A_t : مساحت کل حوضه است. همدونی و همکاران (۲۰۰۸) بر مبنای پژوهش خود این شاخص را به سه طبقه ۱-حوضه نامتقارن ($A_f \leq 35$ یا $A_f \geq 65$)، ۲-حوضه نیمه متقارن ($35 < A_f < 65$) یا $43 \leq A_f \leq 57$ و حوضه متقارن ($43 < A_f < 57$) تقسیم کرده اند.

شاخص پنجم، شکل حوضه آبریز (BS) است که بر اساس رابطه زیر به دست می آید.

$$BS = \frac{B1}{BW} \quad \text{(رابطه ۵)}$$

در این رابطه $B1$: طول حوضه ی اندازه گیری شده از سرچشمه تا خروجی و BW : بیش ترین عرض حوضه که در وسیع ترین نقطه اندازه گیری می شود. شکل کشیده ی حوضه های آبریز از ویژگی های حوضه هایی است که در مناطق کوهستانی با فعالیت های زمین ساختی واقع شده اند و با دور شدن از زمان بالآمدگی منطقه شکل آن ها به دایره متمایل می گردد (Ramirez, 1998). اگر شاخص شکل حوضه آبریز بزرگتر از ۴ باشد (فعال)، اگر در محدوده ۳-۴ باشد (نیمه فعال) و اگر کمتر از ۳ باشد (غیر فعال) می باشد.

شاخص ژئومورفیک آخر، تراکم سطحی آبراهه (P) است که بر مبنای رابطه زیر حاصل می گردد.

$$\text{(رابطه ۶)}$$

$$D = \frac{L}{A}$$

در این رابطه D - شاخص تراکم زهکشی، L - مجموعه طول جریان به کیلومتر و A - مجموعه مساحت به کیلومتر مربع است. مقادیر بالای این شاخص نشان دهنده فعالیت تکتونیکی بیشتر و برعکس میزان پایین آن نشان دهنده گسیختگی کمتر و فعالیت تکتونیکی پایین تر است (روستایی و نیری، ۱۳۹۰).

$$2-3 \text{ - شاخص زمین ساخت فعال نسبی (Iat)}$$

شاخص Iat ، برای تحلیل های مرتبط با شاخص های ژئومورفیک و نیز جمع بندی و نتیجه گیری از آنها مناسب است و لذا در ایجاد درک مناسب از وضعیت ژئومورفیک مناطق بسیار کارا است. به بیانی بر اساس این شاخص، مقدار فعالیت نسبی زمین ساخت منطقه و پهنه مطالعاتی در قالب طبقات میسر می گردد. به منظور طبقه بندی منطقه بر اساس شاخص زمین ساختی Iat ، هر شاخص به سه رده به لحاظ فعالیت زمین ساختی تقسیم می شود. در نهایت برای حوضه میانگین مقادیر رده های شاخص های ژئومورفیک به کار گرفته شده (S/n) اندازه گیری شده و به ۴ رده فعالیت زمین ساختی (Iat) طبقه بندی شد. رده های فعالیت زمین ساختی نسبی شامل رده ۱ $(1 \leq Iat < 1/5)$ که نشان دهنده فعالیت زمین ساختی بسیار بالا بوده؛ رده ۲ $(2 \leq Iat \leq 1/5)$ فعالیت زمین ساختی بالا؛ رده ۳ $(3 \leq Iat < 2/5)$ فعالیت زمین ساختی متوسط و رده ۴ $(Iat \geq 2/5)$ فعالیت زمین ساختی نسبی کم را نشان می دهد (همدونی و همکاران، ۲۰۰۸). در کل این شاخص یک سیمای کلی را از تحلیل وضعیت تکتونیک فعال منطقه نشان داده و در مسیر پایداری سرزمینی از منظر این نوع مخاطره مفید است.

جدول ۱- کلاسه بندی حوضه از منظر فعالیت نسبی تکتونیکی

شاخص	کلاس ۱	کلاس ۲	کلاس ۳
Smf	کمتر از ۱/۱	۱/۱ - ۱/۵	بیشتر از ۱/۵
AF	$AF-50 > 15$	$AF-50 : 7-15$	$AF-50 < 7$
SL	بیشتر از ۵۰۰	۳۰۰ - ۵۰۰	کمتر از ۳۰۰
P	بیشتر از ۰/۶	۰/۵ - ۰/۶	کمتر از ۰/۵
Bs	بیشتر از ۴	۳ - ۴	کمتر از ۳

۴- نتایج:

در این بخش نتایج حاصل از بررسی شاخص های ژئومورفیک و نیز شاخص Iat برای حوضه مریانج ارائه می- گردند که به قرار زیر است.

اولین شاخص Bs بود که بر اساس ارزیابی صورت گرفته و همچنان که در جدول نشان داده شده است، مقدار آن ۲/۵۳ برآورد گردید و دال بر وضعیت تکتونیکی پایین و کم می باشد.

جدول ۲- محاسبه شاخص BS در منطقه مورد مطالعه

وضعیت تکتونیکی	BS	BW (Km)	BL (Km)	حوضه
غیرفعال (کم)	۲/۵۳	۵/۵۲	۱۴	مریانج

دومین شاخص، شاخص عدم تقارن حوضه زهکش AF بود که مقدار کمی آن بر اساس فرمول و چهارچوب‌های مربوطه ۰/۳۵ به دست آمد که دال بر نامتقارن بودن حوضه و انحراف به طرفین می‌باشد.

جدول ۳- مقادیر شاخص Af برای حوضه‌های مطالعاتی

وضعیت تکتونیکی	Af %	At (Km ²)	Ar (Km ²)	حوضه
نامتقارن	۰/۳۵	۲۵/۵۴	۱۸/۹۳	مریانج

سومین شاخص، شاخص پیچ و خم جبهه کوهستان (Smf) بود که در پنج نقطه هدف و انتخابی برآورد گردید و مقادیر کمی و نهایی آن ۲/۲۲ محاسبه گردید که دال بر که بیانگر میزان فعالیت تکتونیکی در حد متوسط است.

جدول ۴- مقادیر کمی مرتبط با شاخص Smf در سطح حوضه مریانج

حوضه مریانج	ایستگاه	Lmf	Ls	smf	وضعیت تکتونیکی
۱	۱/۲۴	۰/۵۵	۲/۲۵	(۲/۲۲) فعالیت متوسط	
۲	۱/۹۴	۰/۷۲	۲/۶۹		
۳	۱/۲۴	۰/۷۹	۱/۵۶		
۴	۲/۳۸	۱/۴۹	۱/۵۹		
۵	۲/۵۱	۰/۸۳	۳/۰۲		

چهارمین شاخص، نسبت پهنای کف دره به عمق دره (Vf) بود که مقدار کمی آن برای حوضه مطالعاتی، به صورت کلی ۲/۱۸ برآورد گردید. این مقادیر کمی دال بر فعالیت نسبتاً پایین تکتونیکی در سطح حوضه است و شواهد مرتبط با این مساله نیز از منظر توپوگرافیک در سطح حوضه قابل مشاهده هستند.

جدول ۵- مقادیر کمی شاخص V_f برای حوضه مطالعاتی

حوضه مریانج	ایستگاه	Eld	Erd	Esc	Vfw	Vf	وضعیت تکتونیکی
۱	2538/9	2634	2208/5	502	1/32	۲/۱۸	
۲	2681	2457/9	2251/8	531	1/67		
۳	۲۶۴۵/۹	۲۴۶۴	۲۳۸۷/۴	۷۱	۰/۴۲		
۴	۲۳۳۱/۷	۲۳۸۶/۵	۲۲۱۹/۲	۳۶۸	۲/۶۳		
۵	۲۳۴۱/۷	۲۲۸۳/۵	۲۲۱۹/۸	۹۰۰	۴/۸۴		

پنجمین شاخص، شاخص گرادیان طولی رودخانه (SL) بود که در نهایت عدد ۲۷۱ برآورد گردید و بر مبنای مبانی نظری مرتبط با این شاخص، مجموع شاخص SL بیانگر فعالیت تکتونیکی متوسط به سمت پایین است.

جدول ۶- مقادیر شاخص SL برای حوضه های مطالعاتی

۲۷۱	۴۰۶	۲۰۰۰	۶۵	۱۲/۱۹	۱	مریانج
	۱۰۷	۶۹۲	۴۵	۷	۲	
	۳۰۰	۵۰۰	۵۰	۳۰	۳	

شاخص ژئومورفیک نهایی، تراکم سطحی آبراهه (P) بود که برای حوضه مریانج ۰/۶۸ به دست آمد که بیانگر پویایی نسبی تکتونیکی با درجات کم است.

نتایج بعدی در ارتباط با شاخص Iat می باشد که برای حوضه مریانج به کار گرفته شد تا در ارتباط با طیف عملکردی شاخص های ژئومورفیک به یک ارزیابی منطقی تر منتهی گردد. بررسی موردی نتایج حاصل از شاخص به کار گرفته شده نهایی Iat نشان داد که حوضه مریانج از لحاظ فعالیت تکتونیکی در مرز متوسط به سمت کم و در یک حالت بینابینی قرار دارد.

جدول ۸- ارزیابی وضعیت تکتونیکی حوضه مطالعاتی بر اساس شاخص Iat

وضعیت تکتونیکی	میانگین	شاخص					حوضه- های مطالعاتی
رده	S/n	p	Sl	Vf	Smf	Af	BS
متوسط به پایین	۲/۵۰	۱	۳	۳	۳	۲	۳

۵- نتیجه گیری:

این پژوهش بررسی و ارزیابی تکتونیک فعال در حوضه های پیراشهری همدان و به صورت موردی حوضه مریانج بود که در مرز و حوضه بلا فصل همدان قرار دارد و همچنین عارضه توپوگرافیک شاخص مسلط بر همدان و به عنوان بخشی از رشته الوند می باشد و بنابراین بررسی فعالیت تکتونیکی آن به عنوان یکی از مسیرهای تحلیل های مرتبط با مدیریت محیط و پایداری سرزمینی ارزشمند است. با توجه به عنوان و هدف پژوهش و در راستای دقت فرایند کار شامل انتخاب حوضه، ارزیابی از طریق شاخص های ژئومورفیک، کلاسه بندی از طریق شاخص Iat و نیز اعتبارسنجی مبتنی بر فرم بود تا زمینه ارزیابی نسبتا دقیق تر فراهم گردد.

به عنوان نتیجه گیری نهایی می توان اشاره کرد که روند کلی شاخص های شش گانه ژئومورفیک که در این پژوهش به کار گرفته شدند، بر اساس نتایج به دست آمده از آنها مشخص شد که حوضه پیراشهری مریانج همدان در سطح بالای پویایی از منظر تکتونیکی قرار ندارد و از منظر نفو تکتونیک در سطح نسبی متوسط به درجات پایین قرار دارند. با این وجود دامنه های متفاوت فعالیت نیز در سطح بین حوضه و مناطق مختلف حوضه وجود دارد که در کل در ارتباط با ساز و کار نفو تکتونیکی، سیستم های لیتولوژیک و نیز ژئومورفیک قابل بحث و بررسی است.

نتیجه گیری نهایی حاصل از شاخص Iat نیز نشان داد حوضه مریانج در حد نهایی متوسط به سمت کم و در حالت بینابینی متوسط و کم قرار دارد. بنابراین می توان نتیجه و بحث نهایی را در این قالب گرفت که هم شاخص های ژئومورفیک به کار گرفته شده و نیز کلاسه بندی بر اساس شاخص Iat همخوانی بالایی را دارند و به نوعی دال بر صحت پژوهش و نتایج است و از طرفی بر اساس رویکرد پژوهش که جامع می باشد، حوضه مطالعاتی دارای فعالیت نسبی تکتونیکی با روند نسبی کاهشی می باشد که فعالیت چشمگیر فرایندهای دینامیک بیرونی و فرسایشی موجود نیز موید این مساله است. و در نهایت می توان گفت که داده های لرزه ای دستگاهی و به ویژه تاریخی و وضعیت دینامیکی منطقه که از داده های ژئودینامیک ایستگاه همدان برآورد شده است و منطقه را مجموعا ایمن نسبی می داند، در کل دال بر صحت سنجی این تحلیل و پژوهش است.

۶- مراجع:

سلیمانی، شهریار، (۱۳۷۸)، رهنمودهایی در شناسایی حرکات تکتونیکی فعال و جوان، پژوهشگاه بین المللی زلزله-شناسی و مهندسی زلزله.

عبادیان، سارا، (۱۳۷۹)، تحلیل ساختاری و زمین ساختی طاقدیس سبز پوشان بر اساس آنالیزهای مورفوتکتونیکی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.

نجفی اسماعیل، صفاری، امیر. کرم، امیر. قنوتی، عزت اله ... ۱۳۹۳، ارزیابی فعالیت های نو زمین ساختی با استفاده از شاخص ها ژئومورفولوژیک در حوضه های آبریز کلان شهر تهران، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، شماره ۴، ص ۱-۲۲.

کرمی، فریبا، رجبی، معصوم، ابادری، کلثوم، (۱۳۹۷)، تحلیل ناهنجاری های شبکه زهکشی و ارتباط آن با تکتونیک فعال در حوضه های آبریز شمال تبریز، پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، سال هفتم، شماره ۱، صص ۳۰-۴۷.

اسفندیاری، فریبا. صلاحی، برومند. حسن زاده، رسول. ۱۳۹۴، ارزیابی فعالیت های نئوتکتونیکی حوضه آبریز علی آبادچای، پژوهش های دانش زمین، شماره ۲۲، صص ۸۴-۹۹.

همتی، فریبا، بهرامی، شهرام، زنگنه اسدی، محمد علی، (۱۳۹۴)، شواهد ژئومورفولوژیک زمین ساخت فعال در طاقدیس پیکلا، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۳۰، شماره ۳، پیاپی ۱۱۸، صص ۲۰۷-۲۲۲.

جعفری، غلام حسن، براتی، زینب، (۱۳۹۷)، ارزیابی کمی مورفوتکتونیک فعال در دامنه های توده باتولیت الوند، مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هفتم، شماره پانزدهم، صص ۱۷۹-۲۰۴.

شفیعی، آرزو، عباسی، زینب، تاجبخش، سید محمد، موسوی، سید مرتضی، معماریان، هادی، (۱۳۹۹)، بررسی زمین ساخت فعال در شمال حوضه آبخیز دشت بیرجند با استفاده از فاکتورهای مورفومتریک، پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، سال نهم، شماره ۱، صص ۱۱۷-۱۳۳.

گورابی، ابوالقاسم، نوحه گر، احمد، (۱۳۸۶)، شواهد ژئومورفولوژیکی تکتونیک فعال حوضه آبخیز درکه، پژوهش های جغرافیایی، دوره ۳۹، شماره ۸، پیاپی ۱۸۰۵، ۱۹۶-۱۷۷.

Keller, E. A; Pinter, N., (1996), Active Tectonics: Earthquakes, Uplift and Landscaps, Prentice Hall, New Jersey. seismic zone.U.S. Geol. Surv. Prof. Pap. 1538-R, 35 pp.

El-Hamdouni, R., Irigaray, C., Fernández, T., Chacón, J., Keller, E.A., (2008),

Assessment of relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (southern Spain), *Geomorphology*, 96, pp: 150–173.

Perez-Pena, J. V; Azor, A; Azanon, J. M; Keller, E.A; (2010), Active tectonics in the Sierra Nevada (Betic Cordillera, SE Spaine), *Geomorphology*, 119 (1-2): 74-84.

Biermanns, P, Schmitz, B, Ustaszewski, K, Reicherter, K., (2019), Tectonic geomorphology and Quaternary landscape development in the Albania- Montenegro border region: An inventory, *Geomorphology*, 326, :116-131.

Abbouda, M; Maouche, S, Bouhadad, Y; Belhai, D; (2019), Neotectonics and active tectonics of the Dahra- Lower Cheliff Basin (Tell Atlas, Algeria): Seismotectonic implication, *Journal of Arican Earth Sciences*, 153, pp:250-267.

Adams, J., (1980), Active tilting of the United States mid-continent: geodetic and geomorphic evidence. *Geology*, 8, pp: 442-446.

Boyd, K.F., Schumm, S.A., 1995. Geomorphic evidence of deformation in the northern part of the New Madrid Sesmic Zone, U.S. GEOLOGICAL SURVEY PROFESSIONAL PAPER 1538-R.

Bull, W. B; Mc Fadden, L. D; (1977), Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California, In *Geomorphology in arid regions*, Proceedings of the eighth annual geomorphology symposium, State University of New York, Binghamton , pp: 115-138.

ارزیابی تنوع زمین شناختی با استفاده از یک روش کمی-کیفی (مطالعه موردی: استان لرستان)

Geodiversity Assessment by Using a Quantitative-Qualitative Method (Case Study: Lorestan Province)

مهران مقصودی^{۱*}، سیامک شرفی^۲، پویاکامرانی^۳

^۱ دانشیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران Maghsoud@ut.ac.ir

^۲ دانشیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان sharafi.si@lu.ac.ir

^۳ دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران Pooya.Kamrani@ut.ac.ir

چکیده

گوناگونی های موجود بر روی کره زمین به دو دسته تنوع زمین شناختی و تنوع زیستی تقسیم می شود. در واقع ژئومورفودیورسیتی، پدودیورسیتی، لیتودیورسیتی و هیدروژئودیورسیتی از مهمترین عناصر ژئودیورسیتی محسوب می شوند که وجود آنان در یک محیط موجب فراهم آوری امکانات خدماتی و ارزشی می شود؛ از این رو باید از این مکان ها حفاظت زمین شناختی انجام شود. مهمترین گام در تحقق این امر ارزیابی ژئودیورسیتی با استفاده از روش های کمی-کیفی است که خروجی های حاصل از آن، ابزاری کارآمد در دست مدیران و فعالین حفاظت زمین شناختی می باشد. در این میان استان لرستان به دلیل داشتن تنوع های زمین شناختی و ژئومورفولوژیکی بالا مستعد ارزیابی کمی ژئودیورسیتی است که با استفاده از یک شاخص کیفی-کمی معرفی شده توسط فراندو و همکاران (۲۰۲۱) که منطبق بر فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی می باشد، مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان دهنده وجود ژئودیورسیتی بالا در غرب (کانیون شیرز)، جنوب غرب (تنگ ملاوی تا کانیون خزینه) و مناطق شرقی استان لرستان (اشترانکوه و مجموعه های چین خورده سپیدشت) است.

کلمات کلیدی: ژئودیورسیتی، ژئومورفودیورسیتی، مدیریت زمین شناختی، حفاظت زمین شناختی

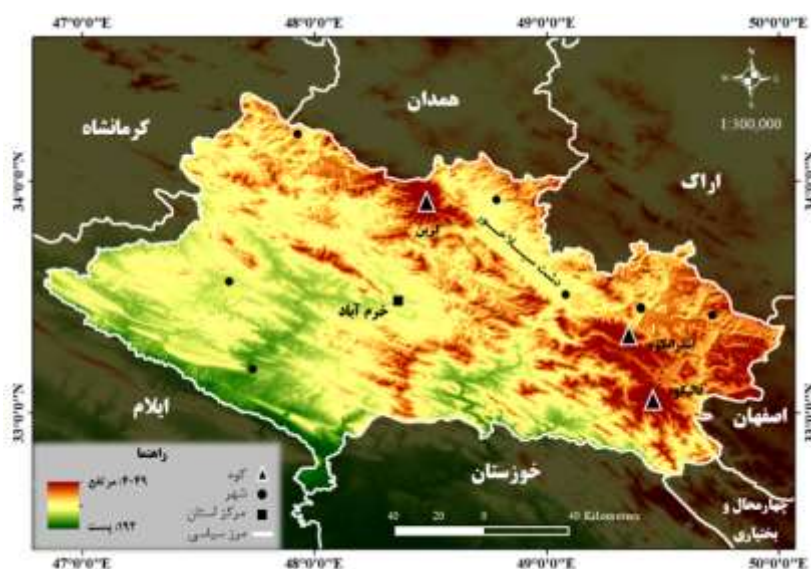
۱- مقدمه

توجه به تنوع پدیده های طبیعی زمین در دهه های گذشته افزایش یافته است؛ و به طور اساسی این گوناگونی ها در عین وابستگی به یکدیگر به دو دسته بیودایورسیتی و ژئودایورسیتی تقسیم می شود (هیوت و لیوتو^{۳۲}، ۲۰۱۰). مفهوم ژئودایورسیتی نخستین بار در سال ۱۹۹۶ میلادی در تاسمانی بکار گرفته شد و توسط کشور های نوردیک (دانمارک، فنلاند، ایسلند، نروژ و سوئد) ابعاد نظری و کارکردی آن گسترش یافت (توماس، ۲۰۱۲)؛ که اشاره به گوناگونی های طبیعی مرتبط با عوامل زمین شناختی (سنگ ها، کانی ها و فسیل ها)، ژئومورفولوژیکی (لندفرم ها)، خاک، توپوگرافی و هیدرولوژیکی دارد (شارپلس، ۱۹۹۵؛ گری، ۲۰۱۹؛ مانوسو و همکاران، ۲۰۲۱)، همچنین این علم به فرآیند هایی که مناظر زمین را شکل می دهند توجه خاصی دارد (کزلوفسکی، ۲۰۰۴). از نظر توماس (۲۰۱۲). ژئودایورسیتی از اجزای متنوعی تشکیل شده است؛ که چهار جزء اصلی آن عبارتند از: تنوع های دیرینه شناسی، معدنی و سنگ شناسی، ژئومورفولوژیکی، خاک شناسی و تکتونیک. مشخص کردن مناطقی که از تنوع زمین شناختی و ژئومورفیک برخوردار هستند، گامی مهم در مدیریت این نواحی به منظور حفاظت از میراث زمین شناختی، توسعه پایدار زمین گردشگری و برنامه ریزی برای آنان به شمار می رود (معمد و مقیمی، ۱۳۷۸). مفهوم ژئودایورسیتی ابزاری مهم در مدیریت محیطی به ویژه در محتوا و بافت حفاظت زمین شناختی به شمار می رود (مانوسو و همکاران، ۲۰۲۱) که ارزیابی آن اغلب به منظور اهداف مختلف حفاظت زمین شناختی و شناسایی ارزش ها و خدمات ژئودایورسیتی انجام می شود. ژئودایورسیتی به سه روش کیفی، کمی و کیفی-کمی مورد ارزیابی قرار می گیرد (رینارد و بریلها، ۲۰۱۸). روش های کیفی-کمی ناشی از ترکیب داده های کمی (مانند: مدل های رقومی) و داده های کیفی (پرسشنامه) هستند؛ که از نتایج قابل اعتمادتری برخوردار هستند. ژئودایورسیتی کشور ایران و به ویژه استان لرستان بالا است (یاراحمدی و بیرانوند، ۱۳۹۳؛ رامشت و باباجمالی، ۱۳۹۸؛ مقصودی، ۲۰۲۱)؛ که نبود ارزیابی کمی از ژئودایورسیتی این استان مانعی جدی بر سر راه مدیریت، برنامه ریزی و حفاظت از خدمات و ارزش های ارائه شده توسط گوناگونی های زمین شناختی و ژئومورفولوژیکی است. به همین منظور در این پژوهش با استفاده از یک روش کیفی-کمی، ژئودایورسیتی یکی از مناطق ایران در قالب مطالعه ای موردی (استان لرستان) ارزیابی می شود.

۲-۱ منطقه مورد مطالعه

استان لرستان در غرب ایران واقع شده است (شکل-۱) که وسعت آن ۲۸۳۰۸ کیلومتر مربع می باشد (سالنامه

آماري لرستان، ۱۳۹۹). مرتفع ترين مناطق استان در نوار شمال شرقي و پست ترين مناطق در قسمت هاي جنوبي استان قرار دارند. از نظر اقليمي هر چه از سمت جنوب به شمال پيش مي رويم، بارش و دماي متوسط ساليانه به ترتيب روند افزايشي و کاهشي پيدا مي کنند (ياراحمدی و بيرانوند، ۱۳۹۳). با توجه به واحد هاي زمين ساختی، اين استان داراي سه پهنه سنج-سيرجان (سنگ هاي دگرگونه)، زاگرس مرتع و زاگرس چين خورده (سنگ هاي کربناته) است. نظم چينه بندي در در قسمت هاي مرکزي و جنوبي استان از نوع ژورايي است (علائي طالقاني، ۱۴۰۰).



شکل-۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

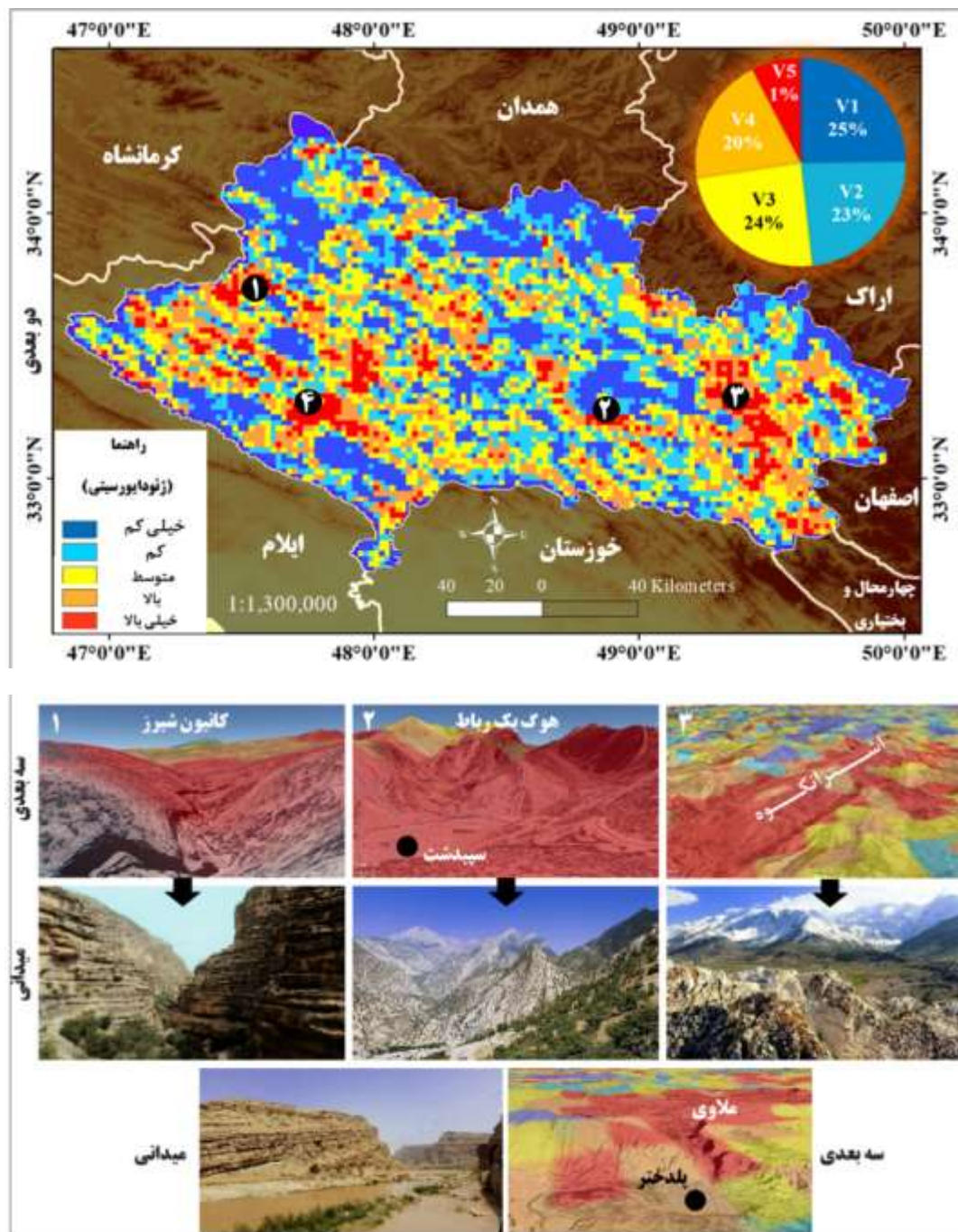
۲- مواد و روشها

نوع تحقیق کاربردی- توسعه ای و روش آن تحلیلی- میدانی می باشد. بسیاری از روش هایی که برای ارزیابی ژئودایورسیتی مورد استفاده پژوهشگران قرار گرفته، روش های کیفی و کمی بوده است، اما به دلیل دقت، قابلیت اعتماد، عدم دخالت سلیقه های شخصی و سادگی، اکثر پژوهش ها از روش های کمی به منظور سنجش ژئودایورسیتی یک منطقه استفاده کرده اند (فراندو و همکاران، ۲۰۲۱؛ مانوسو و همکاران، ۲۰۲۱؛ زولینسکی و همکاران، ۲۰۱۸؛ مللی و همکاران، ۲۰۱۷)؛ به همین دلیل این پژوهش نیز از یک روش کیفی-کمی که منطبق بر پرسشنامه و بکارگیری سامانه اطلاعات جغرافیایی است به منظور ارزیابی ژئودایورسیتی استان لرستان استفاده کرده است. شاخص مورد نظر برای سنجش ژئودایورسیتی منطقه مورد مطالعه، شاخص GI است؛ که در سال ۲۰۲۱ توسط فراندو و همکاران معرفی شد. زیر شاخص های آن مطابق با اجزای اصلی ژئودایورسیتی یعنی: تنوع سنگ شناسی، تنوع ژئومورفولوژیکی، تنوع هیدروژئولوژیکی و تنوع خاک شناسی می باشد (شکل-۲) (فراندو و همکاران، ۲۰۲۱). ورودی مورد نیاز برای زیر شاخص

تنوع لیتولوژیکی از اطلاعات سنگ شناسی موجود در نقشه های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ الشتر، الیگودرز، بروجرد، دورود، هرسین، کبیرکوه، خرم آباد، کوهدشت، ملایر، پلدختر و تنگ هفت تهیه شد؛ همچنین زیر شاخص تنوع ژئومورفولوژیکی با استفاده از شاخص (GmI) که توسط ملهلی و همکاران (۲۰۱۷) معرفی شد، مورد محاسبه قرار گرفت و نتایج با استفاده از نقشه های ژئومورفولوژی تهیه شده توسط موسسه جغرافیا دانشگاه تهران (۱۳۸۲) مورد صحت سنجی قرار گرفت. داده های ورودی برای ایجاد نقشه رستری واحد های چشم انداز خاک، بر اساس نقشه رده بندی جامع خاک های ایران (تهیه شده توسط موسسه تحقیقات آب و خاک (۱۳۹۴)) و نقشه کاربری اراضی (تهیه شده توسط اداره کل سنجش از دور سازمان فضایی ایران (۱۳۹۵)) به دست آمدند. به منظور ایجاد نقشه رستری هیدروژئولوژیکی سنگ ها و رسوبات استان بر اساس نفوذ پذیری به پنج دسته تقسیم شدند؛ که عبارتند از: ۱) کارستیک ۲) متخلخل کارستیک ۳) شکسته با نفوذ پذیری کم ۴) شکسته با نفوذ پذیری متوسط ۵) شکسته با نفوذ پذیری زیاد. در مرحله بعد هر یک زیر شاخص های ژئودایورسیتی سرانجام به نقشه های رستری طبقه بندی شده (تنوع خیلی کم (V1)، تنوع کم (V2)، تنوع متوسط (V3)، تنوع بالا (V4) و تنوع خیلی بالا (V5)) با استفاده از روش جنکس (۱۹۶۷) تقسیم شدند؛ سپس با یک شبکه رستری با اندازه ۲۰۰۰*۲۰۰۰ متر با توجه به دقت داده های ورودی پوشیده شدند و پس از محاسبه وزن هر یک از لایه ها با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، نقشه ژئودایورسیتی استان لرستان ایجاد شد. سرانجام با استفاده از مشاهده های میدانی متعدد و مراجعه به تصاویر ماهواره ای، نتایج حاصل از خروجی ها مورد صحت سنجی قرار گرفتند.

۳- بحث و نتیجه گیری

پس از جمع نقشه های رستری تنوع های هیدروژئولوژی، ژئومورفولوژی، واحد های چشم انداز خاک و سنگ شناسی با یکدیگر بر اساس وزن های دریافتی از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، نقشه ژئودایورسیتی استان لرستان (شکل-۲) ایجاد شد.



شکل-۲: نتایج حاصل از شاخص ارزیابی ژئودایورسیتی استان لرستان و نمای سه بعدی و میدانی از مناطق دارای ژئودایورسیتی خیلی بالا (V5)

با توجه به شکل-۲ می توان دریافت که ۱٪ (۶۷۹ کیلومتر مربع) از مساحت استان در طبقه ژئودایورسیتی خیلی بالا (V5) قرار دارد؛ که این مناطق عبارتند از: کان یون شیرز، مجموعه های چین خورده سپیدشت و هوگ بک رباط، منطقه حفاظت شده اشتران کوه و شمال پلدختر. کان یون شیرز به دلیل برخورداری از اشکال متنوع کارستیک (برج و هودو

آهکی، تافونی ها، لاپیه ها، دیگ جن، استالاکتیت و دیگر لندفرم های کارستیک) و تنوع سنگ شناسی، ارتفاعات سپیدشت به دلیل تنوع سنگ شناسی، هیدروژئولوژیکی و ژئومورفولوژیکی (زبری بالای زمین، تراکم زهکشی (به هم پیوستن چهار رودخانه دائمی سزار، زز، آب واکس و مامون در این محل) و تنوع در لندفرم های آبرفتی و ساختمانی (تنوع چینه شناسی))، اشتران کوه به دلیل تنوع های سنگ شناسی، هیدروژئولوژیکی، واحد های چشم انداز خاک و ژئومورفولوژیکی (وجود پادگانه های رودخانه ای و دریاچه ای، گوناگونی در لندفرم های یخچالی و مجاور یخچالی مانند: سیرک ها، دره های یخچالی، مورن های میانی، کناری و انتهایی، اسکر ها، سنگ های سرگردان و پشت گوسفندی، واریزه های یخچالی، دریاچه های کاسکیدی گهر کوچک و گهر بزرگ و حرکات دامنه ای مانند زمین لغزش های گسترشی دیرینه و حرکات خزشی فعال در عهد حاضر ناشی از سولیفلاکسیون های مناطق شمالی اشتران کوه) و اشکال کارستیک و متاثر از تکتونیک منطقه مانند: لاپیه ها، درز و شکاف ها، آبشار ها، سراب ها، کانیون ها) و منطقه ملاوی و پلدختر به دلیل تنوع های سنگ شناسی، هیدروژئولوژیکی و ژئومورفولوژیکی (تنوع در لندفرم های آبرفتی و ساختمانی مانند: پادگانه های رودخانه ای و دریاچه ای، هوگ بک ها، تیغه های هوموکلینال، پرتگاه های ساختمانی، پیچان رود ها، شبکه های زهکشی طولی، ناودیس معلق، تنوع چینه شناسی، فرسایش های شیمیایی و فیزیکی) دارای بالاترین ژئودایورسیتی می باشند. ۲۰٪ از کل مساحت استان (۶۲۴۷ کیلومتر مربع) در طبقه ژئودایورسیتی بالا (V4) قرار دارد که در منطقه حفاظت شده سفید کوه و منطقه شکار ممنوع قالیکوه مشاهده می شوند. طبقات ژئودایورسیتی متوسط تا خیلی کم در مجموع ۲۲۳۸۱ کیلومتر مربع (۷۲٪) از استان را شامل می شود؛ که بیشتر منطبق بر دشت های استان، پهنه دگرگونی و تپه ماهوری سنندج-سیرجان و ارتفاعات زاگرس چین خورده در جنوب و مرکز استان است.

نتیجه گیری

مناطق دارای ژئودایورسیتی بالا معمولاً دربرگیرنده میراث های زمین شناختی و ژئومورفولوژیکی هستند که می بایست از آنان حفاظت زمین شناختی انجام داد. شاخص های ارزیابی ژئودایورسیتی به سه دسته کمی، کیفی و کمی-کیفی تقسیم می شوند؛ که روش کیفی-کمی برای ارزیابی ژئودایورسیتی محدوده مورد مطالعه بر اساس شاخص (GI) که توسط فراندو و همکاران (۲۰۲۱) معرفی شده است، به دلیل دقت و سرعت بالا، عدم دخالت سلیقه های محقق و امکان وزن دهی به هر یک از زیر شاخص ها بر اساس نظر کارشناسان که نسبت به سایر روش ها اعتبار بیشتری دارد (رینارد و بریلها، ۲۰۱۸) انتخاب شد. خروجی شاخص ارزیابی ژئودایورسیتی و زیر شاخص های مربوط به آن، بر اساس خطوط شکست طبیعی به پنج طبقه: خیلی کم (V1)، کم (V2)، متوسط (V3)، زیاد (V4) و خیلی زیاد (V5) تقسیم شدند. به منظور ارزیابی نهایی ژئودایورسیتی استان لرستان، با استفاده از نظر کارشناسی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

(AHP) وزن هر یک از زیر معیارها محاسبه شد؛ سپس لایه های اطلاعاتی هر یک از زیر شاخص های مربوط به تنوع های سنگ شناسی، ژئومورفولوژیکی، هیدروژئولوژیکی و خاک شناسی بر اساس وزن های دریافتی با یکدیگر جمع و نقشه ژئودایورسیتی استان لرستان ایجاد شد. نشان دهنده قرار داشتن ۱٪ از مساحت استان لرستان (۶۷۹ کیلومتر مربع) در طبقه تنوع خیلی بالا ژئودایورسیتی (V5) است، که عبارتند از: کانپون شیرز، مجموعه های چین خورده سپیدشت، منطقه حفاظت شده اشتران کوه و شمال شهرستان پلدختر. همچنین مناطق سفید کوه خرم آباد و قالیکوه الیگودرز نیز در طبقه تنوع بالای ژئودایورسیتی (V4) قرار گرفتند.

مراجع

- اداره کل سنجش از دور ایران. (۱۳۹۵)، نقشه پوشش اراضی کشور با استفاده از تصاویر ماهواره ای TERRA، سنجنده MODIS.
- جمشیدی، محمد؛ افتخاری، کامران؛ نویدی، میرناصر؛ مومنی، عزیز. (۱۳۹۴). چهل سال مطالعات خاک شناسی در موسسه تحقیقات خاک و آب. نشر سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
- رامشت، محمد حسین؛ باباجمالی، فرهاد. ۱۳۹۸. ژئومورفولوژی تحلیلی ایران. چاپ اول. تهران، انتشارات سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه ها (سمت).
- سالنامه آماری ثبت احوال استان لرستان. (۱۳۹۹). سازمان ثبت احوال استان لرستان. چاپ اول.
- علائی طالقانی، محمود. (۱۴۰۰)، ژئومورفولوژی ایران. چاپ نهم، نشر قومس، تهران.
- معتمد، احمد؛ مقیمی، ابراهیم (۱۳۷۸). کاربرد ژئومورفولوژی در برنامه ریزی، چاپ اول، تهران، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه ها (سمت).
- مقصودی، مهران؛ ابراهیم، مقیمی؛ یمانی، مجتبی؛ رضایی، ناصر؛ مرادی، انور. (۱۳۹۸)، بررسی ژئومورفودایورسیتی آتشفشان دماوند و پیرامون آن بر اساس شاخص GmI، پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، سال هشتم، شماره ۱، صص. ۵۲-۶۹.
- یاراحمدی، داریوش؛ بیرانوند، حجت اله (۱۳۹۳). جغرافیای طبیعی لرستان، چاپ اول، خرم آباد، انتشارات دانشگاه لرستان.

Ferrando, A; Faccini, F; Paliaga, G; Coratza, P. (2021), A Quantitative GIS and AHP Based Analysis for Geodiversity Assessment and Mapping. Sustainability 2021, 13, 10376. <https://doi.org/10.3390/su131810376>

Hjort, J., Luoto, M., (2010). Geodiversity of high-latitude landscapes in Northern Finland. Geomorphology. Elsevier, Amsterdam, 115, p. 109–116.

Jenks, G.F., (1967). The data model concept in statistical mapping. International Yearbook of Cartography, 7, p. 186–190.

Jenks, G.F., 1967. The data model concept in statistical mapping. International Yearbook of Cartography, 7, p. 186–190.

Kozłowski, S. (2004). Geodiversity: The concept and scope of geodiversity. Przegląd Geologiczny 52(8):833-837.

Maghsoudi, M., 2021. Geodiversity of Iran, part of the Desert Landscape and Landforms of Iran. Springer, pp 147-163.

Manosso, F; Zowlinski, Z; Najwer, A; Basso, B; Santos, D. (2021), Spatial pattern of geodiversity assessment in the Marrecas River drainage basin, parana, Brazil. Ecological Indicators 126, 107703.

Melelli, L., Vergari, F., Liucci, L., Del Monte, M., (2017). Geomorphodiversity Index: Quantifying the Diversity of Landforms and Physical Landscape. Science of the Total Environment, 584–5, p. 701–714.

Pereira, D.I.; Pereira, P.; Brilha, J.; Santos, L. (2013), Geodiversity assessment of Paraná State (Brazil): An innovative approach. Environ. Manag 52, 541–552.

Reynard, E. and Brilha, J., (Eds.), (2018). Geoheritage: Assessment, Protection, and Management, Elsevier, Amsterdam, p. 482.

SHARPLES, C., (1995): A Reconnaissance of Landforms and Geological Sites of Geoconservation Significance in the State Forests of Eastern Tasmania; Report to Forestry Tasmania, Hobart (2 vols).

Thomas, M. (2012). A Geomorphological Approach to Geodiversity – Its Applications to Geoconservation and Geotourism. Questions Geographicae, 31 (1).

Zwolinski, Zb., Najwer, A., Giardino, M., (2018). Methods for assessing geodiversity. In: E. Reynard, J. Brilha (Eds), Geoheritage: Assessment, Protection, and Management, Elsevier, Amsterdam, pp 27-52.

ارزیابی توان ژئومورفوسایت های دشت لوت منطقه شهداد در توسعه ی گردشگری از طریق

مدل های ژئومورفوتوریستی

Evaluating the ability of geomorphosites of Dasht Lot in Shahdad region in the development of tourism through geomorphotourism models

^۱ رسا رئیسی، ^۲ لولیان دینسا، ^۳ سید علی المدرسی، ^۴ مگدالنا پترونلا، ^۵ علی بلور

۱- دانشکده جغرافیا، دانشگاه آزاد یزد، ma.raeisi@iauyazd.ac.ir

۲- دانشکده جغرافیا، گروه گردشگری و آمایش سرزمین، دانشگاه اورودآ، رومانی

۳- دانشکده جغرافیا، گروه سنجش از دور، دانشگاه آزاد یزد، almodaresi@iauyazd.ac.ir

۴- دانشکده مدیریت کاربردی، دانشگاه افریقای جنوبی، پرتوریا

۳- دانشکده جغرافیا، گروه سنجش از دور، دانشگاه آزاد یزد

چکیده

ژئومورفوتوریسم در زمینه مطالعات علوم زمین و گردشگری نقش بسزایی ایفا میکنند. کویر لوت شهداد در کشور ایران یکی از منحصر به فرد ترین نواحی کویری ایران دارای ژئومورفوسایت های متنوع اقلیمی و اکولوژی است که توان بالایی برای جذب گردشگران ماجراجو، علمی و دیگر نوع گردشگران از سطح جهان را داراست. در این مقاله با به کار گیری سه روش ارزیابی ژئومورفوتوریستی پری، پرالونگ و رینارد و مقایسه این سه روش تلاش گردید مناسب ترین ژئومورفوسایت برای هر چه بهتر برنامه ریزی گردشگری پایدار مشخص گردد. نتایج حاصل از تحقیق با ماهیت علمی و کاربردی ژئومورفوسایت ها و به وسیله مقایسه آنها، ژئومورفوسایت های کلوت ها، نکاها، گندم بریان بیشترین پتانسیل را با امتیازات متفاوت به دست آوردند. با توجه به این مهم آشنایی مسئولان و برنامه ریزان مسائل گردشگری با میزان توانمندی های این منطقه میتواند موجبات رشد اقتصادی و فرهنگی مردم منطقه و صنعت گردشگری را فراهم آورد.

کلمات کلیدی: ژئومورفوتوریست، ژئومورفوسایت، دشت لوت، پریرا، رینارد، پرالونگ

مقدمه

گردشگری نقش بسیار مهمی را در توسعه اقتصادی جهان کنونی ایفا میکند. ژئوتوریسم به سرعت در حال افزایش است و بر خلاف اکوتوریسم که جاذبه های طبیعت جاندار را در مرکز توجه قرار داده است، این صنعت به طور کلی با جاذبه های طبیعت بی جان سروکار دارد و فرصت بزرگی برای توسعه بیشتر فراهم می آورد و به یکی از موضوعات مهم در سطح بین المللی تبدیل شده است. (Dowling & Wójtowicz, Strachowka, & Strzyz, 2011) (Newsome, 2010, p. 231) ارتباط گردشگری با مکانهای زمین شناسی و ویژگی های آنها، شامل مناظر و محوطه های ژئومورفولوژی، میتواند به عنوان پدیده های جدید و زیر مجموعه ای از زمین شناسی و گردشگری مطرح شود. (Joyce, 2010)

ژئومورفوتوریسم، یکی از روش های مطالعاتی نوین در ارتباط مشترک با حوزه ی علوم زمین و گردشگری است، که بر شناسایی ژئومورفوسایتها یا مکان های ویژه ی ژئومورفولوژیک استوار است. (Reynard, Fontana, Kozlik, & Scapozza, 2007). ژئومورفوسایت ها مفاهیم جدیدی هستند که با تاکید بر تعیین مکان های ویژه، وارد ادبیات گردشگری شده اند. (Ielenicz, 2009, p. 7) یک ژئومورفوسیت می تواند یک شکل زمینی خاص یا یک منظره پیچیده باشد. (Pérez-Umaña, et al., 2019, p. 545) هدف از طرح چنین مفاهیمی، شناسایی لندفرم هایی است که دارای جایگاه و اهمیت ویژه در توصیف و درک تاریخ سطح زمین هستند. (Zouros, 2007, p. 169) همچنین از ارزش های علمی، اکولوژی، فرهنگی، زیبایی و اقتصادی به صورت توأم برخوردارند و به منظور ادراک و بهره برداری گردشگری انسان مورد بهره برداری قرار میگیرند. (Pereira, Pereira, Cae-tano Alves, & Braga, 2007, p. 159)

بنابراین ژئومورفوسایت ها به خودی خود و یا در ترکیب با موارث فرهنگی، تاریخی و اکولوژیکی، توانمندی های قابل ملاحظه ای در شکل گیری گردشگری پایدار در یک منطقه عرضه خواهند نمود. (Coratza & Giusti, 2005, p. 107). فعالیت های توریستی، جذب گردشگران و ارائه خدمات به آنها میتواند جایگزینی بر درآمدهای نفتی باشد و به یکی از رویکردهای مهم کسب و کار تبدیل گردد. گردشگری در ایران صنعت جدید و نوپایی است که میتواند با ارزآوری خارجی به استقلال اقتصادی کشور و همچنین به رشد مردم بومی منطقه کمک کند. از جمله عارضه های زمین شناسی در ایران (مقاصد ژئوتوریسمی) مناطق خشک نظیر کویرها و بیابان ها، به دلیل داشتن گستره متنوعی از پدیده های زمین شناختی و ژئومورفیک – که به عنوان جاذبه های ژئومورفوتوریستی قلمداد می شوند و زمینه مناسبی را برای توسعه ژئوتوریسم فراهم کرده اند. (سلمانی، اروجی، اوسطی، & رحیمی هرابادی، ۱۳۹۷، ص. ۲۳۶) ۲۵ درصد از مساحت کشور ایران را تشکیل میدهند که شامل بیابان، لوت و دشت کویر میشود (شفیعی، ترابی فارسانی،

& عبدالله پور، ۱۳۹۶، ص. ۲۱۶).

دشت لوت به لحاظ موقعیت جغرافیایی آن دارا بودن جاذبه های اکوتوریستی و ژئوتوریستی و نزدیک بودن به کرمان و امکانات نسبتا مساعد زیستی در حواشی غربی و وجود مسیر سیاحان مشهوری مانند مارکوپولو و غیره میتوانند به عنوان یکی از مناطق مستعد ژئوتوریسم مورد بررسی قرار گرفته و به علاقه مندان داخلی و خارجی معرفی گردد. اگرچه دشت لوت دارای اقلیم خشک و فرا خشک است، اما این دشت دارای توان های بالقوه ای می باشد که بهره برداری از آنها نیاز به یک برنامه ریزی منسجم و سیستماتیک دارد. (مقصودی & عماد الدین، ۹۵-۱۰۸)

تعاریف و پیشینه تحقیق:

ژئوپارک ها به عنوان بدعتی نو جهت توسعه و ترویج فعالیت های مربوط به ژئوتوریسم در سطوح ملی، منطقه ای و محلی مطرح هستند. هدف ژئوپارک های این است که با توجه به دربرگرفتن یک مجموعه جهانی از سایت های زمین شناختی، برنامه های حفظ میراث زمین و منابع پایدار با توسعه اقتصادی ترکیب شود. روش اصلی ترویج اقتصاد و توسعه پایدار ژئوپارک ها، از طریق ژئوتوریسم است. فعالیت های انجام شده در ژئوپارک ها منجر به جذب تعداد زیادی از بازدیدکنندگان شده و امکان ایجاد تسهیلات مختلف را فراهم می آورند که به توسعه اجتماعی - اقتصادی جوامع محلی کمک میکند. (Baele et al, 2012)

بر اساس تعریف یونسکو ژئوپارک گستره ای است، با مرزهای کاملا آشکار و پهنه کافی که در برگیرنده چند پدیده زمین شناسی کمیاب و برجسته بوده و در آن گستره جاذبه های طبیعی، تاریخی و فرهنگی ارزشمند نیز یافت شود. این گستره باید از برنامه های مدیریت گسترش و بهره برداری و طرح های حفاظتی برخوردار باشد و توان بالابردن سطح اقتصادی جامعه محلی و جلب همکاری های مردمی را دارا باشد. (یونسکو ۲۰۰۶) رینارد ۲۰۰۳ رابطه بین ژئومورفولوژی و گردشگری را این گونه تجزیه و تحلیل میکند، ژئومورفولوژی ممکن است یک منبع توریستی اولیه یا اصلی باشد (سایت ژئومورفولوژی به عنوان یک جاذبه و یا به عنوان یک پشتیبان برای فعالیت های گردشگری) و یا به عنوان یک منبع ثانویه مورد استفاده قرار گیرد، زمانی که زیر ساخت های گردشگری (به عنوان مثال مسیرهای پیاده روی آموزشی)، ابزار های (به عنوان مثال جزوات آموزشی) و یا خدمات (به عنوان مثال هدایت تورها) برای استفاده موثر از هدف اولیه وجود داشته باشد. در این رابطه می توان به مفهوم ژئومورفوتوریسم اشاره کرد. (REYNARD, 2003), HOLZMANN, & GUEX. پانیزا (۱۹۹۳) برای اولین بار اصطلاح ژئومورفوسایت را برای لندفرم هایی بکار برد که طی زمان ارزش های خاصی مانند علمی، فرهنگی، تاریخی، زیبایی و اقتصادی - اجتماعی را به دست می آورند. (Panizza, 2001)

جدول شماره ۱- مطالعات صورت گرفته در زمینه ژئوتوریسم

ردیف	محقق	تحقیق	سال
۱	سرنا و گونزالز	بررسی ارزش مکان ژئومورفولوژیک پارک ملی پیکوس (Serrano & Gonzalez-Trueba, 2005)	۲۰۰۵
۲	پرالونک	معرفی و ارزیابی ژئومورفوسایت های منطقه چامونیکس سوئیس پرداخته و با ارائه یک مدل ارزیابی و تعیین معیارهای استاندارد ژئوتوریسم، ژئوتوریسم منطقه را بررسی نموده است. (Pralong, 2005)	۲۰۰۵
۳	رینارد و همکاران	بحث در مورد تعیین ارزش علمی و مکمل در ژئومورفوسایت ها پرداخته است. و در تحقیقش به ارزش اقتصادی، اکولوژیکی، زیبایی شناختی به عنوان یک معیار مستقل در نظر گرفته شده و دو معیار اصلی (ارزش علمی و فرهنگی) دارای زیر شاخص های خاص خود هستند و در نهایت ژئومورفوسایت های اصلی انتخاب شدند. (Reynard, Fontana, Kozlik, & Scapozza, 2007)	۲۰۰۷
۴	پیرا و همکاران	ارزیابی قابلیت ژئومورفوسایت های گردشگری در پارک ملی مونتشینو در کشور پرتغال پرداختند، و معتقدند که ارزش های علمی، مکمل و مدیریتی به صورت ترکیبی بررسی شود. (Pereira, Pereira, Cae-tano Alves, & Braga, 2007)	۲۰۰۷
۵	راور	طراحی یک مدل ارزیابی برای ژئومورفوسایت های داخل آب برای ناحیه سیری در جزیره لسووس یونان. (Rovere, et al., 2010)	۲۰۱۰
۶	کامنسکو و همکاران	ارزیابی ژئومورفوسایت های دره ویستا پرداختند. ارزش علمی و ارزش مکمل برای ژئومورفوسایت های منتخب ارزیابی شد. نتیجه نشان داد که ژئومورفوسایت ها از نظر تکامل زمین شناختی مشابه بوده و از نظر ارزش اقتصادی و فرهنگی چندان غنی نیستند. (Comanescu, Nedelea, & Dobre, 2011)	۲۰۱۱
۷	فیلیپ و سورپ	برای پارک ملی پیرنه فرانسه، به روش ارزیابی در قالب ارزش های مدیریتی و گردشگری تعریف کرده و ۳۰ ژئومورفوسایت را از این منظر مورد ارزیابی قرار دادند. (Feuillet & Sourp, 2011)	۲۰۱۱
۸	ووجیسچ و همکاران	یک روش ارزیابی ژئومورفوسایت ها برای کوه های فروسکا گورا در کشور صربستان برای ۱۴ ژئومورفوسایت با ۲۷ معیار طراحی کردند. (Vujičić, et al., 2011)	۲۰۱۱
۹	فاسیلاس و همکاران	طراحی یک مدل کمی برای ارزیابی ژئومورفوسایت های ژئوپارک سیلوریتیس یونان براساس ۶ معیار اصلی که در آن ارزش های علمی، حفاظتی و گردشگری هر ژئومورفوسایت به تفکیک مشخص و معین شدند. (Fassoulas, Mouriki, Dimitriou-Nikolakis, & Iliopoulos, 2012)	۲۰۱۱
۱۰	بولاتی و همکاران	براساس ارزش های علمی، استفاده و مکمل برای ارزیابی ژئومورفوسایت های یخچالی آلپ ایتالیا تدوین شده است. نتایج حاکی از اهمیت این روش در تعیین تریل های مربوط به ژئومورفوسایت ها و آسیب پذیری آن هاست. (Bollati, Leonelli, & Vezzola, 2015)	2015
۱۱	رینارد و کراتزا	مناطق کوهستانی را به دلیل ویژگی های فیزیکی خاص و تنوع طبیعی به عنوان ژئومورفوسایت و آموزش زیست محیطی معرفی میکنند. که در این رابطه بر روی دولومیت های ایتالیایی و آلپ سوئیس به طور موردی به مطالعه پرداختند. (Reynard & Coratza, The importance of mountain geomorphosites for environmental education: examples from the Italian)	۲۰۱۶

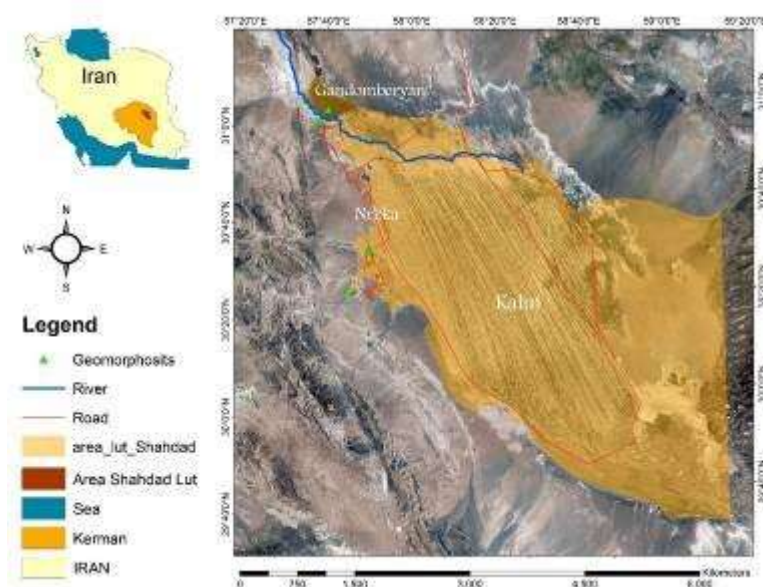
۲۰۱۶	در تحقیق خود به ارزیابی ژئوسایت های واقع در ژئوپارک آزورس در کشور پرتغال پرداخته اند . در این تحقیق بین اماکن طبیعی و میزان بازدیدکنندگان از محدوده مورد مطالعه یک بررسی به عمل آمد و نتایج نشان داد که بین امکانات فعلی منطقه و میزان بازدیدکنندگان تناسب وجود ندارد و در این میان استراتژی هایی برای مدیریت بهتر ژئوسایت ها ارائه شد. (Lima, Nunes, & Brilha, 2017)	لیمّا و همکاران	۱۲
۲۰۱۷	در تحقیق خود «ژئوتوریسم پایدار با استفاده از تکنیک دیجیتالی در مناطق روستایی های» با عنوان مسیرهای گردشگری ، در ناحیه مانساگرو در کشور اسپانیا را مورد بررسی قرار دادند . در این تحقیق با استفاده از داده های نرم افزاری به شناسایی مسیرهای ژئوتوریستی در ناحیه کوهستانی مانساگرو در کشور اسپانیا پرداخته شد . در این تحقیق از طریق ایجاد شبکه های وب، تهیه ویدئو، بروشورهای تبلیغاتی و ایجاد شبکه های مجازی سعی در معرفی مسیرهای ژئوتوریستی کوهستانی در منطقه مورد مطالعه شد. (Martínez-Graña, A. M, Serrano, L, González-Delgado, J. A, Dabrio, C. , Legoinha, P, 2017 & J	مارتینز گرانّا و همکاران	۱۳
۲۰۱۷	به مطالعه و ارزیابی بر روی ژئومورفوسایت های صحرای غربی مصر با استفاده از روش پیرا پرداختند. (Aref, M, Hammed, , & Salama, , 2017)	عارف و همکاران	۱۴

روش پژوهش:

قلمرو پژوهش:

شهادد یکی از بزرگترین بخش های کشور ایران است که در شهرستان کرمان بین ۵۷ درجه ۲۱ دقیقه تا ۵۹ درجه ۲۸ دقیقه طول جغرافیایی و ۲۹ درجه ۲۷ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۴۵ دقیقه عرض جغرافیایی واقع شده است . مساحت این بخش ۲۹۴۵۱۲.۱۸۳ کیلومتر مربع بوده و در شمال شرق استان کرمان قرار گرفته است و از شمال به استان خراسان ، از جنوب به بخش گلباف، از شرق به استان سیستان و بلوچستان، از غرب به بخش مرکزی شهرستان کرمان و از شمال غرب به شهرستان راور محدود می گردد. این بخش در ۹۵ کیلومتری شهر کرمان به شکل یک مثلث در حاشیه کویر لوت خودنمایی می کند . سر این مثلث به سوی شمال باختری و قاعده آن به سمت جنوب خاوری است. این بخش در تلاقی با رشته کوه های مرتفع مرکزی و مناطق پست کویری واقع شده و این تلاقی استثنایی بین ناحیه کوهستانی و کویری، ویژگی های محیطی کم نظیری را به وجود آورده است که کمتر نقطه ای از فلات ایران می توان مشاهده کرد. (جوزی، رضایان، ایرانخواهی، & شاکری، ۱۳۸۹)

این محدوده که دارای تنوع زمین شناسی میباشد که ژئومورفوسایت های مختلفی را به وجود آورده که دارای ارزش تاریخی و بسیار بالاست و همچنین جاذبه های نمونه ای در ارتباط با ارزش های آموزشی، گردشگری های علمی و تحقیقی در سطح جهان برای محققین و جاذبه های ورزشی میباشد. ژئومورفوسایت هایی که به وسیله مشاهدات میدانی ارزیابی شدند شامل: کلوت ها، جنگل نبکا، منطقه گندم بریان، مخروط افکنه های عظیم، پلیگون های نمکی، رود شور، آسمان شب، بدلندها میباشد که بعضی از آنها به ثبت جهانی نیز رسیده اند. در تصویر شماره ۱ محدوده مورد مطالعه قابل مشاهده میباشد.



تصویر شماره ۱-محدوده مورد مطالعاتی منطقه شهداد در کرمان، ایران (نویسندگان، ۱۳۹۹)

کلوت

سایش و بادکنندگی حالات معمول فرآیندهای فرسایشی باد در سیاراتی هستند که اتمسفر در آنها وجود دارد. (Greeley & Iversen, 1985) واژه کلوت و یاردانگ را اغلب معادل هم می دانند. یاردانگ کلمه ای ترکمنی است که نخستین بار در سال 1903 جهانگردی سوئدی به نام هدین (1903) در سفر به طرف بیابان تاكلامكان واقع در غرب چین، آن را به کار برد. کلوت ها بسته به ساختار زمین شناسی و فرایندهای غالب، به اشکال گوناگون نظیر وال شکل، گوژپشتی، یای دندان اره ای، مخروطی، هرمی و طولی دیده می شوند. (Huggett, 2003). فرسایش بادی میتواند سنگ بستر را سایش داده و بخشهای مختلف آن را از طریق فرسایش، اینورسن دیفرانسیل در سطح نمایان سازد. این فرآیندهای فرسایشی دفع مواد کمابیش تثبیت شده توسط باد که ناشی از فعالیت ماسه های روان میباشد را شامل میشود. لندفرمهای فرسایشی حاصل از چنین فرآیندی در مناطقی که در آنها منابع عظیمی از ماسه، بادهایی

با سرعت و فشار برشی کافی برای جابجایی ذرات و پوشش گیاهی فقیر وجود دارد، فراوان هستند. (Zimbelman, 1989 & Griffin, 2010, p. 198) و در واحدهای سنگ شناسی مختلف در بیابان‌های متعدد جهان نمود دارند. (Halimov, 2001, p. 67) (Goudie A. S.-R., 1999, p. 67) (Fezer, 1989 & Al-Dousari, 2009, p. 93) (Al-Shareeda, 2009 & Al-Elaj, Al-enezi, 2009, p. 93)

کلوتها در اغلب موارد به صورت میدانهای گسترده نیز مشاهده شده و معمولاً به شکل صفهای تنگ و منظم که با دالان‌های U شکل یا ناوه‌های کف پهن از یکدیگر جدا شده، یا به صورت فضای گسترده‌ای از عوارض خطی در دشت‌های بریده شده توسط آب و باد نمایان میشوند. بسیاری از میدانهای کلوتی در مناطقی که در آن بادهای شدید تک‌جهته در بیشتر ایام سال اتفاق می‌افتد توسعه می‌یابند. (McCauley, J.F, Breed, C.S., & Grolier, M.J, 1977, p. 33) اما برخی دیگر، نظیر آن‌هایی که در کویر لوت وجود دارند، در مناطقی با بادهای مخالف فصلی توسعه می‌یابند که در این مناطق به نظر میرسد یک جهت باد، معمولاً غالب است و بادهای مخالف شدت و فراوانی کمتری دارند. (Griffin, 2010 & Zimbelman, 1999, p. 2) نمونه‌هایی از کلوت‌ها در تصویر شماره ۲ قابل مشاهده است.

نمونه منحصر به فرد این عوارض به صورت پشته‌ها و دالانهای موازی در جنوب شرق ایران سطح وسیعی از چاله لوت با ابعادی معادل 150 در 70 کیلومتر را پوشانیده است و جنس مواد آن از نظر چینه‌شناسی در ردیف پلیوسن فوقانی و کواترنری تحتانی قرار می‌گیرد (Krinsley, 1970, p. 166). کلوت‌های لوت با متوسط ارتفاع 60 تا 80 متری و قله‌های گرد و هموار به صورت پشته‌هایی در سطح بسیار وسیع گسترش یافته و توسط دالان‌هایی با عرض بیشتر از 100 متر از یکدیگر جدا شده‌اند. (McCauley, J.F, Breed, C.S., & Grolier, M.J, 1977, p. 33) که جهت آنها مطابق بر جهت بادهای ۱۲۰ روزه سیستان بوده و ۳۳۳ درجه واقعی را نشان می‌دهد. (Krinsley, 1970, p. 169). یک لایه رسی - گچی با ضخامت 10 تا ۱۵ سانتیمتر سطح کلوت‌های لوت را پوشانیده که مانع از رشد بیشتر گالی‌ها در دامنه پرشیب این عوارض شده است. (محمودی, ۱۳۶۷, ص. ۹)



تصویر شماره ۲- کلوت‌های منطقه شهداد (نویسندگان ۱۳۹۹)

نبکا:

نبکاها از اشکال تراکمی فرسایشی بادی هستند و بر اثر رسوبگذاری نهشته های بادی در اطراف درختچه ها ایجاد می شوند. (Rong, & Wenzhi, Bing) (Tengberg & Chen, 1998) (Yuxiang, 2010 & Jianhui, Ping) (2008) آنها معمولا در زمین های مسطح با فرسایش بادی خاک شکل گرفته اند و عمدتاً از سیلت و رس با محتوای ماسه ای کمتر از ۵۰٪ تشکیل شده اند. (Blumberg, 2009 & Ardon, Tsoar) نبکاها یا تپه های ماسه های هیمة زاری در مناطقی که ماسه ها توسط پوشش گیاهی به تله می افتند گسترش یافته و معمولاً در مناطق نیمه خشک، گرم و خشک و گرم و مرطوب تشکیل می شوند. (Thomas, M & Tsoar, H, 1990) که در تصویر شماره ۳ قابل مشاهده است. مقاومت در برابر خشکی و ریشه های شبکه ای گیاهان می تواند به رشد و پایداری نبکاها در هر منطقه کمک نماید. (Nishimori & Tanaka, 2001) در طی فرایند رشد نبکاها فاکتورهای منطقه ای مانند بادهای غالب، سرعت باد، میکروکلیم، استرس های محیطی، وضعیت رسوب و شرایط انتقال آن، تغییر در چگالی خاک و نرخ رشد گیاهان (LEVIN, KIDRON, & BEN-DOR, 2007) (Tengberg & Chen, 1998) ؛ می توانند در شکل نبکا تاثیرگذار باشند.

منشا آنها نشان دهنده تغییرات آب و هوا و محیط زیست گذشته و ژئومورفولوژی آن ها نشان دهنده تحولات ژئومورفولوژی مناطق خشک می باشد. با توجه به اینکه رسوبات نبکا از مناطق مجاور انتقال می یابد، با مطالعه رسوبات نبکا میتوان تحولات پلایاها را بررسی نموده بنابراین فرم تپه ها و ویژگی های رسوب گذاری ملاک تغییرات زیست محیطی در مقیاس منطقه ای از جمله جابه جایی تپه ها، حمل و نقل رسوبات بادی (Forman, Nordt, Gomez, & Pierson, 2009) رویداد های خشکسالی اواخر هولوسن، همچنین اثرات زیست محیطی و شرایط اقلیمی میباشد. (Seifert, و غیره، ۲۰۰۹) بلند ترین نبکا ثبت شده در جهان در این منطقه وجود دارد.



تصویر شماره ۳- نمونه های از نبکاها در منطقه شهداد (نویسندگان ۱۳۹۹)

گندم بریان:

گندم بریان، نوعی سرتخت پوشیده از گدازه های بازالتی است که در قسمت جنوبی کسل نایبند، در کویر لوت و شمال شرق شهر کرمان قرار دارد و از نظر زمین شناسی جزو پهنه لوت محسوب می شود در منطقه گندم بریان، کشش حاصل از فعالیت گسل نایبند، موجب شکستگی و ضعف پوسته و در نتیجه بالا آمدن ماگما در امتداد شکستگی شده است زیرا ماگماتیسیم محدود به منطقه کشش است. (رئیزی، معین زاده میرحسینی، عباس نژاد، & درگاهی، ۱۳۹۲، ص. ۸۳) رژیم تکتونیکی عامل خروج ماگما در گندم بریان را مرتبط با فعالیت های گسل نایبند میدانند. گسل نایبند در حاشیه غربی بیابان لوت، یکی از بزرگترین گسل های امتداد لغز در ایران است و آثاری از فعالیت در زمان هولوسن و انتهای کواترنری را از خودش نشان میدهد. (Walker, و غیره، ۲۰۰۹) (Wellman, 1966) (تصویر شماره ۴) استرانیل زاور در سفر خود به دشت لوت بیان کرد که لوت مرکزی به خوبی می تواند نمایشگر قطب حرارتی کره زمین باشد، بعد ها کردوانی در تحقیقات خود در بیابان لوت قطب حرارتی کره زمین را کویر شهداد در کرمان ذکر گردیده است و به وقوع گرمای حدود هفتاد درجه سانتی گراد اشاره داشته است که بالاترین درجه حرارت در سطح جهان است. (کرمی، ۱۳۷۸)



تصویر شماره ۴- تصاویر ژئومورفوسایت گندم بریان در منطقه شهداد (رئیزی و همکاران ۱۳۹۲)

رود شور:

این رود که سرچشمه های آن در خارج از استان است از ارتفاعات «خوسف» و خراسان جنوبی سرچشمه می گیرد و از بخش شمالی، وارد استان کرمان می شود. در طول مسیر با اضافه شدن آب های خروجی از ارتفاعات راور، مسافتی حدود ۲۰۰۰ کیلومتر را طی می کند تا پس از گذشتن از کناره غربی گندم بریان، در بخش شمالی کلوت ها به گود نمک یا چاله شور ختم شود. (تصویر شماره ۵) گردشگرانی که مسیر شهداد به نهبندان را طی می کنند پس از تماشای عجایب کلوت ها و زیبایی های تپه های تخم مرغی به چاله شور می رسند. خط گذر رود شور در بخش های مختلف

این محدوده (دیدیده می شود و در نقطه ای از زیر جاده می گذرد.. (محمدی افشار , ۱۳۸۴)



تصویر شماره ۵-رود شور در منطقه شهداد دشت لوت

پلیگون های نمکی:

کثیرالاضلاعها بر اثر تبخیر آب روی بخشهایی از خاک کویر که دارای نمک قابل توجهی میباشد ایجاد میشوند. تبخیر، با ایجاد ترکهایی عمیق بر روی خاک موجب تشکیل چند ضلعی های نامنظم در روی زمین میگردد و جنس آنها از گل و نمک است که از جمله دیدنی ترین عوارض طبیعی این منطقه هستند. (کردوانی, ۱۳۸۶, ص. ۵۴) (تصویر شماره ۶). هنگامی که قشر نمک ضخیم باشد، چند ضلعی هایی به وجود می آورند که حاصل فشار لایه ای و انبساط و انقباض نمک هستند. این اشکال مهم ترین عوارض سطح دریاچه را تشکیل می دهند. (مقصودی, شمسی پور, & نوربخش, ۱۳۹۰)



تصویر شماره ۶- پلیگون های نمکی دشت لوت منطقه شهداد

مخروط افکنه های عظیم:

رسوبات مخروط افکنه تحت تاثیر دو فرایند کلی جریان های رودخانه ای و جریان های واریزه رسوب میکند.

(Nielsen, 1982) ژئومورفولوژی مخروط افکنه ها به عوامل محیطی مانند رژیم های آب و هوایی، وضعیت تکتونیک و لیتولوژی حوضه های نواحی بالا دست بستگی دارد. (Schumm, Freyberg., & Ritter, et al., 1993) (Wolman, 1997)

مخروط افکنه ی حوضه ی آبریز درختنگان یکی از مخروط افکنه های بزرگ ایران در ناحیه ای کاملاً خشک در شمال - شمال شرق کرمان است. این مخروط افکنه به واسطه ی فرسایش مواد در حوضه ی آبریز رودخانه درختنگان و نهشته شدن این مواد در بخش انتهایی این حوضه یعنی دشت لوت شکل گرفته است. تکتونیک به عنوان یکی از عوامل درونی در شکل گیری این پدیده نقش اساسی داشته است. فعالیت های تکتونیکی با تاثیر گذاری در محل استقرار مخروط افکنه، افزایش رسوب دهی، افزایش شیب و در نتیجه افزایش توان حمل مقدار رودخانه درختنگان، نقش خود را در تحول و تکامل امروزی آن ایفا نموده است که در تصویر شماره ۷ قایل مشاهده است. (رامشت، سیف، شاه زیدی، & انتظاری، ۱۳۸۸)



تصویر شماره ۷- وضعیت دو مخروط افکنه در مقایسه با هم در محل های فعال
 تکتونیکی غیر فعال

بدلند:

یکی از مخربترین فرآیندهای فرسایش آبی بدلندها میباشند. بدلندها به دلایل گوناگون مانع کاربری کشاورزی میشوند؛ برخی از دلایل آن عبارت است از فقدان پوشش گیاهی مناسب، شیب زیاد، تراکم آبراههای بالا، عمق کم تا عدم وجود خاک و سرعت زیاد فرسایش است. (Howard, 2009) (تصویر شماره ۸)



تصویر شماره ۸- بدلدن های منطقه شهداد (نویسندگان، ۱۳۹۹)

آسمان شب:

کویرهای پهناور ایران می توانند یکی از مهم ترین انگیزه های سفر به ایران برای منجمانی باشند که در جست و جوی آسمانی صاف، تاریک و بدون غبار برای رصد اجرام آسمانی هستند. نقاط کویری بهترین مکان برای رصد ستارگان و باران های شهابی در روزهای خاص هستند. هر کس یک بار مسحور افسون کویر شود، تا پایان عمر رهایش نخواهد کرد. (Gabriel & Gabriel, 1935) صحنه هایی از آسمان شب منطقه شهداد در تصویر شماره ۸ قابل رویت میباشد. در دشت لوت چون لایه ازون در فضای بالای بیابان آسیب کمتری دیده و از ضخامت کافی بر خوردار بوده بنابر این از قابلیت های این دشت بزرگ ایران این است که اشعه آفتاب در آن خطرناک نیست بلکه خاصیت درمانی نیز دارد.



تصویر شماره ۸- آسمان شب دشت کویر منطقه شهداد (گلایزاده & صالحی، ۱۳۹۶)

روش شناسی:

در حال حاضر ، هیچ اجماعی در مورد بهترین روش مورد استفاده وجود ندارد ، به عنوان سیستماتیک ترین استفاده

به عنوان پایه ای برای ایجاد روش های جدید. علاوه بر این، روشهای مختلفی تدوین شده است که تنها تأثیر محدودی بر جامعه علمی دارد (Mucivuna, Reynard, & Motta Garcia, Geomorphosites Assessment Methods: Comparative Analysis and Typology, 2019, p. 1812).

در تحقیقات مختلفی که توسط محققین صورت گرفته گروه بندی معیارها در مجموعه های مختلف از مقادیر، عمدتاً با هدف ارزیابی همراه بود. با این حال، معیارهای ارزیابی شده گاهی اوقات همپوشانی داشتند. به عنوان مثال، برخی از نویسندگان شامل "علاقه آموزشی" به ارزش علمی بودند، در حالی که برخی دیگر آن را یک ارزش اضافی یا کاربردی می دانستند. یک معیار نسبتاً مبهم "تأثیر اکولوژیکی" بود: برخی از نویسندگان به دلیل نقشی که سایتهای ژئومورفولوژیکی در سیستمهای اکولوژیکی در مکانهای ژئومورفولوژیکی ایفا کرده بودند، آن را در ارزش علمی قرار دادند، در حالی که سایرین آن را در مقادیر مکمل قرار دادند. (Coratza & Hobléa, 2018)

در این مطالعه از سه روش جامع ژئومورفولوژی پیرا، پرالونگ، و رینارد و مقایسه معیارهای آن ها جهت ارزیابی ژئومورفوسایت های ناحیه بیابانی و کویری منطقه شهادت مورد استفاده قرار گرفت. در ابتدا به شناخت ژئومورفوسایت ها با بازدید در منطقه پرداخته شد و با توجه به نظر کارشناسان، مهمترین ژئومورفوسایت ها انتخاب گردیدند. و به وسیله سه روش پری ارا، پرالونگ و رینارد، تهیه پرسشنامه از طریق گوگل فرم که توسط نخبگان و اساتید در زمینه ژئومورفولوژی و جغرافیا، راهنمایان تور مسلط بر منطقه و مردم بومی صورت پذیرفت که در ادامه به توضیح سه روش پرداخته میشود.

روش پیرا:

در روش پیرا ژئومورفوسایت ها در دو بعد کلی در این روش مورد بررسی قرار میگیرند و از ابعاد مختلفی از قبیل محافظتی، مدیریتی، علمی، زیرساختی و مکمل مورد بررسی قرار میگیرند. ارزش ژئومورفولوژیکی از مجموع عیار علمی و مکمل به دست می آید که در این بخش به بررسی توان فرهنگی، اکولوژیکی، زیبایی و جذابیت علمی و منحصر به فرد بودن پرداخته میشود. و بالاترین مقدار در این بخش ۱۰ می باشد. و برای ارزش مدیریتی از مجموع ارزش استفاده و محافظت به دست می آید. و در این قسمت به مسائل زیرساختی مانند دسترسی و تجهیزات، ظرفیت پذیرش، قوانین و محدودیت های موجود می پردازد. که جمع این دو ارزش هر چه به ۲۰ نزدیک تر باشد، تعیین کننده پتانسیل های ژئومورفوسایت در توسعه گردشگری را نشان میدهد. در جدول شمار شماره ۲ معیار و میزان امتیازات هر معیار مشخص گردیده است. (زحمت کش مارمی، حسین زاده، صدوق، روانان، & محمودی، ۱۳۹۶)

جدول شماره ۲ ارزیابی عیارهای چهارگانه ژئومورفوتوریستی براساس روش (Braga, 2007 & Pereira, Pereira, Cae-tano Alves)

ارزش ژئومورفولوژی ($GMV=SCV+ADV$; حداکثر ۱۰)	۱-
ارزش علمی ($SCV=Ra+In+Rp+Dv+Ge+Kn+Rn$; حداکثر ۵/۵ امتیاز):	
Ra	کمیاب یا نادر بودن (حداکثر ۱)
In	کامل و بی نقص بودن (حداکثر ۱)
Rp	نمایش فرآیندهای ژئومورفولوژیکی و جذابیت های آموزشی (حداکثر ۱)
Dv	تعداد اشکال ژئومورفولوژیکی (حداکثر ۱)
Ge	سایر اشکال زمین شناسی با ارزش موروثی (حداکثر ۰/۵)
Kn	دانش علمی از موضوعات ژئومورفولوژیکی (حداکثر ۰/۵)
Rn	کمیابی در سطح علمی (حداکثر ۰/۵)
ارزش افزوده ($ADV=Ecol+Aest+Cult$; حداکثر ۴/۵ امتیاز):	
Cul	ارزش فرهنگی (حداکثر ۱/۵)
Ae	ارزش زیبایی (حداکثر ۱/۵)
Ec	ارزش اکولوژیکی (حداکثر ۱/۵)
۱-	ارزش مدیریتی ($MGV=Usv+Prv$; حداکثر ۱۰)
ارزش استفاده ($Usv=Ac+Vi+Gu+Ou+Lp+Eq$; حداکثر ۷)	
Ac	دسترسی (حداکثر ۱/۵)
Vi	قابلیت رویت (حداکثر ۱/۵)
Gu	استفاده فعلی از جاذبه های ژئومورفولوژیکی (حداکثر ۱)
Ou	استفاده فعلی از سایر جاذبه های طبیعی یا فرهنگی (حداکثر ۱)
Lp	حفاظت قانونی و محدودیت استفاده (حداکثر ۱)
Eq	تجهیزات و خدمات حمایتی (حداکثر ۱)
ارزش حفاظتی ($Prv=In+Vu$; حداکثر ۳):	
In	کامل و بی نقص بودن (حداکثر ۱).

پرالونگ:

در روش پرالونگ ارزش گردشگری هر سایت از میانگین چهار شاخص زیبایی ظاهری، علمی، تاریخی - فرهنگی و اجتماعی - اقتصادی (جدول شماره ۳) که از ۵ سطح مختلف نمره دهی میشوند، به دست می آید. در این روش ارزش بهره وری کنونی سایت ها نیز مورد ارزیابی قرار میگیرند. به عبارت دیگر میزان بهره وری و کیفیت بهره وری (جدول ۴) ارزش بهره وری ژئومورفوسایت ها را مورد ارزیابی قرار می دهد. تا توانمندی های بالقوه و بالفعل سایت ها مشخص شوند. (رامشت & فیض الهی، اولویت گذاری و رتبه بندی کانون های گردشگری دشت ابراهیم آباد یزد، ۱۳۹۲)

جدول شماره 3 ارزیابی عیارهای چهارگانه ژئومورفوتوریستی براساس روش Pralong (2005)

عیار	صفر	۰.۲۵	۰.۵۰	۰.۷۵	۱
عیار زیبایی ظاهری ژئومورسایت های دشت لوت منطقه شهداد					
تعداد نقاط دیدنی	-	۱	۲-۳	۴ و ۵	بیش از ۶
متوسط فاصله از نقاط دیدنی (متر)	-	کمتر از ۵۰	بین ۵۰ تا ۲۰۰	۲۰۰ تا ۵۰۰	بیش از ۵۰۰
مساحت	-	کوچک	متوسط	بزرگ	بسیار بزرگ
ارتفاع	صفر	کم	متوسط	بلند	بسیار بلند
تباين رنگ با محیط	رنگ های مشابه	-	رنگ های گوناگون	-	رنگ های متضاد
عیار علمی ژئومورسایت های دشت لوت منطقه شهداد					
جذابیت از نظر جغرافیای دیرینه	-	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
ویژگی های تجسمی	صفر	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
مساحت	-	کمتر از ۲۵	بین ۲۵ تا ۵۰	بین ۵۰ تا ۹۰	بیش از ۹۰
كمیابی	بیش از ۷	بین ۵ تا ۷	بین ۳ تا ۴	بین ۱ تا ۲	بی نظیر
وضعیت مکان	تخریب شده	به شدت تخریب شده	تخریب حد متوسط	اندکی تخریب شده	بدون هر گونه دستکاری

جذابیت اکولوژیکی	صفر	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
عیار تاریخی - فرهنگی ژئومورفوسایت					
جنبه های فرهنگی تاریخی	بدون تعلق	ضعیف	متوسط	شدید	بسیار شدید
مناظر پیکر نگاری	صفر	۱ تا ۵	۶ تا ۲۰	۲۱ تا ۵۰	بیش از ۵۰
جنبه های تاریخی و باستان شناسانه	بدون هر گونه ابنیه	ضعیف	متوسط	زیاد	بسیار زیاد
جنبه های مذهبی و معنوی	صفر	ضعیف	متوسط	زیاد	بسیار زیاد
رخدادهای هنری و فرهنگی	هرگز	-	گاهگاهی	-	حداقل یکبار در سال
عیار اجتماعی - اقتصادی ژئومورفوسایت ها					
قابلیت دسترسی	بیش از یک کیلومتر مسیر قابل دسترسی	فاصله کمتر از یک کیلومتر از مسیر قابل دسترسی	قابل دسترسی از طریق جاده های محلی	قابل دسترسی از طریق جاده با اهمیت منطقه ای	قابل دسترسی از طریق جاده با اهمیت ملی
مخاطرات طبیعی	غیر قابل کنترل	کنترل نشده	تا حدودی کنترل شده	کنترل های اختیاری	بدون خطر
تعداد بازدیدکنندگان در هر سال	کمتر از ۱۰۰۰۰ نفر	بین ۱۰ تا ۱۰۰ هزار نفر	بین ۱۰۰ تا ۵۰۰ هزار	بین ۵۰۰ هزار تا یک میلیون	بیش از یک میلیون نفر
سطح حفاظتی تمهیدات	کامل	محدوده	-	نامحدود	بدون محافظت
جذابیت	-	محلی	منطقه ای	ملی	بین المللی

جدول شماره 4 ارزیابی میزان ارزش بهره وری گردشگری براساس روش (Pralong, 2005)

معیار	صفر	۰.۲۵	۰.۵۰	۰.۷۵	۱
عیار میزان بهره وری ژئومورفوسایت دشت لوت					
مساحت مورد استفاده (هکتار)	صفر	کمتر از ۱	بین ۱ تا ۵	بین ۵ تا ۱۰	بیش از ۱۰
تعداد زیرساخت ها	صفر	۱	۲ تا ۵	۶ تا ۱۰	بیش از ۱۰
اسکان فصلی (روز)	-	از یک تا ۹۰ روز (یک فصل)	از ۹۱ تا ۱۸۰ روز (دو فصل)	از ۱۸۱ تا ۲۷۰ روز (سه فصل)	۲۷۱ تا ۳۶۰ روز (چهار فصل)
اسکان روزانه (ساعت)	صفر	کمتر از ۳ ساعت	بین ۳ تا ۶	بین ۶ تا ۹	بیش از ۹ ساعت
عیار کیفیت بهره وری ژئومورفوسایت دشت لوت					
استفاده از زیبایی ظاهری	بدون هر گونه تبلیغات	یک اقدام	یک اقدام حمایتی	چندین اقدام	چندین اقدام
استفاده از ارزش علمی	بدون هر گونه آموزشی	یک اقدام	یک اقدام حمایتی	چندین اقدام	چندین اقدام
استفاده از ارزش فرهنگی	بدون هر گونه آموزشی	یک اقدام	یک اقدام حمایتی	چندین اقدام	چندین اقدام
استفاده از ارزش اقتصادی (نفر)	بدون بازدید کننده	کمتر از ۵۰۰۰	بین ۵۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰	بین ۲۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰	بیش از ۱۰۰۰۰۰

ماخذ pralong : ۲۰۰۵

رینارد:

در این روش، به منظور شناخت توانمندی های ژئوتوریسمی مورد مطالعه، پرسشنامه ی ارزیابی ژئومورفوسایتها وجود دارد که متشکل از دو بخش ارزش علمی و ارزش افزوده است که هر کدام متشکل از زیرمعیارهایی میباشد.

که طیف ارزش را بیان می دارد. در مجموع هر کدام از معیارها در نهایت کمتر از ۴ امتیاز برای هر کدام از مجموع دو ارزش علمی و مکمل متناسب با عیارهای به دست آمده ارزیابی می شود.

ارزش علمی: ارزش علمی سایت ها در آغاز در سال ۱۹۹۹ توسط جرارد پیشنهاد شد. معیارهای بکار رفته برای ارزیابی شامل تکامل، شاخص بودن، نادر بودن و ارزش های جغرافیایی دیرینه از این قبیل هستند.

ارزش افزوده (مکمل): معیارهای بکار رفته برای ارزیابی ارزش افزوده شامل ابعاد زیست محیطی، زیبایی ظاهری، فرهنگی و اقتصادی مورد ارزیابی قرار می گیرد این ابعاد به عنوان ارزشهایی مکمل در توسعه گردشگری ژئومورفوسایت ها به شمار میروند. این بخش اساساً تلاش دارد تا به درک ارتباط بین ویژگیهای ژئومورفولوژیک و دیگر ابعاد اقتصادی، اکولوژیکی و فرهنگی به منظور معیارسنجی ژئومورفوسایتهای پردازد.

این ارزشها در جداول مربوطه قرار میگیرند و بر مبنای شاخصهای ذکر شده امتیازدهی صورت میگیرد. طیف ارزش کمی هر کدام از زیرمعیارها بین صفر تا یک میباشد. در این میان عدد صفر از کمترین ارزش و عدد یک بالاترین است. (جدول شماره ۵) (میرکتولی، زنگی آبادی، افلاکی، & موسی زاده، ۱۳۹۵)

جدول شماره ۵. ارزیابی عیارهای ژئومورفوتوریستی علمی و مکمل براساس روش Reynard

معیارها	زیرمعیارها	توضیحات و بخش ها
عیارهای علمی	حفاظت	نحوه حفاظت و میزان دست خوردگی سایت ها تحت تاثیر عوامل انسانی و یا طبیعی
	شاخص بودن	وجود یک ژئومورفوسایت ویژه نسبت به سایر مکان های مشابه در سطح منطقه، کشور و استان
	کمیایی	وجود یک پدیده استثنایی و منحصر به فرد در سطح یک منطقه
	جغرافیای دیرینه	اهمیت مکان به دلیل تاریخی بودن آن از منظر شرایط اقلیمی و ژئومورفولوژیک
معیارهای مکمل	اکولوژی	الف) تاثیرات اکولوژیک ب) مکان های حفاظت شده
	زیبایی شناسی	الف) تعداد نقاط و مکان های دیدنی ب) ساختار و خصوصیات
	فرهنگی	الف) ارزش های مذهبی ب) ارزش های تاریخی ج) ارزش های هنری د) ارزش های زمین تاریخی
	اقتصادی	توجه به تولیدات و توان مندی های اقتصادی منطقه شهاد

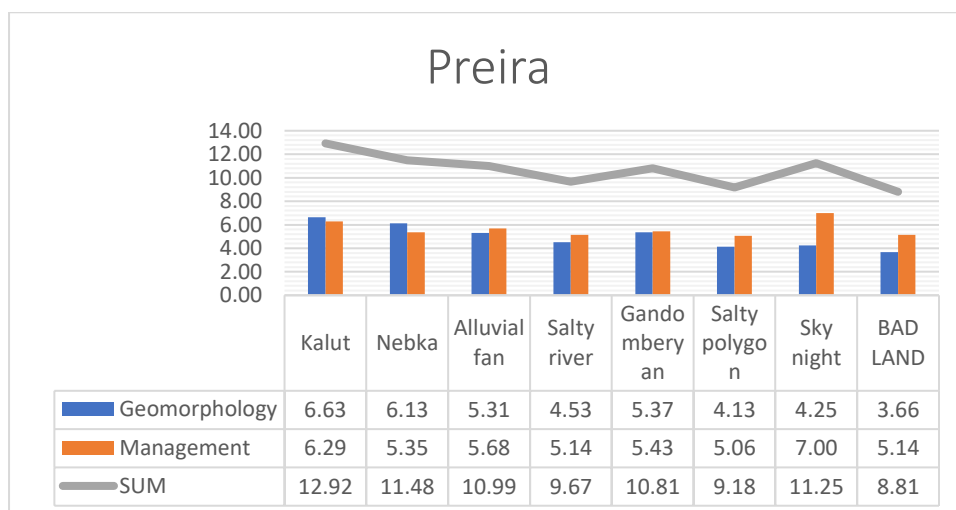
یافته های تحقیق:

استفاده از مدل های ژئومورفوتوریستی در بررسی توان ژئوتوریسم منطقه شهداد - دشت لوت

الف) ارزیابی توان گردشگری ژئومورفوسایت های منطقه شهداد - دشت لوت به روش پیرا

بر اساس نتایجی که در نمودار شماره ۱ با بررسی های به دست آمده از مطالعات میدانی و ارزیابی به روش پیرا در مجموع ارزش ها بیشترین امتیاز ژئومورفولوژی به کلوت، نبکاها و گندم بریان به ترتیب با امتیاز (۶.۶۳، ۶.۱۳ و ۵.۳۷) و کمترین امتیاز نیز به Badlands با امتیاز (۳.۶۶) تعلق گرفت و میتوان گفت کلوت ها از لحاظ ارزش علمی SCV و ارزش استفاده USV به ترتیب با امتیاز (۴.۴۰ و ۴.۸۵)، نبکاها در ارزش افزوده ADV با امتیاز (۲.۵۳) و در آسمان شب در ارزش حفاظتی با امتیاز (۲.۷۸) بیشترین ارزش را به خود اختصاص دادند. همچنین در عیار مدیریتی به ترتیب آسمان شب، کلوت و مخروط افکنه با امتیازات (۷.۰۰، ۶.۲۹ و ۵.۶۸) دارای بالاترین ارزش بودند. همانطور که در نمودار شماره (۱) قابل مشاهده است. به وسیله برابند دو معیار ژئومورفولوژی و مدیریتی شامل کلوت در رتبه اول با امتیاز (۱۲.۹۲)، نبکا با امتیاز (۱۱.۴۸) در رتبه دوم و همچنین آسمان شب با امتیاز (۱۱.۲۵) رتبه سوم قرار گرفتند.

نمودار شماره ۱- نتایج نهایی ارزیابی سایت های مورد مطالعه به روش پیرا



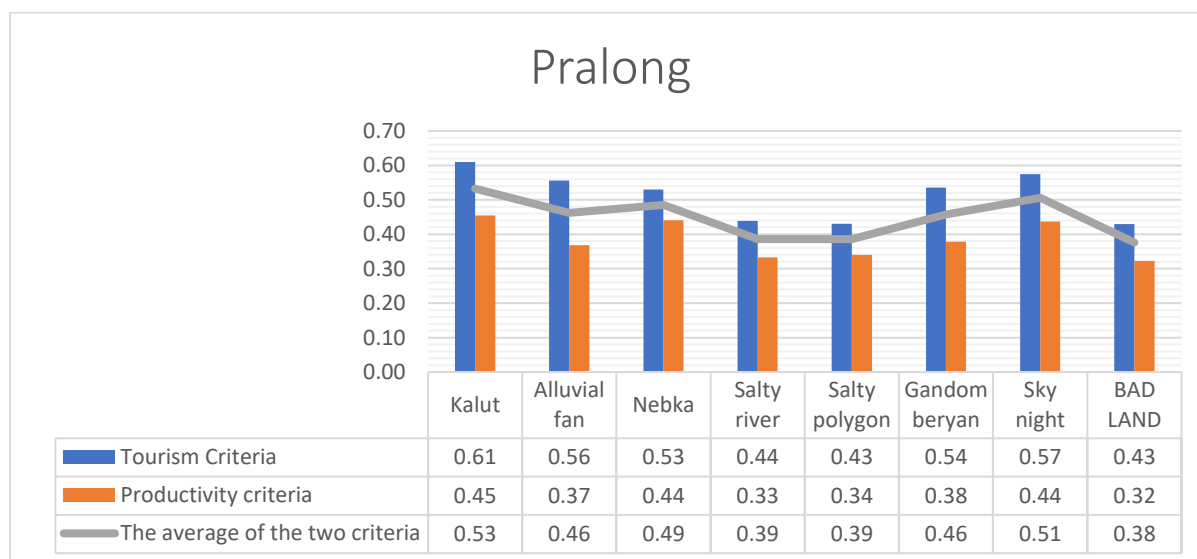
ارزیابی قابلیت ژئومورفوسایت های ناحیه دشت لوت منطقه شهداد بر اساس روش پرالونگ:

ب) ارزیابی قابلیت های ژئومورفوسایت های ناحیه دشت لوت منطقه شهداد براساس روش پرالونگ

نتایج به دست آمده در بررسی های صورت گرفته از ژئومورفوسایت های منطقه شهداد به روش پرالونگ در دو دسته

ارزش گردشگری و میزان بهره وری تقسیم بندی می گردد که در ارزش گردشگری ژئومورفوسایت های با ارزش بالا شامل: کلوت ها امتیاز (۰.۶۱) و آسمان شب و مخروط افکنه به ترتیب با ارزش های (۰.۵۷ و ۰.۵۶) بیشتر به عیار علمی و عیار زیبایی ظاهری تعلق گرفته است. و در دسته بهره وری کلوت ها با امتیاز (۰.۴۵) و نبکا و آسمان شب با امتیاز برابر (۰.۴۴) بیشترین امتیاز را به خود اختصاص دادند این در حالی است که Badlands، پلیگون های نمکی و رود شور کمترین امتیاز را در هر دو دسته بندی ارزش گردشگری و ارزش بهره وری به خود اختصاص دادند که در نمودار شماره ۲ نمایش داده شده است. همانطور که در نمودار شماره (۲) میزان برابری دو معیار گردشگری و بهره وری قابل مشاهده است، رتبه اول با امتیاز (۰.۵۳) به کلوت، در رتبه دوم آسمان شب با امتیاز (۰.۵۱) و در رتبه سوم به نبکا با امتیاز (۰.۴۹) تعلق گرفت.

نمودار شماره ۲- نتایج نهایی ارزیابی سایت های مورد مطالعه به روش پرالونگ

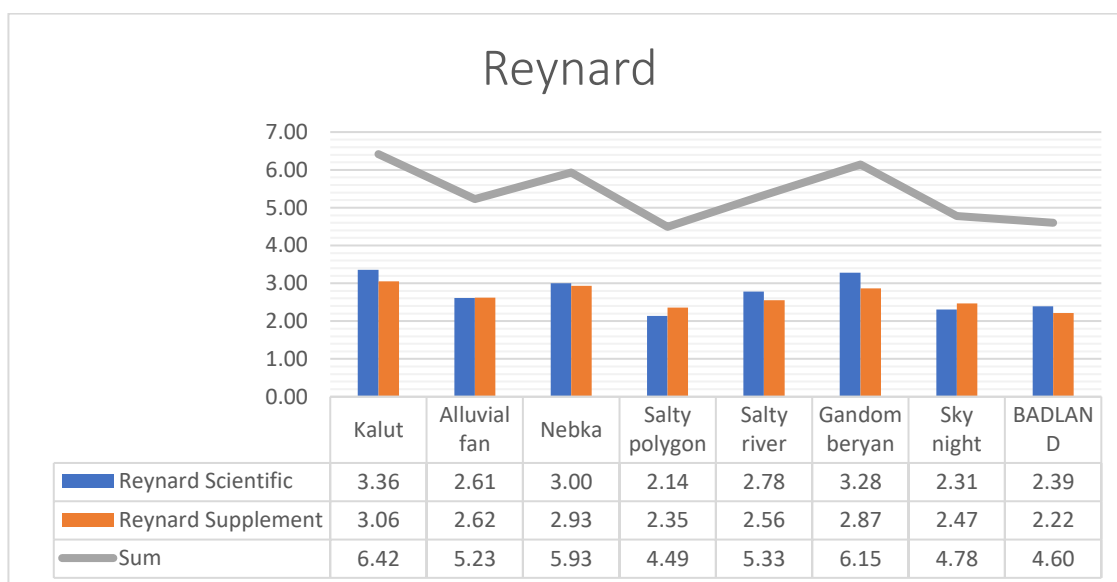


ج) ارزیابی قابلیت های ژئومورفوسایت های منطقه دشت لوت شهاد بر اساس روش رینارد:

یافته های به دست آمده از روش رینارد به وسیله مطالعات میدانی و ارزش گذاری های صورت گرفته، با توجه به اطلاعات نمودار شماره ۳ ژئومورفوسایت های منتخب در این روش به شرح زیر می باشد. حداکثر امتیاز در ارزش علمی به ترتیب به کلوت، گندم بریان و نبکا با امتیاز های (۳.۳۶، ۳.۲۸ و ۳) تعلق می گیرد. همچنین در عیار مکمل نیز به همین صورت بیشترین امتیازات به کلوت، نبکا و گندم بریان با مجموع امتیازات (۳.۰۶، ۲.۹۳ و ۲.۸۶) می باشد. که این سه سایت بیشترین امتیازات را در میان سایر سایت ها در تمام عیارسنجی ها کسب نموده اند. در بخش اقتصادی بیش از این ژئومورفوسایت ها توان بالایی در جذب گردشگر دارا هستند و میتوانند با برنامه ریزی دقیق فضایی پایدار به ایجاد اشتغال و کاهش فقر در زمینه جذب گردشگر و افزایش تورهای گردشگری در مناطق بیابانی و کویری برای

ساکنان منطقه در جهت آموزشی ، تفریحی و.... کمک شایانی داشته باشد. در نمودار شماره ۳ برآیند دو معیار علمی و مکمل رینارد نمایش داده شده است که به طور مجموع در این روش رتبه اول به کلوت با امتیاز ۹.۴۷، رتبه دوم با امتیاز (۹.۲۸) به گندم بریان و سومین رتبه به نبکا با امتیاز (۸.۳۳) تعلق گرفت. دیگر ژئومورفوسایت ها نیز میتوانند با شدت کمتری در توسعه اقتصادی منطقه نقش مهمی ایفا کنند. این پایین بودن امتیاز دیگر سایت ها میتواند ناشی از علل مختلفی باشد که در این روش از دو عیار علمی و مکمل مورد ارزیابی قرار گرفتند. (۸ و ۹).

نمودار شماره ۳- نتایج نهایی ارزیابی سایت های مورد مطالعه به روش رینارد



بحث :

بررسی مدل های سه گانه مورد مطالعه این مقاله تلاش میکند که در مرحله اول ماهیت ژئومورفوسایت را مورد بررسی قرار دهند و در گام بعد نوع بهره برداری و کاربردهای آنها را مورد ارزیابی قرار دهد. میتوان گفت براساس مقایسه و بررسی مدلها نگرش اساسی هر کدام از آنها در دو بخش اصلی ماهیتی و کاربردی خلاصه می شود . به طوری که هر دو عیار علمی و مکمل در مدل رینارد ، عیار ژئومورفولوژیک در مدل پریرا و عیار گردشگری در مدل پرالونگ بیش تر در راستای ماهیت ژئومورفوسایت ها تدوین شده اند و عیار مدیریتی در مدل پری و عیار بهره وری در مدل پرالونگ در چارچوب ابعاد کاربردی سایت ها تنظیم شده اند. (فخری، هدائی آرانی، & رحیمی هر آبادی، ۱۳۹۲).

مطابق با نتایج حاصل از مطالعه کلوت ها در هر سه روش به عنوان با ارزش ترین ژئومورفوسایت معرفی گردید. آسمان شب بیشترین امتیاز را در عیار مدیریتی روش پری پرا کسب کرده است که این میتواند به دلیل پتانسیل بالای رصد ستارگان در این منطقه به دلیل پایین بودن آلودگی های نوری منطقه و امکان سفرهایی با رویکرد آموزش نجوم باشد.



رتبه دوم در عیار ژئومورفولوژی روش پری یرا، مکمل رینارد به نبکا و در عیار علمی رینارد به گندم بریان تعلق گرفت. همچنین در روش پرالونگ رتبه دوم متعلق به آسمان شب بود. رتبه سوم در میان ژئومورفوسایت ها در عیار ژئومورفولوژی روش پری یرا و عیار مدیریتی پرالونگ و عیار مکمل رینارد به گندم بریان همچنین در عیار مدیریتی پری یرا، عیار گردشگری پرالونگ به مخروط افکنه های عظیم تعلق گرفت. و براینده امتیازات روش های استفاده شده در رتبه سوم آسمان شب برای روش پری یرا، و نبکا برای دو روش پرالونگ و رینارد به دست آمد.

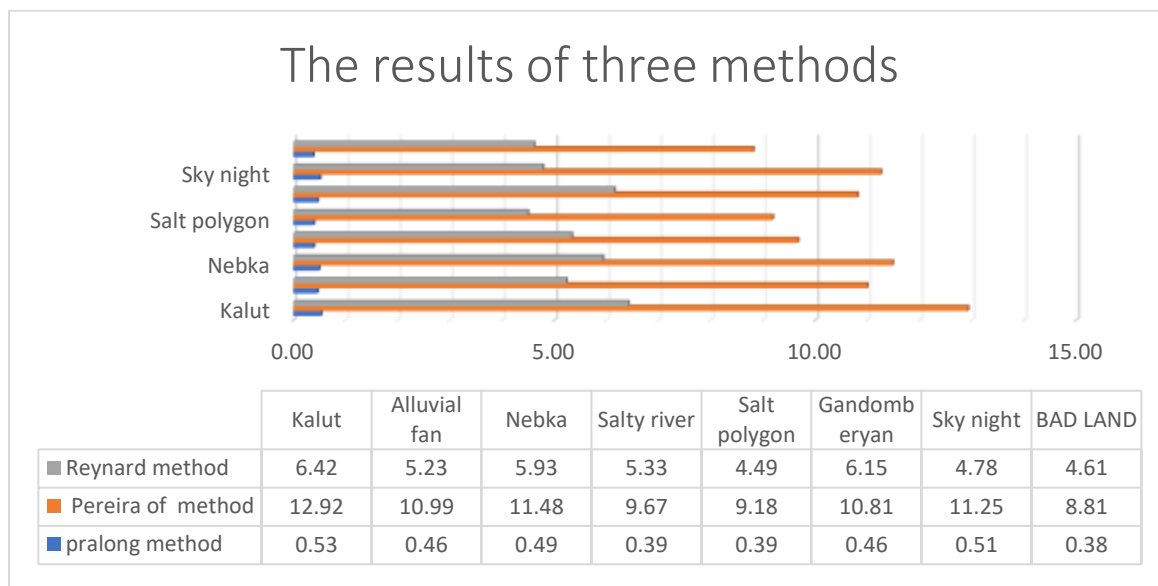
از این رو با عنایت به نتایج به دست آمده ژئومورفوسایت های کلوت، نبکا، گندم بریان، آسمان شب و مخروط افکنه بیش ترین قابلیت را از نظر ابعاد علمی به طور اعم و ژئومورفولوژیکی به طور اخص و ابعاد کاربردی از نظر نحوه ی استفاده و دیگر معیار به کاررفته را دارا هستند. نکته قابل توجه در عیار اقتصادی روش رینارد با توجه به اختلاف کم میان ژئومورفوسایت ها نشان میدهد که تمام ژئومورفوسایت ها دارای پتانسیل کسب درآمد و سود دهی اقتصادی هستند و با برنامه ریزی دقیق میتوان به بالا بردن سطح فرهنگی و اقتصادی منطقه کمک شایانی انجام داد. سایت های کلوت، گندم بریان و نبکا به دلیل ثبت آنها در سازمان جهانی یونسکو از امتیاز بالای جهانی برخوردار بودند. و پتانسیل بسیار بالایی در جذب گردشگر دارا هستند. در روش رینارد، زیر معیار های اهمیت مذهبی، هنری، مکان های حفاظت شده، در هم تنیدگی کم ارزش ترین بودند در حالی که زیر معیار های جغرافیای دیرینه، تعداد و نقاط دیدنی و جنبه آموزشی دارای بیش ترین امتیاز بود و دیگر معیار ها در حد میانه می باشند.

براساس نتایج نهایی سه مدل پی میبریم که هر سه مدل از روش کمی و کیفی بهره میگیرند که از این نظر با یکدیگر شباهت دارند. ابزار ارزش گذاری در مدل پریرا بر اساس مشاهدات میدانی و شاخص های عددی و نیز پارامتر هایی مانند ارزش ژئومورفولوژی و مدیریتی مناطق است (قنبری، کرمی، & یزدانی، ۱۳۹۶). روش پری یرا نسبت به دو روش دیگر روش جدید تری است و هر سه مدل معیار علمی را مورد توجه قرار داده و بر حفاظت ژئومورفوسایت ها تاکید دارند. و میتوان گفت که در مدل پرالونگ میزان زیر معیارهای علمی و ژئومورفولوژیکی بیشتری را مورد بررسی قرار میگیرد و روش کامل تری محسوب میگردد.

مورد استفاده، چنین استنباط می شود که معیارهای انتخابی ژئومورفوسایت ها از نظر ماهیت تفاوت های چندانی ندارند. اما، دیدگاه ها و اصطلاحات متفاوتی را ارایه نمودند. با این حال، مهم ترین مزایای این سه روش این است که به رغم مشابهت در سنجش عیارهای ژئومورفوتوریستی، هر کدام در عیارسنجی خود متغیرهای متعدد و متفاوتی را مدنظر قرار داده اند. لذا به منظور برنامه ریزی و دست یابی توسعه ی گردشگری ژئومورفوسایت ها، ضروری است تمامی متغیرها مورد توجه قرار گیرد. در غیر این صورت رشد یکی از متغیرها، پیامدهای نامناسبی در آینده به وجود خواهد آورد. به عنوان مثال، افزایش عیار میزان بهره وری و عیار استفاده، بدون توجه به عیار کیفیت بهره وری و محافظت،

باعث تخریب سایت ها و ... خواهد شد. از این رو، این مدل ها نیازمند دیدگاهی جامع برای برنامه ریزی و توسعه ی گردشگری است.

نمودار شماره ۴- نتایج نهایی ارزیابی سایت های مورد مطالعه به سه روش پژوهش



نتایج حاصل از مطالعات این پژوهش که ناشی از نظر کارشناسان و انطباق با معیارهای علمی و آموزشی و همچنین بازدیدهای نگارندگان بوده و تاثیر آن در آمار و ارقام نشان میدهد که به دلیل ارزش های زیبایی شناختی، قابلیت آموزشی، فرایند های ژئومورفولوژی و امکانات حاصله که عمدتاً بالانر از میانگین می باشد، منطقه شهداد قابلیت بالای ژئومورفوسایت در جذب توریست و پذیرش فعالیت های گردشگری را دارد. با توجه به کیفیت ادراک شده از محیط برنامه ریزی اصولی، نقش مناسب در توسعه محلی و ارتقا وضعیت گردشگری منطقه ایجاد خواهد کرد. مشابه با نتایج این تحقیق را میتوان در مطالعات دیگر نیز جستجو کرد.

موجودی سایتهای زمین شناسی مبتنی بر معیارهای جامع و واضح اولین قدم برای هرگونه استراتژی حفاظت از زمین است. (Mucivuna, Reynard, & Motta Garcia, Geomorphosites Assessment Methods: Comparative Analysis and Typology, 2019). در تحقیقی که توسط Pérez-Umaña و همکارانش بر روی آتشفشان در کاستاریکا، آتشفشان Paricutín در مکزیک، و آتشفشان های Teide-Pico Viejo در اسپانیا با هدف مقایسه ژئومورفوسایت های این آتشفشان ها با استفاده از ارزیابی ژئومورفوسیت ها برای تعیین اینکه کدام آتشفشان

برای فعالیت های توریستی است بهتر است. نشان داد مکان های با خصوصیات ژئومورفولوژی با اهمیت زمین شناسی و فرهنگی دارای جذابیت برای مردم در زمینه توریسم هستند و این باعث می گردد توسعه توریستی ممکن گردد. (Pérez-Umaña, et al., 2019)

Mauerhofer, Lukas و همکارانش با بررسی ۲۱ ژئومورفوسایت در پارک ملی کوههای Simien (SMNP) در اتیوپی دریافتند که دانش میراث ژئومورفولوژیکی و زمین شناسی با تدوین برنامه مدیریتی و حفاظتی با رویکرد افزایش آگاهی و استفاده پایدار از میراث ژئومورفولوژیکی میتواند در توسعه کشور تاثیر گذار باشد. (Mauerhofer, , Reynard, Asrat & Hurni, 2018)

Safarabadi و همکارانش با بررسی پتانسیل های ژئومورفوسایت ها و چشم انداز های ویژه ژئومورفیک و با تلفیق میراث فرهنگی، تاریخی و زیست محیطی، غار علی صدر و برنامه ریزی گردشگری پایدار تاثیر بسیار خوبی در تحریک حس زیبایی شناسی افراد و جذب بازدید کننده ایجاد کند. (SAFARABADI * & SHAHZEIDI, 2018)

نتیجه گیری:

امروزه ژئوموتوریسم بازارهای گردشگری را تحت تاثیر قرار است. و این موضوع ناشی از آن است که بیشتر گردشگران در پی جاذبه های با ماهیت طبیعی منحصر بفردی هستند. به طور کلی نتایج به دست آمده در هر سه روش از نظر محتوا با یک دیگر شباهت دارند و هر سه مدل از روش های کمی و کیفی استفاده میکنند جهت ارزیابی مناطق استفاده از یکی از آنها اکتفا میکند. بیابان و کویر دشت لوت منطقه شهادت از جمله مناطق بالاقوه ای است که به دلیل برخورداری از شرایط اقلیمی و ژئومورفولوژیکی خاص، پتانسیل های بسیار زیادی در جذب گردشگران را داراست. با این حال به نحو شایسته از تمام پتانسیل های گردشگری این بخش از کشور استفاده نشده است. اساساً یکی از مناطق با پتانسیل بالا از نظر میراث های زمین شناختی جهت جذب گردشگران در نواحی ایران مرکزی پدیده های حاصل از فرایندهای ژئومورفولوژیکی است. از طرفی این منطقه به دلیل قابلیت های متعددی در زمینه ی گونه های زیستی و جانوری، اشکال سطحی ویژه و شرایط اقلیمی که در سطح جهانی نایاب است مانند گندم بریان که گرم ترین نقطه کره زمین می باشد و یا بلند ترین نبکا و بلند ترین کلوت که توسط یونسکو به ثبت جهانی رسیده اند می بایستی بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد. نظارت و مدیریت صحیح منابع برای برنامه ریزی در جهت توسعه ی پایدار به نظر میرسد از ضروریات در زمینه گردشگری می باشد. تا از برنامه ریزی های ناردست در زمینه گردشگری و آسیب های احتمالی آینده جلوگیری صورت گیرد.

سپاسگزاری:

نگارندگان بر خود لازم می دانند از دانشگاه Din Oradea و Erasmus+ جهت تامین هزینه های انجام پژوهش تشکر نمایند.

References

- جوزی، س.، رضایان، س.، ایرانخواهی، م.، & شاکری، م. (۱۳۸۹). ارزشگذاری اقتصادی منابع تفرجگاهی بخش شهداد کرمان به منظور ارائه برنامه راهبردی توسعه اکوتوریسم. نشریه محیط زیست طبیعی، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۳(۴)، ۳۲۹-۳۴۵.
- رامشت، م. & فیض الهی، م. (1392). اولویت گذاری و رتبه بندی کانون های گردشگری دشت ابراهیم آباد یزد. مجله علمی پژوهشی برنامه ریزی فضایی (جغرافیا، 18-1، 2)،
- رامشت، م.، سیف، ع.، شاه زیدی، س.، & انتظاری، م. (۱۳۸۸). تاثیر تکتونیک جنوب بر مورفولوژی مخروط افکنه ی درختنگان در منطقه شهداد کرمان. جغرافیا و توسعه، ۱۶، ۲۹-۳۶.
- رئیس، د.، معین زاده میرحسینی، س.، عباس نژاد، ا.، & درگاهی، س. (۱۳۹۲). بررسی روند تکامل و خروج جریان های بازالتی گندم بریان، شمال شهداد، کرمان. پترولوژی، ۱۳، ۸۱-۹۸.
- زحمت کش مارمی، ح.، حسین زاده، م.، صدوق، س.، روانان، ن. & محمودی، ف. (1396). ژئومورفوتوریسم و ارزیابی قابلیت ژئومورفوسایت های ژئوپارک قشم یا بهره گیری از روش پیرا. فصل امه علمی پژوهشی جغرافیا (برنامه ریزی منطقه ای، 251-263، 8(1)،
- سلمانی، م.، اروجی، ح.، اوسطی، ا.، & رحیمی هرآبادی، س. (۱۳۹۷). ارزیابی قابلیت های ژئو توریستی ژئومورفوسایت های مناطق خشک (مورد شناسی: مناطق کویری و بیابانی طبس). جغرافیا و آمایش شهری - منطقه ای، ۲۸، ۲۳۵-۲۵۶.
- شفیعی، ز.، ترابی فارسانی، ن. & عبدالله پور، م. (۱۳۹۶). پارامترهای کلیدی در ساخت و مدیریت برند در روستاهای ژئوتوریسمی استان اصفهان (مطالعه موردی: روستاهای مصر و گرمه). مجله پژوهش و برنامه ریزی روستایی، ۱۸(۲)، ۲۱۸-۲۱۳.

فخری، س.، هدائی آرانی، م.، & رحیمی هر آبادی، س. (۱۳۹۲). ارزیابی قابلی □ ت ژئومورفوسایت های ناحیه ی مرنجاب در توسعه ی گردشگری از طریق مقایسه ی مدل های ژئومورفوتوریستی. دو فصلنامه ی ژئومورفولوژی کاربردی ایران، ۱(۱)، ۸۹-۱۰۴.

قنبری، ا.، کرمی، ف.، & یزدانی، ا. (۱۳۹۶). قابلیت سنجی ژئومورفوسایت های شهرستان سرو آباد با استفاده از روش های پری و رینارد. فصلنامه علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی، ۵۷، ۱۹۵-۲۱۱.

کردوانی، پ. (۱۳۸۶). کویر (نمکزار) بزرگ مرکزی ایران و مناطق همجوار آن (مسائل، توانمندی ها و راههای بهره برداری). موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه تهران.

کرمی، ن. (۱۳۷۸). گزارش اکتوریسم در ایران، تهران. سازمان ایرانگردی و جهان گردی .

گلایزاده، س.، & صالحی، م. (۱۳۹۶). کرمان در آینه گردشگری (نسخه ۱۲). کرمان: انتشارات ولی.

محمدی افشار، ب. (1384). پیشینه آب کرمان به روایت اسناد. انتشارات: سازمان اسناد ملی ایران.

محمودی، ف. (۱۳۶۷). تحول ناهمواری های ایران در کوتاه تر (جلد ۳۳). پژوهش های جغرافیایی.

مقصودی، م.، & عماد الدین، س. (۱۰۸-۹۵). ارزیابی ویژگی های ژئومورفوتوریسمی لندفرم های نواحی بیابانی با تاکید بر دشت لوت. فصلنامه مطالعات جهان گردی، ۶.

مقصودی، م.، شمسی پور، ع. &، نوربخش، س. (1390). پتانسیل سنجی مناطق بهینه ی توسعه ی ژئومورفوتوریسم (مطالعه موردی: منطقه ی مرنجاب در جنوب دریاچه ی نمک). (پژوهش های جغرافیای طبیعی، 77، 1-19.

میرکتولی، ج.، زنگی آبادی، ز.، افلاکی، ز.، & موسی زاده، ح. (۱۳۹۵). ارزیابی میراث زمینشناختی در ژئوپارک چشمه باداد سورت با روشهای پیرا و رینارد (روستای اروست - شهرستان ساری). فصلنامه برنامه ریزی منطقه ای، ۲۱، ۲۲۰-۲۰۵.

Al-Dousari, A., Al-Elaj, M., Al-enezi, E., & Al-Shareeda, A. (2009). Origin and characteristics of yardangs in the Um Al-Rimam depressions N Kuwait. *Geology*, 104, 93-104. doi:10.1016/j.geomorph.2008.05.010

Gabriel, A., & Gabriel, A. (1935). *Durch Persiens Wüsten : neue Wanderungen in den Trockenräumen Innerirans*. Stuttgart : Strecker und Schröder.

Krinsley, D. (1970). A geomorphological and paleoclimatological study of the playas of Iran. Bedford, Mass. : U.S. Air Force, Cambridge Research Laboratories ; Washington, D.C. : Geological Survey.

Mucivuna, V., Reynard, E., & Motta Garcia, M. (2019). Geomorphosites Assessment Methods: Comparative Analysis and Typology. *Geoheritage*, 1799-1815. doi:<https://doi.org/10.1007/s12371-019-00394-x>

Mucivuna, V., Reynard, E., & Motta Garcia, M. (2019). Geomorphosites Assessment Methods: Comparative Analysis and Typology. *Geoheritage*, 11, 1799-1815. doi:<https://doi.org/10.1007/s12371-019-00394-x>

Pérez-Umaña, D., Quesada-Román, A., Jesús Rojas, J., Zamorano-Orozco, J., Dóniz-Páez, J., & Becerra-Ramírez, R. (2019). Comparative Analysis of Geomorphosites in Volcanoes of Costa Rica, Mexico, and Spain. *Geoheritage*, 11, 545-559. doi:<https://doi.org/10.1007/s12371-018-0313-0>

SAFARABADI*, A., & SHAHZEIDI, S. (2018). TOURISM SILENCE IN GEOMORPHOSITES: A CASE STUDY OF ALI-SADR CAVE (HAMADAN, IRAN). *GeoJournal of Tourism and Geosites*, 21, 49-60.

Wellman , H. (1966). Active wrench faults of Iran, Afghanistan and Pakistan. *Geologische Rundschau* volume, 55, 716–735.

Zimbelman, J., & Griffin, L. (2010). HiRISE images of yardangs and sinuous ridges in the lower member of the Medusae Fossae Formation, Mars. *Icarus*, 205(1), 198-210. doi:<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2009.04.003>

Ardon, K., Tsoar , H., & Blumberg, D. (2009). Dynamics of nebkhas superimposed on a parabolic dune and their effect on the dune dynamics. *Journal of Arid Environments*, 73(11), 1014-1022. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2009.04.021>

Aref, M, Hammed, , M., & Salama, , A. (2017). Inventory and Assessment of the Geomorphosites of Bahariya –Farafra Territory, Western Desert, Egypt. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR)*, 33, 128-143.

Bing, L., Wenzhi, Z., & Rong, Y. (2008). Characteristics and spatial heterogeneity of *Tamarix ramosissima* Nebkhas in desert-oasis ecotones. *Acta Ecologica Sinica*, 28(4), 1446-1455. doi:[https://doi.org/10.1016/S1872-2032\(08\)60053-0](https://doi.org/10.1016/S1872-2032(08)60053-0)

Bollati, I., Leonelli, G., & Vezzola, L. (2015). The role of Ecological Value in Geomorphosite assessment for the Debris-Covered Miage Glacier (Western Italian Alps) based on a review of 2.5 centuries of scientific study. *Geoheritage*, 7, 119-135.

Brookes, I. (2001). Aeolian erosional lineations in the Libyan Desert, Dakhla Region, Egypt. *Geomorphology*, 39, 189-209. doi:10.1016/S0169-555X(01)00026-5

Comanescu, L., Nedelea, A., & Dobre, R. (2011). Evaluation of geomorphosites in Vistea Valley (Fagaras Mountains-Carpathians, Romania). *International Journal of Physical Sciences*, 6(5), 1161-1168. doi:https://doi.org/10.5897/IJPS10.384

Coratza, P., & Hobléa, F. (2018). The specificities of geomorphological heritage. In: Reynard E, Brilha J (eds) *Geoheritage: assessment, protection and management* : elsevier.

Coratza, P., & Giusti, C. (2005). METHODOLOGICAL PROPOSAL FOR THE ASSESSMENT OF THE SCIENTIFIC. *Italian Journal of Quaternary Sciences*, 18(1), 307-313.

Dowling, R., & Newsome, D. (2010). *The future of geotourism: where to from here?* Goodfellow Publishers Limited.

Fassoulas, C., Mouriki, D., Dimitriou-Nikolakis, P., & Iliopoulos, G. (2012). Quantitative Assessment of Geotopes as an Effective Tool for Geoheritage Management. *Geoheritage*, 4, 177-193. doi: 10.1007/s12371-011-0046-9

Feuillet, T., & Sourp, E. (2011). Geomorphological Heritage of the Pyrenees National Park (France): Assessment, Clustering, and Promotion of Geomorphosites. *Geoheritage*, 3(3), 151-162. doi:10.1007/s12371-010-0020-y

Forman, S., Nordt, L., Gomez, J., & Pierson, J. (2009). Late Holocene dune migration on the South Texas sand sheet. *Geomorphology*, 108, 159-170. doi:10.1016/j.geomorph.2009.01.001

Goudie, A. (2007). Mega-Yardangs: A Global Analysis. *Geography Compass*, 1(1), 65-81. doi:https://doi.org/10.1111/j.1749-8198.2006.00003.x

Goudie, A. S.-R. (1999). Yardang landforms from Kharga Oasis, south-western Egypt. *Geomorphol., Suppl.-Bd*, 60, 97-112.

Greeley, R., & Iversen, J. (1985). *Wind as a Geological Process: On Earth, Mars, Venus and Titan*. Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511573071

Halimov, M., & Fezer, F. (1989). Eight yardang types in Central Asia. *Z. Geomorphol*, 3, 205-213.

Howard, A. (2009). *Badland And Gullying. Geomorphology of Desert Environmental* (Springer link).

Huggett, R. (2003). *Fundamentals of Geomorphology*. Routledge.

Ielenicz, M. (2009). GEOTOPE, GEOSITE, GEOMORPHOSITE. The Annals of Valahia University of Târgoviște, Geographical Series,, 9, 7-22.

Jianhui, D., Ping, Y., & Yuxiang, D. (2010). The progress and prospects of nebkhas in arid areas. Geographical Sciences, 20(5), 712–728. doi:10.1007/s11442-010-0806-5

Joyce, E. (2010, 01 01). Australia's Geoheritage: History of Study, A New Inventory of Geosites and Applications to Geotourism and Geoparks. Geoheritage, 2(1), 39-59. doi:10.1007/s12371-010-0011-z

LEVIN, N., KIDRON, G., & BEN-DOR, E. (2007). Surface properties of stabilizing coastal dunes: combining spectral and field analyses. sedimentology, 54(4), 771-788. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.2007.00859.x>

Lima, A., Nunes, J., & Brilha, J. (2017). Monitoring of the Visitors Impact atBPonta da Ferraria e Pico dasCamarinhas^Geosite (São Miguel Island, Azores UNESCOGlobal Geopark, Portugal). Geoheritage, 9, 495-503. doi:10.1007/s12371-016-0203-2

Martínez-Graña, A. M, Serrano, L, González-Delgado, J. A, Dabrio, C. J, & Legoinha, P. (2017). Sustainable geotourism using digital technologies along a rural georoute in Monsagro (Salamanca, Spain). International Journal of Digital Earth, 10(2), 121-138. doi:10.1080/17538947.2016.1209582

Mauerhofer, L., Reynard, E., Asrat, A., & Hurni, H. (2018). Contribution of a Geomorphosite Inventory to the Geoheritage Knowledge in Developing Countries: the Case of the Simien Mountains National Park, Ethiopia. Geoheritage, 11, 559-574. doi:<https://doi.org/10.1007/s12371-017-0234-3>

McCauley, J.F, Breed, C.S., & Grolier, M.J. (1977). Yardangs. In: Doehring, D.O. (Ed.), Geomorphology in Arid Regions. Allen & Unwin, Boston.

Nielsen, T. H. (1982). Alluvial fan deposits. In: Scholle, P, A, and Spearing, D. (eds)Sandstone depositional environments:. American Asociation of petroleum Geologists.

Nishimori, H., & Tanaka, H. (2001). A simple model for the formation of vegetated dunes. sedimentology, 26(10), 1143-1150. doi: <https://doi.org/10.1002/esp.258>

Panizza, M. (2001). Geomorphosites: Concepts, methods and examples of geomorphological survey. Chinese Science Bulletin, 46, 4-5. doi:10.1007/BF03187227

Pereira, P., Pereira, D., Cae-tano Alves, M., & Braga. (2007). Geomorphosite assessment in Montesinho Natural Park (Portugal). Geographica Helvetica, 62(3), 159-168. doi:<https://doi.org/10.5194/gh-62-159-2007>

Pralong, J.-P. (2005). A method for assessing tourist potential and use of geomorphological sites. *Géomorphosites : définition, évaluation et cartographie*, 11(3), 186-196. doi:<https://doi.org/10.4000/geomorphologie.350>

REYNARD , E., HOLZMANN , C., & GUEx , D. (2003). *Géomorphologie et tourisme : quelles relations ?* Institut de Géographie, Université de Lausanne, BFSH (SSGm)., 1-10.

Reynard, E., & Coratza, P. (2016). The importance of mountain geomorphosites for environmental education: examples from the Italian Dolomites and the Swiss Alps. *Acta geographica Slovenica*, 56(2), 291-303. doi:<https://doi.org/10.3986/AGS.1684>

Reynard, E., Fontana, G., Kozlik, L., & Scapozza, C. (2007, 01 01). A method for assessing "scientific" and "additional values" of geomorphosites. *Geographica Helvetica*, 62(3), 148-158. doi:10.5194/gh-62-148-2007

Ritter, J., Miller, J., Enzel, Y., Howes, S., Nadon, G., Grubb, M., . . . Wells, S. (1993). Quaternary evolution of Cedar Creek alluvial fan, montana. *Geomorphology*, 8(4), 287-304. doi:[https://doi.org/10.1016/0169-555X\(93\)90025-W](https://doi.org/10.1016/0169-555X(93)90025-W)

Rovere, A., Vacchi, M., Parravicini, V., Bianchi, C., Zouros, N., & Firpo, M. (2010). Bringing geoheritage underwater: Definitions, methods, and application in two Mediterranean marine areas. *Environmental Earth Sciences*, 64, 133-142. doi:10.1007/s12665-010-0824-8

Schumm, S., Freyberg., D., & Wolman, M. (1997). *Alluvial Fan Flooding*. The National Academies Press. doi:<https://doi.org/10.17226/5364>

Seifert, C., Cox, R., Forman, S., Foti, T., Wasklewicz, T., & McColgan, A. (2009). Relict nebkhas (pimple mounds) record prolonged late Holocene drought in the forested region of south-central United States. *Quaternary Research*, 71(3), 329-339. doi:<https://doi.org/10.1016/j.yqres.2009.01.006>

Serrano, E., & Gonzalez-Trueba, J. (2005). Assessment of geomorphosites in natural protected areas: the Picos de Europa National Park (Spain). *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 11(3), 197-208. doi:10.4000/geomorphologie.364

Tengberg, A., & Chen, D. (1998). A comparative analysis of nebkhas in central Tunisia and northern Burkina Faso. *Geomorphology*, 22(2), 181-192. doi:[https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(97\)00068-8](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(97)00068-8)

Thomas, M., & Tsoar, H. (1990). The geomorphological role of vegetation in desert dune systems. 471-489.

Vujičić, M., Vasiljević, D., Marković, S., Hose, T., Lukić, T., Hadžić, O., & Janićević, S.

(2011). Preliminary geosite assessment model (gam) and its application on Fruška gora mountain, potential geotourism destination of Serbia. *Acta Geographica Slovenica*, 51(2), 361-377. doi: <https://doi.org/10.3986/AGS51303>

Walker, R., Gans, P., Allen, M., Jackson, J., Khatib, M., Marsh, N., & Zarrinkoub, M. (2009). Late Cenozoic volcanism and rates of active faulting in eastern Iran. *Geophysical Journal International*, 177, 783-805. doi:10.1111/j.1365-246X.2008.04024.x

Wójtowicz, B., Strachowka, R., & Strzyz, M. (2011). The perspectives of the development of tourism in the areas of geoparks in Poland. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 19, 150-157. doi:10.1016/j.sbspro.2011.05.118

Zouros, N. C. (2007). Geomorphosite assessment and management in protected areas of Greece Case study of the Lesvos island – coastal geomorphosites. *Geographical Helvetica*, 62(3), 169-180. doi:<https://doi.org/10.5194/gh-62-169-2007>

ارزیابی توان محیطی جنگلهای هیرکانی (مطالعه موردی: زیرحوضه رودخانه تیرم)

Evaluation of environmental capacity of Hyrkan forests (case study: Tiram River sub-basin)

^۱فاطمه عمادالدین، ^۲علی احمدآبادی

^۱ دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی، تهران. fateme.emadoddin@khu.ac.ir

^۲ استادیار دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران. a _ ahmadabadi@yahoo.com

چکیده

مطالعات ارزیابی توان محیطی به عنوان پایه ای برای تصمیم گیری و مدیریت پایدار سرزمین مطرح است. در این زمینه تعیین کاربری مناسب برای اراضی به منظور استفاده بهینه از سرزمین و جلوگیری از تخریب آن گام موثری در رویکرد توسعه پایدار است. جنگل های هیرکانی شمال کشور جایگاه مهمی در میراث طبیعی کشور دارند و همچنین کارکردهای مختلفی از نظر تامین آب، حفظ خاک، کنترل سیلاب، تنوع زیستی و تولید چوب به عهده دارند. بنابراین برای حفظ این میراث ضرورت توسعه پهنه های جنگلی وجود دارد. در این پژوهش با استفاده از روش تصمیم گیری WLC به ارزیابی توان محیطی جنگل در زیر حوضه رودخانه تیرم پرداخته شده است. به این منظور براساس نقشه معیارهای بارندگی سالیانه، متوسط طول دوره خشکی، شیب، ارتفاع از سطح دریا، عمق موثر خاک، اسیدیته خاک، ضخامت لاشبرگ و تحلیل همپوشانی پهنه های مناسب توسعه جنگل دست کاشت تعیین شد. نتایج پژوهش نشان می دهد بیشترین پتانسیل برای توسعه پهنه های جنگلی در مناطق شمالی و شمال خاوری حوضه تیروم و پهنه های جنوب باختری دارای پتانسیل کمتری برای توسعه پهنه های جنگلی است به نظر می رسد مناطق با پتانسیل بیشتر باید در اولویت توسعه پهنه های جنگلی قرار گیرد.

کلمات کلیدی: ارزیابی توان جنگل، روش WLC، تیرم تنکابن.

مقدمه

امروزه تمامی کشورهای توسعه یافته و نیز بیشتر کشورهای در حال توسعه در یافته‌اند که استفاده از اراضی باید بر اساس برنامه ریزی باشد، تا ضمن کسب حداکثر محصول، محیط طبیعی نیز برای استفاده آیندگان مورد محافظت قرار گیرد. استفاده نا صحیح و بی رویه از منابع طی سالیان متمادی موجب تخریب اراضی در وسعت چشمگیری گردیده است و حاصل آن به وجود آمدن اراضی فرسایش یافته، مراتع و جنگلهای تخریب شده و گسترش مناطق کویری است که در ابعاد گسترده ای در گوشه و کنار کشور مشاهده می‌شود (شریفیان و همکاران، ۱۳۹۹). از نظر متخصصان علوم جنگل، هدف اول و دراز مدت ارزیابی محیط، حفاظت از اکوسیستم‌های طبیعی و تضمین پایداری آنهاست. جهت مدیریت مناسب منابع طبیعی آشنایی از توان واقعی جنگل‌ها ضرورت دارد. ارزیابی محیطی به طور ساده به معنای ارزش دادن به یک واحد سرزمین است. ارزیابی توان اکولوژیک سرزمین، مرحله میانی فرآیند آمایش سرزمین یا برنامه ریزی محیطی است. در واقع ای ارزیابی، اطلاعات اساسی برای مرحله دوم آمایش سرزمین فراهم می‌کند (مخدوم، ۱۳۷۸). ارزیابی توان اکولوژیک ابزاری برای برنامه ریزی راهبردی جنگل است که طی آن توان بالقوه، یا نوع کاربرد سرزمین تعیین، یا پیش بینی می‌شود. اهمیت مدیریت پایدار و متناسب با توان رویشگاه در جنگل‌های شمال کشور روز به روز بیش تر می‌شود. یکی از منابع ارزشمند کشور که به شدت در معرض تخریب قرار دارد، جنگل‌های کشور است. وسعت جنگل‌های ایران ۱۲/۴ میلیون هکتار است که تنها ۷/۵ درصد از مساحت کل کشور است این در حالی است که وسعت جنگل‌های کشور در گذشته ۱۹ میلیون هکتار بوده است. از این رو باید مدیریتی بر باقی مانده این جنگل‌ها اعمال شود که مبتنی بر ارزیابی توان اکولوژیکی (Ecological Capability Evaluation) آن باشد (مروی مهاجر، ۱۳۸۲). اولویت بندی و مکان دهی کارکردهای مختلف جنگل یکی از مهم ترین تصمیماتی که باید در سطح مکانی سیمای سرزمین و سطح زمانی بلند مدت صورت پذیرد. با توجه به تخریب سریع جنگل‌ها و عدم موفقیت راهکارهایی که برای حل این مشکل به کار گرفته شده است، از اوایل دهه 1950 میلادی برنامه‌های جنگلکاری و احیاء جنگل‌ها با همکاری نهادها، انجمن‌ها و سازمان‌های دولتی و غیردولتی در ایران شروع شد (Amiraslani and Dragovich, 2011). ارزیابی توان اکولوژیک جنگلکاری حوضه آبخیز کن با استفاده از روش جنگل کاری نشان داد ۲۱۱۶ هکتار از این حوضه دارای توان متوسط برای جنگلکاری است (اقنوم و همکاران، ۱۳۹۸). ارزیابی توان اکولوژیکی جنگل حوضه خاله سرا در منطقه تالش با استفاده از عملگر گاما و AHP نشان داد. معیار ارتفاع از سطح دریا و شیب به ترتیب بیشترین و کمترین ارزش را در افزایش سطح جنگل‌های این منطقه دارند. همچنین توان اکولوژیک با عامل‌های اکولوژیک بویژه اقلیم، فیزیوگرافی رابطه مستقیم دارد (طیبیان و همکاران، ۱۳۹۹). ارزیابی توان حوضه آبریز ارنکه با استفاده از روش AHP نشان داد که در ۱۵ درصد از عرصه قابلیت توسعه جنگل کاری وجود دارد

(شریفیان و همکاران، ۱۳۹۹). با توجه به اینکه جنگل های شمال کشور جزو میراث طبیعی کشور محسوب می شوند و در صورت حفاظت از آنها با توجه به توسعه شهرها و افزایش جمعیت بسیاری از جنگل ها از بین رفته اند. در این راستا هدف اصلی پژوهش حاضر ارزیابی توان پهنه های جنگلی در زیرحوضه آبریز تیرم شهرستان تنکابن با استفاده از روش SAW و شناسایی پهنه های مناسب جنگل در اطراف پهنه های جنگلی است به طوریکه این پهنه ها با الویت توسعه جنگل مورد توجه قرار گیرند. این زیرحوضه آبریز کاربری قالب جنگلی و مرتعی دارد و با توجه به جنگل های هیرکانی که در این حوضه آبریز قرار دارد از اهمیت بالایی محیط زیستی برخوردار است و ضرورت انجام مطالعات ارزیابی توان وجود دارد.

مواد و روشها

یکی از روش های به کار گرفته شده در روش های تصمیم گیری چندشاخصه جبرانی زیرگروه نمره گذاری و امتیازدهی است. به طوریکه با مفروض بودن بردار W (اوزان اهمیت نقشه معیارها) برای آن، مناسب ترین گزینه (A) به صورت رابطه (۱) محاسبه می شود.

$$A = (A | \max \sum j w. r_{ij}) \quad (1)$$

این تکنیک بر مبنای پارامترهای مرکزی در علم آمار شکل گرفته است، به بیان دیگر رابطه مطلوبیت تصمیم گیرنده این تکنیک خطی است (پورطاهری، ۱۳۸۹).

برای استفاده از روش SAW، مراحل زیر ضروری است:

- کمی کردن ماتریس تصمیم گیری؛

- بی مقیاس سازی خطی مقادیر ماتریس تصمیم گیری (اصغرپور، ۱۳۸۵).

اگر معیار جنبه منفی (مانند فاکتور لیتولوژی) داشته باشد، از رابطه (۲) استفاده می شود:

$$r_{ij} = \frac{x_j^{(\min)}}{x_{ij}} \quad (2)$$

اگر معیار جنبه مثبت و افزایشی داشته باشد (مانند فاکتور طول گسل های هر شبکه) از رابطه (۳) استفاده می شود (اصغرپور، ۱۳۸۵).

$$r_{ij} = \quad (3)$$

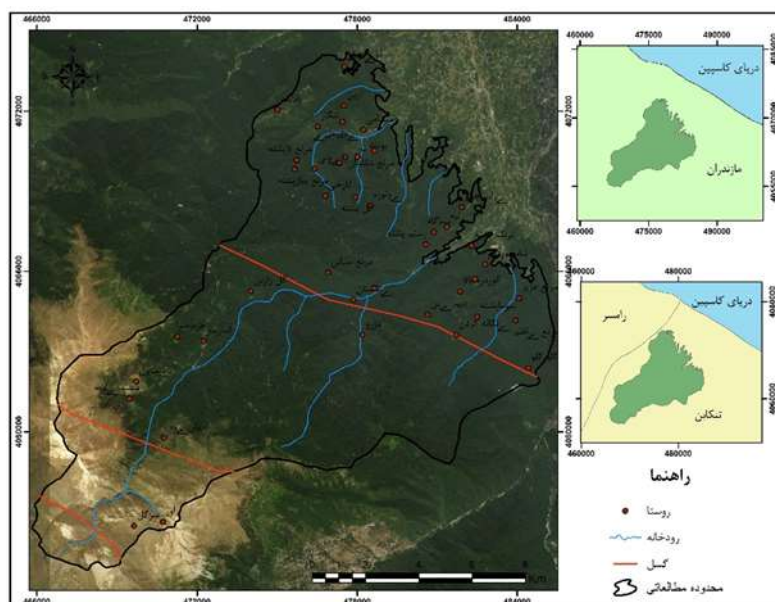
$$\frac{x_{ij}}{x_j^{(max)}}$$

ضرب ماتریس بی مقیاس شده در اوزان فاکتورها

اولویت بندی گزینه ها (A)

گستره مطالعاتی

محدوده مطالعاتی زیرحوضه آبریز تیروم در شهرستان تنکابن قرار دارد که بخش زیادی از آن از جنگل و مراتع درجه یک پوشیده شده است. محدوده مطالعاتی با مساحتی حدود ۱۷۸۵۸ هکتار بر روی تصویر ماهواره ای و موقعیت محدوده مطالعاتی در استان مازندران و شهرستان تنکابن نشان داده است (شکل ۱). در زیر حوضه مطالعاتی ۴۲ روستا قرار دارد که در شمال خاوری بیشترین تراکم را دارند. قابل ذکر است پهنه های سبز رنگ محدوده جنگلی و پهنه های قهوه ای تیره تا روشن مناطق مرتعی درجه یک تا درجه چهار را در بر می گیرد.

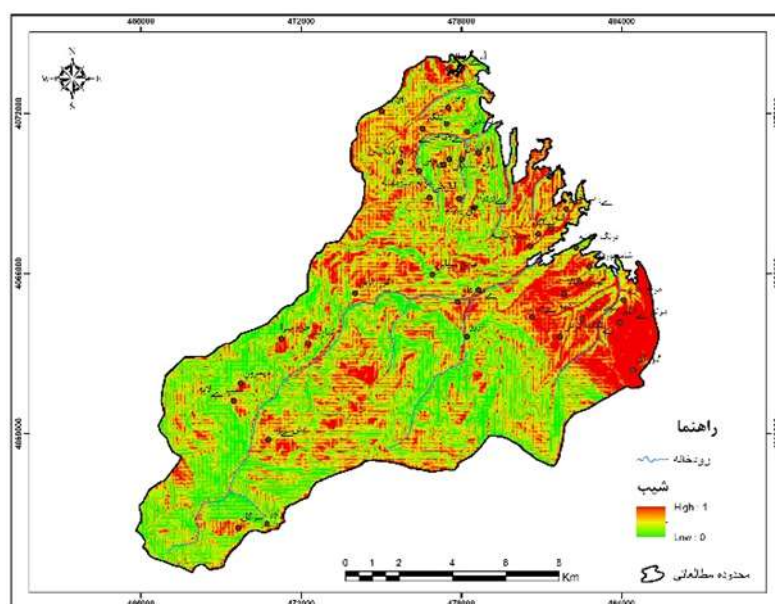


شکل ۱. موقعیت محدوده مطالعاتی زیرحوضه آبریز تیروم در شهرستان تنکابن

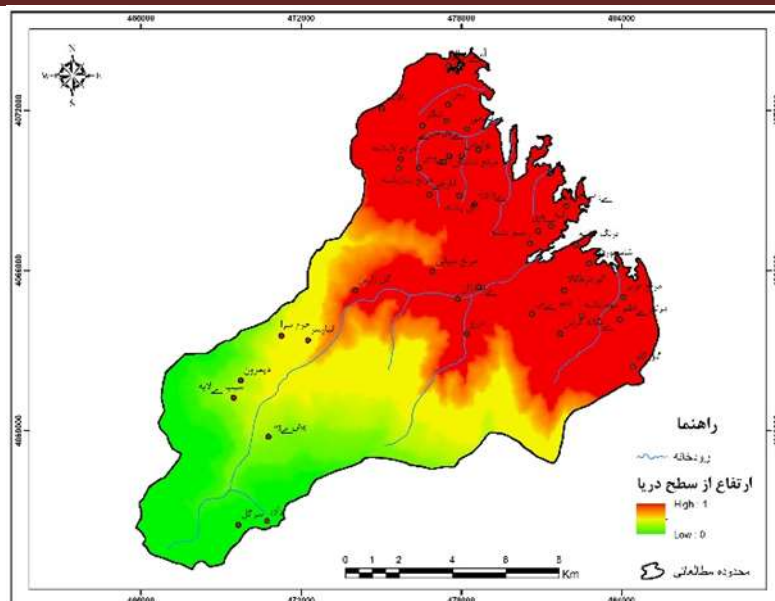
نتایج

برای ارزیابی توان محیطی کاربری جنگل در زیرحوضه آبریز تیروم، نقشه معیارهای اصلی شامل بارندگی سالیانه، متوسط طول دوره خشکی، شیب، ارتفاع از سطح دریا، عمق موثر خاک، اسیدیته خاک و ضخامت لاشبرگ استخراج و فازی سازی خطی انجام شده است. نتایج فازی سازی نقشه معیارها در محدوده مطالعاتی نشان داد که با توجه به

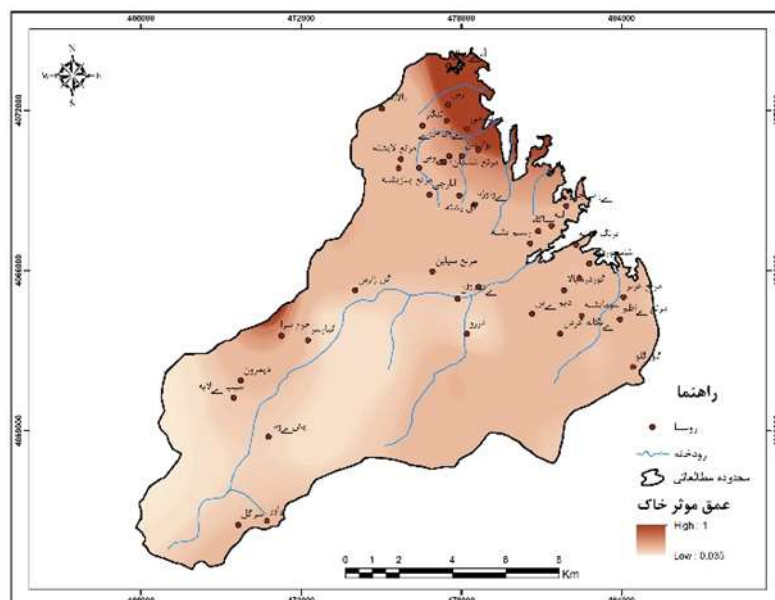
موقعیت محدوده مطالعاتی طول دوره خشکی و بارندگی سالیانه بیشترین مقدار فازی برابر ۱ هستند. شکل ۲ نقشه معیار درصد شیب محدوده مطالعاتی را بین صفر تا ۱ نشان می دهد که جنوب شرق محدوده بیشترین شیب را دارد و در نتیجه فازی بیشترین مقدار برابر ۱ را به خود اختصاص داده است. شکل ۳ ارتفاع از سطح دریا در محدوده مطالعاتی را بین صفر تا ۱ نشان می دهد که از شمال و شمال شرق به جنوب غرب کاهش یافته است. شکل ۴ نقشه معیار عمق موثر خاک در محدوده مطالعاتی را نشان می دهد که مقدار فازی این نقشه معیار بین ۰/۳۵ تا ۱ قرار دارد و بیشتر محدوده مطالعاتی در عمق موثر کم قرار گرفته است. شکل ۵ نقشه معیار اسیدیته خاک در محدوده مطالعاتی بین ۰/۱۵ تا ۰/۹۹ را نشان می دهد. شکل ۶ نقشه معیار ضخامت لاشبرگ در محدوده مطالعاتی را نشان می دهد که بین ۰/۸۵ تا ۰/۹۹ قرار دارد با توجه به مقادیر نقشه معیارها که بین صفر تا عدد یک قرار دارد به ترتیب به صورت پهنه های نامناسب تا مناسب مشخص می شوند.



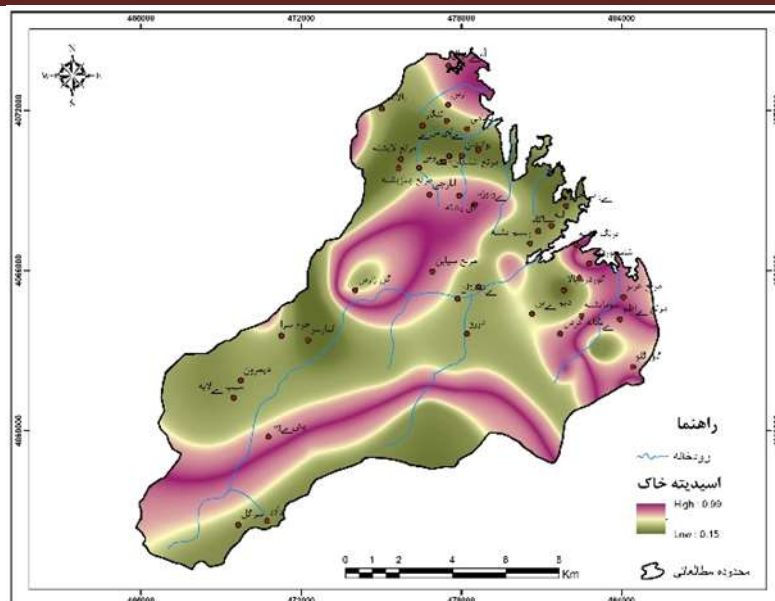
شکل ۲. نقشه معیار شیب محدوده مطالعاتی



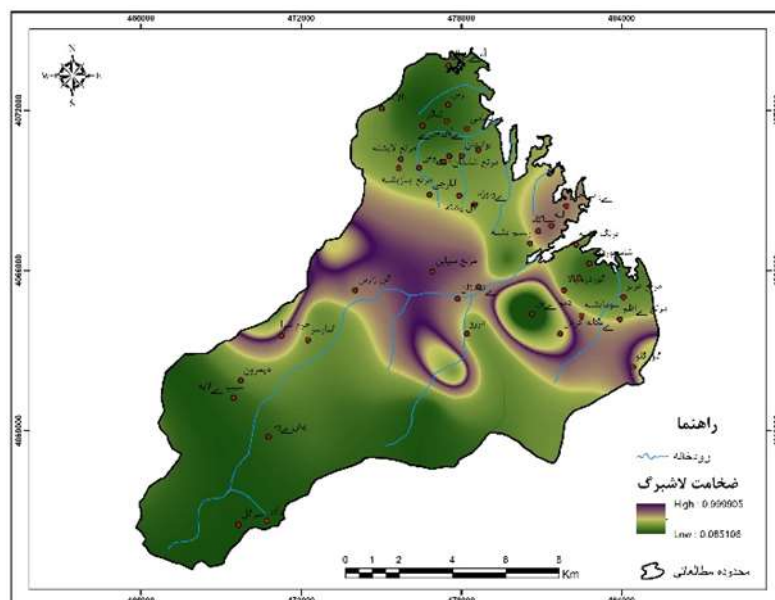
شکل ۳. نقشه معیار ارتفاع از سطح دریا محدوده مطالعاتی



شکل ۴. نقشه معیار عمق موثر خاک در محدوده مطالعاتی



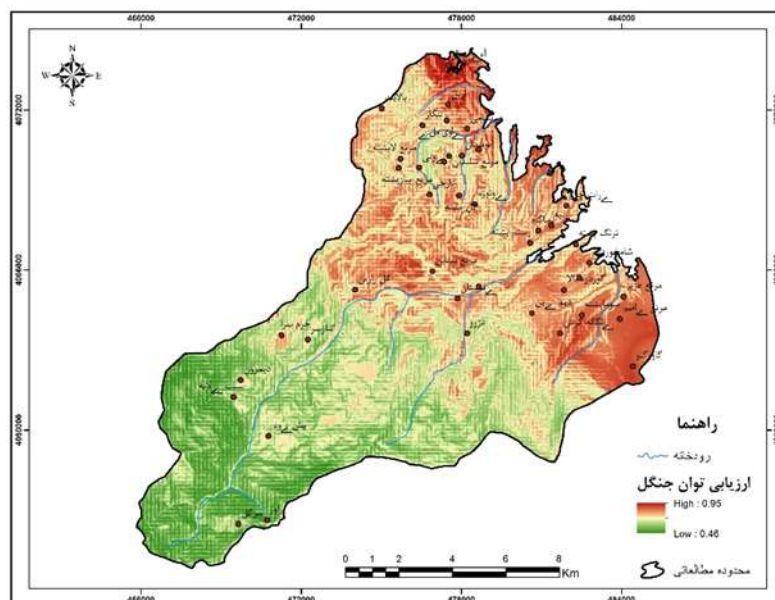
شکل ۵. نقشه معیار اسیدیتة خاک در محدوده مطالعاتی



شکل ۶. نقشه معیار ضخامت لاشبرگ در محدوده مطالعاتی

نقشه نهایی حاصل از تلفیق و همپوشانی نقشه معیارها در شکل ۷ ارائه شده است. نتایج نشان می دهد بیشترین پتانسیل برای توسعه پهنه های جنگلی در مناطق شمالی و شمال خاوری حوضه تیروم با رنگ قرمز قابل مشاهده است و پهنه های جنوبی و جنوب باختری دارای پتانسیل کمتری برای توسعه پهنه های جنگلی است که علت آن قرارگیری

بسیاری از روستا در این مناطق و از بین رفتن بسیاری از جنگل ها در اثر فعالیت های انسانی است و از طرفی ارزش های بالای محیطی آن است.



شکل ۷. ارزیابی توان محیطی پهنه های جنگلی محدوده مطالعاتی

بحث و نتیجه گیری

نتایج حاصل از مدل ارزیابی محیطی کاربری جنگل در زیرحوضه آبریز تیرم نشان می دهد بیشترین پتانسیل برای توسعه پهنه های جنگلی و جنگل های دست کاشت در مناطق شمالی زیرحوضه تیرم و پهنه های جنوبی دارای پتانسیل کمتری برای توسعه کاربری جنگل است. این منطقه بعلت در برگرفتن بخشی از جنگلهای هیرکانی واجد ارزشهای محیطی و محیط زیستی زیادی است و ضرورت حفظ این پهنه ها هم از منظر توسعه پایدار و هم کارکردهای فراوان امروزی آن از جمله جلوگیری از فرسایش خاک با ارزش شمال کشور و کاهش رواناب وجود دارد. رویکرد تصمیم گیری چندمعیاره که در این پژوهش بکار گرفته شده بخوبی توانسته پهنه های مستعد توسعه پهنه های جنگلی را نشان دهد و می تواند بعنوان یک رویکرد برای ارزیابی توان محیطی سایر کاربری ها نیز استفاده شود و نتایج آن در طرح های برنامه ریزی توسعه منطقه ای مد نظر قرار گیرد.

مراجع

اقنوم، مریم،، فقهی، جهانگیر،، مخدوم، مجید،، مقدم نیا، علیرضا، اعتماد، وحید. ۱۳۹۸. ارزیابی توان اکولوژیک کاربری جنگلکاری با استفاده از روش جنگل تصادفی (حوزه آبخیز کن، تهران). فصلنامه علمی پژوهش و توسعه جنگل، ۴۰۳-۳۸۷: (۳)۵.

شریفیان، شادی،، رضوانی، محمد،، رشیدی، فرحناز. ۱۳۹۹. ارزیابی توان اکولوژیکی به منظور توسعه جنگل با استفاده از AHP (مطالعه موردی، حوزه آبخیز ارنگه، استان البرز). علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۲(۶).

طیبیان، سحر،، هاشمی، آرمین،، فیروزان، امیرحسین،، حکیمی عابد، مهسا، بیدریغ، سیروس،، کاووسی، حمیده. ۱۳۹۹. ارزیابی توان اکولوژیکی به منظور جنگل کاری و افزایش سطح جنگل با استفاده از عمل-گر گاما و AHP. علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۲(۱): ۴۹-۶۰.

مخدوم، م. ۱۳۷۸. شالوده آمایش سرزمین، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۲۸۹.

مروی مهاجر، م. ر. ۱۳۸۲. جنگل شناسی و پرورش جنگل، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۳۸۷.

Amiraslani, F. & D. Dragovich, 2011. Combating desertification in Iran over the last 50 years: an overview of changing approaches, Journal of Environmental Management, 92:1-13.

ارزیابی توانمندی های ژئوتوریستی مکان های ژئومورفولوژیکی حوضه ابریز نیر چای به روش پرالونگ

Evaluation of the geotourism capabilities of the geomorphological places in the Abriz Nir Chai basin using the Prolong method

عادل زالی کرده مهینی

دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز Zali.adel@yahoo.com

چکیده

ژئوسایت‌ها از جمله مفاهیم جدید با ارزشهای علمی، اکولوژیکی، فرهنگی، زیبایی و اقتصادی که بر شناخت مکان‌های ویژه‌ی گردشگری تاکید می‌کنند، در این تحقیق، لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی حوضه نیر چای و وضعیت توانمندی‌های ژئوتوریستی آنها مورد ارزیابی قرار گرفته است. هدف از این تحقیق ارزیابی توانمندی‌های ژئوتوریستی مکان‌های ژئومورفولوژیکی حوضه ابریز نیر چای به روش پرالونگ می‌باشد. به این منظور ابتدا برگه شناسایی برای هر یک از مکان‌های ژئومورفولوژیکی تهیه شد و سپس لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی از لحاظ زیبایی ظاهری، ارزش علمی، ارزش فرهنگی، ارزش اقتصادی، ارزش بهره‌وری و کیفیت بهره‌وری مورد بررسی قرار گرفتند. و برای تشریح لندفرم‌های ژئوتوریستی حوضه نیر چای از تصاویر گوگل ارث، نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، بازندهای میدانی و ... استفاده شده و میزان پتانسیل ژئوتوریستی این لندفرم‌ها بر اساس روش پرالونگ مورد ارزیابی قرار گرفته است. و نتایج بدست آمده با استفاده از روش پرالونگ نشان داد که لندفرم روستای شبه‌کندوان آباذر با داشتن امتیاز ۵۵/۰ دارای بیشترین عیار گردشگری و کیفیت بهره‌وری می‌باشد و به عنوان با اهمیت‌ترین لندفرم ژئوتوریستی حوضه مورد مطالعه شناخته می‌شود. و سقزچی با امتیاز ۴۱/۰ دارای کمترین عیار گردشگری و بهره‌وری است و بقیه لندفرم‌ها دارای عیار متوسطی می‌باشند.

کلمات کلیدی: ژئوتوریسم، نیر چای، روش پرالونگ

مقدمه

گردشگری یکی از عوامل اصلی توسعه پایدار در سطوح اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و زیست محیطی می باشد، امروزه به عنوان یکی از مباحث اصلی کشورهای جهان به منظور بهره برداری از امکانات توریستی مطرح می شود. جاذبه های گردشگری متناسب با میزان جذابیت خود می توانند گردشگران را بسوی خود جلب کند. در این زمینه ساختار جذاب این پدیده ها دارای اهمیت است (Cartner, 2002:1-3). ساختار گردشگری یک مکان در برگیرنده عواملی است که می تواند انگیزه بیشتری برای تقاضای گردشگری فراهم آورد (Law, 2002:156). ژئوتوریسم شکل ویژه ای از صنعت گردشگری که در آن ژئوسایت در مرکز توجه متن گردشگران قرار می گیرد. یک ژئوسایت می تواند یک چشم انداز، دسته ای از اشکال متنوع ناهمواریهای سطح زمین (لندفرم ها) یا لندفرم منفرد، یک رخنمون سنگی، همچنین لایه های فسیل دار یا یک فسیل بخصوص باشد (Dawling & Newsome, 2006). این نوع توریسم مترادف با توریسم جغرافیای است که هدف آن کشف یک منطقه با تمام عناصر طبیعی و انسانی مرتبط با آن می باشد (Reynard, 2008). به تصدیق سازمان یونسکو، ایران از نظر وجود آثار تاریخی و فرهنگی در میان هشت کشور نخست جهان جای دارد و به لحاظ جاذبه های اکوتوریستی و تنوع اقلیمی جز پنج کشور برتر دنیاست، طبیعت چهار فصل ایران، وجود دریا، کویر، چشمه های آبگرم، حیات وحش متنوع انحصاری، جاذبه های گردشگری مذهبی و تمدن هفت هزار ساله این قابلیت را به ایران بخشیده که در ردیف های نخست گردشگری جهان قرار گیرد (عابدینی و همکاران، ۱۳۹۲: ۲).

تحقیقات قابل توجهی در زمینه ژئوتوریسم با مدل پرالونگ و سایر مدل ها انجام گرفته که به چند مورد از آنها اشاره می کنیم: پرالونگ^{۳۳} (۲۰۰۵)، طی مقاله ای اقدام به معرفی روشی برای ارزیابی توان توریستی مکانهای ژئومورفولوژیکی می نماید. وی در این مقاله به ارزیابی توان توریستی از میانگین این شاخص ها، ارزشی را بیان می دارد. روش او به اسم خود پرالونگ به عنوان یک مدل ژئوتوریستی مورد استفاده قرار می گیرد. فردوسیان و همکاران (۱۳۹۲)، و شناسایی و ارزیابی لندفرم های ژئومورفوتوریستی شهرستان دره شهر با مدل پرالونگ پرداخته اند و بیشتر عیار گردشگری به تنگ بهرام چوبین و آبشار هفت آسیاب تعلق گرفت که این مکان را به عنوان پربازدیدترین اماکن ژئومورفولوژیک مطرح می نماید.

شایان و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از مدل پرالونگ به ارزیابی توانمندی های ژئومورفوتوریسمی لند فرمها در

ایمیل نویسنده: Zali.adel@yahoo.com

شهرستان داراب پرداختند و نتایج تحقیق آنها نشان می دهد که گنبد نمکی دارابگرد با اهمیت ترین لندفرم ژئومورفو توریسمی شهرستان داراب است.

مختاری (۱۳۸۹) به ارزیابی توانمندی اکو توریسمی مکان های ژئومورفولوژیکی حوضه آسیاب خرابه با استفاده از روش پراونگ پرداخت و نتایج نشان می دهد که بهره برداری از آبشار آسیاب خرابه به عنوان یک لندفرم ژئومورفیکی، با روش هایی غیر اکوتوریسمی صورت می گیرد و به عملکرد سیستم های مورفوننتیک که خود ایجاد کننده این جاذبه ها هستند، توجهی نمی شود و خواستار تعریف حوضه های آبریز و واحدهای ژئومورفولوژیکی در قالبی از مفاهیم اکوتوریسمی می باشد.

امیدزاده و همکاران (۱۳۹۳) به ارزیابی توانمندیها و اولویتهای ژئوتوریستی استان لرستان براساس روش پراونگ اقدام کردند که نتایج نشان داد آبشار تله زنگ به دلیل بالابودن ارزش علمی و زیبایی ظاهری بیشترین میزان قابلیت و توانمندی از لحاظ ژئوتوریستی را به خود اختصاص داده است. اصغری و همکاران (۱۳۹۴) در مقاله ای به ارزیابی تطبیقی توان گردشگری منطقه ای با تاکید بر ژئوتوریسم در هفت چشمه نقده، دره قاسملو و بند ارومیه پرداخته اند. هدف ایشان در این تحقیق ارزیابی توان ژئوتوریسم منطقه ای و مقایسه مناطق با همدیگر می باشد. ایشان برای تجزیه و تحلیل اطلاعات از مدل دینامیکی هادزیچ و از مدل ضریب عدم تشابه برای مقایسه مناطق استفاده کرده اند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد که توان ژئوتوریستی دره بند، قاسملو و هفت چشمه به ترتیب $۳۳/۰۷$ ، $۳۷/۵۳$ ، $۳۱/۸۱$ می باشد و بیشترین تشابه بین منطقه بند و قاسملو در شاخص قابل دید و ارزش چشم اندازها به ترتیب $۰/۰۲$ و ۱ بوده است.

قنوتی و همکاران (۱۳۹۴) درمقاله ای به ارزیابی قابلیت های ژئومورفوسایت های گردشگری در شهرستان تفت پرداختند. ایشان در این پژوهش با استفاده از روش ارزیابی ژئوسایت (GAM) و بررسی میدانی به ارزیابی پتانسیل ژئومورفوسایت های اصلی شهرستان تفت اشاره کرده اند. نتایج تحقیق حاکی از بالاترین امتیاز از مجموع ارزش های اصلی به سایت برفخانه طزران ($۷/۷۵$) و بالاترین امتیاز از مجموع ارزش های افزوده به کوه عقاب ($۸/۷۵$) می باشد. بطور کلی ژئوسایت عقاب کوه دارای بالاترین امتیاز $۱۴/۲۵$ و ژئوسایت چشمه تامهر با امتیاز ۱۴ در اولویت های بعدی هستند.

سلمانی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی به ارزیابی توانمندی ها و کاربری های ژئومورفوسایت های شهرستان طبس پرداختند. ایشان در این پژوهش ژئومورفوسایت های منطقه را بر اساس مجموعه ای از ارزش های علمی، حفاظتی و گردشگری ارزیابی کردند و در نهایت ۵۰ ژئومورفوسایت در منطقه مورد مطالعه مورد ارزیابی قرار گرفته است. ایشان

برای ارزیابی از روش (GAM) استفاده کرده اند. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که ژئومورفوسایت‌های رخنمون‌های درنجال، سرزمین سیاه، مخروط افکنه‌های شتری به ترتیب به عنوان بهترین ژئومورفوسایت برای کاربری‌های ژئوتوریستی انتخاب شدند.

حوضه ابریز نیز جای نیز با برخورداری از شرایط متنوع جغرافیایی یکی از مناطق مستعد گردشگری محسوب می شود که لندفرم های جالبی را در خود جای داده است. در این حوضه اشکال ژئومورفولوژیکی زیبایی بر اثر تغییر و تحولات ژئومورفولوژیکی و اقلیمی شکل گرفته اند که چشم انداز های جالبی را پدید آورده است. در این تحقیق سعی شده است ضمن شناسایی اشکال ژئومورفولوژیکی منطقه مورد مطالعه، اقدام به تهیه کارت شناسایی جهت سند ارزیابی و مدیریت لندفرم های ژئومورفولوژیکی منطقه پرداخته شده است.

مواد و روش ها

* انجام مطالعات کتابخانه ای و شناسایی مکانهای ژئومورفولوژیکی حوضه مورد مطالعه

* تعیین موقعیت و ویژگی های مکانهای ژئومورفولوژیکی با استفاده از نقشه های توپوگرافی و زمین شناسی

* استفاده از نرم افزار Google earth و Gis

* مطالعات میدانی

* استفاده از دستگاه Gps

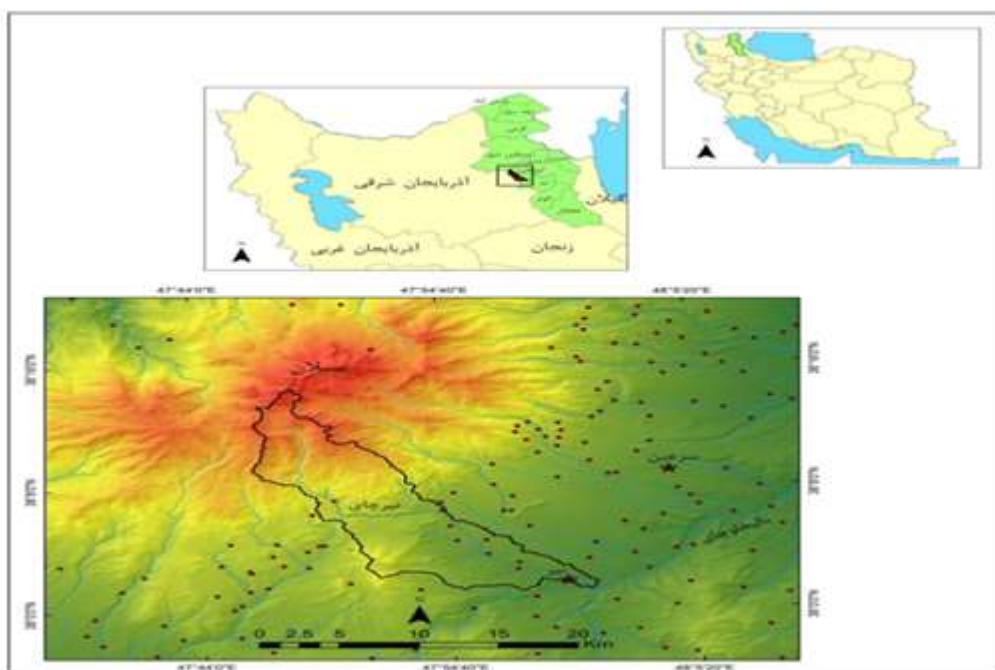
* روش پراولنگ

براساس این مدل میزان توانمندی گردشگری یک لندفرم ژئومورفولوژیکی از چهار جهت زیبایی ظاهری، علمی، فرهنگی- تاریخی و اجتماعی - اقتصادی قابل بررسی می باشد. معیارهای خاصی برای تعیین ارزش هر یک از جنبه های قابلیت گردشگری لندفرم های ژئومورفولوژیکی از قبیل زیبایی ظاهری، علمی، فرهنگی- تاریخی، اجتماعی - اقتصادی مشخص شده است. در چنین وضعیتی میزان توانمندی گردشگری یک شکل عبارت از میانگین چهار شاخص فوق بوده و بدین شکل بیان می شود.

ارزش گردشگری: (ارزش اقتصادی) + (ارزش فرهنگی- تاریخی) + (ارزش علمی) + (ارزش زیبایی ظاهری)

معرفی منطقه مورد مطالعه

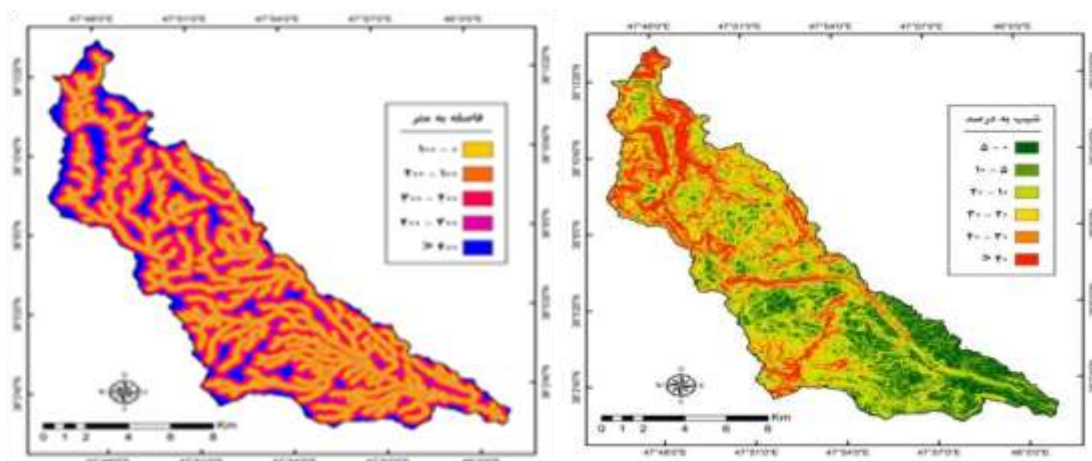
حوضه آبریز نیر چای با وسعت ۱۶۶ کیلومتر مربع در مختصات جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۱۴ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۴۶ دقیقه تا ۴۸ درجه طول شرقی قرار گرفته است، و از زیر حوضه های بالیخلوچای اردبیل محسوب می شود. این حوضه در شمال غرب ایران، در غرب استان اردبیل، در شمال شهرستان نیر و در دامنه جنوب شرقی کوه سبلان واقع شده است (شکل ۱). حوضه مورد مطالعه از شمال با قله سبلان، از جنوب با حوضه امام چای، از شرق با جوراب چای و سرعین و از غرب با حوضه بیوک و گردنه صائین هم جوار می باشد. این حوضه از ارتفاعات سبلان سرچشمه می گیرد که محل تقسیم آب حوضه های آبریز آجی چای و قره سو می باشد. حداکثر ارتفاع حوضه ۴۳۸۰ متر، حداقل ارتفاع آن ۱۶۲۰ متر از سطح دریا می باشد و ارتفاع متوسط حوضه ۲۷۶۰ متر از سطح دریا است. شیب متوسط حوضه نیز ۳۸ درصد می باشد. با توجه به داده های ایستگاه های هواشناسی اقلیم منطقه نیمه خشک سرد می باشد و در محدوده مطالعاتی فصل بهار مرطوب ترین و فصل تابستان خشک ترین فصل سال است. از نظر زمین ساختی منطقه مورد مطالعه در زون زمین ساختی البرز غربی - آذربایجان قرار دارد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز نیر چای در شمال غرب ایران (اسماعیلی بوسجین، ۱۳۹۹)

توپوگرافی منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز نیرچای از لحاظ توپوگرافی به دو واحد کوهستان و دشت تقسیم بندی می شود. مرتفع ترین قسمت حوضه واحد کوهستان، که دارای رخنمون های سنگی فراوانی است که از دوبخش شمالی و جنوب غربی تشکیل شده به طوری که بخش شمالی از ارتفاع ۳۰۰۰ متری تا ۴۳۸۰ متری از سطح دریا را به خود اختصاص داده. بخش شمالی شامل ارتفاعات کرکس داغی ۴۳۸۰ متر، قره گونی ۳۸۸۲ متر، قرخ بلاغ داغی ۳۸۷۸ متر، بوزداغی ۴۲۰۰ متر و ساریمساق لوداغی به ارتفاع ۳۶۹۸ متر از سطح دریا است. از خصوصیات این واحد دره های عمیق و شیب های تند و وجود پرتگاه های مشرف به دره و شیب بیش از ۳۰ متر و دره های ۷ شکل که نشان دهنده این است که رودها برای رسیدن به تعادل، بستر خود را حفر نموده و به عمق رفته اند که منجر به ایجاد اشکال مختلف فرسایشی آبی، آبراهه ای و شیارهای در شیب های تند گردیده است (سبحانی، ۱۳۷۴). سیستم های فرسایشی مجاور یخچالی و لغزش- های دره ای نیز از دیگر فرایندهای فرسایشی در این واحد می باشند که به دلیل آب و هوای سرد و مرطوب، فرسایش فیزیکی و مکانیکی ناشی از یخبندان، باعث خرد شدن سنگ ها و تشکیل واریزه های بادبزی شکل با وسعت و اندازه های متفاوت بر روی شیب های تند شده است. سازندهای واحد کوهستان را عمدتاً سنگ های آتشفشانی بسیار مقاوم و مقاوم در دوران کواترنر تشکیل داده اند. که سطحی است کم عارضه، هموار و دارای توپوگرافی ساده، فاصله خطوط میزان در این واحد از هم بیشتر شده و شیب کاهش می یابد. متوسط شیب در واحد دشت کمتر از ۵ درصد محاسبه شده حداقل ارتفاع در قسمت خروجی حوضه ۱۶۰۰ متر از سطح دریا و حداکثر ارتفاع ۲۰۰۰ متر از سطح دریا می باشد. توپوگرافی هموار این واحد شرایط مساعد را برای کشاورزی مهیا ساخته، شکل دره در این واحد به شکل U و عریض است.



شکل ۲: نقشه شیب و فاصله آبراهه ها در حوضه نیر چای (اسماعیلی، ۱۳۹۹)

معرفی مکان های ژئومورفولوژیکی منطقه مورد مطالعه

در محدوده ی حوضه ی آبریز نیر چای مکان ژئومورفولوژیکی فراوانی وجود دارد از بین این ها چهار مکان ژئومورفولوژیکی انتخاب شد و ویژگی های هر کدام از آنها در قالب یک کارت شناسایی به عنوان سند ارزیابی و مدیریت نشان داده شده اند. این چهارمکان عبارتند از:

- ۱- روستای شبه کندوان ابادر
- ۲- تفرجگاه بولاغلار
- ۳- سقزچی
- ۴- قلعه بویینی یوغون روستای کور عباسلو



شکل: ۳ - تصویر گوگل ارث موقعیت ژئوسایت ها در حوضه مورد مطالعه

تصویر ژئوسایت های حوضه مورد مطالعه



۲- قلعه بونی یوغون روستای کور عباسلو



۱- روستای شبه کندوان ابادر



۳- انحلال توده تراورتنی در روستای سقزچی



۴- تصویری از طبیعت گردشگری روستای سقزچی

مسیر ژئوتریل پیشنهادی در حوضه نیر چای

ژئوتریل یا مسیر های زمین شناختی، بهترین مسیرهای پیاده یا سواره برای دسترسی به سایت های میراث زمین شناسی و ژئومورفولوژیکی به منظور گردشگری هستند. معمولاً ژئوسایت ها پراکنده هستند و آن هایی که در مناطق صعب العبور کوهستانی، جنگلی و یا سواحل صخره ای قرار دارد، دسترسی آنها به راحتی امکان پذیر نیست. در مقابل ژئوسایت هایی که در مناطق پست و کم شیب قرار گرفته اند، بنا به دلایلی مانند سهولت دسترسی و فعالیت های علمی گسترده مورد بازدید و بررسی قرار می گیرند. برای معرفی ژئوسایت ها باید ژئوتریل های آن نیز باید مورد ارزیابی قرار گیرد. لازم به ذکر است استفاده از ژئوتریل ها یکی از مناسب ترین روش برای تنظیم ترافیک، جلوگیری از پراکندگی و بی نظمی بازدیدکنندگان و در نهایت کاهش تخریب محیط زیست می باشد. در ژئوتریل پیشنهادی روستای شبه کندوان ابادر به سقزچی فاصله مسیر کمتر از ۵ کیلومتر است. بخاطر امکانات رفاهی و خدماتی کم جهت تامین امکانات رفاهی و خدماتی باید به شهر مراجعه شود. فاصله پیشنهادی سایر مسیر ژئوتریل ها تقریباً ۶ کیلومتر است در مسیر ژئوتریل سقزچی به تفرجگاه بولاغلار امکانات رفاهی و خدماتی وجود دارد در طول مسیر شاهد باغات میوه و زمین های کشاورزی و چشمه های طبیعی اب درمانی هستیم در طول مسیر نمای شهر نیر قابل رویت است. رودخانه نیر چای، پارک تفرجگاه بولاغلار در ادامه مسیر سقزچی به تفرجگاه بولاغلار قابل مشاهده است. لازم به ذکر است که در مسیر روستای ابادر به سقزچی یک مجتمع اقامتی و تفریحی ایجاد شود متأسفانه هنوز اقدام جدی در راستای انجام آن صورت نگرفته است. که سالانه گردشگران زیادی ازین مسیر تردد می کنند.



شکل: ۴ - مسیر ژئوتریل های پیشنهادی برای ژئوسایت های حوضه مورد مطالعه

جدول (۱-۴) برگه شناسایی مکان ژئومورفولوژیکی را نشان می دهد که بر حسب موقعیت، ژئومورفولوژی و گردشگری تکمیل شده است. که بخش موقعیت مکان ژئومورفیک با بهره گیری از نرم افزار google earth و gis بخش ژئومورفولوژی جدول با استفاده از نقشه زمین شناسی، نقشه توپوگرافی، بازدید میدانی، و بهره گیری از دانش ژئومورفولوژی تکمیل شده و بخش سوم جدول شامل بخش گردشگری است که از طریق نقشه کار بری اراضی، انجام و کامل گردیده است.

جدول ۱: کارت شناسایی مکان ژئومورفولوژیکی روستای شبه کندوان آبادر

کارت شناسایی مکان ژئومورفولوژیکی	
شناسه	شاخص ها
موقعیت	نام محلی: روستای شبه کندوان آبادر موقعیت نسبی: در فاصله ۹/۵ کیلومتری شهرستان نیر واقع شده است. مختصات جغرافیایی: ۳۸ درجه و ۱۹ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۱۷ دقیقه طول شرقی ارتفاع: ۱۸۰۰ متر
	پدیده ها خانه های صخره ای، چشمه آب معدنی، رودخانه دائمی
ژئومورفولوژی	نحوه پیدایش واحد کوهستان این منطقه از داسیت های میوسن و پلیوسن تشکیل شده است. این واحد شامل رسوبات آتشفشانی و آذرآواری (توف، ماسه سنگ، قطعات پومیس گرد، کنگلومرا) می باشد. روستای آبادر بر روی تشکیلات صخره ای استقرار یافته است. مخروطها در روستای آبادر که با فرسایش ناشی از نیروی مکانیکی آب ها منظره های ناهموار و بریده بریده به صورت مخروطی شکل ظاهر شده اند. در این سنگ ها کنده کاری هایی جهت مسکن در گذشته صورت گرفته است. چشمه آب معدنی روستای آبادر در نتیجه ذوب برف ها از دامنه شمالی توده کوهستانی سبلان از زیر زمین جاری شده و از مواد معدنی غنی شده و برای درمان بسیاری از بیماری ها مفید است.
	توصیف شکل، ساختار مورفولوژیکی، فرسایش صخره های مخروطی شکل نتیجه فرسایش آب های روان می باشد و با دخالت انسان و کنده کاری در صخره های مذکور شکلی از سکونتگاه های غیر رسمی روستایی مشهود می باشد. در پرتگاه های دامنه ای متشکل از رسوبات آتشفشانی (بویژه ایگنمبریت ها) نفوذ آب های سطحی و تناوب ذوب و یخبندان در سیستم تخریب مکانیکی در شکاف های عمودی موجود در این سنگها باعث گسترش این درزها و شکافها شده و محل مناسبی برای جریان آب های سطحی فراهم آمده است. با تمرکز جریانهای سطحی در این دامنه ها اشکال کله قندی پدید آمده است
	۵- وجود تافونی های کوچک تا بزرگ در صخره های مخروطی شکل که حاصل فرسایش شدید بادی می باشد.
	دینامیک عمده دینامیک در پدیده های ژئومورفولوژیکی در حال حاضر بیرونی و با غلبه فرسایش آبی است.
	سن سن تشکیلات زمین شناختی در روستای صخره ای آبادر به دوران سنوزوئیک برمی گردد. ولی ایجاد مسکن در صخره های مخروطی شکل را مربوط به دوران قبل از اسلام ذکر کرده اند.
ژئومورفولوژی	وابستگی اصلی به در مرحله اول فرآیند آتشفشان و تشکیلات آذرآواری و در مرحله دوم دینامیک بیرونی
	وابستگی فرعی به دینامیک بیرونی و فرسایش آبی
	حیطه مطالعاتی ژئومورفولوژی، زمین شناسی، باستان شناسی

کشاورزی	دامداری، پرورش زنبور عسل، باغات و زراعت
دسترسی	دسترسی از طریق جاده آسفالتی تا روستا
سطح جذابیت	بسیار زیاد. هم برای مطالعه در گروه جغرافیا و زمین شناسی و در درجات دیگر جذابیت طبیعی و محیطی برای عموم مردم؛ که سالانه چندین هزار نفر ازین روستا دیدنی می کنند.
وضعیت حفاظت	بد. با توجه به حساسیت های سیستم های دخیل در تشکیل این ژئومورفوسایت، بهره برداری از آن بدون توجه به ملاحظات لازم برای برقرار ماندن این سیستم های ژئومورفیک صورت میگیرد.
کاربری فعلی	مسکونی، دخالت انسان ساخت در محیط طبیعی، فرهنگی
ارتباطات	مسافرکش های محلی
زیرساخت ها	امکانات رفاهی و زیر ساختی بسیار ضعیف
برخوردها	بی توجهی و تخلیه انواع زباله ، عدم تناسب در ساخت از خانه های جدید و استفاده از مصالح غیر بومی
وضعیت قانونی	منطقه حفاظت نشده

جنبه های کاربردی

جدول ۲: کارت شناسایی مکان ژئومورفولوژیکی بولاغلار

کارت شناسایی مکان ژئومورفولوژیکی	
شناسه	شاخص ها
موقعیت	نام محلی: تفرجگاه بولاغلار موقعیت نسبی: شمال غرب شهرستان نیر مختصات جغرافیایی: ۳۷ درجه و ۳۸ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی ارتفاع: ۱۶۴۰۰
	پدیده ها وجود رودخانه های مئاندري، فرسایش کناری پادگانه در اثر فرسایش آبی، نیمکت های شنی، تراس یا پادگانه
ژئومورفولوژی	نحوه پیدایش چشمه های گسلی، انحلال، تکتونیک
	توصیف شکل، ساختار مورفولوژیکی، فرسایش اشکال ژئومورفیکی در حوضه ابریز بولاغلار متشکل از حاکمیت سیستم پری گلاسیری و ویژگی های لیتولوژیکی و زمین ساختی و فرایندهای فرسایشی و ریخت زمین شناسی، آتشفشان، عملکرد سیستم رودخانه ای باعث شکل گیری اشکال پری گلاسیری و رودخانه ای را محیا ساخته است.
	دینامیک حاکمیت فرایند پریگلاسیری به نسبت کمتر به دوره سرد کواترنری، فرایند رودخانه ای
	سن شکل گیری سیستم رودخانه ای و حوضه ابریز در دوره پلیوسن بوده ولی پدیده پری گلاسیری مربوط دوره کواترنری به ویژه هولوسن می باشد
	وابستگی اصلی به حاکمیت سیستم پری گلاسیر در حوضه آبریز بولاغلار، تغییرات اقلیمی

جنبه های کاربردی	وابستگی فرعی به	لیتولوژی
	حیطه مطالعاتی	فرایندهای ژئومورفولوژی، دینامیک رودخانه، نحوه ایجاد فرسایش و لندفرم های موجود
	کشاورزی	دامپروری و کشت گیاهان زراعی در نواحی مجاور منطقه، باغات
	دسترسی	دسترسی از طریق جاده آسفالت
	سطح جذابیت	زیاد. دارای مناظر زیبا و آب و هوای سالم، چشمه های پر آب و قابلیت درمانی، خاک مرغوب و حاصل خیز و همچنین برای محققین کلکسیونری از اشکال ژئومورفولوژیکی، زمین ساختی، شواهدی از تغییرات اقلیمی را در اختیار دارد.
	وضعیت حفاظت	متوسط وضعیت حفاظتی بطور کامل اجرا نشده، البته جز مناطق شاخص از لحاظ ژئوتوریستی بحساب می آید.
	کاربری فعلی	مرتع، پارک جنگلی، مراکز پرورش ماهی
	ارتباطات	مسافرکش های محلی
	زیرساخت ها	فاقد زیر ساخت اما در فاصله ۵ کیلومتری منطقه در شهر نیر مراکز اقامتی و زیر ساختی خوبی دارد
	برخوردها	شاهد دست کاری انسان برای ایجاد مزارع و باغات
	وضعیت قانونی	حفاظت نشده

جدول: ۳ - کارت شناسایی مکان ژئومورفولوژیکی سقزچی

کارت شناسایی مکان ژئومورفولوژیکی		
شناسه	شاخص ها	
موقعیت	نام محلی: سقزچی	
	موقعیت نسبی: در فاصله ۴۰ کیلومتری اردبیل و ۵ کیلومتری شهرستان نیر مختصات جغرافیایی: ۳۸ درجه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۱ دقیقه طول شرقی ارتفاع: ۲۳۵۰ تا ۲۱۰۰ متر	
ژئومورفولوژی	پدیده ها	چشمه های ابگرم طبیعی، رودخانه های دائمی
	نحوه پیدایش	انحلال، تکتونیک، نفوذ پذیری
	توصیف شکل، ساختار مورفولوژیکی، فرسایش	چشمه های سقزچی در نتیجه ذوب برف ها از دامنه شمالی توده کوهستانی سبلان حاصل میشود، توده های تراورتنی و آب گرم طبیعی حاصل فعالیت آتشفشانی سبلان می باشد که سر شار از مواد معدنی غنی شده و برای درمان بیماران کلیوی بسیار مفید می باشد. شواهد تغییرات اقلیمی
	دینامیک	آب های جاری، تکتونیک،
	سن	شکل گیری آن در دوره پلیوسن بوده ولی پدیده پری گلاسیری مربوط دوره کواترنری به ویژه هولوسن می باشد

سیستم پریگلاسر، تکتونیک، اقلیم، دخالت انسان، لیتولوژی	وابستگی اصلی به	
تغییرات اقلیمی، توسعه گردشگری مخصوصا گروهی، میزان و نوع بارش سالانه، دخالت انسان	وابستگی فرعی به	
فرایندهای ژئومورفولوژی، ژئوتوریسم، بررسی و تحلیل توان انحلال پذیری لند فرم منطقه، بررسی نقش سازندها در ایجاد لند فرم	حیطه مطالعاتی	
کشاورزی، دامپروری، مرتع، کشاورزی آبی و دیم، پرورش ماهی	کشاورزی	جنبه های کاربردی
دسترسی از طریق جاده آسفالته	دسترسی	
زیاد، مناظر بدیع، چشمه های پر آب و آبگرم های آب درمانی،	سطح جذابیت	
وضعیت حفاظتی از طرف مسئولین اجرا نشده، البته جز مناطق شاخص از لحاظ ژئوتوریستی بحساب می آید.	وضعیت حفاظت	
گردشگری، تفریحی، آب درمانی	کاربری فعلی	
مسافرخش های محلی	ارتباطات	
امکانات رفاهی بسیار کم	زیرساخت ها	
آلوده کردن آب چشمه ها با انواع مواد شیمیائی، هدایت آب چشمه ها به کانالها و جلوگیری از پخش آن	برخوردها	
حفاظت نشده	وضعیت قانونی	

جدول: ۴- کارت شناسایی مکان ژئومورفولوژیکی قلعه بونی یوغون

کارت شناسایی مکان ژئومورفولوژیکی		
شاخص ها	شناسه	موقعیت
نام محلی: قلعه بونی یوغون موقعیت نسبی: ۱۲ کیلومتر شهرستان نیر مختصات جغرافیایی: ۴۸ درجه و ۳ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۵۷ دقیقه عرض شمالی ارتفاع: ۱۹۰۰ متر		
پدیده ها	سستیغ های تند، پرتگاه، دامنه های محدب و پرشیب، همچنین دشت های میان کوهی وسیع	ژئومورفولوژی
نحوه پیدایش	انحلال، تکتونیک، فرسایش	
توصیف شکل، ساختار مورفولوژیکی، فرسایش	فرسایش در این منطقه عمدتا آبی و مکانیکی بوده و در برخی مناطق بادگیر فرسایش شدید بادی نیز مشهود می باشد که بعضا شاهد مناظر زیبا و بی نظیر در اثر این نوع فرسایش می باشیم.	
	۴- در پرتگاه های دامنه ای ذوب و یخبندان در سیستم تخریب مکانیکی در شکاف های عمودی موجود در این سنگها باعث گسترش این درزها و شکافها شده و محل مناسبی برای	

جریان آبهای سطحی فراهم آمده است. با تمرکز جریانهای سطحی در این دامنه ها اشکال کله قندی پدید آمده که نمونه هایی از آنها در دامنه ها مشهود می باشد.		
۵- وجود تافونی های کوچک تا بزرگ در صخره های مخروطی شکل که حاصل فرسایش شدید بادی می باشد.		
عمده دینامیک در پدیده های ژئومورفولوژیکی در حال حاضر بیرونی و با غلبه فرسایش آبی است.	دینامیک	
سن تشکیلات زمین شناختی قلعه بونی یوغون مربوط به ۴۵۰۰ هزار سال پیش ازدوران مفرغ تا عصر اشکانی و دوران اسلامی برآورد شده است	سن	
فعایت های تکتونیکی، اقلیم، دخالت انسان	وابستگی اصلی به	
دینامیک بیرونی، فرسایش	وابستگی فرعی به	
فرایندهای ژئومورفولوژی، معرفی پدیده های اکوتوریستی و باستان شناسی، بررسی روند فرسایش در منطقه و نقش آن در تخریب آثار باستانی و تحلیل و ارزیابی قدرت روندهای فرسایش مکانیکی و شیمیایی در منطقه و نقش آن در تخریب و یا تکامل اشکال منطقه	حیطه مطالعاتی	
مزارع و باغداری، زنبور داری	کشاورزی	جنبه های کاربردی
دسترسی از طریق جاده آسفالته	دسترسی	
بسیارزیاد ، زیبایی منطقه به خاطر وجود فرایندهای مختلف فرسایشی، سالانه هزاران گردشگر برای بازدید به این منطقه مراجعه می کنند. ،	سطح جذابیت	
بسیار ضعیف هنوز هیچ اقدامی از طرف مسئولین اجرا نشده، البته جز مناطق شاخص از لحاظ توریستی بحساب می آید.	وضعیت حفاظت	
تاریخی و باستان شناسی و اکوتوریسم	کاربری فعلی	
مسافرکش های محلی	ارتباطات	
فاقد هر گونه امکانات زیر ساختی ، رفاهی و اقامتی است ولی در فاصله ۱۲ کیلومتری منطقه مورد مطالعه شهرستان نیر دارای امکانات زیر ساختی و اقامتی است.	زیرساخت ها	
الوده کردن منطقه با ریختن زباله و اقدام به حفاری های غیر مجاز	برخوردها	
حفاظت نشده	وضعیت قانونی	

نتایج

با استفاده از مشاهدات میدانی و به کمک نتایج حاصل از نظرات کارشناسان، به هر یک از معیار ها امتیازی داده شد. امتیازات حاصل از ارزیابی عیار گردشگری و عیار بهره وری این مناطق در جدول ۵ مشاهده می شود. با این مقایسه می توان به میزان توانمندی ها و پتانسیل های هر یک از مکان ها پی برد. در نتیجه مدیران و برنامه ریزان گردشگری و مسئولین مرتبط می توانند برنامه و طرح هایی را در منطقه خود جهت توسعه هر چه بهتر گردشگری اجرا نمایند.

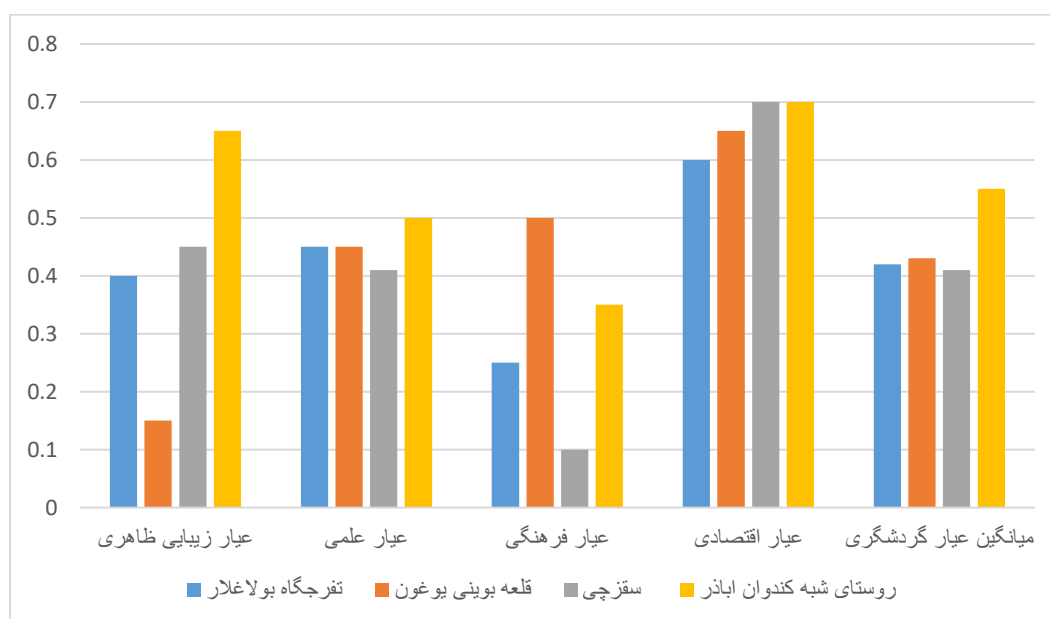
جدول ۵- خلاصه آمار ارزیابی عیار گردشگری و عیار بهره‌وری به روش پراولنگ برای مکان‌های ژئومورفیکی محدوده مورد مطالعه

ارزش‌ها	لند فرم های ژئومورفولوژیکی	تفرجگاه بولاغلار	قلعه بونی یوغون	روستای سقزچی	روستای شبه کندوان آبادر
ارزش زیبایی ظاهری	۰/۴۰	۰/۱۵	۰/۴۵	۰/۶۵	
ارزش علمی	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۱	۰/۵۰	
ارزش تاریخی- فرهنگی	۰/۲۵	۰/۵۰	۰/۱	۰/۳۵	
ارزش اقتصادی	۰/۶۰	۰/۶۵	۰/۷۰	۰/۷۰	
میانگین ارزش گردشگری	۰/۴۲	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۵۵	
ارزش میزان بهره‌وری	۰/۵۶	۰/۳۱	۰/۲۵	۰/۳۷	
ارزش کیفیت بهره‌وری	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۱۲	۰/۳۱	
میانگین عیار بهره‌وری	۰/۴۰	۰/۲۸	۰/۱۸	۰/۳۴	

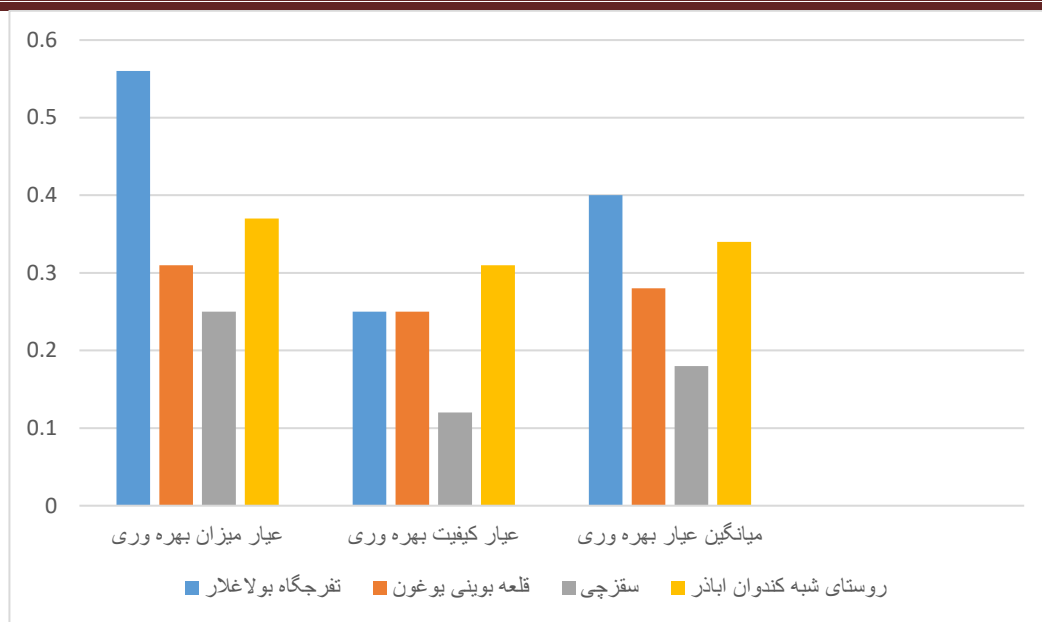
بحث و نتیجه‌گیری

ژئوتوریسم راهکاری جدید برای تبیین و تشریح علوم زمین و شناخت سرمایه‌های طبیعی هر منطقه می‌باشد که همه ساله علاقمندان و محققین ژئوتوریسمی را به مناطق دارای جاذبه‌ی زمین‌شناسی جذب می‌کند که علاوه بر ساخت منابع زمین‌شناسی اقتصادی و کانسارها، راه را برای توسعه‌ی اقتصادی، اجتماعی و... منطقه هموار می‌کند. در این پژوهش چهار ژئوسایت در حوضه نیر چای شناسایی و توانمندی گردشگری آن‌ها در قالب مدل پراولنگ مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از ارزیابی نهایی نشان می‌دهد که روستای شبه کندوان آبادر به علت دارا بودن عیار بالای زیبایی ظاهری و عیار اقتصادی و همچنین میانگین عیار گردشگری (۰/۵۵) را به خود اختصاص داده و دارای بیشترین میزان قابلیت و توانمندی ژئوتوریستی می‌باشد و سقزچی (۰/۴۱) از نظر میانگین عیار گردشگری، کمترین عیار گردشگری در بین مکان‌های ژئومورفولوژیکی در منطقه مورد مطالعه را دارند. از مقایسه عیار زیبایی ظاهری، عیار علمی، فرهنگی، اقتصادی می‌توان نتیجه گرفت که در بین مکان‌های محدوده مورد مطالعه، عیار اقتصادی نسبت به عیارهای دیگر بالاتر است و بعد از عیار اقتصادی، عیار زیبایی ظاهری، عیار علمی و فرهنگی به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار دارند. که عیار فرهنگی کمترین میزان را در بین عیارهای گردشگری دارد. و موضوع دیگر که در این مدل (پراولنگ) مورد نظر است عیار بهره‌وری مکان‌ها بوده است که تفرجگاه بولاغلار بیشترین امتیاز (۰/۴۰) بر خوردار است و سقزچی (۰/۱۸) کمترین امتیاز عیار بهره‌وری را دارا است. عدم وجود امکانات رفاهی، بهداشتی و خدماتی کافی

در تمام نقاط مذکور، کم توجهی مسئولین، عدم زیرساخت ها و معرفی نشدن مکان های ژئوتوریستی از جمله مسائلی است که باعث عدم توسعه گردشگری پایدار لندفرم های ژئومورفولوژیکی در حوضه مورد مطالعه شده است. شکل های شماره (۵-۶) به طور مقایسه ای عیارهای گردشگری و میانگین عیار گردشگری و عیار بهره وری و میانگین عیار بهره وری مکان های ژئومورفولوژیکی محدوده مورد مطالعه را نشان می دهد. و بر اساس شکل شماره (۷) در محاسبه عیار اقتصادی روستای شبه کندوان ابادر و سقزچی از بالاترین میزان (۰/۷۰) بر خوردار است و تفرجگاه بولاغلار کمترین میزان (۰/۶۰) را دارد و طبق مقایسه عیار زیبایی ظاهری روستای شبه کندوان ابادر بالاترین میزان (۰/۶۵) و قلعه بونی یوغون کمترین میزان (۰/۱۵) را دارد و بر اساس مقایسه عیار علمی بالاترین میزان را روستای شبه کندوان ابادر (۰/۵۰) و کمترین میزان را سقزچی (۰/۴۱) به خود اختصاص داده است و براساس مقایسه عیار فرهنگی بالاترین میزان را قلعه بونی یوغون (۰/۵۰) و کمترین میزان را سقزچی (۰/۱) به خود اختصاص داده است. بنابراین از مقایسه نتایج میانگین عیار گردشگری به این نتیجه می رسیم که روستای شبه کندوان ابادر بالاترین میزان عیار (۰/۵۵) و به ترتیب قلعه بونی یوغون (۰/۴۳)، تفرجگاه بولاغلار (۰/۴۲) و منطقه سقزچی (۰/۴۱) در رتبه های بعدی قرار دارند. و براساس شکل شماره (۸) در مقایسه عیار کیفیت بهره وری بالاترین میزان مربوط به روستای شبه کندوان ابادر (۰/۳۱) و کمترین میزان مربوط به سقزچی (۰/۱۲) است. و در مقایسه عیار میزان بهره وری بالاترین میزان را تفرجگاه بولاغلار با میزان (۰/۵۶) و کمترین میزان را سقزچی با میزان (۰/۲۵) داراست بنابراین مقایسه میانگین عیار بهره وری نشان دهنده این است که تفرجگاه بولاغلار بالاترین عیار بهره وری (۰/۴۰) و سقزچی کمترین میزان بهره وری (۰/۱۸) را دارد.



شکل شماره (۵) نمودار مقایسه ای عیارهای گردشگری و میانگین عیار گردشگری مکان های ژئومورفولوژیکی



شکل شماره (۶) نمودار مقایسه ای عیار بهره وری و کیفیت بهره وری و میانگین عیار بهره وری مکان های ژئومورفولوژیکی

مراجع

- ۱- اصغری سراسکانرود، ص. تقی لوع و زینالی، ب. ارزیابی تطبیقی توان گردشگری منطقه ای با تاکید بر ژئوتوریسم (مطالعه موردی: هفت چشمه نرده، دره قاسملو و بند ارومیه). فصلنامه برنامه ریزی منطقه ای، ۵ (۱۷): ۱۳۹۴، ۱۶۳-۱۷۸
- ۲- امیدزاده، ه و دیگران. ارزیابی توانمندی های و اولویت های ژئومورفوتوریستی استان لرستان، فصلنامه پژوهش های بوم شناسی شهری. دوره پنجم. شماره ۱، ۱۳۹۴.
- ۳- سلمانی، م، فرجی، ح، ناظمی، م و اروجی، ح. ارزیابی توانمندی ها و کاربری های ژئومورفوسایت ها (مطالعه موردی: ژئومورفوسایت های شهرستان طبس). فصلنامه پژوهشهای جغرافیای انسانی، ۴۷ (۱): ۱۳۹۴، ۱۷۷-۱۹۲.
- ۴- سیاوش، ش، محمد زارع، غ. ارزیابی توانمندی ژئومورفو توریستی لندفرم ها بر اساس پراونگ مطالعه موردی: شهرستان داراب، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک زمستان، شماره دوم، ۱۳۹۰.
- ۵- عابدینی، م، ابراهیم پور، ح، سلطان یلمه، ا. ارزیابی توانمندیهای ژئوتوریستی مکانهای ژئومورفولوژیکی شهرستان رامیان با استفاده از مدل پراونگ، همایش ملی تغییرات اقلیم و مهندسی توسعه پایدار کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۹-۱۳۹۲، ۱.

۵- فردوسیان، س، صالحی، ب و فتح الهی، سجاد. شناسایی و ارزیابی اکو توریستی مکان های ژئومورفو توریستی شهرستان دره شهر بر اساس روش پرالونگ، اولین همایش ملی مدیریت گردشگری، طبیعت گردی و جغرافیا، همدان: دانشکده شهید مفید. ۱۳۹۲.

۶- قنواتی، ع و رعیتی، م. ارزیابی قابلیت های ژئومورفوسایت های گردشگری (مطالعه موردی: شهرستان تفت). مجله برنامه ریزی و توسعه گردشگری، ۴(۱۴): ۲۱۲-۱۹۳. ۱۳۹۴.

۷- مختاری، د. ارزیابی توانمندی اکو توریستی مکان های ژئومورفیکی حوضه ی آبریز آسیاب خرابه در شمال غرب ایران به روش پر لونگ، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۸، ۱۳۸۸.

۸- سبحانی، ب. تجزیه و تحلیل قابلیت رسوبدهی حوضه آبخیز آق لاقان چای با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، پایان نامه کارشناسی ارشد سنجش از دور، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۴.

۹- اسماعیلی بوسجین، ل، بررسی و بهینه بندی خطر زمین لغزش در حوضه نیر چای با مدل anp پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم اجتماعی، صفحه ۶۹-۵۶، بایز ۱۳۹۹.

9-pralong,j.p.(2005)A method for assessing the tourism potential and use of geomorphologicalsites.G geomorphologie.Relief processus environment .p:189-196.

10 -Law,Ch,(2002), Urban ourism, continue, 231-234 .

11-Reynard, E. (2008), "Scientific research and tourist promotion of geomorphologicalheritage", George, Fis. Dinam. Quat, Vol. 31.

12--Newsome, D & Dowling, R. K (2006); "Geotourism: sustainability, impacts andmanagement", Elsevier, Oxford, PP: 3-25.

13- Panniza , Piacent ,(1993). "Geomorphological Assets Evaluation- In Zeitschrift furGeomorphologie" N.F. Suppl Bd 87:13-18.

14-Cartner, W (2002). «Tourism Development».VNB.

ارزیابی توانمندی‌های ژئوتوریستی شهرستان مشگین‌شهر با استفاده از مدل پرالونگ Evaluating the Geotourism Capabilities of Meshginshahr Using the Pralong Model

^۱ موسی عابدینی، ^۲ مهسا احداوغلی، ^۳ امیرحسام پاسبان

^۱ استاد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی abedini@uma.ac.ir

^۲ دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی

^۳ دانشجوی دکتری، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی A.hesam773@gmail.com

چکیده

از آن جایی که مناطق جغرافیایی هر کدام ویژگی‌های خاص خود را دارند جاذبه‌های طبیعی نیز به طبیعت از آن‌ها شکل می‌گیرند و به همین دلیل حوزه‌های فعالیت جهانگردی با حوزه‌های دیگر فرق می‌کند که مناطق کوهستانی، ییلاقی، چشمه‌های آب معدنی و گرم، و ... جاذبه‌هایی هستند که در جلب توجه توریست حائز اهمیت هستند. بنابراین هدف از این پژوهش ارزیابی توانمندی‌های ژئوتوریستی شهرستان مشگین‌شهر با استفاده از مدل پرالونگ می‌باشد. پژوهش حاضر از نوع توصیفی-تحلیلی بوده و بر پایه منابع کتابخانه‌ای و میدانی انجام شد. جهت ارزیابی جامع و بهتر توانمندی‌های ژئوتوریستی شهرستان مورد مطالعه از مدل پرالونگ که جنبه‌های زیبایی‌شناختی، علمی، تاریخی-فرهنگی و اقتصادی-اجتماعی مکان‌های گردشگری زمین‌شناختی را شامل می‌شود، استفاده گردید. نتایج نشان داد از بین ۴ ژئوسایت منتخب شهرستان مشگین‌شهر شامل دره خیاو، دره شیروان، دره انار و یخچال‌های سبلان، ژئوسایت دره خیاو با داشتن ارزش گردشگری ۰/۷۲، رتبه نخست به لحاظ قابلیت ژئوتوریستی را کسب نمود. ژئوسایت‌های دره انار، دره شیروان و یخچال‌های سبلان به ترتیب با ارزش گردشگری ۰/۶۳، ۰/۵۴ و ۰/۴۶، رتبه‌های بعدی را به خود اختصاص دادند. همچنین نتایج مقایسه مقادیر معیارهای چهارگانه ارزش گردشگری در چهار ژئوسایت منتخب نشان داد که بیش‌ترین تباین و تفاوت بین ژئوسایت‌ها به خاطر ارزش فرهنگی-تاریخی بود. در مقابل تفاوت کمی به لحاظ ارزش علمی بین ژئوسایت‌ها مشاهده شد همچنین نتایج پژوهش حاکی از توان خوب مدل پرالونگ در ارزیابی و معرفی توانمندی‌های ژئوتوریستی مقاصد گردشگری بود، هر چند که این مدل نیازمند دامنه وسیعی از داده‌ها و اطلاعات از مکان‌های ژئوتوریستی است.

کلمات کلیدی: گردشگری، ژئوتوریسم، پرالونگ، مشگین‌شهر.

۱. مقدمه

گردشگری یکی از بخش‌های اقتصادی رو به رشد است که بسیاری از کشورها به دنبال بهره‌گیری مستمر از عواید آن هستند. هرچه اقتصاد کشوری برای توسعه خود بیشتر به گردشگری وابسته باشد تلاش بیشتری برای بهبود رقابت‌پذیری مقاصد خود بروز می‌دهد. به همین دلیل است که در روندهای اخیر در صنعت گردشگری و توریسم رقابت‌پذیری در راس سیاست‌های گردشگری قرار دارد و به یکی از نکات اصلی مورد توجه در خط‌مشی‌گذاری گردشگری تبدیل شده است (خان‌زاده و همکاران، ۱۴۰۰). امروزه یکی از راه‌های درآمدزایی کشورها محسوب می‌شود که ارزش افزوده بالایی دارد به عبارتی به قدری در توسعه اقتصادی و اجتماعی کشورها اهمیت دارد که اقتصاددانان آن را صادرات نامرئی نام نهادند (هشجین و کلوانی، ۱۳۹۰). در حال حاضر توریسم به یک واقعیت مهم اجتماعی تبدیل شده و گردشگری پاسخی است به نیاز فطرت جستجوگر انسان و همچنین آشنایی با فرهنگ ملت‌ها و لذت بردن از مواهب خدا داده سرزمین‌ها و گریز از زندگی پرهیاهوی شهری می‌باشد (شارپلی، ۱۳۸۰). در حال حاضر گردشگری به عنوان یکی از بزرگ‌ترین و متنوع‌ترین صنایع دنیا مطرح است. رشد شتابان گردشگری، موجبات دگرگونی‌های اجتماعی اقتصادی و محیطی را فراهم ساخته و از همین رو به یک حوزه مطالعاتی مهم در میان محققین و کارشناسان امر تبدیل گردیده است (تقوی، ۱۳۸۸). به دنبال توسعه صنعت گردشگری و اهمیت اقتصادی آن رقابت گترده‌ای بین کشورهای مختلف پیش آمده و هر کشوری می‌کوشد تا در این بازار رقابتی از دیگران پیشی گرفته و با شناساندن جاذبه‌های توریستی خویش به دنیا، گردشگران بین‌المللی را جذب نماید. در داخل نیز با جابه‌جایی گردشگری داخلی، امکان انتقال ثروت را از یک منطقه به منطقه دیگر به منظور متعادل‌سازی نواحی مختلف کشور فراهم بیاورد (عقیقی و قنبری، ۱۳۸۸). در بین انواع گردشگری، زمین‌گردشگری یا همان ژئوتوریسم به ظهور رسیده که در قرن حاضر مورد توجه خاصی است. زمین‌گردشگری پیوندی است بین انسان، زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی که به قابلیت‌های میراث زمین‌شناسی و ژئومورفولوژیک از بعد اقتصادی می‌نگرد. برقراری تعادل اقتصادی نقاط گوناگون، حفاظت از میراث طبیعی، جلوگیری از تخریب محیط، فراهم‌سازی فرصت‌های شغلی و تقویت ارزش‌های معنوی و فرهنگی جامعه میزبان از جمله مزیت‌های این نوع گردشگری است (تولایی، ۱۳۸۵). کشور ایران به دلیل اقلیم‌های مختلف و تنوع زمین-شناختی از قابلیت و توان بالایی در زمینه گردشگری زمین‌شناختی برخوردار می‌باشد. زمین‌گردشگری در ایران به دلیل استفاده از طبیعت بی‌جان، لندفرم‌ها، درک مواهب طبیعی به صورت قابلیت‌های زمین‌شناسی مناطق و علاوه بر درآمدزایی مستقیم و غیرمستقیم به دلیل جذب گردشگر، در ایجاد اشتغال بین دانش‌آموخته‌ها و ساکنین مناطق بسیار نقش‌آفرین بوده است. چشم‌اندازها و مکان‌های خاص ژئومورفولوژیکی به خودی خود و یا در ترکیب با موارث فرهنگی، تاریخی و اکولوژیکی توان‌های بالقوه‌ای را برای گردشگری پایدار، آموزش و درک از چشم‌اندازها عرضه می‌نمایند. از

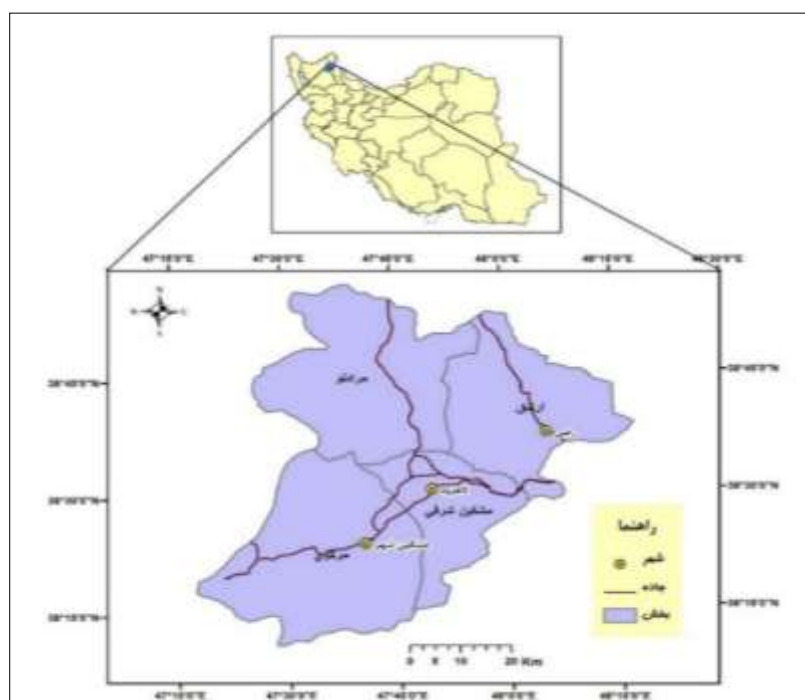
این رو بررسی در این زمینه ضرورتی است که در طرح های جامع کشوری جای آن خالی است (ثروتی و قاسمی، ۱۳۸۷). زمین گردشگری فرم پایداری از گردشگری محسوب می شود که کانون توجه عمده اش بر تجربه و ادراک طبیعت و یادگیری در بطن آن بوده و بر اساس توسعه پایدار و همه نگر مشخص می شود. مدیریت آن به صورتی است که نتایج منفی حاصل از آن کم، منافع آن برای جوامع محلی، زیاد و زمینه رفاه آن ها را فراهم می سازد. در این راستا مهم ترین تاثیر آن برای مردم محلی همانا کمک به یادگیری درباره آن چه در آن مکان وجود دارد، است. فهمیدن و ادراک ویژگی ها جاذبه های یک مکان باعث می گردد تا محافظت بهتری از آن شود (اسدی و محمودی، ۱۳۸۸). همان گونه که پیش تر بدان اشاره شد اهمیت روزافزون اقتصادی - اجتماعی صنعت طبیعت گردی باعث شده تا مراکز و سازمان های مختلف علمی و غیر علمی در سرتاسر دنیا بخش عمده ای را به تحقیق و تفحص در باب شناخت ژئوتوریسم و پدیده های زمین شناسی جاذب گردشگران اختصاص دهند برای مثال، فتوحی و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از روش پراونگ به ارزیابی توانمندی های ژئومورفوتوریسم در منطقه نمونه بیستون کرمانشاه پرداختند. جهت ارزیابی لندفرم ها از نقشه های زمین شناسی، توپوگرافی و داده های میدانی بهره جسته شد. نتایج تحقیق نشان داد که لندفرم کوه بیستون به علت وجود آثار تاریخی و باستان شناسی، پدیده های ژئومورفیک و وجود زمین منظرهای زیبای طبیعی دارای بالاترین ارزش ژئومورفوتوریستی بود. مرادی و همکاران (۱۳۹۳)، در تحلیل میزان قابلیت های گردشگری ژئومورفوسایت های کامیاران با استفاده از روش پراونگ به این نتیجه دست یافتند که از نظر میانگین ارزش بهره وری و گردشگری، دریاچه سد گاوشان و منطقه پلنگان، از بیشترین توان برخوردار بود. ایشان پتانسیل های خوب و ارزشمند گردشگری زمین شناختی شهرستان مورد مطالعه را به لحاظ یادگیری علوم زمین و ویژگی های زیبایی شناختی، تاریخی، و فرهنگی مهم قلمداد نمودند. عابدینی و همکاران (۱۴۰۱)، به منظور بررسی تحلیل توان رقابت پذیری استان اردبیل با استفاده از مدل پائولوا و مدل دینامیکی (مطالعه موردی: گرمی، پارس آباد، مشگین شهر) پرداختند. نتایج آن ها نشان داد که توان ژئوتوریستی مناطق گرمی برابر ۳۰/۴، پارس آباد برابر ۳۷/۴۴، و مشگین شهر ۵۷/۵۵ می باشد که توان ژئوتوریستی گرمی و پارس آباد متوسط و تفاوت زیادی با همدیگر ندارند ولی منطقه مشگین شهر دارای توان ژئوتوریستی خوبی است. هم چنین برای ارزیابی رقابت پذیری مناطق مورد مطالعه نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل عوامل مثبت و منفی نشان دهنده این است که نتایج نهایی ارزش عددی مناطق گرمی برابر ۱/۱۴، پارس آباد برابر ۱/۱۸ می باشند که دارای رقابت پذیری رضایت بخش و منطقه ژئوتوریستی مشگین با مقدار ۱/۴۱ دارای رقابت پذیری خوب و مناسبی می باشد. Pralong (۲۰۰۵)، روشی ویژه ای جهت ارزیابی قابلیت های گردشگری ژئومورفیک در مناطق از کشورهای فرانسه و سوییس ابداع نمود. وی برای تعیین عیار گردشگری از چهار معیار: زیبایی ظاهری، علمی، فرهنگی - تاریخی و اجتماعی - اقتصادی بهره جست. در این راستا، به معرفی عیار بهره وری پرداخته شد که شامل دو جزء بود: میزان

بهره‌وری مبنی بر میزان استفاده فضایی و زمانی از مکان ژئومورفولوژی، و کیفیت بهره‌وری بر مبنای چگونگی استفاده از چهار معیار گردشگری مکان ژئومورفولوژیک. Zgtobicki et al (۲۰۱۵)، به بررسی جنبه‌های آموزشی ژئوتوریسم در خصوص مخاطره فرسایش خندقی در کشور لهستان پرداختند. ایشان از طریق ۳۰۰ پرسشنامه که در اختیار دانشجویان و گردشگران قرار دادند، با اذعان به محدود بودن دانش ژئومورفولوژی شرکت‌کنندگان در مورد پدیده مزبور، بر لزوم ارزیابی پتانسیل‌های ژئوتوریستی سایت‌های فرسایش خندقی و ترویج مسائل آموزشی از طریق ایجاد ژئوپارک ویژه تاکید نمودند. Herrera et al (۲۰۱۸)، پتانسیل‌های ژئوتوریستی استان سانتا النا^{۳۴} کشور اکوادور را در قالب طرح ژئوپارک مورد بررسی قرار دادند. در این راستا ارزیابی ژئوسایت‌ها و سایت‌های صنعتی از طریق بررسی مشخصات زمین‌شناسی و تهیه نقشه‌های موضوعی، کمی کردن ارزش ژئوسایت‌ها و همچنین تشخیص نقاط ضعف و قوت آن‌ها انجام گرفت. نتایج ارزیابی‌ها به انتخاب ۶ سایت مناسب از میان ۴۵ سایت زمین‌شناسی و ارائه راهبردهای تسهیل‌ساز برای میراث متنوع زمین در ارتباط با فعالیت‌های گردشگری حاضر منتهی شد. در یک جمع‌بندی از مطالعات فوق می‌توان گفت که توجه به تمامی جنبه‌های ارزشی مکان‌های گردشگری زمین‌شناختی به نتایج قابل قبول و کاربردی انجامیده است. این دیدگاه سیستمی هم ویژگی‌های طبیعی و هم انسانی را دربرداشته است تا گردشگری متوازن در "ارتباط انسان با طبیعت" رعایت شده و تا حد امکان از بروز مخاطرات زیست‌محیطی جلوگیری شود. در این راستا سنجش وضعیت مورفودینامیک محیط جهت برپایی یک گردشگری سالم و پایدار در بیش‌تر مطالعات خارج از کشور دیده می‌شود. همچنین به لحاظ روش‌شناختی، روش ارزیابی ارائه شده توسط پرالونگ ضمن رعایت رویکرد جامع به ارزش‌های گردشگری مورد توجه بوده و سایر روش‌ها نیز به نوعی جنبه‌های مختلف این روش را به کار بسته‌اند. شهرستان مشگین‌شهر به دلیل داشتن تنوع مورفوکلیمایی و زمین‌شناسی و به تبع آن زیستی از قابلیت‌های گردشگری بالایی برخوردار است. این شهرستان دومین قطب استان اردبیل به جهت داشتن آب‌گرم طبیعی بوده و وجود رودها و چشمه‌های متعدد، دره‌های دیدنی و تنگ، آبشارها، رخساره‌های ژئومورفیک گوناگون و آثار یخچالی کواترنری نوید توسعه گردشگری زمین‌شناسی را در سطح ملی و حتی فراملی می‌دهد. با این حال یکی از موانع اصلی بر سر راه توسعه زمین گردشگری در این شهرستان، ناشناخته ماندن امکانات بالقوه و جاذبه‌های گردشگری زمین‌شناختی است که از طریق شناخت این پتانسیل‌ها می‌توان به سوی توسعه زمین گردشگری و رونق اقتصادی منطقه حرکت نمود. این پژوهش قصد دارد تا با بررسی جاذبه‌های ژئوتوریستی شهرستان و مقایسه آن‌ها با یکدیگر، گامی در جهت شناسایی مقدماتی این جاذبه‌ها و انتخاب باارزش‌ترین آن‌ها به جهت توسعه گردشگری زمین‌شناختی برداشته باشد.

۲. مواد و روش ها

۲-۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

شهرستان مشگین شهر یکی از شهرستان های استان اردبیل در شمال غرب ایران می باشد که با وسعت ۳۸۷۰ کیلومترمربع در عرض های جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۱ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۵۷ دقیقه و طول های جغرافیایی ۴۷ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی واقع گردیده است (شکل ۱).



شکل ۱ - موقعیت جغرافیایی شهرستان مشگین شهر (منبع: نگارنده)

این شهرستان از شمال با مغان و شهرستان گرمی، از جنوب با شهرستان سراب و از غرب با شهرستان های اهر و هریس و از مشرق با شهرستان اردبیل همسایه است. شهرستان مشگین از ۴ بخش (مرکزی، مرادلو، مشگین شرقی و ارسق)، ۱۲ دهستان و ۴ نقطه شهری (لاهرود، مرادلو، رضی و مشگین شهر) تشکیل یافته است. مهم ترین مرکز جمعیتی شهرستان همان مشگین شهر است که دومین شهر استان اردبیل بعد از مرکز استان می باشد. بر اساس سرشماری عمومی سال ۱۳۹۵ جمعیت شهرستان مشگین حدود ۱۵۰ هزار نفر بوده است که از این تعداد ۶۸۳۰۰ نفر در روستاها و ۸۱۷۰۰ نفر در شهرها ساکن بوده اند. واقع شدن مشگین شهر در دامنه های شمالی سبلان و بهره گیری از هوای مرطوب کوهستان و وجود رودخانه ها و چشمه های متعدد که از این کوهستان سرچشمه گرفته اند، این منطقه را به عنوان یکی از مناطق خوب اکوتوریستی مطرح ساخته است. همچنین وجود منابع آب خوب و مراتع گسترده موجبات

رونق دامداری و زراعت را در این منطقه فراهم ساخته است.

۲-۲- مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع توصیفی-تحلیلی بوده و جهت انجام آن از منابع مختلف کتابخانه‌ای و میدانی استفاده شد. داده‌ها و اطلاعات در دو بخش جمع‌آوری گردید که اولی مربوط به اطلاعات جغرافیایی منطقه و دیگری در ارتباط با ژئوسایت‌های منتخب جهت ارزیابی توان ژئوتوریستی آن‌ها بود. در مطالعات گردشگری به‌ویژه ژئوتوریسم یا گردشگری زمین‌شناختی، داده‌ها و اطلاعات مربوط به خصوصیات فیزیوگرافی و انسانی منطقه، اساسی برای ارزیابی و انتخاب مکان‌های زمین‌شناختی و ژئومورفولوژیک می‌باشد. این شناخت پایه از طریق منابع کتابخانه‌ای اعم از اسناد و گزارشات سازمانی- دانشگاهی (طرح‌های پژوهشی، مقالات، پایان‌نامه‌ها و ...)، اینترنت، نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی، عکس‌های ماهواره‌ای و مدل رقومی ارتفاع (DEM) میسر گردید. در این راستا نقشه‌های مورد نیاز از طریق قابلیت سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) تهیه گردید. اما جهت آگاهی از مکان‌های ژئوتوریستی علاوه بر منابع کتابخانه‌ای مذکور از انجام عملیات میدانی شامل مصاحبه با چند تن از کارشناسان دخیل در امور گردشگری و نیز مردم محلی از یک طرف و بازدید مستقیم از مکان‌های ژئوتوریستی شهرستان بهره گرفته شد. پس از جمع‌بندی داده‌ها و اطلاعات حاصل از منابع مختلف کتابخانه‌ای و میدانی در خصوص ژئوسایت‌های شهرستان مورد مطالعه، تعدادی از مهم‌ترین آن‌ها که از اطلاعات بیش‌تری نیز برخوردار بود، به‌عنوان مکان‌های زمین‌گردشگری شاخص جهت ارزیابی ارزش ژئوتوریستی انتخاب شد. در این بین ژئوسایت‌های دره‌ای به لحاظ تمرکز خطی جاذبه‌های ژئوتوریستی مورد تاکید قرار گرفت. ژئوسایت‌های دره‌ای منتخب عبارت شدند از: ۱- دره خیاو ۲- دره اوناو ۳- دره شیروان در کنار این ژئوسایت‌های دره‌ای، یخچال‌های سبلان نیز به‌دلیل شهرت جهانی و منطقه‌ای به‌عنوان چهارمین ژئوسایت جهت ارزیابی توان ژئوتوریستی منطقه مشگین‌شهر انتخاب گردید.

۲-۳- ارزیابی توان گردشگری ژئوسایت‌ها بر اساس مدل پرالونگ

مدل‌های مختلفی جهت ارزیابی و مقایسه توان ژئوتوریستی مناطق ابداع و توسعه یافته‌اند که مدل پرالونگ یکی از کاراترین و شناخته‌شده‌ترین آن‌هاست. در این مدل ارزش گردشگری مکان‌های منتخب با توجه به معیارهای گوناگون اعم از ارزش زیبایی‌شناسی، ارزش علمی، ارزش تاریخی - فرهنگی، ارزش اقتصادی محاسبه می‌شود. در نهایت، جمع‌بندی رتبه‌بندی این معیارها برای هر یک از ژئوسایت‌های منتخب به معرفی با ارزش‌ترین جاذبه ژئوتوریستی انجامیده و نقاط ضعف و قوت ژئوسایت‌ها معلوم می‌شود.

محاسبه عیار گردشگری یک ژئوسایت بدین صورت است:

معیار گردشگری = (زیبایی ظاهری + علمی + تاریخی - فرهنگی + اجتماعی - اقتصادی)

در این رابطه، تمامی معیارهای گردشگری از وزن برابری برخوردارند. ارزش زیبایی ظاهری یک ژئوسایت وابستگی به جنبه‌های دیدنی و ذاتی آن دارد. سنجش عیار علمی بر پایه معیارهایی مانند کمیابی، موقعیت آموزشی، وجود ارزش جغرافیای دیرینه و ارزش اکولوژی انجام می‌شود. در تعیین عیار فرهنگی بر جنبه‌های هنری و آداب و رسوم فرهنگی مرسوم در ژئوسایت تاکید شده و سرانجام ارزش اقتصادی ژئوسایت مورد مطالعه به بهره‌برداری و کارآفرینی آن در حیطه گردشگری بستگی دارد.

۱- معادله محاسبه ارزش زیبایی ظاهری

امتیاز کل = (امتیاز بند ۵ + امتیاز بند ۴ + امتیاز بند ۳ + امتیاز بند ۲ + امتیاز بند ۱) / ۵، این امتیازها بر اساس جدول (۱) محاسبه می‌شوند. در این فرمول، وزن هیچ یک از جنبه‌های میزان‌های گردشگری نسبت به دیگری زیاد یا کم نیست.

جدول ۱- معیار و مقیاس امتیازدهی در ارزیابی عیار زیبایی ظاهری یک مکان ژئومورفولوژیکی (منبع: مختاری، ۱۳۸۹)

معیار / امتیاز	صفر	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۱
(۱) تعداد نقاط دیدنی	-	۱	۲ تا ۳	۴ تا ۶	بیش از ۶
بند ۱: در این بند تعداد نقاط دیدنی قابل دسترسی با پای پیاده، هر کدام از این نقاط باید دارای جنبه خاصی از زیبایی باشند و فاصله آن‌ها از مکان ژئومورفولوژی مورد نظر بیش از ۱ کیلومتر باشند.					
(۲) متوسط فاصله تا نقاط دیدنی بر حسب متر	-	کمتر از ۵۰	بین ۵۰ تا ۲۰۰	بین ۲۰۰ تا ۵۰۰	بیش از ۵۰۰
بند ۲ عبارت است از: مجموع کوتاه‌ترین فواصل بین هر یک از نقاط دیدنی و مکان ژئومورفولوژیک تقسیم بر تعداد نقاط دیدنی مورد نظر بند ۱					
(۳) مساحت	-	کوچک	متوسط	بزرگ	بسیار بزرگ
بند ۳: مساحت کل مکان مد نظر است. برای هر یک از انواع مکان‌ها یک مقیاس کمی بر حسب کیلومتر در نظر گرفته می‌شود که بزرگی و کوچکی آن در رابطه با دیگر مکان‌های شناسایی شده در محدوده مورد مطالعه تعیین می‌شود.					
(۴) ارتفاع	صفر	کم	متوسط	بلند	بسیار بلند
بند ۴: ارتفاع کل مکان، مورد نظر است. برای هر یک از انواع مکان‌ها یک مقیاس کمی بر حسب ارتفاع در رابطه با دیگر مکان‌ها شناسایی شده در محدوده مورد مطالعه تعیین می‌شود.					
(۵) تباین رنگ‌ها با محیط اطراف	رنگ‌های مشابه	-	رنگ‌های	-	رنگ‌های متضاد

		گوناگون			
بند ۵: تباین رنگی مکان و محیط مستقیم آن را مورد توجه قرار می دهد. یک رنگ مخصوص شامل همه سایه رنگ های بی شمار آن نیز هست.					

۲- محاسبه ارزش علمی

امتیاز کل = (امتیاز بند ۶ + امتیاز بند ۵ + (امتیاز بند ۴) × ۰/۵) + (امتیاز بند ۳) + امتیاز بند ۲ + امتیاز بند ۱) / ۵. این امتیازها بر اساس جدول (۲) محاسبه می شوند.

جدول ۲- معیار و مقیاس امتیازدهی در ارزیابی عیار علمی یک مکان ژئومورفولوژیکی (منبع: مختاری، ۱۳۸۹)

معیار/ امتیاز	صفر	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۱
(۱) جذابیت از نظر جغرافیای دیرینه	-	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
بند ۱: این شاخص با اقلیت های مکان ژئومورفولوژیک در بازسازی مورفوکلیمایی مکان سنجیده می شود. جذابیت مکان های ژئومورفولوژیکی که ارزش تاریخی دارند بیش تر است.					
(۲) ویژگی تجسمی	صفر	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
بند ۲: عبارت است از ویژگی های آموزشی مکان ژئومورفولوژیکی در آشنا نمودن عموم مردم با دانش ژئومورفولوژی					
(۳) مساحت (نسبت به کل)	-	کم تر از ۲۵	بین ۲۵ تا ۵۰	بین ۵۰ تا ۹۰	بیش از ۹۰
بند ۳: این امتیاز به صورت نسبی از مساحت مکان ژئومورفولوژیکی در مورد ظر بر مساحت کل ناحیه دارای مکان مشابه منطقه مورد مطالعه و به درصد بیان می شود.					
(۴) کم یابی	بیش از ۷	بین ۵ تا ۷	بین ۳ تا ۴	بین ۱ تا ۲	بی نظیر
بند ۴: این شاخص به صورت تعداد مکان های مشابه موجود در منطقه تعریف می شود. یک مکان ژئومورفولوژیک بی نظیر می تواند نمونه ای منحصر به فرد از یک محیط مورفوکلیمایی مربوط به گذشته باشد که امروزه از آن دیگر نشانی از آن نیست.					
(۵) وضعیت مکان	تخریب شده	به شدت تخریب شده	تخریب در حد متوسط	اندکی تخریب شده	بدون دست کاری
بند ۵: این شاخص به وجود مخاطرات طبیعی و چگونگی تکامل مکان و عوامل انسانی موثر در مکان ژئومورفولوژیکی و درجه ای از اقدامات حفاظتی اعمال شده بستگی دارد.					
(۶) جذابیت اکولوژیکی	صفر	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد

بند ۶: این شاخص با نادر بودن گونه ها، تنوع (تعداد گونه ها) و دینامیک طبیعی (توانایی محیط در توسعه طبیعی) پوشش گیاهی و جانوری مکان ژئومورفولوژیکی بیان می شود.

۳- معادله محاسبه ارزش فرهنگی

امتیاز کل = (امتیاز بند ۵ + امتیاز بند ۴ + امتیاز بند ۳ + (۲ × امتیاز بند ۲) + امتیاز بند ۱) / ۶. این امتیازها براساس جدول (۳) محاسبه می شود. در این فرمول بند ۲، دوبار محاسبه می شود؛ زیرا این بند ممکن است شامل تذکره ادبی نیز باشد که معمولا همراه با عناصر پیکرننگاری دیده می شود.

۳- معیار و مقیاس امتیاز دهی در ارزیابی عیار فرهنگی یک مکان ژئومورفولوژیکی (منبع: مختاری، ۱۳۸۹)

معیار / امتیاز	صفر	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۱
۱) جنبه های تاریخی و فرهنگی	بدون تعلق خاطر	ضعیف	متوسط	شدید	بسیار شدید
بند ۱: این شاخص به میزان تعلق خاطر اهمیت تاریخی مکان ژئومورفولوژیکی برای جامعه بستگی دارد. این معیار بدون در نظر گرفتن آثار فیزیکی و ابنیه ها توجه به ارزش های تاریخی و فرهنگی مکان ژئومورفولوژیکی مورد ارزیابی قرار می گیرد.					
۲) مناظر پیکرننگاری	صفر	۱ تا ۵	۶ تا ۴۰	۴۱ تا ۵۰	بیش از ۵۰
بند ۲: برای این شاخص تمام تصاویر تاریخی مکان ژئومورفولوژیکی از قبیل نقاشی ها، طراحی ها، کنده کاری ها و عکس ها مد نظر قرار می گیرد. کیفیت تصاویر می تواند در امتیاز منطقه نقش مثبت داشته باشد.					
۳) جنبه های تاریخی و باستان شناسی	بدون هرگونه اثر یا ابنیه	ضعیف	متوسط	زیاد	بسیار زیاد
بند ۳: این شاخص با توجه به آثار و ابنیه های تاریخی، معماری و باستان شناسی در مکان ژئومورفولوژی محاسبه می شود و کیفیت آن ها در میزان امتیاز تعلق یافته منظور می گردد.					
۴) جنبه های مذهبی و معنوی	بدون هرگونه اثر یا ابنیه	ضعیف	متوسط	زیاد	بسیار زیاد
بند ۴: این شاخص با توجه به ارزش های مذهبی و معنوی مکان ژئومورفولوژیکی محاسبه می شود و معیار آن اعتقادات مردم است.					
۵) رخدادهای هنری و فرهنگی	هرگز	-	گاه گاهی	-	سالی یکبار
بند ۵: برای محاسبه این شاخص رویدادهای هنری و فرهنگی برگزار شده در مکان ژئومورفولوژیکی مورد نظر است.					

۴- معادله محاسبه ارزش اقتصادی

امتیاز کل = (امتیاز بند ۵ + امتیاز بند ۴ + امتیاز بند ۳ + امتیاز بند ۲ + امتیاز بند ۱) / ۵. این امتیازها بر اساس جدول (۴) محاسبه می شود. در این فرمول نیز وزن هیچ کدام از عیار گردشگری نسبت به دیگری کم یا زیاد نمی باشد، چرا که همه آنها به یک اندازه در تعیین ارزش اقتصادی مکان ژئومورفولوژیکی سهیم هستند.

جدول ۴- معیار و مقیاس امتیازدهی در ارزیابی عیار اقتصادی یک مکان ژئومورفولوژیکی (منبع: مختاری، ۱۳۸۹)

معیار/امتیاز	صفر	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۱
(۱) قابلیت دسترسی	با فاصله بیش از یک کیلومتر از مسیر قابل دسترسی	با فاصله کمتر از یک کیلومتر از مسیر قابل دسترسی	قابل دسترسی از طریق جاده های محلی	قابل دسترسی از طریق جاده های با اهمیت منطقه ای	قابل دسترسی از طریق جاده های با اهمیت ملی
بند ۱: این بند بستگی به فاصله مکان ژئومورفولوژیکی از مسیرهای اصلی حمل و نقل و ارتباط آنها تنظیم می شود.					
(۲) مخاطرات طبیعی	غیر قابل کنترل	کنترل کننده	تا حدودی کنترل شده	کنترل اختیاری	بدون خطر
بند ۲: این شاخص با سطح خطر مکان ژئومورفولوژیکی و سیاست های کنترلی اعمال شده تعریف می شود.					
(۳) تعداد بازدیدکنندگان در هر سال	کمتر از ۱۰۰۰۰	تا ۱۰۰ هزار نفر	۱۰۰ تا ۵۰۰ هزار نفر	۵۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ نفر	بیش از ۱۰۰۰۰۰۰ نفر
بند ۳: توانمندی مکان ژئومورفولوژیکی در جذب بازدیدکنندگان به صورت تعداد افراد بازدیدکننده از مهم ترین نقطه دیدنی منطقه مورد مطالعه تعریف می شود. بنابراین، امتیاز در نظر گرفته شده برای تمام مکان های ژئومورفولوژیکی منطقه یکسان خواهد بود.					
(۴) سطح تمهیدات حفاظتی	کامل	محدود	-	نامحدود	بدون محافظت
بند ۴: این بند سطح حفاظت مکان ژئومورفولوژیکی را مورد مطالعه قرار می دهد. برای این شاخص، بهره وری اقتصادی با کاهش سطح حفاظت نسبت عکس دارد.					
(۵) جذابیت	-	محلی	منطقه ای	ملی	بین المللی
بند ۵: این بند با بند ۴ در تعادل است. زیرا نبود حفاظت می تواند از نظر جذب گردشگر از مبادی مختلف مانعی در راه گسترش گردشگری و بهره وری اقتصادی مکان ژئومورفولوژیکی باشد.					

ارزیابی عیار بهره وری مکان ژئومورفولوژیکی: بعد از امتیازدهی مکان ها نوبت به ارزیابی عیار بهره وری آنها می رسد که از دو جزء تشکیل یافته است. در این جا به مانند ارزیابی عیار گردشگری، معیارها و مقیاس هایی برای امتیازدهی

هر یک از اجزا مشخص شده است. بنابراین، عیار بهره‌وری با عبارات "میزان بهره‌وری" و "کیفیت" بیان می‌شود:

عیار بهره‌وری = (عیار کیفیت و عیار میزان بهره‌وری)

روابط بین این دو عیار، شدت بهره‌وری (کم، متوسط، زیاد) در ژئوسایت را معلوم می‌سازد. میزان بهره‌وری بیانگر میزان استفاده فضایی و زمانی از مکان ژئومورفولوژیک است؛ در حالی که، کیفیت بهره‌وری به چگونگی بهره‌جویی از چهار معیار گردشگری می‌پردازد. در چنین وضعیتی، معیارهای مختلفی با مقیاس‌های امتیازدهی متفاوت برای ارزیابی این دو جز اصلی بهره‌وری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

عیار میزان بهره‌وری = (امتیاز بند ۴ + امتیاز بند ۳ + امتیاز بند ۲ + امتیاز بند ۱) / ۴. امتیاز بندهای فوق از روی جدول (۵) محاسبه می‌شود.

جدول ۵- معیار و مقیاس امتیازدهی در ارزیابی عیار میزان بهره‌وری در یک مکان ژئومورفولوژیک (منبع: مختاری، ۱۳۸۹)

معیار / امتیاز	صفر	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۱
(۱) مساحت مورد استفاده (هکتار)	صفر	کمتر از ۱	بین ۱ تا ۵	بین ۵ تا ۱۰	بیش از ۱۰
بند ۱: این بند به مساحتی از مکان ژئومورفولوژیک که به منظور گردشگری و بهره‌برداری اقتصادی مورد استفاده قرار گرفته، بستگی دارد این مساحت ممکن است کل مکان ژئومورفولوژیک و یا قسمتی از آن باشد.					
(۲) تعداد زیرساخت‌ها	صفر	۱	بین ۲ تا ۵	بین ۶ تا ۱۰	بیش از ۱۰
بند ۲: مجموع زیرساخت‌های حمل و نقل، اطلاعاتی، اسکان، بازدیدها و سوغاتی‌های موجود محاسبه می‌شود.					
(۳) اسکان فصلی (روز)	-	۱ تا ۹۰ روز	۹۱ تا ۱۸۰	۱۸۱ تا ۲۷۰	۲۷۱ تا ۳۶۰
بند ۳: این بند با تعداد روزها و یا فصولی که مکان ژئومورفولوژیک در طول سال مورد استفاده قرار می‌گیرد محاسبه می‌شود.					
(۴) اسکان روزانه (ساعت)	صفر	کمتر از ۳	۳ تا ۶	۶ تا ۹	بیش از ۹
بند ۴: عبارت است از تعداد ساعات روزانه استفاده از مکان ژئومورفولوژیک					

عیار کیفیت بهره‌وری = (امتیاز بند ۴ + امتیاز بند ۳ + امتیاز بند ۲ + امتیاز بند ۱) / ۴. امتیاز بندهای فوق از روی

جدول (۶) محاسبه می شود.

جدول ۶- معیار و مقیاس امتیازدهی در ارزیابی عیار کیفیت بهره وری در یک مکان ژئومورفولوژیکی (منبع: مختاری، ۱۳۸۹)

معیار/ امتیاز	صفر	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۱
(۱) استفاده از زیبایی ظاهری	بدون تبلیغات	یک اقدام حمایتی و معرفی یک محصول	یک اقدام حمایتی و معرفی چند محصول	چندین اقدام حمایتی و معرفی یک محصول	چندین اقدام حمایتی و معرفی چند محصول
بند ۱: استفاده از پدیده های دیدنی مکان ژئومورفولوژیکی با توجه به تبلیغات (بروشور، تابلو، اینترنت، رسانه) است.					
(۲) استفاده از ارزش علمی	بدون هرگونه امکان آموزشی	یک اقدام حمایتی و معرفی یک محصول	یک اقدام حمایتی و معرفی چند محصول	چندین اقدام حمایتی و معرفی یک محصول	چندین اقدام حمایتی و معرفی چند محصول
بند ۲: استفاده از جذابیت های علمی مکان ژئومورفولوژیکی با توجه به بهره برداری آموزشی مدنظر است.					
(۳) استفاده از ارزش فرهنگی	بدون هرگونه امکان آموزشی	یک اقدام حمایتی و معرفی یک محصول	یک اقدام حمایتی و معرفی چند محصول	چندین اقدام حمایتی و معرفی یک محصول	چندین اقدام حمایتی و معرفی چند محصول
بند ۳: استفاده از جذابیت های فرهنگی مکان ژئومورفولوژیکی با توجه به بهره برداری آموزشی مدنظر است.					
(۴) استفاده از ارزش اقتصادی (نفر)	بدون بازدید کننده	کمتر از ۵۰۰	بین ۵۰۰ تا ۲۰۰۰	بین ۲۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰	بیش از ۱۰۰۰۰
بند ۴: استفاده از امکانات بلقوه اقتصادی بر اساس تعدا بازدیدکننده در سال مد نظر است.					

۳- نتایج

با توجه به اطلاعات موجود از مشخصات ژئوسایت ها که شرح آن ها رفت، و با بهره گیری از نظرات کارشناسان، نسبت به تعیین و امتیازدهی ارزش گردشگری و ارزش بهره وری ژئوسایت های منتخب طبق جدول (۷) اقدام شد. در نهایت، مقایسه قابلیت ژئوتوریستی مکان های منتخب بر اساس معیارهای مدل مذکور ضمن درجه بندی ژئوسایت ها به لحاظ ارزش و جذابیت، میزان اهمیت معیارهای مورد بررسی در ارزیابی توانمندی ژئوتوریستی را نیز معلوم ساخت. بدون شک ارائه راهکارهای مدیریتی در جهت رشد و توسعه و ارتقاء کیفیت گردشگری با در نظر گرفتن نتایج این ارزیابی ها می تواند سودمند واقع شود.

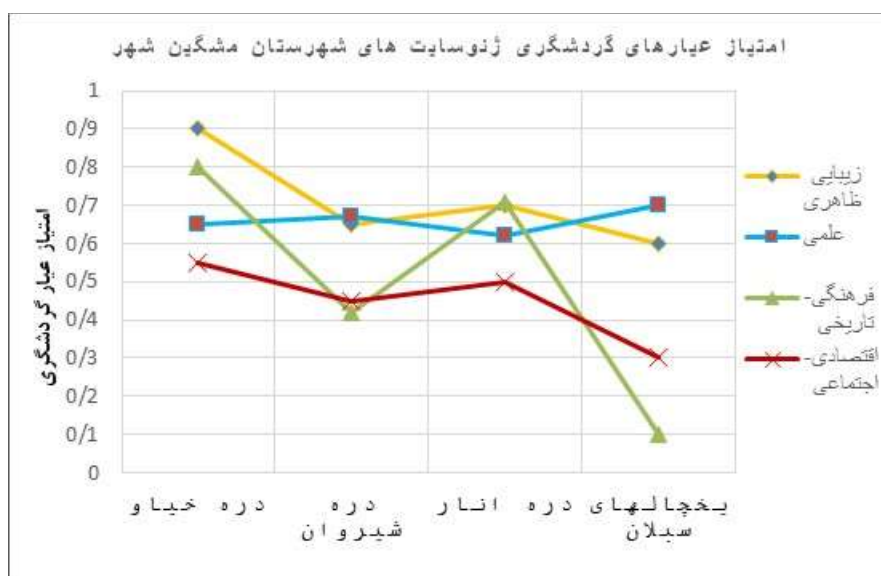
جدول ۷- خلاصه آمار ارزیابی ارزش های گردشگری و بهره‌وری ژئوسایت های منتخب شهرستان مشگین شهر به روش پراولنگ (منبع: نگارنده)

ژئوسایت / ارزش	دره خیابو	دره شیروان	دره انار	یخچال سبلان
زیبایی ظاهری	۰/۹	۰/۶۵	۰/۷	۰/۶
ارزش علمی	۰/۶۵	۰/۶۷	۰/۶۲	۰/۷
تاریخی-فرهنگی	۰/۸	۰/۴۲	۰/۷۱	۰/۱
اقتصادی	۰/۵۵	۰/۴۵	۰/۵	۰/۳
میانگین ارزش گردشگری	۰/۷۲	۰/۵۵	۰/۶۳	۰/۴۲
میزان بهره‌وری	۰/۹۴	۰/۶۹	۰/۷۵	۰/۵۶
کیفیت بهره‌وری	۰/۹۴	۰/۵	۰/۵	۰/۱۹
میانگین ارزش بهره‌وری	۰/۹۴	۰/۶	۰/۶۲	۰/۳۷

با توجه به مقادیر حاصل برای چهار ژئوسایت منتخب ملاحظه می‌شود که ژئوسایت دره خیابو با میانگین ارزش گردشگری ۰/۷۲، بالاترین امتیاز را به دست آورده و در مقام نخست از این لحاظ قرار می‌گیرد. پس از آن ژئوسایت دره انار با امتیاز ۰/۶۳ در رتبه دوم قرار دارد. ژئوسایت های دره شیروان و یخچال های سبلان به ترتیب با میانگین ارزش گردشگری ۰/۵۴ و ۰/۴۶ در رتبه های سوم و چهارم جای می‌گیرند. دلیل برتری ژئوسایت دره خیابو که به عنوان پرجاذبه ترین مکان ژئوتوریستی شناخته شد، عمدتاً به عیارهای زیبایی ظاهری و تاریخی- فرهنگی برمی‌گردد. تعدد مکان های گردشگری و نزدیکی آنها به هم به ویژه در مورد چشمه های آبگرم واقع در بالادست این دره بر ارزش زیبایی ظاهری این ژئوسایت افزوده است. از طرفی، وجود شهر تاریخی مشگین شهر باعث گردیده تا شاهد آثار و ابنیه های فرهنگی- تاریخی گوناگونی در جوار آن باشیم. بدون شک تعلق خاطر فرهنگی نیز در پرجمعیت ترین نقطه مسکونی شهرستان بالا بوده و بر ارزش تاریخی- فرهنگی آن صحنه می‌گذارد. این در حالی است که شهرهای لاهرود و فخرآباد از معروفیت کمی برخوردارند. برگزاری نمایشگاه ها و جشنواره های فرهنگی در پارک جنگلی مشگین شهر و کنار پل معلق آن از دیگر عناصر مهم و موثر بر جذابیت و رونق ژئوسایت مذکور می‌باشد. این جذابیت در سایر ژئوسایت ها کم دیده شده و یا وجود ندارد.

دو ژئوسایت دره ای شیروان و انار از مشابهت زیادی به لحاظ طبیعی برخوردارند. اما از نظر انسانی تمرکز و تعدد

مراکز جمعیتی در قالب زندگی روستایی در دره انار بیشتر از دره شیروان است. به عبارتی دره شیروان اکوسیستم بکرتری نسبت به دره انار دارد. همین عامل و منحصر بفرد بودن و جذابیت اکولوژیکی بیشتر دره شیروان نسبت به دره انار سبب شده است که دره شیروان به لحاظ عیار علمی بالاتر از دره انار قرار گیرد. در مقابل، وجود سکونتگاه های روستایی و سابقه تاریخی- فرهنگی باعث برتری دره انار بر دره شیروان به لحاظ ارزش گردشگری شده است. تعدد و گونه گونی آثار و ابنیه های تاریخی در دره انار در مقایسه با دره شیروان کاملاً بارز است. تفاوت زیاد ژئوسایت یخچال سبلان با دیگر ژئوسایت ها به لحاظ فرهنگی- تاریخی که فاقد اماکن فرهنگی، مذهبی و تاریخی است، باعث پایین رفتن ارزش گردشگری این ژئوسایت نسبت به سه ژئوسایت دیگر شده است. شرایط طبیعی و غیرطبیعی خاص این مکان نسبت به سایر مکان های ژئوتوریستی (ارتفاع زیاد و ناهمواری خشن، بروز مخاطرات ژئومورفیک متعدد چون ریزش و سقوط برف و یخ و ...، نبود دسترسی جاده ای و تاسیسات اقامتی- رفاهی) باعث شده تا تنها توسط گروه های علمی و ورزشکاران اعم از کوهنوردان و صخره نوردان و یخچال نوردان مورد بازدید قرار گیرد. البته همه این ها به تفاوت یک ژئوسایت نقطه ای با ژئوسایت خطی نیز برمی گردد، چرا که گستردگی و تنوع امکانات طبیعی و انسانی برای توسعه گردشگری در ژئوسایت نقطه ای کم می باشد. با این حال این ژئوسایت به لحاظ علمی از ارزش زیادی برخوردار بوده و معروفیت جهانی نیز دارد که بایستی در نظر گرفته شود. شکل (۲) نمودار مقایسه ای مقادیر ارزش های چهارگانه را برای چهار ژئوسایت منتخب شهرستان مشگین شهر نشان می دهد. این نمودار ضمن گویاسازی تفاوت های توان ژئوتوریستی مکان های منتخب بر حسب معیارهای مورد بررسی، اهمیت معیارها در تنوع و تفاوت ژئوسایت ها را نیز بارز می نماید.



شکل ۲- مقایسه ارزش های گردشگری ژئوسایت های شهرستان مشگین شهر (منبع: نگارنده)

همان گونه که پیداست، ارزش فرهنگی- تاریخی موجد بیشترین تباین و تفاوت بین ژئوسایت ها می باشد. در مقابل تفاوت کمی به لحاظ ارزش علمی بین ژئوسایت ها دیده می شود. به همین خاطر روند تغییرات ارزش علمی نیز با سایر ارزش ها متفاوت است. این در حالی است که سه ارزش زیبایی ظاهری، فرهنگی- تاریخی و اقتصادی- اجتماعی همسویی خوبی با یکدیگر دارند. دره خیاو تنها از نظر ارزش علمی امتیاز پایینی گرفته که عمدتاً به دلیل وجود مخاطرات مسیر گردشگری و مدیریت و حفاظت زیست محیطی ضعیف آن است. حساسیت زیست محیطی منطقه به لحاظ توسعه گردشگری در مطالعات آمایش استان اردبیل (۱۳۹۱) نیز اذعان گردیده بود. همچنین جبرائیلی و همکاران (۱۳۹۲) آلودگی های زیست محیطی مقاصد گردشگری شهرستان مشگین شهر را تهدیدی برای صنعت گردشگری آن قلمداد کردند. در مدل پرالونگ علاوه بر ارزیابی ارزش گردشگری به ارزش بهره‌وری مکان ژئوتوریستی نیز پرداخته می شود که یک مزیت برای این مدل محسوب می شود. نتایج ارزیابی ارزش بهره‌وری در خصوص ژئوسایت ها منتخب نشان می دهد که دره خیاو بالاترین شدت بهره‌وری را در میان ژئوسایت های دیگر دارد. میزان و کیفیت بهره‌وری در این ژئوسایت به یک میزان و برابر با ۰/۹۴ می باشد. بنابراین نه تنها استفاده فضایی- زمانی از این ژئوسایت نسبت به سایر ژئوسایت ها بالاتر است، کیفیت بهره‌جویی از آن نیز به دلیل تبلیغات گسترده و شناخته شدن جاذبه های گردشگری دره خیاو و حمایت ارگان های فرهنگی- اقتصادی بهتر و برنامه ریزی شده تر است. در مقابل ژئوسای یخچال های سبلان کمترین میزان استفاده فضایی- زمانی و کیفیت بهره‌جویی از جاذبه های ژئوتوریستی را دارد که دلیل آن قبلاً بیان شد. شرایط نامساعد طبیعی باعث شده تا سرمایه گذاری و حمایت گردشگری در ژئوسایت یخچال های سبلان به حداقل برسد. امتیاز میزان و کیفیت بهره‌وری در این ژئوسایت به ترتیب برابر با ۰/۵۲ و ۰/۱۹ می باشد. دو ژئوسایت دره انار و دره شیروان تفاوت چندانی به لحاظ شده بهره‌وری ندارند. شدت بهره‌وری در دره های انار و شیروان به ترتیب برابر با ۰/۶۲ و ۰/۶ است. میزان بهره‌وری دره انار (۰/۷۵) کمی بالاتر از همتای خود یعنی دره شیروان (۰/۶۹) است. اما کیفیت بهره‌وری هر دو ژئوسایت مساوی (۰/۵) است. این دو ژئوسایت با وجود پتانسیل خوب ژئوتوریستی هنوز نتوانسته اند به جایگاه واقعی خود در صنعت گردشگری شهرستان مشگین شهر برسند. نیل به چنین جایگاهی همچون دره خیاو نیازمند هماهنگی و همکاری برنامه ریزان و مسئولین مرتبط با موضوع گردشگری و لحاظ نمودن مدیریت قوی برای حمایت و تبلیغ درست و جامع از این دو ژئوسایت دره ای است.

۴- بحث و نتیجه گیری

گردشگری مبتنی بر اشکال و فرایندهای زمین شناختی یکی از عرصه های جذاب و پردرآمد گردشگری محسوب می شود که طرفداران و بازدیدکنندگان بسیاری را از سراسر جهان به سوی خود فراخوانده و موجبات رشد و شکوفایی اقتصادی- اجتماعی جوامع میزبان خاصه جوامع محلی را به دنبال داشته است. موقعیت ویژه ایران به لحاظ جاذبه های

ژئوتوریستی (آتشفشان‌ها، قله‌های برفگیر و یخچالی، رودخانه‌های خروشان، گنبدهای نمکی، اشکال بی‌نظیر فرسایش بیابانی و ...) فرصت بسیار خوبی برای رهایی از وابستگی اقتصاد تک‌محصولی و رسیدن به توسعه پایدار زیست‌محیطی فراهم ساخته است. این فرصت زمانی به قوت تبدیل می‌شود که حرکت گسترده و نظام‌مند در جهت شناسایی و معرفی صحیح جذابیت‌های ژئوتوریستی برداشته شود، به طوری که در راستای جذب سرمایه‌گذاری‌ها و سوق‌گیری و همسوسازی برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای و ملی باشد. شهرستان مشگین‌شهر واقع در استان اردبیل یکی از مستعدترین و پرتوان‌ترین شهرستان‌ها به لحاظ شرایط طبیعی به‌ویژه زمین‌گردشگری است. بستر فیزیکی متنوع و متفاوت جنوب شهرستان از سبلان تا رود قره‌سو با داشتن میراث زمین‌شناختی گران‌بها، مهابت توسعه گردشگری زمین‌شناختی و سرمایه‌گذاری جهت شکوفایی اقتصاد جوامع محلی است. لیکن شناخت ناقص از جذابیت‌های ژئوتوریستی این ناحیه یکی از کمبودهای اساسی در مسیر برپایی و توسعه گردشگری است. از طرفی اساس ژئوتوریسم نیز ایجاب می‌نماید که برنامه‌های گردشگری بر اساس شناخت و ارزیابی توان محیطی انجام شوند تا هم بهره‌برداری درخور و مستمر از محیط صورت گیرد و هم ارزش‌های طبیعی محیط حفظ شود. بنابراین این پژوهش با هدف ارزیابی توانمندی‌های ژئوتوریستی شهرستان مشگین‌شهر با استفاده از مدل معروف پرالونگ انجام شد تا ضمن معرفی علمی و صحیح ژئوسایت‌ها و آگاهی از نقاط ضعف و قوت مکان‌های ژئوتوریستی، یک درجه‌بندی و اولویت‌بندی نیز از ژئوسایت‌های شهرستان صورت گرفته باشد. نتایج حاصل از این ارزیابی نشان داد: از بین ۴ ژئوسایت دره خیاو، دره شیروان، دره انار و یخچال‌ها سبلان، ژئوسایت دره خیاو با داشتن ارزش گردشگری ۰/۷۲، رتبه نخست به لحاظ توانمندی ژئوتوریستی را کسب نمود. پس از آن ژئوسایت دره انار با امتیاز ۰/۶۳ در رتبه دوم قرار گرفت. ژئوسایت‌های دره شیروان و یخچال‌های سبلان به ترتیب با ارزش گردشگری ۰/۵۴ و ۰/۴۶، رتبه‌های سوم و چهارم را به خود اختصاص دادند. عیارهای زیبایی ظاهری و تاریخی- فرهنگی در کسب مقام نخست توان ژئوتوریستی برای دره خیاو موثر بوده‌اند. وجود نقاط ژئوتوریستی متعدد و تمرکز کانونی آن‌ها بر ارزش زیبایی ظاهری این ژئوسایت افزوده است. از سوی دیگر وجود شهر تاریخی مشگین‌شهر در جوار دره خیاو و آثار و ابنیه‌های فرهنگی- تاریخی گوناگون آن در جذب بیشتر گردشگران و رونق گردشگری آن اهمیت به‌سزایی داشته است. برنامه‌ریزی نامتوازن منطقه‌ای اعث معروفیت شهر مشگین و مهجور ماندن نقاط شهری فخرآباد و لاهرود که مابین دو دره انار و شیروان جای گزیده‌اند، و از تردد و آمد و شد گردشگران در پیرامون این نقاط کاسته است. همچنین محاسبه مقادیر ارزش بهره‌وری ژئوسایت‌های منتخب نشان داد که دره خیاو بالاترین شدت بهره‌وری را در میان ژئوسایت‌های دیگر دارد. شدت بهره‌وری در این ژئوسایت برابر با ۰/۹۴ بود که از یک سو اشاره به استفاده فضایی- زمانی گسترده از این ژئوسایت نسبت به سایر ژئوسایت‌ها داشته و از دیگر سو کیفیت بهره‌جویی بالا از دره خیاو به دلیل تبلیغات گسترده و شناخته شدن جاذبه‌های گردشگری آن و نیز حمایت بیشتر و

بهتر ارگان‌های فرهنگی-اقتصادی از جاذبه‌های گردشگری این دره را نشان می‌دهد. در مقابل ژئوسایت یخچال‌های سبلان کمترین میزان استفاده فضایی-زمانی و کیفیت بهره‌جویی از جاذبه‌های ژئوتوریستی را دارد. به طوری که شدت بهره‌وری در این ژئوسایت برابر با ۰/۳۷ به دست آمد. شرایط نامساعد طبیعی باعث شده تا سرمایه‌گذاری و حمایت گردشگری در ژئوسایت یخچال‌های سبلان به حداقل برسد. دو ژئوسایت دره انار و دره شیروان تفاوت چندانی به لحاظ بهره‌وری نداشتند. شدت بهره‌وری در دره‌های انار و شیروان به ترتیب برابر با ۰/۶۲ و ۰/۶ است. این دو ژئوسایت با وجود پتانسیل خوب ژئوتوریستی هنوز نتوانسته‌اند به جایگاه واقعی خود در صنعت گردشگری شهرستان مشکین‌شهر برسند.

مراجع

- [1] مختاری کشکی، داوود، ارزیابی توانمندی‌های اکوتوریسمی مکان‌های ژئومورفولوژیکی حوضه آبریز آسیاب خرابه در شمال غرب ایران به روش پراگونگ، جغرافیا و توسعه، دوره ۸، شماره ۱۸، ۵۲-۲۷، ۱۳۸۹.
- [2] مولائی هاشجین، نصراله، رجبی کلوانی، جمشید، شناخت توان‌های محیطی گردشگری شهرستان شفت جهت توسعه اکوتوریسم، فصلنامه جغرافیای طبیعی، دوره ۴، شماره ۱۴، ۱-۱۲، ۱۳۹۰.
- [3] فتوحی، صمد، ز. تقی‌زاده، زهرا، رحیمی، د. ارزیابی توانمندی‌های ژئومورفوتوریسمی لندفرم‌ها بر اساس روش پراگونگ. مطالعه موردی: منطقه نمونه گردشگری بیستون. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دوره ۱۲، شماره ۲۶، ۲۳-۴۶، ۱۳۹۱.
- [4] عقیفی، محمدابراهیم، و قنبری، عبدالرسول، بررسی جاذبه‌های ژئوتوریستی گنبد‌های نمکی لارستان (مطالعه موردی گنبد نمکی کرم‌وستج)، فصلنامه جغرافیای طبیعی، دوره ۲، شماره ۶، ۴۷-۳۱، ۱۳۸۸.
- [5] تقوی، مهدی، قلی‌پور سلیمانی، علی، عوامل موثر بر رشد صنعت گردشگری ایران. پژوهشنامه اقتصادی، دوره ۹، شماره ۳۴، ۱۷۲-۱۵۷، ۱۳۸۸.
- [6] ثروتی، محمدرضا، راهبردهای ژئوتوریسم در استان فارس. فصلنامه فضای جغرافیایی، دوره ۸، شماره ۲۴، ۵۰-۲۳، ۱۳۸۷.
- [7] تولایی، سیمین، بوم‌گردی با تاکید بر جاذبه‌های گردشگری استان گلستان. فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی،

[8] اسدی، رخساره، محمودی میمند، محمد، بررسی ژئوتوریسم کمربند ماگمایی ارومیه - بزمان در محدوده شهرستان شهر بابک. فصلنامه جغرافیای طبیعی، دوره ۲، شماره ۶، ۱۰۵-۹۱، ۱۳۸۸.

[9] پازکی، معصومه، شیخی، داوود، ژئومورفوتوریسم و قابلیت‌سنجی ژئومورفوسایت‌های جاده‌ای با استفاده از روش ترکیبی تاپسیس و پراونگ (مطالعه موردی: جاده ترانزیتی گرمسار)، انجمن جغرافیای ایران، دوره ۱۴، شماره ۴۹، ۳۱۷-۳۳۶، ۱۳۹۵.

[10] مرادی، انور، برزگار، محسن، عباسی، موسی، تحلیل میزان توانمندی گردشگری ژئومورفوسایت‌ها بر اساس روش پراونگ (مطالعه موردی شهرستان کامیاران). اولین همایش ملی توریسم و گردشگری سبز در ایران، همدان، دانشکده شهید مفتح، دانشگاه همدان، ۱۳۹۳.

[11] عابدینی، موسی، پاسبان، امیرحسام، نظافت تکل، بهروز، شهبازی شرفه، زهرا، تحلیل توان رقابت پذیری استان اردبیل با استفاده از مدل پائوولوا و مدل دینامیکی (مطالعه موردی: گرمی، پارس آباد، مشگین شهر)، مطالعات علوم محیط زیست، DOI: 10.22034/JESS.2022.337843.1765

[12] خان‌زاده، حامد، رهنورد، فرج اله، بامداد، ناصر، محمودزاده، سید مجتبی، مدل تبیین رقابت‌پذیری گردشگری شهرهای توریستی در ایران، تحقیقات بازاریابی نوین، دوره ۱۱، شماره ۲، ۴۵-۶۸.

[13] Zgtobicki, W., R. Kolodynska-Gawrysiak, & Gawrysiak. 2015. Gully erosion as a natural hazard: the educational role of geotourism. *Natural Hazards*, 79: 159-181.

[14] Pralong, J.P., 2005. A method for assessing tourist potential and use of geomorphological sites. *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, 11(3): 189-196.

[15] Herrera, G., P. Carrión, & J. Briones, ۲۰۱۸. Geotourism potential in the context of the geopark project for the development of santa elena province, ecuador. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, ۲۱۷: ۵۵

ارزیابی توسعه و تکامل کارست در نواحی گرم و خشک (مطالعه موردی: حوضه آبریز خلیل آباد)

Assesment of development and evolution of karst in arid zones

(Case study: Khalilabad Watershed)

^۱ سید حمیدرضا فاطمی

^۱ دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز h.fatemi@tabrizu.ac.ir

چکیده

ارائه تعریفی بسیار مختصر و مفید برای واژه کارست بسیار مشکل می‌باشد؛ چرا که کارست حاصل فرایندهای متعددی است که در سنگ‌های انحلال‌پذیر مختلف و تحت شرایط اقلیمی و زمین‌شناسی و هیدرولوژی گوناگون بوجود می‌آید. واژه کارست بعنوان یک سیمای پیچیده ژئومورفولوژی به پهنه‌هایی با خصوصیات هیدرولوژیکی بسیار ویژه اطلاق می‌شود، این مناطق حدود ۱۰ درصد سطح زمین را پوشانده‌اند. پدیده‌های کارست که از انحلال سنگ‌های آهکی بوجود می‌آیند علاوه بر ایجاد اشکال متنوع ژئومورفولوژی نقش مهمی نیز در برنامه‌ریزی‌های محیطی ایفا می‌کنند. عوامل مؤثر در شکل‌گیری کارست عبارتند از: ورود آب به کارست، ایجاد یک سیستم جریان زیرزمینی، انحلال، اقلیم و تکتونیک می‌باشد. هدف از مطالعه حال حاضر ارزیابی توسعه و تکامل کارست و ایجاد اشکال ژئومورفولوژیکی کارستی در مناطق گرم و خشک است. مواد و روش‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل منابع کتابخانه‌ای، بازدید میدانی و تحلیل نرم‌افزاری است. محدوده مورد مطالعه در خلیل‌آباد واقع شده است و بین عرض‌های ۳۲ درجه ۱۵ دقیقه و ۱۰ ثانیه تا ۳۲ درجه و ۳۳ دقیقه و ۵۵ ثانیه و ۵۳ درجه و ۱۸ دقیقه و ۵۰ ثانیه تا ۵۳ درجه و ۴۱ دقیقه و ۵۳ ثانیه واقع شده است. این محدوده بخشی از شهر عقدا است که در شهرستان اردکان در استان یزد واقع شده است. پدیده‌های ژئومورفولوژیکی کارستی محدوده مورد مطالعه شامل غار اشکفت یزدان، پونور چشمه روستای انارستان، چشمه‌های کارستی روستاهای انارستان، زاوه، زرجوع، اشتیجه، کیکوه، ملکوه و... فروچاله‌های غارمانند، آبگیرهای کارستی کوچک در روستای خلیل‌آباد می‌باشد که غار اشکفت یزدان قطر بزرگ غار از سمت دهانه به سمت انتها از ۶۰ متر به ۴۵ متر کاهش می‌یابد و دارای سه استالاکمیت با ابعاد حدود ۳ متر و ۸۰ سانتی‌متر ارتفاع دارد و دو استالاکمیت دیگر ۱ متر و ۲۰ سانتی‌متر ارتفاع و حدود ۴۰ سانتی‌متر قطر دارند و چندین استالاکتیت کوچک می‌باشد که از جمله مهمترین اشکال ژئومورفولوژیکی کارستی خلیل‌آباد می‌باشد. اکثر چشمه‌های موجود در محدوده مورد مطالعه مکانیسم درز و شکافی دارند و میزان بازشدگی درزه‌ها غالباً کمتر از ۱ سانتی‌متر است بنابراین در چشمه‌های موجود محدوده مورد مطالعه که مکانیسم درز و شکافی دارد و با آبدهی پایینی همراه است. سیستم جریان غالب افشان تا مجرای می‌باشد.

کلمات کلیدی: کارست، مناطق کارستی، خلیل‌آباد، غار اشکفت یزدان، چشمه‌های کارستی

۱- مقدمه

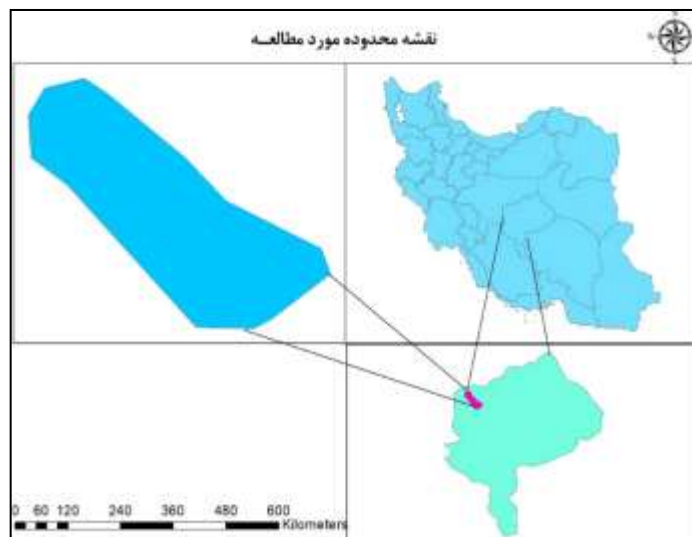
نتیجه عمل کارستی شدن، ایجاد ژئومورفولوژی ویژه است که مناطق کارستی را از نواحی غیر کارستی جدا می کند. پدیده های ژئومورفولوژی ناشی از کارستی شدن سنگ ها در سطح و زیر سطح، کلیدی برای درک تکامل کارست در یک محدوده می باشند. انحلال سنگ ها، پدیده های مورفولوژیکی خاصی را با ابعاد کمتر از یک میلیمتر (میکروکارن های کوچک) تا بیش از چندین کیلومتر (پولیه ها) ایجاد می نماید. بطور کلی، انحلال در سطح با سرعت و شدت بیشتری رخ می دهد، اما این پدیده می تواند از طریق توسعه درز و شکاف ها به زیر سطح انتقال یافته و باعث تشکیل کارست زیر سطحی شود (قبادی و همکاران، ۱۳۹۱). ارائه تعریفی بسیار مختصر و مفید برای واژه کارست بسیار مشکل می باشد؛ چرا که کارست حاصل فرایندهای متعددی است که در سنگ های انحلال پذیر مختلف و تحت شرایط اقلیمی و زمین شناسی و هیدرولوژی گوناگون بوجود می آید. واژه کارست بعنوان یک سیمای پیچیده ژئومورفولوژی به پهنه هایی با خصوصیات هیدرولوژیکی بسیار ویژه اطلاق می شود. این پهنه ها از سنگ های آهکی، دولومیتی، ژئوپس، هالیت و سنگ های حل شدنی دیگر تشکیل شده است (محمودی و ملکی، ۱۳۸۰). پدیده های کارست که از انحلال سنگ های آهکی بوجود می آیند علاوه بر ایجاد اشکال متنوع ژئومورفولوژی نقش مهمی نیز در برنامه ریزی های محیطی ایفا می کنند. این پدیده ها از عوامل درونی و بیرونی ناشی شده و گسترش آن ها بنحوی بیانگر تأثیر هر کدام از عوامل یاد شده می باشد (رضایی مقدم و قدری، ۱۳۸۴). مناطقی از زمین که توسط سازندهای آهکی پوشیده و توسط آب انحلال یافته اند، مناطق کارستی نامیده می شوند. این مناطق حدود ۱۰ درصد سطح زمین را پوشانده اند (مقامی مقیم، ۱۳۹۶). کارست از نظر فرهنگی نیز اهمیت دارد. غارها به عنوان یکی از مهمترین پدیده های ژئومورفولوژی کارست، پناهگاه انسان های اولیه بوده است. بعدها از غارها برای ایجاد معابد پرستشگاه ها بخصوص در جوامع هند و بودایی استفاده گردید. امروزه جاذبه گردشگری سرزمین های کارستی از ویژگی های مهم ای مناطق محسوب می شود (خانلری و مؤمنی، ۱۳۹۱). عوامل مؤثر بر شکل گیری اشکال کارستی را عبارتند از: ورود آب به کارست، ایجاد یک سیستم جریان زیرزمینی، انحلال، اثر ویژگی های اقلیمی، اثر تکتونیک (بالستروس^{۳۵} و همکاران، ۲۰۱۹). تولیدات و فعالیت های پویای انسانی دلیل اصلی تغییر چشم انداز کارستی محلی و به دنبال آن فاجعه طبیعی و تغییرات آب و هوایی بوده است (گیژن هی^{۳۶} و همکاران، ۲۰۲۱).

1- Ballesteros

2- Guizhen He

۲-۱- محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در حوضه آبریز خلیل آباد واقع شده است و بین عرض های ۳۲ درجه ۱۵ دقیقه و ۱۰ ثانیه تا ۳۲ درجه و ۳۳ دقیقه و ۵۵ ثانیه و ۵۳ درجه و ۱۸ دقیقه و ۵۰ ثانیه تا ۵۳ درجه و ۴۱ دقیقه و ۵۳ ثانیه واقع شده است. این محدوده بخشی از شهر عقدا است که در شهرستان اردکان در استان یزد واقع شده است و از شمال به



شهرستان نائین، از جنوب به شهرستان میبد، از شرق به شهرستان اردکان و از غرب به تالاب گاوخونی محدود می شود.

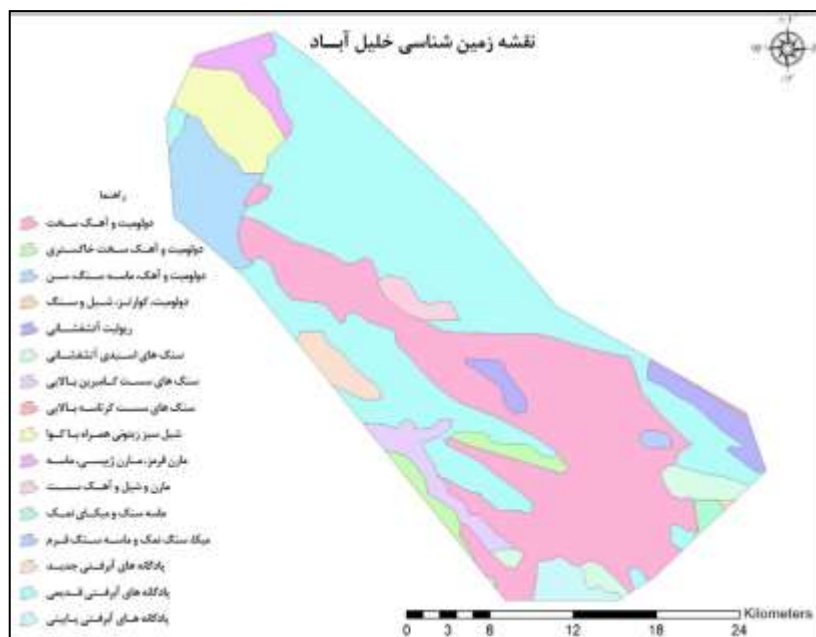
شکل ۱: نقشه محدوده مورد مطالعه

۲- مواد و روشها

این پژوهش در چهار بخش مطالعات کتابخانه ای، میدانی، نرم افزاری و جمع بندی و نتیجه گیری انجام گردید. مطالعات کتابخانه ای شامل گردآوری کلیه اطلاعات موجود از محدوده شامل نقشه زمین شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، بررسی منابع موجود درباره کارست بوده است. مطالعات میدانی، بازدیدهای صحرایی از اماکن قابل دسترسی محدوده مورد مطالعه و عکس برداری از پدیده های ژئومورفولوژی کارستی موجود در محدوده مورد مطالعه بوده است. در بخش نرم افزاری ابتدا با استفاده از نرم افزار GOOGLE EARTH محدوده مورد مطالعه ترسیم گردید و سپس وارد نرم افزار Arcmap به عنوان لایه ابتدایی گردید. پس از آن مدل رقومی ارتفاعی محدوده مورد مطالعه تهیه شده و سپس با استفاده از لایه های اطلاعاتی شامل زمین شناسی، تیپ اقلیمی، شیب، تکتونیک که اطلاعات گسل ها را در برمی گرفت، اقدام به تهیه نقشه های مربوط به محدوده مورد مطالعه شد. نهایتاً بر اساس نتایج به دست آمده از سه مرحله قبلی، وضعیت توسعه و تکامل کارست محدوده مورد مطالعه مورد ارزیابی قرار گرفت.

۱-۲- زمین‌شناسی

کهن‌ترین سنگ‌های رخنمون یافته در این محدوده به سری دزو تعلق دارد و شامل کریستال‌های توف شیشه‌ای و گدازه‌های ریولیتی، ماسه‌سنگ، شیل، دولومیت و سنگ آهک تیره رنگ معروف به آهک عقدا که از نظر سنی به کامبرین زیرین تعلق دارد. نهشته‌های پالئوزوئیک میانی تا بالایی شامل ماسه‌سنگ‌های کوارتزیتی و شیل‌های سیلتی، ماسه‌سنگی و آهکی سازندهای زایگون و لالون و سنگ آهک هم ارز سازند میلا و ماسه‌سنگ‌های تیره و سنگ آهک متعلق به کربونیفر است. نهشته‌های دوران مزوزوئیک شامل سنگ آهک، ماسه‌سنگ و سنگ آهک هم ارز سازند نایبند، مارن و ماسه‌سنگ و سنگ آهک ژوراسیک و ماسه‌سنگ و سنگ آهک متعلق به کرتاسه است. نهشته‌های ترسیر در این محدوده دربرگیرنده گدازه‌ها و توف‌های داسیتی تیره رنگ ائوسن، توده‌های گرانیتی و نهشته‌های آواری کم ژرفا و سنگ‌های آتشفشانی متعلق به میوسن است. همچنین آبرفت‌های کواترنری را در بخش‌های نسبتاً بلند محدوده می‌توان مشاهده کرد و نهشته‌های تبخیری و رسی را در بخش‌های ژرف‌تر. سازند ریزو با توجه به هم ارزهای آن در ناحیه کرمان و کوشک به دوره وندین مربوط می‌باشد که شامل مجموعه‌ای از سنگ‌های رسوبی مانند شیل‌های سبز رنگ و خاکستری یا ماسه‌سنگ و تعدادی لایه‌های دولومیتی سخت‌تر تشکیل شده و در این مجموعه عدسی یا عدسی‌های گچ نیز تشکیل یافته است. سازند دیگر محدوده که درین نام دارد شامل دایک‌های دیابازی با گدازه باریک است که در آن رسوبات دریایی کم ژرفا تا مردابی بطور هم شیب روی سازند ریزو قرار گرفته‌اند. سازند سلطانیه از دولومیت‌هایی با لایه‌بندی میانه یرنگ خاکستری تا زرد تشکیل شده و دارای لایه‌های نازک چرت می‌باشد و مربوط به دوران کامبرین پسین است. سازند هشتم شامل شیل، ماسه‌سنگ و دولومیت‌های تیغه‌ای و جلبک‌دار است که مربوط به دوره کامبرین است.



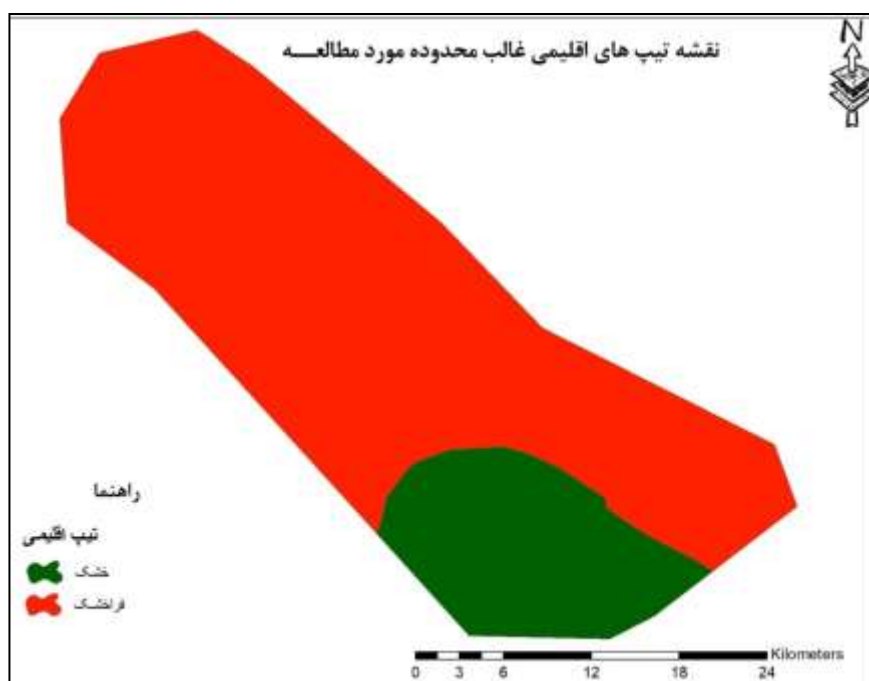
شکل ۲: نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه

۲-۲- اقلیم

رخنمون‌های سنگی بیرون زده در محدوده مورد مطالعه شاهدهی است بر این فرضیه که در دوره ژوراسیک پایین یا لیاس و دوره کرتاسه بخش عمده ایران مرکزی زیر آب بوده است و در آن زمان این محدوده که محدوده مورد مطالعه نیز در آن واقع شده است، دارای آب و هوای مرطوب بوده است. در دوران کواترنری که با دو ویژگی تحولات اقلیمی و ظهور انسان روبرو هستیم که خود شاهدهی است بر تغییر اقلیم نواحی مختلف ایران بخصوص ایران مرکزی. در این دوران عصر یخبندان به وقوع پیوست و پس از آن اقلیم زمین دچار تحولاتی شد که در ایران مرکزی این تحول به تبخیر بیشتر انجامید و شکل امروزی را به خود گرفت. کارست در آب و هوای مرطوب نسبت به آب و هوای گرم و خشک بیشتر دچار تغییر و تحول می‌گردد و رخنمون‌های سنگی محدوده نشان می‌دهد که در گذشته آب و هوای محدوده مورد مطالعه مرطوب و معتدل بوده است اما در حال حاضر محدوده مورد مطالعه دارای آب و هوای گرم و خشک با زمستان‌های سرد می‌باشد. دو نوع تیپ غالب اقلیمی محدوده مورد مطالعه خشک و فراخشک است.

۲-۳- هیدرولوژی

یکی از مهمترین عوامل در توسعه و تکامل کارست ورود آب بعنوان عامل اصلی انحلال در سنگ‌های کربناته می‌باشد. این امر در مناطق معتدل و مرطوب بسیار بیشتر از مناطق گرم و خشک تأثیرگذار است اما این بدان معنی نیست که در مناطق گرم و خشک کارست نمی‌تواند توسعه و تکامل یابد. در مناطق خشک که بارندگی بصورت رگباری و شدید است، عمل آب‌های جاری باعث خرد شدن سنگ‌ها می‌شود تا انحلال آن‌ها. در بعضی از مناطق گرم و خشک



که دارای سنگ‌های کربناته است عمل انحلال اتفاق می‌افتد و آب می‌تواند به لایه‌های زیرین نیز نفوذ پیدا کند اما بدلیل پراکندگی بارش و وسعت کم آن بعلاوه تبخیر و تعرق زیاد در مناطق گرم و خشک نسبت به مناطق مرطوب عمل انحلال هزاران سال تا میلیون‌ها سال زمان لازم دارد که بتواند پدیده‌های ژئومورفولوژیکی کارستی را بوجود آورد.

شکل ۳: نقشه تیپ‌های اقلیمی محدوده مورد مطالعه

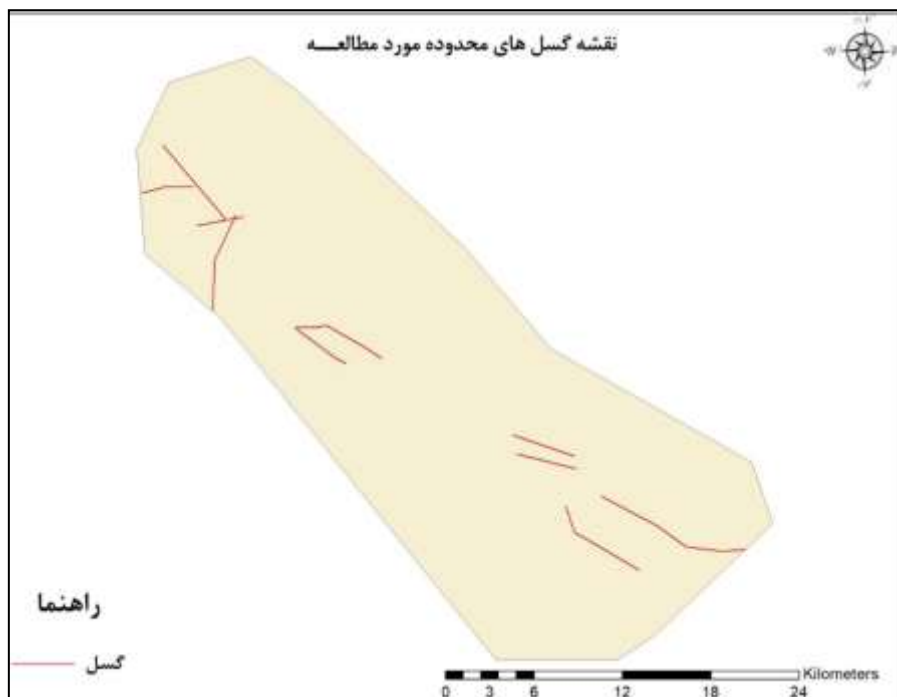
۲-۴- انحلال

عمل انحلال به میزان نفوذپذیری، جنس سنگ، مقاومت سنگ و... بستگی دارد. انحلال زمانی اتفاق می‌افتد که آب راه نفوذ به سنگ‌های کربناته را بیابد و باعث خرد شدن و حل شدن سنگ شود. این عمل باعث تولید گاز کربن دی اکسید می‌شود که در غارها بعنوان یک پدیده ژئومورفولوژی کارستی نسبت به دیگر پدیده‌ها بیشتر دیده می‌شود. هرچند آب بعنوان عامل اصلی انحلال در نظر گرفته می‌شود اما نقش هوازدگی و میکرو ارگانیسم‌ها را نباید نادیده گرفت. میکروارگانیسم‌ها که شامل گل‌سنگ‌ها، خزها، جلبک‌ها و موجودات ریز میکروسکوپی است که با فعل و انفعالات

شیمیایی خود باعث تجزیه و تخریب سنگ‌ها می‌شود. سنگ‌های کربناته محیطی بسیار مساعد برای فعالیت میکرو ارگانیسم‌هاست که در مناطق مرطوب بیشتر از مناطق خشک فعالیت می‌کنند اما در مناطق گرم و خشک تخریب فیزیکی سنگ‌ها بیشتر از تخریب شیمیایی و انحلال بدلیل نوسان بالای دما اتفاق می‌افتد. هرچند انحلال نیز در مناطق گرم و خشک فعال است اما همچنان تخریب فیزیکی عامل اصلی است که باید به آن توجه نمود چرا که این مناطق تحت تأثیر مکانیسم باد است تا آب و میکروارگانیسم‌ها.

۵-۲- تکتونیک

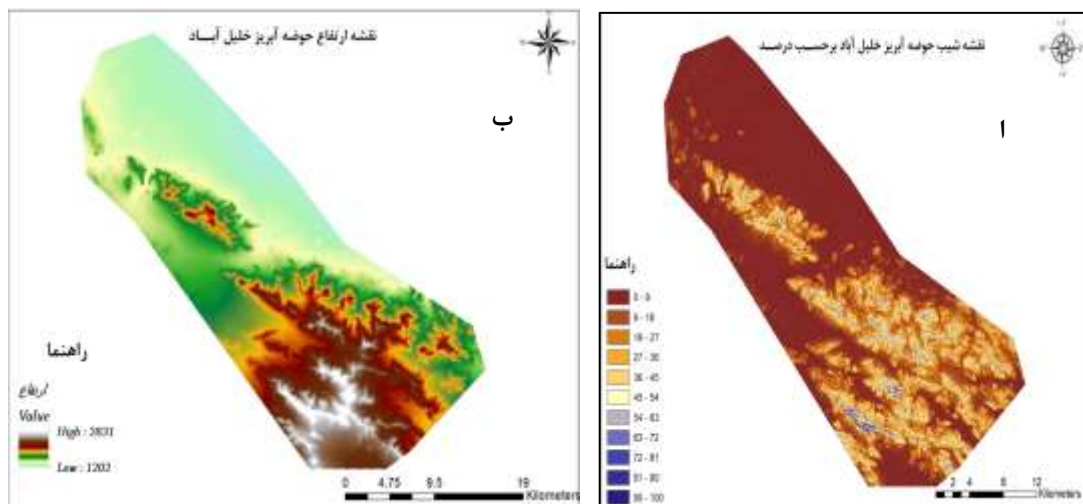
از جمله مهمترین عوامل درونی مؤثر در شکل‌زایی پدیده‌های کارستی، تکتونیک شکننده و حضور سنگ‌های کربناته می‌باشد. تکتونیک شامل نیروهای زمین‌ساختی است که باعث ایجاد پدیده‌های مختلف بر سطح زمین می‌شود و فعالیت‌های مربوط به آن بغیر از ایجاد پدیده‌ها باعث تغییر شکل پدیده‌ها می‌شود. تکتونیک در مناطق کارستی باعث ایجاد شکاف‌ها و درزه‌ها بر روی سنگ‌ها می‌شود و عمل ورود آب را به لایه‌های زیرین تسریع می‌کند لذا مناطقی که دارای تکتونیک فعال‌تری نسبت به دیگر مناطق است دارای کارست توسعه یافته‌تر و تکامل یافته‌تر است. حرکات کششی و فشارشی ناشی از گسل‌ها باعث تغییر شکل و تغییر مقاومت سنگ‌ها می‌شود که این عمل در سنگ‌های کربناته بدلیل مقاومت کمتر این سنگ‌ها بیشتر از سایر سنگ‌هاست و در نتیجه تغییر در سنگ‌های کربناته بیشتر است.



شکل ۴: نقشه گسل‌های محدوده مورد مطالعه

۶-۲- شیب و ارتفاع

شیب محدوده مورد مطالعه از سمت جنوب به سمت شمال غرب کاهش می‌یابد در نتیجه ارتفاع نیز در همین روند دچار کاهش می‌شود. از آنجا که برخی از پدیده‌های ژئومورفولوژیکی کارستی در ارتفاعات تشکیل می‌شوند مانند غارها، بنابراین در نواحی مرتفع‌تر و با شیب تندتر این اشکال نمود بیشتری دارند در حالیکه دیگر اشکال ژئومورفولوژیکی کارستی مانند چشمه‌ها در نقاط کم ارتفاع‌تر و با شیب کمتر ایجاد می‌شوند. بنابراین این دو عامل مورفودینامیک بیرونی باعث تشکیل پدیده‌ها و اشکال ژئومورفولوژیکی کارستی متفاوت در محدوده مورد مطالعه شده‌اند.



شکل ۵: الف) نقشه شیب محدوده مورد مطالعه، ب) نقشه ارتفاع محدوده مورد مطالعه

۳- نتایج

۳-۱- غارها و فروچاله‌ها

نتیجه عمل کارستی شدن ایجاد یک مورفولوژی یا زمین ریخت‌شناسی ویژه است که مناطق کارستی را از نواحی غیر کارستی جدا می‌کند. پدیده‌های کارستیک سطحی و زیر سطحی کلیدی برای درک طبیعت و ژنز سیستم‌های کارستی می‌باشند. چشم‌اندازهای کارستی حاصل دخالت مشترک فرایندهای مورفودینامیک درونی و بیرونی در طی زمان است. در بخش‌های گذشته به مهمترین عامل مورفودینامیکی درونی که تکتونیک است، پرداخت شد و اما عوامل بیرونی که مؤثرترین آن‌ها عبارتند از اقلیم، ارتفاع، شیب و زمان است. غارها شاخص‌ترین اشکال تحول کارست محسوب می‌شوند و ابعاد هندسی و شکل آن‌ها به میزان تحول کارست وابسته است. در سنگ‌های کربناته موجود در محدوده مورد مطالعه، غارها گسترش قابل ملاحظه‌ای نداشته‌اند. معروف‌ترین غار محدوده مورد مطالعه، غار اشکفت یزدان یا شگفت یزدان است که دارای سه استالاکمیت و چند استاکتیت کوچک است که طی چند میلیون سال بوجود آمده‌اند. یکی از استالاکمیت‌ها حدود ۳ متر و ۸۰ سانتی‌متر ارتفاع دارد و دو استالاکمیت دیگر ۱ متر و ۲۰ سانتی‌متر ارتفاع و حدود ۴۰ سانتی‌متر قطر دارند. این غار در ارتفاعی نسبتاً بلند و غیر قابل دسترس در کوه‌های کلاغ‌آباد واقع شده است و از جمله غارهای مقدس زرتشتیان است. این غار دارای سه حوضچه است که آب‌هایی که از سقف می‌چکند، در آن‌ها جمع می‌شود. قطر بزرگ غار از سمت دهانه به سمت انتها از ۶۰ متر به ۴۵ متر کاهش می‌یابد. (افخمی عقدا، ۱۳۹۲: ۶۶۶). همچنین وجود غار بهار در روستای هفته‌ر نمونه‌ای دیگر از غارهای موجود در محدوده مورد مطالعه است. نمونه‌های دیگری از حفرات غار مانند بخصوص در کوه پیشخانه که تحت تأثیر سیستم‌های ناپیوسته‌ای بوجود آمده است، می‌تواند گسترش پدیده کارستی شدن در این کوه را تأیید کند. وجود شکاف‌ها و درزه‌های ریز و درشت بر روی

سنگ های کربناته محدوده مورد مطالعه می تواند تأییدی بر گسترش کارست در این محدوده باشد. همچنین ایجاد آبراهه های بسیار کوچک و شاره ها بر روی تخته سنگ ها نیز گسترش کارست در این محدوده را نشان می دهد.



شکل ۶: الف) دهانه ورودی غار اشکفت یزدان، ب) نمونه ای از استالاکتیت های غار اشکفت یزدان و ج) نمونه ای از استالاکتیت های کوچک تشکیل شده در غار اشکفت یزدان



شکل ۷: فروچاله های ایجاد شده در کوه پیشخانه، شمال روستای خلیل آباد

۲-۳- معادن کربناتی

در محدوده مورد مطالعه، معادن کربناته بسیار زیادی وجود دارد. از جمله این معادن می توان به معادن کائولینیت

روستاهای خلیل آباد، زاوه، چاه ریگ و سنگ آهک روستاهای هفتهر و سورک اشاره کرد. وجود معادن کربناتی در محدوده مورد مطالعه نشان می دهد که توسعه و تکامل کارست در دوره های زمین شناسی قبل از کواترنری در این محدوده از اقلیم گرم و مرطوب آن متأثر بوده است.



شکل ۸: معدن کائولینیت روستای خلیل آباد

۳-۳- چشمه های کارستی

یک سفره کارستی به سه رژیم افشان، مجرای و مرکب تقسیم بندی می شود. در یک سیستم افشان جریان خطی آب، در میان شکستگی هایی که دهانه ی کمتر از ۱ سانتیمتر دارند، وجود دارد. در این رژیم تعداد چشمه ها زیاد و میزان آبدی آن ها کم است. جریان افشان بطور نسبتاً یکنواختی از سفره تغذیه می شود و تغییرات خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن خیلی کم است. بدلیل عدم گسترش کارست و مجاری کارستی در این سیستم جریان، پدیده های ژئومورفیک کارست در محدوده مورد مطالعه این چشمه ها رخنمون چندانی ندارند. جریان آشفته در میان مجاری با بازشدگی بیشتر از ۱ سانتیمتر جریان دارد و آب زیرزمینی از طریق یک چشمه ی بزرگ تخلیه می شود. ضریب هدایت ویژه و دیگر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی در سیستم مجرای یکنواخت نیست. سیستم مجرای از طریق فروچاله ها و درزه های انحلالی موجود در سنگ برهنه تغذیه می شود. سیستم جریان کاملاً افشان یا کاملاً جریان بندرت در طبیعت

وجود دارد و معمولاً رژیم غالب در طبیعت ترکیبی از این دو سیستم است. با وجود این، جریان مجرای را می‌توان بعنوان شاخص جریان موجود در یک کارست بالغ معرفی کرد. مطابق بررسی‌های انجام شده در محدوده مورد مطالعه، اکثر چشمه‌های موجود در محدوده مورد مطالعه مکانیسم درز و شکافی دارند و میزان بازشدگی درزه‌ها غالباً کمتر از ۱ سانتیمتر است بنابراین چشمه‌های موجود در محدوده مورد مطالعه که مکانیسم درز و شکافی دارد و با آبدهی پایینی همراه است. سیستم جریان غالب افشان تا مجرای می‌باشد. در محدوده مورد مطالعه، چشمه‌هایی نسبتاً پر آب از دیگر پدیده‌های موجود در محدوده است. همانطور که می‌دانیم هیدرولوژی کارست سیستم پیچیده‌ای دارد و این سیستم گاهی آب دزدی می‌کند و گاهی در محدوده‌ای شاهد فرو رفتن آب به لایه‌های زیرین هستیم همانند محدوده لار در دماوند. در محدوده مورد مطالعه وجود چشمه‌هایی که از سنگ‌های کربناته شامل دولومیت و آهک سر به جهان خارج در آورده‌اند، تأییدی بر گسترش کارست در این محدوده است. چشمه هشتم که در دل کوه‌های کلاغ‌آباد واقع گردیده است و سرچشمه آن از دولومیت سازند هشتم است و همچنین چشمه انارستان که از آهک سازند عقدا سرچشمه می‌گیرد و آب مورد نیاز باغات اهالی این روستا را تأمین می‌کند. از دیگر چشمه‌های این محدوده که در سازند آهکی عقدا واقع گردیده است می‌توان به: چشمه کُموکه، چشمه کیکوه، چشمه زاوه، چشمه اشتیجه، چشمه زرجوع و... اشاره کرد. پونور کارستی دیگر پدیده‌ای است که به ندرت در محدوده مورد مطالعه یافت می‌شود و شاید بتوان آن‌ها را بعنوان یک شاهد گسترش کارست در محدوده مورد مطالعه در نظر گرفت. نمونه‌ای از پونور در روستای انارستان وجود دارد و در بالای سرچشمه فرعی آن واقع شده است.



شکل ۹: الف) چشمه شرقی روستای انارستان، ب) آبگیر چشمه محدوده هشتم، ج) چنور کارستی چشمه شرقی روستای انارستان و د) چشمه غربی روستای انارستان

۴- بحث و نتیجه گیری

با توجه به ارزیابی های صورت گرفته در محدوده مورد مطالعه، کارست محدوده مورد مطالعه با توجه به شواهد ژئومورفولوژیکی آن در بعضی از نواحی محدوده مورد مطالعه گسترش زیادی داشته است مانند روستای هفتهر و روستای انارستان و در برخی از نواحی محدوده مورد مطالعه گسترش زیادی نداشته است مانند روستای زرجوع و فخرآباد. در نواحی ای که کارست گسترش زیادی داشته است، وجود درزها و شکاف های موجود در سنگ ها، فعالیت پالئوتکتونیکی موجب این امر گردیده است و در نواحی ای که کارست گسترش نداشته است، اقلیم خشک و فرا خشک غالب بوده است و همچنین جوان بودن این نواحی نیز دلیل دیگر عدم گسترش کارست است. همچنین توسعه کارست در مناطقی که دارای تکتونیک فعال است بیشتر از سایر مناطق است و محدوده مورد مطالعه بجز تعدادی گسل فرعی نشأت گرفته از گسل امتدادلغز دهشیر که در ۱۶ کیلومتری محدوده واقع شده است تحت تأثیر گسل دیگری نیست. تمامی این گسل ها از نوع گسل های قدیمی است که در حرکات سیمین پسین و لارامید ایفاگر نقش کوهزایی و تشکیل دو رشته کوه پیشخانه و کلاغ آباد بوده اند همچنین ابتدایی ترین حرکات تکتونیکی محدوده مربوط به دوره کرتاسه پسین است از اینرو فعالیت گسل های محدوده مورد مطالعه در دوران های ذکر شده انجام شده و در حال حاضر این گسل ها هیچگونه فعالیتی ندارند و محدوده مورد مطالعه از نظر تکتونیکی، محدوده غیرفعال و آرام است. چشمه های کارستی محدوده مورد مطالعه از نظر سیستم جریانی، افشان تا مجرای است و آبدهی آن ها کم است. و بیشتر مکانیزم آن ها درزی و شکافی است. تکامل و توسعه کارست در محدوده مورد مطالعه از دوران مزوزوئیک تا دوران کواترنر دستخوش تغییر و تحول بسیار بوده است و از کواترنر تاکنون بدلیل تغییرات اقلیمی و سلطه اقلیم گرم و خشک فرایند

کارستیکی آن کاهش یافته است و روند آن کاهش پیدا کرده است بنابراین محدوده از لحاظ تکامل و توسعه کارست بسیار آرام و کند است و توسعه و تکامل کمی داشته است به همین علت توسعه و تکامل کارست در محدوده مورد مطالعه کم است.

مراجع

- ۱- افخمی عقدا، محمد، عقدا، بزرگ شهری کوچک، انتشارات آرتاکاوا، اردکان، ۱۳۹۲.
- ۲- خانلری، محمدرضا و مؤمنی، اکبر، ژئومورفولوژی، هیدرولوژی و مطالعه فاکتورهای مؤثر بر توسعه کارستدر محدوده گرین، غرب ایران؛ جغرافیا و آمایش شهری-محدوده‌ای، شماره ۳، صص ۶۱-۷۴، ۱۳۹۱.
- ۳- رضایی مقدم، محمد حسین و قدری، محمدرضا، کارن ها، متنوع ترین پدیده های کارست در محدوده تخت سلیمان؛ تحقیقات جغرافیایی، دوره ۲۰، شماره ۱ (پیاپی ۷۶)، صص ۱۲۳-۱۳۸، ۱۳۸۴.
- ۴- قبادی، محمدحسین، عبدی‌لر، یاسین و محبی، یزدان، اهمیت شناخت خصوصیات ژئومورفولوژیکی، سنگ‌شناسی و فیزیکی سنگ‌های کربناته، جهت ارزیابی توسعه کارست در محدوده نهاوند؛ فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی، سال ۷، شماره ۴، صص ۲۹۹-۳۱۰، ۱۳۹۰.
- ۵- محمودی، فرجاله و ملکی، امجد، تحول کارست و نقش آن در منابع آب زیرزمینی در ناهمواری‌های بیستون - پراو (کرمانشاه)، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۰، صص ۹۳-۱۰۵، ۱۳۸۰.
- ۶- مقامی مقیم، غلامرضا، بررسی عوامل موثر در شکل گیری و گسترش کارست های حوضه آبریز در پرچین در شمال شرق ایران؛ جغرافیا و توسعه، دوره ۱۵، شماره ۴۸، صص ۲۴۵-۲۶۳، ۱۳۹۶.
- 7- Ballesteros, Daniel, Giralt, Santiago, García-Sansegundo, Joaquín, Jiménez-Sánchez, Montserrat, pp. 110-120, 2019.
- 8- He, Guizhen, Zhao, Xiang, Yu, Mingzhao, 2021. Exploring the multiple disturbances of karst landscape in Guilin World Heritage Site, China, CATENA volume 203, pp. 135-145.

ارزیابی خطر زمین لغزش در جاده مواصلاتی خلخال-هشتجین (نمونه موردی: زمین لغزش قزل دراخ)

Assessing the risk of landslides on the Khalkhal-Hashtjin road (case example: Qezal Darakh landslide)

^۱ محمد فتح اله زاده، ^۲ اسماعیل نجفی، ^۳ علی عبدی نژاد، ^۴ عاطفه حصارکی زاد

^۱ دانشجوی دکتری، ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، fathallahzadeh.m@ut.ac.ir

^۲ استادیار، ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، es.najafi@du.ac.ir

^۳ دانشجوی دکتری، ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، abdinegad@yahoo.com

^۴ دانشجوی کارشناسی ارشد، مخاطرات محیطی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، hesarakizad.atefe@ut.ac.ir

چکیده

زمین لغزش یکی از انواع ناپایداری‌های دامنه‌ای است که هر ساله خسارات مالی و جانی فراوانی را بر سیستم‌های اقتصادی-اجتماعی و زیست محیطی وارد می‌کند. در حال حاضر نیز هر ساله ده‌ها زمین لغزش در نقاط مختلف کشور رخ می‌دهد و مناطق مسکونی، راه‌ها و تأسیسات بسیاری را مورد تهدید قرار می‌دهد. بطور کلی عوامل متعددی در رخداد این پدیده اثرگذار هستند که با شرایط هر منطقه تغییر می‌کنند. در این پژوهش جاده مواصلاتی خلخال-هشتجین که در ناحیه‌ای کوهستانی و با آب و هوای نسبتاً مرطوب قرار گرفته، از نظر رخداد حرکات دامنه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه زمین لغزش قزل دراخ به عنوان نمونه موردی از نظر ژئومورفولوژی و ویژگی‌های کمی زمین لغزش براساس نقشه توپوگرافی تهیه شده با دقت ۱/۵۰۰ به تفصیل مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نهایتاً راهکارهای اجرایی لازم جهت تثبیت و جلوگیری از ادامه مخاطرات در دامنه مورد نظر ارائه شد. در محدوده لغزش قزل دراخ وجود ترک‌های کششی نشان می‌دهد که زمین لغزش در این منطقه هنوز فعال است. بنابراین زمین لغزش قزل دراخ نیازمند پایداری‌سازی است که برای این امر چهار روش زهکشی قناتی، اجرای شمع، نیل و میکروپایل پیشنهاد می‌گردد.

کلمات کلیدی: ناپایداری‌های دامنه‌ای، زمین لغزش، خلخال-هشتجین، قزل دراخ.

لغزش عبارت است از پایین افتادن یا حرکت یکپارچه و اغلب سریع حجمی از مواد رسوبی در امتداد دامنه ها که با توجه به سرعت عملکرد و وسعت آن ممکن است موجب حرکت ده ها و گاهی صدها هزار متر مکعب سنگ و خاک شده و حوادث فاجعه باری را به وجود آورد. این پدیده بیشتر در سنگ های منفصل رخ می دهد که وجود آب در پیدایش آن الزامی است. چنانچه سنگ ها از طبقات سخت و سست تشکیل شده باشند، نفوذ آب در لایه سست، حجم عظیمی از سنگ های سخت و یکپارچه فوقانی آنها را جابجا می کند (محمودی، ۱۳۸۹). در طبیعت نمونه های فراوانی از زمین لغزش وجود دارد که در ابعاد بزرگ می توان به زمین لغزش کبیرکوه در ایلام و طغیان مرگبار لون گارن ایتالیا در سال ۱۹۶۳ اشاره کرد. یکی از انواع ناپایدارهای دامنه ای که هر ساله خسارات مالی و جانی فراوانی را بر سیستم های اقتصادی- اجتماعی و زیست محیطی وارد می کند، زمین لغزش است. در حال حاضر نیز هر ساله ده ها زمین لغزش در نقاط مختلف کشور رخ می دهد و مناطق مسکونی، راهها و تأسیسات بسیاری را مورد تهدید قرار می دهد، به طوریکه در سال ۱۳۹۸ در اثر بارندگی های بی سابقه صورت گرفته در کشور بالغ بر ۲۰۰ زمین لغزش نسبتاً بزرگ اتفاق افتاده بود که عمدتاً سکونتگاه های روستایی ناشی از این مخاطره تهدید شدند. استان های گیلان، مازندران، گلستان، اردبیل، آذربایجان غربی و شرقی، فارس، ایلام، خراسان شمالی، چهارمحال بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد، لرستان و تهران از مهمترین مناطق وقوع زمین لغزش در کشور هستند. حجم سنگین خسارات و تلفات ناشی از لغزش ها که به خاطر رشد و توسعه فعالیت های بشری در سال های اخیر، مسأله پیش بینی و کنترل این پدیده مخرب را پیچیده نموده و آن را در اولویت کاری بسیاری از کشورها قرار داده است. به همین خاطر چگونگی ارزیابی خطر زمین لغزش و روش های مختلف آن در منابع متعدد مورد بررسی قرار گرفته است. در اغلب منابع زمین لغزش را مترادف با حرکات توده های قلمداد می کنند (احمدی، ۱۳۸۹). بنابراین با شناسایی و پهنه بندی مناطق پر مخاطره می توان تا حدی از خطر وقوع و خسارت های ناشی از زمین لغزش ها کم کرد و اقدامات پیشگیرانه و کاهش خسارات را در برابر این رخداد طبیعی انجام داد. در زمینه شناسایی و پهنه بندی مناطق مستعد زمین لغزش کارهای بسیاری در سطح جهان صورت گرفته که از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد:

بیناگی و همکاران^{۳۷} (۱۹۹۸) در ایتالیا با استفاده از دو روش فاکتور اطمینان و تئوری فازی به ارزیابی و مقایسه خطر لغزش پرداختند. در این مطالعه ۶ عامل موثر بر زمین لغزش شامل زمین شناسی، شیب، کاربری اراضی، جهت، فاصله از گسل و فاصله از شبکه آبراهه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که دو روش فوق پتانسیل بالایی در تهیه نقشه خطر زمین لغزش بخصوص در مناطق با لایه های اطلاعاتی محدود، دارا هستند. کای و همکاران^{۳۸} (۲۰۰۲)

در کشور کره به منظور تهیه نقشه خطر زمین لغزش از منطق فازی استفاده کردند. در این تحقیق از شبکه های استنتاج فازی با عملکردهای مختلف، به ویژه ترکیبی از عملکردهای Or و گاما استفاده گردید. اعتبارسنجی مدل بر روی بخش کوچکی از منطقه مورد مطالعه انجام و سپس شبکه های استنتاج فازی مختلف در انتخاب مقادیر گاما مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان داد که تئوری مجموعه فازی با روش های کمی پهنه بندی و ترسیم نقشه خطر زمین لغزش تفاوت زیادی داشته و از انعطاف پذیری نسبت به آن برخوردار است. ارکان اوغلو و گوکسی اوغلو^{۳۹} (۲۰۰۴) در شمال غربی ترکیه به ارزیابی و تهیه نقشه حساسیت به زمین لغزش با استفاده از مجموعه های فازی و قوانین اگر-آنگاه پرداختند. در این تحقیق، ابتدا با مطالعات صحرایی لغزش های اتفاق افتاده در منطقه ثبت گردید. سپس هر یک از پارامترهای موثر در وقوع لغزش از قبیل درجه شیب، کاربری اراضی، عمق هوازدهی، سطح ایستایی و ارتفاع از سطح دریا وزندهی و نقشه های هر یک از عوامل بر اساس منطق فازی تهیه گردید. با همپوشانی نقشه های مذکور، نقشه نهایی خطر زمین لغزش به دست آمد. نتایج نشان داد که ۵۳ درصد لغزش های اتفاق افتاده در کلاس های حساسیت بالا به خطر لغزش قرار دارند. ژوو و همکاران^{۴۰} (۲۰۰۴) در سه منطقه چین به تهیه نقشه حساسیت به خطر زمین لغزش با استفاده از GIS، قضاوت کارشناسی و منطق فازی پرداختند. در این تحقیق، مفاهیم منطق فازی به منظور تهیه نقشه خطر لغزش به صورت مقادیر عضویت فازی (کلاس های مختلف حساسیت پذیری به لغزش) ارائه و از موتور استنتاج فازی به منظور تخمین درجه عضویت فازی برای عوامل موثر بر لغزش از قبیل زمین شناسی، توپوگرافی، پوشش گیاهی و کاربری اراضی استفاده گردید. نتایج نشان داده که درجه عضویت تخمین زده شده در تهیه نقشه خطر لغزش بسیار مناسب بوده، اگرچه می بایست خاطر نشان کرد که کارایی عضویت فازی در ارائه نقشه زمین لغزش تا حد زیادی به دانش متخصصان و بکارگیری تکنیک های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در بررسی شرایط زیست محیطی دارد.

اسهرتر^{۴۱} (۲۰۰۵) در منطقه ریوپلانگو کشور نیکاراگوئه به آنالیز و تهیه نقشه خطر زمین لغزش با استفاده از منطق فازی پرداخت. در این تحقیق توپوگرافی، زمین شناسی، بافت خاک و پوشش گیاهی به عنوان عوامل موثر بر زمین لغزش انتخاب و با استفاده از عملگر فازی گاما وزندهی انجام شد. مقادیر مختلفی از عملگر فازی گاما (۰.۵ و ۰.۷ و ۰.۸) برای تهیه نقشه خطر زمین لغزش مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که عملگر فازی گاما با مقدار $\Omega = 0.8$ بهترین شکل نقشه حساسیت به لغزش را در منطقه مورد مطالعه نشان می دهد. گورسوسکی و همکاران^{۴۲} (۲۰۰۶) به منظور تهیه نقشه خطر زمین لغزش، از منطق فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی استفاده کردند. در این تحقیق از

3. Ercanoglu and Gokceoglu

4. Zhu et al

41. Schernthanner

42. Gorsevski et al

مقایسه دو به دو و متعاقب آن اجتماع توابع ترکیب وزنی خطی و وزنی متوسط مرتب شده جهت تهیه نقشه خطر زمین لغزش استفاده گردید. استاندارد سازی داده ها با روش فازی و وزن دهی معیارها با روش تحلیل سلسله مراتبی صورت گرفت. نتایج نشان داد که این روش به علت انعطاف پذیری و دقت بالایی که دارد، می تواند به عنوان یک ابزار در تصمیم گیری و تهیه نقشه خطر لغزش موثر واقع شود. کانونگو و همکاران^{۴۳} (۲۰۰۶) در کوه های هیمالیا جهت پهنه بندی خطر زمین لغزش از شبکه عصبی مصنوعی، منطق فازی و ترکیب عصبی-فازی در وزن دهی به هر یک از عوامل موثر بر زمین لغزش منطقه استفاده نمودند. در این تحقیق عوامل شیب، جهت شیب، لیتولوژی، فاصله از جاده، فاصله از آبراهه، پوشش گیاهی و کاربری اراضی به عنوان عوامل موثر بر خطر زمین لغزش در منطقه مشخص و وزندهی به هر یک از عوامل با روش های مذکور صورت پذیرفت. نتایج نشان داد که نقشه خطر زمین لغزش تهیه شده با روش عصبی- فازی به مراتب دقت بیشتری از دو روش شبکه عصبی و منطق فازی داشته است و ۲.۳ درصد از کل مناطق در پهنه های خطر خیلی زیاد قرار گرفته اند که محتوای ۳۰.۶ درصد از لغزش های موجود در منطقه بوده است. یالسن^{۴۴} (۲۰۰۷) در پهنه بندی و تهیه نقشه مناطق مستعد زمین لغزش در منطقه آردسن ترکیه با استفاده از روش AHP به این نتیجه رسید است که پهنه بندی با مدل AHP بیشترین تطابق را با واقعیات موجود دارد. تازیک و همکاران^{۴۵} (۲۰۱۴) در پژوهشی به ارزیابی خطر زمین لغزش با استفاده از منطق فازی، نسبت فرکانس و تحلیل سلسله مراتبی در حوضه دوزین ایران پرداختند. نتایج نشان داد که ترکیب سه مدل ذکر شده در حساسیت زمین لغزش منطقه مورد مطالعه یک روش نسبتاً خوب است و با توجه به نقشه پهنه بندی حدود ۵۱ درصد از زمین لغزش مربوط به مناطق حساسیت بالا و بسیار بالا است. دلاسرنا و همکاران^{۴۶} (۲۰۱۶) به پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از منطق فازی و تکنیک GIS در مناطق کوچک مقیاس معدن سوریگائوری شمالی، در فلیپین پرداختند. در این مطالعه چند لایه از عوامل لغزش یعنی شیب، تراکم زهکشی، هوازدگی، سنگ شناسی، پایداری زمین، نوع خاک و پوشش گیاهی در نظر گرفته شد.

از پژوهشگران داخلی که در موضوع زمین لغزش کار کرده اند نیز می توان به موارد زیر اشاره کرد: صفاری^{۴۳} (۱۳۷۸) با استفاده از مقایسه مدل نسبت فراوانی و توابع عضویت فازی، جاده ارتباطی مریوان-سنندج را مورد پهنه بندی خطر زمین لغزش قرار دادند. به این منظور معیارهای، ارتفاع، شیب، فاصله از گسل، واحدهای سنگ شناسی، فاصله از آبراهه ها، فاصله از جاده، نوع کاربری اراضی، پوشش گیاهی، خاک و بارش را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که از میان دو روش مورد بحث، استفاده از مدل نسبت فراوانی به دلیل فازی سازی مناسب هر معیار با استناد به نقشه

43. Kanungo et al

44. Yalcin

45. Tazik

46. Dela Cerna et al

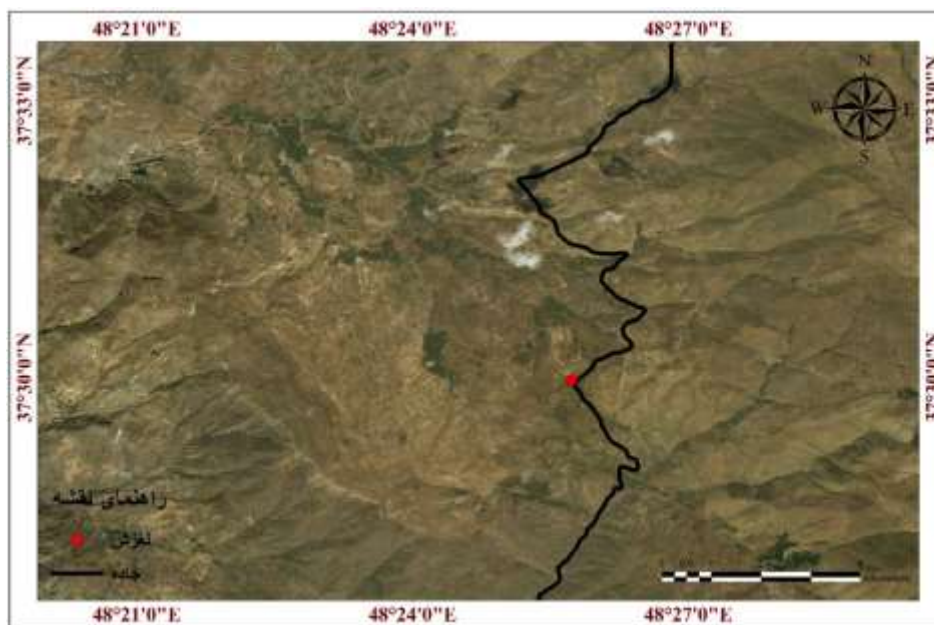
های پراکنش زمین لغزش های رخ داده و نحوه تفکیک روش مناسب تری برای پهنه بندی زمین لغزش ها در این جاده ارتباطی محسوب می شود. کرم (۱۳۸۳) با تفسیر عکس های هوایی و بررسی های میدانی، زمین لغزش های رخ داده در منطقه سرخون در شهرستان اردل در استان چهارمحال و بختیاری شناسایی کرد و با استفاده از ۱۰ معیار مؤثر در لغزش زمین (شامل شیب زمین، جهت دامنه، پوشش زمین، فاصله تا گسل های اصلی، شاخص سبزینگی، شاخص تراکم پوشش گیاهی، بارش سالانه، جنس زمین، فاصله با راه های اصلی و فاصله با رودخانه) پتانسیل وقوع زمین لغزش در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی و با مدل ترکیب خطی وزین، ارزیابی کرد و نقشه پهنه بندی وقوع زمین لغزش در حوزه آبخیز سرخون را به صورت کمی مدلسازی و پهنه بندی کرده است. همچنین برای استانداردسازی داده ها از روش فازی و برای وزندهی به معیارها از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده کرد. یافته های حاصل از پهنه بندی نشان می دهد که حدود ۳۸ درصد از اراضی محدوده مورد بررسی، پتانسیل بالایی برای وقوع زمین لغزش دارا بوده اند. فاطمی عقدا (۱۳۸۴) با توجه به خصوصیات ژئومورفولوژیکی منطقه رودبار عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش در منطقه انتخاب و با استفاده از منطق فازی به ارزیابی و پهنه بندی خطر زمین لغزش در منطقه رودبار پرداخته است و استفاده از روش فازی را به دلیل دقت بالای آن توصیه کرده اند. شادفر و همکاران (۱۳۸۶) با در نظر گرفتن عواملی همچون، شیب، جهت دامنه، طبقات ارتفاعی، گسل ها، شبکه آبراهه ای، راه های ارتباطی و سنگ شناسی، حوضه آبخیز چالکرو تنکابن را با استفاده از روش AHP از نظر خطر وقوع زمین لغزش پهنه بندی نموده و پس از تطبیق مدل تهیه شده با نقشه پراکنش زمین لغزش ها بیان داشته اند که این روش به دلیل دخالت دادن تعداد زیادی از عوامل در مقایسه با سایر روش های پهنه بندی نتیجه بهتری را ارائه می دهد. مختاری (۱۳۸۸) در مقاله ای به بررسی آثار ژئومورفیکی عملیات راهسازی در مناطق حساس ژئومورفولوژیک (مطالعه موردی: راه روستایی ارلان در شمال غرب ایران) پرداخته است. بر اساس نتایج این پژوهش، راه روستایی ارلان در مسیر خود از چهار واحد ژئومورفولوژیک مستقل با فرایندهای خاص عبور می کند: ۱- مخروط افکنه (سیلاب ها و جریانهای آواری^{۴۷}؛ ۲- میوسن قرمز (فرسایش آبکندی و زمین لغزش)؛ ۳- دره طوق مانند (افتان های سنگی، زمین لغزش و ریزش) و ۴ (فلات مرتفع (روان شدگی و زمین لغزش). وجود پوششی از نهشته های آواری و آبرفتی کواترنری بر روی رسوبات میوسن در سه واحد عمده ژئومورفولوژیک اخیر، نقش عمده ای در پایداری دامنه های اطراف کوه گچی قلعه سی ایفا می کند، ولی از بین رفتن این پوشش ها در اثر مرمت های اخیر راه ارلان و تظاهر رسوبات مارنی میوسن و استقرار راه بر روی این رسوبات، موجبات تشدید فعالیت فرایندهای ژئومورفیک از قبیل حرکات توده ای (زمین لغزش، ریزش، روان گرایی) و فرسایش شیاری و آبکندی فراهم نموده است. ساسانیپور و همکاران (۱۳۸۹) با هدف تحلیل ژئومورفولوژیکی توسعه شهری و آسیب پذیری ناشی از حرکات زمین لغزش با استفاده از مدل وزن دهی چند معیاره در حوضه رود دره فرحزاد توسعه کاربری های شهری در مناطق

لغزشی را تحلیل کردند نقشه نهایی حاصل از مدل نشان داد که شرایط ژئومورفولوژی و زمین شناسی دامنه های پرشیب در امر توسعه شهری تهران لحاظ نشده است. قهرودی تالی و همکاران (۱۳۹۱) در مقاله ای به پهنه بندی مخاطرات جاده ای با استفاده از مدل فازی (نمونه موردی: محور ارتباطی حمیل - سرآبله) پرداختند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که بیشترین مخاطرات دامنه ای در محدوده میانی محور ارتباطی و با خطر زیاد و متوسط بوده است. کریمی و نجفی (۱۳۹۱) به ارزیابی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل ترکیبی AHP-FUZZY در راستای توسعه و امنیت شهری (مطالعه موردی: منطقه یک کلان شهر تهران) پرداختند. نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش نشان داد که، مناطق دارای خطر کم و خیلی کم که ۵۰ درصد محدوده مورد مطالعه را در بر می گیرد، بیشتر منطبق بر محدوده شهری منطقه یک و خط القعر آبخیزهای منطقه یک می باشند ولی مناطق دارای خطر خیلی زیاد و زیاد بیشتر منطبق بر قسمت های شمالی و مرکزی محدوده و مناطق دامنه ای مسلط بر منطقه یک هستند. به طور کلی، هر چه از بالادست و شمال حوضه ها به سمت پایین دست و جنوب آبخیزهای منطقه یک، حرکت کنیم از میزان خطر زمین لغزش کم می شود. رجبی و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از دو مدل رگرسیون دو متغیره ارزش اطلاعاتی و تحلیل سلسله مراتبی پهنه بندی خطر زمین لغزش های ناشی از زلزله را انجام و کارایی این دو روش را مورد بررسی و مقایسه قرار دادند. در این پژوهش جاده مواصلاتی خلخال-هشتجین با توجه به خصوصیات محیطی و ویژگی های زمین شناسی و توپوگرافی آن، از نظر خطر رخداد زمین لغزش بررسی و مورد مطالعه قرار داده شد. در این پژوهش برای بررسی وضعیت پایداری دامنه های مشرف بر جاده بخشی از یک دامنه که در گذشته بر روی آن لغزش رخ داده است مورد مطالعه قرار گرفت. این لغزش با مختصات جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۹ دقیقه و ۵۵ ثانیه شمالی و ۴۸ درجه و ۲۵ دقیقه و ۵۰ ثانیه، در ۶۰ کیلومتری جاده خلخال-هشتجین از سمت خلخال قرار گرفته است و شواهد نشان می دهد با وجود قدیمی بودن لغزش، دامنه هنوز به تعادل نرسیده و بعد از هر بارش در منطقه و فراهم شدن شرایط لغزش مواد موجود در دامنه به سمت پایین دست حرکت کرده و موجب آسیب رساندن به جاده می شود.

محدوده مورد مطالعه

جاده مواصلاتی خلخال-هشتجین یکی از جاده های کوهستانی استان اردبیل است که در حد فاصل عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۲ دقیقه و ۵۶ ثانیه تا ۳۷ درجه و ۳۶ دقیقه و ۲۹ ثانیه و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۹ دقیقه و ۲۱ ثانیه تا ۴۸ درجه و ۲۹ دقیقه و ۳۸ ثانیه در بخش خورش رستم شهرستان خلخال واقع شده است. دامنه هایی با شیب زیاد و خاک ناپایدار از ویژگی های محیطی این منطقه است که در کنار خصوصیت اقلیمی با بارش زیاد حرکات دامنه ای متعدد را به خصوص در مجاورت جاده های مواصلاتی این منطقه را موجب می شود که علاوه بر مخاطرات متعددی

که برای خودروهای عبوری ایجاد می کند باعث به وجود آمدن خسارتهای فراوانی نیز به زیرساختهای منطقه می شود.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

همان طور که در شکل ۱ مشخص است بیشتر طول جاده در بخش مرتفع و کوهستانی بالای ۱۸۰۰ متر قرار گرفته که همین امر یکی از عوامل فعال بودن حرکات دامنه ای مشرف بر جاده است.

داده و روش تحقیق

بررسی این دامنه فعال مبتنی بر کارهای میدانی و نقشه برداری زمینی با مقیاس ۱/۵۰۰ از محدوده لغزش با استفاده از دوربین نقشه برداری توتال استیشن انجام شد و با استفاده از داده های به دست آمده مدل رقومی ارتفاعی با دقت ۵ سانتی متر تهیه شد. در کنار بررسی شرایط ژئومورفولوژیک دامنه فعال، شرایط توپوگرافی، زمین شناسی و خاک شناسی منطقه نیز با استفاده از آخرین نقشه های تهیه شده از منطقه در مقیاس های ۱/۲۵۰۰۰ و ۱/۱۰۰۰۰۰ منطقه مورد بررسی و مطالعه قرار می گیرد.

در رخدادهای زمین لغزش عوامل متعددی بسته به شرایط محیطی، زمین شناسی و ژئومورفیک در هر منطقه موثر هستند که از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد :

تغییرات ساختاری در وضعیت طبیعی زمین: این تغییرات موجب بهم خوردن تعادل نیروهای مقاوم و مخرب در

منطقه می شود مانند ترانشه زنی در جاده ها. حرکات تکتونیکی: این حرکات می توانند باعث تغییر در زاویه شیب و ایجاد درز و شکاف در دامنه گردند.

زلزله و لرزش: این عامل می تواند با اعمال ناگهانی نیرو موجب برهم خوردن تعادل توده روی دامنه شود.

اثر باران و ذوب برف: نفوذ آب در داخل ترک ها و شکاف ها می تواند باعث افزایش فشار آب منفذی و کاهش مقاومت برشی گردد.

اثرات یخ زدن و ذوب یخ: نفوذ آب و یخ زدن آن در داخل توده های سست، باعث متلاشی شدن بافت خاک شده و در زمان ذوب شدن یخ ها، به علت کاهش مقاومت برشی، حرکات توده ای اتفاق می افتد.

تراوش آب از چشمه ها یا منابع زیرزمینی: در اثر توسعه فرسایش، جریان آب افزایش پیدا کرده و سقف آبگذر ایجاد می شود که امکان دارد فروریزش کرده و لغزش را ایجاد نماید.

تغییر در شیب دامنه: این تغییر ممکن است بطور طبیعی و در نتیجه فرسایش یا رسوبگذاری صورت گیرد و یا مصنوعی و توسط انسان ایجاد شود.

تغییر در ارتفاع سطوح شیبدار: این تغییر می تواند در اثر فرسایش یا عملیات حفاری ایجاد شود.

تأثیر پوشش گیاهی: پوشش گیاهی در بعضی مواقع عامل پایداری است. اما در مواقعی دیگر می تواند محرک ناپایداری باشد.

وزن توده: از عمده ترین عوامل مؤثر در لغزش یک توده است.

تغییر کاربری زمین: نظیر تبدیل زمین های جنگلی به جاده و بزرگراه، تغییر نوع کشت و یا تبدیل مناطق شیبدار به مناطق مسکونی یا صنعتی و غیره.

شرایط ژئوتکنیکی و لیتولوژیکی: پارامترهای مقاومت برشی، نظیر چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی و پارامترهای فیزیکی خاک نظیر وزن مخصوص، میزان تخلخل و پوکی خاک در اعماق مختلف و تغییرات آن تأثیر به سزائی در وقوع لغزش دارند.

شدت هوازدهی: هوازدهی به ویژه از نوع شیمیائی آن، نقش بارز و مهمی در فراهم آوردن شرایط جهت گسیختگی شیب دارد.

طبقه بندی بر اساس درجه فعالیت

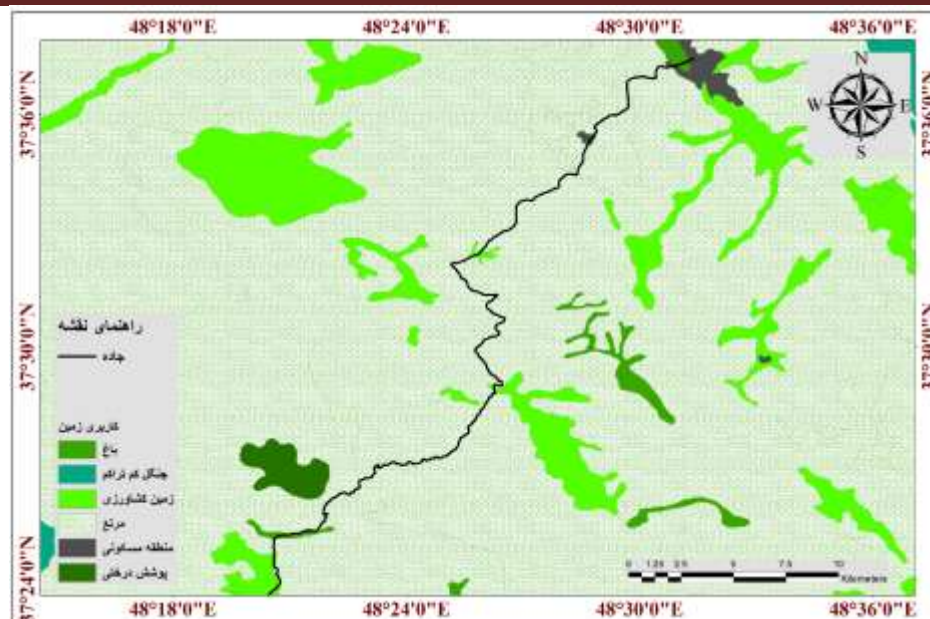
زاروبا و منکل (۱۹۶۹) زمین لغزش‌ها را بر اساس میزان تحرک و فعال بودن لغزش، به سه گروه تقسیم بندی نموده‌اند:

- لغزش‌های فعال (Active Slide)
- لغزش‌های خاموش (Dormant Slide)
- لغزش‌های پایدار شده (Stabilized Slide)

معمولاً درختان محدوده لغزش فعال عمودی نیستند، ساختمان زمین بهم خورده و ترک‌های کششی در محدوده لغزش مشهود است. افراز در رأس زمین لغزش فعال، تند و عاری از هر گونه رویش است. به‌علاوه ترک‌های باز متعدد غالباً مشاهده می‌شوند. شناخت زمین لغزش‌های خاموش مشکل است، چراکه این مناطق به‌طور کلی پوشیده از گیاه هستند و دارای افرازهای قدیمی فرسوده هستند. این زمین لغزش‌ها به‌وسیله درختانی که کج شده‌اند یا خمیده‌اند و ترک‌هایی که به‌وسیله واریزه‌ها پر شده‌اند، شناخته می‌شوند. به‌طور کلی زمین لغزش‌های خاموش می‌توانند به وسیله ایجاد ترک‌های کوچک در شرایط پایدار بر اثر عوامل تحریک کننده نظیر حفاری در پای شیب، فعال شوند. سن زمین لغزش خاموش را می‌توان به‌وسیله سن قدیمی‌ترین درختی که به‌صورت مستقیم داخل ناحیه زمین لغزش رشد کرده و نیز از روی مراحل فرسایش و شواهد دیگر تعیین کرد. لغزش‌هایی که به‌طور طبیعی یا با اقدامات پایدارسازی تثبیت شده‌اند و احتمال حرکت مجدد آنها خیلی کم است، لغزش پایدار نامیده می‌شود.

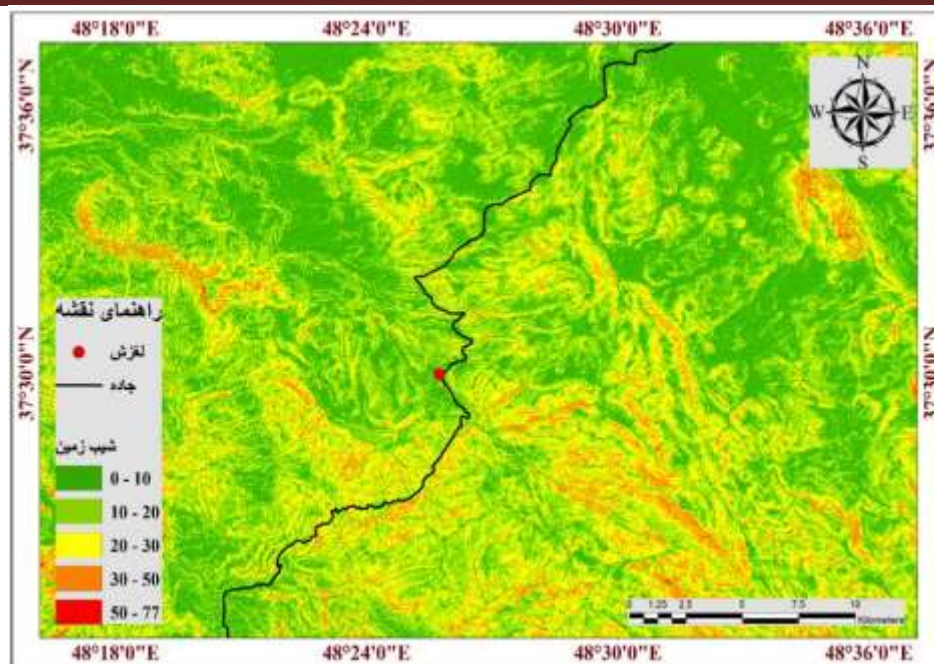
مهمترین عوامل تاثیر گذار در لغزش قزل دراخ

کاربری اراضی: طبقه بندی زمین از نظر کاربری براساس خصوصیات هر طبقه در نوع کاربری صورت می‌گیرد. به‌طور کلی کاربری‌های مرتبط با ساخت و سازهای شهری از جمله سطوح جاده‌ها دارای نفوذ پذیری کمتری هستند اما وجود چنین سطوح موجب تمرکز رواناب‌ها بر سطوحی که امکان نفوذ در آنها فراهم است می‌شود که می‌تواند در پایین دست حرکات دامنه‌ای را فعال کند. کاربری‌های با پوشش گیاهی که اغلب بصورت باغات و مراتع هستند با کاهش سرعت حرکت رواناب و افزایش ضریب نفوذ پذیری عاملی برای فعالیت‌های دامنه‌ای هستند. در منطقه مورد مطالعه کاربری زمین بصورت مرتع است که جاده در پایین دست آن کشیده شده است بنابراین منطقه مورد نظر از این جهت مستعد حرکات دامنه‌ای است (شکل ۲).



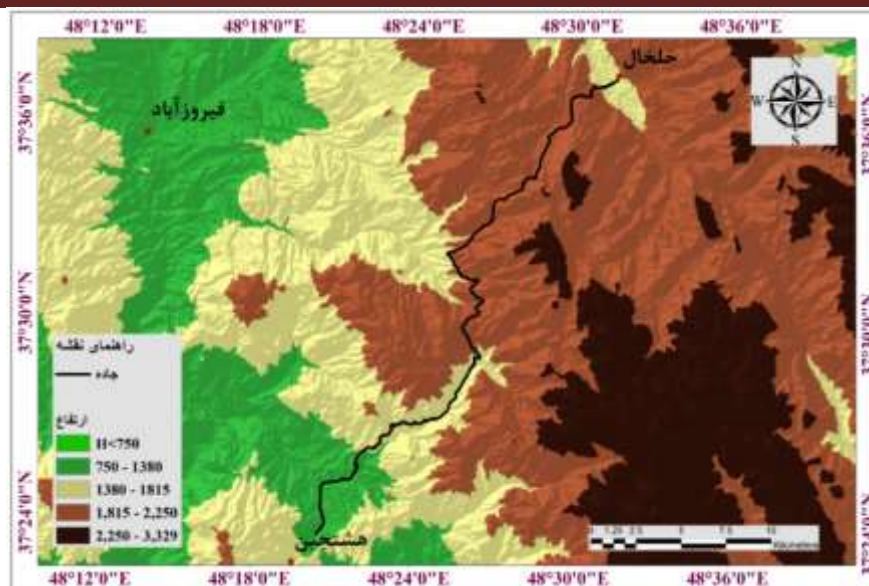
شکل ۲: کاربری زمین در منطقه مورد مطالعه

شیب زمین: به طور کلی افزایش شیب زمین موجب افزایش مقدار ضریب نیروی گرانش وارد بر مواد معلق روی دامنه شده تا جایی که این نیرو بر نیروی اصطکاک بین توده جدا شده و سطح دامنه غلبه کرده و خطر رخداد لغزش را افزایش می دهد. بررسی منطقه مورد مطالعه نشان می دهد به دلیل موقعیت کوهستانی آن دامنه های مشرف بر جاده شیب زیادی دارند و همین امر احتمال رخداد لغزش را به سمت جاده به شدت افزایش داده است به طوریکه مواد حاصل از هوازدگی دامنه ها پس از جدایی از توده اصلی و رسیدن به وزن معینی (عبور از آستانه اصطکاک سطح) به سمت پایین دامنه شروع به حرکت می کنند (شکل ۳). در محدوده مورد مطالعه شیب بین صفر تا ۷۷ درصد است و بخش هایی از جاده مورد بررسی در شیب بالای ۳۰ درصد قرار دارد.



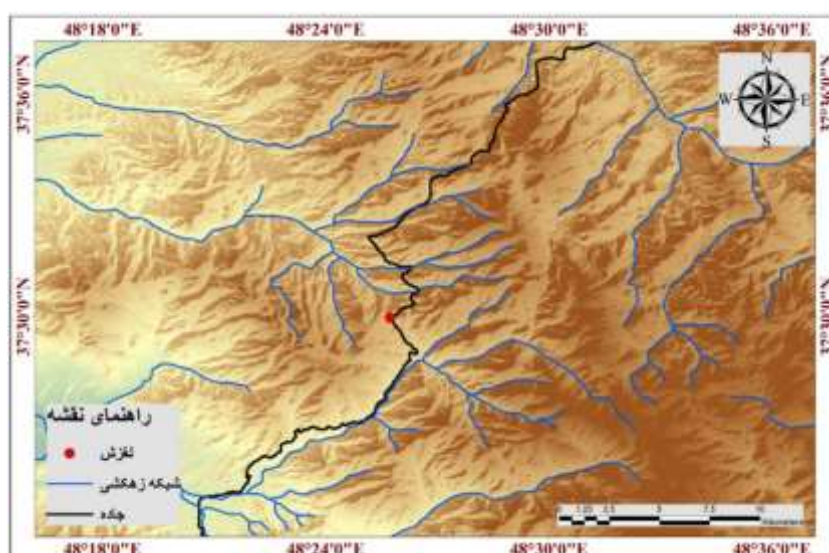
شکل ۳: وضعیت شیب زمین در منطقه مورد مطالعه

ارتفاع: یکی از عوامل اقلیمی ارتفاع است که به طور مستقیم در شرایط آب و هوایی یک منطقه تاثیر می گذارد. به طور کلی با افزایش ارتفاع مقدار دما کاهش می یابد از طرفی بدلیل کاهش ضخامت جو با افزایش ارتفاع نوسانات دمایی روزانه و فصلی افزایش می یابد که این افزایش، هوازدگی سطح را گسترش می دهد. از طرفی با افزایش ارتفاع، مقدار بارش نیز که یکی از عوامل تخریب و فرسایش سطح است افزایش می یابد. بنابراین هرچه ارتفاع یک منطقه بیشتر باشد عوامل فرسایشی در آن فعالتر بوده و مواد و توده های منفصل بر روی دامنه ها برای رخداد لغزش بیشتر فراهم می شود. منطقه مورد مطالعه بدلیل کوهستانی بودن نسبتا مرتفع است در نتیجه عناصر اقلیمی در آن بسیار فعال بوده و حرکات دامنه ای را در این مناطق گسترش می دهد (شکل ۴). در محدوده مورد مطالعه ارتفاع بین ۷۵۰ تا ۳۳۲۹ متر است و بیشتر طول جاده در ارتفاعات زیادتر است.



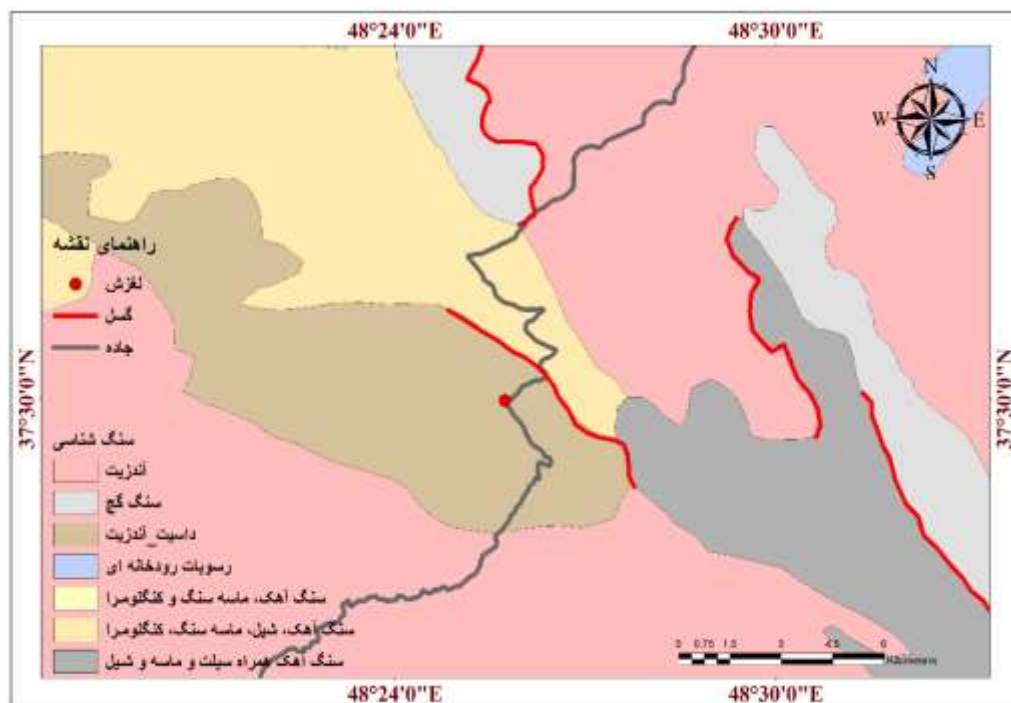
شکل ۴: طبقات ارتفاعی منطقه مورد مطالعه

شبکه زهکشی: رطوبت یکی از عوامل مهمی است که در رخداد حرکات دامنه ای و بخصوص لغزش نقش اساسی دارد. در این بین شبکه زهکشی به عنوان بازرترین شکل منبع رطوبت در سطح است که وجود آن در اطراف و سطح دامنه ها باعث کاهش چسبندگی بین ذرات تشکیل دهنده روی دامنه ها و افزایش خطر لغزش بر روی دامنه می شود. بررسی ها نشان می دهد در اطراف منطقه مورد مطالعه جریان های دائم و موقت متعددی وجود دارد که فاصله کم این جریانات با دامنه های اطراف جاده خلخال_هشتجین، موجب مستعد شدن حرکات دامنه ای به خصوص لغزش شده است (شکل ۵).



شکل ۵: پراکندگی شبکه زهکشی و آبراه های منطقه مورد مطالعه

زمین شناسی: به طور کلی جنس و میزان مقاومت سنگ و دانه بندی خاک در یک منطقه نقش موثر و مستقیمی در رخداد حرکات دامنه ای دارد و هرچه سازندهای تشکیل دهنده دامنه حساسیت پذیری کمتر و مقاومت و سختی بیشتری داشته باشند احتمال رخداد حرکات دامنه ای کمتر خواهد بود در کنار جنس سازند، تراکم گسلی نیز یکی از عواملی است که می تواند با ایجاد تنش آغازگر به حرکت دامنه ای باشد (شکل ۶).



شکل ۶: خصوصیات زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

همان طور که در شکل شماره ۶ مشاهده می شود بیشتر جاده موصلاتی خلخال-هشتجین در سازندهای آتشفشانی (آندزیت) قرار گرفته است که دارای استحکام و مقاومت مناسبی در برابر لغزش است اما برخی قسمت ها نیز در سازندهای آهکی و شیلی همراه با ماسه سنگ و کنگلومرا قرار دارد که مقاومت و استحکامی چندانی ندارد و مستعد رخدادهای دامنه ای بخصوص لغزش است. از طرف دیگر قسمت هایی از جاده به خطوط گسلی بسیار نزدیک است و در قسمتی نیز آن را قطع کرده است که این امر می تواند دامنه های مشرف به جاده را تحت تاثیر حرکات گسلی و لرزش های احتمالی قرار دهد. پس از بررسی ویژگی های کلی توپوگرافی، کاربری، هیدرولوژیک و زمین شناسی منطقه مورد مطالعه، زمین لغزش قزل درخ به عنوان نمونه موردی از نظر ژئومورفولوژی و ویژگی های کمی مورد بررسی قرار گرفت. برای این امر ابتدا براساس کارهای میدانی و نقشه برداری زمینی و با استفاده از دوربین نقشه برداری توتال استیشن نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱/۵۰۰ از محدوده لغزش تهیه شد سپس با استفاده از داده های بدست آمده مدل رقومی ارتفاعی (DEM) با دقت ۵ سانتی متر تهیه شد (شکل ۷).



شکل ۷: نقشه توپوگرافی محدوده لغزش با مقیاس ۱/۵۰۰

پس از تهیه مدل رقومی ارتفاعی پهنه لغزش، مورفومتری لغزش قزل درآخ مورد بررسی قرار گرفت. یکی از مهم‌ترین عوامل ژئومورفومتری مورد استفاده در طبقه‌بندی لغزش‌ها، نسبت حداکثر عمق توده لغزشی (D) به حداکثر طول لغزش (L) است که با استفاده از آن می‌توان نوع لغزش را مشخص کرد که براساس طبقه‌بندی پیشنهادی کروزی (۱۹۸۶) طبق جدول ۱ است:

جدول ۱: طبقه‌بندی لغزش براساس عمق

نوع لغزش	حداکثر طول/عمق (D/L)
لغزش سطحی	$D/L < 1/5$
لغزش کم عمق	$1/5 - 5$
لغزش عمیق	$5 - 20$
لغزش خیلی عمیق	$D/L > 20$

با توجه به مدل رقومی ارتفاعی لغزش قزل درخ بیشترین عمق ۵۰ متر و حداکثر طول لغزش ۱۸۰ متر است، بنابراین نسبت عمق به طول لغزش قزل درخ برابر ۰.۲۷ است که نشان دهنده سطحی بودن لغزش است بنابراین رخداد این لغزش بیشتر تحت تاثیر عوامل بیرونی و جریان آب زیرزمینی است که با شروع بارشها در منطقه افزایش می یابد و عوامل زمین ساخت بخصوص تکتونیک تاثیر چندانی در رخداد آن ندارد (شکل ۸).



شکل ۸: نمایی از زمین لغزش قزل درخ

همچنین براساس مطالعات و برداشت های میدانی و تحلیل های پایداری انجام شده، وضعیت زمین لغزش قزل درخ ناپایدار است و به خصوص در فصول مرطوب و همراه بارندگی بر اثر حرکت مواد روی دامنه جاده پایین دست مسدود می شود بنابراین جهت پایدارسازی دامنه اقداماتی باید صورت گیرد که از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد:

زهکشی زیرسطحی (گالری زهکش)

پایدارسازی بوسیله اجرای شمع

میخ کوبی بوسیله نیل

پایدارسازی بوسیله میکروپایل

زهکشی زیرسطحی به صورت گالری زهکش

با توجه به اطلاعات زیر سطحی برداشت شده از طریق ژئوفیزیک و ژئوتکنیک و همچنین اطلاعات میدانی اخذ شده مشخص شد بیشترین عامل ناپایداری به دلیل شرایط آب زیرزمینی است. به عبارتی با تخلیه آب دامنه و پایین آمدن سطح آب زیرزمینی بخش اعظمی از مشکل ناپایداری شیب حل خواهد شد و در صورتی که این طرح موجب پایداری کامل شیب نشود باید روشهای دیگر مثل شمع، نیل و میکروپایل در کنار این روش اجرا گردند.

در منطقه لغزشی قزل درخ با توجه به وضعیت ضخامت لایه آبدار، سطح لغزش، مسیر عبوری قنات اولیه و همچنین اطلاعات بدست آمده از مقطع عمقی ۷ متری مربوط به مدل سازی سه بعدی ژئوالکتریک و نمایش زون شکستگی احتمالی در محدوده قزل درخ موقعیت میله چاهها و کوره زهکش قناتی مشخص گردید. مادر چاه در این پروژه در بالای دامنه و در کنار جاده قرار دارد و عمق آن تا زیر سطح آب زیرزمینی ادامه یافته است و در ادامه بقیه چاهها طوری جانمایی شدند تا ضمن کم شدن طول کوره و میله چاههای قنات به منظور سهولت حفاری، سطح آب زیرزمینی نیز تا زیر سطح لغزش پایین آید. با توجه به مصالح ناپایدار دامنه لازم است کوره قنات و چاههای زهکش با استفاده از کولهای بتنی که دارای سوراخهایی برای خروج آب هستند پایدار گردند. طول کل کوره قنات و چاههای زهکش به ترتیب ۱۳۰ و ۸۱/۵ متر است. قطر چاههای زهکش ۸۰ سانتیمتر و عرض و ارتفاع کوره قنات به ترتیب ۸۰ و ۱۲۰ سانتیمتر است.

وضعیت پایداری شیب در قبل و بعد از اجرای زهکشی قناتی

در صورت اجرای سیستم زهکشی قناتی ضریب پایداری شیب از ۱/۱۷ به ۱/۳۳ افزایش خواهد یافت. لازم به ذکر است این در حالتی است که سطح آب حدود سه متر کاهش یابد در صورتی که سطح آب بر اساس سیستم زهکشی قناتی موجود تا زیر سطح لغزش کاهش یابد ضریب پایداری به مقدار ۱/۶۵ افزایش خواهد یافت. اما از آنجا که مصالح شیب دارای ضریب نفوذپذیری پایینی هست و لذا برای احتیاط فرض شده که سطح آب در اثر زهکشی سه تا چهار متر کاهش یابد.

نتیجه گیری

زمین لغزشها از جمله مخاطرات طبیعی هستند که همه ساله موجب خسارات جانی و مالی زیاد، به ویژه در نواحی کوهستانی می شوند. در محدوده لغزش قزل درخ وجود ترکهای کششی نشان می دهد زمین لغزش هنوز فعال است،

بنابراین زمین لغزش قزل درخ نیازمند پایداری است و برای این امر چهار روش زهکشی قناتی، اجرای شمع، نیل و میکروپایل پیشنهاد می گردد. بنابراین در مرحله اول باید عملیات زهکش عمقی (گالری زهکش) اجرا گردد و در صورت تثبیت نشدن زمین لغزش، سایر روشهای پیشنهادی اجرا شود. از بین روشهای دیگر پایداری به وسیله میکروپایل از سایر روشها اقتصادی تر است اما با توجه به ریزدانه بودن مواد دامنه ممکن است خیلی موثر نباشد.

مراجع

- احمدی، امیر، پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مطالعه موردی حوضه آبخیز چلاوه، نشریه جغرافیا، انجمن جغرافیای ایران، سال هشتم، شماره ۲۷، زمستان ۱۳۸۹.
- رجبی، علی محمد؛ خسروی، حسین، مقایسه روش های ارزش اطلاعاتی و تحلیل سلسله مراتبی در پهنه بندی خطر زمین لغزش های ناشی از زلزله، مجله علوم و مهندسی زلزله، سال سوم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵.
- ساسانیور، فرزانه؛ موسیوند، جعفر، تأثیر عوامل انسان ساخت در تشدید پیامدهای مخاطرات طبیعی در محیطهای کلانشهری با کاربرد GIS, Fuzzy Logic (مطالعه موردی منطقه ۵ تهران)، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، جلد ۱۳، شماره ۱۶، بهار ۱۳۸۹، ۱۳۸۹.
- شادفر، صمد؛ یمانی، مجتبی؛ قدوسی، جمال؛ غیومیان، جمال، پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی حوضه آبخیز چالکرو تنکابن)، مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره ۷۵، صص ۱۱۷-۱۲۶، ۱۳۸۶.
- صفاری، امیر، قابلیت ها و محدودیت های ژئومورفولوژیکی کلان شهر تهران به منظور توسعه و ایمنی، رساله دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، ۱۳۷۸.
- فاطمی عقدا، سید محمود، بررسی خطر زمین لغزش با استفاده از منطق فازی (مطالعه موردی منطقه رودبار)، مجله علوم دانشگاه تهران، جلد ۳۲ شماره ۱ صص ۴۳-۶۴، ۱۳۸۴.
- قهرودی تالی، منیژه؛ نجفی، اسماعیل؛ حسینی، هاشم، پهنه بندی مخاطرات جاده ای با استفاده از مدل فازی (نمونه موردی: محور ارتباطی حمیل - سرآبله)، اولین کنفرانس ملی ژئومورفولوژی و زیستگاه انسان، اسفندماه ۱۳۹۱، خانه اندیشمندان علوم انسانی، تهران، ۱۳۹۱.
- کرم، امیر، کاربرد مدل ترکیب خطی وزین (WLC) در پهنه بندی پتانسیل وقوع زمین لغزش (مطالعه موردی

منطقه سرخون استان چهارمحال و بختیاری، مجله جغرافیا و توسعه، پاییز و زمستان، ۱۳۸۳.

کریمی مرتضی؛ نجفی، اسماعیل، ارزیابی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل ترکیبی AHP-FUZZY در راستای توسعه و امنیت شهری (مطالعه موردی: منطقه یک کلان شهر تهران)، پژوهش های فرسایش محیطی، ۲ (۴)، ۹۵-۱۳۹۱، ۷۷.

محمودی، فرج الله، ژئومورفولوژی دینامیک، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۱۳۸۹.

مختاری، داوود، آثار ژئومورفیکی عملیات راهسازی در مناطق حساس ژئومورفولوژیک (مطالعه موردی: راه روستایی ارلان در شمال غرب ایران)، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۲۰ (۴)، ۱۷-۴۲، ۱۳۸۸.

Binaghi, E., L. Luzi., P. Madella., F. Pergalani., and A. Rampini.1998. Slope instability zonation: a comparison between certainty factor and fuzzy dempster-shafer approaches. Natural Hazards, 17: 77- 97.

Chi, K.H., N.W. Park., and C.J. Chung. 2002. Fuzzy logic integration for landslide hazard mapping using spatial data from Boeun, Korea. Symposium Geospatial Theory, Processing and Aplications, Ottawa, 2002. 6pp.

Dela Cerna, M. A., Maravillas, E. A.2016. An Application of Partitive Clustering Algorithm for Landslide Hazard Zonation, In Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists(Vol. 1).

Ercanoglu, M., and C. Gokceoglu. 2004. Assessment of landslide susceptibility or a landslide-prone area (north of Yenice, NW Turkye) by fuzzy approach. Environmental Geology, 41: 720-730.

Ercanoglu, M., C. Gokceoglu., and W.J. Van Asch.2004. Landslide susceptibility zoning of North of Yenice (NW Turkey) by multivariate statistical techniques, Natural Hazard, 32: 1-23.

Gorsevski, P. V., Jankowski, P. & Gessler, P. E.2006. Heuristic approach for mapping landslide hazard integrating fuzzy logic with analytic hierarchy process, Control and Cybernetics, 35(1) pp 121.

Kanungo, D.P., M.K. Arora., S. Sarkar., and R.P. Gupta.2006. Acomparative study of conventional, ANN black box, fuzzy and combined neural and fuzzy weightin procedures for

landslide susceptibility zonation in Darjeeling Himalayas. Engineering Geology, 85:347-366.

Schernthanner, H.2005. Fuzzy logic approach for landslide susceptibility mapping (Rio Blanco, Nicaragua). M.Sc. Thesis, Institute of Geography, NAWI, ParisLodron University Salzburg, PP. 94.

Tazik, E., Jahantab, Z., Bakhtiari, M., Rezaei, A., Alavipanah, S. K.2014. Landslide susceptibility mapping by combining the three methods Fuzzy Logic, Frequency Ratio and Analytical HierarchyProcess in Dozain basin. The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 40(2) pp 267.

Yalcin. A. 2008.GIS-based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy Process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey): Comparisons of results and confirmations. Journal of Catena, No: 72; Pp. 1 – 12.

Zhu, A.X., R.X. Wang., J.P. Qiao., Y.B. Chen., Q.G. Cai., and C.H Zhou.2004. Mapping landslide susceptibility in the three gorges area, China using GIS, expert knowledge and fuzzy logic. GIS and Remote Sensing in Hydrology, Water Resources and Environment (Proceedings of ICGRHWE held at the Three Gorges Dam, China, and September 2003). IAHS Publ. 289, 2004, 385-391.

ارزیابی ژئوتریل و ژئوتوریسم حوضه آبریز سیمینه رود (جنوب آذربایجان غربی) Geotrail and geotourism assessment of Simine River (South of west Azerbaijan)

*^۱ عادل رسولی^۴، محمدحسین رضائی مقدم^۲، سید عبدالسلام حیدری^۳، ناهید فرزین نیا^۴

۱- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز a.rasouli@tabrizu.ac.ir

۲- استاد گروه ژئومورفولوژی دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز Rezmogh@tabrizu.ac.ir

۳- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه ssalam.heydari@tabrizu.ac.ir

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه nahidfarzinnia@yahoo.com

چکیده

این پژوهش بر روی ژئوتوریسم متمرکز است که جایگاه ویژه‌ای در بخش گردشگری پایدار دارد و از سوی نشنال ژئوگرافیک به عنوان نوعی از گردشگری تعریف شده که به حفظ یا تقویت ویژگی‌های جغرافیایی شامل فرهنگ، زیبایی‌شناسی، میراث زمین و رفاه ساکنان یک منطقه می‌پردازد. ژئوسایت‌ها علاوه بر ارزش‌های علمی، دارای ارزش‌های حفاظتی، فرهنگی، زیبایی، اجتماعی و اقتصادی نیز می‌باشند. براین اساس در تحقیق حاضر ژئوسایت‌های حوضه آبریز سیمینه رود مورد مطالعه قرار گرفته شده‌اند. با توجه به اهمیتی که ژئوسایت‌ها در توسعه مناطق دارند در این پژوهش سعی بر آن شده است تا ژئوسایت‌های این حوضه آبریز و همچنین مناطق مستعد توسعه ژئوتریل در این منطقه مورد ارزیابی قرار گیرند. برای این منظور ۱۱ ژئوسایت در منطقه مورد مطالعه انتخاب شده است و سپس با استفاده از روش کامنسکو با توجه به معیارها و زیرمعیارهایی که این روش دارد به ارزیابی آن‌ها پرداخته شده است. روش کامنسکو تأکید بیشتری بر ویژگی‌های زیبایی و چشم‌انداز دارد به همین دلیل ژئوسایت‌هایی مانند غار سهولان و پارک ساحلی که از نظر چشم‌انداز و زیبایی وضعیت مناسب دارند، در این روش دارای رتبه‌های ۱ و ۲ هستند. ژئوتریل کیوه‌رش به برده زرد با طول ۶ کیلومتر و دارا بودن انواع ویژگی‌های طبیعی و انسانی در طول مسیر و چشم‌اندازهای زیبا و همچنین وجود دو ژئوسایت در مسیر و مشرف به ژئوسایت پارک ساحلی و دشت بوکان یک مسیر توریسمی و گردشگری محسوب می‌شود.

کلمات کلیدی: ژئوسایت، ژئوتوریسم، ژئوتریل، کامنسکو

گردشگری با ویژگی‌های توسعه مدارانه خود نقش مهمی در اقتصاد کشورهای جهان ایفا می‌نماید (مونواری و فریدونی، ۲۰۰۸) و از گردشگری به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل توسعه در جوامع یاد می‌شود (حسام، ۱۳۹۵). ژئوسایت‌ها از مفاهیم جدیدی هستند که با تأکید بر تعیین مکان‌های ویژه وارد ادبیات گردشگری شده‌اند (لنیکس^{۴۹}، ۲۰۰۹). از دیدگاه حفاظتی، به ژئوتوریسم^{۵۰} به‌عنوان نوعی از اکوتوریسم توجه می‌شود که بر ژئومورفوسایت‌ها تأکید دارد و از دیدگاه اقتصادی، به میراث زمین به‌عنوان پایه‌ای برای توسعه گردشگری توجه می‌شود (رینارد، ۲۰۰۸). در این دهه شاهد افزایش علاقه به رویدادهای زمین‌شناسی و توسعه ژئوتوریسم به‌عنوان ابزاری برای حفاظت از میراث‌های زمین هستیم (کاراویلا و دوران^{۵۱}، ۲۰۰۹). با توجه به نقش و اهمیت ژئوتوریسم در توسعه گردشگری، در سال‌های اخیر مطالعات زیادی در این زمینه در ایران و جهان صورت گرفته است: از جمله تحقیقات خارجی می‌توان به کوبالیکو و کیرچنر^{۵۲} (۲۰۱۶) اشاره کرد که با استفاده از روش کوبالیکو به ارزیابی ژئوسایت‌های شرق کشور جمهور چک پرداختند. فاسیلوس و همکاران^{۵۳} (۲۰۱۱) برای ارزیابی ژئومورفوسایت‌های ژئوپارک سیلوریتیس یونان از ۶ معیار اصلی استفاده کرده‌اند و در پایان ارزش‌های علمی، حفاظتی و گردشگری هر ژئوسایت به تفکیک مشخص و معین شده است. ووجیسیچ و همکاران^{۵۴} (۲۰۱۳) در صربستان به طراحی روش ارزیابی Gam پرداختند که به ارزش‌های گردشگری توجه بیشتری داشت. در این پژوهش به این نتیجه رسیدند که ژئومورفوسایت‌های این کوهستان از نظر ارزش علمی و در کل، از نگاه ارزش‌های اصلی بسیار ارزشمند بوده و به لحاظ ارزش‌های کارکردی در وضعیت خوبی قرار ندارند و باید بیشتر روی این ارزش‌ها و توسعه پایدار فعالیت کرد. کامنسکو و همکاران^{۵۵} (۲۰۱۲) ناحیه حفاظت‌شده پونورا را مورد مطالعه قراردادند. در این پژوهش پنج شاخص علمی، زیبایی‌شناختی، فرهنگی، اقتصادی و مدیریتی، برای ارزیابی ژئومورفوسایت معرفی شده و سپس با تعریف معیار برای هر کدام از شاخص‌ها، امتیازبندی شده است. در ایران نیز پژوهش‌های مختلفی در بخش‌هایی از کشور صورت گرفته است که از جمله آن‌ها می‌توان به شایان و همکاران (۱۳۹۲) اشاره کرد که توانمندی ژئومورفوسایت‌های کرج-چالوس تا تونل کندوان را با استفاده از روش کامنسکو مورد مطالعه قراردادند. نتایج این پژوهش نشان داد که بررسی توانمندی‌های ژئومورفوسایت می‌تواند به‌عنوان یک سند در برنامه‌ریزی و مدیریت محیطی جهت توسعه پایدار گردشگری باشد. سلمانی و همکاران (۱۳۹۴) به ارزیابی ژئومورفوسایت‌های شهرستان طبس پرداختند. در این پژوهش از روش GAM استفاده شده و ۵۰

⁴⁹-Ielenicz

⁵⁰-Geotourism

⁵¹-Carvavila & Duran

⁵²-Kubalíková & Kirchner

⁵³-Fassoulas et al

⁵⁴-Vujicic et al

⁵⁵-Comanescu et al

ژئوسایت در شهرستان طبس شناسایی و مورد ارزیابی قرار گرفته شده است. در این تحقیق حوضه آبریز سیمینه رود از نظر ژئوتریل و ژئوتوریسم با روش کامنسکو مورد ارزیابی قرار گرفته است.

مواد و روش

پس از مطالعه و شناسایی ویژگی‌های ژئوسایت‌ها، با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای، بهره‌گیری از پیمایش‌های میدانی در منطقه مورد مطالعه اقدام به شناسایی اولیه از ژئوسایت‌های دارای پتانسیل گردشگری شد. از این‌رو ۱۱ ژئوسایت که دارای پتانسیل مختلف گردشگری بودند شناسایی شد. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات و داده‌ها از روش توصیفی-تحلیلی استفاده است و نوع پروژه کاربردی است. و بر اساس نتایج به دست آمده که حاصل ارزیابی ارزش‌ها و معیارهای ژئوتوریسم می‌باشد، تحلیل نهایی صورت می‌گیرد. برای گردآوری اطلاعات از روش‌ها و مطالعات میدانی و همچنین مطالعات کتابخانه‌ای و اسنادی استفاده شده است. در تحقیق صورت گرفته اطلاعات کتابخانه‌ای و میدانی، ارزش کلی ژئوتوریسم منطقه را تعیین می‌کنند. در این پژوهش از مدل ارزیابی کامنسکو استفاده شده است.

مدل ارزیابی کامنسکو

این روش را کامنسکو در سال ۲۰۱۱ مطرح کرده است و بیشتر بر ویژگی‌های زیبایی و چشم‌انداز تأکید دارد. از این روش برای ارزیابی ژئوسایت‌ها استفاده شده است. مدل کامنسکو بر مبنای پنج معیار علمی، زیباشناختی، فرهنگی، اقتصادی و مدیریتی بنانهاده شده است که هر معیار در مجموع ۲۰ امتیاز دارد و جمع همه معیارها امتیاز ۱۰۰ را برای ژئوسایت در بالاترین حد ممکن در نظر گرفته است. (جدول ۱). در واقع، ارزیابی کیفی بهره‌مندی‌های علمی، چشم‌انداز و یا اقتصادی سایت‌های ژئومورفولوژیکی و ارزش گردشگری آن برای مردم بازگوکننده‌ی توانمندی‌های ژئوسایت است. ارزیابی ژئوسایت‌ها بر مبنای معیارهای پیشنهاد شده در جدول ۱ با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌گردد.

فرمول ارزش کلی روش کامنسکو ارزش کلی = (ارزش علمی + ارزش زیباشناختی + ارزش فرهنگی + ارزش اقتصادی + ارزش مدیریتی)

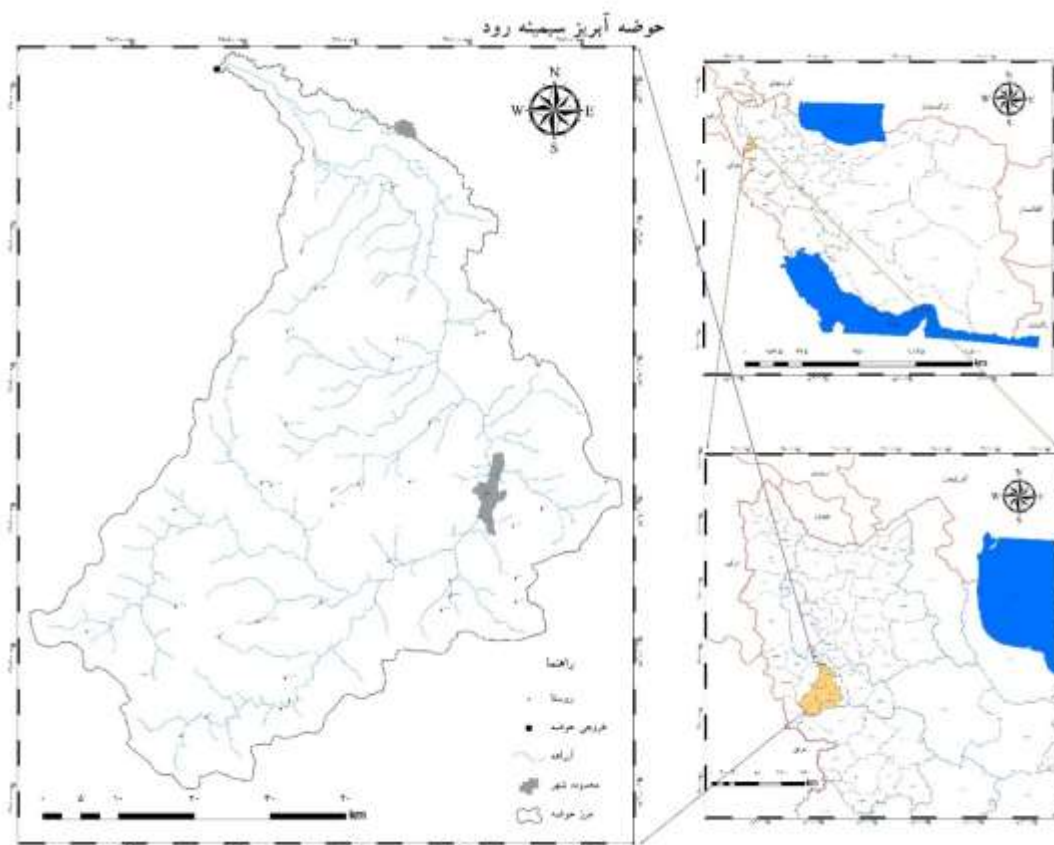
جدول ۱. معیارها و امتیازهای مورد استفاده برای ارزیابی ژئوسایت‌ها در مدل کامنسکو^{۵۶} و همکاران (۲۰۱۱)

ارزش علمی	ارزش زیبایی	ارزش فرهنگی	ارزش اقتصادی	مدیریت و استفاده
۲۰ امتیاز	۲۰ امتیاز	۲۰ امتیاز	۲۰ امتیاز	۲۰ امتیاز
بهره پالئوژئوگرافیک	قابلیت دیدن	ویژگی‌های فرهنگی	قابلیت دسترسی	درجه حفاظت
۳ امتیاز	۴ امتیاز	۴ امتیاز	۴ امتیاز	۴ امتیاز
معرف بودن	ساختار فضایی	ویژگی‌های تاریخی	زیرساخت	سایت‌های حفاظت‌شده
۲ امتیاز	۴ امتیاز	۴ امتیاز	۴ امتیاز	۳ امتیاز
نادر بودن	کنتراست رنگ	ویژگی‌های مذهبی	تعداد بازدیدکننده سالانه	آسیب‌پذیری/ریسک‌های طبیعی
۲ امتیاز	۴ رنگ	۴ امتیاز	۴ امتیاز	۳ امتیاز
یکپارچگی	اختلاف سطح	ویژگی‌های ادبی/شمالی گرافیکی	پتانسیل اقتصادی	شدت استفاده
۲ امتیاز	۴ امتیاز	۲ امتیاز	۴ امتیاز	۴ امتیاز
میزان شناخت علمی	قالب‌بندی چشم-انداز	مظاهر فرهنگی/جشنواره	تعدادی از انواع و اشکال استفاده (جامع توریستی)	استفاده از ارزش فرهنگی، زیباشناختی و اقتصادی
۳ امتیاز	۴ امتیاز	۲ امتیاز	۴ امتیاز	۳ امتیاز
استفاده در مقاصد آموزشی	-	ارزش نمادین	-	ارتباط برنامه‌ریزی با سیاست‌های
۳ امتیاز	-	۴ امتیاز	-	۳ امتیاز
ارزش اکولوژیک				
۳ امتیاز				
دایورسیتی (تنوع)				
۲ امتیاز				

⁵⁶- Comanescu

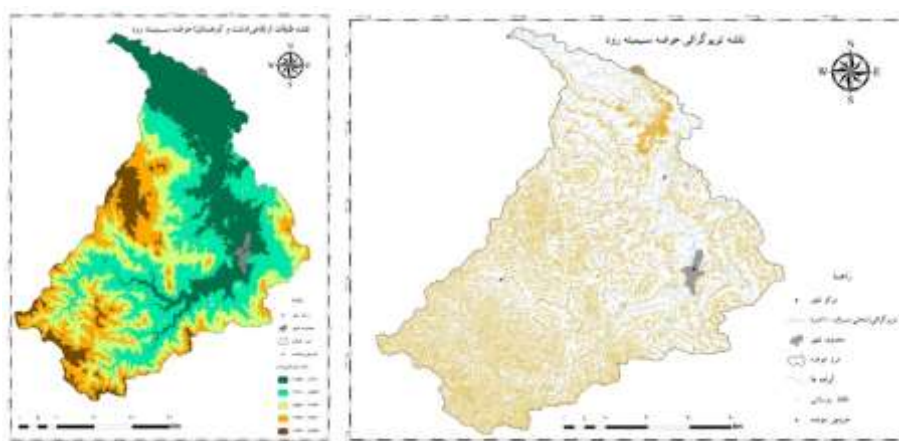
منطقه مورد مطالعه

حوضه سیمینه رود بین مختصات ۳۶ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۰۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی در شمال غرب ایران واقع شده است (شکل ۱). و جزئی از حوضه دریاچه ارومیه محسوب می‌گردد. مساحت آن ۳۵۴۸ کیلومتر مربع و محیط آن نیز برابر با ۳۸۶ کیلومتر است. محدوده این حوضه شامل قسمتهایی از شهرستان‌های بوکان، مهاباد، میاندوآب و سردشت در استان آذربایجان غربی و قسمتی از شهرستان‌های سقز و بانه در استان کردستان می‌شود که بیشترین سهم مربوط به شهرستان بوکان است. و از این حوضه رودخانه دائمی سیمینه رود شکل گرفته که پس از سرچشمه گرفتن از کوه‌های کاولان، خلیفان، قره‌قا، سارده-کوستان، استاد مصطفی، دامنه شرقی گردنه زمزیران، کانی‌رش، خورخوره و... که در پایین دست روستایی به نام قره‌گویز به هم می‌رسند (به غیر از زیر حوضه کانی‌رش که در دشت مجیدخان به سیمینه رود می‌پیوندد) و سپس با عبور از وسط شهر بوکان و طی کردن مسیر به سمت شمال و گذشتن از کنار شهر میاندوآب به دریاچه ارومیه می‌ریزد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز سیمینه رود

ارتفاع محدوده از ۱۲۵۶ متر شروع شده و تا بالای ۲۵۰۰ متر ادامه دارد. مناطق با ارتفاع کمتر در شمال و مرکز حوضه قرار دارند. بیشترین ارتفاع در دو منطقه غرب حوضه و جنوب غربی قرار دارند که دارای ارتفاع بیشتر از ۲۵۰۰ متر می باشند. در کل دامنه ارتفاعی حوضه از دشت های میاندوآب و بوکان با ارتفاع ۱۲۵۶ متر شروع شده و به کوهستان های طرغه، آمالو (غرب حوضه) و ارتفاعات دامنه شرقی گردنه زمیران و منطقه گورک مهاباد و بوکان با ارتفاع بیش از ۲۳۰۰ متر منتهی می گردد (شکل ۲).



شکل ۲. تحلیل داده توپوگرافی (نقشه راست=خطوط تراز، نقشه چپ=ارتفاع حوضه دشت و کوهستان)

ژئوتریل پیشنهادی در حوضه سیمینه رود

ژئوتریل ها بهترین مسیرهای پیاده یا سواره برای دسترسی به سایت های زمین شناسی و ژئومورفیکی هستند و به عنوان یکی از روش های حفاظت، ایجاد و ساخت مسیرهای مخصوص بازدید در پارک های ملی، طبیعی و ژئوپارک ها طراحی و مورد استفاده قرار می گیرند. لازم به ذکر است، استفاده از ژئوتریل ها یکی از بهترین روش ها برای تنظیم ترافیک، جلوگیری از پراکندگی و بی نظمی بازدیدکنندگان و در نهایت کاهش تخریب محیط زیست است. در ژئوتریل پیشنهادی کیوه رش به برده زرد در غرب شهر بوکان امکانات رفاهی، خدماتی وجود دارد. در مسیر فروش انواع محصولات محلی و ارگانیک به چشم می خورد و در طول مسیر ۶ کیلومتری ژئوتریل نمای کامل شهر بوکان و دشت زیبای آن مشاهده می گردد. رودخانه سیمینه رود، سبزی خانه های حاشیه رودخانه، پارک ساحلی، آبشار دست ساز کیوه رش، جنگل کیوه رش، روستای تفریحی-گردشگری کوسه، آرامگاه کوهنورد (مقبل هنرپژوه) و اراضی کشاورزی و باغی دامنه های پایین دست در این مسیر ۶ کیلومتری نمایان هستند. مسیر در فصول خشک هیچ مشکلی ندارد اما در فصل بارندگی از روستای کوسه تا بالای کوه برده زرد (۳ کیلومتر) گل ولای می شود که در سالیان آینده با توجه به استقبال فراوان از این

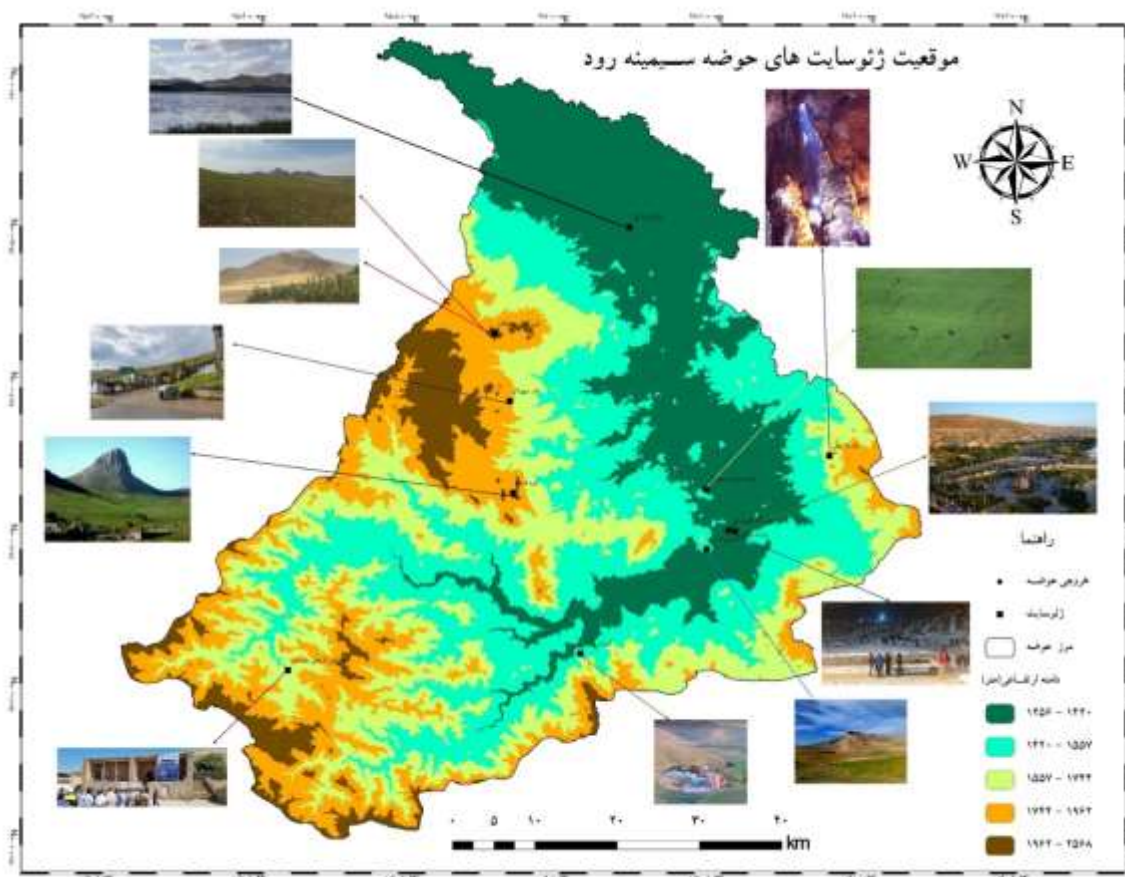
مسیر این مشکل نیز حل خواهد شد و عبور و مرور در تمام سال مهیا خواهد شد (شکل ۳).



شکل ۳. ژئوتربل کیوه رش به برده زرد

ژئوسایت های حوضه آبریز سیمینه رود

ژئوسایت های حوضه آبریز سیمینه رود برای بهره برداری با رویکرد گردشگری پایدار نیازمند شناسایی و معرفی هستند. این ژئومورفوسایت ها که از نظر موقعیت جغرافیایی در مناطق مختلف حوضه تشکیل شده اند به دلیل تنوع مورفولوژیکی، دارای شرایط متنوعی در چگونگی شکل گیری عوارض هستند. برای این تحقیق ۱۱ ژئوسایت شناسایی شده و همه این ژئوسایت ها در داخل حوضه آبریز سیمینه رود است (شکل ۴). به دلیل گستردگی حوضه (۳۵۴۸ کیلومتر مربع) تعداد عوارض و پدیده های طبیعی و انسانی که بتوان برای ژئوسایت انتخاب کرد، بسیار زیاد بوده است اما تیپیک ترین و مهم ترین پدیده ها و عوارض انتخاب شده اند.



شکل ۴. موقعیت ۱۱ ژئوسایت انتخاب شده در حوضه سیمینه رود

نتایج

در حوضه سیمینه رود ژئوسایت هایی که در جدول ۲ مشاهده می شوند بر اساس ۵ معیار مختلف روش کامنسکو مورد ارزیابی قرار گرفتند. ۱۱ ژئوسایت در مناطق مختلف حوضه سیمینه رود دارای امتیازهای متفاوت در هر بخش هستند. بر اساس نتایج جدول در زمینه ارزش علمی ژئوسایت های غار سهولان و غار قلاچی به دلیل وجود اشکال متنوع کارستی و مطالعه ژئومورفولوژی و زمین شناسی بالاترین امتیاز را به خود اختصاص داده اند. در ارزش زیبایی رتبه اول به غار کارستی سهولان و بعد از آن به پارک ساحلی بوکان رتبه دوم اختصاص پیدا کرده است. در ارزش فرهنگی روستای تاریخی سویناس دارای بیشترین ارزش است. در ارزش اقتصادی به دلیل جذب گردشگر و درآمدزایی در سطح محلی و منطقه ای پارک ساحلی و غار سهولان دارای امتیاز بیشتر نسبت به ژئوسایت های دیگر هستند. و در نهایت در ارزش مدیریت ژئوسایت های امتیاز بالا کسب کردند که سازمان هایی برای حفظ آن متولی آن هستند. غار سهولان به دلیل میراث طبیعی پایدار آن که زیر نظر وزارت میراث فرهنگی بوده و تالاب قره گل که زیر نظر سازمان حفاظت محیط زیست هستند دارای بالاترین امتیاز در این بخش هستند.

جدول ۲. ارزیابی ارزش ژئوسایت های حوضه آبریز سیمینه رود با مدل کامنسکو

رتبه	ارزش ها	ارزش علمی (امتیاز از ۲۰)	ارزش زیبایی (امتیاز از ۲۰)	ارزش فرهنگی (امتیاز از ۲۰)	ارزش اقتصادی (امتیاز از ۲۰)	ارزش مدیریت و استفاده (امتیاز از ۲۰)	امتیاز کلی (امتیاز از ۱۰۰)
	نام ژئوسایت						
۶	تالاب قره گل	۱۱/۵	۱۱	۱۰	۹	۱۵	۵۶/۵
۱۱	کوه سلطان و المالو	۴	۸	۱۱	۷	۸	۳۸
۱	غار سهولان	۱۹	۱۷	۱۲	۱۴	۱۵	۷۷
۷	کوه طرغه	۹	۱۳	۹	۱۱	۹	۵۱
۸	روستای سویناس	۱۰	۸	۱۴	۸	۱۰	۵۰
۱۰	خانقاه و کانی گراوان زنیل	۱۰	۷	۹	۶	۷	۳۹
۹	کوه برده زرد	۹	۱۳	۷	۸	۷	۴۴
۵	کوه کیوه رش	۹	۱۴	۸	۱۵	۱۲	۵۸
۲	پارک ساحلی	۸	۱۵	۱۰	۱۶	۱۳	۶۲
۴	دشت سوتاو حمامیان	۱۴	۱۲	۱۱	۹	۱۳	۵۹
۳	غار و تپه قلایچی	۱۶	۱۱	۹	۱۰	۱۴	۶۰

بحث و نتیجه گیری

حوضه آبریز سیمینه رود در شمال غرب ایران و در جنوب دریاچه ارومیه واقع شده است و یکی از زیر حوضه های دریاچه ارومیه است. وسعت زیاد این حوضه با ۳۵۴۸ کیلومترمربع، محدوده ۶ شهرستان (بوکان، مهاباد، میاندوآب، سردشت، سقز و بانه) و دو استان (آذربایجان غربی و کردستان) را دربر می گیرد. در این حوضه اشکال متنوع ژئومورفولوژیکی و زمین شناسی همراه با نقش انسان بسیار زیاد و مشهود هستند. در این تحقیق برای ارزیابی ژئوتوریسم و ژئوتوریل از ژئوسایت های تیپیک و دارای پتانسیل بالا برای توسعه گردشگری استفاده شده است به همین دلیل ۱۱ ژئوسایت با درجه تکامل بالا انتخاب شده اند. بهترین مسیر برای ژئوتوریل در این حوضه فاصله بین ۲ ژئوسایت کیوه رش و برده زرد می باشد که مسیر پیاده روی آن با انواع اشکال متنوع جغرافیای طبیعی و انسانی پوشانده شده است و در مسیر انواع امکانات رفاهی و خدماتی نیز وجود دارد. در این مسیر ژئوتوریل پیشنهادی، جنگل های کیوه رش، آبشار دامنه کوه کیوه رش، روستای گردشگری کوسه، مزارع سبزیجات و انواع میوه ها، رودخانه سیمینه رود، پارک ساحلی، دشت حاصلخیز بوکان، فضای تمام شهر بوکان، انواع محصولات و صنایع دستی محلی خودنمایی کرده و در این فاصله ۶ کیلومتری قابل مشاهده از نزدیک می باشند. در ارزیابی کلی ۱۱ ژئوسایت حوضه آبریز سیمینه رود، ژئوسایت سهولان با کسب ۷۷ امتیاز از ۱۰۰ امتیاز رتبه اول ارزش را در مدل کامنسکو به دست آورده که دلیل اصلی به ارزش بالای علمی، زیبایی و مدیریت آن برمی گردد. ژئوسایت های پارک ساحلی، غار و تپه قلاچی، دشت حمامیان و کوه کیوه رش با اختلاف کمی نسبت به یکدیگر در رتبه های ۲ تا ۵ قرار گرفته اند. در پارک ساحلی ارزش بالای زیبایی و اقتصادی، در غار و تپه قلاچی و دشت حمامیان ارزش علمی و مدیریت و در ژئوسایت کیوه رش ارزش زیبایی و اقتصادی بالاترین امتیازها را نسبت به دیگر ژئوسایت ها به خود اختصاص داده اند. در مقابل ژئوسایت های کوه سلطان و زنبیل با امتیاز کمتر از ۴۰ از ۱۰۰ در پایین ترین ارزش کلی بر اساس مدل کومانسکو قرار گرفتند. در نهایت بر اساس نتایج به دست آمده، برنامه ریزی و مدیریت اصلی باید در ژئوسایت هایی صورت گیرد که بالاترین امتیاز را کسب کرده و همچنین برای حفاظت از این آثار با ارزش اقدامات عملی صورت گیرد. درواقع با وجود جاذبه های متنوع طبیعی، چشم اندازهای بکر و وضعیت اقلیمی مناسب در حوضه سیمینه رود، کمتر به صنعت توریسم توجه شده است که همین امر سبب شده تا ژئوسایت های این حوضه اغلب به صورت ناشناخته به خصوص برای افراد غیربومی باشد. بر این اساس ضروری است که اقدامات لازم جهت توسعه این صنعت مهم در حوضه آبریز سیمینه رود صورت گیرد.

مراجع

حسام، مهدی (۱۳۹۵). سنجش نگرش جامعه میزبان به تأثیرات اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی توسعه گردشگری. مطالعه موردی: روستاهای بخش لاریجان شهرستان آمل، سال ۶، شماره ۲۱، صص ۴۵-۶۰.

سلمانی، محمد، حسنعلی فرجی سبکبار، محمد ناظمی و حسن اروچی (۱۳۹۴). ارزیابی توانمندی ها و کاربری های ژئومورفوسایت ها (مطالعه موردی: ژئومورفوسایت های شهرستان طبس)، فصلنامه پژوهش های جغرافیای انسانی، دوره ۴۷، شماره ۹۱، صص ۱۷۷-۱۹۲.

شایان، سیاوش، معصومه بنی صفار، غلامرضا فضلی و نفیسه فضلی (۱۳۹۲). ارزیابی توانمندی توسعه گردشگری پایدار ژئومورفوسایت ها با تاکید بر روش کامنسکو، مطالعه موردی: ژئومورفوسایت های مسیر گردشگری کرج - چالوس تا تونل کندوان)، مجله برنامه ریزی و گردشگری، دوره ۲، شماره ۵، صص ۷۷-۹۲.

Monavari, S.M. and Feraidoni, A. (2008). Kakarza regional talent identification for evaluation of ecological tourism with the help of GIS, the fourth national conference of environmental strategies and improve them, pp:27-31.

Ielenicz, M. (2009). Geotope, Geosite, Geomorphosites, the Annals of Valahia University of Târgoviște, Geographical Series, Tome 9 /2009.

Kubalíková, L. and Kirchner, K. (2016). Geosite and Geomorphosite Assessment as a Tool for Geoconservation and Geotourism Purposes: a Case Study from Vizovická vrchovina Highland (Eastern Part of the Czech Republic), Geoheritage, 8:5-1.

Fassoulas, C & Mouriki, D & Dimitriou -Nikolakis, P & Iliopoulos, G (2011); Quantitative Assessment of Geotopes as an Effective Tool for Geoheritage Management; geoheritage, V 4, Issue 3, pp 177-193.

Vujcic; Miroslav D.; Vasiljevic, Djordjije. A; Markovic, Slobodan B; Hose; Thomas A; Lukic, Tin; Hadzic, Olga; Janicevic, Sava (2011). —Preliminary Geosite Assessment Model

(GAM) And Its Application On Frusak Gora Mountain, Potential Geotourism Destenation Of Serbia, Acta geographica Slovenica, 51(2), pp: 361-377.

Carcavilla, L., Duran Juan, J., Garcia-Cortes, A. and Lopez-Martinez, J., (2009), Geological Heritage and Geoconservation in Spain: Past, Present and Future, Geoheritage, Vol. 1, No. 2-4, PP. 75°91.

Reynard, E., (2008), Scientific Research and Tourist Promotion of Geomorphological Heritage, Geogr. Fis. Dinam. Quat, Vol. 31, No. 2, PP. 225-230.

Comanescu. L.A., Nedelea, R. Dobr. 2012. The Evaluation Of Geomorphosits from the Ponoare protected area, Journal of Geography, Vol., XI(1).

Comanescu, L. Nedelea, A. . Dobre, R. (2011) Evaluation of geomorphosites in Vistea Valley (Fagaras Mountains-Carpathians, Romania), International Journal of the Physical Sciences Vol. 6(5), pp. 1161 -1168, 4 March, 2011.

ارزیابی شاخص‌های آب با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای لندست در گوگل ارث انجین (مطالعه موردی: رودخانه ارس از سد خدا آفرین تا شهرستان آسلاندوز)

Evaluation of water indicators using the processing of Landsat satellite images in Google Earth Engine

(Case study: Aras River from Khoda Afrin Dam to Aslandoz city)

^۱موسی عابدینی، ^۲ابوذر صادقی

^۱دانشگاه محقق اردبیلی اردبیل، musaAbedini@uma.ac.ir

^۲دانشگاه محقق اردبیلی اردبیل، aboozarsadeghi1993@gmail.com

چکیده

آب بخش مهمی از زندگی انسان است و بدون آن بقای موجودات زنده در این سیاره غیر ممکن می‌باشد. داده‌های سنجش از دور در مطالعات استخراج پهنه‌های آبی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این مطالعه به بررسی توانایی ماهواره لندست با اعمال شاخص‌های مربوطه، به شناسایی رودخانه ارس (سد خداآفرین تا شهرستان آسلاندوز) و مقایسه این شاخص‌ها پرداخته می‌شود. در این پژوهش با استفاده از تصاویر لندست ۹ و از شاخص‌های $LSWI_{plus}$, $MNDWI_{plus}$, $NDWI_{plus}$, WRI , $AWEI_{sh}$, $AWEI_{nsh}$, $MNDVI$, $NDVI$ استفاده شد. در این تحقیق با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین ابتدا با استفاده باند پانکروماتیک تصویر محدوده مورد مطالعه تبدیل به ۱۵ متری شد و سپس تمامی شاخص‌ها برای محدوده مورد مطالعه محاسبه شد و سپس نتیجه نهایی دانلود شد و در محیط نرم‌افزار $ENVI$ هیستوگرام تصاویر محاسبه شد. با استخراج آستانه بهینه از هیستوگرام شاخص‌ها و اعمال این آستانه، منطقه مورد مطالعه به دو کلاس آب و غیر آب طبقه‌بندی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که می‌توان با استفاده از داده‌های سنجش از دور محیط‌های آبی را شناسایی کرده و به مطالعه آن‌ها پرداخت.

کلمات کلیدی: لندست ۹، شاخص آب، رودخانه ارس، $MNDVI$, $NDVI$.

آب بخش مهمی از زندگی انسان است و بدون آن بقای موجودات زنده در این سیاره غیر ممکن می باشد؛ منابع آب شامل رودخانه ها، دریاچه ها، سدها، چاه ها و دریاها می باشد (اصغری و همکاران، ۱۳۹۷). سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در شناسایی و تجزیه و تحلیل تغییرات در زمینه های مختلف علوم زمین از جمله ژئومورفولوژی کاربرد گسترده ای دارند (حسین زاده و همکاران، ۱۳۹۰). بدین منظور در راستای کشف و آشکارسازی تغییراتی که در مناطق مختلف کره زمین اتفاق می افتد می توان با اطمینان از تکنولوژی RS و تصاویر متوالی ماهواره ای در اشکال خاص استفاده کرده، شناخت دقیق تری را از رفتار و اصول حاکم بر رودخانه ها به دست آورد (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۱). از آنجا که بررسی های میدانی از اجسام آبی به دلیل هزینه ها و تدارکات دشوار است، داده های سنجش از دور ماهواره ای اطلاعات ارزشمندی را برای نظارت بر منابع آبی در بسیاری از مناطق فراهم می کند (آلسدورف ۵۷ و لتنمیار ۵۸، ۲۰۰۳). در حال حاضر، داده های راداری و سنجش از دور نوری به طور گسترده ای برای استخراج اجسام آبی مورد استفاده قرار می گیرند (وارد ۵۹ و همکاران، ۲۰۱۴). داده های سنجش از دور رادار شامل Sentinel 1، Envisat، Radarsat و سایر منابع داده ای و داده های سنجش از دور نوری عمدتاً شامل سری های لندست، سری های Worldview و دیگر داده های متوسط و بالا می باشد (سینها ۶۰ و همکاران، ۲۰۱۵). دسترسی آسان به تصاویر لندست و تاریخچه این تصاویر دلیل استفاده از این تصاویر است. در دهه های اخیر استخراج پهنه های آبی با استفاده از داده های سنجش از دور توجه محققان را به خود جلب کرده است. فاجار ۶۱ و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه ای با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین و تصاویر لندست ۸ و با استفاده از شاخص AWEI به شناسایی دریاچه توبا در شمال اندونزی پرداختند. نتایج آن ها نشان داد که در شناسایی مناطق آبی ۱۰۰ درصد درست عمل کرده است. وهیب هاو ۶۲ و همکاران (۲۰۲۲) به مطالعه تغییرات دریاچه نائینتال در هند بین فاصله های زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸ پرداختند. آن ها با استفاده از تصاویر لندست ۷ و ۸ و با استفاده از شاخص های آبی NDVI، MNDVI و WRI در نرم افزار QGIS پرداختن که نتایج آن ها نشان داد NDWI برای این محدوده بهترین روش بود. خسروی و همکاران (۱۳۹۹) به مطالعه تغییرات تالاب های پلدختر طی چهار دهه گذشته (۱۹۸۵ تا ۲۰۱۸ با استفاده از تصاویر لندست د سامانه گوگل ارث انجین پرداختند. نتایج آن ها نشان داده که شاخص های AWEInsh و AWEIsh بهترین شاخص برای شناسایی پهنه های آبی است. به این نتیجه رسیدند که شاخص های آب و گوگل ارث انجین ابزاری مفید برای شناسایی روند افزایشی و

⁵⁷ Alsdorf

⁵⁸ Lettenmaier

⁵⁹ Ward et al

⁶⁰ Sinha et al

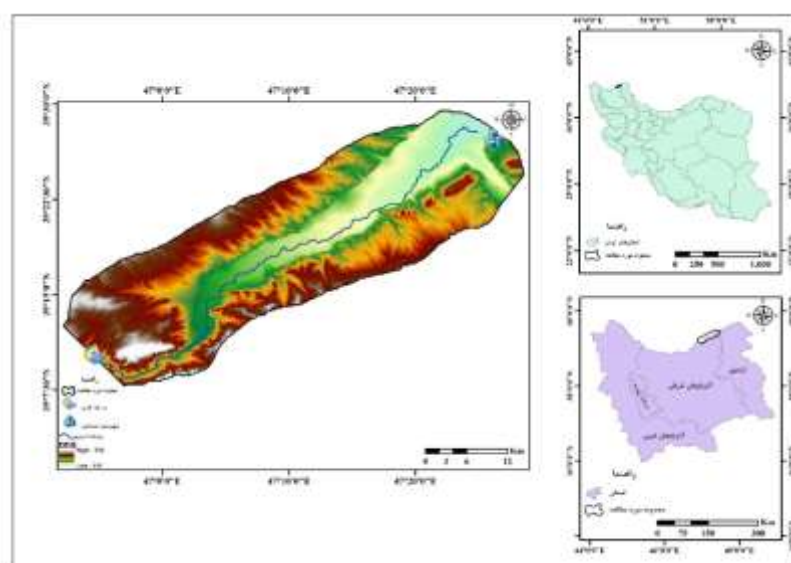
⁶¹ Fajar et al

⁶² Vahibhav et al

کاهش سطح آب تالاب‌ها هستند که می‌توانند برنامه‌ریزان و سیاستگذاران را در حفاظت و مدیریت منابع طبیعی در منطقه مطالع هشه یاری رسانند.

۲ معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه قسمتی از رودخانه ارس به طول ۷۳ کیلومتر از سد خدا آفرین تا شهرستان اصلاندوز می‌باشد. این رودخانه از ارتفاعات بینگولی در استان ارزنروم ترکیه در منطقه آناتولی ترکیه سرچشمه می‌گیرد. این رودخانه پس از حرکت از محل سرچشمه در محل مرز کشورهای ترکیه و ارمنستان به رودخانه آرپا چایی می‌پیوندد. این رودخانه در مسیر حرکت خود از مرز نخجوان عبور کرده و در نهایت با گذر از مرز مشترک بین ایران و ارمنستان وارد خاک ایران شده و به سوی مرز ایران به آذربایجان حرکت می‌کند. با ورود به خاک جمهوری آذربایجان ارس با رودخانه‌ای دیگر ترکیب شده و در نهایت و مسیر ۱۰۷۲ کیلومتری را به پایان رسانده و وارد دریاچه خزر می‌شود. نیاز به تکنیک‌های استخراج آب به‌ویژه استخراج رودخانه برای مطالعاتی مانند، تغییرات رودخانه و ... برای سال‌های مورد مطالعه از داده‌های ماهواره‌ای وجود دارد. در این تحقیق شاخص‌های استخراج آب بروی تصاویر لندست ۹ اعمال خواهد شد تا قابلیت شناسایی داده‌های ماهواره‌ای بیشتر نمایان شود.



شکل ۱ محدوده مورد مطالعه

۳ مواد و روش ها

در این تحقیق از نرم افزار ArcGIS Pro برای ایجاد پایگاه داده و رقومی کردن مسیر رودخانه و از سامانه گوگل ارث انجین برای پردازش تصاویر از تصاویر لندست ۹ برای سال ۲۰۲۲ که با استفاده از باند پانکروماتیک تبدیل به ۱۵ متری شد، استفاده شده است (شکل ۲). از مزایای استفاده از گوگل ارث انجین می توان به این موارد اشاره کرد که نیازی به دانلود تصاویر نبود و پس از فراخوانی تصاویری که تصحیحات اولیه روی آن ها انجام شده است باعث می شود نیاز به تصحیحات اولیه مثل تصحیح رادیومتریکی و اتمسفری نیازی نباشد. همچنین پس از نوشتن رابطه ها فقط می توان با تغییر تاریخ تصویر مورد نظر در کمترین زمان همه ۸ رابطه ای که در این تحقیق استفاده شده است را برای آن تاریخ مورد نظر محاسبه کرد. و سپس در محیط نرافزار ENVI هیستوگرام تصاویر محاسبه شد.

شاخص های استخراج آب در زیر توضیح داده شده است:

۱) Normalized Difference water Index (NDWI)

این شاخص توسط مک فیتز ۶۳ در سال ۱۹۹۶ پیشنهاد شد که با استفاده از دو باند مادون قرمز نزدیک (NIR) و باند سبز می توان این شاخص را استخراج کرد. چون آب در باند سبز دارای انعکاس بالا و در باند مادون قرمز نزدیک دارای انعکاس پایین است شاخص NDWI بر اساس رابطه (۱) محاسبه می شود (۳).

۲) NDWIplus

این شاخص در واقع بهینه شده شاخص NDWI است که در واقع در این شاخص آثار پخش اتمسفر تعدیل شده است که می توان از طریق رابطه (۲) این شاخص را محاسبه کرد (۳).

۳) Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI)

ژو^{۶۴} با جایگذاری باند مادون قرمز میانی به جای باند مادون قرمز نزدیک در شاخص NDWI به شاخص MNDWI رسید که این شاخص به منظور بارز کردن ویژگی آب در تصاویر طراحی شده است که می تواند مناطق پوشش گیاهی، شهری و آب را بارزسازی کند (۳).

۴) MNDWIplus

۵) Water Ratio Index (WRI)

⁶³ McFeeters

⁶⁴ Xu

شاخص نسبت آب (WRI) یکی دیگر از شاخص های آب است که در سال ۲۰۱۰ توسط شین ولی به صورت رابطه ۵ تعریف شده است (۳).

۶) LSWI

این شاخص عملکرد قابل قبول در شناسایی پیکسل های کلاس آب با استفاده از تصاویر لندست به خصوص زمانی که آب مخلوط با پوشش گیاهی بوده است، نشان داده است.

۷) Automated Water Extraction Index (AWEI)

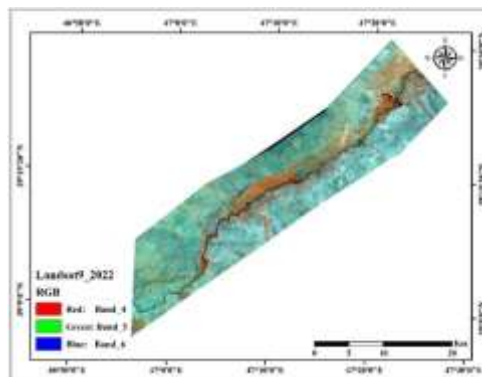
این شاخص ها به طور مؤثر برای شناسایی پهنه های آبی از سایر کاربری ها توسعه یافته اند. شاخص استخراج آب در مناطق شهری (AWEI nsh) برای تفکیک پیکسل های آبی از سطوح ستناخته شده شهری و (AWEI sh) شاخص استخراج آب در مناطق سایه دار (AWEI sh) به منظور حذف پیکسل های سایه و بارزسازی پهنه های آبی کارکرد زیادی دارند.

جدول ۳ شاخص های مورد استفاده در این تحقیق

منبع	مقدار پیکسل های آب	شماره رابطه	رابطه	شاخص
McFeeters (1996)	NDWI>0	(۱)	$\frac{(Green - NIR)}{(Green + NIR)}$	NDWI
Menarguez (2015)	EVI<0.1 and NDWI>NDVI or NDWI>EWI	(۲)	$2.5 * (NIR - Red) / (NIR + 6.5 * Red - 7.5 * Blu + 1)$	NDWIplus
Xu (2006)	MNDWI>0	(۳)	$\frac{(Green - SWIR1)}{(Green + SWIR1)}$	MNDWI
Menarguez (2015)	EVI<0.1 and MNDWI>NDVI or MNDWI>EWI	(۴)	$\frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$	MNDWIplus
Shen & Li (2010)	WRI>1	(۵)	$\frac{(Green + Red)}{(NIR + SWIR1)}$	WRI
Menarguez (2015)	EVI<0.1 and LSWI>NDVI or LSWI>EWI	(۶)	$\frac{(NIR - SWIR1)}{(NIR + SWIR1)}$	LSWIplus
Feyisa et al (2014)	AWEI_nsh>0	(۷)	$4 * (Green - SWIR1) - (2.5 * NIR + 2.75 * SWIR1)$	AWEI_nsh

AWEI_sh	$\text{Blu} + 2.5 * \text{Green} - 1.5(\text{NIR} + \text{SWIR1}) - 0.25 * \text{SWIR2}$	(۸)	$\text{AWEI_sh} > 0$	Feyisa et al (2014)
---------	--	-----	-----------------------	---------------------

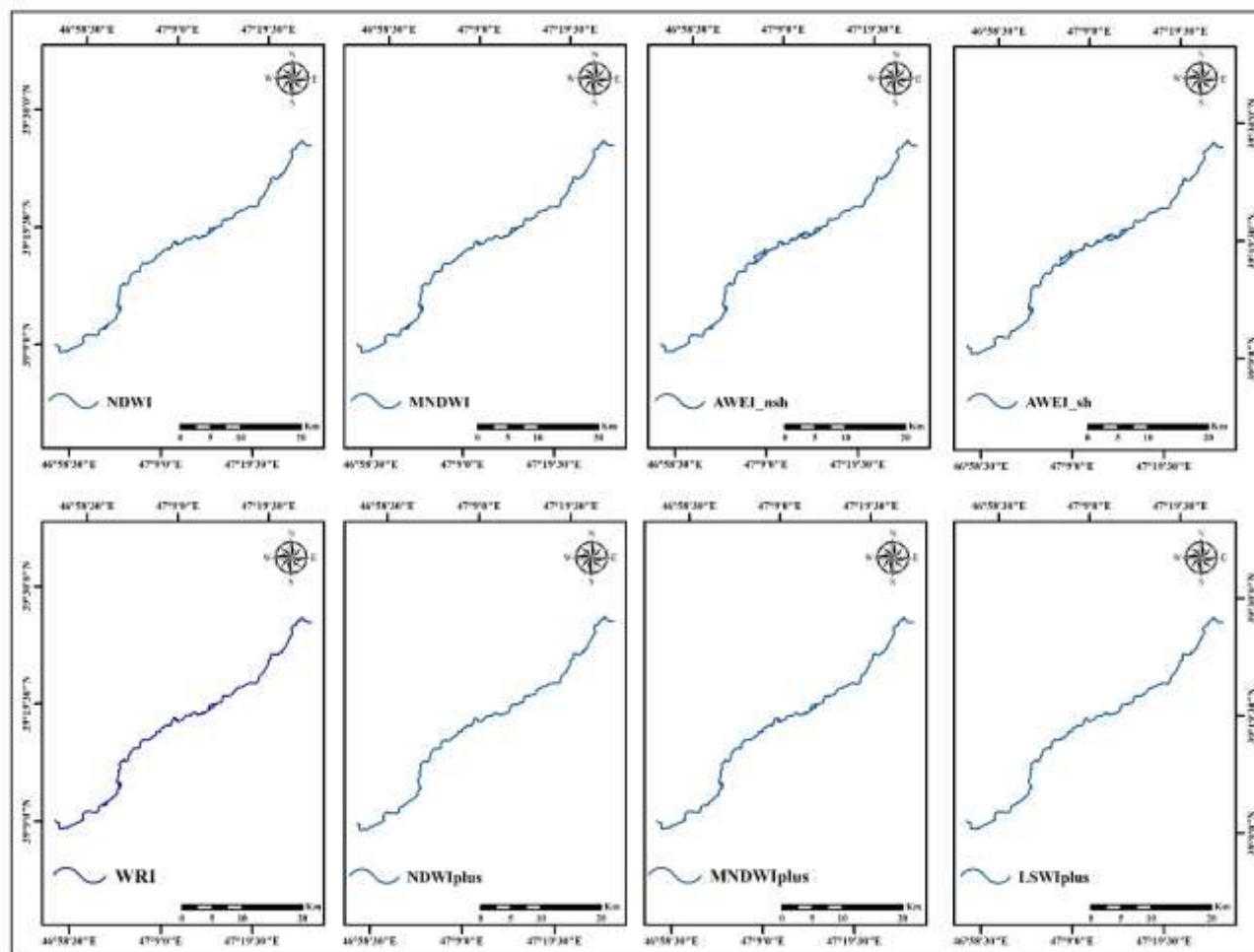
نتایج



شکل ۲ تصویر استفاده شده برای استخراج شاخص‌های آب

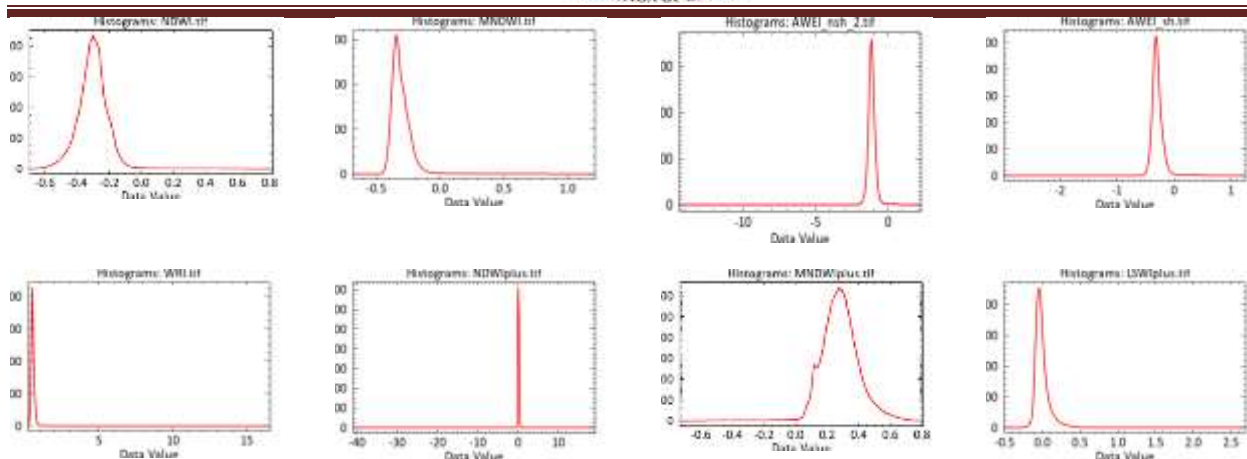
بازتابندگی کم آب‌ها در محدوده‌ی مادون قرمز نزدیک باعث افزایش قابلیت تفکیک این پدیده در این طول موج از دیگر پدیده‌ها می‌شود. در این تحقیق، با استفاده از تصاویر ماهواره لندست (با قدرت تفکیک مکانی ۱۵ متر)، از طریق اعمال شاخص‌های: AWEI_sh ، LSWIplus ، WRI ، MNDWIplus ، MNDWI ، NDWIplus ، NDWI و با لحاظ آستانه‌های مورد نظر، به صورت دستی برای طبقه بندی تصاویر به دو کلاس آب و غیر آب اعمال شد. و همان طور که در شکل ۳ نشان داده شده، با استفاده از تصویر ماهواره‌ای که در شکل ۲ نشان داده شده رودخانه ارس در منطقه مورد مطالعه با شاخص‌های مطرح شده استخراج گردیده؛ که از لحاظ بصری برای هر بیننده‌ای قابل درک می‌باشد در این تحقیق هشت شاخص استخراج آب استفاده شد. علاوه بر آن اعمال شاخص‌ها و آستانه‌گذاری نمی‌تواند معیاری برای مقایسه شاخص‌ها باشد، زیرا تفاوت‌های جزئی به صورت بصری قابل تشخیص نیست. نتایج روش شناسی کاربردی نشان می‌دهد که هیچ شاخص آبی نمیتواند سطوح آبی را از سطوح سایه و سطوحی که آلبیدوی پایینی دارند جدا کند. در محیط‌هایی، بویژه سایه‌ها که سطوح غیر آب دارای بازتاب طیفی کمی هستند، روش‌های طبقه‌بندی ساده ممکن است پیکسل‌های آب را از پیکسل‌های غیر آب متمایز نکند (ورپورتر^{۶۵} و همکاران، ۲۰۱۲: ۱۰۳۹). در حقیقت استخراج پهنه‌های آبی در مناطقی که پوشش زمینی دارای آلبیدوی پایین است (مانند ساختمان‌ها، آسفالت، سایه‌ها و ابرها) می‌تواند به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش یابد.

⁶⁵ Verpoorter



شکل ۳ اعمال شاخص های مورد استفاده برای محدوده مورد مطالعه برای سال ۲۰۲۲ (لندست ۹)

هیستوگرام تصاویر، دامنه و طیفی از سطوح خاکستری را برای شاخص مربوطه را نشان می دهد که قله ها نشان دهنده ی مناطق آبی و مرطوب است. این هیستوگرام ها که شاخص های طیفی آب را نشان می دهند در حقیقت یک پارامتر می باشند که از طریق عملیات ریاضی بر روی دو یا چند باند حاصل شده اند و بر اساس مشخصات طیفی، یک آستانه مناسب برای جدا کردن دو کلاس (آب و غیرآب) از یکدیگر بر روی تصویر اعمال می شود. شکل (۴) هیستوگرام شاخص های استفاده شده در این تحقیق را نشان می دهد. آستانه تعیین شده برای طبقه بندی به ۲ کلاس آب و غیر آب در پایین هر قله نشان داده شده است.



شکل ۴ هیستوگرام شاخص های اعمال شده برای منطقه مورد مطالعه

تحقیقات پیشین نشان می دهد هر اندازه واریانس بین عوارض آبی و غیر آبی بیشتر باشد پدیده ها بهتر تفکیک شده و احتمال آب بودن عوارض به حداقل میرسد (لی^{۶۶} و همکاران ۲۰۱۳: ۵۵۳۷). در این مطالعه توانایی تصاویر لندست ۸ برای استخراج رودخانه مورد مطالعه مورد ارزیابی قرار گرفت. در هیستوگرام شاخص هایی مانند AWEI_nsh، AWEI_sh و NDWIplus واریانس معنی نداشته و فراوانی بقیه نقاط نیز صفر است، سایر هیستوگرام ها نیز تقریباً دارای واریانس برابر هستند که اختلاف آنچنانی با هم ندارند از نظر تفسیر بصری نیز همان گونه که در شکل (۴) آمده در تمامی شاخص ها رودخانه به خوبی استخراج شده است. این نتایج نشان می دهد که با استفاده از داده های ماهواره ای لندست برای استخراج پهنه های آبی می توان به نتایج مطلوبی دست یافت. تمامی شاخص های استفاده شده توانایی خوبی برای استخراج رودخانه در منطقه مورد مطالعه دارند. اما برای انتخاب بهترین شاخص برای استخراج رودخانه باید به صحت سنجی هر کدام از شاخص ها نیز دقت کرد. بنابراین برای انتخاب بهترین شاخص بعد از طبقه بندی به روش کمترین فاصله صحت کلی و ضریب کاپا برای هر کدام از شاخص ها محاسبه گردید.

بحث و نتیجه گیری

رودخانه ها از حساسترین سامانه های محیطی به شمار می روند که تحت تاثیر فرآیندهای هیدرودینامیکی حاکم، تغییر و تحول در آن ها نسبتاً سریع بوده و شاید از این نظر قابل مقایسه با سایر سامانه های ژئومورفولوژی نباشد. روشهای سنجش از دور ماهواره ای از روش های متداول شناسایی آب های سطحی می باشند. در این میان تصاویری برای شناسایی پهنه های آبی مناسب هستند که از ماهواره هایی تهیه شده باشند که دارای باندهای جذبی آب باشند. ماهواره لندست از جمله ماهواره های پر کاربرد در این زمینه می باشد. با توجه به حد آستانه مناسب و منطقه مورد مطالعه در این تحقیق

شاخص AWEI دارای عملکرد مناسبی بوده و دقت بالایی در شناسایی آب‌های سطحی دارد. آستانه مورد استفاده در این تحقیق از روی هیستوگرام شاخص‌ها استخراج شده که دقت استخراج رودخانه را بالا می‌برد. ضمن اینکه سنجنده OLI به دلیل اینکه قدرت تفکیک رادیومتریکی بالاتری دارد، در انجام این مطالعات قابلیت‌های بیشتری دارد این در حالی است که استفاده از داده‌های رادار هزینه بردار است. نتایج این تحقیق نشان داد که شاخص NDWI نسبت به شاخص MNDWI ضعیفتر عمل کرده که علت آن را می‌توان در باند استفاده شده جستجو کرد. به طور کلی قابلیت دو شاخص مذکور برای تفکیک رودخانه‌های کم عرض و کم عمق مطلوب ارزیابی می‌شود و آستانه‌ی پایدار این شاخص‌ها در فرآیند کشف تغییرات عملکرد موثر و قابل قبولی دارند.

منابع

- اصغری سراسکانرود، صیاد؛ جلیلان، روح اله؛ پیروزی نژاد، نوشین؛ مددی، عقیل و یادگاری، میلاد (۱۳۹۷). ارزیابی شاخص‌های استخراج آب با استفاده از تصاویر ماهواره‌های لندست (مطالعه موردی: رودخانه گاماسیاب کرمانشاه)، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیستم، شماره ۵۸، پاییز ۹۷، صص ۷۰-۵۳.
- حسین‌زاده، محمد مهدی؛ نوحه‌گر، احمد؛ صدوق، سید حسن و غلامی، عنایت (۱۳۹۰). بررسی تغییرات ژئومورفولوژیک رودخانه مهران بر روی دلتا با استفاده از سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (استان هرمزگان، بندر لنگه)، پژوهش‌های فرسایش محیطی - شماره ۲، تابستان ۱۳۹۰، صص ۶۸-۵۳.
- خسروی، رضا؛ حسین‌زاده، رضا؛ حسینجانی‌زاده، مهدیه و محمدی، صدیقه (۱۳۹۹). بررسی تغییرات پهنه‌های آبی با استفاده از شاخص‌های آبی و گوگل ارث انجین (مطالعه موردی: تالاب‌های شهرستان پلدختر، استان لرستان)، اکوهیدرولوژی، دوره ۷، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، صص ۱۴۶-۱۳۱.
- رضایی مقدم، محمدحسین؛ محمدفر، عادل و ولیزاده کامران، خلیل (۱۳۹۱). آشکارسازی تغییرات کناری و شناسایی مناطق خطر رودخانه آج یچای در محدوده خواجه تا ونیار، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی سال ۲۳، پیاپی ۴۸، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۱، صص ۱-۱۴.

-Feyisa, G, Meilby, H, Fensholt, R, Proud, S. 2014. Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery, Remote Sensing of Environment, 140: 23-35.

-Mcfeeters, S.K. 1996. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the

delineation of open water features, *International Journal of Remote Sensing*, 17(7): 1425-1432.

-Shen, L, Li, C, 2010. Water Body Extraction from Landsat ETM+ Imagery Using Adaboost Algorithm, *Geoinformatics*, 2010 18th International Conference on IEEE.

-Xu, H. 2006. Modification of normalized difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery, *International Journal of Remote Sensing*, 27(14): 3025-3033.

-Menarguez, M.A., *Global Water Body Mapping from 1984 to 2014 Using High Resolution Multispectral Satellite Imagery*, 2015, University of Oklahoma.

-Li, W, Du, Z, Ling, F, Zhou, D, Wang, H, Gui, Y, Sun, B, Zhang, X. 2013. A Comparison of Land Surface Water Mapping Using the Normalized Difference Water Index TM, ETM+ and ALI, *Remote Sensing*, 5: 5530-5549.

-Verpoorter, C, Kutser, T, Tranvik, L. 2012. Automated mapping of water bodies using Landsat multispectral data, *Limnology and Oceanography: Methods*, 10: 1037-1050.

-Ward, D. P., Petty, A., Setterfield, S. A., Douglas, M. M., Ferdinands, K., Hamilton, S. K., & Phinn, S.(2014) . Floodplain inundation and vegetation dynamics in the Alligator Rivers region (Kakadu) of northern Australia assessed using optical and radar remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 147, 43–55.

-Sinha, S., Jeganathan, C., Sharma, L., & Nathawat, M.(2015) . A review of radar remote sensing for biomass estimation. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 12(5), 1779–1792.

-Alsdorf, D. E., & Lettenmaier, D. P. (2003). Tracking fresh water from space. *Science*, 301(5639), 1491–1494.

-Fajar, Y., Dony, Kushardono, S B., Gatot, N., G, A C., Esthi, K D., and Anjar I P.2022. Evaluation of the Threshold for an Improved –Surface Water Extraction Index Using Optical Remote Sensing Data, *Hindawi the Scientific World Journal*

Volume 2022, Article ID 4894929, 19 pages.

-Vaibhav, D., Deepak, K and Alban K. 2022. Detection of Water Spread Area Changes in Eutrophic Lake Using Landsat Data. *Mdpi, journal, sensors2022*, 22, 6827.

ارزیابی عملکرد شاخص‌های خشک‌سالی دریاچه ارومیه با استفاده از تکنیک‌های

تصمیم‌گیری چند معیاره تاپسیس و الکتیر

ماجده حاتمی

دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی روستایی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

چکیده

دریاچه ارومیه با تنوع زیستی بی‌نظیری یکی از بزرگ‌ترین دریاچه‌های آبی روی زمین است. طی دو دهه گذشته سطح آب دریاچه به طرز چشمگیری کاهش یافته و عملکرد اکوسیستم‌های دریاچه را تهدید می‌کند. تغییرات سطح آب دریاچه ارومیه عمدتاً با تغییرات آب و هوایی و همچنین عوامل انسانی ایجاد شده است. در این مطالعه، مؤلفه‌های دریاچه ارومیه را تعیین کردیم. با این کار می‌توان نشان داد که، در شرایط آب و هوایی کنونی میزان استخراج آب کشاورزی در مقایسه با حجم ورودی سطح آب باقیمانده قابل توجه است. تغییر در برداشت آب کشاورزی می‌تواند تأثیر بسزایی در حجم دریاچه داشته باشد، می‌تواند دریاچه را تثبیت کند، یا به سقوط کامل آن منجر شود. از آنجایی که استفاده بهینه از منابع آب در سیستم‌های کشاورزی شمال غربی ایران یک موضوع ضروری برای دستیابی به حفاظت از دریاچه ارومیه است، این مطالعه باهدف بررسی عوامل انسانی در خشک شدن دریاچه ارومیه انجام شده است. در این مقاله با استفاده از دو مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره به کمک روش‌های TOPSIS, ELECTER با در نظر گرفتن سه معیار کشاورزی، چاه و سد انجام شد، نتایج به دست آمده حاکی از آن بود که ۲ روش به کار رفته تا حدود زیادی نتایجشان با همدیگر همپوشانی دارد و سهم بهینه هر یک از استان‌ها در خشک شدن دریاچه ارومیه تعیین گردید و توانایی این روش‌ها باهم مقایسه شد. مطابق نتایج، سهم استان آذربایجان غربی در خشک شدن دریاچه تعیین گردید.

واژه‌های کلیدی: ELECTER, TOPSIS، دریاچه ارومیه، شاخص‌ها

مقدمه

ایران در منطقه ای خشک و نیمه خشک قرار دارد و تولید محصولات کشاورزی به منابع آب های سطحی و زیرزمینی وابسته است. عملیات کشاورزی به رواناب و منابع آب زیرزمینی بستگی دارد که به شکل یک سیستم هیدرولوژیکی یکپارچه در دریاچه ارومیه متصل می شوند. افزایش شدید سطح کشاورزی در حوضه دریاچه ارومیه باعث از بین رفتن مناطق تالاب و افت سطح دریاچه شده است (DOE., 2013). با کاهش سطح دریاچه با بیش از ۴۰۰ کیلومترمربع از دریاچه سابق، بیابان شور بزرگی را تشکیل داد که اکنون در اثر طوفان های نمکی در معرض باد است (AghaKouchak et al., 2015). دلایل خشک شدن دریاچه ارومیه عبارتند از: ایجاد میان گذر دریاچه ارومیه یکی از دلایل خشک شدن آن است که این مسئله باعث شده تا آب دریاچه در دو طرف ساکن بماند و در نتیجه، رسوبات دریاچه صدها برابر افزایش یافته است، همچنین ایجاد سدها و جمع شدن آب پشت این سدها نیز باعث شده تا آب به اندازه کافی به دریاچه ارومیه نرسد و علاوه بر این، مصارف کشاورزی و گرم شدن هوا نیز عامل مهمی در خشک شدن دریاچه ارومیه دخیل بوده است. احیای مجدد دریاچه ارومیه مسئله ای اساسی است که با تخریب روبروست. حدود ۶ میلیون نفر به طور مستقیم و غیرمستقیم تحت تأثیر قرار می گیرند. با توجه به اینکه سیستم های کشاورزی در ایران از ۹۰ درصد منابع آب تجدید پذیر (یعنی ۱۲۱.۵ میلیارد مترمکعب از کل ۱۳۵ میلیارد مترمکعب) استفاده می کنند، این سیستم ها نقش مهمی در حفظ اکوسیستم در معرض خطر دریاچه ایفا می کنند (Bordbar et al., 2012; Sabuhi Sabuni et al., 2009).

در حوضه آبریز دریاچه ارومیه که شامل بخش هایی از استان های آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی و کردستان می باشد، بیش از ۱.۵ میلیون روستایی در قالب بیش از ۴۱۵ هزار خانوار زندگی می کنند که در معرض مستقیم بحران زیست محیطی خشک شدن دریاچه ارومیه هستند و برای امرار معاش وابستگی شدیدی به منابع آسیب پذیر از جمله آب، خاک و گیاهان دارند. این روستائیان به دلایلی همچون، عدم آگاهی و کمبود زیرساخت ها، ظرفیت سازگاری کمی با این بحران دارند و به واقع، جزو اقشار بسیار آسیب پذیر کشورند که خطر آن ها را بیش از دیگران تهدید می کند. مهم ترین شاخص ارزیابی توسعه مصرف آب در بخش کشاورزی، میزان افزایش اراضی فاریاب در سطح حوضه می باشد. بررسی های صورت گرفته نشان دهنده افزایش قابل ملاحظه سطح زیر کشت اراضی آبی در سطح حوضه می باشد. بیشتر اراضی زیر کشت آبی حوضه در منطقه جنوبی دریاچه و همچنین منطقه غربی آن متمرکز شده است. بخش کشاورزی آذربایجان غربی در این میان به لحاظ دارا بودن یک میلیون هکتار اراضی قابل کشت، سهم مهمی در کاهش مصرف آب از طریق اصلاح الگوی کشت و بهبود عملکرد تولید در مقیاس سطح دارد. توسعه کشاورزی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه یکی

از مقصران اصلی وضعیت کنونی دریاچه شناخته می‌شود. در سال‌های گذشته هرچقدر منابع آبی کاهش یافت، در عوض سطح زیر کشت در اطراف دریاچه افزایش یافت. توسعه کشاورزی، آب ورودی به دریاچه را تا حد زیادی کاهش داد که هم‌زمان با آن نیز افزایش دما و تبخیر زنجیره‌ای تشکیل دادند تا مقصران اصلی خشکی دریاچه ارومیه لقب بگیرند. طرح توسعه کشاورزی پایدار در حوضه آبریز دریاچه ارومیه به‌منظور بهره‌وری و مصرف آب در این حوضه و احیای دوباره بخش‌های خشک دریاچه از سال ۹۱ به اجرا درآمد. تغییر اقلیم و اثر گرم شدن جهانی زمین بر دریاچه نیز سبب تغییرات زیادی بر روی تراز آب دریاچه و خشک شدن تدریجی آن شده است. بررسی‌های اولیه IPCC بر روی داده‌های مشاهداتی دما، بارندگی، پوشش برف و سطح آب دریاها نشان از تغییرات در این متغیرها دارد. اما تأثیر این تغییرات تنها بر ارقام متوسط نبوده، رخدادهای اقلیمی مانند طوفان‌ها، سیلاب‌ها و خشک‌سالی را نیز تحت شعاع قرار می‌دهد (IPCC., 1996a).

از آنجایی که اغلب مسائل مدیریت منابع آب، مسائلی پیچیده دارای عدم قطعیت‌های زیاد، با اهداف بهره‌وری مختلف و نیز با معیارهای ارزیابی مختلف هستند، فن‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) کمک بسیار زیادی به مدیران و تصمیم‌گیرندگان صنعت آب جهت نیل به بهترین طرح مدیریتی می‌نماید (مهاستانی و همکاران، ۱۳۹۲) آن‌ها از دو روش شباهت به گزینه ایده آل (TOPSIS) و تحلیل سلسه مراتبی (AHP) در مکان‌یابی محل دفن پسماند شهری کرج استفاده کردند. نتایج مطالعه نشان داد که اولویت‌بندی دو روش نسبتاً متفاوت است، اما هر دو مورد قبول است. این محققین اشاره می‌کنند، از آنجایی که فرایند سلسله مراتبی وزن دهی به گزینه‌ها و معیارها با مقایسات زوجی انجام می‌شود، روش AHP از کارایی بیشتر و نتایج نهایی با دقت و اطمینان بالاتری برخوردار است.

در راستای مدیریت مصرف آب بخش کشاورزی در شرایط کم‌آبی نیز تحقیقات متنوعی انجام شده است از جمله:

شهرکی و محسنی (۱۳۹۲) در کاربرد تصمیم‌گیری چند معیاره تعاملی در تخصیص بهینه منابع آب شهرستان یزد برای تعیین وزن دو هدف حداکثر کردن سود اقتصادی و زیست‌محیطی از ماتریس بازده و روش مرحله‌ای استفاده کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که امکان بهبود هم‌زمان دو هدف مذکور وجود دارد و اولویت با حداکثر کردن سود اقتصادی و سپس سود زیست‌محیطی است.

صفاری و ضرغامی (۱۳۹۵)، به بررسی روش‌های مختلف تخصیص بهینه آب‌های سطحی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه پرداختند. در این مطالعه، تخصیص بهینه آب برای ذینفعان بر اساس معیار زیست‌محیطی دریاچه انجام گرفته و بنابراین مسئله تک‌بعدی در نظر گرفته شده است.

هدف این مقاله بررسی روش‌های مختلف برای تخصیص بهینه آب سطحی حوضه آبریز دریاچه ارومیه بین سه

استان دینفع حوضه (آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی و کردستان) بر مبنای معیارهای این منطقه است. دو روش مدل‌های تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار گرفته و به کمک این روش‌ها سهم هر یک از استان‌های دینفع دریاچه در خشک شدن دریاچه ارومیه تعیین شده است. همچنین توانایی این روش‌ها باهم مقایسه گردیده است.

۲- داده‌ها و روش‌ها

۲-۱ منطقه مورد مطالعه

دریاچه ارومیه، واقع در آذربایجان غربی ایران، حدود ۱۴۰ کیلومتر از شمال تا جنوب امتداد دارد و ۸۵ کیلومتر از شرق به غرب فاصله دارد. وسعت دریاچه ارومیه بیش از ۶۰۰۰ کیلومتر است. این دریاچه اکنون در حال خشک شدن است (Jalily et al., 2012). منطقه مورد مطالعه بین عرض جغرافیایی ۳۷° ۴' ۳۸' طول جغرافیایی و ۴۵° ۱۳' ۴۶' عرض جغرافیایی واقع شده است آب این دریاچه بسیار شور بوده و عمدتاً از رودخانه‌های زرينه‌رود، سيمينه‌رود، تلخه رود، گادر، باراندوز، شهرچای، نازلو و زولا تغذیه می‌شده است. دریاچه ارومیه دریاچه‌ای کم‌عمق و شور است که در قسمت شمال غربی ایران واقع در استان‌های آذربایجان شرقی و غربی و در نزدیکی مرز ترکیه واقع شده است. بیش از هفت میلیون نفر در دو استان هم‌جوار اطراف دریاچه زندگی می‌کنند و کشاورزی، باغداری، دام‌پروری، صنایع دستی، باغبانی، معدن‌سازی، تجارت و صنعت نقش عمده‌ای در منطقه دارند. (شکل ۱) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. استان‌های مجاور منطقه مورد مطالعه بر اساس ۳ معیار حوضه آبریز دریاچه ارومیه با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری ELECTER، TOPSIS اولویت‌بندی می‌شوند. این معیارها عبارت‌اند از: کشاورزی، تعداد سدها و تعداد چاه‌ها می‌باشد.



شکل ۱: حوضه آبریز دریاچه ارومیه

۳- روش تحقیق

۳-۱ تکنیک اولویت بندی با استفاده از شباهت به گزینه ایده آل (TOPSIS)

روش TOPSIS، که مبتنی بر انتخاب بهترین گزینه با کمترین فاصله از جواب ایده آل مثبت و بیشترین فاصله از ایده آل منفی است، اولین بار در سال ۱۹۸۱ توسط هوانگ و یون پیشنهاد گردید (Hwang et al, 1981). جواب ایده آل مثبت، جوابی است که مزیت را حداکثر و همچنین هزینه کل را حداقل می نماید. در مقابل جواب ایده آل منفی، جوابی است که مزیت را حداقل و همچنین هزینه کل را حداکثر می نماید (Chi Sun, 2010; Chi, Su, 2012:393, (Jahanshahloo & HuangHuang, 2006: 2012. در نتیجه گزینه ها بر اساس کمترین فاصله از راه حل ایده آل مثبت بوده و در عین حال دورترین فاصله از ایدئال منفی رتبه بندی می شود (شاه آبادی و سرخ کمال، ۱۳۸۸: ۶۰) از محاسن این روش نسبت به سایر تکنیک های اولویت بندی مکانی می توان به موارد زیر اشاره کرد:

معیارهای کمی و کیفی را لزوماً در مبحث رتبه بندی دخالت می دهد.

خروجی مسئله می تواند ترتیب اولویت گزینه ها را مشخص و این اولویت را به صورت کمی بیان کند.

روش ساده و سرعت آن مناسب است.

ضرایب وزنی را پذیراست.

نتایج حاصل از این مدل کاملاً منطبق با روش های تجربی است (خورشید و همکاران، ۱۳۸۳).

این تکنیک شامل مراحل زیر می باشد:

مرحله اول: تشکیل ماتریس داده ها بر اساس n آلترناتیو و k شاخص (جدول ۱)

مرحله دوم: استاندارد نمودن داده ها و تشکیل ماتریس استاندارد (جدول ۲) از طریق رابطه زیر به دست می آید:

در صورت منفی بودن جهت شاخص: روش نرم و از نوع هزینه، هر چه عدد کوچک تر باشد بهتر است.

در صورت مثبت بودن جهت شاخص: روش نرم و از نوع سود، هر چه عدد بزرگ تر باشد مطلوبیت دارد.

در تشکیل ماتریس استاندارد، چون گزینه های استاندارد شدند می توانیم به مقایسه داده ها اقدام کنیم.

مرحله سوم: تعیین وزن هر یک از شاخص ها (جدول ۳). سیگما برابر با یک باشد.

مرحله چهارم: تشکیل ماتریس وزنی حاصل از ضرب ماتریس استاندارد در اوزان هر یک از شاخص ها (جدول ۴)

مرحله پنجم: تعیین فاصله i امین آلترناتیو ایده آل، بالاترین عملکرد هر شاخص (جدول ۵).

مرحله ششم: تعیین فاصله i امین آلترناتیو حداقل، پایین‌ترین عملکرد هر شاخص (جدول ۶).

مرحله هفتم: تعیین معیار فاصله‌ای برای آلترناتیو ایده آل و آلترناتیو حداقل (جدول ۷).

مرحله هشتم: تعیین ضریبی که برابر است با فاصله آلترناتیو حداقل تقسیم بر مجموع فاصله آلترناتیو حداقل و فاصله آلترناتیو ایده آل که آن را C_i^* نشان داده می‌شود (جدول ۸).

مرحله نهم: رتبه‌بندی آلترناتیو‌ها (جدول ۹) بر اساس اوزان C_i^*

جدول ۱: تشکیل ماتریس داده‌ها

گزینه	کشاورزی	چاه	سد
آذربایجان غربی	۵۰.۳	۳۵۰۰۰	۸
آذربایجان شرقی	۳۰.۷	۳۰۰۰۰	۱۲
کردستان	۰.۱۰	۱۰۰۰۰	۴

جدول ۲: استاندارد نمودن داده‌ها

گزینه	کشاورزی	چاه	سد
آذربایجان غربی	۰.۸۴	۰.۷۴	۰.۵۳
آذربایجان شرقی	۰.۵۱	۰.۶۳	۰.۸۰
کردستان	۰.۱۶	۰.۲۶	۰.۳۰

جدول ۳: تعیین وزن هر یک از شاخص‌ها

گزینه	کشاورزی	چاه	سد
آذربایجان غربی	۰.۸۴	۰.۷۴	۰.۵۳
آذربایجان شرقی	۰.۵۱	۰.۶۳	۰.۸۰
کردستان	۰.۱۶	۰.۲۱	۰.۳۰
وزن	۰.۳۹	۰.۲۶	۰.۳۳

جدول ۴: تشکیل ماتریس وزنی حاصل از ضرب ماتریس استاندارد در اوزان هریک از شاخص‌ها

گزینه	کشاورزی	چاه	سد
آذربایجان غربی	۰.۳۲	۰.۱۹	۰.۱۷
آذربایجان شرقی	۰.۱۹	۰.۱۶	۰.۲۶
کردستان	۰.۰۶	۰.۰۵	۰.۰۹

جدول ۵: تعیین فاصله i امین آلترناتیو ایده آل (بالاترین عملکرد هر شاخص)

گزینه	کشاورزی	چاه	سد
آذربایجان غربی	۰.۳۲	۰.۱۹	۰.۱۷
آذربایجان شرقی	۰.۱۹	۰.۱۶	۰.۲۶
کردستان	۰.۰۶	۰.۰۵	۰.۰۹

جدول ۶: تعیین فاصله i امین آلترناتیو حداقل (پایین‌ترین عملکرد هر شاخص)

گزینه	کشاورزی	چاه	سد
آذربایجان غربی	۰.۳۲	۰.۱۹	۰.۱۷
آذربایجان شرقی	۰.۱۹	۰.۱۶	۰.۲۶
کردستان	۰.۰۶	۰.۰۵	۰.۰۹

جدول ۷: تعیین معیار فاصله‌ای برای آلترناتیو ایده آل و آلترناتیو حداقل

گزینه	آذربایجان غربی (A)	آذربایجان شرقی (B)	کردستان (C)
آلترناتیو ایده آل (S^*)	۰.۰۹	۰.۴۲	۰.۳۵
آلترناتیو حداقل (S^-)	۰.۳۲	۰.۶۸	۰

جدول ۸: محاسبه ضریب C_i^*

گزینه	آذربایجان غربی (A)	آذربایجان شرقی (B)	کردستان (C)
ضریب C_i^*	۰.۷۸	۰.۶۱	۰

جدول ۹: رتبه بندی آلترناتیوها C_i^*

رتبه	گزینه
۱	آذربایجان غربی
۲	آذربایجان شرقی
۳	کردستان

۴- روش حذف و انتخاب سازگار با واقعیت (ELECTER)

این روش اولین بار توسط آقای benayoun در سال ۱۹۶۶ معرفی شد و پس از آن تحقیقاتی بنام Roy و Vandelf توسعه داده شد. در این روش کلیه گزینه ها با استفاده از مقایسات غیر رتبه ای مورد ارزیابی قرار گرفته و بدان طریق گزینه های غیر مؤثر حذف می شوند. کلیه این مراحل بر اساس یک مجموعه هماهنگ و یک مجموعه ناهماهنگ پایه ریزی می شوند که به دلیل این موضوع، این روش معروف به آنالیز هماهنگی نیز می باشد (Roy, 1991: 55). روش الکترا دارای نسخه های مختلفی از جمله روش الکترا ۱ (ELECTER 1)، الکترا ۲ و ۳ و ۴. اختلاف نسخه های مختلف این روش در نوع عملیات ریاضی و نوع مسائلی است که این روش ها قادر به حل آن می باشند. اساس کار این روش بر مبنای غیر رتبه ای است، بنابراین جواب های به دست آمده به صورت مجموعه ای از رتبه ها خواهد بود. مدل سازی مسائل تصمیم گیری بر اساس این روش و همچنین با تشکیل ماتریس تصمیم گیری انجام می شود که سطرهای آن گزینه های رقیب و در ستون ها، شاخص های تصمیم قرار دارند. برای استفاده از این روش مراحل زیر به کار گرفته می شود:

مرحله اول: تشکیل ماتریس تصمیم بر اساس گزینه ها و نماگرها (جدول ۱۰)

مرحله دوم: استاندارد سازی: در این مرحله ماتریس تصمیم گیری با استفاده از توابع زیر به ترتیب از انواع سود و هزینه به یک ماتریس بی مقیاس تبدیل می شوند، اگر از نوع باشد هرچقدر عدد بیشتر، بهتر می باشد و اگر از نوع هزینه باشد هرچقدر عدد کمتر باشد مطلوبیت دارد (جدول ۱۱).

مرحله سوم: تشکیل ماتریس بی مقیاس وزین (V) با استفاده از بردار معلوم (W): عناصر قطر ماتریس W را به دو طریق می توان به دست آورد. یا مستقیماً توسط تصمیم گیرنده میزان اهمیت هر شاخص بیان می شود و یا از طریق شیوه های علمی موجود آن را محاسبه می نمائیم تا ماتریس بی مقیاس توزین شده حاصل شود (جدول ۱۲).

مرحله چهارم: مشخص نمودن مجموعه هماهنگی (جدول ۱۳) و مجموعه ناهماهنگی (جدول ۱۴): برای هر زوج از گزینه های مجموعه شاخص های موجود را به دو زیرمجموعه متمایز هماهنگ و ناهماهنگ تقسیم می نمائیم که در آن

مجموعه هماهنگ مبین ارجحیت یک گزینه بر گزینه دیگر و مجموعه ناهماهنگ نیز معکوس آن محسوب می شود.

مرحله پنجم: محاسبه ماتریس هماهنگ و ناهماهنگ: ارزش ممکن از مجموعه هماهنگی به وسیله اوزان موجود از شاخص های هماهنگ در آن مجموعه اندازه گیری می شود. ماتریس ناهماهنگ نیز برعکس ماتریس هماهنگ نشان دهنده شدت بدتر بودن ارزیابی یک گزینه در رابطه با گزینه دیگر است. این معیار با استفاده از عناصر ماتریس امتیازات توزین شده به ازای مجموعه ناهماهنگ محاسبه می شود (جدول ۱۵)

مرحله ششم: محاسبه متوسط ارزش های عددی ماتریس هماهنگ و ناهماهنگ. در صورت انجام صحیح محاسبات باید مقادیر متوسط C و D برابر با ۱ باشد.

مرحله هفتم: مشخص نمودن ماتریس هماهنگ مؤثر (مسلط) و ماتریس ناهماهنگ غیر مؤثر (غیر مسلط). ارزش های موجود از ماتریس هماهنگی باید نسبت به یک ارزش آستانه سنجیده شوند تا شاخص ارجحیت گزینه ای بر گزینه دیگر بهتر مورد قضاوت واقع شود. میزان ارزش دلخواه یا آستانه را مثلاً می توان به صورت متوسط از معیارهای هماهنگی به دست آورد. در این حالت ماتریس مسلط و مؤثری ساخته ایم که در آن هر عنصر واحد در ماتریس هماهنگ مؤثر نشان دهنده یک گزینه مؤثر و مسلط بر دیگری است. همچنین عناصر ماتریس ناهماهنگ نیز مانند مرحله ی قبل باید به یک ارزش آستانه سنجیده شوند. این ارزش آستانه نیز می تواند به صورت متوسط از معیارهای ناهماهنگی به دست آید.

۵- یافته ها

جدول ۱۰: تشکیل ماتریس تصمیم گیری

گزینه	کشاورزی	چاه	سد
آذربایجان غربی	۵۰.۳	۳۵۰۰۰	۸
آذربایجان شرقی	۳۰.۷	۳۰۰۰۰	۱۲
کردستان	۰.۱۰	۱۰۰۰۰	۴

جدول ۱۱: استاندارد سازی داده ها

گزینه	کشاورزی	چاه	سد
آذربایجان غربی	۰.۸۴	۰.۷۴	۰.۵۳
آذربایجان شرقی	۰.۵۱	۰.۶۳	۰.۸۰
کردستان	۰.۱۶	۰.۲۶	۰.۳۰
وزن	۰.۳۹	۰.۲۶	۰.۳۳

جدول ۱۲: تشکیل ماتریس بی مقیاس وزین (V) با استفاده از بردار معلوم (W):

گزینه	کشاورزی	چاه	سد
آذربایجان غربی	۰.۳۲۷۶	۰.۱۹۲۴	۰.۱۷۴۹
آذربایجان شرقی	۰.۱۹۸۹	۰.۱۶۳۸	۰.۲۶۴
کردستان	۰.۰۶۲۴	۰.۰۵۴۶	۰.۰۹۹

$$C \begin{smallmatrix} A & B \\ (1, 2) \end{smallmatrix} = (1, 2, 3)$$

$$D \begin{smallmatrix} A & B \\ (1, 2) \end{smallmatrix} = (0)$$

$$C \begin{smallmatrix} A & C \\ (1, 3) \end{smallmatrix} = (1, 2, 3)$$

$$D \begin{smallmatrix} A & C \\ (1, 3) \end{smallmatrix} = (0)$$

$$C \begin{smallmatrix} B & A \\ (2, 1) \end{smallmatrix} = (0)$$

$$D \begin{smallmatrix} B & A \\ (2, 1) \end{smallmatrix} = (1, 2, 3)$$

$$C \begin{smallmatrix} B & C \\ (2, 3) \end{smallmatrix} = (1, 2, 3)$$

$$D \begin{smallmatrix} B & C \\ (2, 3) \end{smallmatrix} = (0)$$

$$C \begin{smallmatrix} C & A \\ (3, 1) \end{smallmatrix} = (0)$$

$$D \begin{smallmatrix} C & A \\ (3, 1) \end{smallmatrix} = (1, 2, 3)$$

$$C \begin{smallmatrix} C & B \\ (3, 2) \end{smallmatrix} = (0)$$

$$D \begin{smallmatrix} C & B \\ (3, 2) \end{smallmatrix} = (1, 2, 3)$$

جدول ۱۳: مشخص نمودن مجموعه هماهنگی و مجموعه ناهماهنگی

گزینه	کشاورزی	چاه	سد
آذربایجان غربی	۰.۳۲۷۶	۰.۱۹۲۴	۰.۱۷۴۹
آذربایجان شرقی	۰.۱۹۸۹	۰.۱۶۳۸	۰.۲۶۴
کردستان	۰.۰۶۲۴	۰.۰۵۴۶	۰.۰۹۹

ماتریس وزنی

$$C \begin{smallmatrix} A & B \\ (1, 2) \end{smallmatrix} = (1, 2, 3)$$

$$C_{12} = 0.98$$

$$C \begin{smallmatrix} A & C \\ (1, 3) \end{smallmatrix} = (1, 2, 3)$$

$$C_{13} = 0.98$$

$$C \begin{smallmatrix} B & A \\ (2, 1) \end{smallmatrix} = (0)$$

$$C_{21} = 0$$

$$C \begin{smallmatrix} B & C \\ (2, 3) \end{smallmatrix} = (1, 2, 3)$$

$$C_{23} = 0.98$$

$$C \begin{smallmatrix} C & A \\ (3, 1) \end{smallmatrix} = (0)$$

$$C_{31} = 0$$

$$C \begin{smallmatrix} C & B \\ (3, 2) \end{smallmatrix} = (0)$$

$$C_{32} = 0$$

جدول ۱۴: محاسبه ماتریس هماهنگ (موافق)

گزینه	کشاورزی	چاه	سد
وزن	۰.۳۹	۰.۲۶	۰.۳۳

$$D \begin{matrix} A & B \\ (1, 2) \end{matrix} = (0)$$

$$D_{12} = (0)$$

$$D \begin{matrix} A & C \\ (1, 3) \end{matrix} = (0)$$

$$D_{13} = (0)$$

$$D \begin{matrix} B & A \\ (2, 1) \end{matrix} = (1, 2, 3)$$

$$D_{21} = (1)$$

$$D \begin{matrix} B & C \\ (2, 3) \end{matrix} = (0)$$

$$D_{23} = (0)$$

$$D \begin{matrix} C & A \\ (3, 1) \end{matrix} = (1, 2, 3,)$$

$$D_{31} = (1)$$

$$D \begin{matrix} C & B \\ (3, 2) \end{matrix} = (1, 2, 3,)$$

$$D_{32} = (1)$$

جدول ۱۵: محاسبه ماتریس ناهماهنگ (مخالف) ماتریس وزنی

گزینه	کشاورزی	چاه	سد
آذربایجان غربی	۰.۳۲۷۶	۰.۱۹۲۴	۰.۱۷۴۹
آذربایجان شرقی	۰.۱۹۸۹	۰.۱۶۳۸	۰.۲۶۴
کردستان	۰.۰۶۲۴	۰.۰۵۴۶	۰.۰۹۹

مرحله ششم: محاسبه متوسط ارزش‌های عددی ماتریس هماهنگ و ناهماهنگ

$$C_{12} = 0.98$$

$$D_{12} = (0)$$

$$C_{13} = 0.98$$

$$C = \frac{0.98 + 0.98 + 0 + 0.98 + 0 + 0}{6} = 0.49$$

$$D_{13} = (0)$$

$$C_{21} = 0$$

$$D = \frac{0+0+1+0+1+1}{6} = 0.5$$

$$D_{21} = (1)$$

$$C_{23} = 0.98$$

$$D_{23} = (0)$$

$$C_{31} = 0$$

$$C = 0.49$$

$$D_{31} = (1)$$

$$C_{32} = 0$$

$$D = 0.5$$

$$D_{32} = (1)$$

مرحله هفتم: محاسبه ماتریس کل هماهنگ (موافق) تسلط

$$C_{12} = 0.98$$

$$C_{13} = 0.98$$

$$C_{21} = 0$$

$$C_{23} = 0.98$$

$$C_{31} = 0$$

$$C_{32} = 0$$

$$C_A = (C_{12} + C_{13}) - (C_{21} + C_{31}) = (0.98 + 0.98) - (0 + 0) = -1.96$$

$$C_B = (C_{21} + C_{23}) - (C_{12} + C_{32}) = (0 + 0.98) - (0.98 + 0) = 1$$

$$C_C = (C_{31} + C_{32}) - (C_{13} + C_{23}) = (0 + 0) - (0.98 + 0.98) = -1.96$$

مرحله هشتم: محاسبه ماتریس کل ناهماهنگ (مخالف) تسلط

$$D_{12} = (0)$$

$$D_{13} = (0)$$

$$D_{21} = (1)$$

$$D_{23} = (0)$$

$$D_{31} = (1)$$

$$D_{32} = (1)$$

$$D_A = (D_{12} + D_{13}) - (D_{21} + D_{31}) = (0 + 0) - (1 + 1) = -2$$

$$D_C = (D_{31} + D_{32}) - (D_{13} + D_{23}) = (1 + 1) - (0 + 0) = -2$$

$$D_B = (D_{21} + D_{23}) - (D_{12} + D_{32}) = (1 + 0) - (0 + 1) = 0$$

مرحله نهم: اولویت بندی

گزینه	A	B	C
A	0	0	0
B	1	1	0

C	0	1	0
---	---	---	---

$$D_{A=} -2$$

$$C_{A=} -1.96$$

$$D_{B=} 0$$

$$C_{B=} 1$$

$$D_{C=} -2$$

$$C_{C=} -1.96$$

۶- نتیجه گیری

نتایج استفاده از مدل های تصمیم گیری چند معیاره شامل مدل ELECTER, TOPSIS نشان می دهد که دو روش به کار رفته تا حدود زیادی نتایجشان با همدیگر همپوشانی دارد و سهم بهینه هر یک از استان ها در خشک شدن دریاچه ارومیه مشخص گردید و نشان داد که اراضی کشاورزی بیشترین تأثیر را در خشک شدن دریاچه ارومیه در قسمت غربی آن داشته است. در حوضه دریاچه ارومیه بخش زیادی از زمین های کشاورزی در قسمت غربی دریاچه قرار دارند به دلیل اینکه تراکم سطوح کشاورزی زمین های آبی در اطراف حوضه آبریز دریاچه بالاست. خشک شدن دریاچه ارومیه به دو عوامل انسانی و طبیعی برمی گردد که در این تحقیق عوامل انسان ساخت را مورد بررسی قرار داده ایم. عوامل انسانی آن شامل، توسعه فعالیت های انسانی، بهره برداری بی رویه از منابع طبیعی، افزایش جمعیت، تغییرات کاربری اراضی، تعداد سدهای ساخته شده و افزایش تعداد چاه های عمیق و نیمه عمیق می باشد. تعداد بیشتری از این چاه ها در خشک شدن دریاچه ارومیه در استان آذربایجان غربی و سپس آذربایجان شرقی تأثیر زیادی داشته است. همچنین نتایج نشان می دهد که در بین سه استان آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی و کردستان، بیشترین احداث سد در سمت شرق دریاچه قرار دارند که مهم ترین عامل آن، نبود برنامه آمایش سرزمین و مدیریت یکپارچه در حوضه آبریز دریاچه ارومیه می باشد.

دریاچه ارومیه روز به روز در حال خشک شدن است که از بین رفتن آن نه تنها برای استان های مجاور بلکه برای کشور و حتی برای کشورهای همسایه نیز خطرناک می باشد. با توجه به نتایج تحقیق این چنین می توان گفت که با خشک شدن دریاچه قسمت های از دشت های ارومیه، مراغه، تبریز، مهاباد و میاندوآب با طوفان نمکی مواجه خواهند شد. عدم سرمایه گذاری های صحیح در بخش کشاورزی، نحوه غلط آبیاری، عدم اصلاح الگوی کشت و نامتناسب بودن کشت محصول با اقلیم آب و هوایی از جمله عوامل خشکی دریاچه ارومیه است. مناسب ترین راه حل برای نجات دریاچه، اول تعادل در تنظیم سد و تعیین حداقل میزان نسبت دریاچه است که می تواند زنده بماند. سپس سیستم های آبیاری برای کشاورزی تجدیدنظر شود زیرا آبیاری سیل پس از کاهش نسبت کشاورزی امکان پذیر نخواهد بود. درواقع، هزینه

تجدید سیستم‌های آبیاری چندین برابر کمتر از ساخت سد یا هزینه‌های اضافی صرف شده برای پیامدهای بعدی آن است.

منابع

- اصغر پور، م. ج.، ۱۳۸۸، تصمیم‌گیری‌های چند معیاره، انتشارات دانشگاه تهران
- مهتابی اوغانی، م.، ا. نجفی و ح. یوسفی. ۱۳۹۲. مقایسه دو روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس در مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهری (مطالعه موردی: انتخاب محل دفن پسماندهای شهری کرج). مجله سلامت و محیط، ۳۵۲-۳۴۱: (۳)۶
- محسنی، سیمین؛ شهرکی، جواد، (۱۳۹۴)، کاربرد برنامه‌ریزی فازی خاکستری در تخصیص منابع آب شهرستان یزد، تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۷(۳)، ۷۳-۹۰
- نظر نژاد، ح. (۱۳۸۴)، بررسی علل کاهش سطح آب دریاچه ارومیه، دومین کنفرانس سراسری آب‌خیزداری و مدیریت منابع آب‌وخاک، دانشگاه شهید باهنر، ۲۱۹۸-۲۲۰۵
- خورشید، صدیقه، کارولوکس، تسلیمی، محمد سعید، جعفر نژاد، احمد و بدیع، کامبیز، رتبه‌بندی و انتخاب پروژه‌های تحقیقاتی تحت محیط فازی تصمیم‌گیری گروهی از طریق تکنیک تصمیم‌گیری "تاپسیس"، نشریه مدیریت فرهنگ‌سازمانی، سال دوم، شماره پنجم.
- Abadi, B. (2019). How agriculture contributes to reviving the endangered ecosystem of Lake Urmia? The case of agricultural systems in northwestern Iran. Journal of environmental management, 236, 54-67
- AghaKouchak, A., Norouzi, H., Madani, K., Mirchi, A., Azarderakhsh, M., Nazemi, A., ... & Hasanazadeh, E. (2015). Aral Sea syndrome desiccates Lake Urmia: call for action. Journal of Great Lakes Research, 41(1), 307-311.
- Chu, J. Su, Y. 2012. The application of TOPSIS method in selecting fixed seismic shelter for evacuation in cities. systems Engineering Procedia, p 391-397
- Hassanzadeh, E., Zarghami, M., & Hassanzadeh, Y. (2012). Determining the main factors in declining the Urmia Lake level by using system dynamics modeling. Water Resources

Management, 26(1), 129-145.

Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). Methods for multiple attribute decision making. In Multiple attribute decision making (pp. 58-191). Springer, Berlin, Heidelberg.

IPCC, Houghton, E. (1996). Climate change 1995: The science of climate change: contribution of working group I to the second assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Vol. 2). Cambridge University Press.

Jahanshahloo, G.R., Hossenzadeh Lotfi, F., Izadikhah, M. 2006. Extension of the TOPSIS method for decision-making problems with fuzzy data. Applied Mathematics and Computation 181, 1544– 1551

Jalili, S., Kirchner, I., Livingstone, D. M., & Morid, S. (2012). The influence of large-scale atmospheric circulation weather types on variations in the water level of Lake Urmia, Iran. International Journal of Climatology, 32(13), 1990-1996.

Masih, I., Uhlenbrook, S., Tural, H., & Karimi, P. (2009). Analysing streamflow variability and water allocation for sustainable management of water resources in the semi-arid Karkheh river basin, Iran. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 34(4-5), 329-340.

Shangguan, Z., Shao, M., Horton, R., Lei, T., Qin, L., & Ma, J. (2002). A model for regional optimal allocation of irrigation water resources under deficit irrigation and its applications. Agricultural Water Management, 52(2), 139-154.

Zadl, S. O., Ravesteijn, W., Herrmans, L., & van Beek, E. (2012). Managing conflicts in water resources allocation: the case of Urmia Lake Basin, Iran. River Basin Management VII, 172, 153.

ارزیابی مخاطرات کاتاستروفیک با تأکید بر سیلاب

(مطالعه موردی: حوضه خلیل آباد)

Assessment of catastrophic hazards with an emphasis on floods

(Case study: Khalilabad Basin)

^۱سید حمیدرضا فاطمی

^۱ دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز h.fatemi@tabrizu.ac.ir

چکیده

مخاطرات بخش جدایی‌ناپذیر زندگی انسان از دیرباز تاکنون بوده است و همواره انسان را چه از نظر جانی و چه از نظر مادی تهدید کرده است. هدف از پژوهش حاضر، شناسایی و ارزیابی مخاطرات کاتاستروفیک حوضه خلیل‌آباد واقع در استان یزد می‌باشد. محدوده مورد مطالعه بین عرض‌های ۳۲ درجه ۱۵ دقیقه و ۱۰ ثانیه تا ۳۲ درجه و ۳۳ دقیقه و ۵۵ ثانیه و ۵۳ درجه و ۱۸ دقیقه و ۵۰ ثانیه تا ۵۳ درجه و ۴۱ دقیقه و ۵۳ ثانیه واقع شده است. این محدوده بخشی از حوضه عقدا است. در این پژوهش با استفاده از داده‌های نقشه‌های زمین‌شناسی، کاربری اراضی، شیب و بارش در نرم‌افزار Arc-GIS نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب تهیه گردید. همچنین از منطقه مورد مطالعه بازدید میدانی نیز به عمل آمد. نتایج نشان داد که حوضه خلیل آباد، روستاهای فخرآباد، ارموده، وراغون، آشتیانه، منطقه حشم، هفت‌تهر، ندوگ دارای پتانسیل خطر بیشتری در زمان وقوع سیلاب خواهند بود. روستاهای اشتیجه، ملکوه، زاوه، کیکوه، زرجوع، خواصکوه از پتانسیل متوسط خطر سیلاب برخوردارند. روستای کُمکوه، کذابچه، بلبل و دوگان پتانسیل خطر کم را دارند و روستاهای خلیل‌آباد، حسن‌آباد، انارستان، ولوسک و ایستگاه راه‌آهن ساسان دارای کمترین پتانسیل خطر هستند.

کلمات کلیدی: مخاطرات، کاتاستروفیک، حوضه، خلیل‌آباد، سیلاب

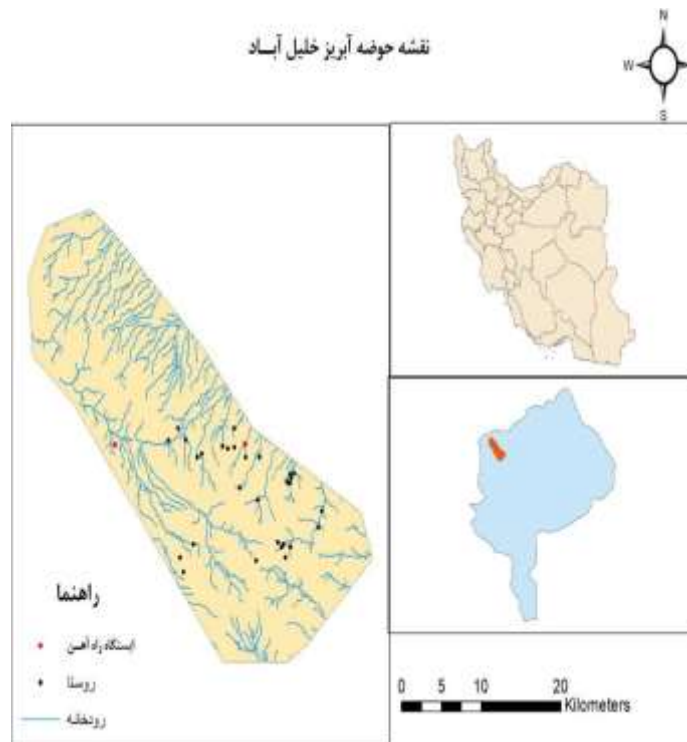
۱- مقدمه

رابطه انسان با طبیعت بحثی نیست که امروزه مورد نظر باشد، چرا که انسان از دیرباز جزء جدایی ناپذیر طبیعت بوده است و همیشه تلاش خویش را برای بهره‌برداری حداکثری از طبیعت نموده. در این میان گاهی اوقات زور طبیعت به انسان رسیده و باعث ایجاد خسارات جانی و مالی به او گشته است. بعنوان مثال سیل، زلزله، آتشفشان، رانش زمین، لغزش زمین و بسیاری دیگر از رخدادهای طبیعی باعث ایجاد خسارت مالی و جانی به انسان شده‌اند. این گروه از رخدادهای امروزه زیر مجموعه دانشی به نام مخاطرات طبیعی است (اختصاصی و محمدی خشوئی، ۱۳۹۸). تعریف ساده از مخاطرات محیطی این است که مخاطرات محیطی شامل آن حوادثی است که بطور ناگهانی روی می‌دهد و موجب آسیب جانی و مالی به انسان می‌شود. اما مخاطرات در معنی علمی آن شامل تمام حوادثی است که در یک محیط خاص، با شرایط جغرافیای خاص اتفاق می‌افتد (وانگ^۶ و همکاران، ۲۰۲۱). سیل یکی از مهم‌ترین و پیچیده‌ترین بلایای طبیعی است که بیشترین فراوانی را نیز به خود اختصاص داده است. روند رو به افزایش سیل در سال‌های اخیر حاکی از این است که ابعاد خسارات و تلفات جانی و مالی سیل افزایش یافته است، چنانچه ابعاد گستردگی پیامدهای وقوع سیل مستقیم و غیر مستقیم از لحاظ اقتصادی مورد ارزیابی قرار گیرد آنگاه به پرداختن به مسائلی همچون سیل در اولویت قرار می‌گیرد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۵). در یک دسته‌بندی فشرده می‌توان سیلاب‌ها را به انواع فصلی، ناگهانی، سیلاب‌های ناشی از شکست سدها، سیلاب‌های نواحی ساحلی و خورها، سیلاب‌های ناشی از گرم شدن یخ مناطق یخچالی و یخ زده، طوفان‌های دریایی و اقیانوسی تهاجمی به سواحل، سیلاب‌های ناشی از بارش‌های تند در مناطق کوهستانی و با شیب تند و ... دسته‌بندی کرد. سیلاب‌ها بیشتر بر اثر ذوب برف‌ها، طغیان رودخانه‌ها و بارندگی‌های شدید در مقاطع زمانی کوتاه به وقوع می‌پیوندند و به لحاظ نوع بستر، بیشتر در اراضی لم یزرع، خیس و غرقابی و یخ زده جاری می‌شوند. سیل می‌تواند بر اثر بارندگی سنگین، خراب شدن سدها، تخریب سواحل رودخانه‌ها و دیواره دریاچه‌ها، ذوب سریع برف و یخ، مسدود شدن رودخانه به علت ریزش کوه و طغیان ناگهانی رودخانه‌ها، تغییر مسیر رودخانه‌ها بالا آمدن کف رودخانه در اثر رسوب سنگین و غیر طبیعی و یا حتی انفجار مخازن آب بوجود آید (بزرگ‌زاده و طاهری بهبهانی؛ ۱۳۷۵: ۹۰-۹۲). عوامل زیادی در وقوع سیلاب دخالت دارند. علاوه بر شرایط محیطی،

1- Wang

فعالیت های انسانی و عدم برنامه ریزی صحیح نیز باعث ایجاد و افزایش فراوانی و حجم و همچنین خسارات مالی و جانی ناشی از سیلاب می شود (قنواتی، ۱۳۹۲). سیل ناگهانی به عنوان یک مخاطره جدی، سیل سریعی است که ناشی از بارش سنگین یا رها شدن ناگهانی آب در دوره کوتاه مدت است و آب بر سطح زمین جاری می شود (پروین، ۱۳۹۸). هر چند سیلاب ناگهانی ممکن است در تمامی محیط های ژئومورفولوژیکی ایجاد شود اما بیشترین فراوانی وقوع آن در مناطق گرم و خشک است. لایه های رسوبی تشکیل شده در بستر دریا که از رویدادهای کوتاه مدت مانند سیل های ناگهانی یا زلزله ها منشأ می گیرند، به عنوان لایه های رویداد شناخته می شوند. این لایه ها و خصوصیات فیزیکی و بیولوژیکی رسوبات سیلاب های ناگهانی می تواند اطلاعات ارزشمندی در مورد فراوانی و بزرگی رویدادهای هواشناسی، اقیانوس شناسی و زمین شناسی گذشته ارائه دهد (ماسالان^{۶۸} و همکاران، ۲۰۱۹). رودخانه های جاری در مناطق خیلی خشک و خشک (۲۸۰۰۰ کیلومتر در سراسر جهان) بسیار کمیاب هستند و این رودخانه های زودگذر هستند که بیشترین رسوبات زمینی را در این مناطق با خود حمل و از حوضه های مناطق خشک خارج می کنند (کاتز و همکاران، ۲۰۱۵). اغلب سیستم های رودخانه ای تحت تأثیر متغیرهای خارجی از جمله تغییرات زمین شناسی، اقلیمی و انسانی دچار آشفته گی می شوند. الگوها و میزان تعدیل های رودخانه ای و یا تغییرپذیری آنها، ماهیت رویدادهای آشفته گی را نشان می دهند. این آشفته گی مانند یک سیل فصلی می تواند پدیده ای دوره ای با وقوع کم، شدت زیاد و کوتاه مدت باشد و اثر موضعی بر رودخانه را بر جای بگذارد (پناهی و همکاران، ۱۳۹۸).

محدوده مورد مطالعه بین عرض های ۳۲ درجه ۱۵ دقیقه و ۱۰ ثانیه تا ۳۲ درجه و ۳۳ دقیقه و ۵۵ ثانیه و ۵۳ درجه و ۱۸ دقیقه و ۵۰ ثانیه تا ۵۳ درجه و ۴۱ دقیقه و ۵۳ ثانیه واقع شده است. این محدوده بخشی از حوضه عقدا می باشد. همچنین حوضه عقدا یکی از زیر حوضه های حوضه کویر سیاه کوه است. از نظر توپوگرافی، محدوده مورد مطالعه در واحد مورفولوژی کوهستان - دشت قرار دارد. مرز حوضه از سمت شمال به آبادی چاه ریگ، از جنوب به روستای هفت هر، از شرق به عقدا و از غرب به روستای سرو علیا محدود می شود. مساحت و محیط حوضه به ترتیب برابر است با ۳۶۹/۶۳ کیلومتر مربع و ۱۰۵/۲۶ کیلومتر مربع می باشد. این حوضه در قسمت شمال غربی استان یزد واقع شده است. هدف از تحقیق حاضر، شناسایی مخاطرات کاتاستروفیک منطقه مورد مطالعه با تأکید بر سیلاب است تا بتوان پهنه های مستعد خطر بالا سیل را به طور علمی مدیریت کرد.



شکل ۱: نقشه محدوده مورد مطالعه

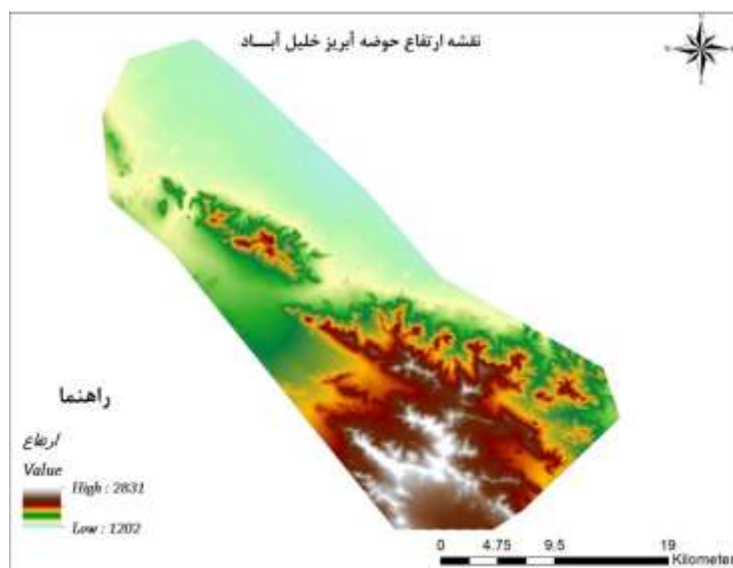
۲- مواد و روشها

در این تحقیق برای مطالعه مخاطرات کاتاستروفیک حوزه خلیل آباد از نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و بازدید میدانی استفاده شده است. همچنین برای پهنه‌بندی خطر سیلاب از فاکتورهای بارش، کاربری اراضی، فاصله از رودخانه، شیب، ارتفاع، زمین‌شناسی استفاده شده است. ابتدا مدل رقومی ارتفاعی محدوده مورد مطالعه بدست آمد و سپس ارتفاع منطقه بدست آمد. سپس برای هریک از این عوامل با روش فازی عضوگیری انجام شد. پس از عضوگیری توابع فازی، هریک از لایه‌های ایجاد شده وزن مربوط به خود را گرفتند و در نهایت نقشه فازی گاما ۰/۹ منطقه با همبستگی بالا در نرم‌افزار Arc-GIS تهیه گردید. همچنین از تصاویر ماهواره‌ای Google Earth به‌منظور نمایش لندفرم‌های حاصل از سیلاب استفاده شده است.

۲-۱- ارتفاع محدوده مورد مطالعه

برای شناسایی ارتفاع محدوده مورد مطالعه، از مدل رقومی ارتفاعی زمین^{۶۹} با استفاده از نرم‌افزار Arc-GIS مشخص

گردید که در حوضه خلیل‌آباد بلندترین ارتفاع ۲۸۳۱ متر و کمترین ارتفاع ۱۲۰۲ متر است. شکل ۲ نقشه رقومی ارتفاعی محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۲: نقشه رقومی ارتفاع حوضه خلیل‌آباد

۲-۲- کاربری اراضی

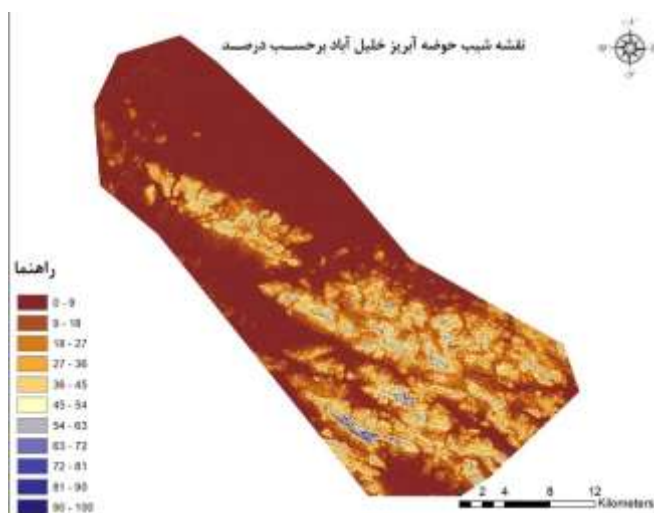
جهت شناسایی کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه از لایه کاربری اراضی در نرم‌افزار Arc-GIS استفاده گردید و چهار کاربری شامل کشاورزی، باغ، مراتع فقیر و کوهستان شناسایی شد. شکل ۳ کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه را نمایش می‌دهد.



شکل ۳: نقشه کاربری اراضی حوضه خلیل‌آباد

۳-۲- شیب

شیب حوضه از قسمت جنوب به سمت شمال غرب کاهش می‌یابد. دلیل این امر این است که خروجی حوضه در قسمت شمال غرب واقع شده است. در این حوضه با استفاده از نرم‌افزار Arc-GIS شیب حوضه در ۱۱ کلاس طبقه‌بندی شد (شکل ۴).



شکل ۴: نقشه شیب حوضه خلیل‌آباد

۳-۴- بارش

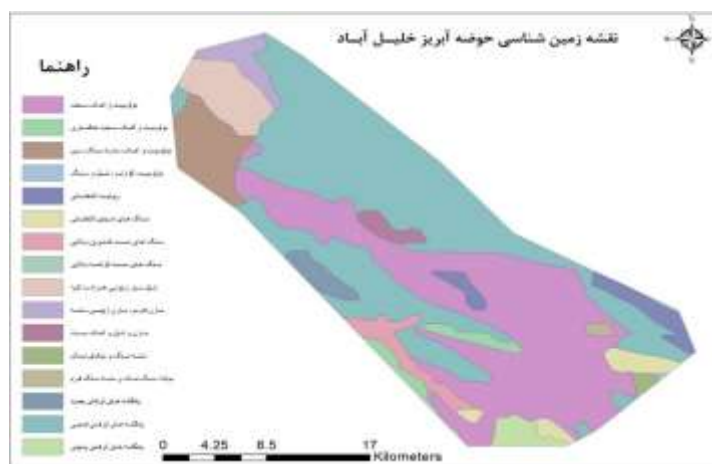
با توجه به اقلیم سرد و خشک منطقه و وجود حوضه خلیل‌آباد در منطقه کوهستانی متوسط بارش سالانه ۱۰۵/۳۲ میلی‌متر می‌باشد و دی ماه پر باران‌ترین ماه در میانگین سالانه بارش بوده است. با استفاده از لایه خطوط هم‌بارش در نرم‌افزار Arc-GIS نقشه بارش منطقه مورد مطالعه تهیه گردید (شکل ۵).



شکل ۵: نقشه بارش حوضه خلیل‌آباد

۵-۳- زمین شناسی

کهن ترین سنگ های رخنمون یافته در این حوضه به سری دزو تعلق دارد و شامل کریستال های توف شیشه ای و گدازه های ریولیتی، ماسه سنگ، شیل، دولومیت و سنگ آهک تیره رنگ معروف به آهک عقدا که از نظر سنی به کامبرین زیرین تعلق دارد. نهشته های پالئوزوئیک میانی تا بالایی شامل ماسه سنگ های کوارتزیتی و شیل های سیلتی، ماسه سنگس و آهکی سازندهای زایگون و لالون و سنگ آهک هم ارز سازند میلا و ماسه سنگ های تیره و سنگ آهک متعلق به کربونیفر است. نهشته های دوران مزوزوئیک شامل سنگ آهک، ماسه سنگ و سنگ آهک هم ارز سازند نایبند، مارن و ماسه سنگ و سنگ آهک ژوراسیک و ماسه سنگ و سنگ آهک متعلق به کرتاسه است. نهشته های ترسیر در این منطقه دربرگیرنده گدازه ها و توف های داسیتی تیره رنگ ائوسن، توده های گرانیتی و نهشته های آواری کم ژرفا و سنگ های آتشفشانی متعلق به میوسن است. همچنین آبرفت های کواترنری را در بخش های نسبتاً بلند منطقه می توان مشاهده کرد و نهشته های تبخیری و رسی را در بخش های ژرف تر (شکل ۶).



شکل ۶: نقشه زمین شناسی حوضه خلیل آباد

۶-۳- منطق فازی

با توجه به اینکه پدیده هایی نظیر سیلاب تحت تأثیر عوامل بسیاری قرار دارند و این عوامل قطعی و صد در صد نیستن، بنابراین بهتر است در مطالعه چنین پدیده هایی بجای استفاده از مدل بولین که لازمه آن داده های دقیق و کمی است، از مدل فازی استفاده شود. با استفاده از نظریه فازی می توان متغیرهای نادقیق و مبهم را به شکل ریاضی در آورد. منطق فازی شیوه های مرسوم برای طراحی و مدل سازی یک سیستم را که نیازمند ریاضیات پیشرفته و نسبتاً پیچیده است با استفاده از مقادیر و شرایط زبانی و یا بعبارتی دانش فرد خبره و با هدف ساده سازی و کارآمدتر شدن طراحی سیستم، جایگزین و یا تا حد زیادی تکمیل می نماید. این نظریه در الگو کردن پدیده های فیزیکی، نقشه برداری

و طبقه بندی بطور گسترده استفاده شده است. در مدل فازی هر عضو همزمان در مجموعه های مختلف ولی به درجات متفاوت عضویت دارد. درجات عضویت مقادیر بین صفر و یک نیز خود این دو حد را می پذیرد. در نظریه مجموعه های دقیق اگر یک مجموعه را در نظر بگیریم، هر عضو مجموعه مرجع یا در مجموعه هست یا نیست و می توان برای هر مجموعه A تابع زیر را تعریف کرد.

رابطه (۱)

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & , If x \in A \\ 0 & If x \notin A \end{cases}$$

این تابع به هر عضو A عدد (۱) و به هر عضو خارج از مجموعه A عدد (۰) نسبت می دهد. برای اجرای تکنیک فازی عملگرهایی نظیر OR (اجتماع)، AND (اشتراک)، Product (ضرب جبری)، Sum (جمع جبری) و Gamma (گاما) نیاز می باشد. از آنجایی که در این پژوهش از عملگر Gamma استفاده شده است فقط به توضیح این عملگر بسنده می کنیم. از آنجا که عملگر Product حساسیت خیلی بالا دارد و عملگر Sum دقت خیلی کم، جهت تعدیل حساسیت عملگر Product و دقت پایین عملگر Sum، عملگر دیگری به نام Gamma تعریف شده است. مقدار گاما تعدیل کننده بین صفر و یک است و از طریق قضاوت کارشناسانه تعیین می شود. گامای صفر ضرب فازی و گامای یک معادل جمع فازی است (قنواتی، ۱۳۹۲).

۴- نتایج

در این پژوهش مخاطرات کاتاستروفیک حوضه خلیل آباد شامل مخاطرات تکتونیکی، مخاطرات کارستیک، ژئوتوریسم و مخاطرات، گرد و غبار و سیلاب شناسایی شد که در ادامه به توضیح هریک اشاره می شود.

۴-۱- مخاطرات تکتونیکی

محدوده مورد مطالعه فاقد گسل فعال بوده و نزدیکترین گسل به آن گسل دهشیر است که ۱۶ کیلومتر با محدوده مورد مطالعه فاصله دارد. با توجه به بالا آمدگی و چین خوردگی جنوب محدوده مورد مطالعه می توان نتیجه گرفت حرکات امتداد لغز گسل دهشیر در گذشته باعث بالا آمدن قسمت جنوبی محدوده مورد مطالعه و مناطق پیرامونی آن و فرو افتادن پلاهای گاوخونی شده اند. در کل محدوده مورد مطالعه از نظر حرکات زمین ساخت و تکتونیک غیر فعال می باشد.

۴-۲- مخاطرات کارستیک

منطقه مورد مطالعه در رشته کوه جنوبی خود (کلاغ‌آباد) دو غار کارستیک به نام شکفت یزدان و بهار دارد که در محدوده روستای هفت‌هر واقع شده است. از آنجا که محدوده مورد مطالعه در اقلیم گرم و خشک واقع شده است، وجود غارها بیانگر این است که در دوره‌های گذشته زمین‌شناسی اقلیم منطقه مرطوب بوده است. همچنین سیستم رودخانه‌ای کارستی در این منطقه وجود دارد که بجز وجود چند رودخانه فصلی بر روی زمینی بقیه این سیستم ناپدید است و وجود سفره‌های آب زیرزمینی در زیر کوه کلاغ‌آباد و پیشخانه و همچنین وجود غارها و پونورها دلیلی بر اثبات این موضوع است. ورود گردشگران بدلیل صعب‌العبور بودن غارهای بهار و شکفت یزدان، مخاطرات جانی را به‌همراه داشته است بطوریکه چندین مورد آسیب دیدگی برای تعدادی از گردشگران و غارنوردان پیش آمده است.

۳-۴- ژئوتوریسم و مخاطرات محدوده مورد مطالعه

به دلیل کوهستانی بودن منطقه روستاهایی هدف گذراندن اوقات فراغت ساکنین شهرهای همجوار گشته‌اند. ساکنین عقدا، اردکان و میبد تعطیلات را در روستاهای محدوده مورد مطالعه می‌گذارند. از روستاهای هدف گردشگری می‌توان به آرموده، ندوگ، بهرام تاج و حشیم اشاره کرد. این روستاها واقع در کوهستان بوده و دارای چشمه، مسیرهای کوهنوردی و ... می‌باشد. متأسفانه با ورود گردشگران به این اماکن شاهد آلودگی محیط طبیعی می‌باشیم. همچنین مسیر کوهنوردی واقع در ندوگ بدلیل وجود سنگ‌های زیبا توسط گردشگران دچار آسیب گشته است. این سنگ‌ها که سفید روشن و سیاه براق هستند در گویش محلی به دَق مشهورند.

۴-۴- گرد و غبار

از دیگر مخاطرات موجود در منطقه، گرد و غبار است. منطقه مورد مطالعه بادهایی با وزش طولانی و گاهی سرعت بسیار بالا دارد و این امر بدلیل وجود این محدوده در دره واقع بین دو کوه کلاغ‌آباد و پیشخانه می‌باشد. هرچند گرد و غبار منشأ اقلیمی دارد اما منشأ آن می‌تواند ژئومورفولوژیک نیز باشد مانند منطقه مورد مطالعه که در آن وجود تپه‌های ماسه‌ای در غرب که در زبان محلی به آن لای باغچوگ می‌گویند، وجود سد ذخیره آب در جنوب که با خشک شدن آن باد رسوبات ریز کف آن را با خود حمل می‌کند و خشک شدن تالاب گاوخونی. منطقه مورد مطالعه در ۵۹ کیلومتری تالاب گاوخونی واقع شده است اما بادهایی با جهت وزش غربی - شرقی باعث ایجاد گرد و غبار در این منطقه می‌شوند. قطعاً اگر گاوخونی از نفس بیفتد، ساکنان ایران مرکزی نیز از نفس خواهند افتاد و این حقیقتی است انکارناپذیر. با توجه به بحث مطرح شده می‌توانیم بگوییم که گرد و غبار در این محدوده منشأ ژئومورفولوژیک دارد.

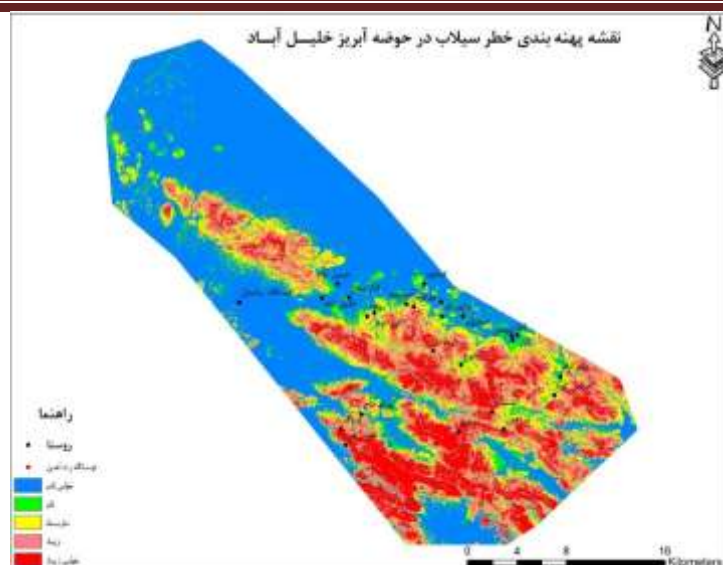


شکل ۶: الف) لای باغچوک یکی از منشأهای ایجاد گرد و غبار در محدوده مورد مطالعه

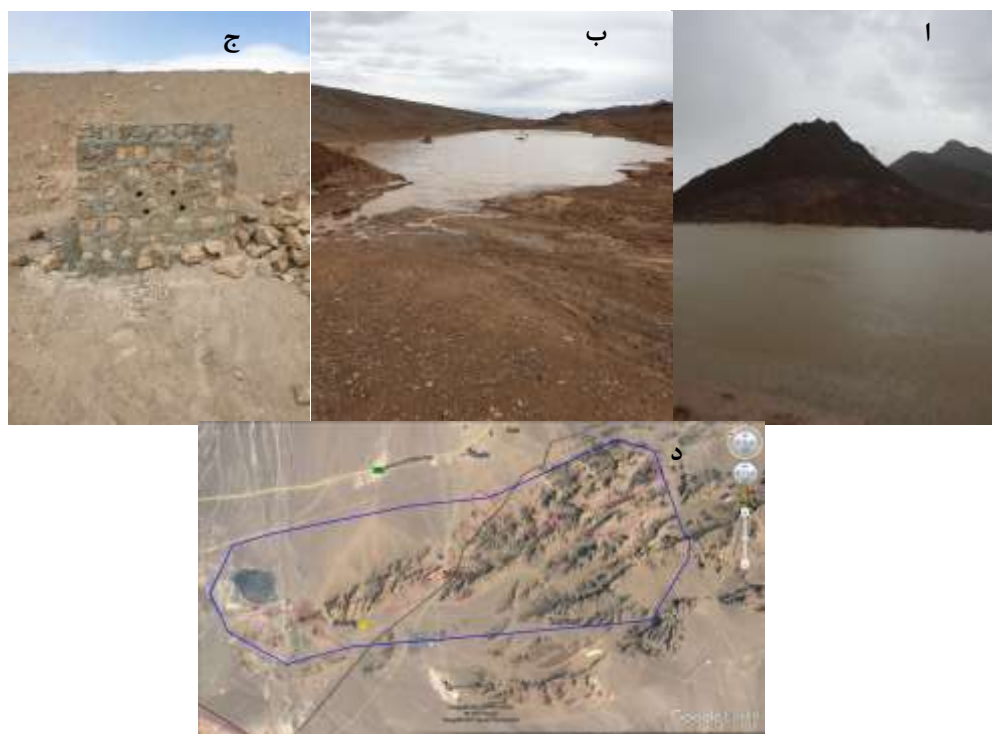
ب) گرد و غبار مورخ ۹۹/۱۱/۱۹ در محدوده مورد مطالعه

۴-۵- سیلاب

از آنجا که منطقه مورد مطالعه در اقلیم گرم و خشک واقع شده است و در این مناطق بارندگی های سیل آسا با دوره بازگشت طولانی وجود دارد، سیلاب مهم ترین پدیده ای است که تغییرات ژئومورفولوژیکی محیط را به ارمغان می آورد، اما در کنار این تغییرات بدلیل رخداد ناگهانی این پدیده در این مناطق خطرات جانی و مالی را نیز به بار می آورد که در حوضه خلیل آباد مناطقی وجود دارند که احتمال خسارات را افزایش می دهند. پهنه بندی خطر سیلاب نشان داد که در حوضه خلیل آباد، روستاهای فخرآباد، ارموده، وراغون، آشتیانه، منطقه چشم، هفتهر، ندوگ دارای پتانسیل خطر بیشتری در زمان وقوع سیلاب خواهند بود اما در بعضی از مناطق محدوده مورد مطالعه با همیاری اهالی و شورای اسلامی روستاها برای کنترل و مهار سیلاب از روش هایی چون ایجاد سیل شکن، ساخت سد ذخیره خاکی، ساخت خاکریز و تعبیه لوله خروج آب مازاد سدهای خاکی استفاده شده است.



شکل ۷: نقشه پهنه بندی خطر سیلاب حوضه خلیل آباد



شکل ۸: الف) سد خاکی ذخیره آب حاصل از سیلاب خلیل آباد، ب) نمایی از خاکریز روستای انارستان پس از بارش، ج) محفظه لوله تعبیه شده در سد خاکی خلیل آباد جهت تخلیه مازاد آب سد در هنگام بارش، د) چند نمونه از مخروط افکنه های ایجاد شده در حوضه خلیل آباد (زرشکی رنگ)

۵- بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق، مخاطرات کاتاستروفیک در حوضه خلیل آباد با تأکید بر سیلاب با استفاده از منطق فازی با درجات مختلف معین شده است. در پهنه بندی خطر سیلاب لایه های ارتفاع، کاربری اراضی، شیب، بارش و زمین شناسی استفاده

شده است. سپس هریک از لایه‌ها با توجه به نوع رابطه‌شان با پدیده سیلاب و براساس توابع تعیین شده وزن‌دهی شد و وارد مدل گردید. با توجه به نقشه نهایی بدست آمده (گامای ۰/۹) در سیل‌خیزی در حوضه خلیل‌آباد، روستاهای فخرآباد، ارموده، وراغون، آشتیانه، منطقه چشم، هفتهر، ندوگ دارای پتانسیل خطر بیشتری در زمان وقوع سیلاب خواهند بود. روستاهای اشتیجه، ملکوه، زاوه، کیکوه، زرجوع، خواصکوه از پتانسیل متوسط خطر سیلاب برخوردارند. روستای گمکوه، کذابچه، بلیل و دوگان پتانسیل خطر کم را دارند و روستاهای خلیل‌آباد، حسن‌آباد، انارستان، ولوسک و ایستگاه راه‌آهن ساسان دارای کمترین پتانسیل خطر هستند. در بعضی از مناطق محدوده مورد مطالعه با همیاری اهالی و شورای اسلامی روستاها برای کنترل و مهار سیلاب از روش‌هایی چون ایجاد سیل شکن، ساخت سد ذخیره خاکی، ساخت خاکریز و تعبیه لوله خروج آب مازاد سدهای خاکی استفاده شده است. مخاطرات تکتونیکی بدلیل فعالیت بسیار کم در منطقه وجود ندارد. مخاطرات کارستیک و ژئوتوریسم محدوده مورد مطالعه بسیار کم ارزیابی می‌شود. در مورد گردو غبار با توجه به وجود کانون‌های گرد و غبار در اطراف روستا متوسط ارزیابی می‌شود.

مراجع

- ۱- اختصاصی، محمدرضا، مزده، محمدی خشوئی، مقایسه بعد فراکتال و ویژگی‌های ژئومورفولوژیک در مدیریت حوزه آبخیز عقدا، پژوهش‌های فرسایش محیطی، دوره ۹، شماره ۱ (پیاپی ۳۳)، صص ۶۲-۸۴، ۱۳۹۸.
- ۲- بزرگ‌زاده، مصطفی، طاهری بهبهانی، محمدطاهر، سیلاب‌های شهری: انتشارات مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری، تهران، ۱۳۷۵.
- ۳- پروین، منصور، ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب‌های ناگهانی بر اساس مدل MFFPI (مطالعه موردی: حوضه اسلام‌آباد غرب)، مدیریت مخاطرات محیطی (دانش مخاطرات سابق)، دوره ۶، شماره ۲، صص ۱۸۴-۱۶۹، ۱۳۹۸.
- ۳- پناهی، رویا، حسین‌زاده، محمد مهدی و خالقی، سمیه، پهنه‌بندی مخاطره سیلاب به منظور تعیین حریم رودخانه‌ها (مطالعه موردی: رودخانه گاماسیاب)، اکوهیدرولوژی، دوره ۶، شماره ۲، صص ۵۶۷-۵۵۳، ۱۳۹۸.
- ۴- محمدی، فرناز، طباطبایی، سید محمود و فاخری فرد حمد، پهنه‌بندی هیدرولیکی سیلاب (مطالعه موردی: رودخانه باراندوزچای)، پانزدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام (ره)، قزوین، ۱۳۹۵.
- ۵- قنوتی، عزت‌اله، پهنه‌بندی خطر سیلاب شهر کرج با استفاده از منطق فازی، نشریه مخاطرات طبیعی، دوره ۲، شماره ۸، صص ۱۳۲-۱۱۳، ۱۳۹۲.

6- Katz, T., Ginat, H., Eyal, G., Steiner, Z., Braun, Y., Shalev, S., Goodman-Tchernov, B.N., Desert flash floods form hyperpycnal flows in the coral-rich Gulf of Aqaba, Red Sea, Earth and Planetary Science Letters, Vol. 417, pp. 87-98, 2015.

7- Mathalon, Alysse, Goodman-Tchernov, Beverly, Hill, Paul, Kálmán, Ákos, Katz, Timor, Factors influencing flashflood deposit preservation in shallow marine sediments of a hyperarid environment, Marine Geology, Vol. 411, pp. 22-35, 2019.

7- Wang, Haiyan, Huang, Chun Chang, Pang, Jiangli, Zhou, Yali, Cuan, Yuda, Guo, Yongqiang, Zhang, Yuzhu, Zhou, Qiang, Rong, Xiaoqing, Shang, Ruiqing, Catastrophic flashflood and mudflow events in the pre-historical Lajia Ruins at the northeast margin of the Chinese Tibetan Plateau, Quaternary Science Reviews, Vol. 251, pp. 47-56, 2021.

ارزیابی مخاطرات و توزیع غلظت آرسنیک در منابع آب زیرزمینی دشت جیرفت با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی

Risk assessment and distribution of arsenic concentration in underground water resources
Using geographic information system of Jiraf Plain

اکرامت نژادافضلی^۱، فاطمه بیاتانی^۲

^۱ استادیار گروه جغرافیا دانشگاه جیرفت

^۲ دکتری آب و هواشناسی کشاورزی

چکیده

آرسنیک یکی از آلاینده‌های مهم آب می‌باشد که می‌تواند بر روی سلامتی انسان و حیوان اثرگذار باشد. در سال‌های اخیر به لحاظ افزایش تولید فاضلاب‌ها و گسترش فعالیت‌های کشاورزی و توسعه شهرنشینی میزان این آلاینده در منابع آب روبه افزایش گذاشته است. در این تحقیق آلودگی آرسنیک چاه‌های آب آشامیدنی مناطق روستایی برای دستیابی به میزان این آلودگی و همچنین یافتن منابع احتمالی این آلودگی بررسی شد؛ بنابراین، توزیع آرسنیک در ۱۹ حلقه چاه با عمق‌های مختلف از ۵ تا ۱۰۰ متر و جریان آب در یک دوره ۶ ماهه از مهر ۱۴۰۰ تا اسفند ۱۴۰۰ مورد بررسی قرار گرفت. این نمونه‌ها با استانداردهای بین‌المللی مقایسه شدند. تاثیر عمق چاه، جریان آب، بارندگی، خاک و کاربری زمین بر غلظت آرسنیک مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در مکان‌هایی که خاک از نوع Inceptisols می‌باشد آلودگی آب از لحاظ آرسنیک نیز بالاتر می‌باشد. بیشترین و کمترین غلظت آرسنیک در روستاهای دریاچه و هوکرد به ترتیب با ۱۵۳ و ۰.۵ میکروگرم در لیتر گزارش شده است. همچنین تطبیق نقشه جغرافیایی آلودگی آب با نقشه کاربری اراضی با تجزیه و تحلیل نقاط داغ نشان داد که چاه‌های آب آلوده بیشتری در اطراف زمین کشاورزی قرار گرفته‌اند. همچنین نتایج نشان داد که دقت روش RBF برای بدست آوردن غلظت آرسنیک پهنه‌بندی از روش‌های دیگر بیشتر است. نتایج آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که بین عمق، جریان و بارندگی چاه‌ها و غلظت آرسنیک رابطه معنی‌داری وجود ندارد.

کلمات کلیدی: آب‌های زیرزمینی، آرسنیک، دشت جیرفت، پهنه‌بندی، آلودگی.

مقدمه

در میان فلزات سنگین، آرسنیک ماده ای سمی و سرطانی است (پوررت، ۲۰۱۸). در بسیاری از نقاط جهان، غلظت آرسنیک در آب های زیرزمینی و سطحی بالاتر از استانداردهای ملی و بین المللی آب آشامیدنی است (اسمدلی و کینیبورگ، ۲۰۰۲). میلیون ها نفر در سراسر جهان در معرض بلایای طبیعی آرسنیک در آب آشامیدنی قرار دارند (فوکازیو و همکاران، ۲۰۰۰، اسمیت و همکاران، ۱۹۹۸) آرسنیک به طور گسترده در پوسته زمین که حاوی حدود ۳.۴ پی پی ام آرسنیک است، توزیع شده است (رسول و همکاران ۲۰۱۶) در آب باران با غلظت متوسط ۰.۲-۰.۵ میکروگرم در لیتر شناسایی شده است (کاپ، ۲۰۱۶). همچنین در بافت های انسانی از جمله خون، کلیه، مو، ناخن و اندام های داخلی نیز شناسایی شده است. داده ها برای جمعیت هایی که در محل کار قرار گرفته اند و برای جمعیت عمومی در دسترس است (توال و همکاران ۲۰۱۷، بونکائو و همکاران ۲۰۱۷، کیل و ریچاردسون، ۲۰۱۶). منابع انسانی انتشار آرسنیک به آب عبارتند از: معادن، فلزات غیر آهنی (به ویژه مس)، فاضلاب، تخلیه لجن فاضلاب، نیروگاه های سوزاندن زغال سنگ، فرآیندهای تولید، رواناب شهری، رسوب اتمسفر و مزارع مرغداری (گاربارینو و همکاران، ۲۰۰۳). در بسیاری از نقاط جهان، به ویژه در مناطقی مانند ایران، آب های زیرزمینی به عنوان منبع مهمی برای تامین نیازهای شرب و کشاورزی محسوب می شوند. از این رو بررسی کیفیت این آب ها بسیار مهم است. آرسنیک به شسته شدن در خاک حساس است و منجر به آلودگی آب های زیرزمینی می شود، اگرچه نفوذ عمودی آن کند است (مهرگ و رحمان، ۱۳۸۲). پژوهشگران زیادی توزیع آلاینده های مختلف را در مناطق مختلف مورد مطالعه قرار دادند با این وجود تعداد کمی از آنها در مورد توزیع آرسنیک در منابع آب زیرزمینی هستند (نیکروش و همکاران، ۱۳۹۸، اسدی فرد و مسعودی، ۱۳۹۷، فلاح و همکاران، ۱۴۰۰، مهران و همکاران، ۱۳۹۲، رفیعی و همکاران، ۱۳۹۸، نوایان و همکاران، ۱۳۹۹).

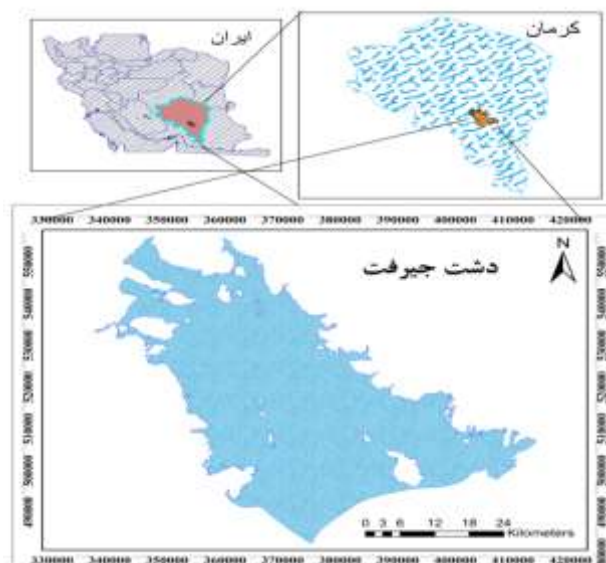
(اندراد و استیگتر، ۲۰۱۳) توزیع آرسنیک در منابع آب زیرزمینی پرتغال مرکزی را مورد مطالعه قرار دادند. آنها پهنه بندی عناصر مربوطه را با استفاده از مدل های زمین آماری ترسیم کردند. نتایج آنها نشان داد که میانگین غلظت عناصر مورد مطالعه کمتر از استانداردهای تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) است. (رهنما و همکاران، ۱۳۹۱) به بررسی روند تغییرات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی در دشت جوبین در استان خراسان رضوی پرداخته است. آنها با استفاده از روش کریجینگ و نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) نوسانات کیفیت آب زیرزمینی را در فصول مختلف سال مورد مطالعه و ارزیابی قرار دادند. (فرانسیسکا و پرز، ۲۰۰۹) از آرسنیک زمینی در ارزیابی آب های زیرزمینی برای تعیین توزیع فضایی آرسنیک استفاده کردند، آنها به این نتیجه رسیدند که بیش از ۹۰ درصد منطقه از حد استاندارد برای آرسنیک فراتر رفته است (سینیتی، ۲۰۰۳). عوامل مؤثر بر غلظت آرسنیک در

آبهای زیرزمینی را بررسی کردند، آنها دریافتند که طبقه بندی خاک بر سطح آرسنیک تأثیر می‌گذارد. با توجه به توسعه کشاورزی در اطراف شهرستان جیرفت و استفاده بی‌رویه از کودها و سموم، پژوهش حاضر به مقایسه غلظت آرسنیک، تهیه نقشه‌های توزیع فضایی و به دست آوردن احتمال آلودگی آرسنیک منابع آب زیرزمینی این منطقه می‌پردازد. مشاهده شد که چاه‌ها در مناطق تغذیه، مشابه مطالعات (موران و همکاران، ۲۰۰۴) در برابر آلودگی سطح آسیب پذیرتر هستند. هدف اصلی این مطالعه به دست آوردن مکان‌هایی با آلودگی آرسنیک بالا، مقادیر این آلودگی‌ها در چاه‌های آب و همچنین منابع احتمالی این آلودگی‌ها می‌باشد.

مواد و روشها

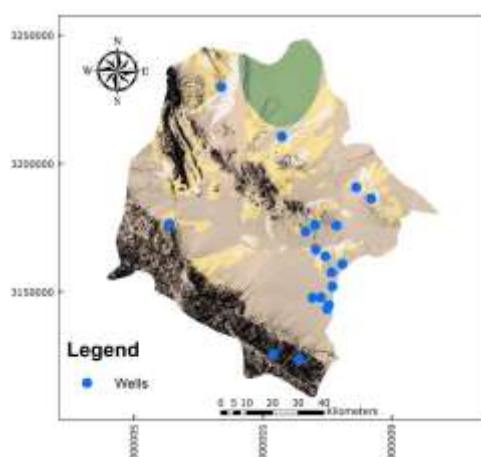
منطقه مورد مطالعه:

منطقه مورد مطالعه به مساحت حدود ۲۰۸۵ کیلومتر مربع، در حوضه آبریز جازموریان به طول جغرافیایی $28^{\circ} 29'$ و $57^{\circ} 10' 12''$ شرقی، عرض جغرافیایی $28^{\circ} 15' 20''$ و $55^{\circ} 05' 28''$ شمالی به ارتفاع متوسط حدود ۷۰۰ متر واقع شده است (شکل ۱). میانگین بارندگی سالیانه در این ناحیه ۱۸۰ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت ماهیانه در حدود ۲۶ درجه سانتیگراد گزارش شده است. دشت جیرفت همواره یکی از مهم‌ترین قطب‌های کشاورزی در کشور است که وجود اراضی وسیع با کاربری کشاورزی از ویژگی‌های برجسته آن به‌شمار می‌رود. وجود مخروط افکنه‌های قدیم و جدید پایکوهی به همراه نهشته‌های رودخانه‌ای و رسوبات کواترنری از مشخصه‌های بارز زمین‌شناسی این منطقه می‌باشد در این منطقه حدود ۵۰۰۰ حلقه چاه (نیمه عمیق و عمیق)، ۱۱۰۰ چشمه و ۳۰۰ رشته قنات وجود دارد که در مجموع ۹۵۰ مترمکعب در سال دبی را به آبخوان جیرفت وارد می‌کنند.



شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه

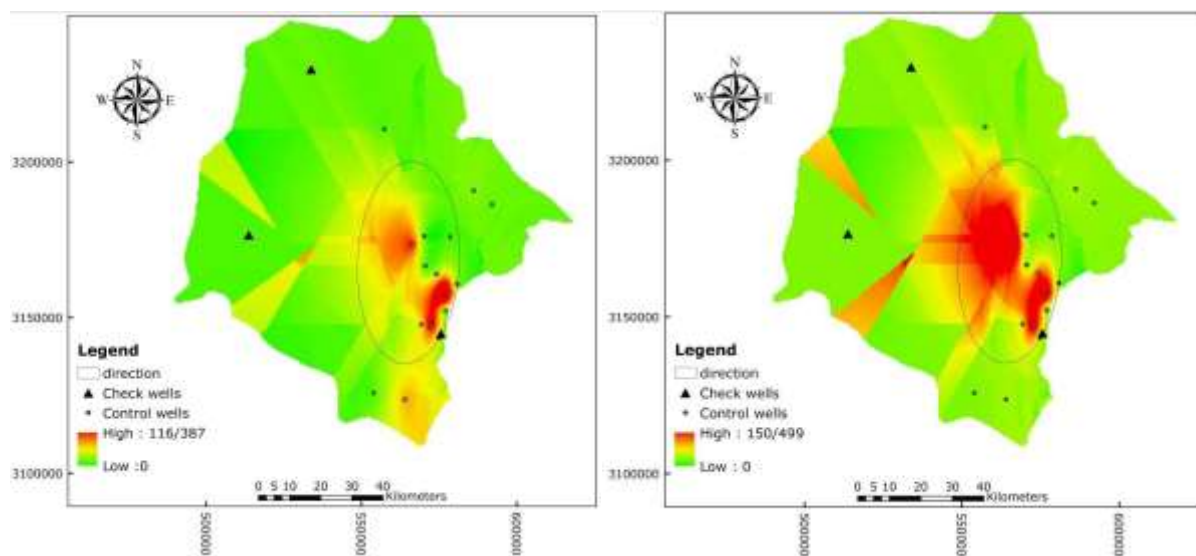
در منطقه مورد مطالعه نقاط نمونه به صورتی انتخاب شدند که پراکندگی مناسبی برای پوشش دهی به کل منطقه تحت نظارت شرکت آب و فاضلاب روستایی کرمان دارد (شکل ۲ و جدول ۱)؛ بنابراین ۱۹ حلقه چاه آب شرب انتخاب شد.



شکل ۲ توزیع نمونه در منطقه مورد مطالعه

نتایج و بحث:

در این مطالعه آلودگی آرسنیک چاه‌های آب شرب مناطق روستایی مورد بررسی قرار گرفت. توزیع آرسنیک در ۱۹ حلقه چاه منطقه مورد مطالعه از مهر ۱۳۹۵ تا اسفند ۱۳۹۶ مورد بررسی قرار گرفت و این نمونه‌ها با استانداردهای بین‌المللی مقایسه شدند. اثرات عمق چاه، جریان آب، بارندگی، خاک و کاربری زمین بر غلظت آرسنیک مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که میانگین غلظت آرسنیک در منابع آبی دروی، دشت کوچ، خاتون‌آباد، چاه‌های در جویی، هوکرد، دولت‌آباد، دلفارد، پیدنگویی و کرگز در زیر و بقیه چاه‌ها بالاتر از حد استاندارد قرار دارند. نتایج آزمون t نشان داد که بین سطوح آرسنیک آب روستاهای شهرستان جیرفت در مقایسه با استاندارد بین‌المللی در مهر و اسفندماه تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ($p > 0.05$). برای به دست آوردن منبع آلودگی آب شرب روستاهای شهرستان جیرفت از ترکیب نقشه‌های توزیع جهت و زمین‌شناسی با GIS استفاده شد. نتایج نشان داد که در نقاطی که خاک اینسپتیسول بود، غلظت آرسنیک در آب زیاد است. همچنین اجرای نقشه جغرافیایی آلودگی آب با نقشه کاربری اراضی حاکی از آن است که چاه‌های آب آلوده در زمین‌های کشاورزی یا در کنار زمین‌های کشاورزی قرار دارند؛ بنابراین به دلیل شرایط خاص زمین‌شناسی و استفاده از کودهای شیمیایی در زمین‌های کشاورزی، برخی منابع آب آشامیدنی به آرسنیک آلوده شدند؛ بنابراین منشأ این آلودگی هوازدگی و تغییرات ناشی از آن در کانی‌های سولفیدی حاوی آرسنیک مانند رئالگار و اریپمنت در منطقه بود که منجر به انتشار آلودگی به آب‌های سطحی و زیرزمینی منطقه شد.



(ب) آرسنیک در اسفند ۱۴۰۰

(الف) آرسنیک در مهر ۱۴۰۰

شکل ۱۰. (الف، ب). نتایج استفاده از روش وزن دهی معکوس فاصله (IDW) در چاه‌های نمونه‌برداری دشت جیرفت

برای اندازه گیری رابطه عمق چاه و آلودگی آب از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد. نتایج این آزمون نشان داد که بین عمق چاه و سطح آلودگی به دلیل سطح معنی داری بیش از ۰/۰۵ رابطه معنی داری وجود ندارد. همچنین از آزمون همبستگی پیرسون برای اندازه گیری رابطه بین جریان آب و غلظت آرسنیک در آب استفاده شد. نتایج این آزمایش نشان داد که بین دبی آب و سطوح آرسنیک موجود در آب به دلیل سطح معنی داری کمتر از ۰/۰۵ رابطه معنی داری وجود ندارد. با توجه به بارندگی در منطقه مورد مطالعه، آزمون t بر روی غلظت آرسنیک از مهر ۱۳۹۵ تا اسفند ۱۳۹۶ جفت شد. نتایج نشان داد که بین مقادیر آرسنیک در این دو بار تفاوت معناداری وجود ندارد... بنابراین میزان بارندگی تأثیر مهمی بر غلظت آرسنیک ندارد. برای به دست آوردن تغییرات مکانی و برآورد کیفیت ویژگی های اندازه گیری شده، از سه روش زمین آماری KI، IDW و RBF استفاده شد. اسفندظور مقایسه روش های مورد استفاده در این تحقیق و همچنین انتخاب مناسب ترین روش زمین آماری، از تکنیک چاه های مورد بررسی استفاده شد. نتایج حاصل از میانگین مربعات خطا برای چاه های مورد بررسی نشان داد که روش RBF از دقت بیشتری نسبت به سایر روش ها برخوردار است.

منابع

- نوابیان، م، وظیفه دوست، م و اسماعیلی ورکی، م ۲۰۲۰، برآورد بار آلودگی تالاب انزلی با استفاده از تکنیک سنجش از دور، مجله علوم محیطی خزر، ۱۸: ۲۵۱-۲۶۴.
- نیک روش، م، کریمی، ع، اسفندیال پور بروجنی، آی و فوتوات، آ ۲۰۱۹، تحلیل های چند متغیره و زمین استاتیکی فلزات سنگین منتخب در خاک های سطحی مجتمع صنعتی سمنان و مناطق اطراف آن. مجله علوم محیطی خزر، ۱۷: ۱۶۳-۱۷۴.
- رفیعی، م، اسلامی، ع، سعیدی، ر، ابطحی، م و جهانگیرپراد، م ۲۰۱۹، تحلیل های چند متغیره و زمین استاتیکی توزیع فضایی و منابع بالقوه فلزات سنگین در آب های سطحی. مجله علوم محیطی خزر، ۱۷: ۲۳-۴۱.
- رهنما، ح، قنبرپور، م. ر، حبیب نژاد، RM & دادرسی، SA 1391. بررسی وضعیت کیفی و کمی منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت جوبین، استان خراسان رضوی). جغرافیا و آرایش فضایی سرزمینی، ۲: ۳۱-۴۵.
- اسدی فرد، عیسی و مسعودی، م ۲۰۱۸، وضعیت و پیش بینی مونوکسید کربن به عنوان یک آلاینده هوا در شهر اهواز، ایران، مجله علوم محیطی خزر، ۱۶: ۲۰۳-۲۱۳.
- فلاح، م، پیرعلی زفرحی، عرب، هدایتی، س.ا و باقری تی ۲۰۲۱، مقایسه الگوهای زمانی و مکانی پارامترهای کیفی

آب در تالاب انزلی (جنوب غربی دریای خزر) با استفاده از مدل ماشین بردار پشتیبان، مجله علوم محیطی خزر، ۱۹: ۹۵-۱۰۴.

مهرام، م، شهسواری، د، اویسی، س و جلیل‌القدر، س ۱۳۹۲، مقایسه شیوع فشار خون و دیابت در مناطق دارای و بدون آلودگی آب آرسنیک، مجله تحقیقات علوم پزشکی: مجله رسمی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، ۱۸: ۴۰۸.

Andrade, A & Stigter, TY(2013), The distribution of arsenic in shallow alluvial groundwater under agricultural land in central Portugal: Insights from multivariate geostatistical modeling, *Science of the Total Environment*, 449: 37-51.

Boonkhao, L., Phanprasit, W., Robson, MG., Sujirarat, D., Kwonpongsagoon, S & Tangtong, C (2017), Arsenic exposure levels of petrochemical workers in three workplace settings in Rayong Province, Thailand. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 23(7): 1645-1654.

Chai, L., Wang, Z., Wang, Y., Yang, Z., Wang, H & Wu, X (2010), Ingestion risks of metals in groundwater based on TIN model and dose-response assessment - A case study in the Xiangjiang watershed, central-south China. *Science of the Total Environment*, 408: 3118-3124

Cinti, D., Poncia, PP., Brusca, L., Tassi, F., Quattrocchi, F & Vaselli, O (2015), Spatial distribution of arsenic, uranium and vanadium in the volcanic-sedimentary aquifers of the Vicano-Cimino Volcanic District (Central Italy), *Journal of Geochemical Exploration*, 152: 123-133.

Evenbly, G & Vidal, G(2016), Local scale transformations on the lattice with tensor network renormalization, *Physical Review Letters*, 116: 040401.

Focazio, MJ., Welch, AH., Watkins, SA., Helsel, DR & Horn, MA (2000), A retrospective analysis on the occurrence of arsenic in ground-water resources of the United States and limitations in drinking-water-supply characterizations (No. 99-4279), U.S. Geological Survey Water Resources Investigation Reports.

Francisca, FM & Perez, MEC (2009), Assessment of natural arsenic in groundwater in Cordoba Province, Argentina, *Environmental Geochemistry and Health*, 31(6): 673.

Garbarino, JR., Bednar, AJ., Rutherford, DW., Beyer, RS & Wershaw, RL (2003), Environmental fate of roxarsone in poultry litter. I. Degradation of roxarsone during composting. *Environmental Science & Technology*, 37: 1509-1514.

Kapp Jr, RW (2016), Arsenic: Properties and determination, *Encyclopedia of Food and*

Health, BioTox, Monroe Township, NJ, USA: 249-255.

Keil, AP & Richardson, DB (2017), Reassessing the link between airborne arsenic exposure among anaconda

Lee, J., Jang C., Wang, S & Liu, C (2007), Evaluation of potential health risk of arsenic-affected groundwater using indicator kriging and dose response model. *Science of the Total Environment*, 384: 151-162.

Meharg, AA & Rahman, MM (2003), Arsenic contamination of Bangladesh paddy field soils: implications for rice contribution to arsenic consumption, *Environmental Science & Technology*, 37: 229-234.

Mc Arthur, JM., Ghosal, U., Sikdar, PK & Ball, JD (2016), Arsenic in groundwater: the deep late pleistocene aquifers of the Western Bengal Basin. *Environment Science and Technology*, 50: 3469-3476.

Moran, JE., Hudson, GB., Eaton, GF & Leif, R (2004), California GAMA Program: A contamination vulnerability assessment for the Bakersfield area (No. UCRL-TR-208179), Lawrence Livermore National Lab., Livermore, California, USA.

Rasool, A., Farooqi, A., Masood, S & Hussain, K(2016), Arsenic in groundwater and its health risk assessment in drinking water of Mailsi, Punjab, Pakistan, *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 22: 187-202.

Phan, K., Sthiannopkao, S., Kim, KW, Hung Wong, M., Sao, V, Hashim, JH., Mohamed Yasin, MS & Aljunid, SM (2010), Health risk assessment of inorganic arsenic intake of Cambodia residents through groundwater drinking pathway. *Water Researchs*, 44: 5777-5788.

Pourret, O (2018), On the necessity of banning the term "Heavy Metal" from the scientific literature, *Sustainability*, 10: 2879.

Ravenscroft, P., Brammer, H & Richards, K (2009), *Arsenic pollution-a global synthesis*. Hoboken: Wiley.

Smedley, PL & Kinniburgh, DG(2002), A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters, *Applied Geochemistry*, 17: 517-568.

Smith, AH., Goycolea, M., Haque, R & Biggs, ML (1998), Marked increase in bladder and lung cancer mortality in a region of Northern Chile due to arsenic in drinking water, *American Journal of Epidemiology*, 147: 660-669.

Smith, AH., Lingas, EO & Rahman, M (2000), Contamination of drinking-water by arsenic

in Bangladesh: a public health emergency. Bulletin of the World Health Organization, 78: 1093-1103.

Tsionas, E & Tasiopoulos, A (2016), Bayesian implications of Ridge Regression and Zellner'sg Prior, □Social Science Research Network Electronic Journal, DOI:10.2139/ssrn.2387582.

Tual, S., Lemarchand, C., Guizard, AV, Velten, M., Marcotullio, E., Baldi, I & Boulanger, M (2017), Lung Cancer And Arsenic Exposure In The Agricultural Workplace: Results of the Agrican cohort, American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 195: A3858.

ارزیابی میراث ژئومورفولوژیک دشت لوت با استفاده از مدل رینارد Evaluation of geomorphological heritage of Lut plain using Reynard's model

^{۱*} اسماعیل نجفی، ^۲ پارسا احمدی دهرشید

^{۱*} استادیار گروه ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، es.najafi@du.ac.ir

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، Ahmadi.parsa@ut.ac.ir

چکیده

مفهوم میراث ژئومورفولوژیک شامل لندفرم‌ها و فرایندهایی است که نقش کلیدی در درک تاریخ زمین دارند، اما دارای ارتباط با میراث بیولوژیکی و فرهنگی است. ژئومورفوسایت‌ها از جمله مفاهیم جدیدی هستند که بر مکان‌های ویژه‌ی گردشگری تأکید دارند و از ارزش‌های علمی، اکولوژیکی، فرهنگی، زیبایی و اقتصادی به‌صورت توأم برخوردار هستند. دشت لوت از جمله مناطقی است که دارای جاذبه‌های گردشگری منحصربه‌فردی در سطح جهان و کشور است. پژوهش حاضر در زمره پژوهش‌های کاربردی است که جهت گردآوری اطلاعات از روش اسنادی - پیمایشی و جهت تحلیل داده‌ها و اطلاعات از روش توصیفی - تحلیلی است. در این پژوهش تلاش گردید، ژئوسایت‌های ۹ گانه دشت لوت با مدل رینارد بررسی شود. نتایج نشان داد؛ ژئوسایت‌های مخروط‌های آتشفشانی و پهنه بازالتی گندم بریان با مجموع ۱۴/۲۵ امتیاز، هامادا، نبکاها و ریگ یلان مشترکاً با ۱۴ امتیاز در رتبه دوم و هرم‌ها و تپه‌های ماسه‌ای با ۱۳/۷۵ در رتبه سوم قرار گرفته و نسبت به دیگر ژئوسایت‌ها، پتانسیل بالاتری را جهت توسعه زمین‌گردشگری دارند.

کلمات کلیدی: میراث ژئومورفولوژیک، ژئومورفوسایت، مدل رینارد، دشت لوت.

مقدمه

مفهوم میراث ژئومورفولوژیک شامل لندفرم ها و فرایندهایی است که نقش کلیدی در درک تاریخ زمین دارند، اما دارای ارتباط با میراث بیولوژیکی و فرهنگی است (Reynard and Coratza, 2016). مطالعات و محبوبیت میراث ژئومورفولوژیک به سرعت در حال رشد است و به بررسی جامع ادبیات علمی نیاز دارد (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۹: ۱).

گردشگری به عنوان یکی از اصول توسعه پایدار، در سالیان اخیر بیش از گذشته مورد توجه جوامع بین المللی قرار گرفته است؛ به طوری که امروزه به عنوان بزرگترین صنعت خدماتی دنیا، جایگاه ویژه ای را در توسعه مناطق جغرافیایی به دست آورده است (نجفی و مدرس، ۱۴۰۰). ژئوتوریسم به عنوان شاخه ای جدید در حوزه گردشگری، فرصت های اقتصادی و تنوع شغلی فراوانی را برای بومیان هر منطقه فراهم کرده و سبب تا افق دید گسترده تری را نسبت به میراث زمین به دست آورند (احمدی دهرشید و کلوخی، ۱۴۰۰). به بیانی دیگر، ژئوتوریسم بر روی ژئومورفولوژی و توپوگرافی یک منطقه به عنوان بستر حمایت از توسعه گردشگری پایدار متمرکز شده است این مکان های میراثی بخشی از ایده واحد استحکامات، آموزش و توسعه پایدار است (نگوایرا، ۲۰۱۹: ۲۷). ژئوتوریسم^{۷۰} از جمله حوزه های جدید در علم گردشگری بوده که ضمن تبعیت از اصول گردشگری، ترکیبی از فرآیندهای زمین شناسی، ژئومورفولوژی، چشم اندازهای طبیعی، ناهمواری ها، سنگ ها و کانی های پدیدآورنده اشکال ژئوتوریسمی را مورد تاکید قرار می دهد (Ozshin., 2017). لندفرم های ژئومورفولوژیکی توانایی بالایی در زمینه جذب توریسم دارد؛ «ارتباط لندفرم ها با بحث گسترش مدنیت و آثار باستانی، تاریخی، فرهنگی و همچنین مباحث ورزشی، تواتمندی لندفرم ها را در زمینه جذب توریسم دوچندان می کند» (یمانی و همکاران، ۱۳۹۱: ۷۰). اقداماتی که به منظور حفظ و تقویت نمونه ها و سایت ها از جمله ویژگی های زمین شناسی، ژئومورفولوژی و خاک، فرآیندها، که با از دست دادن یا آسیب دیدن تهدید می شود و همچنین حفاظت از زمین و تنوع جغرافیایی به دلیل زیبایی طبیعی چشمگیر و کمیابی که دارد و نیز درک علوم زمین، که از طریق قدردانی و ارتقا دادن یادگیری انجام می شود، از وظایف ژئوتوریسم است (نجفی و مدرس، ۱۴۰۰). آثار ژئوتوریسمی ماحصل دوران طولانی زمین شناسی است و برای به وجود آمدن آن، زمین شاهد انواع فعل و انفعالات بوده که امروز این آثار تبدیل به کانون های اقتصادی موثری در اقتصاد مناطق و سکونتگاه ها شده و اثرگذاری قابل توجهی را بر درآمد فعالیت ها و درآمد ساکنان گذاشته است (احمدی دهرشید و کلوخی، ۱۴۰۰). به اعتقاد رینارد و همکاران (۲۰۰۷)، رابطه میان ژئومورفولوژی و گردشگری بدین گونه است ژئومورفولوژی می تواند عرضه کننده یک منبع گردشگری اصلی و اولیه باشد و یا با ایجاد زیرساخت های گردشگری، به عنوان یک منبع گردشگری مشتق یا ثانویه، به ابزار (جزوات

⁷⁰ Geotourism

آموزشی) یا خدمات (تورگردانی) به استفاده بهینه از هر نوع منبع گردشگری اولیه کمک نماید. ژئومورفوتوریسم^{۷۱} یکی از بخش های نوین در علوم زمین مبتنی بر شناخت ژئومورفولوژیکی یا ژئومورفوسایت ها با چشم اندازهای ویژه ژئومورفولوژی است که با تاکید بر تعیین لندفرم های ویژه و با ارزش گردشگری، وارد ادبیات جغرافیایی و گردشگری شده است (مقیم و همکاران، ۱۳۹۱). مفهوم میراث ژئومورفولوژیکی را می توان مشتمل بر لندفرم ها و فرآیندهایی که دارای روایتی از تاریخ زمین بوده و همچنین با میراث بیولوژیک و فرهنگی ارتباط متقابلی داشته را تلقی کرد.

هدف از طرح مفهوم ژئومورفوسایت، شناسایی لندفرم هایی است که دارای جایگاه و اهمیت ویژه ای در توصیف و درک تاریخ زمین است (Zouros, 2007: 169). همچنین از ارزش های علمی، اکولوژیکی، فرهنگی، زیبایی و اقتصادی به صورت توأم برخوردارند و به منظور ادراک و بهره برداری گردشگری انسان ها مورد بهره برداری قرار می گیرند (Pereira et al., 2007). به اعتقاد کومانسکو^{۷۲} (۲۰۱۱: ۱۱۶۴): ارزیابی ژئومورفوسایت ها موضوعی است که انگیزه و علاقه جغرافیدانان سراسر دنیا به تلاش برای تمرکز بر توسعه و حفظ روش های ارزیابی را که در گذشته ارائه کردند، نشان دهد. به صورت کلی شناخت اشکال و لندفرم های زمین شناختی، ژئومورفولوژیک و سایر اصول اولیه مورد نیاز برای ژئوتوریسم از جمله اصول مهم گردشگری طبیعت محور است و از این رو شناسایی و ارزیابی جاذبه های ژئوتوریسم در راستای برنامه ریزی گردشگری پایدار، از جمله وظایف اندیشمندان، پژوهشگران و دانشجویان حوزه های ژئومورفولوژی، زمین شناسی، برنامه ریزی گردشگری و ژئوتوریسم به شمار می آید.

کشور ایران پتانسیل بالقوه بسیاری در زمینه زمین گردشگری دارد. موقعیت جغرافیایی سرزمین ایران و پیشینه زمین شناختی غنی آن سبب این توان ارزشمند و سودآور شده است؛ به طوری که در سراسر این کشور، پدیده های متنوع ژئوتوریسمی قابل مشاهده است. دشت لوت به عنوان یکی از قلمروهای بیابانی در ایران، توان ارزشمندی را در زمینه ژئوتوریسم دارا است. خشکی شدید این منطقه که حاصل از نبود و یا کمبود بارش و نزولات جوی است، شرایط را برای حکمفرمایی فرآیندهای فرسایشی بادی در این منطقه فراهم نموده است و به دنبال آن، لندفرم ها و اشکال متنوعی پدید آمده که در عین جذابیت، مورد توجه گردشگران علمی داخلی و بین المللی قرار گرفته است. از این رو، ضرورت پژوهش حاضر از آن جهت است که در کشور ایران و سپس در منطقه مورد مطالعه پژوهش (دشت لوت) توان های متعدد و ارزشمندی در زمینه زمین گردشگری وجود دارد. بهره مندی از این توان ها مستلزم آن است تا در گام نخست، ارزیابی کمی از پدیده های منطقه مورد مطالعه انجام شود تا ضمن آشنایی بیشتر با توان های پدیده ها، میزان اهمیت و ارزشمندی هر کدام از آن ها مشخص گردد. این امر زمینه ساز مراحل بعدی در مدیریت گردشگری است، به نحوی که پس از حصول نتایج منتج از ارزیابی کمی، می توان راهبردها و خط مشی هایی را متناسب با توان ها و

^{۷۱} Geomorphotourism

^{۷۲} Comanescu

ارزشمندی‌های ژئوسایت‌ها ترسیم نمود که بتوان به رویکردی بهتر، به سوی توسعه پایدار در گردشگری حرکت کرد.

بیابان لوت به عنوان اولین اثر طبیعی ایران در چهلمین اجلاس میراث جهانی یونسکو در سال ۱۳۹۵ به ثبت رسید. این میراث جهانی در جنوب شرقی ایران، در شرق کوه‌های مرکزی و رشته کوه‌های زاگرس، در میان سه استان خراسان جنوبی، سیستان و بلوچستان و کرمان گسترده شده است. میراث جهانی بیابان لوت در حله اول از یاردانگ‌های بیابان لوت (کلوت)، ریگ یلان یا ارگ یلان هامادای بخش میانی و نبکاها تشکیل شده است که مجموع بیابان لوت را تشکیل می‌دهد، اما عوارض دیگری هم در این مجموعه وجود دارد که اجزاء دیگر بیابان لوت را تشکیل می‌دهند. به‌طور کلی اجزاء تشکیل دهنده بیابان لوت شامل یاردانگ در بخش غربی، ریگ یلان در بخش شرقی، هامادای بخش میانی و نبکاها در حاشیه بخش غربی است. اجزاء دیگر این بیابان شامل رودخانه شور، منطقه گندم بریان و شورگزار هامون هستند. قرار گرفتن در منطقه فوق العاده خشک، وجود بادهای قوی، وجود رسوبات دریاچه‌ای برای تشکیل یاردانگ‌ها و فراهم بودن رسوبات ریزدانه همه شرایطی را ایجاد کرده‌اند تا لندفرم‌های متنوع بیابان لوت شکل بگیرند. بادهای شدید با جهات شمال غرب به جنوب شرق در بخش غربی که کلوت‌ها استقرار دارند و همچنین بادهای، یک جهته، چند جهته و همگرا در بخش شرقی که ریگ یلان استقرار دارد موجب شکل‌گیری عوارض بسیار زیبا و متنوعی شده است. تنوع عوارض ماسه‌ای در این منطقه بسیار زیاد بوده و تفاوت فرایندهای موثر بر شکل‌گیری آنها را نمایش می‌دهد. در اینجا باید به نقش آب و فرایندهای آبی هم در ایجاد یاردانگ‌ها اشاره شود. در واقع در بسیاری موارد تنوع شکل یاردانگ‌ها حاصل عملکرد توامان آب و باد است. در هر حال بیابان لوت نه تنها دارای ویژگی‌های زیباشناسانه است بلکه بخشی از فرایندهای دخیل در شکل‌دهی به منطقه و تاریخ زمین‌شناسی را نیز نشان می‌دهد. در عین حال تنوع چشم‌اندازها و ناشناخته بودن منطقه شرایط مناسبی را برای تحقیقات علمی و گسترش ژئوتوریسم فراهم می‌نماید. تمام موارد فوق لزوم توجه و حفاظت از منطقه طی یک برنامه مدیریتی را پیش از بیش نمایان می‌سازد (<https://wnhb.mcth.ir>).

در زمینه پیشینه پژوهش می‌توان به مقالات (ثروتی، ۱۳۸۶)، (مقصودی و عمادالدین، ۱۳۸۳)، (یزدی و همکاران، ۱۳۹۱)، (اختردانش، ۱۳۹۰)، قنواتی و همکاران (۱۳۹۳)، میرکتولی و همکاران (۱۳۹۵)، (یعقوبی و همکاران، ۱۳۹۸)، یوسفی‌روشن (۱۳۹۸)، (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۹)، (نجفی و مدرس، ۱۴۰۰) و... که مرتبط با موضوع هستند اشاره کرد، در این مطالعه تلاش شده تا با بهره‌گیری از مدل رینارد، توجه بیشتری بر توان‌های علمی، بصری و مدیریتی ژئوتوسایت‌های دشت لوت شود. از این رو، هدف اصلی در پژوهش حاضر، ارزیابی و شناسایی توان‌های ژئوسایت‌های منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل رینارد است.

معرفی محدوده مورد مطالعه

یکی از قلمروهای بیابانی در ایران دشت لوت است. این دشت شامل قسمتی از کلوت‌ها و ریگ لوت و همچنین دشت‌های حد فاصل بین آنها است. فقدان آب و باران در این منطقه در اثنای چند سال متوالی خشکی فوق‌العاده شدیدی در منطقه به وجود آورده است؛ همچنین به علت فقدان فرایندهای آبی، نقش باد در شکل‌زایی این منطقه، به خصوص بر روی سنگ‌های عریان که در اثر سایش صیقلی شده، اشکال و لندفرم‌های مختلفی شکل گرفته است (محمودی، ۱۳۶۸) که مورد توجه گردشگران ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی بوده است. منطقه مورد مطالعه دشت لوت با وسعتی حدود ۵۴ هزار کیلومتر مربع از گرم‌ترین و خشک‌ترین بیابان‌های ایران بلکه جهان است. شکل آن تقریباً به صورت گودی بیضی شکل با امتداد شمالی-جنوبی است. طول آن در حوالی ۵۹ درجه شرقی بین شورگزر در جنوب تا کوه رحیمی در شمال حدود ۹۰۰ کیلومتر و بیشترین پهنای آن در امتداد مدار ۳۰ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی بین کوه سور در مغرب و کوه ملک در مشرق حدود ۲۴۰ کیلومتر است. کوه‌های کرمان با روند تقریباً شمالی-جنوبی از بوم تا نای بند، از طرف مغرب دشت لوت احاطه شده است. مشرق آن کوه‌های کم‌ارتفاع‌تری با جهت شمالی-جنوبی از نهبندان در شمال تا پیش کوه‌های آذرین بزمان در جنوب محدود کرده است. در شمال نیز ناهمواری‌های کم‌ارتفاع آتشفشانی و رشته‌های چین‌خورده قوسی شکل با تحدب شمالی مانند کوه رحیمی و کوه سیاه دشت لوت را محدود ساخته‌اند. در سمت جنوب حد طبیعی دشت لوت به ظاهر مشخص است؛ ولی رشته کوه مهمی وجود ندارد. بدین ترتیب رشته کوه‌هایی که از همه طرف چاله لوت را احاطه کرده‌اند، انزوای محلی برای آن فراهم نموده‌اند (علایی طالقانی، ۱۳۹۴). این کویر یکی از صعب‌العبورترین نقاط جهان است و در برخی از قسمت‌های آن، هیچ موجود زنده‌ای حتی باکتری، وجود ندارد. در پای کوه‌های مشرف به کویر بزرگ لوت، آثاری از سکونت انسان از هزاره چهارم پیش از میلاد مسیح مشاهده شده است (نجفی و مدرس، ۱۴۰۰) به نقل از (مستوفی، ۱۳۵۱).



شکل ۱: تصویری از محدوده بیابان لوت (Web GIS میراث جهانی بیابان لوت برگرفته از سایت <https://wnhb.mcth.ir>).

مواد و روشها

پژوهش حاضر در زمره پژوهش‌های کاربردی است که جهت گردآوری اطلاعات از روش اسنادی - پیمایشی و جهت تحلیل داده‌ها و اطلاعات از روش توصیفی - تحلیلی استفاده شد. از آنجایی که در این پژوهش تلاش می‌شود تا ژئوسایت‌های ۹ گانه دشت لوت با مدل رینارد بررسی شود، در گام نخست سایر مطالعات انجام شده مرتبط با هدف پژوهش مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت و با استناد بر یافته‌ها، چهارچوب نظری پژوهش تدوین گردید؛ در گام بعد پس از مطالعه مدل رینارد (۲۰۰۷)، ژئوسایت‌های منتخب در قالب یک پرسش‌نامه با استفاده از شاخص‌های مدل رینارد گنجانده شد و برای ۵ نفر از اساتید دانشکده علوم زمین دانشگاه دامغان ارسال شد و از آن‌ها خواسته شد تا اقدام به نمره‌دهی ژئوسایت‌ها نمایند. پرسش‌نامه پس از تکمیل و گردآوری وارد نرم‌افزار Excel شد و اقدام به محاسبات کمی بر روی آن‌ها شد.

مدل ارزیابی رینارد، یک ژئومورفوسایت را بر اساس سه ارزش علمی، افزوده و ترکیبی مورد بررسی قرار می‌دهد. ارزش علمی یک ژئومورفوسایت مشتمل بر شاخص‌های حفاظت، شاخص بودن، کمیایی و جغرافیای دیرینه است. در ارزش افزوده به ارزش‌های اکولوژیک، زیبایی، ارزش اقتصادی، فرهنگی و تاریخی ژئومورفوسایت پرداخته می‌شود و در نهایت در ارزش ترکیبی به شاخص‌های جهانی، آموزشی، تهدیدها و نحوه مدیریت ژئومورفوسایت‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این مدل ارزیابی، نحوه امتیازدهی به هر کدام از شاخص‌ها و زیرشاخص‌های آن بین ۰ تا ۱ متغیر بوده (۰: کم‌ترین و ۱: بیشترین) که مجموع هر کدام از زیرمعیارها در پایان کمتر از ۴ امتیاز برای هر کدام از مجموع سه شاخص مورد بررسی است.

جدول ۴- مدل رینارد (ماخذ: رینارد، ۲۰۰۷)

بعد	شاخص	امتیازدهی			
		۰/۷۵	۰/۵ -	۰/۲۵ -	۰ -
		۱ -	۰/۷۵	۰/۵	۰/۲۵
		عالی	خوب	متوسط	ضعیف
علمی	حفاظت				
	شاخص بودن				
	کمیابی				
	جغرفیای دیرینه				
افزوده	اکولوژیکی				
	زیبایی				
	فرهنگی				
	اقتصادی				
ترکیبی	جهانی				
	آموزشی				
	تهدیدها				
	نحوه مدیریت				

نتایج

در ادامه به معرفی و توضیحاتی در مورد مهمترین میراث ژئومورفولوژیک دشت لوت (لندفرمها و جاذبههای ژئوتوریسمی) پرداخته شده است (نجفی و مدرس، ۱۴۰۰):

هامادا

لوت شمالی که به صورت دشت مرتفع ریگی و شنی یا هامادا است؛ (بر اثر وزش بادهای ۱۲۰ روزه سیستان دشت ریگی در این منطقه شکل گرفته است). در این دشت، تخته سنگها و شنها و ریگها به صورت سنگ فرش ظاهر شده و چشم انداز خاصی به منطقه بخشیده است. همچنین قسمت میانی لوت، بین کلوت بخش غربی و توده ماسه‌ای شرق دشت هامادا وجود دارد. یکی از عوارض فراوان در سطح هامادای لوت، وجود چاله‌ها و فرورفتگی‌هایی است و در

کف آنها بر اثر رطوبت و آب داغ، شوره های نمکی و یا لیمون خشک شده دیده می شود. نمونه مشخص چاله های به عمق ۱۵ متر در نزدیکی کوه ملک محمد دیده می شود (علایی طالقانی، ۱۳۹۴) وقتی در گستره هامادا (دشت های ریگی) از لوت مرکزی تا حدود شمال غربی لوت جنوبی به فاصله ۱۰۰ کیلومتر تا ۱۲۰ کیلومتر گذر می کنید، حتی یک گیاه خشک هم نمی بینید و در این صورت معنای لغوی لوت بیش از هر موضوع دیگر برجسته می شود.



شکل ۲: تصاویری از هامادای لوت

ریپل مارکها

ریپل مارکها کوچک ترین و معمولی ترین عوارض بیابانی هستند که امتداد آنها عمود بر جهت بادهای طوفان زا و برش عرضی آنها نامتقارن است (مهرشاهی و نکونام، ۱۳۸۸). قسمتی از لوت شمالی عوارض ماسه ای محدود است و به صورت چین شکن سطحی یا ریپل مارک می باشد (محمودی، ۱۳۶۸). ریپل ها به صورت امواجی موازی به وسیله باد ایجاد می شوند. وجود این موج نماها چشم هر بازدید کننده را به خود جلب می کند.



شکل ۳: تصاویری از ریپل مارکها لوت

مخروط های آتشفشانی و پهنه بازالتی گندم بریان

در بیابان لوت عوارض آتشفشانی یا به صورت مخروط ظاهر شده اند؛ همانند مرغاب کوه، کوه بختو، کوه سیمرغ و کوه سرخ از جمله آن است (معمد ۱۳۵۳) و یا به صورت پهنه بازالتی، یکی از مشخص ترین پهنه های بازالتی در این منطقه به نام گندم بریان است. منطقه گندم بریان (ریگ سوخته) از گرم ترین نقاط روی کره زمین، واقع در بیابان لوت در شرق ایران و استان کرمان است. مساحت این دشت بزرگ چیزی حدود ۴۸۰ کیلومتر مربع تخمین زده شده

است. تراکم حفره های بادی - آبی در سطح فلات گندم بریان به صورت حفره های مشبک است (محمودی، ۱۳۶۸). منطقه جهنمی گندم بریان، پست ترین و گرم ترین نقطه کره زمین با دمای ثبت شده بیش از ۷۰ درجه سانتی گراد است (نادری و همکاران، ۱۳۹۷). مرحوم دکتر کردوانی، بیابان شناس معروف ایرانی (روحشان شاد و یادشان گرامی) با اعلام این مطلب گفته است: منطقه گندم بریان در دشت لوت که در ۳۱ کیلومتری شهداد و در شرق رود بیرجند قرار گرفته است، منطقه ای با پوشش آتشفشانی است و همین پوشش سیاه آتشفشانی موجب بالا رفتن شدید گرما در این منطقه می شود؛ به گفته ایشان این منطقه هم چنین پست ترین منطقه داخلی ایران نیز محسوب می شود؛ این موضوع نیز از دیگر دلایل گرمای شدید آن است (زنده دل، ۱۳۷۷).



شکل ۴: مخروط های آتشفشانی و پهنه بازالتی گندم بریان

شهداد

در لوت جنوبی پست ترین و مشخص ترین واحد جغرافیایی دشت لوت است. قسمت غرب لوت جنوب، منطقه شهداد است که به شکل یک مثلث در دشت لوت خودنمایی می کند و دارای جاذبه های تاریخی فراوان از جمله؛ قلعه کهنه، قلعه رموک، قلعه چغوک، قلعه بهرام و جاذبه های دیگر در این منطقه می توان مشاهده کرد. حیات انسانی در لوت در همین واحد غربی (شهداد کیش) به وجود آمده است. حاشیه قاعده مخروط افکنه ها را به نوعی می توان حد نهایی گسترش حیات گیاهی و در واقع نقطه پایانی تماس انسان با طبیعت دانست (نگارش، ۱۳۶۹). از جاذبه های شهداد می توان به دره زبان مار، تنگه رتیل، روستای چهار فرسخ اشاره کرد.

از آنجایی که در بعضی نقاط لوت فرسایش در اثر باد بسیار شدید است؛ فقدان پوشش گیاهی که در قسمت عمده کویر لوت به چشم می خورد تأثیر بسزایی در فرسایش و رفته شدن خاک دارد؛ اگر گیاهی هم در بعضی نقاط به چشم می خورد قادر به حفظ و پابرجا نگهداشتن خاک نیست. در پای کوه حاشیه شرقی لوت جریان ها نامنظم و اغلب به صورت مسیل نخل آب به سمت چاله شورگزارها توده های ماسه ای را از سمت جنوبی دور می زنند. در بعضی نقاط بستر مسیل ها به شدت حفر شده و به صورت خندق عمیق در آمده است؛ به این نوع مسیل در محل، کوچه گفته

می شود (طالقانی، ۱۳۹۴). یکی از این مناطق فرسایش یافته در لوت، دره زبان مار (کوچه) در شرق منطقه کلوت ها و غرب چاله مرکزی لوت است. علت نامگذاری دره به زبان مار، شباهت ظاهری دره در نقشه های هوایی منطقه به زبان مار است؛ که در انتها به دو دره تقسیم می شود. سفر به منطقه ای که دره زبان مار در آن قرار گرفته، نیازمند آشنایی کامل با منطقه، داشتن تجهیزات مناسب، داشتن تجربه کافی و اخذ مجوز ورود به منطقه از ارگان های مربوطه است (یوسفی روشن، ۱۳۹۸).



شکل ۵: دره زبان مار

تنگه رتیل عظیم ترین تنگه کویر ایران است که در فاصله ۱۳۰ کیلومتری شهداد به سمت نهبندان و در حاشیه خشک رود قرار دارد؛ که یکی از دیگر جاذبه ها و ناشناخته های این دشت برهوت است. تنگ رتیل عظیم ترین تنگه کویر لوت ایران است که در اعماق کویر در بخش لوت شمالی با فاصله ۱۳۰ کیلومتری از شهداد در جدار دیواره غربی خشک رود واقع است.



شکل ۶: تنگه رتیل

نبکا (تل گیاهی)

اشکال حاصل از فرایندهای بادی در قسمت غرب لوت جنوبی از جمله نبکاها یا تل نباتی که حجم زیاد ماسه به دلیل رطوبت در حاشیه بوته تجمع و تثبیت می شوند. درختان و درختچه های گز در گلدان های بیابانی لوت جای گرفته اند؛ که به آن نبکا گفته می شود. عناصر تشکیل دهنده نبکا شامل ماسه، رس و سیلت است. گونه هایی نظیر

دسته ای از گرامینه ها و درختچه های تاغ و گز ... در بیابان لوت با عنوان نبکا موجود است (خسروی، ۱۳۷۷). مرتفع ترین نبکاهای کشور در این قلمرو که ارتفاع آنها به ۱۰ متر می رسد. نبکاهای این منطقه به صورت مرده و هم به صورت فعال یافت می شود (محمودی، ۱۳۷۶).



شکل ۸: نبکا (تل گیاهی)

کلوت

از دیگر چشم اندازهای برجسته بخش غربی لوت جنوبی، کلوت است. کلوت ها به عنوان چهارمین جاذبه طبیعی دنیا است می توان گفت: بیشترین بخش غربی لوت را کلوت ها می پوشانند. رأس این برجستگی ها مسطح، طرف رو به باد آنها پرشیب و طرف دیگر آنها کم شیب است (فشارکی، ۱۳۵۷). کلوت ها در سطحی به عرض ۵۰ کیلومتر و در طولی ۱۵۰ کیلومتر گسترده شده است. در شمال منطقه کلوت دار، یعنی از انتهای رود شور، واقع در غرب چاله لوت، فرسایش گسترده سطحی سبب ایجاد اشکال شاهدهی به صورت کلوتک یا تپه های کوچک کلوتی برجای گذاشته است. (معتمد، ۱۳۵۳). دالان ها عمیق و بستر آنها تیره رنگ است و داخل برخی از دالان ها برخان وجود دارد؛ ارتفاع کلوت ها به ۸۰ متری رسد پهنای تپه به مشرق افزایش پیدا می کند. قسمت اعظم کلوت دارای قشر گلی است. ضخامت قشر گلی به ۱۰ سانتی متر می رسد که یادگار دوران بارانی در لوت است (محمودی، ۱۳۶۸). کلوت ها محصول مشترک فرآیندهای آبی- بادی هستند.



شکل ۹: کلوت های لوت

ریگ یلان

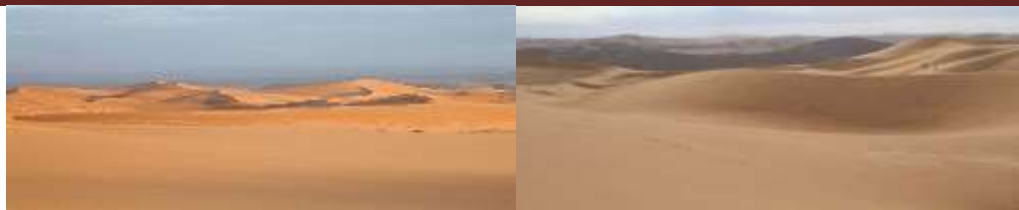
در مشرق دشت لوت تپه های شنی به وسعت ۵۰ کیلومتر و به عرض ۱۰۰ کیلومتر پوشیده شده دارد. تراکم توده ماسه در این منطقه به ریگ لوت مشهور ساخته است؛ وسعت آن بیش از ۱۰۰۰۰ کیلومتر مربع است. منبع اصلی تغذیه ریگ دشت لوت تخریب کلوت های غربی لوت است (معمد، ۱۳۵۳). در ریگ لوت ساختمان ماسه های به صورت برخان یا پیکرا (تپه های هلالی شکل) وجود دارد؛ برخان ها یکی از فراوان ترین و مشخص ترین نوع تپه های ماسه ای که حاصل تراکم ماسه در نواحی بیابانی هستند، جایگاه اصلی تپه های برخانی حد فاصل بین خاستگاه باد و محل اصلی تمرکز ارگ قرار دارد (محمودی، ۱۳۸۳). به عبارت دیگر ماسه هایی که حاصل تراکم ماسه در نواحی بیابانی هستند، برخان ها است.



شکل ۱۰: ریگ یلان

هرم ها و تپه های ماسه ای

همچنین هرم های ماسه ای غالباً به صورت هم پیوسته قابل مشاهده است. ارتفاع این هرم ها از ۴۰۰ متر بیشتر و و مرتفع ترین هرم ماسه ای دنیا است. در فواصل هرم ها، حفره های بسته قیفی شکل وجود دارد. در پای کوه حاشیه شرقی لوت جریان ها نامنظم و اغلب به صورت مسیل نخل آب و به سمت چاله شورگزر هامون توده های ماسه ای را از سمت جنوبی دور می زنند، در بعضی نقاط بستر مسیل ها به شدت حفر شده و به صورت خندق عمیق در آمده است؛ به این نوع مسیل در محل، کوچه گفته می شود (علایی طالقانی، ۱۳۹۴). هرم های ماسه بادی ترکیبی از برخان و سیف هستند که در واقع از برخورد سیستم های بادی با جهات متفاوت حاصل می شوند. وجود تپه های ماسه ای بسیار بلند که تا حدود ۵۰۰ متر گزارش شده مکانی بسیار زیبا برای آفرود سواران و پالاگلایدر سواران است؛ هر ساله ایرانگردان و جهانگردان برای دیدن این منطقه گرمای زیاد این منطقه را تحمل می کنند؛ سفر خود را به این مکان انتخاب می کنند. مسیر رفتن به این مکان از ۵۰ کیلومتری نهبندان-زاهدان مسیری فرعی است که با تابلو مشخص شده و مسیری مناسب است (خاکساری و دهقانی، ۱۳۹۳).



شکل ۱۱: هرمها و تپه های ماسه‌ای

برنامه‌ریزی در گردشگری که مشتمل بر تعیین خط‌مشی‌ها است، مستلزم ارزیابی و قابلیت‌سنجی بوده که این امر مهم‌ترین بخش در برنامه‌ریزی و مدیریت گردشگری است. در مدل رینارد، شاخص‌های مورد بررسی بر پایه ارزش ذاتی ژئوسایت است؛ به عبارتی دیگر، معیارهای علمی، ارزش مکمل و ارزش افزوده معیارهایی هستند که مرتبط با ارزش ذاتی یک ژئوسایت است. نتایج به دست آمده از ارزیابی ژئوسایت‌ها بر اساس مدل رینارد در شکل ۱۲ و جدول ۲ آورده شده است. همان‌طور که در جدول ۲ قابل مشاهده است، مخروط‌های آتشفشانی و پهنه بازالیتی گندم بریان با مجموع ۱۴/۲۵ امتیاز، ارزشمندترین ژئوسایت در میان ژئوسایت‌های مورد مطالعه شناخته شد. این ژئوسایت در ارزش علمی با ۴ امتیاز، در ارزش افزوده با ۷/۵ امتیاز و در ارزش ترکیبی ۲/۷۵ امتیاز را به خود اختصاص داده است. پس از آن هامادا، نیکاکا و ریگ پلان مشترکاً با ۱۴ امتیاز در رتبه دوم و هرم‌ها و تپه‌های ماسه‌ای با ۱۳/۷۵ در رتبه سوم قرار دارند.



شکل ۱۲: ارزش نهایی ژئوسایت‌ها در مدل رینارد

جدول ۵: نتایج ارزیابی ژئوسایت های مورد مطالعه با استفاده از مدل رینارد

ژئوسایت									مدل رینارد	
همای ماسدای هرم ها وتپه	ریگ پلان	کلوت ها	بنکاها	تنگه رتیل	دره زبان مار	مخروطهای تشفانی و پهنه	رپل مارکها	هامادا	شاخص	عیار ^م
0.7 5	1	0. 25	0. 25	0. 25	0. 25	1	0. 5	1	نحوه حفاظت و میزان دستنوردگی سایتها تحت تاثیر عوامل انسانی یا طبیعی	حفاظ ت
1	1	1	1	0. 75	0. 75	1	1	1	وجود یک ژئوسایت ویژه نسبت به سایر مکانهای مشابه در سطح منطقه، استان و کشور	شاخ ص بودن
1	1	1	0. 75	0. 5	0. 5	1	0. 25	1	وجود یک پدیده استثنایی و منحصر به فرد در سطح یک منطقه	کمی ابی
0.7 5	1	1	1	0. 5	0. 5	1	0. 25	1	اهمیت سایت به دلیل تاریخی بودن آن از نظر شرایط اقلیمی و ژئومورفولوژیک	جغرا فیای دیرینه
3.5	4	3. 25	3	2	2	4	2	4	امتیاز نهایی	
0.5	0. 25	0. 25	1	0. 5	0. 5	0.25	0. 25	0. 25	آثار اکولوژیکی	اکولوژ یکی
1	1	1	1	1	1	1	1	1	مکان های حفاظت شده	
1.5	1. 25	1. 25	2	1. 5	1. 5	1.25	1. 25	1. 25	امتیاز نهایی اکولوژیکی	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	تعداد نقاط دیدنی	زیبای ی
1	1	1	1	1	1	1	0. 75	1	تباین، گسترش عمودی و ساختار فضایی	

2	2	2	2	2	2	2	1. 75	2	امتیاز نهایی زیبایی	
0.2 5	0. 25	0. 25	0. 25	0. 25	0. 25	0.25	0. 25	0. 25	اهمیت مذهبی	فرهنگی
1	1	1	1	1	1	1	1	1	تاریخی	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	هنری	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	زمین ساختی	
3.2 5	3. 25	3. 25	3. 25	3. 25	3. 25	3.25	3. 25	3. 25	امتیاز نهایی فرهنگی	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	اقتصادی	اقتصادی
1	1	1	1	1	1	1	1	1	امتیاز نهایی اقتصادی	
7.7 5	7. 5	7. 5	8. 25	7. 75	7. 75	7.5	7. 25	7. 5	امتیاز نهایی افزوده	
									-	جهانی
1	1	1	1	1	1	1	1	1	اهمیت کامل برای آموزش (دانشجویان و دانش آموزان)	آموزشی
0.7 5	0. 75	1	1	1	1	1	1	0. 75	تهدیدهای طبیعی موجود و بالقوه	تهدیدها
0.7 5	0. 75	0. 75	0. 75	0. 75	0. 75	0.75	0. 75	0. 75	اقدام های انجام شده برای حفاظت یا ارتقای مکان	نحوه مدیریت
2.5	2. 5	2. 75	2. 75	2. 75	2. 75	2.75	2. 75	2. 5	امتیاز نهایی ترکیبی	
13. 75	1 4	1 3.5	1 4	1 2.5	1 2.5	14.2 5	1 2	1 4	امتیاز کلی	

بحث و نتیجه گیری

لندفرم ها و پدیده های ژئومورفولوژیک از جمله مفاهیم جدید با ارزش های علمی، اکولوژیکی، فرهنگی، زیبایی و

اقتصادی هستند که به شناخت مکان های ویژه گردشگری تأکید دارند و از جایگاه و اهمیت ویژه ای در توصیف و درک تاریخ زمین برخوردار هستند. بنا بر رویکرد طبیعت محوره ای که گردشگری در سالیان گذشته در پیش گرفته، ژئوتوریسم بیش از پیش شکوفا شده و مورد توجه قرار گرفته است. کشور ایران با پیشینه غنی زمین شناختی و ژئومورفولوژیکی خود، در زمره مناطق مستعد جهان برای توسعه زمین گردشگری قرار دارد. دشت لوت بنا بر هدف اصلی پژوهش (ارزیابی ژئومورفوسایت های دشت لوت با استفاده از مدل رینارد) از همین رو برای ارزیابی کمی ژئوسایت های ۹ گانه پژوهش از مدل رینارد استفاده شد و مشخص شد که ژئوسایت های مخروط های آتشفشانی و پهنه بازالتی گندم بریان با مجموع ۱۴/۲۵ امتیاز، هامادا، نبکاها و ریگ پلان مشترکاً با ۱۴ امتیاز در رتبه دوم و هرم ها و تپه های ماسه ای با ۱۳/۷۵ در رتبه سوم قرار گرفته و نسبت به دیگر ژئوسایت ها، پتانسیل بالاتری را جهت توسعه زمین گردشگری دارند.

گردشگری در بیابان علاوه بر وجود جاذبه ها و ژئوسایت ها، به دلیل سکوت حاکم بر آن به ارزش معنوی آن افزوده است. از جمله مناطق منحصر به فرد در چشم انداز بیابانی جهان که دارای توانمندی ها و جاذبه های ژئوتوریستی و اکوتوریستی زیادی است، بیابان لوت است. این بیابان با دارا بودن لندفرم های ژئومورفولوژیک متعدد مانند ریگ یلان، کلوت ها و هرم های عظیم ماسه ای و که در نوع خود در دنیا بی نظیر هستند، سبب جذب گردشگران مختلف از جمله؛ ماجراجویان، جهانگردان علمی، آموزشی و سایر جهانگردان می شود. با ایجاد زیرساخت ها، مشارکت مردم بومی، آموزش و انجام تبلیغات مناسب و معرفی لندفرم های ژئومورفولوژیک دشت لوت، ضمن حفظ قابلیت ها و کاهش مسائل ژئوتوریسمی آن، زمینه ی جذب فرصت های سرمایه گذاری و بهبود وضعیت اقتصادی در منطقه لوت شد. بر این اساس با انجام اقدامات مناسب و سرمایه گذاری های لازم در بخش گردشگری شاهد توسعه صنعت توریسم در منطقه لوت و استان های همجوار آن خواهیم بود. موفقیت در گردشگری بیابان نه تنها در خروجی اقتصادی کشور تأثیر دارد، بلکه باعث افزایش ظرفیت تولیدی اقتصاد نیز می شود.

مراجع

- احمدی دهرشید، پارسا؛ کلوخی، عاطفه؛ راهکارهای موثر در پیشگیری از وقوع وندالیسم در مواجهه با پدیده های ژئوتوریسم، دومین همایش بین المللی گردشگری و توسعه، سنندج، دانشگاه کردستان، ۱۴۰۰.
- اختردانش، جهان بخش؛ بررسی توان های اکوتوریستی و ژئوتوریستی در مناطق بیابانی و کویری ایران با استفاده از روش Swot، همایش ملی بوم های بیابانی، گردشگری و هنرهای محیطی، نجف آباد، ۱۳۹۰.
- پاپلی یزدی، محمد حسین؛ سقایی، مهدی، گردشگری (ماهیت و مفاهیم). چاپ ششم، تهران، انتشارات سازمان

سمت، ۱۳۹۰.

ثروتی، محمدرضا؛ قاسمی، افشان؛ راهبردهای ژئوتوریسم در استان فارس، فصلنامه فضای جغرافیایی، ۲۴(۸): ۲۳-۵۰، ۱۳۸۷.

خاکساری، علی؛ دهقانی، معصومه؛ ظرفیت گردشگری ماجراجویانه در کویرهای ایران با استفاده تکنیک SWot، فصلنامه علمی - پژوهشی مطالعات مدیریت گردشگری، ۲۷(۹): ۱-۲۲، ۱۳۹۳.

خسروی، خسرو؛ جبال بارز، نشریه دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۲(۴): ۱۹-۲۸، ۱۳۷۷.

درگاه پایگاه های میراث جهانی و ملی / میراث جهانی بیابان لوت/ Web GIS

زنده دل، حسن؛ مجموعه راهنمای جامع ایرانگردی استان کرمان، نشر ایرانگردان، ۱۳۷۷.

علایی طالقانی، محمود؛ ژئومورفولوژی ایران، نشر قومس، چاپ نهم، ۳۶۰ صفحه، ۱۳۹۴.

فشارکی، پریدخت؛ آبادی های حوزه آبخیز لوت جنوبی، پژوهش در جغرافیای انسانی و اقتصادی، تهران: دانشگاه تهران؛ ۱۶، ۱۳۵۷.

قنواتی، عزت اله؛ کرم، امیر؛ فخاری، سعیده؛ رضایی عارفی، محسن؛ آقا علیخانی، مرضیه؛ ارزیابی ژئومورفوسایت های منطقه دماوند با استفاده از مدل رینارد، ۳ (۵): ۱-۱۳، ۱۳۹۳.

محمودی، فرج الله؛ چهره زمین در بیابان های گرم ایران، مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تهران؛ ۱۲۰، ۱۱۹، ۶۷، ۱۳۶۸.

محمودی، فرج الله؛ تحول ناهمواری های ایران در کواترنر، پژوهش های جغرافیایی؛ ۴۳، ۵-۲۳، ۱۳۷۶.

محمودی، فرج الله؛ ژئومورفولوژی اقلیمی، تهران، انتشارات دانشگاه پیام نور، چاپ سوم، ۲۵۶ صفحه، ۱۳۷۶.

مستوفی، احمد؛ شهداد و جغرافیای تاریخی دشت لوت، چاپ یک، ۴۳۰ صفحه، ۱۳۵۱.

مقصودی، مهران؛ عمادالدین، سمیه؛ ارزیابی ویژگیهای ژئوتوریسمی لندفرم های نواحی بیابانی با تأکید بر دشت لوت، مطالعات مدیریت گردشگری. ۲(۶): ۹۵-۱۰۸، ۱۳۸۳.

مقصودی، مهران؛ مقیمی، ابراهیم؛ یمانی، مجتبی؛ رضائی، ناصر؛ مرادی، انور؛ بررسی سیستماتیک ادبیات علمی میراث ژئومورفولوژیکی. پژوهش های جغرافیای طبیعی، ۵۲(۱): ۱-۱۶، ۱۳۹۹.

مقیم، ابراهیم؛ رحیمی هرآبادی، سعید؛ هدائی آرانی، مجتبی؛ علیزاده، محمد؛ اروجی، حسن؛ ژئومورفوتوریسم و قابلیت‌سنجی ژئومورفوسایت‌های جاده‌ای با بهره‌گیری از روش پری‌پرا؛ مطالعه موردی؛ آزاد راه قم-کاشان. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۲ (۲۷): ۱۸۴-۱۶۳؛ ۱۳۹۱.

مهرشاهی، داریوش؛ نکونام، زری؛ چهره‌های شگفت‌انگیز فرسایش بادی در بیابان‌های ایران، مجله رشد آموزش جغرافیا، ۱(۲۴): ۳-۹، ۱۳۸۸.

میرکتولی، جعفر؛ زنگی آبادی، زینب؛ افلاکی، زینب؛ موسی‌زاده، حسین؛ ارزیابی میراث زمین‌شناختی در ژئوپارک چشمه باداب سورت با روش‌های پری‌پرا و رینارد (روستای اروست- شهرستان ساری)، فصلنامه علمی-پژوهشی برنامه‌ریزی منطقه‌ای، ۶(۲۱): ۲۰۵-۲۲۰، ۱۳۹۵.

نادری، طاهره؛ امیرزاده، محمد؛ شفیع‌بافتی، امیر؛ معرفی گندم بریان؛ کویر لوت در انتظار سرمایه‌گذاری، همایش ملی پیشرفت پایدار؛ رهیافت تاریخ، فرهنگ و تمدن دارالولایه سیستان، زاهدان، ۱۳۹۷.

نجفی، اسماعیل؛ مدرس، فاطمه؛ بررسی قابلیت‌ها و مسائل ژئوتوریسم، دومین کنفرانس بین‌المللی بیابان لوت با رویکرد گردشگری، دومین کنفرانس بین‌المللی بیابان لوت با رویکرد گردشگری، ۹ و ۱۰ اردیبهشت ماه ۱۴۰۰.

نکوئی صدر، بهرام، مبانی زمین‌گردشگری با تاکید بر ایران، تهران، انتشارات سازمان سمت، ۱۳۸۸.

یزدی، عبدالله؛ امامی، محمد هاشم؛ شفیع، محسن؛ بررسی عوارض ژئومورفولوژیکی و پتانسیل‌های زمین گردشگری کویر لوت، سی و یکمین همایش علوم زمین، تهران، ۱۳۹۱.

یعقوبی، نورمحمد؛ قصابزاده لنگری، زینب؛ آهنگ، فرحناز؛ غفاری، حسن؛ تدوین راهبردهای توسعه اکوتوریسم بیابان در دشت لوت، مطالعات مدیریت راهبردی، ۴۰ (۱۰): ۱۵۱-۱۷۴، ۱۳۹۸.

یمانی، مجتبی؛ عظیمی‌راد، صمد؛ باقری سیدشکری، سجاد؛ بررسی قابلیت‌های ژئوتوریسمی ژئومورفوسایت‌های منطقه‌ی سیمره با استفاده از روش پراونگ. جغرافیا و پایداری محیط، ۲(۱)، ۶۹-۸۸، ۱۳۹۱.

یوسفی روشن، محمدرضا؛ ارزیابی ژئومورفوسایت‌های دشت لوت با استفاده از مدل رینارد، اولین کنفرانس بین‌المللی گردشگری بیابان لوت؛ فرصت‌های محلی و بین‌المللی، بیرجند، ۱۳۹۸.

Comanescu, L, Nedelea, A. and Dobre, R., Evaluation of geomorpho- sites in Vistea Valley (Fagaras Mountains-Carpathians ,Romania), International Journal of the Physical Sciences. 6:

1161 -1168 . 2011.

<https://wnhb.mcth.ir>

Pereira, P., Pereira, D. Alves, M. I. and Braga, C., Geomorphosite assessment in Montesinho Natural Park (Portugal), *Geographica Helvetica*, 62 (3): 159-168. 2007.

Reynard, E.; Coratza, P. and Hoglea, ´ F. Current research on geomorphosites. *Geoheritage*, 8(1): 1-3. 2016.

Reynard, E., Fontana, G., Kozlik, L., & Scapozza, C., A method for assessing" scientific" and" additional values" of geomorphosites. *Geographica Helvetica*, 62(3), 148-158. 2007.

Zouros, N. C., Geomorphosite assessment and management in protected areas of Greece Case study of the Lesvos island–coastal geomorphosites. *Geographica Helvetica*, 62(3), 169-180. 2007.

ارزیابی نقش عوامل هیدروژئومورفولوژیکی در سیل خیزی حوضه های آبخیز (نمونه موردی:

حوضه آبخیز ماهیدشت کرمانشاه)

Evaluation of the role of hydrogeomorphological factors in the flood risk of watersheds
(case example: Mahidasht Kermanshah watershed)

منصور پروین

استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، ایران mansorparvin@pnu.ac.ir

چکیده

هدف از تحقیق جاری ارزیابی روشهای تلفاتی است که بر حجم رواناب و شکل آبنمود تولیدی ناشی از مدل‌های هیدرولوژیکی مؤثر می باشد. این تحقیق با روش توصیفی - تحلیل انجام گرفته و داده های آن از طریق اسنادی و پیمایشهای میدانی گردآوری شده است. مقادیر دبی و بارش حوضه با پایه مشترک تهیه و تنظیم و واحد آنها به میلی متر تبدیل گردید. ضریب همبستگی روان آب با ارتفاع بارندگی محاسبه شد و متوسط بارش سالانه به روش میانگین حسابی، تیسن و منحنی های هم بارش، حجم آبی سالانه حوضه بر مبنای هر یک از روشهای محاسبه گردید. جهت شناخت دقیق ویژگیهای سیل حوضه مورد مطالعه (شروع تداوم، خاتمه، مقدار) هیدروگراف طرح رودخانه مرگ ماهیدشت تهیه شد سپس ویژگی های آبنمود های محاسبه شده شامل، حجم رواناب و زمان اوج با همین ویژگی ها از آبنمودهای متناظر مشاهده شد. و هیدروگراف واحد رودخانه مرگ با روش (S.C.S) بدست آمد.

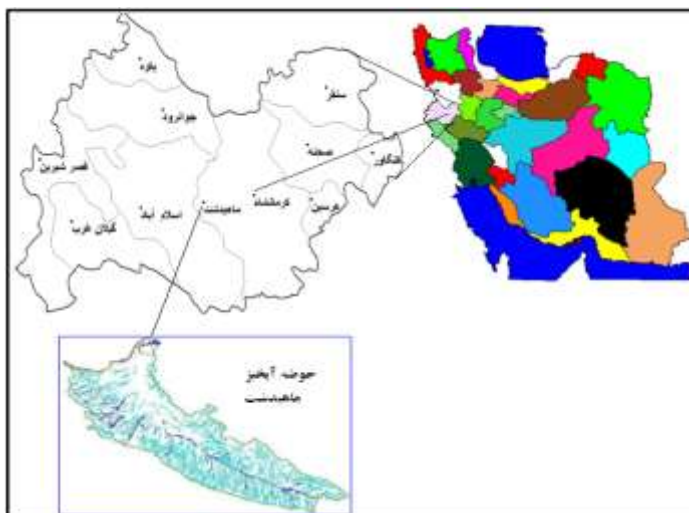
کلمات کلیدی: عوامل هیدروژئومورفولوژیکی روان آب، بارش، ضریب جریان حوضه ای، رودخانه مرگ، سیل خیزی

مقدمه

رودخانه مرگ از ارتفاعات جنوب غربی و جنوب شرقی دشت ماهیدشت و همچنین سرابهای تیران، میرعزیزی، خپور بوربور و سراب قره دانه و همچنین آبهای حاصل از ذوب برفهای ارتفاعاتی که جنوب کرمانشاه واقع شده اند مانند ارتفاعات سبز عمو نثار و کوه سفید سرچشمه می گیرد (شکل شماره ۱). در حقیقت این رودخانه زه آب ماهیدشت محسوب می گردد، مسیر آن در سرچشمه از شرق به غرب و بعد از عبور از وسط ماهیدشت در نزدیکی محلی بنام دوآب به رودخانه قره سو متصل می گردد (وزارت نیرو، ۱۳۷۸). از این مسافت مسیر آن بتدریج بطرف شمال منحرف و بالاخره بعد از اتصال به قره سو کاملاً در جهت غربی - شرقی قرار می گیرد. سطح حوضه این رودخانه قبل از اتصال به رودخانه قره سو در حدود ۱۵۰۸ km محاسبه شده است (وزارت نیرو، ۱۳۷۶) حال آنکه رودخانه مهم این منطقه می

باشد که تاثیر زیادی در معیشت ساکنین این خطه از استان را دارد و با توجه به نقش این رودخانه در زندگی روزمره و اتکاء کشاورزی به آب رودخانه می توان گفت که نقش اصلی و اساسی را در اقتصاد کشاورزی را آبهای سطحی در این محل برعهده دارند. مسئله برآورد رواناب سطحی در حوضه های آبریز رودخانه ها، مسئله پیچیده ای است که اطلاعات و فهم دانش بشری از قوانین فیزیکی حاکم بر آن بعضا از دیدگاه فرمول های ریاضی محدود می شود (سینگ، ۱۹۹۸). و دستیابی به میزان کمی و کیفی آن، پایه و مبنای مطالعات طرح های مختلف توسعه و بهره برداری از منابع آب و سازه های آبی را تشکیل می دهد. از اواسط قرن نوزدهم تاکنون، روش های تجربی و مدل هیدرولوژیکی مختلفی برای برآورد و محاسبه رواناب سطحی تهیه شده است (سینگ، ۱۹۹۸). از دهه ۱۹۶۰ به بعد این روش ها بصورت مدل های کامپیوتری ارائه گردید (تاکیشی، ۱۹۹۹). مولفه برخی از این مدل ها بعضا در اثر تغییر پذیری الگوهای توزیع زمانی و مکانی بارندگی ممکن است با خطا و اشتباه همراه باشد (یانگ، ۲۰۰۰). لذا محققین زیادی توانستند با استفاده از معادلات خطی و با برطرف کردن این خطاها به پیش بینی این سیلاب ها بپردازند. برخی از هیدرولوژیست ها مسائلی از قبیل نقصان داده ها، عدم دقت، کوتاه بودن دوره آماری برای تعیین رابطه بین بارش و رواناب را ذکر کردند (غیور، ۱۳۷۹). بعضی از آنها مدل های ریاضی را با روش های تجربی ترکیب کردند و به محاسبه رواناب پرداختند (سروشیان، ۱۹۸۳). در این راستا فرضیه های شبیه سازی بارندگی - رواناب بصورت مدل های احتمالی، مفهومی، تجربی، توزیعی (تعیینی) و یکپارچه (توده ای) از سوی محققان ارائه شد (چاو، ۱۹۹۸) و قابلیت های مختلف GIS نیز در راستای مدل سازی بارش - رواناب مورد توجه اغلب هیدرولوژیست ها قرار گرفت. چاو و همکاران روش های تلفات باران را به دو دسته کلی تقسیم کردند. دسته اول روش هایی است که براساس خصوصیات هیدرولوژیکی و مورفولوژیکی حوضه می باشند روش دوم روش هایی هستند که براساس داده های (CN). منحنی باران - رواناب مشاهداتی حوضه بدست می آیند. روند یابی سیل به مجموعه عملیاتی گفته می شود که به وسیله آن زمان و بزرگی یک موج سیل را در نقطه ای در مسیر رودخانه با استفاده از اطلاعات فرضی یا حقیقی موجود در یک یا چند نقطه بالا دست جریان تعیین می نمایند (راگونات، ۱۹۹۷). بطور کلی روش های روند یابی سیل را به دو گروه هیدرولیکی و روند یابی هیدرولوژیکی تقسیم می نمایند (چادهوری، ۲۰۰۲). اگر جریان آب فقط بصورت تابعی از زمان در محلی مشخص روند یابی شود، این نوع روش، روند یابی هیدرولیکی یا روند یابی توده ای یا متمرکز نامیده می شود (وینمن و لارنس، ۱۹۷۹) و در آن از اصل پیوستگی جریان و رابطه دبی - ذخیره (با فرض یکنواخت بوده جریان) استفاده می شود. اگر روند یابی جریان در طول سیستم بصورت تابعی از زمان و مکان مورد نظر باشد، این روش به نام روند یابی هیدرولیکی یا روند یابی توزیعی شناخته می شود (چاو، ۱۹۹۸). در این روش از معادله پیوستگی جریان و معادله اندازه حرکت استفاده شده و اساس آن بر تئوریهای جریان های غیر دائمی استوار است (شاو، ۱۹۹۴). روند یابی هیدرولیکی دقیق تر است ولی مشکل اصلی آن دشواری و حل معادلات مربوطه می باشد (تسای، ۲۰۰۵). روند یابی هیدرولیکی ساده تر است ولی

از طرفی جواب های بدست آمده از این روش دقت کمتری دارد (SCS,1985). باری و باچرا چای (۱۹۹۵) روش روند یابی ماسکینگام – کانژرا مورد بررسی قرار داده اند و نشان دادند که برای پایداری این مدل باید عدد کورانت کمتر از ۵، باشد تا جواب های تخمینی دقت لازم را داشته باشد.



شکل ۱- موقعیت سیاسی حوضه ماهیدشت

مواد و روش ها

جهت بررسی رابطه رواناب با بارش سالانه به ترتیب زیر عمل شده است:

مقادیر دبی و بارش حوضه با پایه مشترک تهیه و تنظیم و واحد آنها به میلی متر تبدیل گردید. ضریب همبستگی روان آب با ارتفاع بارندگی محاسبه شده که برابر $(r = 0.66)$ است و در سطح 0.1 معنی دار می باشد. موقعیت نقاط بر روی محور مختصات پلات و خط نسبت آنها ترسیم شده ، پس از رسم خط بهینه مشخص گردید که موقعیت مقادیر و دبی سالهای ۵۷-۵۸ و ۵۸-۵۹ و ۶۰-۱۳۵۹ با آن فاصله زیادی دارند. بنابراین با توجه به احتمال خطا در پشت مقادیر، داده های این سه سال در محاسبات شرکت داده نشده و نتیجتاً میزان همبستگی $r = 0.88$ که در سطح از معنی دار است. جهت محاسبه رواناب با بارندگی از معادله زیر استفاده گردید.^{۷۳}

$$Q = \frac{1}{S} = (P - P_a)$$

Q : ارتفاع رواناب سالیانه به میلی متر

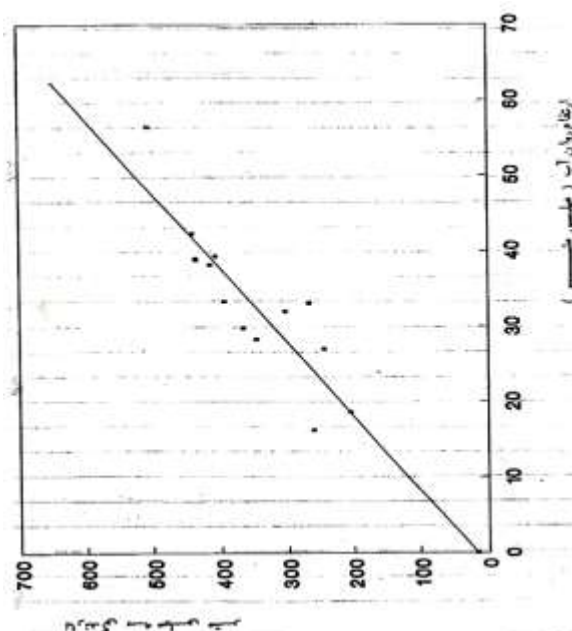
علیزاده، امین. اصول هیدرولوژی کاربردی. صفحه ۲۸۷، ۷۳.

S : شیب خط

P : بارش سالیانه به میلی متر

P_a : عرض از مبدا به میلی متر

پس از محاسبات لازم معادله همبستگی و دبی با بارش در حوضه آبخیز مرگ بصورت $(p = 17/2)$ $Q = 986\%$ درآمد. در نتیجه میزان عرض از مبدا برای حوضه برابر $17/2 \text{ mm}$ است. یعنی اگر میزان بارندگی سالانه مساوی یا کمتر از $17/2$ باشد جریان سطحی برابر صفر خواهد بود. نمودار شماره (۱) رابطه روان آب با بارش سالانه را نشان می دهد. براساس این نمودار و یا با بکارگیری معادله فوق الذکر می توان با در نظر گرفتن میزان یکی از دو متغیر، مقدار پارامتر دیگر از پیش بینی کرد. برای مثال اگر متوسط بارش یک سال 680 میلی متر باشد، ارتفاع رواناب حاصله آن سال 65 میلی متر خواهد بود.



شکل ۲- رابطه روان آب با بارش سالانه

یافته ها

ضریب جریان سطحی

مقدار روان آب سطحی حوضه تابع فاکتورهای چون شدت و مدت بارندگی، میزان نفوذپذیری خاک، شیب زمین و پوشش گیاهی می باشد. برای تعیین ضریب جریان سطحی حوضه از دو روش محاسباتی و استدلالی به ترتیب زیر

استفاده شده است.

دو طریقه محاسبه ای ارتفاع متوسط روان آب تعیین و بر میانگین بارندگی حوضه تقسیم گردید. به این ترتیب ضریب روان آب حاصل شده که برابر $0/1$ یا $0/10$ می باشد جهت تعیین ضریب جریان سطحی به روش استدلالی ابتدا مساحت و شیب سطوح پوشش های مختلف حوضه مورد مطالعه (اراضی کشاورزی، مرتع، جنگل) مشخص گردید. آنگاه میانگین وزنی ضریب روان آب سطحی بدست آمد که برابر 34% می باشد.

حجم آبی حوضه

حجم آبی حوضه عبارت است از حاصل ضرب مساحت در ارتفاع بارندگی، با توجه به برآورد متوسط بارش سالانه به روش میانگین حسابی، تیسن و منحنی های هم بارش، حجم آبی سالانه حوضه بر مبنای هر یک از روشهای محاسبه گردیده که مقادیر آنها به شرح ذیل می باشد:

به روش میانگین ریاضی $598/927/000 \text{ m}^3$ از طریق روش تیسن $623/516/800 \text{ m}^3$ و روش منحنی های هم بارش $677/154/200 \text{ m}^3$ مترمکعب، همچنین حجم آبی سالانه حوضه بر پایه متوسط بارندگی ایستگاه ماهیدشت تعیین شد که برابر $555/068/000 \text{ m}^3$ است.

مساحت هیدروگراف و تحلیل سیل حوضه

هیدروگراف نموداری است که تغییرات میزان دبی را نسبت به زمان نشان می دهد اگر بر روی سطح حوضه ای که زمان تمرکز آن برابر t_c ساعت است، باران یکنواخت به مدت t ساعت ببارد و $t > t_c$ باشد. دبی بتدریج افزایش یافته و در زمانی که برابر زمان تمرکز (t_c) است، به اوج خود می رسد. سپس تا وقتی که بارندگی ادامه دارد و مقدار روان آب ثابت می ماند و پس از قطع بتدریج میزان دبی است افزایش پیدا می کند. با استفاده از آنمود می توان نقطه شروع و پایان سیل، زمان رسیدن به دبی اوج، چگونگی افزایش و کاهش میزان دبی، تداوم سیل و حجم آب را مشخص نمود. جهت شناخت دقیق ویژگیهای سیل حوضه مورد مطالعه (شروع تداوم، خاتمه، مقدار) هیدروگراف طرح رودخانه مرگ ماهیدشت تهیه شد که به تجزیه و تحلیل هر یک پرداخته می شود.

آبنمود واحد

بنا به تعریف آبنمود: t ساعت که حجم روان آب آن ارتفاعی معادل یک واحد mm/cm را در سطح حوضه داشته باشد، هیدروگراف واحد می گویند. منظور از رواناب بارشی است که پس از اشباع خاک به جریان سطحی تبدیل شده باشد. تهیه هیدروگراف واحد حوضه به آمار بارندگی حوضه و دبی ساعت به ساعت نیاز دارد. (هیدرولوگها توصیه می

کنند جهت ترسیم آبنمود واحد حوضه ای با وسعت ۲۵۰ تا ۲۵۰۰ کیلومتر مربع از رگبارهای ۶ و ۸ یا ۱۲ ساعته (استفاده شود) نظر به اینکه میزان بارندگی و دبی حوضه آبخیز رودخانه مرگ به صورت ساعت به ساعت اندازه گیری نمی شود و هیدروگراف واحد حوضه مورد مطالعه به روش سازمان حفاظت خاک ایالات متحده آمریکا (S.C.S)^{۷۴} مراحل مختلف محاسبه مقادیر هیدروگراف واحد رودخانه مرگ با روش (S.C.S) به ترتیب عبارتند از :

زمان تاخیر : که عبارت از فاصله مرکز بارش تا نقطه دبی اوج که از طریق فرمول ذیل محاسبه می گردد :

$$t_1 = \frac{L^{3/4} (S+1)^{3/4}}{781/64 g^{1/5}}$$

t_1 : زمان تاخیر به ساعت

L : طول رودخانه به متر

g : متوسط شیب حوضه بر حسب درصد

S : ضریب نگهداشت که به شماره منحنی بستگی دارد. و از فرمول $(S = \frac{1000}{C^N} - 101)$ محاسبه می شود.

براساس معادله فوق الذکر و محاسبات انجام گرفته زمان تاخیر حوضه $t^1 = 10/8$ ساعت بدست آمد.^{۷۵}

زمان تمرکز

زمان تمرکز حوضه مورد مطالعه با استفاده از رابطه ذیل بدست آمده :

$$tc = \frac{5}{3} t_1$$

tc : زمان تمرکز به ساعت

t_1 : زمان تاخیر است.

با کاربرد این فرمول زمان تمرکز حوضه (ساعت) $(tc = 18)$ محاسبه شد.

مدت بارندگی

در روش (S-C-S) به دلخواه می توانیم واحد زمان آبنمود را انتخاب کنیم و در عین حال که توصیه می

⁷⁴ Soil Conservation Service

علیزاده، امین. اصول هیدرولوژی کاربردی. صفحه ۱۱۶۷

گردد مدت بارندگی D ۱۳۳٪ زمان تمرکز در نظر گرفته می شود.

بدین ترتیب مدت بارندگی هیدروگراف حوضه مورد مطالعه برابر ۲/۳۹ ساعت است.

زمان رسیدن به دبی اوج

$$T_p = \frac{D}{2} + t_1$$

T_p : زمان رسیدن به دبی اوج (ساعت)

D : مدت بارش

t_1 : زمان تاخیر

با استفاده از این فرمول زمان رسیدن به دبی اوج محاسبه شده برای رودخانه مرگ ۱۲ ساعت تعیین شد.

دبی اوج

$$QP = \frac{5287A}{TP}$$

مقدار دبی اوج حوضه از طریق این فرمول محاسبه می شود.

QP : مقدار دبی اوج به لیتر در ثانیه برابر یک اینچ بارندگی.

A : مساحت حوضه

TP : زمان رسیدن به دبی اوج

براساس فرمول فوق مقدار (QP) دبی اوج آبنمود رودخانه مرگ $24/9 \text{ m}^3/\text{s}$ برای یک میلیمتر باران می باشد. پس از انجام محاسبات اخیر، مقدار (TP) ۱۲ ، در ستون $(\frac{t}{TP})$ و میزان QP (۲۴/۹) در ستون $\frac{q}{qp}$ جدول هیدروگراف واحد بعد (S.C.S) ضرب گردید. در نتیجه مقادیر موقعیت نقاط آبنمود بدست آمد.

دوازده ساعت پس از آغاز بارندگی مقدار دبی به حداکثر خود می رسد. (۲۴/۹ مترمکعب) مدت سیلاب ۶۰ ساعت طول می کشد. بازوی بالارونده هیدروگراف شیب بیشتری در مقایسه با بازوی پایین رونده دارد. در شبانه روزی پس از

زمان دبی اوج، سیلاب خاتمه می یابد

هیدروگراف طرح

برای محاسبه هیدروگراف طرح بارشی که مبنای محاسبه قرار می گیرد، بارندگی طرح است. زیرا برآورد حداکثر ظرفیت مقداری پارامترهای هواشناسی (بارش طرح) یک منطقه با ضرورتی حیاتی جهت نحوه ساخت تاسیسات زیربنایی مانند پل، راه شبکه زهکشی، سد، شهرک و دیگر موارد می باشد.

چرا که شکست و تخریب این سازنده ها خسارات سنگین مالی بعضاً جانی به بار می آورد. با توجه به ضرورت مسئله قبل از تجزیه و تحلیل هیدروگراف طرح، پارامتر بارندگی طرح مورد بررسی قرار می گیرد. برحسب تعریف بارش طرح (P.M.P)¹ بزرگترین بارندگی است که در زمان معین با توجه به شرایط جوی، اقلیمی، توپوگرافی منطقه امکان ریزش آن وجود دارد، و بارانی بزرگتر از آن نخواهد بارید. بزرگترین بارندگی محتمل حوضه مورد مطالعه با بکارگیری روش آماری از طریق رابطه زیر محاسبه گردید²

$$P.M.P = \bar{R} + KM \times S$$

P.M.P : بزرگترین بارندگی محتمل

$\bar{R}$: میانگین ماکزیمهای بارش در یک زمان مشخص (معمولاً ۲۴ ساعته)

KM : مقدار ثابت برابر ۱۵

S : انحراف استاندارد است.

براساس این فرمول بیشترین میزان بارندگی محتمل حوضه آبخیز رودخانه مرگ طی ۲۴ ساعت، ۲/۹ میلیمتر می باشد. هیدروگراف طرح حوضه آبخیز مورد مطالعه طبق روش (S.C.S) تهیه گردیده است. این روش مبنی بر محاسبه رواناب مستقیم و استفاده از منحنی هایی می باشد که سازمان حفاظت خاک ایالات متحده آمریکا ارائه کرده است. م این سازمان در رابطه با مقدار باران طرح دو نوع طراحی را جهت احداث سدهای کوچک (با ظرفیت کمتر از ۳۰ m³ میلیون) پیشنهاد می کند. اینکه سر زیر اضطراری سدها گنجایش لازم را برای تخلیه سیلاب دارا می باشد. ارتفاع آزاد در بالای تاج به اندازه کافی وجود داشته باشد.

سازمان حفاظت خاک آمریکا با توجه به دو نوع طراحی فوق الذکر ساخت سدها در سه حالت بررسی نموده و مقدار

¹ Probable, maximum, precipitation-

- علیرزاده، امین. اصول هیدرولوژی کاربردی. صفحه ۲۶۰۸

(P.M.P) حوضه را با در نظر گرفتن این حالات تعیین می کند. نقشه شماره (الف ۴-۵) شکل و موقعیت های انواع سدهای ماهیدشت را نشان می دهد.

دبی طرح حوضه آبخیز رودخانه مرگ برای طراحی آزاد (۳) : احداث سد (حالتی است که در صورت تخریب سد، منازل مسکونی و جان اھالی پایین دست آن مورد تهدید قرار می گیرد)

محاسبه در نظر گرفته شده است. جهت تهیه و ترسیم هیدروگراف طرح حوضه آبخیز رودخانه مرگ، مقادیر آن بر پایه فرمولهای مربوطه محاسبه گردید. که مقادیر آن به ترتیب ذیل می باشد.

۱- میزان بارش طرح (معادل حداکثر بارندگی ممکن) اینچ $P.M.P = 8/62 \text{ in}$

۲- مقدار بارندگی اصلاح شده با توجه به مساحت و اقلیم حوضه $Rev_p = 5/603 \text{ in}$

۳- تعدیل بارش با توجه به ضریب زمان تمرکز $7/62 \text{ in}$

۴- ارتفاع رواناب براساس شماره CN و بارندگی $Q=51/\text{in}$

۵- شماره دسته هیدروگراف بر پایه CN و بارش اصلاح شده برابر ۲

۶- زمان بارندگی اضافی $T_o = 15/37 \text{ hr}$

۷- زمان رسیدن به نقطه اوج آبنمود $TP=12/6 \text{ hr}$

۸- نسبت $\frac{T_o}{T}$ برابر با ۱/۲

۹- میزان TP اصلاحی $15/37 \text{ hr}$

۱۰- مقدار دبی برای یک میلیمتر بارش مترمکعب بر ثانیه

۱۱- دبی اوج برای بیشترین بارندگی حوضه $2525/5 \text{ m}^3/\text{s}$

حال برای تعیین موقعیت نقاط بر روی محور مختصات هیدروگراف، $Rev(TP)$ در مقادیر $\frac{T}{TP}$ جدول مربوط ضرب

و به این ترتیب میزان t به ساعت بدست آمد. همچنین مقدار $Q(qP)$ در این ارقام ستون $\frac{qC}{qP}$ ضرب شد و مقادیر q

به ازای هر یک از اعداد t برحسب m^3/s حاصل گردید. نتیجتاً با استفاده از مقادیر محاسبه شده مقدار دبی هیدروگراف

برای یک میلیمتر بارندگی می باشد. سیلاب حاصل از بارش به مدت ۹۰/۴ ساعت ادامه دارد. دبی رودخانه پس از ۲۱/۵

ساعت نقطه اوج می رسد. مقدار دبی در زمان اوج برابر m^3/s است. مقدار دبی اوج برای حداکثر بارش محتمل ۲۴ ساعته خود m^3/s ۲۵۲۸/۸ است. با توجه به محاسبات اخیر نتیجه گرفته می شود که اگر قرار باشد تاسیسات زیربنایی از قبیل سد، پل، راه ارتباطی، شبکه زهکشی در حوضه ساخته می شود، باید به شکلی طراحی شود که بتواند در برابر سیلی با دبی اوج m^3/s ۲۵۲۵/۸ مقاومت نمایند به عبارت دیگر با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی و فیزیوگرافی کنونی، حوضه سیلی بیشتر از m^3/s ۲۵۲۵/۸ به خود نخواهد دید.

پیش بینی می شود. برای سفره آزاد دشت مقادیر S، با روش برلتون برابر با $10^{-2} \times 2$ و $10^{-2} \times 5$ محاسبه گردیده است و ضریب ذخیره که در آزمایش مربوط به سفره های محصور بدست آمده است حدود 10^{-5} و 10^{-2} می باشد.^{۷۶}

نتیجه گیری

بررسی کلی رابطه بین روان آب، بارش و ضریب جریان حوضه ای در حوضه آبخیز رودخانه مرگ در ماهیدشت دستاوردهای زیر را مشخص نمود.

- پس از محاسبات لازم معادله همبستگی و دبی با بارش در حوضه آبخیز مرگ بصورت $(p = 17/2)$ ۹۸۶٪
 $Q =$ درآمد. در نتیجه میزان عرض از مبدا برای حوضه برابر $17/2$ mm است. یعنی اگر میزان بارندگی سالانه مساوی یا کمتر از $17/2$ باشد جریان سطحی برابر صفر خواهد بود.

- به روش میانگین ریاضی m^3 ۵۹۸/۹۲۷/۰۰۰ از طریق روش تیسن m^3 ۶۲۳/۵۱۶/۸۰۰ و روش منحنی های هم بارش m^3 ۶۷۷/۱۵۴/۲۰۰ مترمکعب، همچنین حجم آبی سالانه حوضه بر پایه متوسط بارندگی ایستگاه ماهیدشت تعیین شد که برابر m^3 ۵۵۵/۰۶۸/۰۰۰ است.

- زمان رسیدن به دبی اوج محاسبه شده برای رودخانه مرگ ۱۲ ساعت تعیین شد

- مقدار دبی اوج برای حداکثر بارش محتمل ۲۴ ساعته خود m^3/s ۲۵۲۸/۸ است. با توجه به محاسبات اخیر نتیجه گرفته می شود که اگر قرار باشد تاسیسات زیربنایی از قبیل سد، پل، راه ارتباطی، شبکه زهکشی در حوضه ساخته می شود، باید به شکلی طراحی شود که بتواند در برابر سیلی با دبی اوج m^3/s ۲۵۲۵/۸ مقاومت نمایند به عبارت دیگر با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی و فیزیوگرافی کنونی، حوضه سیلی بیشتر از m^3/s ۲۵۲۵/۸ به خود نخواهد دید.

مهدوی، محمد. هیدرولوژی کاربردی. صفحه ۴۱، ۷۶

مراجع

دارن ویزامن و دیگران (ترجمه علی اصغر موحد)، ۱۳۶۷، مقدمه ای بر هیدرولوژی جلد اول و دوم، انتشارات عمیدی،

سازمان آب منطقه ای غرب، ۱۳۹۶، امور آب و خاک استان کرمانشاه، اسناد و مدارک و نامه ها

سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۷۸، نقشه $\frac{1}{250000}$ شیت کرمانشاه، تهران

وزارت نیرو، ۱۳۹۶، سالنامه های آماری ایستگاه های تبخیر سنجی ماهیدشت

عزیزی، جبار، ۱۳۹۶، بررسی سفرهای زیرزمینی ماهیدشت، امور آب کرمانشاه.

علیزاده، امین، اصول هیدرولوژی کاربردی، دانشگاه فردوسی مشهد ۱۳۷۶، چاپ هشتم.

عنایتی، والی، ۱۳۷۲، بررسی کلیماتولوژی آبهای سطحی رودخانه مرگ، دانشگاه تهران

وزارت نیرو، ۱۳۷۶، آمار کیفیت رودخانه های ایران کاکاوند، رضا، ۱۳۷۹، بررسی رابطه بارش با هیدروگراف سیل

به روش آماری وسینوپتیکی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز جاجرود) پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت معلم تهران

کهریزی، محمد، طاهری، کمال. بیات، علی، مجموعه مقالات نخستین کنفرانس شرکت آب منطقه ای کرمانشاه

منابع آب ایران (هیدرولوژی، هیدرولیک و جنبه های مختلف)، ۱۳۸۹

وزارت نیرو، ۱۳۹۶، آمار ایستگاه های باران سنجی لاله وان- محبت آباد، خسروآباد، قره باغستان مهندسين مشاور

آب و خاک استان کرمانشاه، بهار ۱۳۷۶ کرمانشاه

مهندسين مشاور تماب، ۱۳۸۲، ارزیابی توان اکولوژیکی حوضه آبریز ماهیدشت از منظر کشاورزی

وزارت نیرو، ۱۳۹۶، آمارنامه ایستگاه های هیدرومتری- خرس آباد و ماهیدشت

وزارت نیرو، ۱۳۹۶، بررسی و شناخت آبهای زیرزمینی ماهیدشت،

Barry, D and Bajracharya (1995): On The Muskingum–Conge Flood Routing Method. Environment International. Volume 21, Issue 5, 1995, Pages 485-490.

Birkhead, A. L. James, C, S (2002): Muskingum River Routing With Dynamic Bank

Storage. Journal of Hydrology Engineering, Vol. 264, Issue 1-4, pp. 113-13

Choudhury, M (2002): Flood Routing in River Network Using Equivalent Muskingum Inflow. Journal of Hydrologic Engineering, 7(6). Pp, 413-419.

Chow, V.T (1988): Applied Hydrology. Mc Graw-Hill, 572p.

Raghunath, H, M (1997): Hydrology (Principle, Analysis, Design). Wily Eastern Limited. P. 482.

SCS (1985): Natural Engineering Handbook, Section ,8, Flood Routing, US Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Washington, D.C, P 175.

SHAW, EM (1994): Hydrology in Practice. T.J. Press (Pads tow) LTD, Cornwall, UK.

Singh, V. P (1988): Hydrology System, Prentice Hall, P. 48

Skaggs R.W., and Khaleel R. 1982. Infiltration, Hydrologic modeling of small watersheds. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI.

Soil Conservation Service .1986. Urban hydrology for small watersheds, Technical Release 55. USDA, Springfield, VA.

Soil Conservation Service. 1971. National engineering handbook, Section 4: Hydrology. USDA, Springfield, VA.

Tsai, C. W. (2005): Flood Routing in Mild-Sloped Rivers-Wave Characteristics and Downstream Backwater Effect. Journal of Hydrology. Volume 308, Issues 1-4, Pages 151-167.

US Army Corps of Engineers. 2000. Hydrologic modeling system HEC-HMS: Technical Reference Manual. Hydrologic Engineering Center, USA