

محیط‌های 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 حصارکی‌زاد

محمد فتح‌الله‌زاده



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 سیستماتیک 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 آبريز 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 جایجایی 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 تحرکپذیری 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: (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 گندب 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

ارزیابی نوزمین ساخت حوضه زنجانرود

Assessment of the neotectonics of the Zanjanrood basin

^۱ ابوالقاسم گورابی، ^۲ مجتبی یمانی، ^۳ شیرین محمدخان، ^۴ سیدجواحسینی

^۱ دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، goorabi@ut.ac.ir

^۲ دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، myamani@ut.ac.ir

^۳ دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، mohamadkh@ut.ac.ir

^۴ دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، sjhoseini@ut.ac.ir

چکیده

حوضه زنجانرود، از زیرحوضه‌های اصلی حوضه قزل‌اوزن است که در محدوده استان زنجان واقع شده و از نظر زمین‌ساخت در زون تکتونیکی فعال حاصل از عملکرد تعاملی گسل‌های سلطانیه، زنجان (قطعه‌ای از گسل سراسری راستالغز راستگرد تبریز)، طارم، منجیل و گسل‌هایی قرار دارد که در این پژوهش شناسایی شده‌اند. این حوضه بزرگترین حوضه در گستره استان زنجان است و به همین جهت بخش زیادی از سکونتگاه‌های شهری و روستایی و فعالیت‌های انسانی مربوطه داخل این حوضه قرار دارد و متأثر از پارامترهای مختلف آن از جمله دبی آب بوده و بر آن‌ها تأثیر می‌گذارد. پژوهش حاضر با بهره‌مندی از تکنیک‌های دورسنجی، فرصتی برای شناخت ساختار نوزمین‌ساختی حوضه و الگوی مکانی عملکرد فرایندهای ژئومورفیک را که حوضه پشت‌سر گذاشته است، فراهم می‌کند. در این مطالعه، برای کشف رابطه بین ژئومورفولوژی حوضه و تکتونیک فعال از تحلیل‌های GIS، تکنیک‌های دورسنجی و ژئومورفومتریک استفاده شده است. در این راستا شواهد نوزمین‌ساختی مرتبط با گسل‌ها در حوضه شناسایی و تبدیل به نقشه شده‌اند. در مرحله بعد با تحلیل و تفسیر شواهد، ارتباط الگو دینامیک گسل‌ها کشف و اثرات آن بر کانال زنجانرود با تأکید بر نوزمین‌ساخت تعاملی شبکه‌های زهکشی - گسل‌ها ارائه شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که تکتونیک فعال گسل‌ها به سمت مرکز حوضه و محل زنجانرود متمرکز بوده و در مرزهای ارتفاعات شرقی و شمالغرب الگوی واضح و مشخصی بر روند توپوگرافیک حوضه و زنجانرود دارد.

کلمات کلیدی: نوزمین‌ساخت، ژئومورفولوژی حوضه، زنجانرود

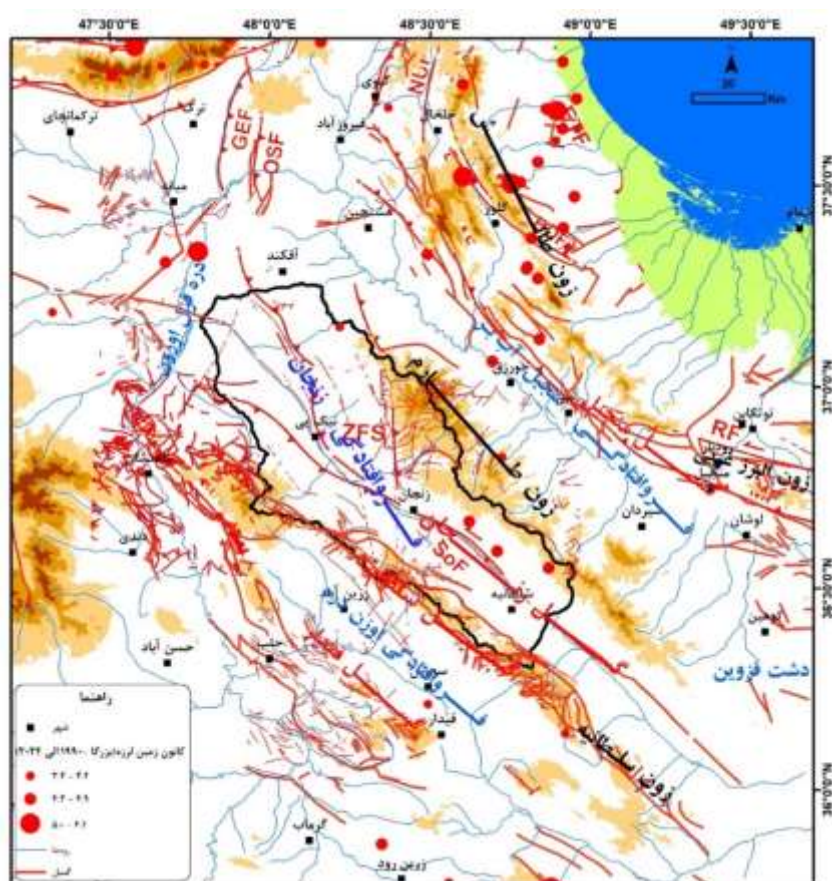
ایران بخشی از کمربند کوهزایی بزرگ آلپ هیمالیا می‌باشد که حاصل همگرایی صفحات پویای عربستان، اوراسیا، هند و اقیانوس هند و است. بررسی‌های ژئودینامیک نرخ این همگرایی و در نتیجه کوتاه شدن را حدود ۲۳ تا ۲۵ میلی‌متر در سال نشان می‌دهند. نیروی حاصل از همگرایی ضمن کوتاه‌شدگی، سبب ایجاد درزه‌ها، گسل‌ها، چین‌ها، فرونشینی و بالاآمدگی‌ها در قلمرو سرزمین ایران می‌شود. این تغییرات عمده بدون شاهد نبوده و شواهد فراوانی از عملکرد گذشته و حال آن‌ها بر چهره ناهمواری‌ها ثبت و ضبط شده و نقش بسته‌اند. شواهدی که پژوهشگران طی پژوهش‌های خود از آن‌ها به مثابه کلیدهایی برای حل مسائل تکتونیک، مورفوتکتونیک، الگوی دینامیک گسل‌ها و میکروپلیت‌های درگیر و حتی ارزیابی‌های نوزمین‌ساخت منطقه‌ای جهت مدیریت و برنامه‌ریزی‌های مختلف محیطی از آن‌ها استفاده کرده‌اند (گورابی، ۱۳۹۸).

زمین‌لرزه یکی از شواهد مهم تکتونیک فعال و پویایی در هر منطقه است. وقوع زمین‌لرزه‌های تاریخی بزرگ (حداقل ۴۵۰ زمین‌لرزه بزرگ از ۶۰۰ سال قبل از میلاد) در ایران به همراه زمین‌لرزه‌های بزرگی که بطور متوسط هر ۱۰ سال یکبار ایرانیان با آن دست و پنجه نرم می‌کنند همگی دلالت بر تداوم این همگرایی با نیروی قابل توجه است. جدا از زمین‌لرزه‌ها، تحمیل این نیرو بر عناصر لندفرمی سبب پیدایش تغییرات قابل توجه ژئومورفیک متناسب با مکانیسم گسلش و نرخ فعالیت می‌شوند. این تغییرات می‌تواند گستره وسیعی از تغییرات طبیعی و انسانی را در برگیرند. در این میان برخی از لندفرم‌ها نسبت به تغییرات تغییرات نامحسوس تکتونیک فعال حساس بوده و آن‌ها را در مورفولوژی خود ثبت و مستند می‌کنند.

رودخانه‌های آبرفتی نسبت به تغییرات شیب بستر حساس هستند لذا تکتونیک فعال با تغییر شکل کف دره رود می‌تواند باعث تغییر در الگو، رسوبگذاری و فرسایش آن شود. تکتونیک فعال به طور ناگهانی (زلزله) و به تدریج می‌تواند منجر به بالاآمدگی (فروافتادگی) کانال فعال رودخانه و تغییر مسیر جریان، سیلاب‌ها، آبشارها و سدها، پادگانه‌های متقاطع و ناهمگون و کج‌شدگی دره در مسیر شود. در این پژوهش، فعالیت گسل زنگان و گسل‌هایی که با بررسی‌های این پژوهش با تکنیک‌های دورسنجی بارزسازی و شناسایی شده‌اند نشان داده شده که الگو، شیب و تغییرات عمقی زنگان‌رود در طول مسیر آن وابسته به نوزمین‌ساخت این گسل‌های فعال است. سعی ما در این پژوهش، استخراج مدل و الگوی تغییر شکل فعال مسیر زنگان‌رود با استفاده از تکنیک‌های ژئومورفومتری با استخراج شواهد نوزمین‌ساخت فعال در حوضه زنگان‌رود است.

مواد و روش‌ها

شبه فلات زنگان به دلیل قرار گرفتن در محل تلاقی واحدهای مورفوتکتونیک البرز (غربی)، تالش و ایران مرکزی، در معرض الگوهای تنش زمین‌ساختی پیچیده‌ای است. همگرایی فعال شمال-جنوب در راستای عربستان-اوراسیا و عملکرد واحدهای ناحیه‌ای- منطقه‌ای- محلی سبب شکل‌گیری حوضه زنگان‌رود به شکل فلاتی مرتفع در مقیاس منطقه‌ای شده که به دره‌های پست قزول‌اوزن در شمال‌غرب و شمال؛ فروافتادگی اوزن دره در جنوب؛ دره قزول‌اوزن در شمال‌غرب؛ و دشت قزوین در شرق مشرف است (شکل ۱).



شکل ۱ مورفوتکتونیک حوضه زنگان‌رود

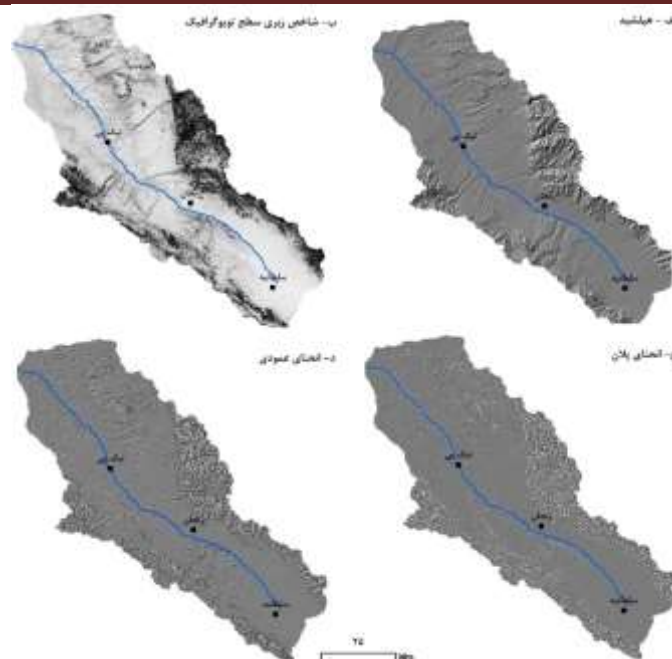
NTF: گسل شمال تبریز، AR: رشته کوه البرز، NTF: گسل شمال تبریز، AVF: گسل اهر-ورزقان، RF: گسل رودبار، TR: رشته کوه‌های تالش، SoF و ZFS به تریب گسل‌های سلطانیه و زنگان را نشان می‌دهند.

هسته اولیه ژنز و پیدایش ناحیه مورد بررسی و منطقه‌ای که تحت عنوان فلات محلی زنگان از آن یاد می‌کنیم،

پس از بسته شدن حوزه اقیانوسی پالتوتیس و باز شدن نفوتتیس آغاز گردید. فرورانش نفوتتیس به زیر حاشیه جنوبی اوراسیا در اواخر مزوزوئیک ضمن تشکیل کوه های ایران مرکزی (ارومیه-دختر) در حاشیه غربی ایران مرکزی و کمر بند دگرگونی سنندج-سیرجان، کمر بند آتشفشانی-رسوبی را در حاشیه شمالی ایران مرکزی و جنوب البرز ایجاد کرد. در ادامه این روند و پس از بسته شدن کامل نفوتتیس، برخورد مستقیم صفحه عربستان با اوراسیا رخ داد و ساختار توپوگرافی امروزی منطقه مورد مطالعه را که بین واحدهای مورفوتکتونیک البرز، شمال ایران مرکزی و جنوب دریای خزر قرار دارد، شکل داد. بر این اساس منطقه مورد بررسی با گسل های فعال قدیمی (پالتوزوئیک و مزوزوئیک) و جدید فعال شناخته می شود (شکل).

بحث و نتایج

مورفولوژی حوضه زنگان رود حاصل برهم کنش نیروهای زمین ساختی بین روندهای ساختمانی شمال غربی- جنوب شرقی (راستای گسل تبریز، زنگان، سلطانیه) و شمال، شمال شرق- جنوب، جنوب غربی (زون های طارم، تالش و قیدار) می باشد (شکل ۱). تحلیل های ژئومورفومتری حوضه زنگان رود (شکل ۲ و ۳) بیانگر وجود چندین خطواره ساختمانی، توپوگرافیک است که نه تنها در بلا فصل جبهه کوهستان (گسل ارمغانخانه)، بلکه سبب ناهنجاری های مورفولوژیکی در رسوبات کواترنری، شبکه زهکشی حوضه و کانال زنگان رود شده اند (شکل ۴). پروفیل طولی رودخانه هایی که حوضه زنگان رود را زهکشی می کنند، پله های برجسته، رؤوسی مضرسی، و مسیرهای محدب رو به بالا در پیرامون گسل های شناسایی شده را نشان می دهند که بخش های پایین دست خود را متاثر ساخته اند. تحذب در پروفیل های جریان معمولاً جایی که رودخانه ها عمیقاً بریده شده اند، دیده می شود. در غیاب کنترل گره های سنگ شناختی (بویژه پیرامون زنگان رود) و دشت زنگان، چنین ویژگی هایی می تواند به عنوان شواهدی بر عملکرد تکتونیک گسل ها باشد (بربانک و اندرسون، ۲۰۱۲).

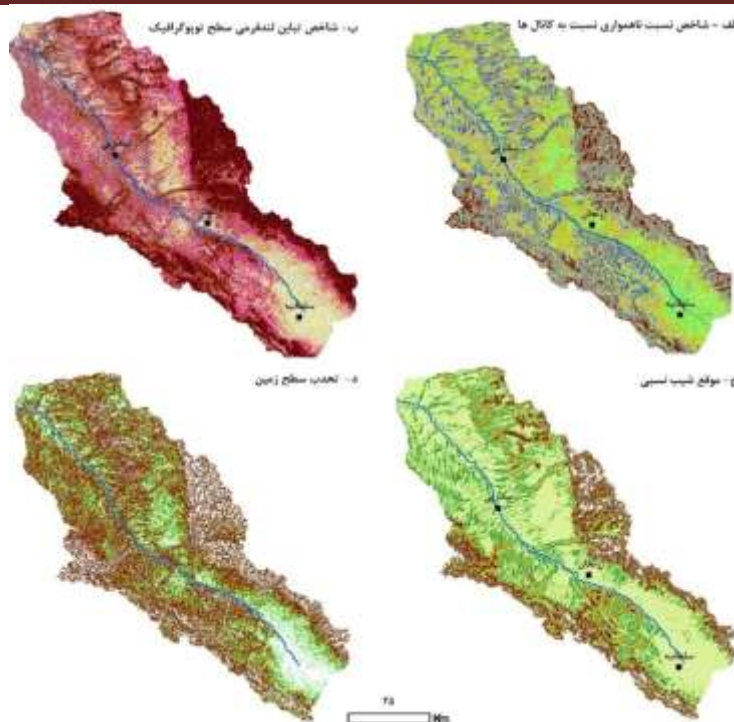


شکل ۲ بارزسازی خطواره ها و روندهای توپوگرافیک، هیدرولوژیک و ساختمانی حوضه زنگان رود به کمک تکنیک های ژئومورفومتریک

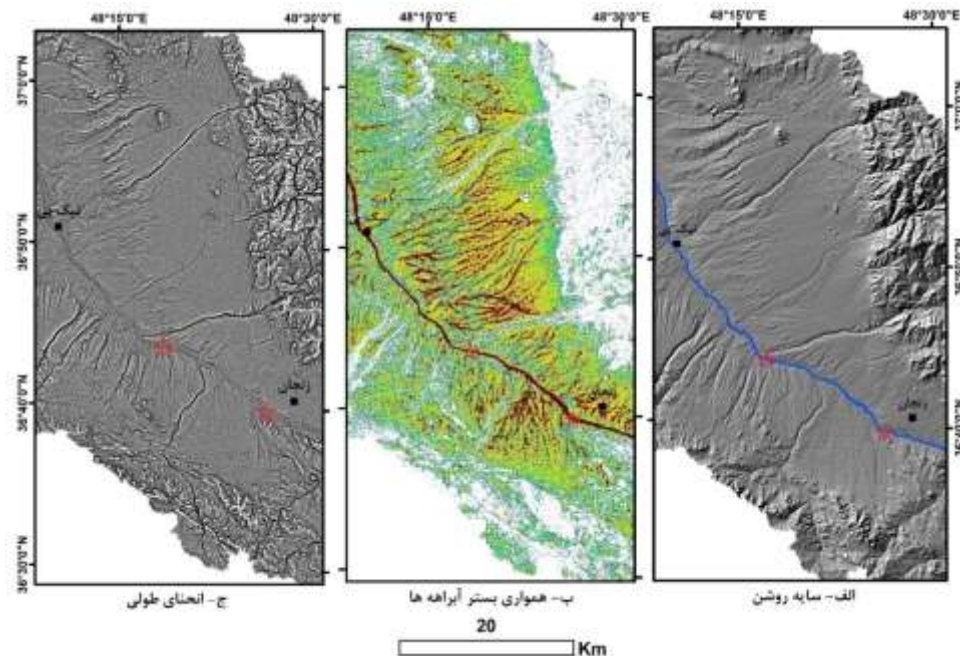
حوضه زنگان رود جهت تحلیل شواهد مورفوتکتونیک به سه بخش تقسیم و شواهد هر بخش به اختصار مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت:

شواهد مورفوتکتونیک بخش شمالی حوضه

چنانچه نگاهی کلی به نقشه زنگان رود در مقیاس حوضه داشته باشیم، مسیر این رودخانه در نزدیکی زنگان رود از راستای جنوب شرقی- شمال غربی منحرف و به سمت جنوب تمایل پیدا می کند (شکل ۲ و ۳). در نقشه های شاخص ژئومورفومریک (شکل ۴)، مرز بین کوهستان چله خانه در شمال شهر زنگان و دشت آبرفتی زنگان یک خطواره ساختمانی است که به طرف غرب، و در ۱۰ کیلومتری این گسل جبهه کوهستان، یک خطواره ژئومورفولوژیک که با زاویه ای ۱۵° الی ۲۵° درجه نسبت به خطواره اصلی و به طور همگرا از شمال به جنوب کشیده شده است. علاوه بر این ۲ خطواره، در مقیاس بزرگتر، چندین ناهنجاری ژئومورفیک دیگر در سطح توپوگرافی کوهپایه- دشت شناسایی شده که با راستای دو خطواره مذکور به صورت کمائی و زاویه دار گسترده شده اند. قاعده برخی از مخروط افکنه ها بر این خطواره ها منطبق است.



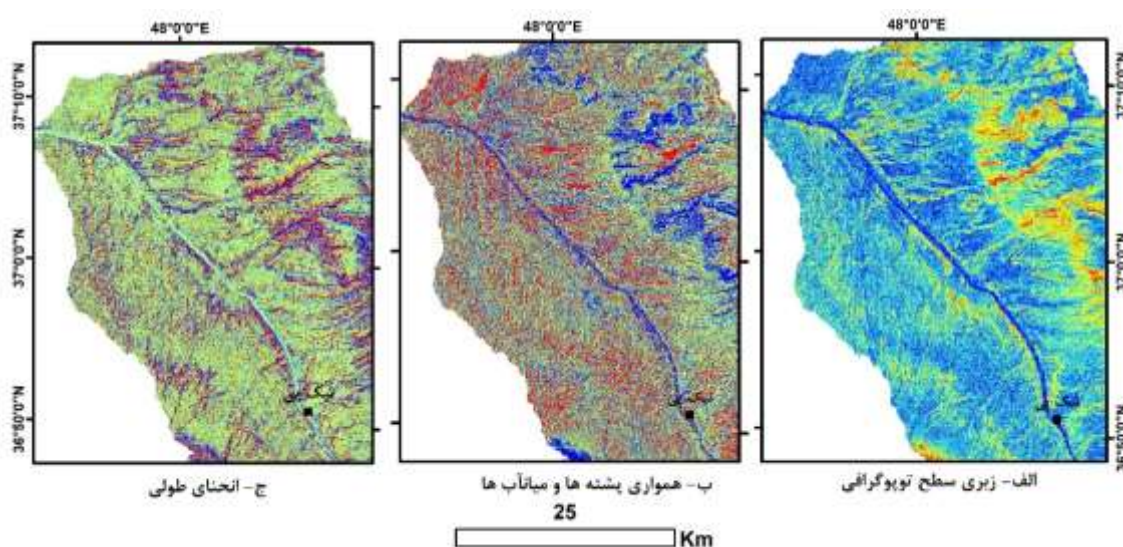
شکل ۳ بارزسازی خطواره ها و روندهای توپوگرافیک، هیدرولوژیک و ساختمانی حوضه زنگنه رود به کمک متغیرهای محلی، غیرمحلی و ترکیبی



شکل ۴ شاخص های ژئومورفومتریک و ناهنجاری های سطح توپوگرافیک در بخش شمالی حوضه

شواهد نوزمین‌ساختی در مرکز و شمال‌غرب حوضه

بیشتر بخش مرکزی حوضه و پیرامون زنگان‌رود را زمین‌های کم‌شیب و تپه‌ماهوری در برگرفته و به طرف شمال و غرب شیب افزایش می‌یابد. ارزیابی ناهنجاری‌های سطوح توپوگرافیک توسط شاخص‌های ژئومورفومتریک نشان می‌دهند که آنامولی‌های سطحی قال توجهی در این بخش از حوضه وجود دارد. مقایسه نقشه‌های شاخص‌های انحنای طولی، زبری و همواری پشته‌ها و میاناب‌ها بیانگر وجود یک خطواره اصلی در شمال کانال زنگان‌رود در راستای شمال‌غربی- جنوب‌شرقی است (شکل ۵). این خطواره زمین‌های تپه‌ماهوری را از زمین‌های کم‌شیب جدا کرده است.



شکل ۵ شاخص‌های ژئومورفومتریک و ناهنجاری‌های سطح توپوگرافیک در بخش مرکز و شمال‌غرب حوضه

شواهد نوزمین‌ساختی در بخش جنوب- جنوب شرقی حوضه

زون گسلی سلطانیه این بخش را شدیداً تحت تاثیر خود قرار داده است. گسل سلطانیه گسلی معکوس با روند شمال غربی از مجاور سلطانیه (شرق حوضه) آغاز و به طرف شمال‌غرب تا کوهپایه‌های جنوبی زنگان امتداد یافته است. مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهند که حرکت امتدادلغز معکوس مربوط به فعالیت‌های اخیر گسل‌های سلطانیه قابل توجه بوده و مسبب برخی از زمین‌لرزه‌های تاریخی (زمین‌لرزه تاریخی سلطانیه در سال ۱۸۰۳) بوده است (جوادی‌فخر و احمدیان، ۲۰۱۹).

نتیجه‌گیری

رودخانه‌های آبرفتی به فرایندهای تکتونیک فعال حساس هستند. بررسی هیدروژئومورفولوژی رودخانه‌ها و دینامیک جریان سطحی از جمله معیارهای مؤثر بر شناخت تکتونیک فعال، درک تغییرات هیدروژئومورفیک، کشف الگوی

نوزمین ساختی حاکم، شناسایی پهنه‌های فعال مؤثر بر مدیریت بهره‌برداری از منابع طبیعی و خطر هستند. تکنیک‌های ژئومورفومتری پتانسیل بالایی در کشف پاسخ ژئومورفولوژیکی حوضه و کانال زنجان‌رود به تکتونیک فعال داشته و بوه ضوح لندفرم‌های متأثر از دینامیک گسل‌های فعال حوضه را بارزسازی و آشکار ساخته‌اند. این تکنیک‌ها در تحدید ژئومورفولوژیکی شبکه زهکشی، رودخانه زنجان‌رود و سطوح ژئومورفیک حوضه زنجان‌رود به خوبی کارآ بودند. ما به کمک این تکنیک‌ها ناهنجاری‌های ژئومورفیک حوضه و دلایل تغییرات مکرر در مسیر زنجان‌رود را مشخص کردیم. نتایج نشان می‌دهد که گسل‌های حوضه زنجان‌رود می‌توانند پتانسیل اعمال تغییرات و توان لرزه‌زایی بالایی داشته باشند. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، بررسی تکامل رودخانه زنجان‌رود در اواخر پلیستوسن جهت کشف ارتباط اثرات تعاملی اقلیم-تکتونیک فعال امری است که نیازمند پژوهش‌های آتی است.

مراجع

شانوف، استفان، تکتونیک فعال و کارست، ترجمه گورابی، ابوالقاسم، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۹۸.

Douglas W. Burbank and Robert S. Anderson, Tectonic geomorphology, Wiley-Blackwell, Chichester, 2012.

Javidfakhr, Bitā, and Ahmadian, Seiran. 2019. "Structural Concepts for Soltanieh Fault Zone (NW Iran)." *Iranian Journal of Earth Sciences* 11 (4): 290–304. <https://doi.org/10.30495/ijes.2019.669402>.

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)

Landslide risk assessment and zoning using ANP network analysis process and ANN artificial network in GIS environment (case study: Rodbal Darab river watershed, Fars province)

محمد ابراهیم عفیفی

استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد لارستان afifi.ebrahim6353@gmail.com

چکیده

زمین لغزش از معمول ترین مخاطرات زمین شناختی در جهان است که همواره باعث تلفات جانی و آسیب های مالی زیاد می گردد. شناسایی مناطق مستعد وقوع زمین لغزش از طریق پهنه بندی توان خطر با مدل های تجربی مناسب، یکی از اقدامات اولیه در کاهش خسارات احتمالی و مدیریت خطر است. حوضه رودبال که در شهرستان داراب در استان فارس واقع شده به دلیل موقعیت جغرافیایی و ویژگی های طبیعی آن یکی از مناطق تقریباً مستعد کشور نسبت به وقوع زمین لغزش و سایر پدیده های مرتبط با لغزش دامنه ها می باشد. ما در این پژوهش با استفاده از روش شبکه عصبی، مدل های ANP، AHP و منطق فازی با عملگرهای Product، Sum، And، OR و گاما به ارزیابی خطر زمین لغزش در حوضه رودبال داراب پرداختیم. مجموعاً ۹ معیار اصلی مرتبط با وقوع پدیده زمین لغزش از جمله لیتولوژی، فاصله از گسل، شیب، جهت شیب، باش، فاصله از جاده، ارتفاع، فاصله از آبراهه و کاربری اراضی مورد تحلیل قرار گرفت. این معیارها به عنوان نقشه های عامل، هر کدام جداگانه کلاس بندی شده و از روش های آماری ارزش گذاری شدند. نقشه نهایی تولید شده برای پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه نشان داد که مجموعاً حدود ۷۰ درصد از حوضه در معرض خطر خیلی زیاد و زیاد زمین لغزش قرار دارد. همچنین زمین لغزه های موجود از طریق مشاهده زمینی، به عنوان شاهد زمینی (مرجع خطر) نقشه بندی شد که انطباق پذیری بالایی با روش مورد استفاده شبکه عصبی و تلفیق منطق فازی با عملگر ۰/۳ و ANP نشان داد.

واژگان کلیدی: پهنه بندی زمین لغزش، شبکه عصبی، منطق فازی، مدل AHP، حوضه رودخانه رودبال.

مقدمه

انسان با مسائل زیست محیطی فراوانی مواجه است. بلایای طبیعی جزئی از این مشکلات هستند. بلایای طبیعی سالانه موجب کشته و مجروح شدن صدها هزارتن و بی خانمان شدن میلیون ها نفر در سراسر جهان می شوند. حرکات توده ای و به ویژه زمین لغزش یکی از مهم ترین بلایای طبیعی است (مرادی و همکاران، ۱۳۹۱، ۷۲). وقوع مخاطرات طبیعی از جمله حرکات توده ای فشارجدي روی توسعه اقتصادی کشورها، به ویژه کشورهای جهان سوم دارد. به طوری که خسارت های مالی ناشی از مخاطرات طبیعی، رشد و شکوفایی اقتصادی را با رکود و کساد مواجه می سازد. بررسی حرکات توده ای در کشور نشان می دهد که حدود ۵۰ درصد از حرکات توده ای کشور را زمین لغزش شامل می شود و زمین لغزش ها هر ساله خسارت زیادی را به عرصه های منابع طبیعی، اراضی کشاورزی، زیرساخت های اقتصادی و هم چنین خسارت های جانی، وارد می نمایند. رشد و توسعه شهرها به سوی زمین های با شیب بیشتر، تغییر کاربری اراضی و انجام عملیات عمرانی، سبب تغییر در شرایط طبیعی این زمین ها و تشدید پدیده ی زمین لغزش شده است. از این رو توجه به این پدیده، شناسایی، پیش بینی و کنترل آن به عنوان یکی از انواع مخاطرات محیطی در مدیریت پایدار حوضه های آبریز، امری ضروری به نظر می رسد.

هم اکنون کشور ایران به عنوان کشوری در حال توسعه، از نظر وقوع بلایای طبیعی در شمار کشورهای مخاطره آمیز قرار دارد. زیرا از میان ۴۰ نوع حوادث و بلایای طبیعی، ۳۰ نوع آن در ایران امکان بروز و فعلیت دارد. در ایران در مورد خسارت ناشی از حرکات توده ای مطالعاتی صورت گرفته است. چنانچه خسارت ناشی از ۴۹۰۰ زمین لغزش ثبت شده از سال ۱۳۷۲ تا پایان شهریور ۱۳۹۲ در کشور ۱۲۷۸۹۵ میلیارد ریال برآورد گردیده است مرادی و همکاران (۱۳۸۸). ناپایداری یک دامنه به عوامل متعددی از قبیل لیتولوژی و نوع سنگ، هوازدگی و پوشش خاک سطحی، کیفیت خاک، شکل و شیب دامنه، وضعیت هیدرولوژی، پوشش گیاهی، کاربری اراضی و فعالیت انسان ها روی دامنه بستگی دارد. بررسی پدیده ناپایداری دامنه ها در چار چوب تهیه نقشه های پهنه بندی خطر زمین لغزش از یک سو به منظور شناسایی مناطق دارای پتانسیل بالای ناپایداری دامنه ای در محدوده های فعالیت بشری و از سوی دیگر جهت شناسایی مکان های امن برای توسعه زیستگاه ها و سکونت گاه های جدید و سایر کاربری های آتی انسان نظیر راه ها، مسیرهای انتقال نیرو، انرژی، نیروگاه ها و غیره و ارائه راه حل و کاربرد شیوه های کنترل و مدیریت مناسب انجام می گیرد (روستایی، ۱۳۹۰، ۴۲). محدوده مورد مطالعه در این پژوهش حوضه آبخیز رودخانه رودبال در شهرستان داراب استان فارس می باشد. با توجه به اهمیت مسائل مرتبط با زمین لغزش و حرکات توده ای در سطح حوضه، هدف اصلی این پژوهش شناسایی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش و پهنه بندی نواحی مستعد زمین لغزش در ناحیه مورد مطالعه می باشد.

پیشینه تحقیق

رجبی و همکاران (۱۳۹۵) به ارزیابی و پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از فرایند تحلیل شبکه و شبکه ANP و شبکه عصبی مصنوعی ANN حوضه آبریز آذر شهر چای پرداختند که ارزیابی نتایج به دست آمده با استفاده از ضریب آماری کاپا نشان می دهد که شبکه عصبی مصنوعی با ضریب 0.74 / نسبت به فرایند تحلیل شبکه ای با ضریب 0.72 / از دقت بیشتری در پیش بینی زمین لغزش در حوضه مورد مطالعه برخوردار است .

عابدینی و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی خطر زمین لغزش در شهرستان بیجار به روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) پرداختند که نتایج حاصل از این بررسی نشانگر این است که عامل شیب با وزن نسبی 0.307 و عامل کاربری اراضی با وزن نسبی 0.218 به ترتیب بیشترین تأثیر و عامل بارندگی با وزن نسبی 0.019 کمترین تأثیر را بر وقوع زمین لغزش ها در شهرستان بیجار داشته است .

صمد زاده (۱۳۹۴) به ارزیابی پهنه های خطر زمین لغزش در جاده اردبیل - سرچم پرداختند که براساس نتایج تحقیق ، می توان ویژگی های سنگ شناسی را مهم ترین عامل ناپایداری دامنه ها در محدوده مورد مطالعه در نظر گرفت.

رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۴) به پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبریز لایوچرود البرز شمالی پرداختند. بهاروند و همکاران (۱۳۹۴) به ارزیابی مدل های ارزش اطلاعاتی و تراکم سطح در پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه شیرین دره خراسان شمالی پرداختند ، در این تحقیق برای پهنه بندی خطر زمین لغزش در روش های آماری دو متغیره ارزش اطلاعاتی و تراکم سطح مورد ارزیابی قرار گرفته اند .

خزایی موغانی و همکاران (۱۳۹۴) به پهنه بندی خطر زمین لغزش با مدل آماری دو متغیره وزنی AHP پرداختند که نتیجه گیری این تحقیق در راستای پهنه بندی خطر زمین لغزش در استان گلستان با روش آماری در متغره AHP انجام گرفت . حبیبی (۱۳۹۴) به بررسی زمین لغزش ها با استفاده از شاخص های مورفوتکتونیک پرداختند هدف از این تحقیق استفاده از شاخص های مورفوتکتونیک برای بررسی لغزش های رخ داده می باشد .

رجبی و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیقی تحت عنوان پهنه بندی زمین لغزش های حوضه رودخانه گیوی چای با استفاده از مدل پرسپترون چند لایه از نوع پیش خور پس انتشار (BP) جهت ارزیابی شبکه عصبی ایجاد شده داده های ۴۱ زمین لغزش رخ داده در کنار ۸ لایه متشکل از لایه های شیب ، جهت شیب ، ارتفاع ، لیتولوژی ، فاصله از گسل ، شبکه هیدروگرافی ، کاربری اراضی و پراکنش زمین لغزش به پهنه بندی زمین لغزش پرداخته اند . که نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که ساختار زمین شناسی شکل گرفته از آهک های کرتاسه و اندریت های پرفیری و همچنین دسترسی به منابع رطوبتی بالا باعث شده که ارتفاعات شرقی کوه بوغرو داغ و آلا داغ در محدوده کوه های تالش از

قابلیت بالایی در رخداد زمین لغزش برخوردار باشند .

رنجریان شادباد (۱۳۹۳) به بررسی پهنه های زمین لغزش در بخش غربی حوضه آبریز سرند چای پرداختند هدف اصلی این پژوهش شناسایی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش و شناسایی و پهنه بندی نواحی مستعد زمین لغزش در ناحیه مورد مطالعه است. از فاکتورهای موثر در وقوع زمین لغزش عوامل شیب ، جهت شیب، طبقات ارتفاعی، بارش، کاربری اراضی ، لیتولوژی، فاصله از آبراهه ، فاصله از گسل انتخاب شدند. با استفاده از نقشه های زمین شناسی، توپوگرافی و تصاویر ماهواره ای در قالب سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) ، مکان های لغزشی روی نقشه ثبت شد و نقشه های تحقیق به صورت رقومی و لایه بندی درآمد. مقیمی و همکاران (۱۳۹۲) در مقاله ای به ارزیابی و پهنه بندی خطر زمین لغزش دز شهر رودبار با استفاده از فرایند تحلیل شبکه ای ANP پرداخته اند که نتایج نشان می دهد ۷۱ درصد منطقه دارای خطر متوسط زمین لغزش است ، همچنین در این فرایند عامل شیب و حساسیت لیتولوژی مهم ترین سهم را داشته اند . روستایی و همکاران (۱۳۹۰) به پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه صوفی چای مراغه با استفاده از روش آنبالگان پرداخته اند ، در این تحقیق برای هر یک از پارامترهای تاثیر گذار در زمین لغزش از قبیل شیب ، جهت شیب و ... نقشه تهیه شده و در آخر از تلفیق نقشه های عامل ، نقشه پهنه بندی نهایی تهیه شده است که بر اساس نقشه به غیر از ۱۹ درصد بقیه مناطق در محدوده خطر زمین لغزش قرار داشتند . احمدی (۱۳۸۹) در پژوهشی تحت عنوان پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی AHP حوضه آبخیز چلاوآمل به این نتیجه رسیدند که تاثیر زمین شناسی از سایر عوامل در منطقه بیشتر بوده و بعد از آن به ترتیب عوامل خاکشناسی ، عناصر خطی ، شیب ، بارش ، کاربری اراضی و ارتفاع می باشند . مرادی و همکاران (۱۳۸۸) با تحلیل برآورد خطر زمین لغزش با استفاده از روش AHP در بخشی از جاده هراز به این نتیجه رسیدند که سه عامل واحدهای زمین شناسی ، فاصله از جاده و شیب به ترتیب به ترتیب بیشترین تاثیر را در وقوع زمین لغزش منطقه به خود اختصاص داده است . عظیم پور و همکاران (۱۳۸۸) با ارزیابی نتایج مدل AHP در پهنه های خطر زمین لغزش حوضه آبریز اهر چای به این نتیجه رسیدند که عامل زمین شناسی بیشترین وزن (نقش) و عامل انسانی کاهش وزن داشته اند و عواملی نظیر سنگ شناسی ، شیب ، گسل ، جهت دامنه ها ، ارتفاع ، نوع کاربری و فاصله از جاده به ترتیب اولویت بعنوان مهمترین عوامل موثر در پهنه بندی لغزش مورد مطالعه قرار گرفته اند .

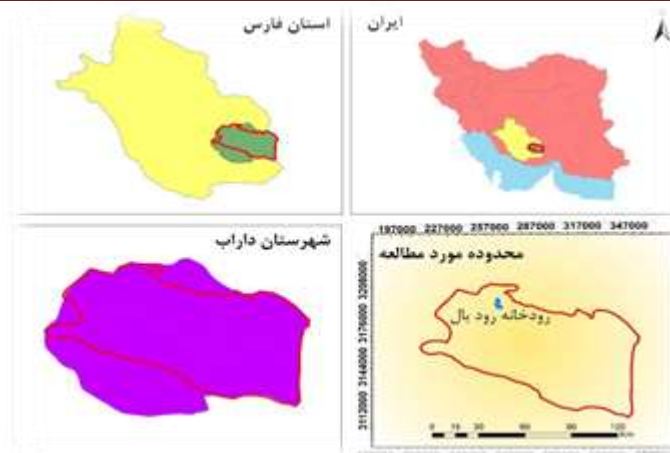
یوسف و همکاران (۲۰۱۴) در تحقیقی به تهیه نقشه حساسیت زمین لغزش با استفاده از مدل های گروه دو متغیره نسبت به مدل آماری چند متغیره در منطقه فیفا در عربستان سعودی پرداختند . فیض زاده و همکاران (۲۰۱۴) در تحقیقی تحت عنوان تجزیه و تحلیل GIS پایه عدم قطعیت و حساسیت مکانی و آشکار با رویکرد تجزیه و تحلیل تصمیم گیری چند معیاره با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP و روش میانگین وزنی مرتب شده

OWA در سه مرحله با رویکرد سیستماتیک به آنالیز حساسیت زمین لغزش پرداخته اند و در نهایت با استفاده از مدل تصمیم گیری چند معیاره نقشه مناطق مستعد زمین لغزش برای منطقه بدست آمد. هونگ وو و چین چن (۲۰۰۹) در ارزیابی زمین لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی در مرکز تایوان به این نتیجه رسیدند که بارش، شیب، زمین شناسی، پوشش گیاهی، زطوبت خاک، جاده و ریزش کوه مهمترین عوامل ایجاد زمین لغزش در منطقه می باشند. کامپ و همکاران (۲۰۰۸) با تهیه نقشه حساسیت زمین لغزش بر پایه GIS کشمیر، بعد از بررسی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش و همچنین زلزله بوجود آمده در سال ۲۰۰۵ به این نتیجه رسیدند که در این منطقه عامل لیتولوژی مهمترین عامل موثر بر زمین لغزش بوده و بعد از آن به ترتیب عوامل گسل، رودخانه و جاده ها موثر بوده است. همچنین بیشتر لغزش ها در دامنه جنوبی این حوضه رخ داده است.

همچنین از دیگر تحقیقاتی که محققین در رابطه با پدیده زمین لغزش انجام دادند می توان به تحقیقات لیان و همکاران (۲۰۱۶)، گورسوسکی و همکاران (۲۰۱۵)، آنبالاگال و همکاران (۲۰۱۵)، بوی و همکاران (۲۰۱۵) و لی و همکاران (۲۰۰۹) اشاره کرد. سارولی (۲۰۰۱) با استفاده از روش رگرسیون خطی به پهنه بندی خطر زمین لغزش در کشور کره پرداخته است. لایه های اطلاعاتی مورد استفاده در این تحقیق شامل شیب، جهت شیب، ضخامت خاک، فاصله از آبراهه، کاربری اراضی و پوشش گیاهی می باشند. که پس از مقایسه نتایج پهنه بندی با نقشه پراکنش لغزش مشخص گردید این روش نتایج نسبتاً مناسبی دارد.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مطالعاتی حوضه رودخانه رودخانه رودبال یکی از رودخانه های استان فارس است و در مختصات: $28^{\circ}52'20''$ شمالی $54^{\circ}23'54''$ شرقی / 28.872337° شمالی 54.398439° شرقی شهرستان داراب واقع شده است. این رودخانه از کنار منطقه رودخانه رودبال داراب عبور می کند و شهرهای داراب و ایچ و استهبان از شهرهای مهم نزدیک به این رودخانه است و از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴ و به مدت ۱۲ سال سد رودخانه رودبال داراب بر روی این رودخانه ساخته شده است. سد رودخانه رودبال داراب یکی از دو سد ساخته شده بر روی رودخانه رودخانه رودبال در ۲۲ جاده داراب - ایچ در استان فارس واقع شده است. (سد دوم که یک سد تنظیمی کوچک می باشد، در ۱۲ جاده داراب - ایچ و در حوالی شهرک فتح المبین ساخته شده است و کارایی آن تنظیم آب خروجی سد رودخانه رودبال و ذخیره سازی آن با دبی خروجی کمتر می باشد) سد رودخانه رودبال از نوع خاکی، سنگریزه ای با هسته رسی است و ۸۳ متر ارتفاع دارد. حجم سد رودخانه رودبال ۸۲ میلیون متر مکعب است.

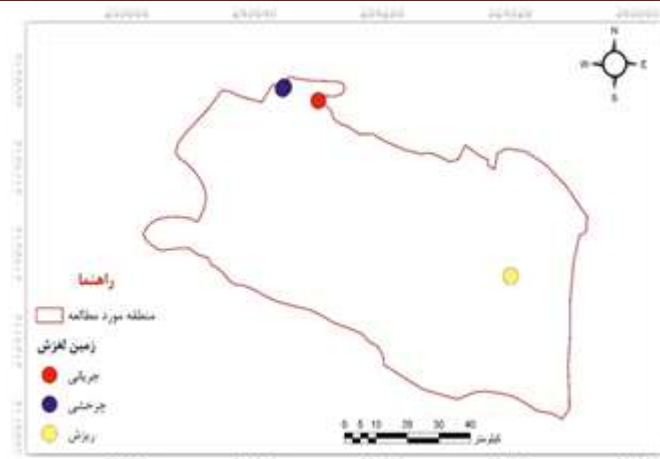


شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

۴-۱- تهیه نقشه های لغزشی

تهیه نقشه پراکنش زمین لغزش ها در شناخت عوامل موثر در وقوع آنها و در نتیجه، پهنه بندی خطر ضروری می باشد. اولین گام در تهیه ی نقشه ی پهنه بندی خطر زمین لغزش در منطقه ی مطالعاتی، تهیه ی نقشه ی پراکنش زمین لغزش های اتفاق افتاده و سپس تهیه ی نقشه ی عوامل موثر بر زمین لغزش می باشد. به این منظور با استفاده از عکسهای هوایی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه، لغزش های اتفاق افتاده و مناطق مستعد و مشکوک به لغزش در منطقه شناسایی و از آنجا که بسیاری از لغزش ها به دلیل ابعاد کم یا ظاهری مشابه با دامنه های مجاور، در عکس های هوایی قابل تشخیص نیستند لذا برای تکمیل اطلاعات، تمامی لغزش های قابل دسترس مورد بازدید صحرایی قرار گرفت و با استفاده از نقشه های سازمان نقشه برداری و نرم افزار Google Earth و نرم افزار Arc GIS ۱۰.۱ و رقومی کردن آن شیپ فایل نقاط زمین لغزش تهیه شد و در کل ۳ نقطه ی لغزشی در منطقه ی مورد مطالعه تشخیص داده شد (شکل ۲).

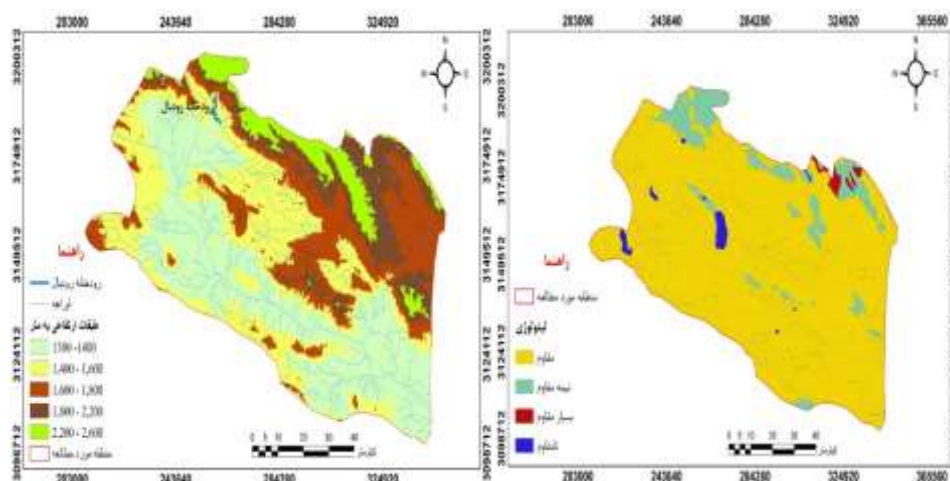


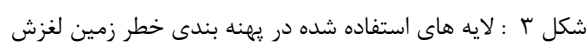
شکل ۲: پراکنش زمین لغزش در حوضه رودبال

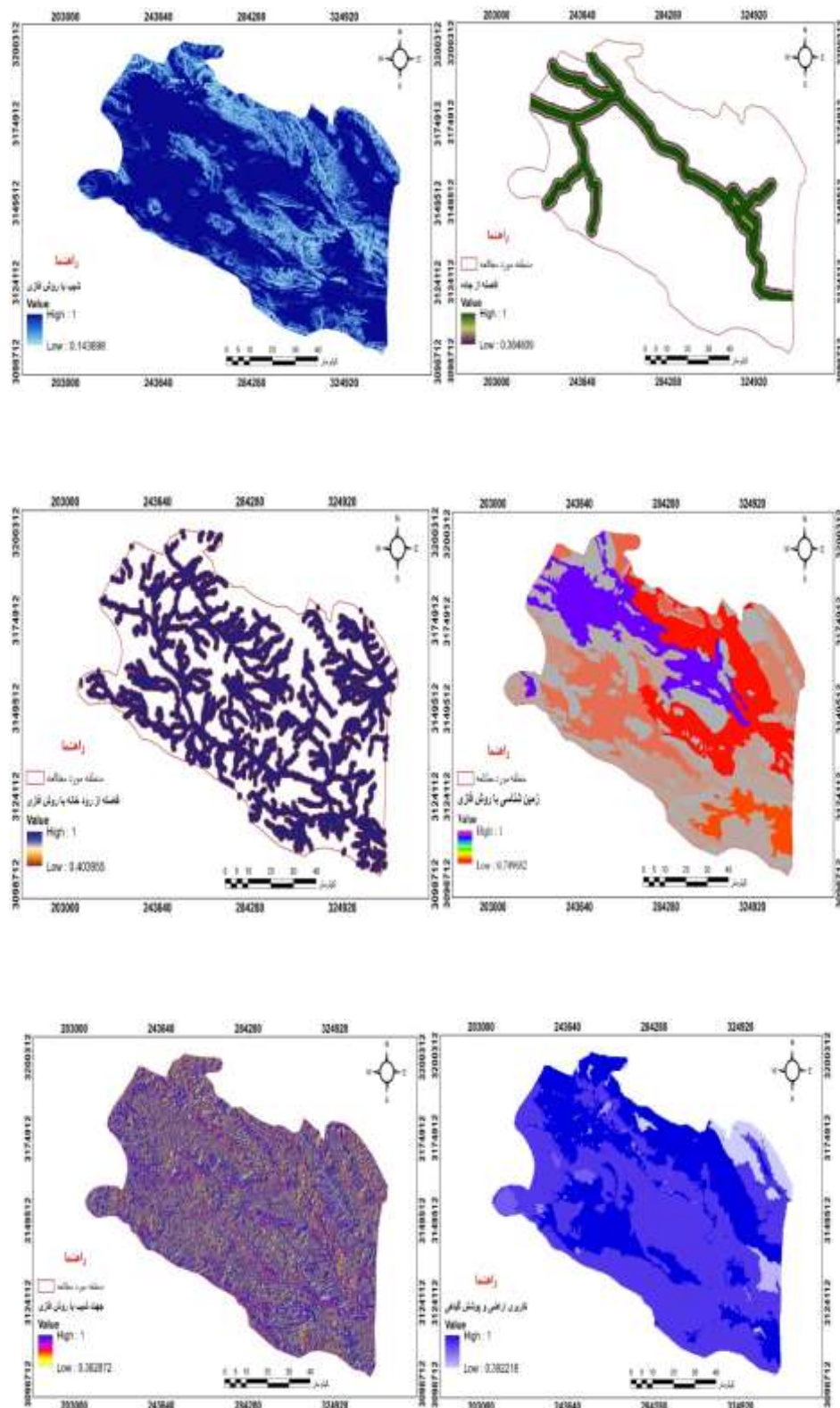
بحث و نتایج

۵-۱- فاکتورهای موثر در زمین لغزش

در این تحقیق برای پهنه بندی خطر زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه عوامل تاثیرگذار شامل شیب، جهت شیب، زمین شناسی، فاصله از جاده، فاصله از گسل، طبقات ارتفاعی، کاربری اراضی و ... منطقه مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. نقشه ها با استفاده از نرم افزار ARC GIS تهیه و برای پهنه بندی در شبکه عصبی مصنوعی ANN و فرایند تحلیل شبکه ANP استفاده شده است. جهت این امر از نقشه های توپوگرافی به مقیاس ۵۰۰۰۰ : ۱ و نقشه زمین شناسی به مقیاس ۱۰۰۰۰۰ : ۱ منطقه مورد مطالعه استفاده شده است.







شکل ۴: لایه های استاندارد شده در پهنه بندی خطر زمین لغزش

۵-۲- تهیه نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش

۵-۲-۱- فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP

در این پژوهش از روش تحلیل سلسله مراتبی^{۷۷} AHP که یکی از مدل‌های چند معیاره تصمیم‌گیری است، برای اولویت‌بندی عوامل موثر بر وقوع لغزش استفاده شده است. AHP یک روش نیمه کیفی در مطالعه زمین لغزش است که شامل ماتریس وزن دهی بر مبنای مقایسات زوجی بین عوامل بوده و میزان مشارکت هر یک از عوامل را در وقوع زمین لغزش مشخص می‌کند (Ayalew et al., 2005). از مزایای این روش این است که اعمال نظر کارشناسی توسط افراد را تا حد زیادی آسان‌تر کرده و احتمال خطا را کاهش می‌دهد، همچنین در این روش می‌توان تعداد زیادی از عوامل را دخالت داد و با استفاده از نظر کارشناسی وزن هر عامل را به دست آورد (کلارستاقی، ۱۳۸۱).



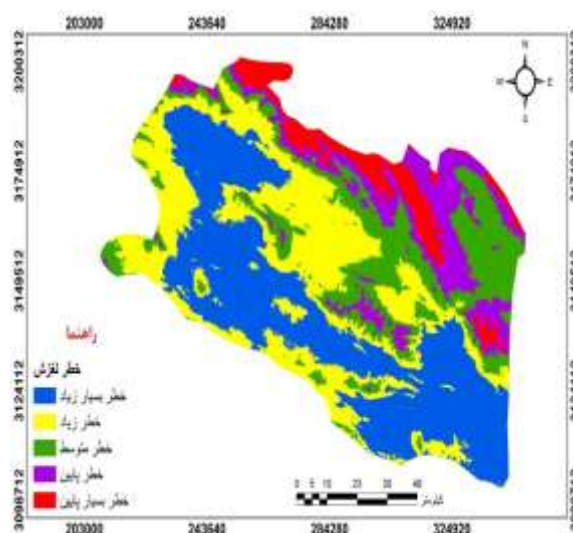
شکل ۵: فلوچارت کار در مدل AHP

در این مدل تمامی لایه‌ها به کلاس‌های مورد نظر تقسیم شده‌اند و در نهایت لایه‌های کلاسه شده با هم تلفیق و نقشه نهایی بدست آمده است. در نهایت نقشه‌های کلاس بندی شده بر اساس فاکتورهای تعریف شده، نشان دهنده میزان خطر لغزش در منطقه می‌باشد. فلوچارت کار بصورت (جدول ۴-۵) می‌باشد. در این تحقیق برای اولویت‌بندی عوامل با استفاده از روش AHP نظرات ۳ کارشناس که به نوعی با حوضه رودخانه رودبال آشنایی داشتند بکار گرفته شد و بر اساس مقادیری که برای مقایسه این عوامل در آمده است، کلیه عوامل دو به دو با هم مقایسه شده‌اند.

نتایج این مقایسات، برای محاسبه ضریب ناسازگاری به نرم افزار Arc GIS وارد شد. که اگر ضریب محاسبه شده کمتر از ۰/۱ باشد نتایج قابل قبول بوده و در غیر این صورت باید دوباره در وزن دهی تجدید نظر شود. نتایج به دست

⁷⁷ Analytical Hierarchy Process

آمده از محاسبه ضریب ناسازگاری نشان داد که مقایسه عوامل به درستی صورت گرفته است و با محاسبه کردن وزن هر یک از عوامل به وسیله این نرم افزار، عوامل اولویت بندی شدند بر اساس اولویت بندی عوامل به ترتیب عوامل شیب، لیتولوژی، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، کاربری اراضی، ارتفاع، فاصله از گسل، باران و جهت شیب مهم ترین عوامل موثر بر لغزش های منطقه می باشند.



شکل ۶: نقشه پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش در حوضه آبریز رودبال با روش AHP

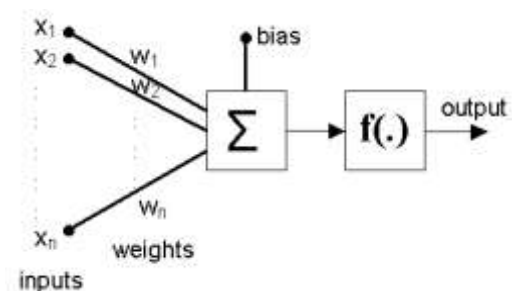
بدست آوردن نقشه پهنه بندی زمین لغزش با تقسیم بندی منطقه به پنج ناحیه از رده خیلی کم تا خیلی زیاد خطر تقسیم گردید و بر این اساس حدود ۱۹ از مساحت منطقه در محدوده ی خطر خیلی زیاد قرار می گیرد. که نمودار مربوط به فراوانی پهنه های خطر زمین لغزش آورده شده است. که به وسیله این نقشه میتوان مناطق پرخطر را از مناطق کم خطر شناسایی و نسبت به نحوه ی استفاده از آنها و گسترش سازه های عمرانی و جلوگیری از خسارات زمین لغزش، برنامه ریزی نمود. لذا به کار بردن واژه های توصیفی متوسط، کم و خیلی کم برای خطر مناطق در نقشه تنها نمایانگر خطر پایین تر نسبت مناطق زیاد و خیلی زیاد در منطقه مشخص شده می باشد و به هیچ وجه بیانگر عدم امکان لغزش آنها نیست. نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل AHP در نقشه ۴ ارائه گردیده است.



شکل ۷: نتیجه درجه تناسب مدل AHP با زمین لغزش

۲-۲-۵- شبکه عصبی

شبکه عصبی مصنوعی یا به اختصار شبکه عصبی از بزرگترین پیشرفت های علم بشر در دهه های اخیر می باشد. از مهمترین ویژگی های شبکه عصبی این است که به عنوان یک طبقه بندی کننده غیر خطی^{۷۸} عمل می کند. ضمن اینکه می توانند مسایلی که با معادلات ریاضی قابل بیان نیستند، به کمک تعدادی نمونه آموزشی مدل سازی کنند (مهناج، ۱۳۸۹). ساده ترین شبکه عصبی یک نرون^{۷۹} با n ورودی و یک خروجی است. به عبارت ساده تر ورودی این نرون بردار سطری $\vec{x}$ با n عضو و خروجی آن عدد اسکالر O است. در شکل زیر یک نرون پایه را مشاهده می کنید.



شکل ۸: نرون پایه

در داخل نرون برای تولید خروجی محاسبات زیر انجام می شود:

$$O = f\left(\sum_{i=1}^n X_i W_i + B\right) \quad \text{رابطه ۴}$$

⁷⁸ Non-Linear Classifier

⁷⁹ Neuron

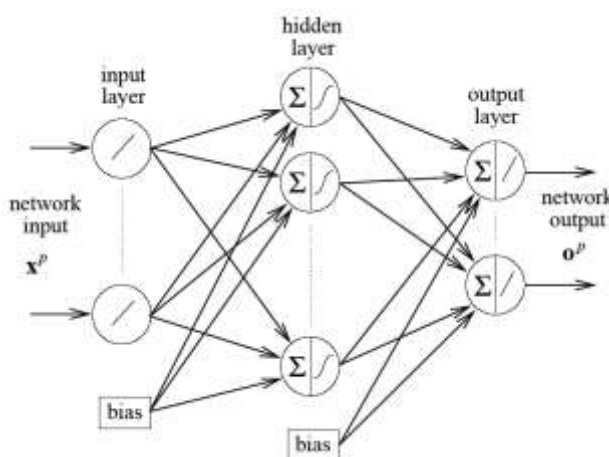
در این معادله W_i ضرایب وزنی متناظر ورودی X_i هستند و B مقدار آستانه است. f نیز یک تابع است که خروجی O را می‌سازد. در ساده‌ترین حالت f تابع پله واحد^{۸۰} است. در این حالت خروجی نرون یکی از دو مقدار یک و صفر را می‌گیرد (البرزی ۱۳۸۰) در حالت کلی می‌توان فرض کرد $W_0=B$ و $X_0=1$ و معادله بالا را به شکل زیر باز نویسی کرد:

$$O = f(\vec{X} * \vec{W}) \quad \text{رابطه ۵}$$

که در این معادله $\vec{X}$ بردار سطری با $n+1$ عنصر و $\vec{W}$ بردار ستونی با $n+1$ عنصر است (مهناج ۱۳۸۹)

نرون پایه معرفی شده می‌تواند مسایل خطی را حل کند. اما برای حل مسایل غیر خطی از یک شبکه عصبی به نام پرسپترون چند لایه (MLP) استفاده می‌شود. شبکه MLP مجموعه‌ای از نرون‌های پایه است که در ۳ لایه قرار می‌گیرند. این سه لایه با نام‌های لایه ورودی^{۸۱}، لایه پنهان^{۸۲} و لایه خروجی^{۸۳} شناخته می‌شوند. شبکه MLP یک شبکه با ساختار رو به جلو^{۸۴} است و از روش انتشار خطا رو به عقب^{۸۵} برای یادگیری شبکه استفاده می‌کند. شبکه MLP یک شبکه باناظر محسوب می‌شود. به عبارت دیگر، برای آموزش این شبکه باید علاوه بر داده‌های آموزشی (ورودی شبکه)، خروجی صحیح آنها نیز به شبکه آموزش داده شود. بر اساس قضیه کلموگروف یک شبکه MLP با سه لایه می‌تواند هر مسئله خطی و غیر خطی را یاد گرفته و حل کند (البرزی ۱۳۸۰) و (مهناج ۱۳۸۹).

یک شبکه MLP را در شکل زیر مشاهده می‌کنید.



⁸⁰ Unit Step: $u(t) = \{1 \text{ if } t > 0, 0 \text{ if } t < 0\}$

⁸¹ Input Layer

⁸² Hidden Layer

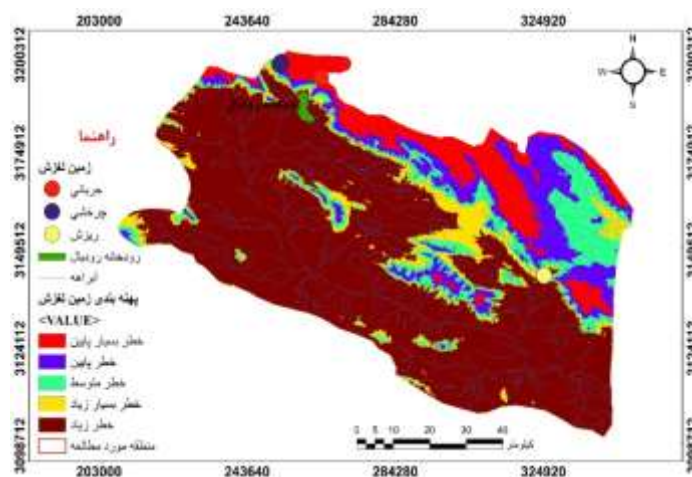
⁸³ Output Layer

⁸⁴ Feed Forward

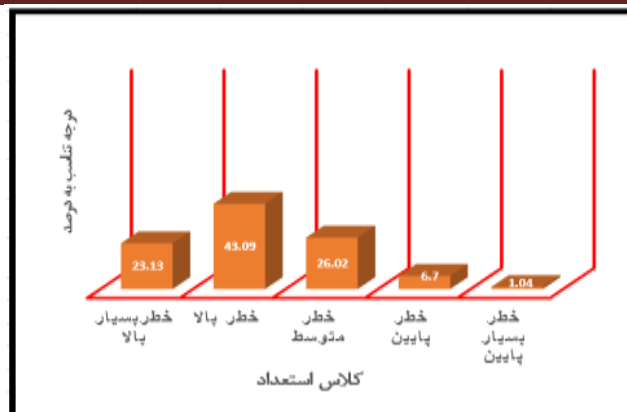
⁸⁵ Back Propagation Error

شکل ۹ : شبکه پرسپترون چند لایه (MLP) (البرزی ۱۳۸۰)

جهت ارزیابی شبکه عصبی ایجاد شده، پارامترهای موثر زمین لغزش تهیه و به آنها سیستم مختصات زون منطقه مورد مطالعه یعنی زون ۴۰ ارایه گردید. این پایگاه داده، شامل اطلاعات مربوط به شیب، جهت شیب، لیتولوژی، مدل ارتفاعی رقومی، بارندگی، فاصله از گسل و کاربری اراضی و... منطقه می باشد. این داده ها جهت تغذیه به شبکه عصبی ایجاد شده، بر اساس بزرگترین مقدار موجود هر داده در بانک اطلاعاتی بین صفر و یک نرمالیزه گردید. سپس داده های نرمالیزه شده به یک شبکه عصبی پرسپترون سه لایه تغذیه شونده به جلو (feed forward) با الگوریتم پس انتشار خطا (back error propagation) تغذیه گردید. بطور خلاصه ابتدا پارامترهای ورودی استخراج و شبکه عصبی بر مبنای آنها توسط الگوریتم پس انتشار خطا آموزش داده شد. سپس کارایی شبکه آموزش داده شده مورد آزمایش قرار گرفت. ساختار نهایی شبکه دارای ۷ نرون در لایه ورودی، ۲۰ نرون در لایه میانی و ۱ نرون در لایه خروجی گردید. دقت شبکه در مرحله آزمایش ۹۱.۲۵ درصد تخمین زده شد. بعد از بهینه شدن ساختمان شبکه کل اطلاعات مربوط به منطقه در اختیار شبکه قرار گرفت. خروجی بدست آمده از شبکه عصبی با اختلاف 0.2 به پنج رده با خطر خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم تقسیم گردید. نقشه پهنه بندی نهایی آن با ArcGIS10.3 تهیه گردید.



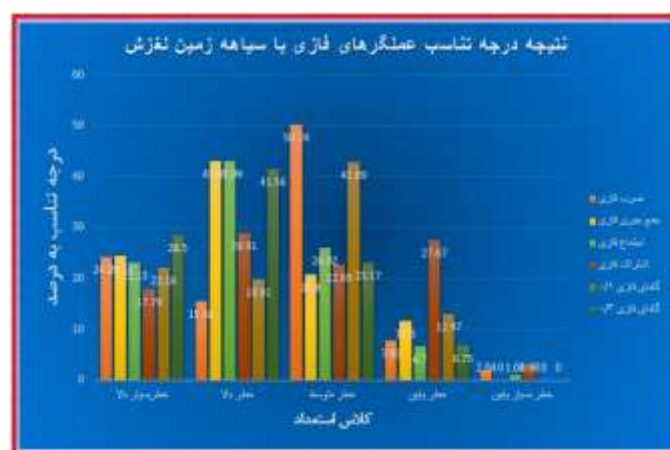
نقشه ۱۰ : پهنه بندی خطر زمین لغزش حوضه رودخانه رودبال به روش شبکه عصبی



شکل ۱۱: درجه تناسب مساحت مناطق پهنه بندی خطر لغزش با روش شبکه عصبی

۳-۲-۵- صحت سنجی

با توجه به بررسی زمین لغزش های رخ داده در منطقه مشخص گردید که حدود ۲۲.۴۷ درصد از زمین لغزش های موجود در محدوده احتمال وقوع خیلی زیاد، ۲۸.۷۳ درصد احتمال وقوع زیاد، ۲۳.۱۵ درصد در محدوده احتمال وقوع متوسط، ۱۷.۰۲ درصد در محدوده احتمال وقوع کم و ۸.۳ درصد در مناطق وقوع خیلی کم اتفاق افتاده است. نتایج فوق نشان از همخوانی نقشه پهنه بندی تهیه شده و لغزش های موجود بوده که از این موضوع می توان به صحت نقشه حاصل پی برد و همچنین مشخص گردید که روش تحلیل سلسله مراتبی AHP، مورد استفاده در این روش تقریباً روشی مناسب جهت پهنه بندی خطر احتمال وقوع زمین لغزش در حوضه مورد مطالعه بوده است.



شکل ۱۲: نتیجه درجه تناسب مدل ها جهت ارزیابی بهترین عملگر فازی

نتیجه گیری

فرآیند مکان یابی از جمله پروسه های طبیعی پیچیده ای می باشد که اطلاع از ماهیت و کم و کیف آن مستلزم در اختیار داشتن داده ها، با اطلاعات دقیق و استفاده از روش ها و الگوهایی است که توانایی مدل سازی و بیان روابط پیچیده بین عوامل مرتبط با زمین لغزش و این فرآیند را داشته باشند، بنابراین با در اختیار داشتن دو فاکتور موثر بالا می توان با دقت قابل قبولی به این مدل سازی دست زد. هدف از تهیه نقشه های پهنه بندی خطر زمین لغزش علاوه بر کاوش علمی برای شناخت مناطق مختلفی که با این خطر مواجه هستند، به دست آوردن اطلاعاتی است که بتواند رفتارها و تصمیم گیری های عناصر مختلف متأثر از این خطر را به گونه ای که در نهایت منجر به کاهش خسارات ناشی از زمین لغزش شود، تحت تأثیر قرار دهد. از بررسی فاکتورهای موثر در بروز زمین لغزش و تجزیه و تحلیل نمودارها، جداول، مدل های مختلف پهنه بندی و ارزیابی مدل ها، نتایجی به شرح زیر بدست آمده است.

از GIS در ذخیره، تحلیل خطر زمین لغزش و گرفتن خروجی بهره گرفته شده است. با توجه به امکاناتی که این سامانه در اختیار کاربران در زمینه تحلیل ها و خروجی های مدیریت زمین قرار می دهد، استفاده از این سامانه در کلیه پهنه بندی ها بسیار ضروری می باشد. استفاده از GIS قابلیت اعتماد را در نقشه های خطر بالا برده و در نتیجه در فرآیند تصمیم گیری نقش مهمی را ایفا می کند.

اولین و مهمترین مرحله در پهنه بندی خطر زمین لغزش، شناسایی عوامل موثر در وقوع آن می باشد. اگر عوامل بدرستی شناسایی نشوند، نقش آنها در محاسبه ی احتمال وقوع پدیده در نظر گرفته نشده و نتیجه قابل اطمینان نخواهد بود. برای تعیین عوامل موثر در وقوع زمین لغزش از قضاوت کارشناسی، مقالات و منابع و مآخذ لازم در این زمینه استفاده شد و عوامل لیتولوژی، گسل، شیب، جهت شیب، شبکه زهکشی، بارش، جاده، پوشش گیاهی و ارتفاع به عنوان عوامل موثر در وقوع زمین لغزش در نظر گرفته شد.

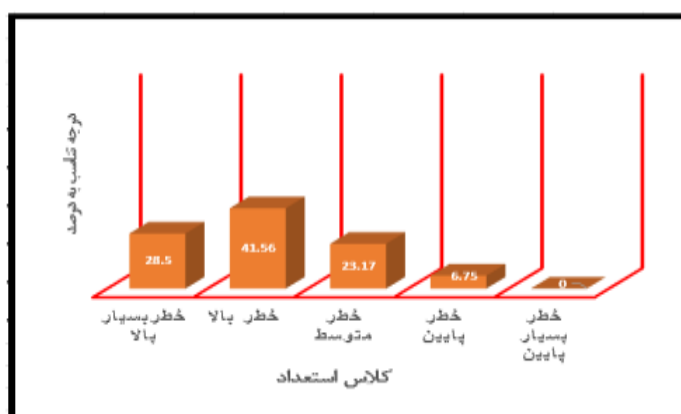
از دیگر عوامل موثر در ایجاد پدیده زمین لغزش، شیب دامنه ها می باشد. معمولاً دامنه هایی که دارای شیب بیشتری هستند در شرایط یکسان آمادگی بیشتری برای لغزش دارند. زیرا بالا رفتن شیب دامنه باعث افزایش حجم و وزن نسبی توده لغزش بر واحد سطح صفحه لغزشی شده و نیروی محرک لغزش را زیاد میکنند. با افزایش میزان شیب، درصد وقوع زمین لغزش کاهش یافته که علت این امر می تواند جنس مصالح باشد چرا که در شیبهای بسیار زیاد، معمولاً جنس مصالح، سنگ هایی است که استحکام و مقاومت بیشتری برخوردارند. با بررسی های انجام شده نتیجه می گیریم که شیب دارای نقش مهمی در وقوع زمین لغزش می باشد بطوریکه اگر یک واحد سنگ شناسی خیلی حساس در یک شیب کم قرار داشته باشد زمینه وقوع زمین لغزش را ندارد. مانند واحدهای کواترنر که از رسوب های مساعد برای حرکت تشکیل شده اند ولی به دلیل قرار گرفتن در شیب های کم زمین لغزش در آنها کمتر رخ داده اند.

بارش از دیگر عواملی است که در ناپایداری دامنه ها موثر است. متوسط بارندگی سالیانه حوضه ۵۰۰-۷۰۰ میلی متر است اما نگاهی به زمین لغزش های رخ داده نشان می دهد که بیشترین لغزش در مناطقی اتفاق افتاده که متوسط بارندگی سالیانه مناطق بیش از ۵۵۰ میلی متر است و این ارتباط مستقیم افزایش میزان بارش با وقوع زمین لغزش را نشان می دهد.

پوشش گیاهی رابطه معکوسی با لغزش دارد به طوری که نواحی که پوشش گیاهی متراکمی دارد لغزشی کمتر رخ می دهد. حدود ۹۰ درصد مساحت حوضه فاقد پوشش گیاهی می باشد که تمامی لغزش های رخ داده در این محدوده می باشند.

در این پژوهش از چند روش شبکه عصبی، ANP، مدل سلسله مراتبی (AHP) و فازی و تلفیق آنها برای تهیه نقشه پهنه بندی حوضه رودبال استفاده شده است.

نتایج تحلیل نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از منطق فازی مشخص نمود که حدود ۲۹ درصد از سطح حوزه در محدوده خطر خیلی زیاد و ۴۲ درصد در محدوده خطر زیاد قرار می گیرد. این واقعیت بیانگر حساسیت زیاد حوضه نسبت به پدیده زمین لغزش می باشد.



شکل ۱۳: نتیجه تناسب مدل گامای فازی ۰.۳ با سیاهه زمین لغزش

نتایج تحلیل نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از منطق فازی مشخص نمود که حدود ۲۹ درصد از سطح حوزه در محدوده خطر خیلی زیاد و ۴۲ درصد در محدوده خطر زیاد قرار می گیرد. این واقعیت بیانگر حساسیت زیاد حوضه نسبت به پدیده زمین لغزش می باشد.

با توجه به اینکه روش شبکه عصبی و تلفیق روش فازی ANP تحلیل دقیق تری از نقش عوامل موثر بر وقوع زمین لغزش نسبت به سایر روش های کمی دارد، نتایج قابل قبول تر و متمایزتری نسبت به روش AHP در این پژوهش

ارائه نمود. هر چه میزان اطلاعات و داده ها جزئی تر و بیشتر باشد می توان مجموعه فازی مورد نظر را با صحت و دقت بیشتری تعریف نمود.

با توجه به نتایج بدست آمده، نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش حوضه رودخانه رودبال با استفاده از روش فازی گامی ۰.۳ بعنوان نقشه با دقت بالاتر و مناسب تر در سایر توابع فازی انتخاب شده است.

پیشنهادهای

با توجه به اینکه اصلی ترین روش های تثبیت دامنه های گسیخته شده شامل تغییر هندسه شیب از جمله سکوبندی دامنه ها و بهبود زهکشی آبهای سطحی و زیر زمینی است:

پیشنهاد می گردد مطالعات تفصیل حرکات توده ای اصل و خطرناک به صورت منفرد و با بررسی های کامل صورت پذیرد و راهکارهای مناسب برای تثبیت و علاج بخشی آنها انتخاب گردد.

از آنجایی که در منطقه مشاهده شده که تعدادی ساخت و سازهای بی ضابطه نظیر احداث جاده ها ساختمان سازی در سازندهای سست، کشیدن جاده های فرعی و ... انجام شده لذا پیشنهاد می گردد تا ساخت و سازها در منطقه براساس ضوابط و قوانین صورت گیرد.

آموزش و افزایش آگاهی روستائیان از پدیده زمین لغزش و عوامل بوجود آورنده آنها و آموزش روش صحیح کشاورزی به ساکنین حوضه و ترویج فرهنگ توسعه پایدار.

شناسایی مکان های مناسب و نامناسب برای احداث کانال های مصنوعی.

انتخاب مسیر راه های ارتباطی با توجه به نقشه پهنه بندی خطر وقوع لغزش به لحاظ کاهش هزینه ها و جلوگیری از رسوب زایی این مناطق و در صورت عبور راه از مناطق حساس به لغزش انتخاب بهترین روش های ممکن شناخته شده.

استفاده از نقشه های خطر وقوع زمین لغزش در حوضه قبل از احداث تاسیسات و پروژه های مختلف.

نقشه پهنه بندی زمین لغزش، از جمله نقشه ارائه شده در این تحقیق یک دید کلی از وضعیت منطقه در اختیار کاربران قرار می دهد. این نقشه ها می تواند در کاهش آسیب پذیری نقش به سزایی داشته باشند و می تواند جهت بررسی های اولیه فعالیت های عمرانی، زیست محیطی، برنامه ریزی های شهری و ... به کار برده شود.

انجام پژوهش های آتی با تصاویر ماهواره ای با قدرت تفکیک مناسب و نقشه های جدید.

استفاده از زهکش در اطراف جاده ها و کناره های آن جهت تخلیه رواناب حاصل از بارندگی و ذوب برف.

استفاده از تجهیزات و امکانات رفتارسنجی برای ثبت حرکت و عمق مواد دامنه ای جهت بهره گیری از داده ها در تجزیه و تحلیل های مربوطه.

استفاده از مدل های جدید دیگر و مقایسه نتایج آن با نتایج حاصل از مدل های اجرا شده در این منطقه و مشخص کردن بهترین مدل برای منطقه مورد مطالعه.

منابع

- ۱ - احمدی ، امیر (۱۳۸۹) بررسی نقش اقلیم در حرکات دامنه ای در ارتفاعات شمال خراسان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) جهت کنترل بلایای طبیعی و راهکارهای مقابله با آن ، پایان نامه دکترا ، دانشگاه تربیت مدرس تهران .
- ۲ - خزایی موغانی ، س . اویسی ، ن . بای ، ن (۱۳۹۴) پهنه بندی خطر زمین لغزش با مدل آماری دو متغیره وزنی AHP در استان گلستان ، فصلنامه علمی پژوهشی امداد و نجات ، شماره ۱۵ .
- ۳ - رجبی ، م . ولی زاده ، ک . عابدی قشلاقی ، ح (۱۳۹۵) ، ارزیابی و پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از فرایند تحلیل شبکه و شبکه و شبکه عصبی مصنوعی حوضه آبریز آذر شهر چای ، فصلنامه پژوهش های ژئومورفولوژی کمی ، سال پنجم ، شماره ۱ .
- ۴ - رجبی ، م . فیض اله پور ، م (۱۳۹۳) پهنه بندی زمین لغزش های حوضه رودخانه گیوی چای با استفاده از مدل پرسپترون چند لایه از نوع پیش خور پس انتشار (BP) ، مجله جغرافیا و توسعه ، شماره ۳۶ .
- ۵ - رضایی مقدم ، م . اسماعیلی ، ر . حسنزاد ، م (۱۳۹۴) پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبریز لایجرود البرز شمالی ، مجله علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز ، شماره ۲۰ .
- ۶ - روستایی ، ش . علیزاده ، ر (۱۳۹۰) پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه صفی چای مراغه با استفاده از روش آنبالگان ، فصلنامه فضای جغرافیایی دانشگاه آزاد اهر ، سال ۱۲ ، شماره ۳۹ .
- ۷ - رنجبریان شاد باد ، مریم (۱۳۹۳) بررسی پهنه های زمین لغزش در بخش غربی حوضه آبریز سرند چای ، پایان نامه کارشناسی ارشد ، دانشگاه تبریز ، دانشکده جغرافیا .
- ۸ - کلارستاقی ع . ۱۳۸۱ . بررسی عوامل موثر بر وقوع زمین لغزش ها و پهنه بندی خطر زمین لغزش مطالعه موردی ،

حوزه آبخیز شیرین رود ساری. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ص ۱۴۱.

۹ - کلارستاقی ع. ۱۳۸۱. بررسی نقش عوامل موثر بر وقوع زمین لغزش ها، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۱۴۱ ص.

۱۰ - صمد زاده ، رسول (۱۳۹۴) ، ارزیابی پهنه های خطر زمین لغزش در جاده اردبیل - سرچم ، فصلنامه پژوهش های دانش زمین ، دوره ۶ ، شماره ۳ .

۱۱ - عابدینی ، موسی . قاسمیان ، بهاره (۱۳۹۴) پهنه بندی خطر زمین لغزش در شهرستان بیجار به روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) ، فصلنامه جغرافیا و برنامه ریزی ، سال ۱۹ ، شماره ۵۲ .

۱۲ - عظیم پور ، ع . صدوق ، ح . اوغلی ، ع . ثروتی ، م (۱۳۸۸) ارزیابی مدل AHP در پهنه های خطر زمین لغزش (مطالعه موردی : حوضه آبریز اهر چای) ، مجله فضای جغرافیایی ، شماره ۲۶ .

۱۳ - مرادی ، ح . محمدی ، م . پورقاسمی ، ح . فیض نیا ، س (۱۳۸۸) تحلیل و برآورد خطر زمین لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی در بخشی از جاده هراز ، فصلنامه برنامه ریزی و آمایش فضا ، شماره ۱۴ .

۱۴ - منهاج م.ب. ۱۳۸۱. مبانی شبکه های عصبی، انتشارات صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران). ۷۱۵ ص.

15 - Anbalagan, R., Kumar, R., Lakshmanan, K., Parida, S., & Neethu, S. (2015). Landslide hazardzonation mapping using frequency ratio and fuzzy logic approach, a case study of LachungValley, Sikkim. *Geoenvironmental Disasters*, 2(1), 1-17.

16 - Bui, D. T., Pradhan, B., Revhaug, I., Nguyen, D. B., Pham, H. V., & Bui, Q. N. (2015). A novelhybrid evidential belief function-based fuzzy logic model in spatial prediction of rainfall-induced shallow landslides in the Lang Son city area (Vietnam). *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 6(3), 243-271.

17 - Feizizadeh, Bakhtiar, Piotr Jankowski, and Thomas Blaschke. "A GIS based spatially-explicit sensitivity and uncertainty analysis approach for multi-criteria decision analysis." *Computers & Geosciences* 64 (2014): 81-95.

18 - Hung Wu, SH. Chin Chen, SU. Determining landslide susceptibility in Central Taiwan from rainfall and six site factorsusing analyticalhierarchy process method OriginalArticle, *Geomorphology*.VOL112 PP., 190-204.

19 - Gorsevski, P. V., Brown, M. K., Panter, K., Onasch, C. M., Simic, A., & Snyder, J. (2015). Landslide detection and susceptibility mapping using LiDAR and an artificial neural

network approach: a case study in the Cuyahoga Valley National Park, Ohio. Landslides, 1-18.

20 - Lee, S., & Pradhan, B. (2009). Landslide susceptibility assessment and factor effect analysis: backpropagation artificial neural networks and their comparison with frequency ratio and bivariate logistic regression modelling.

21 - Lian, C., Zeng, Z., Yao, W., Tang, H., & Chen, C. L. (2016). Landslide Displacement Prediction With Uncertainty Based on Neural Networks With Random Hidden Weights. IEEE transactions on neural networks and learning systems.

22 - Kamp, U . Growley, B . Khattak , G & Owen , L. (2008)." GIS-based landslide susceptibility mapping for the 2005 Kashmir earthquake region ."Journal of Geomorphology 101. (2008) . 631–642.

23 - Sarolee, K. M, 2001, "Statistical Analysis of landslide susceptibility at Yonging, Korea ", Environmental Geology, 40, pp: 1095-1113
 24 - Youssef, A. M., Pradhan, B., Jebur, M. N., & El-Harbi, H. M. (2014). Landslide susceptibility mapping using ensemble bivariate and multivariate statistical models in Fayfa area, Saudi Arabia. Environmental Earth Sciences, 73(7), 3745-3761.

ارزیابی و پهنه بندی زمین لغزش در حوضه آبخیز مارگون استان فارس Evaluation and zoning of landslide in Margoon catchment area of Fars province

مرضیه موغلی

هیات علمی گروه جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد لارستان mmoghali@yahoo.com

چکیده

زمین لغزشها یکی از مخرب ترین آثار استفاده نادرست از زمین، توسط انسان ها می باشد. این تحقیق نیز به منظور ارزیابی عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش و پهنه بندی این پدیده بر اساس عوامل اثرگذار با مدل AHP و ANN انجام پذیرفت. جهت انجام تحقیق ۸ عامل تأثیرگذار شامل شیب، جهت شیب، لیتولوژی، فاصله از جاده، فاصله از گسل، فاصله از رودخانه، طبقات ارتفاعی و کاربری اراضی مورد بررسی قرار گرفت. نقشه این عوامل با استفاده از نرم افزار Arc GIS تهیه و برای پهنه بندی در شبکه عصبی مصنوعی و فرآیند تحلیل شبکه ای استفاده شد. لایه های اطلاعاتی رقومی گردید و از نظر مختصات همسان شد. سپس عملیات رسترسازی با تابع Euclidean Distance انجام شد. در ادامه عملیات فازی سازی لایه ها با توابع Small و large صورت پذیرفت. نتایج به دست آمده از مدل ANN نشان داد مناطق دارای کلاس خطر خیلی زیاد و زیاد در مجموع با مساحت ۴۹۴۷.۵۶ هکتار توان لغزشی بار و مناطق با کلاس خطر متوسط، کم و خیلی کم در مجموع با مساحت ۷۹۷۸.۴۱ هکتار توان لغزشی پایین را در منطقه مورد مطالعه نشان داد. سپس با کمک بیست درصد از نمونه های برداشت شده اقدام به ارزیابی دقت شد. نتایج تحقیق نشان داد مدل ANN با دقت کلی و ضریب کاپای ۰/۸۵۹۹ و ۰/۸۳۶۰ نسبت به روش ANP با دقت کلی و ضریب کاپای ۰/۷۸۹۶ و ۰/۷۸۹۶ درصد دقت بیشتر و عملکرد بهتری داشته و با واقعیت زمینی منطبق تر است. در نهایت می توان نتیجه گرفت که نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش حوزه مطالعاتی از صحت قابل قبولی برخوردار بوده است.

کلمات کلیدی: پهنه بندی، زمین لغزش، حوضه مارگون، استان فارس، ANN، ANP

مقدمه

روند رو به رشد جمعیت در کشورهای در حال توسعه، باعث گردیده تا زمین های موجود در این کشورها بیش از حد توان تولید از آنها استفاده به عمل آید، که بعضاً جبران خسارتهای ناشی از آنها ممکن نیست و یا نیاز به صرف وقت و هزینه بسیار زیاد دارد. زمین لغزش ها یکی از مخربترین آثار استفاده نادرست از زمین، توسط انسانها می باشد. شایان ذکر است نقش عوامل انسانی در وقوع زمین لغزش ها بیش از سایر عوامل بیشتر به چشم می خورد. حدود ۳۵ درصد از زمین لغزش های موجود در بانک اطلاعاتی در اثر دخالت و فعالیت های بی رویه انسان مانند راه سازی غلط، تخریب پوشش گیاهی و تبدیل آن به دیم زارهای کم بازده، بارگذاری از طریق ایجاد سکونت گاهها و غیره تحریک و تشدید گردیده اند. بر اساس برآورد اولیه سالیانه ۵۰۰ میلیارد ریال خسارت مالی از طریق لغزش ها بر کشور تحمیل می گردد و این در صورتی است که از بین رفتن منابع طبیعی غیره قابل برگشت به حساب آورده نشده اند (نصیری، ۱۳۸۳).

هدف اصلی از این مطالعه، بررسی و مقایسه نتایج حاصل از دو مدل شبکه عصبی مصنوعی (ANN) و فرآیند تحلیل شبکه ای (ANP) در پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه مارگون است.

کشور ایران به دلیل شرایط خاص آب و هوایی، فیزیوگرافی و تغییر کاربری همواره با مشکل حرکات توده ای مواجه است و توجه به این محدودیت طبیعی، ضروری به نظر می رسد. بنابراین نتایج حاصل از تحقیق حاضر می تواند در شناسایی مناطق بحرانی و در معرض خطر موثر واقع گردیده و با شناسایی مناطق حساس با اقدامات صحیح مدیریتی، از خسارات مالی و جانی و محیط زیست منطقه مورد مطالعه جلوگیری نمود.

روستایی و همکاران (۱۳۹۴)، در بررسی وقوع زمین لغزش در محدوده آبریز رودخانه میمه از روش تحلیل شبکه ANP استفاده کردند. روش کار بر اساس تجزیه، تحلیل معیار ها در محیط نرم افزار SUPER DECISION و سپس همپوشانی لایه های اطلاعاتی در محیط نرم افزار ARC GIS و تلفیق مدل تحلیل شبکه ای ANP و شاخص همپوشانی صورت گرفت. نتایج بدست آمده حاکی از آن بود که فرایند تحلیل شبکه با نقشه پراکنش زمین لغزش ها ۸۱/۶۹ درصد تناسب دارد، همچنین تفسیر ضرایب نشان داد که معیار های بارندگی، لیتولوژی، طبقات ارتجاعی نقش مهمی در زمین لغزش های منطقه دارند.

در پژوهش دیگری پهنه بندی پتانسیل وقوع زمین لغزش در منطقه گردنه حیران اردبیل توسط (اسفندیاری و بهشتی جاوید، ۱۳۹۵) مورد مطالعه قرار گرفته است. جهت انجام تحقیق از ترکیب مدل های چند متغیره (فرایند تحلیل شبکه) و آماری و ۱۲ پارامتر شیب زمین، جهت شیب زمین، کاربری زمین، سنگ شناسی، بارش، شاخص تراکم، پوشش گیاهی، شاخص طول شیب، شاخص رطوبت توپوگرافیک، شاخص قدرت آبراهه، فاصله از جاده، فاصله از گسل،

فاصله از آبراهه استفاده شد. با توجه به نتایج بدست آمده از مطالعات، ۹/۱ درصد از اراضی محدوده مورد مطالعه به عنوان منطقه با پتانسیل خیلی زیاد برای وقوع زمین لغزش در نظر گرفته شدند. از ۳۰ درصد زمین لغزش های منطقه به منظور ارزیابی نقشه نهایی استفاده شد تا دقت مدل های به کار رفته برای پهنه بندی مشخص گردد. مطابق نتایج بدست آمده درصد قابل توجهی از زمین لغزش ها در طبقه با حساسیت زیاد و خیلی زیاد (۷۷/۶) قرار دارند و دقت مدل های بکار رفته در پهنه بندی حساسیت وقوع زمین لغزش نیز قابل قبول و خوب ارزیابی شد.

(Yalcin et al(2008)، به تحقیقی در زمینه مناطق با پتانسیل وقوع زمین لغزش در ناحیه آردیس ترکیه پرداختند و از سنگ شناسی، هوازدگی، پوشش زمین و شیب بعنوان موثرترین عوامل در وقوع زمین لغزش در منطقه فوق نام بردند.

(Kawabata et al(2009، در مطالعه ای به بررسی روشی به منظور ارزیابی موثر، جمع آوری، تجزیه، تحلیل اطلاعات جهت شناسایی مناطق مستعد زمین لغزش با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و تصاویر ماهواره ای ASTER پرداختند. تحقیق صورت گرفته در دو بخش انجام شد. مرحله اول شامل جمع آوری، تجزیه و تحلیل اطلاعاتی و مرحله دوم مدلسازی بر اساس شبکه عصبی مصنوعی بود. از پارامترهای موثر در وقوع زمین لغزش می توان از شیب و ابعاد آن، ارتفاع، زمین شناسی، تراکم و فاصله مرزهای زمین شناختی و پارامترهای ژئومورفولوژی و زمین شناسی نیز از مهمترین عوامل وقوع این پدیده استفاده کرد. اطلاعات بدست آمده از زلزلهی NIIGATA و تصاویر DEM (مدل رقومی زمین) دریافتی از ماهواره ASTER نشان از تطابق ۹۰ درصدی با مدل ارائه شده در تعیین احتمال وقوع پدیدهی زمین لغزش در یک منطقه خاص بود.

(et al Othman (2011، با استفاده از ۱۰ پارامتر موثر بر وقوع زمین لغزش و سیستم اطلاعات جغرافیایی و تکنیک تصمیم گیری چند معیاره، به تهیه ی نقشه پهنه بندی حساسیت وقوع زمین لغزش در مناطقی از کوالالامپور پرداختند. در تحقیق انجام شده از وزن دهی فاکتورها در AHP و مدل رتبه بندی استفاده شد. مقایسه نتایج دو مدل با زمین لغزش های ثبت شده نشان از دقت ۷۲ و ۶۵ درصدی به عنوان بهترین نتیجهی پهنه بندی حکایت داشته اند.

تحقیق انجام شده در زمینه ی تهیه نقشه پهنه بندی با استفاده از ۸ عامل موثر (زاویه شیب، ابعاد شیب، میزان انحناء، فاصله تا گسل، فاصله تا رودخانه، بارش سالیانه، لیتولوژی و توپوگرافی) در وقوع زمین لغزش در ناحیه رودخانه LONGZI چین، وزن هر یک از عوامل موثر با وزن دهی از یک روند سلسله مراتبی تحلیلی بدست آمد. بر اساس نتایج بدست آمده زمین لغزش های منطقه به چهار دسته حساسیت کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد و به ترتیب ۳۸/۲۲، ۶۴/۷۶، ۲۷/۵۱ و ۱۱/۰۹ تقسیم بندی می شوند. همچنین نشانگر توزیع مناطق با حساسیت زیاد و خیلی زیاد در مجاورت قسمت های شمالی، جنوبی و میانی رودخانه می باشد به همین دلیل باید هشدار های لازم در خصوص

احتمال وقوع زمین لغزش به خصوص در قسمت هایی با تراکم جمعیتی بالا به مردم منطقه داده شود Wang et al. (2017).

مواد و روش ها

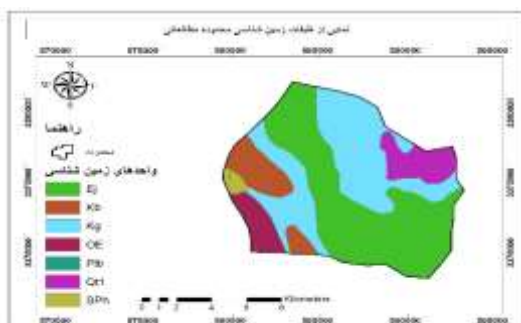
معرفی منطقه مورد مطالعه

محدوده و قلمرو پژوهش حوضه مارگون میباشد که منطقه حفاظت شده آبشار مارگون در آن واقع شده است. این منطقه در در شمال غربی استان فارس و ۱۲۸ کیلومتری شهرستان شیراز بین ۳۰ تا ۳۱ درجه عرض شمالی و ۵۱ تا ۵۲ درجه طول شرقی واقع شده است. دارای پوشش گیاهی و جانوری متنوعی است که با توجه به آشفتگی های بروز یافته (اعم از طبیعی و غیرطبیعی) هم اکنون با مشکلاتی متفاوت نظیر کاهش کیفیت اکولوژیکی، تنزل کارایی اکوسیستم های طبیعی، فرسایش خاک، و غیره مواجهه است (شکل ۱)



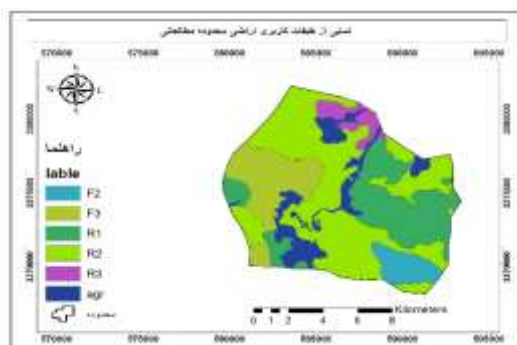
شکل ۲ پراکنش زمین لغزش در محدوده مطالعاتی

شکل ۱ نمایی از محدوده مطالعاتی در ایران و شیراز

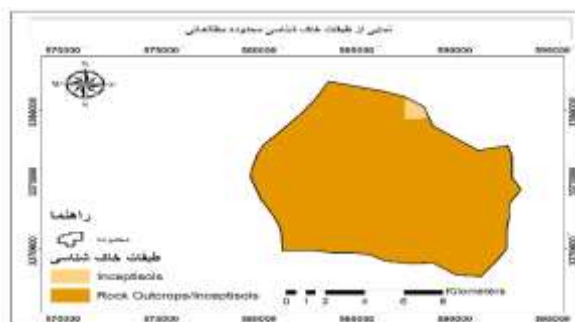


شکل ۴ واحدهای زمین شناسی محدوده مطالعاتی

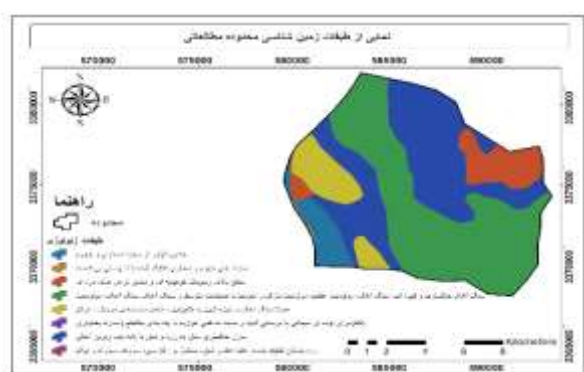
شکل ۳ پراکنش مناطق غیرلغزشی در محدوده مطالعاتی



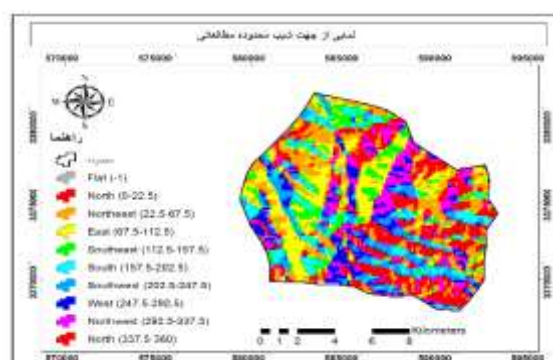
شکل ۶- نقشه کاربری اراضی محدوده مطالعاتی



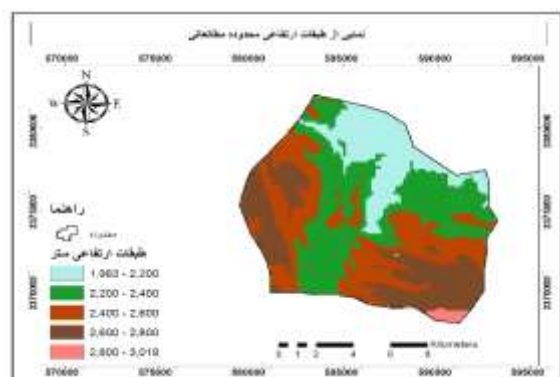
شکل ۵- طبقات خاک شناسی محدوده مطالعاتی



شکل ۸- نقشه طبقات زمین شناسی محدوده مطالعاتی



شکل ۷- نقشه جهت شیب محدوده مطالعاتی



شکل ۱۰- نقشه گسل های موجود محدوده مطالعاتی



شکل ۹- نقشه طبقات ارتفاعی کلاس بندی شده محدوده مطالعاتی

روش تحقیق

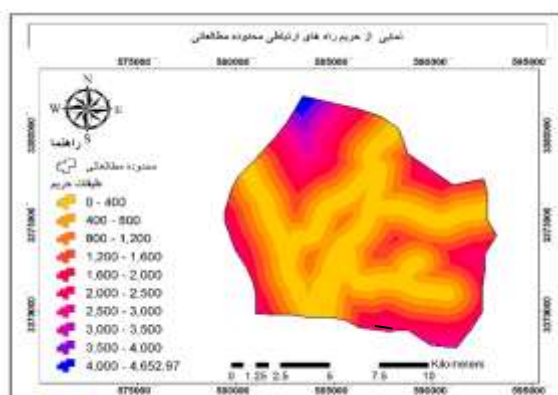
فاکتورهای موثر در زمین لغزش

در این تحقیق برای پهنه بندی خطر زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه ۸ عامل تأثیرگذار شامل شیب، جهت شیب، لیتولوژی، فاصله از جاده، فاصله از گسل، فاصله از رودخانه، طبقات ارتفاعی و کاربری اراضی مورد بررسی قرار گرفت. نقشه این عوامل با استفاده از نرم افزار Arc GIS تهیه و برای پهنه بندی در شبکه عصبی مصنوعی و فرآیند تحلیل شبکه ای استفاده شده است. جهت این امر، از نقشه توپوگرافی به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، نقشه زمین شناسی به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، DEM ۳۰ متری SRTM منطقه مورد مطالعه استفاده شد.

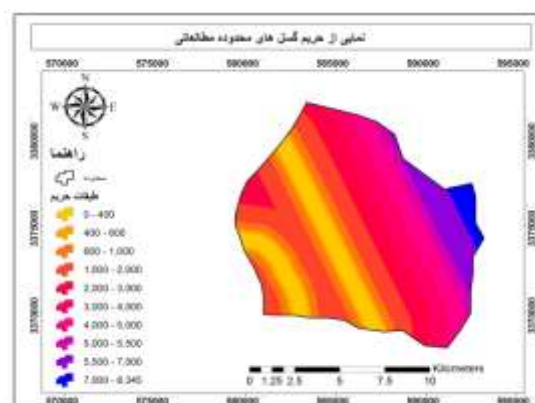
بحث و نتایج

نتایج رسترسازی و تهیه نقشه فاصله اقلیدسی

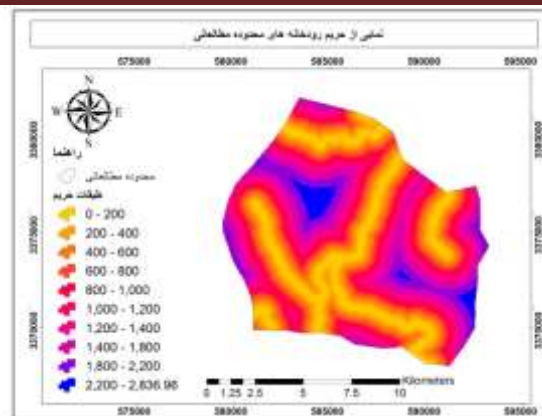
پس از آماده سازی لایه های اطلاعاتی، لایه های وکتوری تبدیل به رستر شد و برای لایه های کیفی مانند گسل، رودخانه و... نقشه فاصله از گسل با تابع Euclidean Distance انجام شد. نتیجه رسترسازی و تهیه نقشه های فاصله اقلیدسی نشان داده شده است.



شکل ۱۲ فاصله اقلیدسی فاصله از جاده ها



شکل ۱۱ فاصله اقلیدسی فاصله از گسل



شکل ۱۳. فاصله اقلیدسی فاصله از رودخانه ها

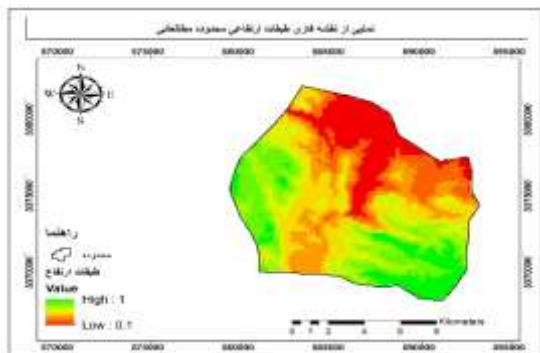
از ۸ عامل تأثیرگذار شیب، جهت شیب، لیتولوژی، طبقات ارتفاعی و کاربری اراضی به صورت رستری بودند که در مرحله آماده سازی به نمایش درآمده اند و در این بخش تحلیلی بر روی آن ها انجام نشد.

نتایج استانداردسازی نقشه های آماده شده در مراحل قبل

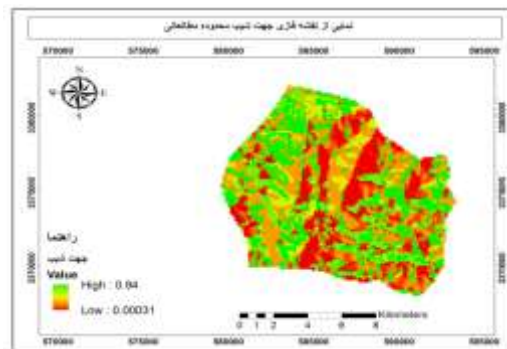
پس از رسترسازی، نقشه فازی ۸ عامل تأثیرگذار تهیه گردید. استانداردسازی یا طبقه بندی مجدد فرآیندی است که در طی آن ارزش پیکسل های مختلف یک نقشه رقومی به مقیاس های قابل مقایسه تبدیل می شوند که این فرآیند می تواند بر اساس یکی از روش های منطق فازی صورت بگیرد. در منطق فازی، میزان عضویت یک عنصر در یک مجموعه با مقداری در بازه یک (عضویت کامل) تا صفر (عدم عضویت کامل) تعریف می شود. درجه عضویت معمولاً با یک تابع عضویت بیان می شود که شکل تابع می تواند به صورت خطی، غیرخطی، پیوسته و یا ناپیوسته باشد. در مدل فازی، به هر یک از پیکسل ها در هر نقشه فاکتور، مقداری بین صفر تا یک اختصاص داده می شود، که بیانگر میزان مناسب بودن محل پیکسل از دیدگاه معیار مربوطه برای هدف مورد نظر می باشد.

این فرآیند در تحقیق حاضر، با استفاده از توابع عضویت فازی Large و Small انجام شد. تابع Large وقتی استفاده می شود که مقادیر ابتدایی بزرگ (در ورودی) احتمال اینکه عضو مجموعه باشند، بیشتر است. در این تابع نقطه میانی، نقطه تقاطع را مشخص می کند که دارای عضویت ۰/۵ است. ارزش های بیشتر نقطه میانی احتمال اینکه عضو مجموعه باشند بیشتر است (بزرگ ترین ارزش های فازی را می گیرند) و ارزش های زیر نقطه میانی درجه عضویتشان کاهش می یابد. تابع Small وقتی استفاده می شود که مقادیر ورودی کوچک ارزش عضویتی بالاتری بگیرند (عکس تابع

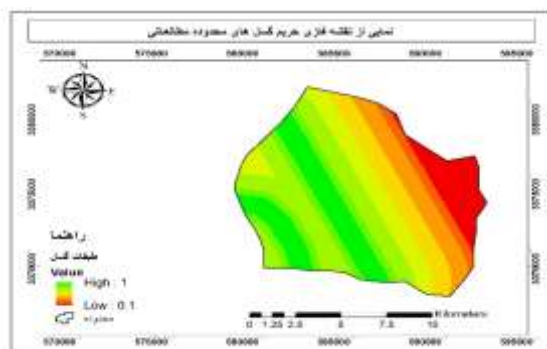
لارج). در این تابع نقطه میانی، نقطه تقاطع را مشخص می‌کند که دارای عضویت 0.5 است. ارزش‌های بیشتر از نقطه میانی احتمال اینکه عضو مجموعه باشند کمتر است (کوچک‌ترین ارزش‌های فازی را می‌گیرند) و ارزش‌های زیر نقطه میانی درجه عضویتشان افزایش می‌یابد. در نقشه‌های استاندارد شده فازی نشان داده شده است. لازم به توضیح است که در نقشه‌ها مناطق با رنگ سبز و پیکسل‌های با ارزش 1 مستعد زمین لغزش می‌باشد. (شکل ۷)



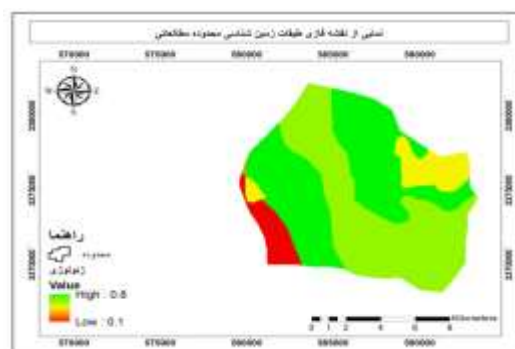
شکل ۱۵ فازی طبقات ارتفاعی محدوده مطالعاتی



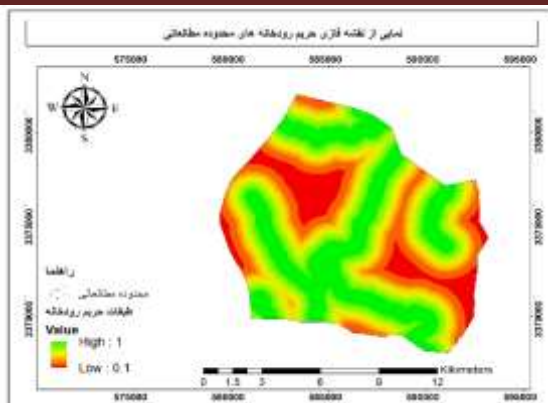
شکل ۱۴ فازی جهت شیب محدوده مطالعاتی



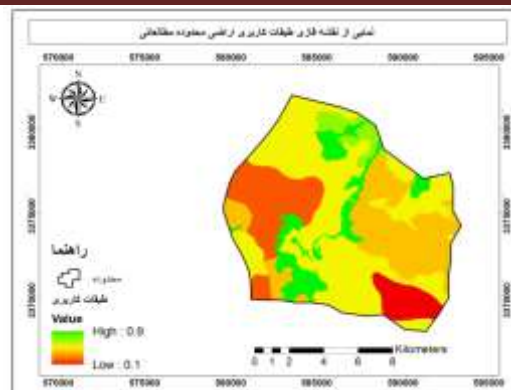
شکل ۱۷ فازی حريم گسل‌های محدوده مطالعاتی



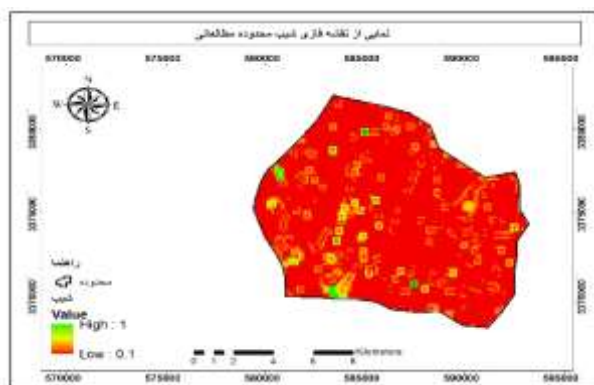
شکل ۱۶ فازی طبقات زمین‌شناسی محدوده مطالعاتی



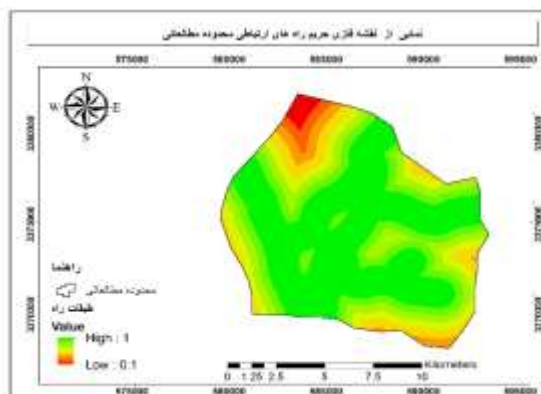
شکل ۱۹ فاز حریم رودخانه های محدوده مطالعاتی



شکل ۱۸ فاز طبقات کاربری اراضی محدوده مطالعاتی



شکل ۲۱ فاز شیب محدوده مطالعاتی



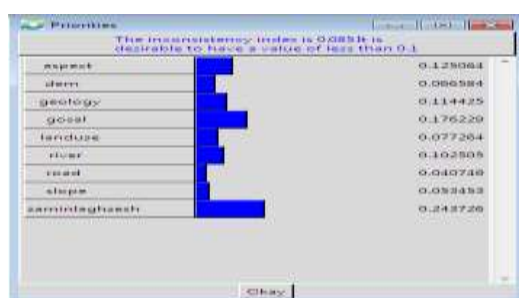
شکل ۲۰ فاز حریم راه های ارتباطی محدوده مطالعاتی

تهیه نقشه پهنه بندی مناطق مستعد زمین لغزش با مدل ANP

در این مطالعه مقایسه زوجی معیارها و زیرمعیارها در نرم افزار Super Decisions و روش ANP صورت پذیرفت. در روش AHP، وابستگی ها باید به صورت خطی، از بالا به پایین و بالعکس می باشد. چنان چه وابستگی دو طرفه بوده، یعنی وزن معیارها به وزن گزینه ها و وزن گزینه ها نیز به وزن معیارها وابسته باشد، مسئله از حالت سلسله مراتبی خارج شده و تشکیل یک شبکه یا سیستم غیرخطی یا سیستم با بازخورد می دهد، که در این صورت برای محاسبه وزن عناصر نمی توان از قوانین و فرمول های سلسله مراتبی استفاده کرد. در این حالت برای محاسبه وزن

عناصر باید از تئوری شبکه‌ها استفاده کرد. اما در روش ANP، تصمیمات را بر اساس اهمیت درجه بندی می‌کند و به تصمیم‌گیران امکان می‌دهد تا داده‌های ملموس عددی و غیر ملموس را از منابع مختلف در کنار هم به منظور تصمیم‌گیری تحلیل کنند. ANP به جای روش نظرسنجی سنتی که به صورت بله و خیر بود از نظرسنجی به صورت طیف ترجیح (preference) استفاده می‌کند.

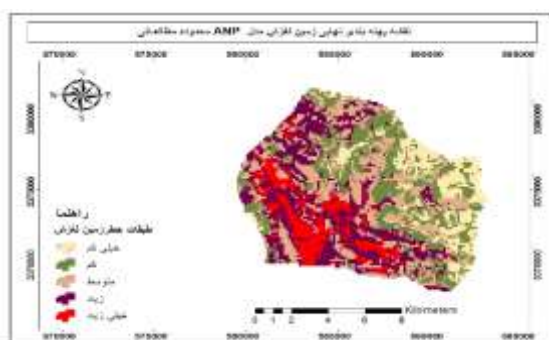
هدف نهایی از تحلیل، انتخاب بهترین گزینه⁸⁶ (بهترین مکان یا بهترین پیکسل)، بر مبنای رتبه بندی آنها از طریق ارزیابی چند معیار اصلی است. در این مدل پس از بدست آوردن وزن هر معیار، توسط از گزینه Raster Calculator وزن‌های بدست آمده جهت تلفیق لایه‌ها اعمال شده و وزن‌ها در هر معیار بدست آمده و به دلیل وجود ارتباطات داخلی معیارها در هر معیار تک تک محاسبه گردید که مقایسه در معیار شیب در شکل ۴-۱۳ نشان داده شده است. در نهایت وزن نهایی معیارها و نقشه پهنه بندی نهایی حاصل به صورت شکل‌های (۱۶) تا (۱۹) بدست آمد.



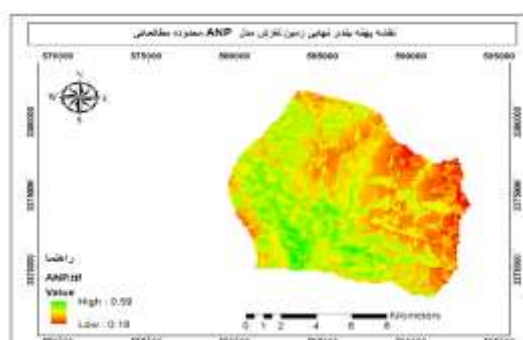
شکل ۲۳ مقایسات معیارها در ANP



شکل ۲۲ مقایسات معیارها در ANP در معیار شیب



شکل ۲۵ کلاس بندی خطر زمین لغزش در مدل ANP



شکل ۲۴ پهنه بندی نهایی خطر زمین لغزش در مدل ANP

⁸⁶ - Alternative

با توجه به نقشه خروجی حاصل از مدل فرآیند تحلیل شبکه، مناطق دارای کلاس خطر خیلی زیاد و زیاد در مجموع با مساحت ۴۷۲۰.۴۴ هکتار توان لغزشی بالا و مناطق با کلاس خطر متوسط، کم و خیلی کم در مجموع با مساحت ۸۲۰۵.۵۲ هکتار توان لغزشی پایین را در منطقه مورد مطالعه نشان می دهد که در جدول مشخصات کلاس های مختلف و مساحت آن ها نشان داده شده است.

جدول ۱ مساحت و درصد کلاس های خطر زمین لغزش در حوضه آبخیز مارگون با استفاده از مدل تحلیل شبکه ANP

ردیف	کلاس های خطر	مساحت هکتار	درصد مساحت
1	خیلی کم	1678.1728	12.98
2	کم	3027.5461	23.42
3	متوسط	3499.8105	27.07
4	زیاد	3315.6105	25.65
5	خیلی زیاد	1404.8365	10.86

تهیه نقشه پهنه بندی مناطق مستعد زمین لغزش با مدل ANN

پس از مشخص کردن ساختار اصلی شبکه عصبی و فراهم آوردن اطلاعات مورد نیاز برای آموزش شبکه عصبی طراحی شده، همچنین رسیدن به خطای قابل قبول، شبکه آماده شده است تا تحلیل منطقی در مورد اطلاعاتی که قبلاً با آن ها مواجه نشده است را انجام دهد و پیش بینی و شبیه سازی لازم صورت پذیرد. بدین منظور با استفاده از وزن های مرحله پایانی مربوط به آموزش شبکه، کل منطقه که شامل ۶۳۱۰ پیکسل و هر کدام از پیکسل ها دارای ۸ ویژگی مربوط به ۸ عامل تاثیرگذار بر زمین لغزش بود در اختیار شبکه قرار گرفت. پس از انجام تحلیل بر روی این داده ها توسط شبکه، برای هر کدام از پیکسل ها مقداری بین صفر و یک به دست آمد. با دسته بندی مقادیر به دست آمده از شبکه، مناطق به نواحی متفاوت خطر زمین لغزش تقسیم بندی شد.



شکل ۲۶ کلاس بندی خطر زمین لغزش در مدل ANN

جدول ۲ مساحت و درصد کلاس های خطر زمین لغزش در حوضه آبخیز مارگون با استفاده از مدل ANN

ردیف	کلاس های خطر	مساحت هکتار	درصد مساحت
1	خیلی کم	1639.5288	12.68
2	کم	2380.6695	18.41
3	متوسط	3958.2173	30.62
4	زیاد	2531.5270	19.58
5	خیلی زیاد	2416.0340	18.69

ارزیابی دقت مدل های پهنه بندی

در این تحقیق برای ارزیابی و طبقه بندی نتایج خروجی مدل های مورد استفاده در برآورد خطر زمین لغزش از ضریب آماری کاپا استفاده شد. بدین منظور ابتدا ماتریس مشاهده و پیش بینی مربوط به هر کدام از دو مدل شبکه عصبی مصنوعی و فرآیند تحلیل شبکه ای تشکیل شد.

جدول ۳. ماتریس خطا در پهنه بندی مدل ANP

کلاس های حساسیت	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	کل سطر
خیلی کم	134	12	0	7	0	153
کم	8	171	29	0	19	227
متوسط	12	0	89	6	0	107
زیاد	24	6	17	221	0	268
خیلی زیاد	0	23	12	16	310	361
کل ستون	178	212	147	250	329	1116

جدول ۴. ماتریس خطا در پهنه بندی مدل ANN

کلاس های حساسیت	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	کل سطر

خیلی کم	234	17	23	14	5	293
کم	4	127	17	0	0	148
متوسط	28	13	350	0	7	398
زیاد	4	0	12	186	0	202
خیلی زیاد	0	15	0	8	159	182
کل ستون	270	172	402	208	171	1223

جدول ۴ دقت کلی و دقت تولید کننده در طبقات حساسیت ANP

طبقات حساسیت	دقت کاربر	دقت تولید کننده
خیلی کم	8758/0	7528/0
کم	7573/0	8066/0
متوسط	8317/0	6054/0
زیاد	8246/0	884/0
خیلی زیاد	8587/0	9422/0

جدول ۵ دقت کلی و دقت تولید کننده در طبقات حساسیت ANN

طبقات حساسیت	دقت کاربر	دقت تولید کننده
خیلی کم	7986/0	8666/0
کم	8581/0	7383/0
متوسط	8793/0	8706/0
زیاد	9207/0	8942/0
خیلی زیاد	8736/0	9298/0

جدول ۶ ضریب کاپا و دقت کلی ANP

ضریب کاپا	دقت کلی
7896/0	7982/0

جدول ۷ ضریب کاپا و دقت کلی ANN

ضریب کاپا	دقت کلی
8360/0	8599/0

نتیجه گیری

عوامل متعددی در وقوع زمین لغزش نقش دارند. در این تحقیق ۸ عامل تأثیرگذار شامل شیب، جهت شیب، لیتولوژی، فاصله از جاده، فاصله از گسل، فاصله از رودخانه، طبقات ارتفاعی و کاربری اراضی مورد بررسی قرار گرفت. نقشه این عوامل با استفاده از نرم افزار ARC GIS تهیه و برای پهنه بندی در شبکه عصبی مصنوعی و فرآیند تحلیل شبکه ای استفاده شد. نتایج حاصل از وزن دهی معیارها در مدل ANP نشان داد در بین ۸ معیار مورد بررسی وزن ها برای شیب، جهت شیب، لیتولوژی، فاصله از جاده، فاصله از گسل، فاصله از رودخانه، طبقات ارتفاعی و کاربری اراضی به ترتیب ۰.۰۵، ۰.۱۲، ۰.۱۱، ۰.۰۴، ۰.۱۷، ۰.۱، ۰.۰۶ و ۰.۰۷ به دست آمد. در نتیجه از نظر کارشناسان عامل فاصله از گسل دارای بالاترین وزن و عامل فاصله از جاده دارای کمترین وزن بوده است. بنابراین از نظر کارشناسان عامل فاصله از گسل نقش پررنگ تری در ایجاد زمین لغزش های منطقه دارد.

نتایج به دست آمده از نقشه شیب نشان داد بیشترین حساسیت نسبت به لغزش های رخ داده در منطقه در شیب ۲۵-۳۵ درجه اتفاق افتاده است. بررسی جهات جغرافیایی لغزش ها نشان داد که بیشترین حساسیت به زمین لغزش در جهت شمال وجود دارد. حوضه مارگون از لیتولوژی متنوعی برخوردار است که این امر تأثیر به سزایی در لغزش های منطقه دارد، در سازندهای کنگلومرای توده ای سیمانی با درسانی شدید و ماسه سنگ کمی هوازده با لایه بندی متقاطع و سازندهای آهک و شیل به دلیل حساسیت در مقابل رطوبت حساسیت نسبت به لغزش دارند و یکی از عوامل لغزش منطقه است. در کاربری اراضی بیشترین حساسیت به لغزش در اراضی مرتعی ضعیف درجه ۳ و زراعت می باشد. در مورد فاصله از گسل و آبراهه و جاده با کاهش فاصله میزان وقوع زمین لغزش افزایش می یابد. افزایش ارتفاع نیز موجب افزایش وقوع زمین لغزش می شود. نتایج به دست آمده از مدل ANP نشان داد مناطق دارای کلاس خطر

خیلی زیاد و زیاد در مجموع با مساحت ۴۷۲۹.۴۴ هکتار توان لغزشی بالا و مناطق با کلاس خطر متوسط، کم و خیلی کم در مجموع با مساحت ۸۲۹۵.۵۲ هکتار توان لغزشی پایین را در منطقه مورد مطالعه نشان داد.

برای پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی ابتدا در مرحله آموزش به منظوری جلوگیری از افزایش خطا و آموزش بیش از حد شبکه هر یک از پارامترهای شبکه عصبی مصنوعی (تعداد تکرار، نسبت یادگیری و تعداد نرون در لایه پنهان) با روش سعی و خطا تعیین شد. سپس با ساختار ۱-۱۵-۸ یعنی ۸ نرون ورودی، ۱۵ نرون در لایه پنهان و ۱ نرون خروجی نقشه زمین لغزش تهیه شد. نتایج به دست آمده از مدل ANN نشان داد مناطق دارای کلاس خطر خیلی زیاد و زیاد در مجموع با مساحت ۴۹۴۷.۵۶ هکتار توان لغزشی بار و مناطق با کلاس خطر متوسط، کم و خیلی کم در مجموع با مساحت ۷۹۷۸.۴۱ هکتار توان لغزشی پایین را در منطقه مورد مطالعه نشان داد.

بعد از به کارگیری هر مدل ضرورت دارد با ارزیابی دقت نسبت به کارایی و واقعی بودن نتایج آن اقدام نمود. در این تحقیق با کمک بیست درصد از نمونه های برداشت شده اقدام به ارزیابی دقت شده است. ابتدا اقدام به تشکیل ماتریس خطا و سپس با استفاده از دقت کلی میزان دقت پهنه بندی مشخص گردید. نتایج تحقیق نشان داد مدل ANN با دقت کلی و ضریب کاپای ۰/۸۵۹۹ و ۰/۸۳۶۰ نسبت به روش ANP با دقت کلی و ضریب کاپای ۰/۷۹۸۲ و ۰/۷۸۹۶ درصد دقت بیشتر و عملکرد بهتری داشته و با واقعیت زمینی منطبق تر است. در نهایت می توان نتیجه گرفت که نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش حوزه مطالعاتی از صحت قابل قبولی برخوردار بوده است.

هرچه تعداد عوامل موثر بیشتری در پهنه بندی به کار رود، از دقت بالاتری برخوردار خواهد بود. بنابراین پیشنهاد می شود از شاخص ها و معیارهای دیگری که ممکن است موجب افزایش دقت تحقیق گردد استفاده شود.

پیشنهاد می شود هرگونه تغییر در کاربری اراضی و برنامه ریزی برای توسعه پایدار در منطقه مورد مطالعه، با توجه به نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش صورت پذیرد.

پیشنهاد می شود در صورت وجود اطلاعات کافی و مناسب، پهنه بندی خطر برای انواع حرکت های توده ای به طور مجزا صورت گیرد.

برای گسترش تحقیق حاضر، می توان از مدل های متفاوت تری استفاده کرد و نتایج حاصل از آن را با نتایج تحقیق حاضر ارزیابی نمود.

منابع

- ۱- اسفندیاری درآباد، فریبا، بهشتی جاوید، ابراهیم، (۱۳۹۵)، پهنه بندی حساسیت وقوع زمین لغزش با استفاده از مدل هیبریدی قضیه بیز ANP (مطالعه موردی: گردنه حیران)، هیدروژئومورفولوژی، شماره ۸.
- ۲- رجبی، معصومه، ولی زاده کامران، خلیل، عابدی قشلاق، حسن، (۱۳۹۵)، ارزیابی و پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از فرایند تحلیل شبکه و شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: حوضه آذرشهر چای)، پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، سال پنجم، شماره ۱.
- ۳- روستایی، شهرام، مختاری، داود، حسینی، زهرا، اطمانی حقویران، مهدی، (۱۳۹۴) بررسی پتانسیل وقوع زمین لغزش در حوضه آبخیز رودخانه میمه در استان ایلام به روش تحلیل شبکه، هیدروژئومورفولوژی، شماره ۴. رحیم پور، توحید، روستایی، شهرام، نخستین روحی، مهسا، پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی و GIS مطالعه موردی حوضه آبریز سردول چای استان اردبیل، فصلنامه هیدروژئومورفولوژی، دوره چهارم شماره ۱۳ زمستان ۱۳۹۶
- ۵- فلاحی، غلامرضا، دهقان منشادی، (۱۳۹۵)، کاربرد منطق فازی و الگوریتم شبکه مصنوعی در تهیه نقشه حساسیت زمین لغزش در حوضه رودخانه چالوس، نشریه علمی- ترویجی مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی، دوره هفتم، شماره ۲.
- ۶- نظم فر، حسین، بهشتی، ابراهیم، (۱۳۹۵)، کاربرد ترکیبی فرایند تحلیل شبکه و منطق فازی در پهنه بندی حساسیت وقوع زمین لغزش (مطالعه موردی: حوضه آبریز چلی چای)، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۷، شماره ۱.

7-Ayalew, L. and Yamagishi, H. (2005), The application of GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan, *Geomorphology* 65 (1-2), pp. 15-31.

8-Chau. K.T. Sze. Y.L. M.K. Fung. W.Y. Wong. E.L. Fong. L.C.P (2004), Landslide Hazard Analysis for Hong Kong using Landslide Inventory and GIS K.T. Computers & Geosciences 30, (2004). PP 429-443.

9-Kamp, U. Growley, B. Khattak, G & Owen, L. (2008). "GIS-based landslide susceptibility mapping for the 2005 Kashmir earthquake region." *Journal of Geomorphology* 101. (2008). 631-642.

10-Kawabata, D., &Bandibas, J. (2009). Landslide susceptibility mapping using geological data, a DEM from ASTER images and an Artificial Neural Network (ANN). *Geomorphology*, 113(1), 97-109.

11-Lee, S. (2007). Landslide susceptibility mapping using an artificial neural network in the Gangneung area, Korea. *International Journal of Remote Sensing*, 28(21), 4763-4783.

Othman, A. N., Mohd, W., Naim. W. M. & Noraini S.,(2011), GIS Based Multi-Criteria Decision Making for Landslide Hazard Zonation, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 35 (2012) 595 – 602.

12-Sarolee, K. M, 2001, "Statistical Analysis of landslide susceptibility at Yonging, Korea ",*Environmental Geology*, 40, pp: 1095-1113.

13-Yalcin. A. (2008), GIS-based Landslide Susceptibility Mapping Using Analytical Hierarchyprocess and Bivariate Statistics in Ardesen (Turkey), *Comparisons of Results and 1Confirmations*, *Catena* 72, PP 1–12.

14-Youssef, A. M., Pradhan, B., Jebur, M. N., & El-Harbi, H. M. (2014). Landslide susceptibilitymapping using ensemble bivariate and multivariate statistical models in Fayfa area, SaudiArabia. *Environmental Earth Sciences*, 73(7), 3745-3761.

15-Zhao, H., Yao, L., Mei, G., Liu, T., & Ning, Y. (2017). A Fuzzy Comprehensive Evaluation Method Based on AHP and Entropy for a Landslide Susceptibility Map. *Entropy*, 19(8), 396.

Abstract

ارزیابی میزان فعالیت نسبی زمین ساختی مبتنی بر شاخص های ریخت زمین ساختی در شمال شرق کمیجان، استان مرکزی

زهره نظری^{۱*}، حسین حاجی علی بیگی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد تکتونیک، گروه حوضه های رسوبی و نفت، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

Zahra.nazari136920@gmail.com

۲- دکتری تکتونیک، استادیار، گروه حوضه های رسوبی و نفت، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

h-alibeigi@sbu.ac.ir

چکیده

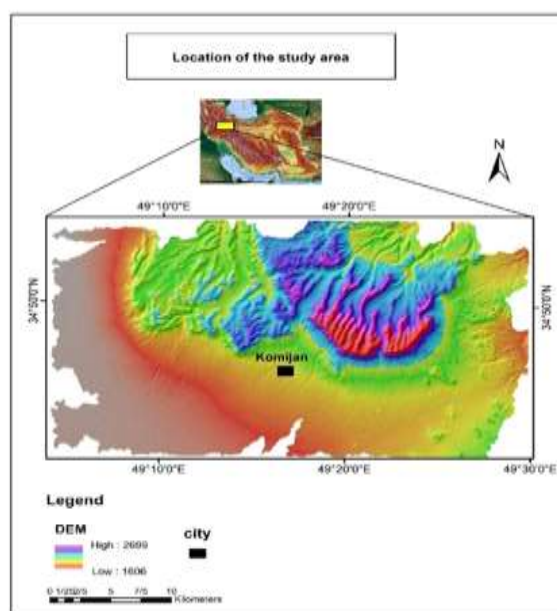
در این پژوهش با استفاده از شاخص های ریخت زمین ساختی و مطالعات صحرایی، به بررسی رابطه تاثیر ریخت زمین ساخت فعال بر روی فعالیت گسل های واقع در شمال شرق منطقه کمیجان پرداخته شده است. به همین منظور با استفاده مدل رقومی ارتفاعی (DEM) در محیط نرم افزارهای ArcGIS, Excel, Googel Earth, Global Mapper داده های به دست آمده مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته اند. در این پژوهش منطقه مطالعاتی به ۲۰ حوضه تقسیم شده و در آنها ۴ شاخص ریخت زمین ساختی اندازه گیری شده است که عبارتند از: شاخص طول-شیب آبراهه (Sl)، نسبت عرض کف دره به ارتفاع آن (Vf)، پیچ و خم پیشانی کوهستان (Smf)، شاخص ارزیابی نسبی زمین ساختی فعال (Iat). نتایج با کارهای صحرایی انجام شده در منطقه مطالعاتی مطابقت خوبی دارد. نتایج بررسی های شاخص های ریخت زمین ساختی نشان می دهد که بیشترین فعالیت در حوضه های شماره ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۲، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۲۰ مشاهده می شود. به نظر می رسد فعالیت در این حوضه ها در ارتباط با عملکرد گسل های راندگی چال میان -آق دره و امتداد لغز چپ بر با روند شمال غرب جنوب شرق و شکستگی های مرتبط با آنها می باشد. شاخص (Smf) بیشترین فعالیت را در حوضه هایی دارد که متاثر از گسل راندگی چال میان -آق دره می باشند. این وضع بیانگر این است که حوضه های مورد بررسی در این پژوهش به صورت یکسان تحت تاثیر فعالیت گسل های راندگی و امتداد لغز نیستند. این حوضه ها از نظر فعالیت نسبی زمین ساختی فعال و نسبتا فعال می باشند.

کلمات کلیدی: شاخص های ریخت زمین ساختی، فعالیت نسبی زمین ساختی، گسل، کمیجان، زمین شناسی صحرایی

مقدمه

ریخت‌زمین‌ساخت، نقش بسیار مهمی در تکامل چشم‌اندازهای هر منطقه ایفا می‌کند و همچنین به وسیله شاخص-های ریخت‌زمین‌ساختی منعکس می‌شود. ریخت‌زمین‌ساخت فعال، شامل: مطالعه الگوی دگرشکلی‌ها، تکامل چشم-اندازها و تعیین نرخ فرآیندهای ریخت‌زمین‌ساختی در طول میلیون‌ها سال بستگی دارد. ریخت‌زمین‌ساختی در کمربندهای کوهزایی، یکی از ابزارهای اصلی در معرفی گسل‌های فعال، شناخت مراحل تکامل ساختارهای زمین‌شناسی، برآورد خطر زلزله و مطالعه تکامل چشم‌اندازهاست (Keller & Pinter, 2002). موضوع اصلی علم زمین‌ساخت، بررسی تقابل بین فرآیندهای زمین‌ساختی است (Burbank & Anderson, 2001). نتایج چندین شاخص ممکن است با سایر اطلاعات مختلف مانند برآمدگی‌ها و نتایج لرزه‌نگاری ترکیب شده باشند، تا رده‌های فعالیت زمین‌ساختی را که برآوردهای وسیع اساسی از درجه فعالیت نسبی در یک منطقه به شمار می‌آیند را ایجاد کنند (Bull, 2007). ایران با قرارگیری در کمربند کوهزایی آلپ-همیالیا همواره شاهد زلزله‌های مخرب و اثرات ریخت‌زمین‌ساختی فعال بوده است. از همین رو روش‌های تعیین ریخت‌زمین‌ساخت فعال بسیار هزینه‌بر و گاهی غیرممکن است. بنابراین استفاده از شاخص‌های ریخت‌زمین‌ساختی برای تعیین و تشخیص ریخت‌زمین‌ساخت فعال می‌تواند سودمند باشد (غلامی، ۱۳۸۹، کرمی، ۱۳۸۸; Daglas & Robert, 2001; Guarmier & Pirrotta, 2008). منطقه مطالعاتی این پژوهش محدوده‌ای در شمال شرق شهر کمیجان را شامل می‌شود (شکل ۱). کمیجان شهری در استان مرکزی که از شمال به وفس، همدان، ساوه از جنوب به خنداب، ملایر، از شرق به تفرش، فرمهین، آشتیان و از غرب به استان همدان دسترسی دارد. از نظر زمین‌شناسی در زون ایران مرکزی و سندانج-سیرجان قرار دارد. اگرچه آقاناتی، ۱۳۸۵ الگوی ساختاری سندانج-سیرجان را از نوع چین‌های بسته و هم‌راستا در مقیاس کیلومتری می‌داند، ولی علوی (Alavi, 1994)، زمین‌ساخت سندانج-سیرجان را به طور عمده از ساختارهای دوپلکس (Duplex) و همچنین سیستم فلسی (Imbricated) با شیب به سمت شمال شرقی می‌داند. جابه‌جایی و انباشتگی ورقه‌های راندگی، سبب افزایش ضخامت پوسته قاره‌ای به اندازه تقریبی ۱۰ تا ۱۵ کیلومتر شده است (آقاناتی، ۱۳۸۵). از نظر چینه‌شناسی نهشته‌های رسوبی و سنگی موجود در این منطقه مطالعاتی شامل: شیل‌های خاکستری ژوراسیک، آهک‌های ائوسن، مخروطه‌افکنه و نهشته‌های عهد حاضر می‌باشد. لی و همکاران (Li et al., 1999) به بررسی تاثیر تکتونیک بر لندفرم‌های رودخانه‌ای در شمال غرب چین پرداختند و دریافتند که حرکات زمین‌ساخت می‌تواند با تغییر سطح اساس رودخانه‌ها باعث تغییر شکل عوارض رودخانه‌ای گردد. مالیک و موهانتی (Malik & Mohanty, 2007)، تاثیر ریخت زمین‌ساخت فعال را در تحول حوضه آبریز و چشم‌اندازهای شمال غرب همیالیا را مطالعه کردند. الیو فلورس و همکاران (Elio Flores et

al., 2015) در پژوهشی به تفسیر ریخت زمین ساخت حوضه ی آبریز ماکویونی در شمال تانزانیا پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که فرآیندهای ریخت زمین ساختی در منطقه مورد مطالعه بی ثبات بوده و این فرآیندها یک عامل مهم برای چشم انداز فعلی حوضه ی دریاچه مانیرا می باشد. هدف از انجام این پژوهش مطالعه و بررسی میزان فعالیت نسبی زمین ساختی مبتنی بر اندازه گیری شاخص های ریخت زمین ساختی به همراه مطالعات صحرایی در منطقه شمال شرق کمبجان است (شکل ۱).



شکل ۱. نمایش موقعیت منطقه مورد مطالعه در این پژوهش. منطقه مطالعاتی در شمال شرق کمبجان قرار دارد که در استان مرکزی واقع شده است

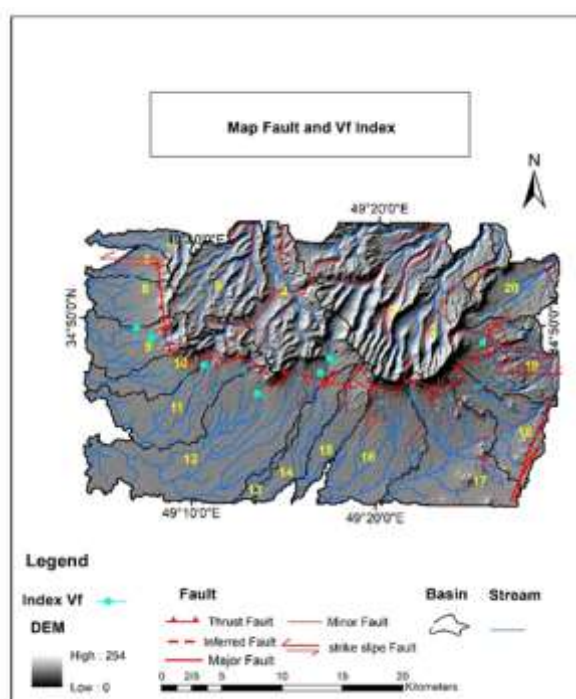
مواد و روش کار

در این پژوهش به منظور ارزیابی فعالیت نوزمین ساختی منطقه مطالعاتی با بهره گیری از نقشه های توپوگرافی با مقیاس ۱ : ۵۰ ۰۰۰ و نقشه های با مقیاس ۱ : ۱۰۰ ۰۰۰ و فس، DEM با قدرت تفکیک ۳۰ متری و تصاویر گوگل ارث و نرم افزارهای ArcGIS, Excel, ArcHydro تهیه شد. اطلاعات مورد نیاز این پژوهش از طریق مطالعات کتابخانه ای و انجام عملیات صحرایی گردآوری شده است. در مرحله بعد داده ها در نرم افزار ArcGIS زمین مرجع و رقومی گردید. سپس لایه های اطلاعاتی مورد مطالعه (منجمله شبکه آبراهه ها و مرز حوضه ها) به طور دقیق از نقشه های توپوگرافی و نقشه زمین شناسی و DEM منطقه با قدرت ۳۰ متر، ۲۰ حوضه تفکیک، تهیه و تنظیم شده است. در نهایت نقشه ها و پروفیل های طولی مورد نظر ترسیم گردید. ۴ شاخص های ریخت زمین ساختی شامل: طول-شیب آبراهه

(Sl)، شاخص پیچ و خم کوهستان (Smf)، شاخص نسبت عرض دره به کف آن (Vf)، شاخص ارزیابی نسبی زمین-ساخت فعال (Iat) مورد محاسبه و بررسی قرار گرفته‌اند. با استفاده از نتایج بدست آمده از شاخص‌های ریخت‌زمین-ساختی، میزان فعالیت زمین‌ساختی منطقه مورد مطالعه، تعیین گردیده است.

بحث

۱-حوضه: به منظور بررسی میزان فعالیت زمین‌ساختی منطقه مورد مطالعه این پژوهش، این منطقه به ۲۰ حوضه (از شماره ۱ تا ۲۰) تفکیک و تنظیم شده است (شکل ۲). سپس شاخص‌های ریخت‌زمین‌ساختی در این ۲۰ حوضه مورد بررسی قرار گرفته و میزان فعالیت نسبی زمین‌ساختی هر حوضه از دیدگاه هر یک از این شاخص‌ها اندازه‌گیری گردید. در این جا به علت محدودیت صفحات مقاله، فقط به شاخص‌های ریخت‌زمین‌ساختی شامل: طول-شیب آبراهه (Sl)، شاخص پیچ و خم کوهستان (Smf)، شاخص نسبت عرض دره به کف آن (Vf)، شاخص ارزیابی نسبی زمین-ساخت فعال (Iat) پرداخته خواهد شد.



شکل ۲. نقشه منطقه مورد مطالعه این پژوهش که در آن حوضه‌های منطقه مطالعاتی نمایش داده شده است. در این نقشه موقعیت و محل اندازه‌گیری شاخص نسبت عرض دره به کف آن (Vf) و همچنین موقعیت گسل‌های منطقه مورد مطالعه نیز نشان داده شده است. اعداد به رنگ زرد شماره حوضه‌ها را در این منطقه نشان می‌دهند



شکل ۳. نمای دور (A) و نمای نزدیک (B) از گسل امتدادلغز امره، کادر سیاه رنگ در عکس A موقعیت عکس B را نشان می دهد. امتداد این گسل شرقی-غربی بوده و سازوکار آن امتدادلغز است. این گسل یک گسل راستالغز چپبر می باشد. جهت دید عکس ها شرق می باشد.

۲-گسل: در طی عملیات زمین شناسی صحرایی در منطقه مطالعاتی این پژوهش، گسل های متعددی از جمله گسل های کوت آباد، گسل چال میان و آق دره، با سازوکار از نوع معکوس، راندگی و امتدادلغز (از نوع راستالغز چپبر یا راستبر) شناسایی و مورد مطالعه قرار گرفته اند. این گسل ها بر روی نقشه درج شده اند (به شکل ۲ مراجعه شود). یک نمونه از تصاویر این گسل ها در صحرا در شکل ۳ آورده شده است.

۳-۱- شاخص های ریخت زمین ساختی - شاخص نسبت عرض کف دره به ارتفاع آن (V_f): این شاخص تحت عنوان نسبت عرض کف دره به ارتفاع آن شناخته شده و بر اساس تعریف (برگرفته از Keller & Pinter, 2002) به صورت رابطه ۱ نشان داده می شود. در رابطه ۱ نمادهای V_f نسبت پهنای کف دره به ارتفاع، V_{fw} پهنای کف دره، E_{rd} ، E_{ld} به ترتیب ارتفاعات

$$V_f = 2V_{fw} / ((E_{rd} - E_{sc}) + (E_{ld} - E_{sc})) \quad \text{رابطه (۱)}$$

خطوط آبریز سمت چپ و راست دره و E_{sc} ارتفاع کف دره می باشد. این شاخص در منطقه مورد مطالعه در ۲۶ ایستگاه اندازه گیری شده است (شکل ۲). توزیع مقادیر این شاخص فعالیت ریخت زمین ساختی متوسط را نشان می دهد و از رابطه (۱) به دست می آید. در این پژوهش برای محاسبه شاخص V_f از داده های رقومی ارتفاعی

(DEM) استفاده شده است در این منطقه، مطالعه این شاخص برای ۲۶ دره آبراهه ای در نقاط مختلف محاسبه شده است (شکل ۲) مقدار عددی این شاخص بین ۰/۸۵ در نقطه ۲۰ واقع در حوضه ۹ کمترین و ۲۳/۸۶ در نقطه ۲۳ واقع در حوضه ۱۰ بیشترین مقدار را در بین گسل های چال میان- آق دره، امتدالغز و فرعی دارد. بنابراین این گونه استنباط می شود که زمین ساخت فعال در حوضه های جنوبی و غربی به خصوص در حوضه های ۹، ۱۷، با بالا آمدگی همراه است و در حوضه های ۱۰، ۱۸، ۱۶، تاثیر کمتری داشته است و توزیع مقادیر این شاخص فعالیت ریخت زمین ساختی متوسط را نشان می دهد.

۳-۲-- شاخص پیچ و خم پیشانی کوهستان (Smf): این شاخص تحت عنوان پیچ و خم پیشانی کوهستان شناخته شده و بر اساس تعریف (برگرفته از Keller & Pinter, 2002) به صورت رابطه ۲ نشان داده می شود.

$$Smf = Lmf/Ls \quad \text{رابطه (۲)}$$

در رابطه (۲) (Bull, 2007)، نمادهای Lmf طول پیشانی کوهستان و Ls طول خط مستقیم موازی پیشانی کوهستان می باشد. میزان تغییر و تبدیل هایی که فرآیند های فرسایشی بر روی ساختارها و زمین ریخت ها انجام می دهند به وسیله این شاخص محاسبه می شود (Wells et al., 1988) در راستای محاسبه این شاخص خطوط تراز توپوگرافی را در محیط نرم افزار فراخوانی کرده و در محلی که دشت به وسیله کوهستان قطع شده است Lmf و Ls اندازه گیری شده است. شاخص پیچ و خم پیشانی کوهستان در منطقه مورد مطالعه در ۱۵ پیشانی اندازه گیری شده است. مقدار عددی آن بین ۱/۷ تا ۱/۵۲ را نشان می دهد. براساس رده بندی الحمدونی همه ی پیشانی های محاسبه شده در رده ۱ ریخت زمین ساختی قرار می گیرند، جدول ۱ و ۲ نوع تقسیم بندی را برای ارزیابی شاخص (Smf) می باشد. جدول ۳ هم مقادیر اندازه گیری حاصل از اندازه گیری شاخص (Smf)، با توجه به رابطه (۲) و شکل (۲) محل اندازه گیری مقدار شاخص (Smf) مشخص شده است. در شکل (۴) نقشه پهنه بندی حوضه ها با استفاده از نرم افزار ArcGIS ترسیم گردیده است.

جدول ۱. تقسیم بندی فعالیت ریخت زمین ساخت مناطق بر اساس میزان شاخص (Smf) (EL- Hamdouni et al, 2008).

مناطق	بسیار فعال (کلاس ۱)	فعالیت متوسط (کلاس ۲)	غیر فعال (کلاس ۳)
Smf میزان	$Smf < 1/1$	$1/1 < Smf < 1/5$	$Smf > 1/5$

جدول ۲. تقسیم بندی فعالیت ریخت زمین ساختی مناطق بر اساس میزان شاخص (Smf) (Bull and MaKfaden).

مناطق	بسیار فعال (کلاس ۱)	فعالیت متوسط (کلاس ۲)	غیر فعال (کلاس ۳)
Smf میزان	$1/1 - 2/6$	$1/3 - 4/8$	$7 - 2$

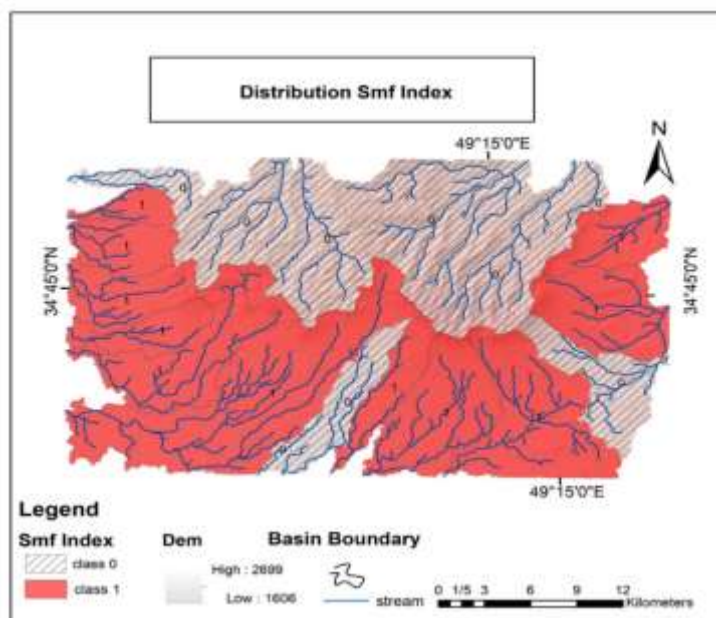
جدول ۳. مقادیر اندازه گیری شده برای شاخص (Smf).

ROW	Lmf(km)	Ls(km)	Smf	Tectonic Class
1	1.744	1.44	1.21	1
2	1.92	1.75	1.1	1
3	5.54	4.86	1.13	1
4	3.69	3.23	1.14	1
5	2.98	2.76	1.07	1
6	2.35	1.99	1.06	1
7	2.61	2.38	1.09	1
8	2.68	1.99	1.34	1
9	2.73	2.28	1.19	1
10	3.11	2.05	1.2	1
11	1.76	1.57	1.12	1
12	2.17	1.42	1.51	1
13	4.25	3.53	1.20	1
14	7.07	6.13	1.15	1
15	1.61	1.50	1.07	1

۳-۳- شاخص طول-شیب آبراهه (SL): این شاخص تحت عنوان طول-شیب آبراهه شناخته شده و بر اساس تعریف (برگرفته از Keller & Pinter, 2002) به صورت رابطه ۳ نشان داده می شود.

$$SL = (\Delta H / \Delta L)L \quad \text{رابطه (۳)}$$

در رابطه ۳ نمادهای ΔH اختلاف ارتفاع، ΔL فاصله افقی در آن مقطع مشخص و L طول رودخانه از نقطه مرکزی اندازه گیری شده تا سرچشمه رودخانه می باشد. مقادیر اندازه گیری شده برای این شاخص برای نقاط ۱ تا ۶ با میانگین عددی ۳۰۰ در رده (۲) و نقاط ۷ تا ۴۰ با میانگین ۵۰۵ در رده (۱) کلاس تکتونیک و سایر نقاط با میانگین ۹۰ در رده (۳) قرار دارند. مقدار این شاخص به تغییرات رودخانه بسیار حساس می باشد. این پارامتر نقش عوامل دیگر مانند لیتولوژی را بیان می کند. بررسی مقادیر شاخص (SI) در ۹۰ نقطه اندازه گیری شده است اکثر مناطق از فعالیت زمین ساختی کمی برخوردار بودند بر اساس رده بندی حمدونی رده (۱) مقدار شاخص $SI \geq 500$ و رده (۲) مقدار شاخص $300 \leq SI < 500$ و رده (۳) مقدار شاخص $SI < 300$ می باشد حوضه های شمالی در رده ۳ و حوضه های جنوبی در رده ۱ قرار دارند. شاخص طول - شیب آبراهه مقدار عددی، بین ۶۰۵ در نقطه ۲ و ۲۳ در نقطه ۳۴ متغیر است و نقشه پهنه بندی منطقه ترسیم گردید (شکل ۳).



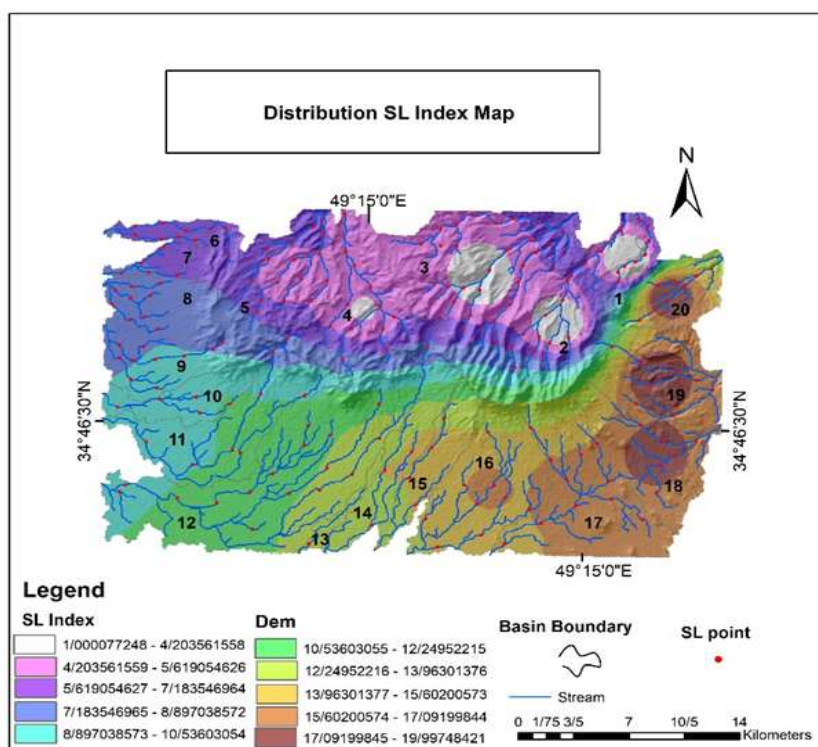
شکل ۴. نقشه پهنه بندی شاخص (Smf) در منطقه مطالعاتی.

شکل ۵. نقشه پهنه بندی شاخص (Sl) در منطقه مطالعاتی

- شاخص ارزیابی نسبی (Iat): پس از انجام عملیات محاسبه شاخص های ریخت زمین ساختی با استفاده از شاخص ارزیابی نسبی (Hamduoni, 2008) که به صورت رابطه ۴ نشان داده می شود این امکان وجود دارد که فعالیت زمین- ساختی یک منطقه برآورد شود.

$$\text{Iat} = S/n \quad \text{رابطه (۴)}$$

مقادیر محاسبه شده با توجه به رابطه (۴) برای حوضه ۱۲ کمترین مقدار ۰/۴۲ و در کلاس (۲) در رده بندی حمدونی قرار می گیرد و حوضه های ۱۳، ۱۴، ۴، ۵، ۱ با مقدار ۳ در کلاس (۴) قرار می گیرند. و مقدار آن در جدول ۴ محاسبه شده است. و از رابطه زیر حاصل می شود که مقدار (Iat) شاخص ارزیابی نسبی، مقدار (S) مجموع کلاس ها، و مقدار (n) تعداد شاخص های محاسبه شده می باشد.



جدول ۴. مقادیر شاخص (Iat) در منطقه مورد مطالعه

Basin	Tectonic class Smf	Tectonic class Vf	Tectonic class Sl	Tectonic class Iat	S/n

1	0	0	1	4	3
2	0	0	2	2	1
3	0	0	2	2	1
4	0	0	1	4	3
5	0	0	1	4	3
6	0	3	1	1	0
7	1	3	1	1	0
8	1	3	1	1	0
9	1	3	1	1	0
10	2	3	1	3	2
11	2	3	1	3	2
12	2	3	2	1	0
13	0	0	1	4	3
14	0	0	1	4	3
15	1	3	1	1	0
16	1	3	1	1	0
17	1	3	1	1	0
18	0	3	1	1	0
19	1	3	2	3	2
20	1	3	1	1	0

نتیجه گیری

شاخص های ریخت زمین ساختی برای منطقه مطالعاتی این پژوهش که در شمال شرقی کمijan قرار دارد اندازه گیری شده و با مطالعات زمین شناسی صحرایی شامل گسل های شناسایی شده در این منطقه، برای ارزیابی میزان فعالیت

زمین ساختی حوضه های بیست گانه این منطقه مطالعاتی، با یکدیگر تلفیق شده است. نتایج بدست آمده از این پژوهش به شرح ذیل است:

۱- در این پژوهش ۱۰ حوضه شامل (۶، ۷، ۸، ۹، ۱۲، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۲۰) دارای فعالیت ریخت زمین ساختی بسیار فعال و ۲ حوضه شامل (۲، ۳) دارای فعالیت زمین ساختی فعال، ۳ حوضه شامل (۱۰، ۱۱، ۱۹) فعالیت کم و ۵ حوضه شامل (۱، ۴، ۵، ۱۳، ۱۴) دارای فعالیت زمین ساختی بسیار کم براساس رده بندی حمدونی قرار دارند (جدول ۵).

۲- بیشترین فعالیت ریخت زمین ساختی، در حوضه هایی است که دارای گسل هستند و مناطق شامل ارتفاعات کوه قلنجه تراکم گسل های فرعی و عرضی امتدادلغز (چپ بر) فعال می باشد مقادیر اندازه گیری شده شاخص ارزیابی نسبی فعالیت زمین ساختی برای منطقه مطالعاتی این پژوهش در شمال شرقی کمیجان نشان می دهد اکثر حوضه هایی که فعالیت نسبی زمین ساختی بالا دارند متاثر از عملکرد گسل های امتدادلغز و گسل راندگی می باشند مطالعات صحرایی انجام شده عملکرد ساختار گسل امتدادلغز و همچنین عملکرد گسل راندگی چال - میان آق دره به همراه گسل های فرعی متعددا تائید نموده و میزان فعالیت نسبی زمین ساختی بالا را به این حوضه ها نسبت می دهد. شاخص های ریخت زمین ساخت در این پژوهش نشان دهنده فعال بودن گسل ها می باشد. میزان فعالیت نسبی گسل ها در تمام منطقه یکسان نیست. در حوضه های جنوبی و به خصوص حوضه های واقع در قسمت میانی منطقه که تحت تاثیر گسل راندگی چال میان آق دره قرار گرفته اند مانند حوضه های (۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۹، ۲۰) کمترین مقدار شاخص پیچ و خم پیشانی کوهستان را دارند همچنین شاخص (SL) در حوضه های شمالی و میانی مانند (۲، ۳، ۴، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶) بیشترین مقدار دارند.

منابع

- آقاباتی، ع. (۱۳۸۵). زمین شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، چاپ دوم، ۶۰۳ صفحه.
- غلامی، ی. (۱۳۸۹). بررسی ژئومورفولوژی و تکتونیک در تاقدیس گیلان، پایان نامه دوره کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت معلم سبزوار.
- کرمی، ف. (۱۳۸۸). ارزیابی ژئومورفیک فعالیت های زمین ساختی در حوضه زهکشی سعیدآباد چای، پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۹، صص ۶۷-۸۲.

Alavi, M., (1994). Thrust Tectonic of Binalood Region, NE Iran, Journal of Structural Geology, V. 11, N. 2, P. 360-370

Burbank, D.W and Anderson, R.S. (2001). Tectonic geomorphology, John Wiley & Sons.

Bull, W.B. (2007). Tectonic geomorphology of mountains: a new approach to paleoseismology. Blackwell Publishing

Bull, W.B. and MacFadden, L.D. (1977). Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California, In: Doehring, D.O. (Ed.), Geomorphology in arid regions, Proceedings of the Eighth Annual Geomorphology symposium, State University of New York, Binghamton, p. 115-138.

Duglas, W.B. and Robert. S. A. (2001). Tectonic Geomorphology, Blacwell Science,Ltd ,p. 288.

El Hamdouni, R.,Irigaray, C., Fernandez , T.,Chacan, J., & Keller,E.A. (2008). Assessment of relative active tectonic, southwest border of Sierr Nevada (southern Spain) Geomorphology, Vol.96, pp.153-173.

Elio Flores-Prieto, Gealdin Queneherve, Felix Bachofer, Faisal Shahzad, Maerker, (2015). Morphotectonic interpretation of the Makuyuni catchment in Northern Tanzania using DEM and STR data Geomorphology, V. 248, P. 427-439.

Gaurnier, P. and Pirrotta, C. (2008). The Response of Drainage Basins to the Quaternary Tectonic in the Sicilian Side of the Messina Strait, NE Sicily, Geomorphology, V. 95, P. 260-273.

Keller, E.A. and Pinter, N. (2002). Active Tectonics: Earthquakes, Uplift, and Landscape, 2nd Ed. Prentice Hall.

Li, Y., Jingchul, T., Lihua, D.(1999) Impact of tectonics on alluvial landforms in Hexi corridor, Northwest China. Geomorphology Vol 28, P. 210-293

Malik. J.N. and Mohanty., C. (2007). Active tectonic influence on the evolution of drainage and landscape geomorphic signatures form frontal and hinter land areas along the North western Himalaya, India, Journal of Asian Earth Sciences, V. 29, P. 604-618.

Wells, S.G., Bullard, T.F., Menges, T.M., Drake, P.G., Karas, P.A., Kelson, K.I., Ritter, J.B., Wesling, J.R. (1988). Regional variations in tectonic geomorphology along segmented convergent plate boundary, Pacific coast of Costa Rica. Geomorphology, v. 1, p. 239–265.

Assessment of tectonic relative activity based on geomorphic indicators in the northeast of Komijan, Markazi Province

Nazari, Zahra, Hajialibeigi, Hossein

Key words: Geomorphic Indicators, Tectonic relative activity, Fault, Komijan, Field Geology

امکان سنجی وقوع سیل در حوضه آبریز بقمچ با روش CN

The possibility of flooding in : Boqmech 's basin with CN method

۱. اعظم نخعی، ۲. محمدعلی زنگنه اسدی، ۳. ابوالفضل بهنیافر، ۴. لیلی گلی مختاری

۱. دانشکده جغرافیا و علوم محیطی سبزوار، دانشگاه حکیم سبزواری nakhaiee@gmail.com

۲. دانشکده جغرافیا و علوم محیطی سبزوار، دانشگاه حکیم سبزواری ma.zanganehasadi@hsu.ac.ir

۳. گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد a.behniyafar@gmail.com

۴. دانشکده جغرافیا و علوم محیطی سبزوار، دانشگاه حکیم سبزواری L.mokhtari@hsu.ac.ir

چکیده

یکی از روشهای برآورد رواناب، روش شماره منحنی (CN) می باشد که رفتار هیدرولوژیکی حوضه را نشان می دهد. هدف این مطالعه برآورد ارتفاع رواناب سالیانه و حدکثر دبی اوج حوضه آبریز بقمچ با استفاده از روش SCS-CN است. برای این منظور ابتدا داده ها و اطلاعات مورد نیاز شامل آمار حداکثر بارش روزانه، نقشه های تراکم پوشش گیاهی، گروههای هیدرولوژیک خاک و کاربری اراضی تهیه و وارد سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) گردید. با تلفیق اطلاعات فوق، در روش (SCS) نقشه شماره منحنی (CN)، میزان نفوذ (S) و مقدار رواناب (Q) تهیه شد. بر اساس روش SCS سهم هریک از زیرحوضه ها در سیل خروجی از کل حوضه تعیین شد.

کلمات کلیدی: حوضه بقمچ، سیل خیزی، روش SCS، شماره منحنی CN

مقدمه

استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS و سنجش از دور در تخمین رواناب حوضه آبخیز در سالهای اخیر رواج یافته است. در مواقعی که رودخانه نتواند رواناب تولید شده در حوضه را به خوبی انتقال دهد شرایطی پیش می آید که آب به زمینهای پیرامونی سرریز می شود و سیل رخ میدهد. هر قسمتی از حوضه پتانسیل معینی را در تولید رواناب و سیل دارد (قنواتی و همکاران، ۱۳۹۱: ۶۸). برای برآورد رواناب سطحی و دبی حداکثر سیلاب در پروژه های مختلف آبخیزداری، کنترل و مهار سیلاب روش های مختلفی وجود دارد و از آنجایی که بیشتر حوضه های آبخیز کوچک کشور ایستگاه هیدرومتری ندارند، برای برآورد رواناب سالیانه در منطقه پژوهش از روش های تجربی استفاده می شود (بهرامی و ایمنی، ۱۳۹۸: ۵۶). از جمله روش های تجربی، برآورد رواناب سطحی با استفاده از نفوذپذیری خاک، روش مبتنی بر شماره منحنی CN است. در این روش سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) با در نظر گرفتن ویژگی های خاک، وضعیت هیدرولوژیکی خاک و همچنین کاربری اراضی مقدار رواناب حاصل از یک بارش را در بخش های مختلف حوضه برآورد می کند و به تعیین شماره منحنی CN می انجامد (مهدوی، ۱۳۹۰: ۱۱۳). گروه هیدرولوژیکی خاک، نوع کاربری اراضی، پوشش گیاهی و وضعیت رطوبت خاک، ویژگی های اصلی استفاده شده جهت به دست آوردن شماره منحنی رواناب می باشد.

پژوهش هایی در زمینه برآورد ارتفاع رواناب یک حوضه آبخیز صورت گرفته است؛

نتایج پژوهش ساتشکومار و همکاران (۲۰۱۶) در شمال هند کاربرد این مدل و روش SCS-CN را برای تخمین رواناب تأیید کرد. آنوبهاتپنو و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از سنجش از دور و GIS و استفاده از روش SCS عمق رواناب سطحی را در منطقه نایاک ویندیچال برآورد کردند. نتایج پژوهش کوالیک و والگا (۲۰۱۵) در لهستان در چهار حوضه کوچک با استفاده از توابع مجانبی نشان داد که بین مقدار شماره منحنی مشاهداتی با مقدار بارش ارتباطی قوی وجود دارد. براساس نتایج عبادی فر و نادری دیزگاه (۱۳۹۶)، روش خوزلا با کمترین خطا (حدود ۲/۰ درصد) به عنوان مناسب ترین روش تجربی برای برآورد رواناب سالیانه حوضه آبریز حویق و حوضه های مشابه آن تعیین شد. مصطفی زاده و همکاران (۱۳۹۶) شماره منحنی رویدادهای بارش و رواناب و تغییرات آن را با مؤلفه های بارش در حوضه آبخیز جعفرآباد تعیین کردند. عزیزنیا کشتلی و بیات ورکشی (۱۳۹۷) معادلات تجربی برآورد رواناب را در حوضه بابلرود ارزیابی کردند. بهرامی و ایمنی (۱۳۹۸)، در پژوهشی به ارزیابی چند مدل تجربی در برآورد رواناب سالیانه مطالعه موردی: حوضه حصارک در شمال غرب تهران پرداختند. سلیمانی و همکاران (۱۴۰۰)، در پژوهشی به اولویت بندی پتانسیل خطر سیل خیزی حوضه آبخیز تالار در محیط GIS پرداخته و. زیرحوضه ها از نظر مشابهت پتانسیل سیل خیزی، فرسایش، پوشش گیاهی و عملکرد انسانی به سه گروه با پتانسیل سیل خیزی زیاد، متوسط و کم تفکیک

کردند. با توجه به اینکه حوضه آبریز بقمچ یکی از حوضه های سیل خیز می باشد و همه ساله این رودخانه با نوسانات شدید آبدهی و یا طغیانهای نسبتاً بزرگ و یا کوچکی همراه است. لذا، علاوه بر حوادث فوق و قرار گرفتن برخی از روستاها و اراضی کشاورزی در معرض سیل به خصوص در امتداد مسیر سر شاخه اصلی رودخانه، با در نظر گرفتن اهمیت این مسئله لزوم بررسی سیلابها و برآورد رواناب را در این مناطق شدیداً ایجاد می کند که برای مقابله با پیامدهای ناگوار آن میبایستی چاره اندیشی کرد.

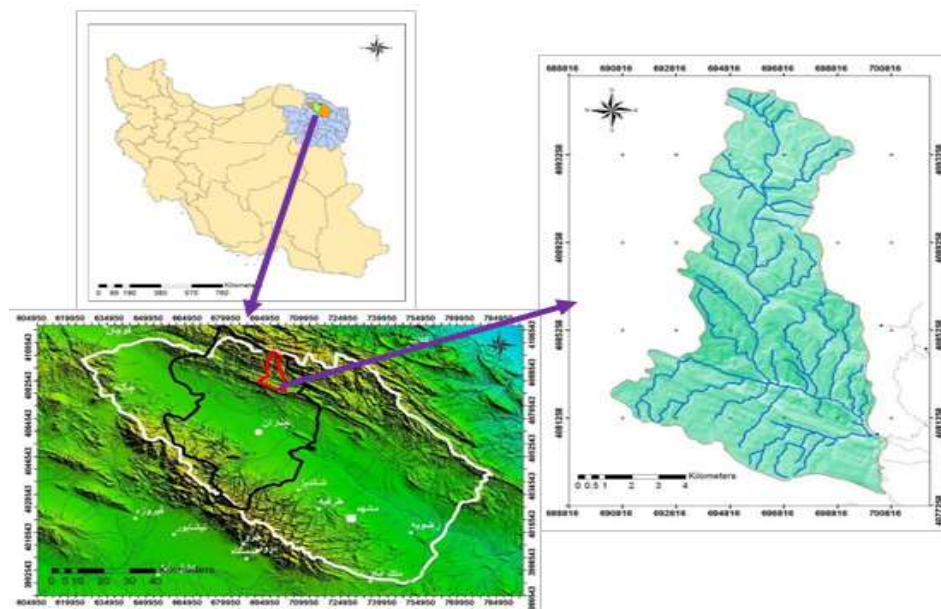
مواد و روشها

تحقیق حاضر با توجه به هدف از نوع کاربردی و در زمره تحقیقات توصیفی-تحلیلی می باشد. در این پژوهش برای بررسی پتانسیل سیل خیزی حوضه آبریز بقمچ تحت شرایط هیدرولوژیکی و فیزیوگرافی اقدام شد. مواد پژوهش شامل منابع کتابخانه ای (مقالات، کتابها، اسناد تصویری نظیر نقشه ها و گزارش ها) و مطالعات میدانی (مشاهده و مصاحبه) می باشد. جهت تهیه ی لایه های اطلاعاتی از نرم افزار ARC GIS استفاده شده است. از نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح برای مشخص کردن خط الرأس ها و استخراج حوضه و نقشه های زمین شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ شهرستان چناران سازمان زمین شناسی کشور برای لیتولوژی و شناسایی گسلهای مورد مطالعه استفاده شده است. از لایه DEM سنجنده ASTER، جهت استخراج لایه های ارتفاع، شیب و موقعیت آبراهه ها استفاده شد. پیش پردازش لایه DEM، تقسیم بندی آبراهه ها، تشخیص الگوی زهکشی و استخراج زیرحوضه ها توسط الحاقیه Arc Hydro و محاسبه پارامترهای فیزیوگرافی زیرحوضه ها و شماره منحنی CN آن توسط الحاقیه HEC GeoHMS در محیط ARC GIS صورت پذیرفت.

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز بقمچ در دامنه جنوبی رشته کوههای هزار مسجد، در بخش شمال غربی دشت مشهد قرار دارد. این حوضه در محدوده طول های جغرافیایی $26^{\circ} 12' 59''$ الی $27^{\circ} 15' 00''$ شرقی و عرض های جغرافیایی $38^{\circ} 49'$ الی $37^{\circ} 59' 37''$ شمالی، در فاصله حدود ۳۰ کیلومتری شمال شهر چناران در حوضه آبریز رودخانه کشف رود قرار دارد. حوضه آبریز بقمچ با $96/5$ کیلومتر مربع مساحت، دارای اقلیم سرد و خشک و رژیم بارش زمستانه - بهاره می باشد. به علت وجود تشکیلات آهکی در بخش غالب حوضه، رودخانه دارای آب دائم می باشد به طوری که حتی در سالهای خشک هم این رودخانه علاوه بر تأمین آب مورد نیاز شرب و باغات روستاهای داخل حوضه، از آب خروجی

برخوردار است. این منطقه به دلیل وجود گسلهای اصلی و فرعی یک منطقه ی تکتونیزه محسوب می شود. شکل شماره ۱ موقعیت حوضه آبریز بقمچ را نشان می دهد.



شکل ۱: نقشه موقعیت و وضعیت زهکشی حوضه ی آبریز بقمچ در شهرستان چناران و دشت مشهد.

محاسبه زمان تمرکز

با توجه به وسعت کم حوضه مورد مطالعه و شیب نسبتا زیاد آبراهه های اصلی و همچنین جهت تجزیه و تحلیل مطمئن تر داده های شدت - مدت، روش کرپیچ برای کلیه واحده (بهاد می گردد).

$$TC = 0.0195 L^{0.77} S^{-0.385}$$

که در این رابطه T_c ؛ زمان تمرکز به $L, \min$ ؛ طول آبراهه اصلی (m)، S ؛ شیب آبراهه اصلی (m/m) است. زمان تمرکز حوضه با روش کرپیچ، با ۰/۳۵ ساعت می باشد.

جدول ۱: محاسبه پارامترهای مهم فیزیکی به صورت رقومی و به تفکیک زیرحوضه و کل حوضه

زیرحوضه	مساحت	ارتفاع متوسط	شب حوضه	زمان تمرکز	طول آبراهه اصلی	دبی پیک
W1	□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□
W2	□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□
W3	□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□
W4	□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□

□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□	W5
□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□	W6
□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□	W7
□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□	W8
□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□	W9
□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□	W10
□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□	W'1
□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□	W'2
□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□	W'3
□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□	W'4
□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□	حوضه

برآورد شماره منحنی (CN)

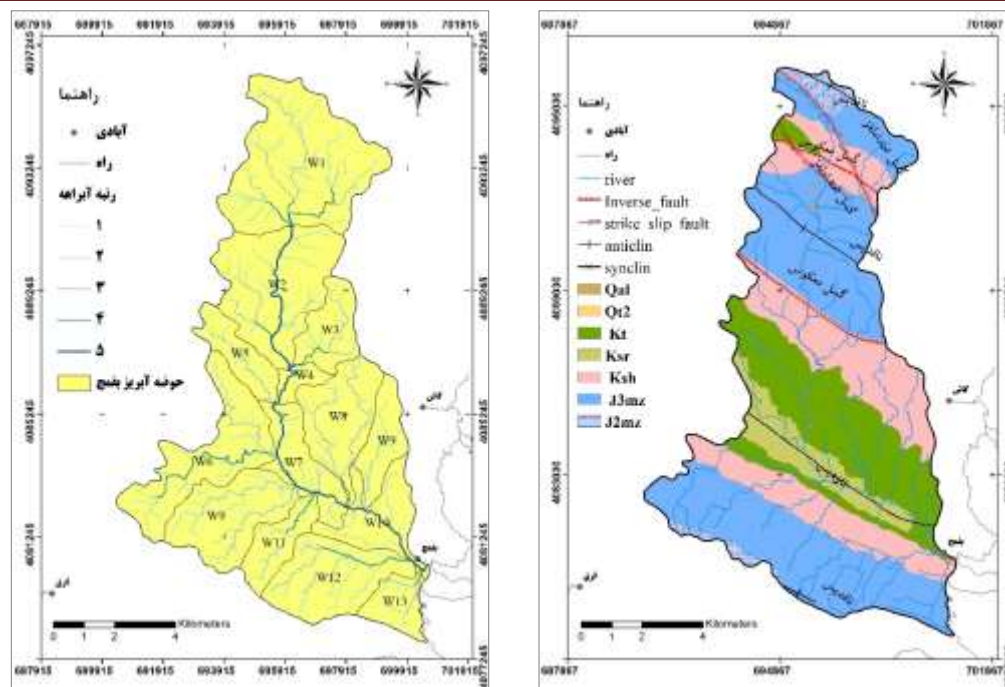
برای محاسبه شماره منحنی در این مقاله با استفاده از روش جدول SCS و اطلاعات پوشش گیاهی، کاربری اراضی و گروههای هیدرولوژیک خاک نقشه شماره منحنی تهیه و سپس شماره منحنی وزنی حوضه محاسبه می گردد. با استفاده از داده های مشاهداتی بارندگی و رواناب و از طریق رابطه (۳) ابتدا حداکثر پتانسیل نگه داشت آب و با استفاده از رابطه (۲) مقدار رواناب سطحی بدست می آید.

$$R = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)}$$

که در این رابطه R ارتفاع معادل رواناب سطحی بر حسب اینچ، P ارتفاع بارندگی ۲۴ ساعته بر حسب اینچ و S عامل مربوط به نگهداشت رطوبت در خاک است که مقدار آن برابر است ؛

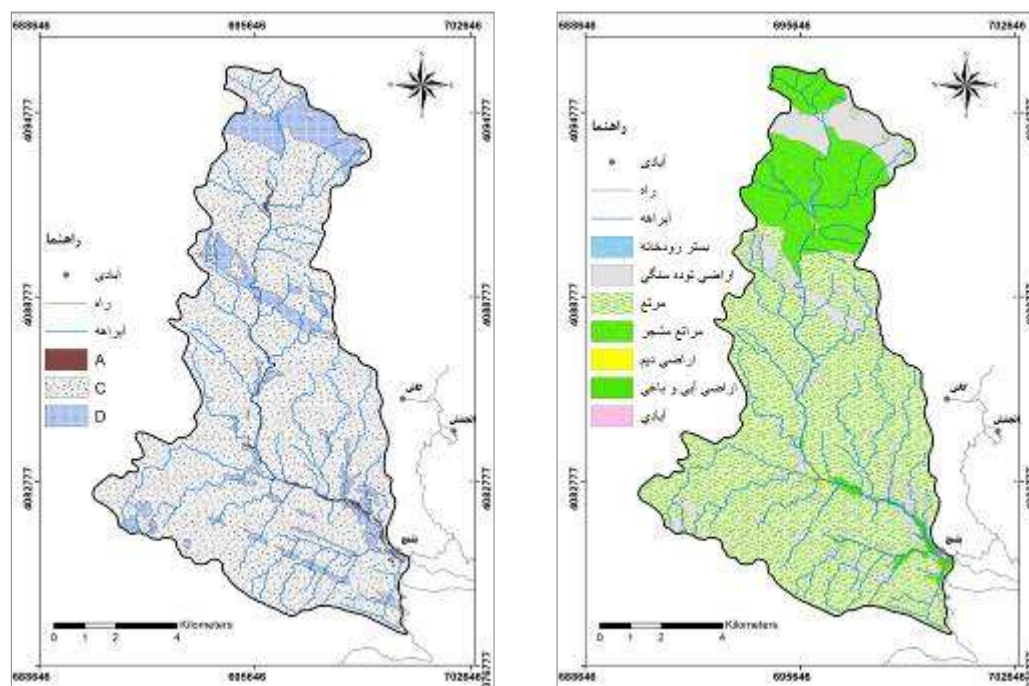
$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

با استفاده از رابطه (۳) نقشه مقدار نفوذ حداکثر در منطقه تهیه شد این لایه در واقع مقدار بارانی را که در زمین نفوذ میکند را نشان می دهد.



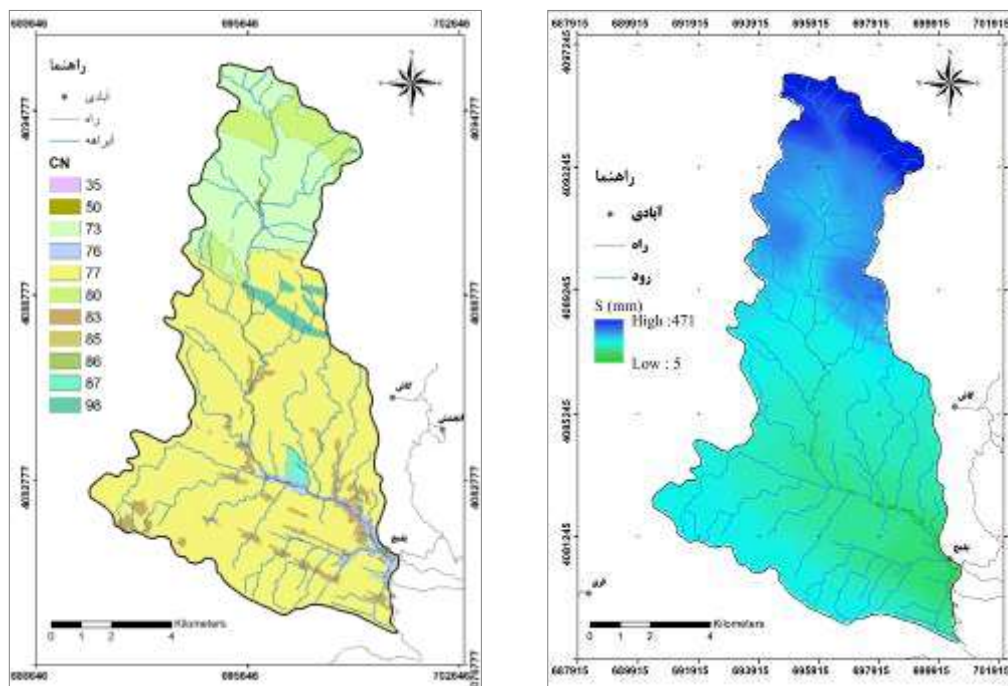
شکل ۲: پراکنش زیرحوضه‌های حوضه آبریز بقمچ

شکل ۳: زمین‌شناسی حوضه آبریز بقمچ



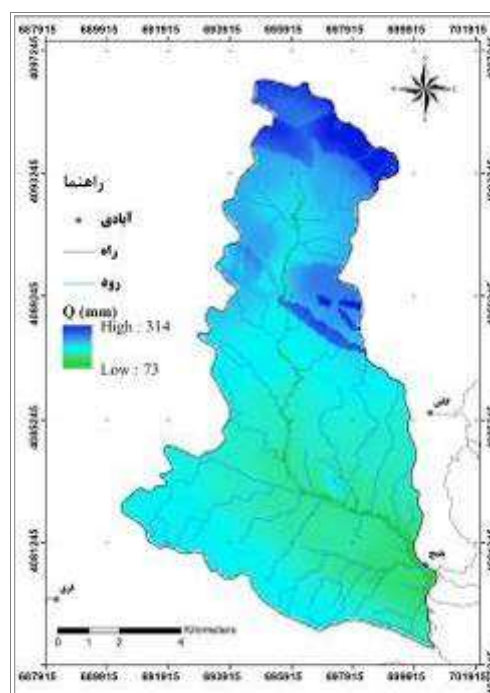
شکل ۳: گروه‌های هیدرولوژیکی خاک در حوضه آبریز بقمچ

شکل ۴: کاربری اراضی در حوضه آبریز بقمچ



شکل ۵: شماره منحنی CN در حوضه آبریز بقمچ

شکل ۶: میزان نفوذ (S) بر حسب میلتر در حوضه آبریز بقمچ



شکل ۷: میزان رواناب (Q) بر حسب میلتر در حوضه آبریز بقمچ

نتایج

نتایج پژوهش نشان داد نوع لیتولوژی و کاربری اراضی در سطح حوضه آبخیز، مهم‌ترین مؤلفه‌های تعیین‌کننده نفوذ محسوب می‌شوند که بر رواناب و پیرو آن بر دبی اوج حوضه تأثیر می‌گذارند. حوضه مورد مطالعه یک حوضه کوهستانی می‌باشد. شیب زیاد باعث تکوین پوشش گیاهی متراکم در حوضه پژوهش شده است و قدرت و سرعت جریان‌های سطحی در بخش‌های مختلف حوضه دیده می‌شود. بیش از ۶۵ درصد حوضه شمال سازندهای کربناته می‌باشد. براساس شکل شماره (۶) بیشترین مقدار نفوذ برابر با ۴۷۱ میلیمتر که مطابق با سازند مزدوران با لیتولوژی آهکی-دولومیتی و گروه هیدرولوژیکی D در بخش شمالی و در ارتفاعات حوضه و در قسمت‌های از غرب حوضه می‌باشد. کمترین میزان نفوذ منطبق بر آبرفتهای عهد حاضر و منطبق بر گروه هیدرولوژیکی A و نواحی جمعیتی-روستایی می‌باشد. حدکثر میزان تولید رواناب ۳۱۴ میلیمتر در ارتفاعات حوضه شمال می‌باشد. بخش‌های میانی حوضه با گروه هیدرولوژیکی C میزان نفوذپذیری نسبتاً بالایی دارند. رخنمون‌های سنگی بالادست حوضه پژوهش با شماره منحنی ۹۸ بیشترین پتانسیل تولید رواناب را دارند.

مراجع

بهرامی، شهرام، ایمنی، سپیده، ارزیابی چند مدل تجربی در برآورد رواناب سالیانه مطالعه موردی: حوضه حصارک در شمال غرب تهران، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دوره ۳۰، شماره ۲ - شماره پیاپی ۷۴، ۵۵- صص ۷۴، مرداد (۱۳۹۸)

سلیمانی، کریم، شکریان، فاطمه، عبدلی بوژانی، سپیده، صابری، عارف، اولویت بندی پتانسیل خطر سیل خیزی حوضه آبخیز تالار در محیط، اکوهیدرولوژی، دوره ۸، شماره ۳، ۷۶۲-۷۴۹ صص، پاییز (۱۴۰۰)

عبادی‌فر، مجید، نادری دیزگاه، محمدفاتح، ارزیابی روش‌های تجربی جهت برآورد رواناب سالانه (مطالعه موردی: حوضه آبریز حویق در استان گیلان)، دومین کنفرانس ملی هیدرولوژی ایران، شهرکرد، دانشگاه شهرکرد - انجمن هیدرولوژی ایران، ۱-۱۲ صص، (۱۳۹۶).

عزیزنیا کشتلی، علی‌اصغر، بیات ورکشی، مریم، ارزیابی معادلات تجربی برآورد رواناب در حوضه بابلرود، هفتمین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران، یزد، دانشگاه یزد - انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایران، ۱-۱۱ صص، (۱۳۹۷).

صفاری، امیر، قنواتی، عزت‌الله، بهشتی جاوید، ابراهیم، حسینی، هاشم، برآورد پهنه‌بندی رواناب ناشی از بارش

۲۴ ساعته با استفاده از روش SCS-CN حوضه سد یامچی اردبیل، فصلنامه بین‌المللی انجمن جغرافیایی ایران، سال ۱۱، شماره ۲۸، ۲۰۱-۲۱۷ صص، (۱۳۹۱).

مصطفی‌زاده، رئوف، میرزایی، شهناز، ندیری، پریا، تعیین شماره منحنی از رویدادهای بارش و رواناب و تغییرات آن با مؤلفه‌های بارش در یک حوضه آبخیز جنگلی، نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، دوره ۲۱، شماره ۴، ۱۵-۲۸ صص، (۱۳۹۶).

مهدوی، محمد، هیدرولوژی کاربردی، جلد دو، چاپ هفتم، تهران، انتشارات دانشگاه ۴۲۴ ص، (۱۳۹۰)

Anubha, T., Singh, A.K., Rakesh, V., (2015). SCS CN Runoff Estimation for Vindhyachal Region using Remote Sensing and GIS, International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS, Vol 4, Pp 1- 10.

Kowalik, T., Walega, A., (2015). Estimation of CN parameter for small agricultural watersheds using asymptotic functions, Water, Vol 7, Pp 939-955

Satheeshkumar, S., Venkateswaran, S., Kannan, R., (2017). Rainfall-runoff estimation using SCS- CN and GIS approach in the Pappiredipatti watershed of the Vaniyar sub basin, South India, Modeling Earth Systems and Environment, Vol 3 (24), Pp 1- 8

امکان سنجی احداث مجتمع های گردشگری و خدمات درمانی با استفاده تکنیک S.W.O.T

(مطالعه موردی: چشمه آبگرم شهر گلگیر)

^۱ هاید آرا، ^۲ لقا میرعالی، ^۳ محمدکیا کیانیان

^۱ استادیار گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان (ara338@semnan.ac.ir)

^۲ دانشجوی رشته مدیریت جهانگردی گرایش اکوتوریسم، دانشگاه سمنان (mirali123@semnan.ac.ir)

^۳ استادیار گروه بیابان، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان (m_kianian@semnan.ac.ir)

چکیده

چشمه های آبگرم و معدنی محل هایی مناسب برای ایجاد اقامتگاه های توریستی است و با ایجاد مراکز تفریحی و ارائه خدمات و امکانات در این نقاط می توان آنها را به مقاصد گردشگری درجه اول برای گردشگران تبدیل کرد. هدف از تحقیق حاضر امکان سنجی ایجاد مجتمع های گردشگری-آبدرمانی در محدوده چشمه های معدنی گلگیر شهرستان مسجد سلیمان استان خوزستان، به عنوان یکی از مناطق مستعد ایجاد مجتمع های آبدرمانی است. داده های مورد استفاده نقشه های توپوگرافی و زمین شناسی، داده های بارش منطقه، نمونه برداری های آب چشمه ها بر حسب فصول چهارگانه و بررسی های میدانی دقیق بوده است. در این پژوهش با استفاده از تکنیک S.W.O.T نقاط قوت و ضعف و فرصت ها و تهدیدها با هدف شناسایی و اولویت بندی ظرفیت های مناسب گردشگری چشمه معدنی گلگیر و شناساندن فواید و اثرات احداث مجتمع گردشگری و خدمات درمانی آب معدنی در جذب گردشگر داخلی و خارجی مورد بررسی قرار گرفته است. پروژه حاضر بر مبنای نتیجه، از نوع کاربردی و به لحاظ ماهیت تحقیق، از نوع توصیفی-پیمایشی و تحلیلی است. نتایج این تحقیق نشان داد، که مهمترین تهدیدات به ترتیب عدم برنامه ریزی مناسب و تامین اعتبارات کافی در خصوص توسعه صنعت گردشگری چشمه آبگرم در این منطقه توسط مسئولین و سپس خطرات موقت زیست محیطی (خاک، پوشش گیاهی، حیوانات) بر اثر ایجاد مجتمع آبدرمانی و مهمترین فرصت ها به ترتیب افزایش توجه دولت به سرمایه گذاری در بخش گردشگری و افزایش توجه بخش خصوصی به سرمایه گذاری در بخش گردشگری هستند.

کلمات کلیدی: گردشگری درمانی، چشمه معدنی، شهر گلگیر، تحلیل S.W.O.T، امکان سنجی، ترکیب ژئوشیمیایی آب

مقدمه

امروزه گردشگری درمانی و استفاده از درمان‌های طبیعی درصد نسبتاً قابل توجهی از گروه‌های مختلف گردشگری را در سطح جهان به خود اختصاص می‌دهد. در کشور ما ایران نیز از دیرباز آب‌های گرم با خواص درمانی، به عنوان یک نعمت ارزشمند خدادادی مورد توجه بوده است. مصداق این ادعا وجود معابد آناهیتا در کنار چشمه‌های آبگرم می‌باشند (جباری، ۱۳۹۲). در زمینه‌ی گردشگری درمانی مطالعات بسیاری انجام شده است، که در ادامه به آنها اشاره شده است. فرج‌زاده اصل و رفیق کریم‌پناه (۱۳۸۷) محدوده‌ی استان کردستان را از نظر توسعه‌ی گردشگری طبیعی ارزیابی کردند و زمین‌های استان را برای انجام شش فعالیت گردشگری طبیعی شامل کوهنوردی، دامنه نوردی، اسکی، طبیعت‌درمانی، ورزش‌های آبی و طبیعت‌گردی تقسیم کردند و در نهایت نشان دادند، که تنها یک درصد از مساحت استان هیچ چگونه قابلیتی برای توسعه‌ی این نوع از گردشگری ندارد. فاضل نیا و هدایت (۱۳۸۹)، با استفاده از مدل سوات به ارائه راهبردهای مناسب برای توسعه‌ی گردشگری دریاچه‌ی زیروار پرداختند و به این نتیجه رسیدند، که به دلیل گردشگری‌پذیری آستانه‌ی آسیب‌پذیری دریاچه بالا است. کیومرثی (۱۳۹۰)، در پژوهشی با بهره‌گیری از قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی و تلفیق لایه‌های مؤثر به مکان‌یابی دهکده‌ی گردشگری در ساحل دریاچه‌ی کافت‌ر شهرستان اقلید پرداخته و مکان دهکده‌ی گردشگری را در ضلع شمالی دریاچه پیشنهاد داده است. نوری و همکاران (۱۳۹۱)، در پژوهشی تحت عنوان "نقش ایران در گردشگری درمانی جهان اسلام با تأکید بر طبیعت درمانی (کارکردها، چالش‌ها و راهکارها)" دریافتند، که با توجه به استعدادهای طبیعی کشور ایران در زمینه گردشگری درمانی از جمله چشمه‌های آب گرم معدنی بسیار ضروری است، که برنامه‌های مفید استراتژیکی برای این امر طرح‌ریزی گردد و با توجه به این امر است، که گردشگری درمانی در کشور ایران یک امر بین‌دستگاهی است. این مهم، جز با مدیریت قوی و برنامه‌ریزی هدفمند حاصل نمی‌شود. فارسی (۲۰۰۱)، از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای مکان‌یابی مناطق مناسب برای توسعه‌ی گردشگری در جزیره‌ی لومباک در اندونزی استفاده کردند. هدف اصلی این تحقیق پیشنهاد یک شیوه‌نامه برای برنامه‌ریزی گردشگری مبتنی بر جی. آی. اس بود. با استفاده از تلفیق و ارزیابی چند عامله، برخی مکان‌های بالقوه برای توسعه‌ی گردشگری شناسایی شد. در پژوهشی که سالم هرّشه (۲۰۰۲) با عنوان "گردشگری درمانی در اردن و توسعه پتانسیل‌های آن" براساس جمع‌آوری داده‌ها و تجزیه و تحلیل آنها با ابزار سوات، به این نتایج دست یافت، که برنامه‌ریزی و راهبرد تهاجمی به منظور توسعه سایت‌های درمانی بهترین راهبرد بوده و اقداماتی از قبیل ارتقاء کیفیت زیرساخت‌ها و روستاها، فعالیت‌های هدفمند و برنامه‌ریزی شده بازاریابی، افزایش سطح آگاهی نسبت به منابع درمانی طبیعی و یکپارچه کردن روش‌های درمانی (خدمات چشمه‌های معدنی و خدمات پزشکی) از طریق تشکیل انجمن و کارگروهی برای چشمه‌های معدنی با نام کارگروه گردشگری سلامت اردن، می‌تواند در زمینه رشد و توسعه روزافزون گردشگری

سلامت اردن کارگشا باشد. دانگ و کینگ (۲۰۰۲)، در ارزیابی جاذبه‌های طبیعی گردشگری در پارک ملی ویکتوریا در استرالیا با استفاده از تکنیک سلسله مراتبی، پارک را از نظر توان گردشگری به چهار سطح طبقه بندی کردند و به این نتیجه رسیدند، که تحلیل سلسله مراتبی می‌تواند در انتخاب محل مناسب ارائه خدمات به گردشگران و همچنین در اولویت بندی سرمایه‌گذاری و حفاظت از محیط زیست به مدیران یاری رساند. پیرنار و آیکوز (۲۰۱۰)، تحقیقی را تحت عنوان "گردشگری سلامت در از میر: پتانسیل‌ها، راهبردها و راهکارها" انجام دادند و بر اساس تجزیه و تحلیل سوات دریافتند، که گردشگری سلامت در واقع یکی از حوزه‌های بسیار مناسب گردشگری برای سرمایه‌گذاری و توسعه در از میر می باشد و در مصاحبه‌های انجام شده بیشتر پاسخگویان بر راهبردهای تهاجمی تأکید داشته و دارند، که همکاری سازمان‌ها و گروه‌های متولی امر، برنامه‌ریزی، ارتقا هدفمند و سرمایه‌گذاری داخلی و خارجی از عوامل مهمی هستند، که برای توسعه گردشگری شهر از میر ضروری می باشند.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

مطابق تقسیمات سیاسی - اداری کشوری در سال ۱۳۹۱، شهر گلگیر واقع در استان خوزستان، شهرستان مسجدسلیمان و بخش گلگیر می باشد. شهر گلگیر مرکز بخش گلگیر از توابع شهرستان مسجد سلیمان می‌باشد. بر اساس تقسیمات در سرشماری سال ۱۳۹۰، روستای گلگیر به عنوان شهر گلگیر شناخته شده است. به لحاظ موقعیت جغرافیایی یا ریاضی، شهر گلگیر در موقعیت ریاضی - جغرافیایی ۳۱ درجه و ۴۶ دقیقه و ۵ ثانیه شمال عرض جغرافیایی و ۴۹ درجه و ۳۰ دقیقه و ۳ ثانیه شرق طول جغرافیایی قرار گرفته است. همچنین شهر گلگیر در ارتفاع ۳۸۰ متر از سطح دریا واقع شده است. در مشرق از مهمترین ارتفاعات منطقه گلگیر، کوه آسماری است، که ۱۳۹۰ متر ارتفاع دارد.

چشمه‌های آبگرم گلگیر در ۴۰ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان مسجدسلیمان و تقریباً در ۱۸۰ کیلومتری شمال شرقی اهواز واقع شده است. محل مورد نظر در دماغه‌ی کوه آسماری و در دره رودخانه شور گلگیر قرار دارد (عبداله‌ی موسوی، ۱۳۸۷). به منظور انجام این تحقیق، از داده‌های اقلیمی ایستگاه سینوپتیک مسجد سلیمان (میانگین ماهانه شاخص‌های دمایی، بارندگی و رطوبت نسبی)، به منظور بررسی وضعیت اقلیمی منطقه مورد مطالعه، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰ و مدل ارتفاعی رقومی ۳۰ متر به منظور بررسی وضعیت توپوگرافی و شیب منطقه مورد مطالعه، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ به منظور بررسی وضعیت زمین‌شناسی و چینه‌شناسی منطقه، محاسبه میزان دبی

چشمه گلگیر بر اساس اندازه‌گیری میزان دبی در فصول مختلف سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵، نمونه‌برداری از آب چشمه و انجام آزمایش‌های شیمیایی و هیدروشیمیایی که جهت سنجش شیمیایی کامل یون‌های عمده چشمه و بررسی‌های میدانی دیگر استفاده گردید. در نهایت با توجه به بررسی‌های انجام گرفته، مطالعه منابع گوناگون و کسب اطلاعات لازم و همچنین با پرسش از افراد مطلع و با تجربه و با توجه به هدف اصلی این پژوهش، اقدام به تهیه فهرستی از نقاط قوت و ضعف (عوامل داخلی) و فرصتها و تهدیدها (عوامل بیرونی) نموده و در قدم بعدی با توجه به اهمیت موارد مشخص شده به وزن دهی فهرست مذکور پرداخته شد. مجموع امتیازات نهایی بین صفر تا ۱ است، که کسب امتیاز ۰ تا ۰/۵ عوامل داخلی نشانگر ضعف و امتیاز ۰/۵ تا ۱ نشانگر قدرت این عوامل است. همچنین امتیاز نهایی ۰ تا ۰/۵ عوامل خارجی بیانگر تهدیدها و امتیاز ۰/۵ تا ۱ بیانگر فرصتهاست. مجموع این امتیازات نشان می‌دهد، که چشمه مورد مطالعه با توجه به عوامل و متغیرهای مورد بررسی شرایط لازم جهت ایجاد مجتمع‌های گردشگری و خدمات درمانی را داراست یا خیر. نهایت با شناخت صحیح از این عوامل می‌توان به ارائه راهبردهای لازم جهت احداث مجتمع‌های گردشگری در منطقه مورد مطالعه رسید.

نتایج

جاذبه‌ها و مراکز سیاحتی، آثار باستانی و بناهای مذهبی بخش گلگیر

قنات‌های گلگیر واقع در دامنه‌های کوه آسماری، بقایای قلعه و آثار تپه‌ای باستانی گلگیر (واقع در داخل روستا)، که قدمت آن به هزاره پنجم تا دوره هخامنشیان می‌رسد، تپه‌ای باستانی گلگیر، آثار باستانی آب تلخه‌ی سیدان، باغات کارخانه سیمان، چشمه آب معدنی گرو، تفرجگاه کوه آسماری، بقایای آسیاب‌های آبی دو آب شاه منصوری و تمبی چمفراخ، دهگه تنگ جرم آبی و اکبر آباد تمبی، آبشار چاه نصرآباد رودخانه شورتمبی، قلعه مدرسه بکال، قلعه تنگ خانی در آهنگری قلعه آب گرمه، بقعه امامزاده سلطان ابراهیم در سرچشمه گرو و کهریزهای آن با قدمت ۲۰۰۰ ساله نشان از فرهنگ و تمدن پیشینیان در این منطقه دارد (چراغیان بختیاری، ۱۳۸۸).



عکس ۱. چشمه آبگرم معدنی گلگیر در چهارفصل عکس از: نگارنده

هدف این مرحله سنجش محیط داخلی منطقه مورد مطالعه جهت شناسایی نقاط قوت و ضعف و کند و کاو و آثار محیط خارجی در ناحیه جهت شناسایی فرصت و تهدیدهایی است، که منطقه گلگیر با آن مواجه است. در منطقه مورد مطالعه (شهر گلگیر)، تعداد ۲۳ قوت درونی در برابر ۱۷ نقطه ضعف درونی، تعداد ۱۷ فرصت بیرونی در برابر ۱۲ تهدید بیرونی شناسایی و بررسی شده است، به این ترتیب در مجموع تعداد ۴۰ نقطه قوت و فرصت به عنوان مزیت‌ها و ۲۹ ضعف و تهدید به عنوان محدودیت‌ها و تنگناها شناسایی شدند. نتایج تحلیل سوات در رابطه با ایجاد مجتمع گردشگری و درمانی چشمه‌ی آبگرم معدنی گلگیر به صورت زیر آورده شده است.

عوامل داخلی (نقاط قوت)

آنالیز آب چشمه / آیین و مراسمات خاص قوم بختیاری ساکن در منطقه / طبیعت بکر و زیبای منطقه / وجود چشم-اندازهای زیبا و منحصر به فرد / وجود چشمه معدنی منحصربه فرد و فراوانی منابع آب زیرزمینی / محیطی امن و آرام برای استراحت و تفرج / وجود امنیت در منطقه / اقلیم بسیار مطلوب پاییز و زمستان و بهار برای جذب گردشگر / فاصله‌ی کم تا شهرستان مسجدسلیمان / جاذبه‌های تفریحی و ورزشی منطقه / وجود فرودگاه در ۳۸ کیلومتری منطقه / مناسب بودن هزینه اسکان و حمل و نقل / بخاطر قرارگیری این روستاها در کنارکوه آسماری از فعالیت کوهنوردی می‌توان در جذب گردشگر به به منطقه استفاده کرد / فرهنگ مهمان نوازی خوب سکنه شهر / متنوع بودن منابع جاذب گردشگری در منطقه / وجود بازی‌ها و غذاهای محلی / صنایع دستی / فاصله‌ی کم با مرکز استان / اراضی کشاورزی با وسعت زیاد در اطراف چشمه، زمینه‌ای برای توسعه‌ی گردشگری روستایی و کشاورزی فراهم می‌کند. / جمع‌آوری زباله‌ها توسط شهرداری منطقه و دفن آن و کاهش آلودگی محیطی / فاصله ۵ / ۷ کیلومتری به جایگاه سوخت‌گیری / تنوع جاذبه‌ها

عوامل خارجی (فرصت‌ها):

عوامل داخلی، (نقاط ضعف):

اسفند ماه ۱۴۰۱ - دانشگاه تهران

شناساندن چشمه به مردم/ عدم توجه مسئولین منطقه به عوامل تخریب چشمه و مرمت چشمه/ کمبود امکانات زیربنایی در بخش مخابرات، اینترنت..

عوامل خارجی (تهدیدها):

خطرات موقت زیست محیطی (خاک، پوشش گیاهی، حیوانات) منطقه بر اثر ایجاد مجتمع آبرسانی/ خطر کاهش جمعیت و از بین رفتن منابع و خدمات موجود در این شهر بر اثر بیکاری و مهاجرت/ از بین رفتن خصوصیات طبیعی منطقه در اثر فعالیت کارخانه سیمان کارون/ عدم برنامه ریزی مناسب و تامین اعتبارات کافی در خصوص توسعه صنعت گردشگری چشمه ی آبگرم در این منطقه توسط مسئولین/ تخریب مراتع اطراف چشمه و پوشش گیاهی توسط گردشگران منطقه و عشایر دامدار/ آلودگی منابع آب خاک منطقه بر اثر حجم ورود گردشگران به علت تاسیس مجتمع آبرسانی/ ناتوانی و نبود اختیارات لازم برای ایجاد خدمات و تسهیلات مربوط به گردشگری/ عدم اهتمام به افزایش زیرساخت های گردشگری منطقه/ بالابودن خطر افزایش تصادفات بعثت پرپیچ و خم بودن جاده ی منتهی به مسجد سلیمان و شهر گلگیر/ نامناسب بودن زیرساخت های حمل و نقل منطقه/ آب و هوای گرم منطقه در فصل تابستان/ عدم آشنایی کامل و درک روشن به مسایل زیست محیطی منطقه

سپس با توجه به الویت بندی و کدگذاری نقاط ضعف، قوت، فرصت ها و تهدیدات، مهمترین راهبردهای برنامه ریزی منطقه مشخص شده اند.

الویت بندی نقاط قوت S	الویت ت	الویت بندی نقاط ضعف W	الویت ت	الویت بندی فرصت ها O	الویت ت	الویت بندی تهدیدها T	الویت ت
آنالیز آب چشمه	۱	عدم سرمایه گذاری بخش دولتی و خصوصی به اندازه کافی	۱	افزایش توجه دولت به سرمایه گذاری در بخش گردشگری	۱	عدم برنامه ریزی مناسب و تامین اعتبارات کافی در خصوص توسعه صنعت گردشگری چشمه ی آبگرم در این منطقه توسط مسئولین	۱
وجود چشمه آبگرم و معدنی منحصر بفرد و فراوانی منابع آب زیرزمینی	۲	عدم برنامه ریزی صحیح در استفاده از قابلیت های توسعه توریسم منطقه	۲	افزایش توجه بخش خصوصی به سرمایه گذاری در بخش گردشگری	۲	تخریب مراتع اطراف دریاچه و پوشش گیاهی توسط گردشگران منطقه و عشایر دامدار	۲
آیین و مراسمات خاص کهن قوم بختیاری موجود در منطقه	۳	نامناسب بودن زیرساخت های محیطی و کالبدی	۳	وجود جاذبه های متنوع دیگر گردشگری قابل توجه و توسعه	۳	خطر ماسه های روان و از بین بردن زمین های قابل کشت منطقه	۳
فرهنگ مهمان نوازی خوب سکنه شهر	۴	عدم وجود نیروی متخصص و مجرب	۴	مورد توجه قرار گرفتن صنعت گردشگری منطقه توسط مسئولین استانی و کشوری	۴	عدم برنامه ریزی مناسب و تامین اعتبارات کافی در خصوص توسعه صنعت گردشگری چشمه ی آبگرم در این منطقه توسط مسئولین	۴

۵	محیطی امن و آرام برای استراحت و تفرج	۵	عدم آموزش نیروی شاغل در بخش توریسم منطقه	۵	تشویق سازمان- های دست اندرکار برای بالابردن تسهیلات توسعه توریست	۵	عدم اهتمام به افزایش زیرساخت- های گردشگری منطقه
۶	وجود امنیت در منطقه	۶	عدم توجه مسئولین منطقه به عوامل تخریب چشمه و مرمت چشمه	۶	تلاش برای کاهش موانع حمل و نقل و افزایش سرویس دهی	۶	بالا بودن خطر افزایش تصادفات بعثت پرپیچ و خم جاده ای منتهی به مسجد سلیمان و شهر گلگیر
۷	وجود چشم اندازهای زیبا و منحصر به فرد منطقه	۷	عدم کفایت امکانات بهداشتی و درمانی	۷	استفاده از نیروهای تحصیل کرده محلی در امور گردشگری منطقه	۷	نامناسب بودن زیرساخت های حمل و نقل منطقه
۸	متنوع بودن منابع جاذب گردشگری در منطقه	۸	کمبود امکانات و تسهیلات اقامتی- رفاهی برای جذب گردشگر	۸	قرارگیری شهرستان مسجد سلیمان در مسیر بین استان های چهارمحال بختیاری و کهگیلویه و بویراحمد و اصفهان و یزد و موقعیت خوبی را از نظر دسترسی فراهم کرده است.	۸	از بین رفتن خصوصیات طبیعی منطقه در اثر فعالیت کارخانه سیمان کارون
۹	اراضی کشاورزی با وسعت زیاد در اطراف چشمه زمینه ای برای توسعه ای گردشگری	۹	وجود کارخانه سیمان کارون در فاصله کمی از شهر گلگیر و چشمه و ایجاد آلودگی های محیطی	۹	ساخت فیلم های مستند در مورد چشمه برای معرفی آن به مردم بومی و غیربومی	۹	آلودگی منابع آب و خاک منطقه

						روستایی و کشاورزی فراهم می کند.
۱۰	خطر کاهش جمعیت و از بین رفتن منابع و خدمات موجود در این شهر بر اثر بیکاری و مهاجرت	۱۰	رونق اقتصادی منطقه و افزایش درآمد مردم محلی با توسعه-ی گردشگری چشمه-ی آبگرم	۱۰	نامناسب بودن راه دسترسی به دریاچه	۱۰ وجود فرودگاه در ۳۸ کیلومتری منطقه
۱۱	آب و هوای گرم منطقه در فصل تابستان	۱۱	بهبودی نسبی وضع اقتصادی مردم و زیاد شدن مسافرت های تفریحی و گردش	۱۱	فقدان مراکز و ارگان های آموزش دهنده به اهالی و سکنه این شهر در خصوص اهمیت این چشمه در صنعت توریست	۱۱ نزدیکی به مرکز استان، تنوع آب و هوایی و وجود چهار فصل

جدول ۱. الویت بندی و کدگذاری نقاط ضعف، قوت، فرصت ها و تهدید

نتیجه گیری

گردشگری درمانی و چشمه های معدنی از قدیم الایام در همه ی فرهنگ ها مورد توجه بوده است و آثار بجا مانده در کنار این چشمه ها معرف این مدعاست. بعضی از کشورها با ساخت تاسیسات و مجتمع هایی باعث رونق این نوع گردشگری شده اند و مقامی هم در این زمینه در جهان کسب کرده اند، اما ایران با توجه به تعدد این چشمه ها سهمی از این نوع گردشگری نبرده است. این پژوهش با هدف امکان سنجی احداث دهکده های گردشگری و خدمات درمانی در محل چشمه معدنی شهرستان گلگیر مسجد سلیمان صورت پذیرفت. توجه دولت و مسولین منطقه ای به امر گردشگری و سرمایه گذاری در این بخش بصورت مشارکتی با بخش خصوصی مانند معافیت های مالیاتی، ایجاد عوامل زیر بنایی و زیرساختی منطقه از قبیل ایجاد مسافرخانه، هتل و مشارکت افراد بومی منطقه در ایجاد بازارهای محلی و ارائه صنایع دستی و غذاهای محلی بعنوان فعالیت های مکمل در کنار چشمه معدنی برای پرکردن اوقات فراغت گردشگران، ایجاد برخی فعالیت های ورزشی مثل کوهنوردی، پیاده روی در طبیعت با توجه به موقعیت مناسب منطقه

بعنوان فعالیت مکمل آبدرمانی با آموزش‌های لازم به افراد شاغل در این بخش، تبلیغات مناسب و آگاهی دهی به مردم محلی در مورد توان گردشگری منطقه خود و تلاش در حفظ و تقویت آنها و جلوگیری از تخریب زمینه ایجاد مجتمع گردشگری و آبدرمانی را در این منطقه را فراهم می کند.

مراجع

- جباری، علیرضا، بررسی مفاهیم و تاریخچه گردشگری سلامت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، ۱۳۹۲.
- فرخ زاده اصل، منوچهر و رفیق کریم پناه، تحلیل پهنه‌های مناسب توسعه گردشگری طبیعی در استان کردستان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، شماره ۶۵، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۱۳۸۷.
- فاضل نیا، غریب و صلاح هدایت، راهبردهای مناسب برای توسعه گردشگری دریاچه زریوار، شماره ۱۹، صص ۱۴۵-۱۷۰، فصل نامه جغرافیا و توسعه، ۱۳۸۹.
- کیومرثی، حسین، امکا نسنجی ایجاد دهکده‌های گردشگری ساحلی، مطالعه موردی: ساحل دریاچه کافت، پایان- نامه کارشناسی ارشد. دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه اصفهان، ۱۳۹۰.
- نوری، غلامرضا، تقی زاده، زهرا، شیرانی، زیبا، نقش ایران در گردشگری درمانی جهان اسلام با تاکید بر طبیعت درمانی (کارکردها، چالش‌ها و راهکارها)، سال اول، شماره ۳، فصلنامه فضای گردشگری، ۱۳۹۱.

[5] Deng, Jinyang, King, Brian and Thomas, Bauer, Evaluation natural attractions for tourism, 422-438, 2002, No. 2, Vol 29, Tourism Research, 2002.

[6] Pirnar, Ige & Coz, Onur, health tourism in Izmir: potential, strategies and suggestion. Proceedings of the Travel and Tourism Research, 2010.

[7] Harahsheh, Salem Salameh. Curative Tourism in Jordan and its Potential Development. Bournemouth University, United Kingdom, 2002.

اهمیت سیستم مدیریتی در جذب زمین گردشگران در ژئوپارک ها

The importance of the management system in attracting tourists to geoparks

^۱مهران مقصودی، ^۲سپیده ربیعی درگاه، ^۳پویا کامرانی

^۱دانشیار ژئومورفولوژی دانشگاه تهران، maghsoud@ut.ac.ir

^۲کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی و آمایش محیط، دانشگاه تهران sepideh.rabieida@ut.ac.ir

^۳دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران pooya.kamrani@ut.ac.ir

چکیده

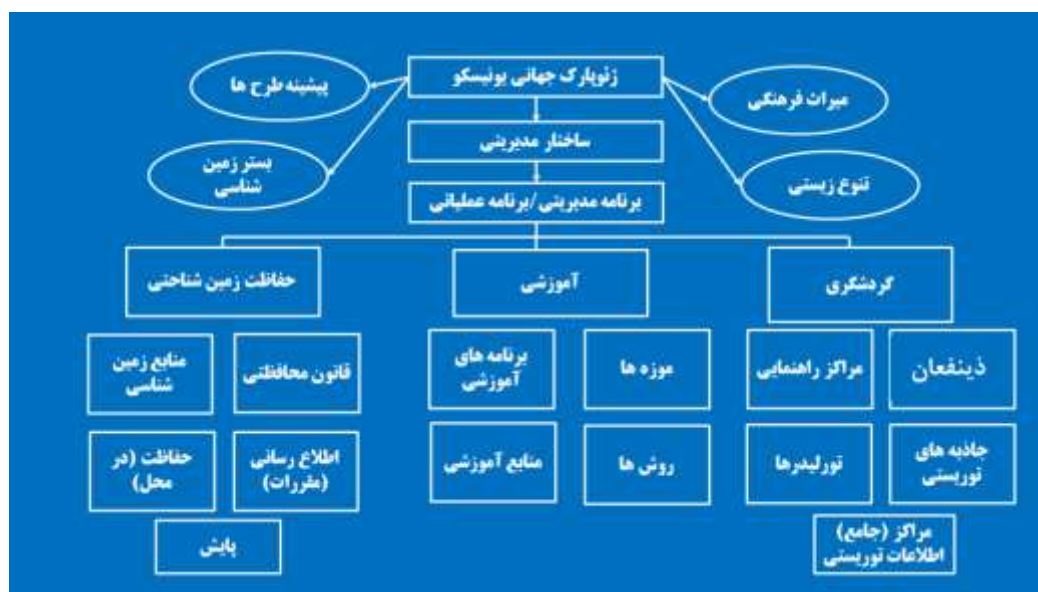
ژئوپارک ها یکی از مهمترین اجزای زمین گردشگری می باشند که در سال های گذشته از جانب گردشگران مورد توجه قرار گرفته اند. به همین منظور وجود یک نظام مدیریتی دانش محور در جهت توسعه پایدار زمین گردشگری در کنار جذب گردشگر از جمله نکاتی است که باید مورد بررسی قرار بگیرد. در این پژوهش با مقایسه و تحلیل سیستم مدیریتی ژئوپارک های طبرس و قشم در ایران و ترودوس، لسوس، تیائزوشان و آلسا در اتحادیه اروپا و چین می کوشیم نقش سیستم مدیریتی، حضور گروه ها و دینفعان را در مدیریت و موفقیت ژئوپارک ها بررسی کنیم. به همین منظور در این پژوهش برای بررسی نقاط قوت و ضعف مدیریتی و همچنین تهدیدها و فرصت های هر یک از ژئوپارک های اشاره شده از مدل تحلیلی SWOT استفاده شده است. نتایج بدست آمده نشان می دهد که مدیریت کارآمد، حضور موثر گروه ها و نهاد ها و مشارکت جامعه محلی و دینفعان می تواند به معرفی و موفقیت یک ژئوپارک کمک کند.

کلمات کلیدی: پارک های زمین شناختی، زمین گردشگری، توسعه پایدار، تحلیل SWOT

مقدمه

به عنوان یک شکل یا نوعی از گردشگری می توان به توریسم زمین شناختی اشاره کرد که بر روی محیط غیر جاندار متمرکز است و جغرافیای گردشگری را می توان یک نگرش جامع به مفهوم توریسم دانست که عناصر جاندار، غیر جاندار و فرهنگی را مورد مطالعه قرار می دهد که از گردشگری زمین شناختی و جغرافیایی با عنوان طیف های ژئوتوریسم تعبیر می شود (داولینگ و نیوسام، ۲۰۱۸). در این میان اگر زمین گردشگری بتواند امکان حفظ منابع آب و خاک، منابع ژنتیکی و منابع گیاهی و جانوری را برای نسل های آینده فراهم کند، توسعه پایدار زمین گردشگری نامیده می شود (بوتلر، ۲۰۰۰ به نقل از مقصودی و همکاران، ۱۳۹۸). هر یک از بخش های دولتی و مردمی در تحقق زمین گردشگری پایدار نقش مهمی دارند؛ به طوریکه که دولت از طریق برنامه ریزی، سازمان دهی، هدایت و نظارت و همچنین مردم به واسطه عوامل شخصی و بافتی از طریق مدیریت ناهنجاری مخاطرات انسانی و کاهش عوامل ناهنجاری مربوط به مخاطرات طبیعی می توانند به تحقق زمین گردشگری پایدار در یک منطقه کمک کنند (پورفرج و همکاران، ۲۰۲۱). در واقع مهمترین گام در تحقق زمین گردشگری پایدار، مسائل مربوط به مدیریت زمین شناختی است (نیوسام و جانسون، ۲۰۱۲). در این بین ژئوپارک ها و بیوپارک ها نقش مهمی در زمین گردشگری و زیست گردشگری پایدار دارند؛ که معمولا در مناطقی توسعه می یابند که از ژئودایورسیتی، بیودایورسیتی و تنوع فرهنگی بالایی برخوردار باشند (بریلها، ۲۰۰۹؛ سامودرا، ۲۰۱۶؛ انسوری، ۲۰۱۷)؛ همچنین ترویج زمین گردشگری پایدار در ژئوپارک ها نیازمند برنامه مدیریتی جامعی است که در آن وضعیت حفاظتی، خطرات و آسیب ها، شرایط دسترسی و مشاهده میراث زمین شناختی مشخص شده باشد و برنامه های مناسبی برای افزایش سطح سواد و آگاهی زیست محیطی جوامع مختلف تدوین شود (کامرانی، ۱۴۰۱)، تحقق موارد اشاره شده نیازمند مدیریتی جامع در مقیاس یک ژئوپارک است. در واقع یک ژئوپارک مطلوب یونسکو دارای ساختار مدیریتی منحصر به فردی است که مسائل آموزشی، گردشگری و حفاظت زمین شناختی را با برنامه ریزی های مدیریتی و عملیاتی (کنسین و همکاران، ۲۰۲۰) اداره می کند (شکل های ۱ و ۲). به طور کلی این پژوهش به دنبال مقایسه ژئوپارک های قشم و طبس با دیگر ژئوپارک های مطرح در سطح بین المللی است تا نقاط قوت و ضعف سیستم مدیریتی آن ها آشکار شود. ژئوپارک قشم در سال ۱۳۸۵ به عضویت شبکه جهانی ژئوپارک ها (GGN) درآمد اما در سال ۱۳۹۱ به دلیل ضعف مدیریتی از یونسکو خارج و پس از رفع برخی از مشکلات مدیریتی دوباره در سال ۱۳۹۶ به شبکه جهانی ژئوپارک ها پیوست. ژئوپارک طبس نیز به تازگی به ثبت یونسکو رسیده است. (وبسایت ژئوپارک طبس، ۱۴۰۱). با توجه به توضیحات بیان شده مقایسه این دو ژئوپارک ایرانی با ژئوپارک های آلكسا (Alxa Desert Geopark)، تیانژوشان (Tianzhushan Geopark)، ترودوس (Troodos Geopark) و لسووس (Lesvos Geopark) که از نظر شرایط ژئومورفولوژیکی تا حدودی با ژئوپارک های ایران نزدیک هستند، می تواند نقاط قوت و ضعف سیستم مدیریتی ژئوپارک های قشم و طبس را برای مدیران، برنامه

ریزان و فعالین این حوزه ها بهتر مشخص کند.



شکل-۱: ساختار مدیریتی یک ژئوپارک جهانی یونسکو (کنسین و همکاران، ۲۰۲۰)



شکل-۲: ده استراتژی مصوب برای شبکه جهانی ژئوپارک ها (شبکه جهانی ژئوپارک ها، ۲۰۲۲-۲۰۲۳)

مواد و روشها

به طور کلی این تحقیق یک پژوهش بنیادی است و در این پژوهش از روش کتابخانه ای به منظور بررسی مبانی نظری و پیشینه تحقیق و با استفاده از اطلاعات پایگاه های معتبری همچون (UNESCO, Global geoparks network, European geopark network) و همچنین وبسایت رسمی ژئوپارک ها (طبس، قشم، لسوس، تروُدوس، تیانژوشان و آلكسا) و سایر پایگاه های منابع علمی و بین المللی استفاده شده است. در زمینه مقایسه عوامل اصلی و اثر گذار در مدیریت ژئوپارک های نام برده شده، از روش مقایسه ای- تحلیلی و روش تجزیه و تحلیل سوات (SWOT: Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) استفاده شده که در آن نقاط قوت، ضعفها، فرصت ها و تهدیدات ژئوپارک ها مورد بررسی قرار می گیرد تا به سیستم مدیریتی آن ها کمک کند و چارچوبی برای ارزیابی موقعیت رقابتی و توسعه برنامه ریزی استراتژیک، بررسی واقع بینانه، مبتنی بر واقعیت و داده محور، طراحی و مورد استفاده قرار بدهند.

مناطق مورد مطالعه

۱-کشور ایران

۱-۱ ژئوپارک قشم

اولین و بزرگترین ژئوپارک ایران، ژئوپارک قشم می باشد که در جزیره ای به همین نام در تنگه هرمز واقع شده است. این ژئوپارک دارای بیست و پنج ژئوسایت می باشد. از پدیده های فرسایشی- زمین ساختی منحصر به فرد این ژئوپارک می توان به دره ستارگان، غار خربس، کوه نمکدان، دره تندیس ها، جنگل حرا، بسترهای مرجانی و سایر موارد اشاره کرد (شکل های ۳ و ۴). بر اساس پژوهش ها در این مقاله نبود یک استراتژی مدیریتی یکپارچه که در غیاب و یا تعویض مدیران دچار تزلزل و تغییر نشود و همچنین بهره برداری های تجاری بدون توجه به حساسیت محافظت از سایت های طبیعی این ژئوپارک و عدم اطلاع رسانی برای استفاده از عموم مردم از نقاط ضعف این ژئوپارک در گذشته می باشد. حضور کوتاه مدت شورای عالی محیط زیست در سیستم مدیریتی پارک که باعث شناسایی معضلات و مشکلات موجود و ورود دوباره ژئوپارک قشم به لیست شبکه جهانی ژئوپارک های یونسکو شد، لزوم ورود قشر دانشگاهی و خصوصا ژئومورفولوژیست ها را به حوزه مدیریت ژئوپارک را نشان می دهد. امروزه مدیریت ژئوپارک قشم در حال اجرای برنامه هایی در جهت توسعه و معرفی بهتر این ژئوپارک به عموم می باشد که SWOT آن در جدول ۱-۱

نمایش داده شده است.

جدول-۱: SWOT ژئوپارک قشم (نگارندگان)

نقاط قوت	نقاط ضعف
• اولین ژئوپارک ایران و خاورمیانه • وجود بازارهای منطقه آزاد تجاری • تنوع اشکال فرسایشی و ساحلی	• عدم حضور در شبکه یا خوشه مدیریتی-منطقه ای • سابقه دریافت کارت زرد و قرمز و خروج از شبکه ژئوپارک های جهانی • وجود برخی پروژه های زود بازده تجاری با بی توجهی به حفظ میراث طبیعی و زمین شناختی
تهدیدها	فرصت ها
• سهم اندک کشور از توزیع بین المللی گردشگر • عدم ثبات اقتصادی • افتتاح و ثبت جهانی ژئوپارک های دیگر در ایران و حضور رقابتی منطقه ای	• حضور در منطقه آزاد تجاری • وجود نیروی کار جوان در جهت دستیابی به اهداف توسعه پایدار در ژئوپارک • اشکال زمین شناختی متنوع



شکل های ۳ و ۴: اشکال فرسایشی دره ستارگان (سمت راست) غار نمکدان (تصویر چپ) (وب سایت رسمی ژئوپارک قشم، ۱۴۰۱)

۱-۲ ژئوپارک طبس

این پارک در خراسان جنوبی واقع شده است و دارای بیست و سه ژئوسایت می باشد. از جاذبه های طبیعی-

فرهنگی متنوع این منطقه می توان به پلایاها، تپه های ماسه ای عظیم، کال جنی (شکل های ۵ و ۶)، معادن کهن، چشمه آب گرم، دولین، پیچان رود، بدلندها و جاذبه های تاریخی همچون ارگ طبس، آب انبارها و کاروانسراهای قدیمی و همچنین پناهگاه حیواناتی چون یوز آسیایی اشاره کرد. مدیریت این ژئوپارک به صورت هیئت امنایی است که موفق به همکاری با جامعه محلی در قالب تولیدرهای محلی، افتتاح شبکه همیاران و همراهان ژئوپارک به صورت جذب داوطلب، شده است که موارد اشاره شده از جمله عواملی هستند که این ژئوپارک را به مفهوم توسعه پایدار نزدیک خواهد کرد. کارگاه های آموزشی و همایش های ملی و بین المللی که در حال برگزاری است، توانایی معرفی این ژئوپارک را در سطح ملی و بین المللی دارد (جدول-۲).

جدول-۲: SWOT ژئوپارک طبس (نگارندگان)

نقاط قوت	نقاط ضعف
- تعدد اشکال زمین شناختی - استفاده و مشارکت دادن مردم بومی در جهت کمک به اهداف ژئوپارک به منظور توسعه پایدار زمین گردشگری	- اطلاع رسانی و تبلیغات ضعیف - عدم حضور در شبکه و یا خوشه مدیریتی-منطقه ای - وسعت بالای ژئوپارک و نظارت و نگه داری دشوار از تمامی سایت های طبیعی در برابر تخریب و آسیب
تهدیدها	فرصت ها
- سهم اندک ایران از دریافت گردشگر خارجی - عدم ثبات اقتصادی - وجود رقبای قوی همچون ژئوپارک قشم در منطقه	- سرمایه گذاری بر روی ژئوپروداکت ها - نیروی کار زیاد و جوان - امکان جذب گردشگر به علت تنوع موجود در ژئوسایت های زمین شناختی



شکل های ۵ و ۶: کال جنی واقع در شمال شرقی شهر طبس و رشته کوه شتری (راست) عبور رودخانه سردر و حفر رسوبات کنگلومرا و ماسه سنگ نئوژن (چپ) (منبع عکس ها: نگارندگان)

۲- کشور چین

دولت چین با در دست گرفتن مدیریت ژئوپارک ها و نظارت مستقیم بر بخش دولتی و خصوصی و مشارکت دادن شرکت های دانش بنیان فعال در زمینه زمین گردشگری، گسترش و توسعه ژئوپارک ها را در این کشور تضمین کرده است. بخشی از پارک ها کاملاً تحت نظارت و کنترل بخش دولتی هستند و بخش خصوصی نیز قسمتی از درآمد خود

را به دولت مالیات می دهد که با این سیاست، دولت مرکزی به اعمال نظارت و کنترل بر ژئوپارک های خصوصی می پردازد. ژئوپارک های چین هم در بخش آموزشی و پژوهشی فعالیت دارند. در واقع دو ژئوپارک الکسا و تیانژوشان هر یک از استراتژی های مربوط به شناخت پتانسیل های طبیعی و تولید فعالیت متناسب با آن و پیروی از توسعه پایدار، آموزش جوامع محلی و همکاری با آنها را در دستور کار خود قرار داده اند. برگزاری همایش ها، همکاری با رسانه ها و دانشگاه ها، برگزاری جشنواره ها و رویداد ها و ترتیب دادن برنامه های آموزشی برای کودکان از جمله استراتژی های مدیریتی در جهت جذب گردشگر و کسب درآمد در ژئوپارک های کشور چین به شمار می روند (جدول-۳).

جدول-۳: SWOT ژئوپارک های چین (نگارندگان)

نقاط قوت	نقاط ضعف
• بستن قرار داد تبادل توریست با بیش از ۱۴۰ کشور جهان • سیستم مدیریتی متمرکز • اشکال زمین ساختی متنوع به واسطه مساحت بالا و تنوع اقلیمی	• ایجاد چهره ای منفی به دلیل وجود تناقضات سیاسی بین المللی، منطقه ای و اقوام بیابان گرد • عدم محافظت از اشکال طبیعی و ضعف مدیریت محیطی در برابر افزایش تعداد بازدیدکنندگان
تهدید ها	فرصت ها
• مبدأ انتشار کووید ۱۹ • وجود رقابتی قدرتمند در بین ژئوپارک های منطقه آسیا و اقیانوسیه	• چین با قلمرو وسیع و متنوع از نظر ویژگی های زمین ساختی و ژئومورفولوژیکی، اغلب به عنوان یک آزمایشگاه باز در علوم زمین و زمین شناسی در سطح جهان مطرح است • نیروی کار زیاد و ارزان • دارای پتانسیل بالا به منظور ایجاد ژئوپارک های بیشتر

۱-۲ آلكسا (Alxa Desert Geopark)

این ژئوپارک در چین و ناحیه مغولستان میانی قرار دارد که دارای سه ژئوسایت به نام های باداین جاران، تنگر و جویان است. از پدیده های زمین ساختی و طبیعی-فرهنگی این پارک می توان به دریاچه های بیابانی، اشکال فرسایشی-بادی، جنگل طلایی، نقوش باستانی کوه ماندرا، پدیده طبیعی موسوم به فرش قرمز، شهر رنگارنگ و بسیاری دیگر اشاره کرد.



شکل های ۷ و ۸: دریاچه های بیابانی واقع در بادبان جاران (عکس راست) اشکال فرایش بادی واقع در آلكسا (عکس چپ) (وب سایت رسمی ژئوپارک آلكسا، ۲۰۲۳)

۲-۲ تیانژوشان (Tianzhushan)

(Geopark)

این ژئوپارک به علت وجود سنگ های دگرگونی حاصل از کوهزایی و فرورانش عمیق، مکانی مناسب برای مطالعه و تحقیق درباره دینامیک قاره ای است (شکل های ۹ و ۱۰). در این پارک بیش از بیست ژئوسایت وجود دارد که از جمله آنان می توان به اشکال منحصر به فرد زمین ساختی و طبیعی همچون قله های گرانیتی، اشکال سنگی تخم مرغی شکل، باغ گیاه شناسی، موزه و معبد اشاره کرد همچنین از آثار فرهنگی و تاریخی می توان به نوعی کاغذ بامبو و سفال های قدیمی و همچنین اپرای معروف آن ناحیه نیز نام برد. این پارک نمونه ای بارز و عالی از توسعه پایدار زمین گردشگری در بین ژئوپارک های چین و دنیا به شمار می رود؛ زیرا به خوبی توانسته است طبیعت پارک را مورد حفاظت قرار دهد و جامعه محلی و ذینفعان را در امور خدماتی دخیل کند. همچنین از میراث های تاریخی-محلی مبتنی بر زمین (زمین افسانه (گری ۲۰۱۳)) در جهت جذب توریست و پیوند آن با میراث های زمین شناختی بهترین استفاده را می برد.



شکل های ۹ و ۱۰: قله اصلی گرانیت مونوزونیتی (راست) قله گرانیتی طوطی شکل (چپ) (وب سایت رسمی ژئوپارک تیانشو شان، ۲۰۲۳)

۳-اروپا

شبکه اروپایی ژئوپارک ها در سال ۲۰۰۰ با حضور چهار ژئوپارک از کشور های فرانسه، یونان، آلمان و اسپانیا تشکیل شد. هدف اصلی این شبکه همکاری بین ژئوپارک ها، حفاظت از میراث زمین شناختی و ارتقای توسعه پایدار در اروپا است (وب سایت رسمی شبکه ژئوپارک های اروپایی، ۲۰۲۳). واحد های سازمانی شبکه ای عبارت اند از: کمیته مشورتی، کمیته هماهنگی (که اجازه تصمیم گیری دارد) و واحد اجرایی کمیته هماهنگی می باشد (موری و همکاران، ۲۰۰۶). همچنین ژئوپارک های قبرس و یونان هر دو زیر نظارت مستقیم شبکه ژئوپارک های اروپایی هستند و از نظر استراتژی نیز از یک منبع مشترک پیروی می کنند. در واقع هر کدام داری یک ساختار منحصر به فرد می باشد و در سال ۲۰۱۷ نیز پروژه همکاری مشترکی با نام "همکاری میان پارک های یونانی - قبرسی" بین دو کشور آغاز شده است.

۳-۱ ژئوپارک لسوس (Lesvos Geopark)

لسووس سومین جزیره بزرگ یونان است. از جاذبه های طبیعی این پارک می توان به عوارض ساختمانی (گسل ها و چشم انداز های تکتونیکی) و اشکال فرسایشی (به ویژه لندفرم های کارستی مانند غارها و آبشار ها) و همچنین لندفرم های ساحلی اشاره کرد (شکل های ۱۱ و ۱۲)؛ اما، مهم ترین جاذبه این ژئوپارک جنگل فسیل شده ای است که دارای قدمت بیست میلیون ساله است. در واقع این درختان توسط ماگما و خاکستر پوشیده شده اند. لازم به توضیح است که یونان عضو شبکه پارک های اروپایی است و از دستور العمل های آن در زمینه مدیریتی پیروی می کند (جدول-۴).

جدول-۴: SWOT ژئوپارک لسوس (نگارندگان)

نقاط قوت	نقاط ضعف
- حضور در شبکه ژئوپارک‌های اروپایی - حضور در خوشه ژئوپارک‌های یونانی-قبرسی	- سیاست‌های سخت‌گیرانه در جهت صدور ویزا برای بیشتر گردشگران از مقصد‌های مختلف - حضور مهاجرین غیرقانونی
تهدیدها	فرصت‌ها
- وجود ژئوپارک‌های رقیب در کشور‌های عضو اتحادیه اروپا - حضور روزافزون مهاجرین غیرقانونی و سهم آنها در ایجاد ناامنی	- وجود آب و هوای معتدل مدیترانه‌ای - خط ساحلی طولانی و وجود لندفرم‌های متنوع ساحلی



شکل‌های ۱۱ و ۱۲: یک درخت فسیل شده (راست) و اشکال ستونی-سنگی ایجاد شده بر اثر قرآیند‌های آذرین (وب سایت رسمی ژئوپارک لسوس، ۲۰۲۳)

۲-۳ ژئوپارک ترودوس (Troodos Geopark)

این ژئوپارک در قسمت مرکزی جزیره قبرس واقع شده است و ارتفاعات آن توسط پوشش‌های جنگلی و مزارع تاک پوشیده شده است. این پارک دارای پنجاه ژئوسایت و یازده معدن (شکل-۱۳) می‌باشد که از جمله آن‌ها می‌توان به:

توان به منشور های بازالتی، آثار تکتونیکی، دره های گرابنی، دایک های موازی، معادن و آثار تاریخی به جای مانده از دوران قرون وسطی اشاره کرد. از نظر مدیریتی این ژئوپارک دارای سیستمی مستقل است که از وجود آژانس توسعه ترودوس در بدنه مدیریتی خود بهره می برد و همچنین در خوشه پارک های یونانی- قبرسی نیز قرار دارد (جدول-۵).

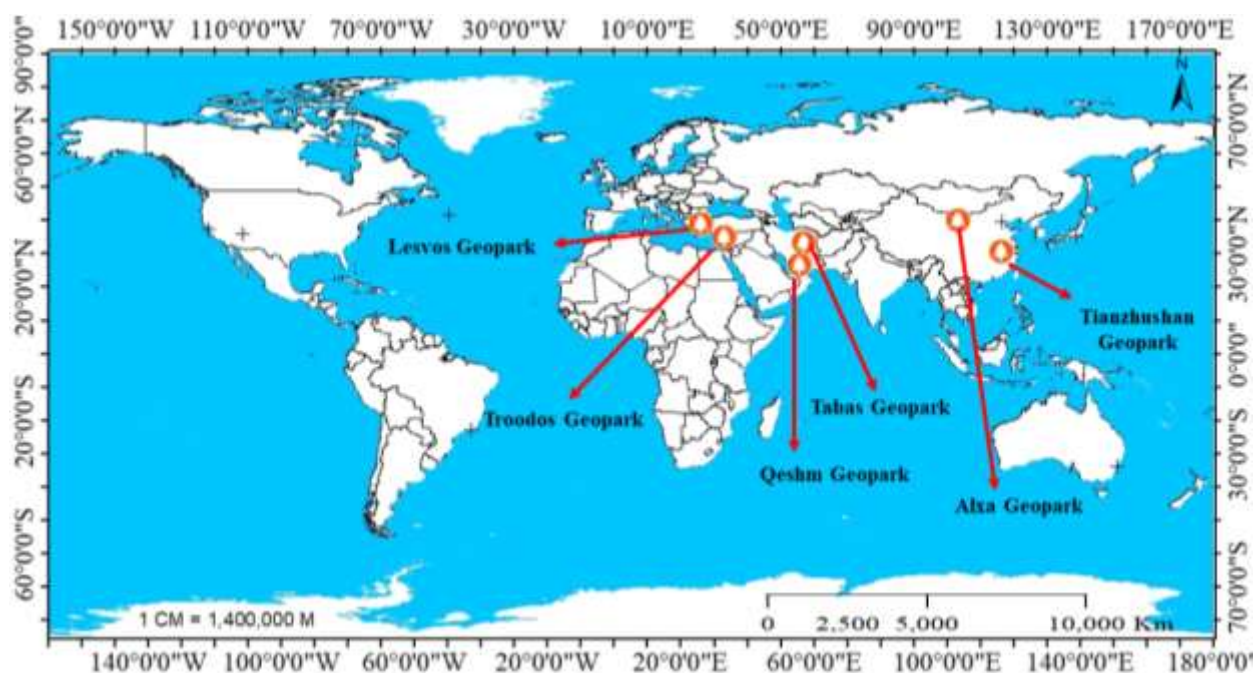
جدول-۵: SWOT ژئوپارک ترودوس (نگارندگان)

نقاط قوت	نقاط ضعف
- حضور در خوشه ژئوپارک های یونانی-قبرسی - دارای تنوع بالا پدیده های زمین شناختی، طبیعی و معدنی - عدم وجود رقیب در سطح کشور قبرس	- وجود معادن کرومیت در ترودوس علاوه بر اینکه جاذبه ای گردشگری-اقتصادی است اما می تواند باعث آلودگی آب و خاک شود و برای انسان بیماری ایجاد کند - نبود زیرساخت های حمل نقل مناسب - عدم معرفی مناسب ژئوپارک به عموم مردم کشور قبرس و جهان
تهدیدها	فرصت ها
- ناتوانی در رقابت با دیگر ژئوپارک های شناخته شده اروپایی - تنش سیاسی بین قسمت قبرس اروپایی و قبرس ترک نشین - استفاده از واحد پول یورو که این کشور را نسبت به همسایه ترک نشین اثن از نظر هزینه گران تر می کند	- دارا بودن اشکال تکتونیکی متنوع - دارا بودن خط ساحلی طولانی و لندفرم های متنوع ساحلی - دارا بودن آب و هوای معتدل مدیترانه ای



شکل ۱۳: معدن موجود در سازند زمین شناسی (Koronia) (وب سایت رسمی ژئو پارک ترودوس، ۲۰۲۳)

موقعیت مناطق مورد مطالعه در شکل ۱۴ نمایش داده شده است.



شکل ۱۴ : موقعیت مناطق مورد مطالعه (ترسیم: نگارندگان)

بحث و نتیجه گیری

در زمینه بررسی سیستم مدیریتی ژئوپارک ها، چه در داخل و چه در سطح بین الملل پژوهش های زیادی صورت نگرفته است. در واقع با توجه به این نکته که زمین گردشگری در صنعت توریسم پدیده ای نوظهور می باشد، در این مقاله تلاش شده است که به نقاط ضعف و قوت ژئوپارک های قشم و طبس از راه بررسی آن ها با بعضی از ژئوپارک های بین المللی پی برده شود. نتایج این پژوهش نشان می دهد که سه کشور چین، یونان و قبرس نسبت به ایران دارای مدیریت متمرکز تری می باشند. به این معنی که قانون گزاری و سیستم مدیریتی آنان با توجه به منافع پارک تدوین شده است و با تغییرات سمت مدیریتی، دستخوش دگرگونی و تغییر نمی شوند. همچنین همکاری بالایی با مراکز دانشگاهی و علمی چه در حوزه زمین شناسی و چه در حوزه جغرافیا دارند. همچنین شرکت های دانش بنیان زمین گردشگری، بقا و حفاظت این ژئوپارک ها را تضمین می کنند. با وجود مشترک بودن کلیات فعالیت های مدیریتی انجام شده در ژئوپارک های مورد اشاره اما چین، یونان و قبرس در جذب توریست بسیار موفق تر عمل کرده اند. در واقع مطالعات تطبیقی و الگوبرداری از تجربه های موفق دیگر مقاصد گردشگری و کسب اطلاع از آخرین ابزارهای تکنولوژیکی در جهان، مسیر موفقیت آنان را هموار کرده است (غضبانی، ۱۳۹۹). در واقع باید به این موضوع توجه

کنیم که یک سیستم مدیریتی واحد را نمی توان در عمل برای تمامی ژئوپارک های دنیا اجرا کرد؛ اما استفاده از تجارب ژئوپارک های موفق بین المللی، گامی بلند در جهت الگو برداری صحیح و یافتن بهترین قلمرو حکم روابی در مدیریت ژئوپارک های ایران محسوب می شود.

مراجع

پور بیات، حمیدرضا؛ خیرابی، عطیه (۱۳۹۱). تبیین رویکرد مدیریت ژئوتوریسم جامعه محور با تاکید بر ایران، اولین همایش ملی گردشگری و طبیعت گردی ایران زمین، همدان، ایران.

جیانجون، وانگ؛ زون، ژائو؛ یوفانگ، چن؛ داوینگ، راس؛ نیوسام، دیوید (۲۰۰۶). ژئوتوریسم میراث زمین شناسی چین، ترجمه بهرام نکوئی صدری، سازمان منطقه آزاد تجاری و صنعتی ارس، انتشارات پیام، صص ۲۸۵-۲۸۴

رحیمی هرآبادی، سعید؛ قنواتی، عزت الله؛ صفاری، امیر (۱۳۹۹). الگوی مدیریتی در ژئوتوریسم با تاکید بر ژئو سایت های قلمرو بیابانی ایران (مورد پژوهش شهرستان طبس)، پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، سال نهم، شماره ۳، صص ۱۰۸-۱۲۱

رحیمیان، توحید؛ رضازاده، سیامک؛ قدیری، جواد (۱۳۹۵). بررسی آلودگی های زیست محیطی ناشی از فعالیت معدن کرومیت کوثر فریمان خراسان رضوی، سومین کنگره سراسری در مسیر توسعه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران.

غصبانی، راحله؛ امین بیدختی، علی اکبر؛ جعفری، سکینه؛ حقیقت، حسن (۱۳۹۷). عوامل موثر بر رقابت پذیری مقصد ژئوتوریسم، فصلنامه علمی مدیریت گردشگری، سال پانزدهم، شماره ۴۹، صص ۹۳-۶۳

راحله غصبانی (۱۳۹۹). مدیریت ژئوتوریسم، انتشارات مهکامه، تهران.

فری، موری لوئیس؛ شافر، کلاوس؛ باچل، جورج؛ پاتزاک، مارگارت؛ داوینگ، راس، نیوسام (۲۰۰۶). ژئوتوریسم جهانی : خط مشی منطقه ای، اروپایی و جهانی، ترجمه نجف زاده، نکوئی صدری، بهرام، سازمان منطقه آزاد تجاری و صنعتی ارس، انتشارات پیام، صص ۲۲۸-۲۳۱

داود مختاری (۱۳۹۴). ژئوتوریسم، انتشارات دانشگاه تبریز، تبریز.

مقصودی، مهران؛ گنجائیان، حمید؛ صفدری، المیرا؛ عبدالملکی، میلاد (۱۳۹۸). شناسایی و ارزیابی تاثیر آن بر توسعه گردشگری پایدار، فصلنامه مطالعات مدیریت گردشگری، دوره ۱۴، شماره ۴۸، صص ۱۷۸-۱۴۹

نودهی، علیرضا؛ امیدوار، محسن (۱۳۹۷). تاثیر جاذبه های گردشگری بر جذب گردشگر در جزیره قشم، کنفرانس ملی الگوهای نوین در مدیریت و کسب و کار با رویکرد حمایت از کارآفرینان ملی، تهران، ایران.

وب سایت رسمی ژئوپارک آلكسا، ۲۰۲۳، www.alxapark.com

وب سایت رسمی ژئوپارک ترودوس، ۲۰۲۳، www.troodos-geo.org

وب سایت رسمی ژئوپارک تیانژوشان، ۲۰۲۳، www.english.tzsgy.com

وب سایت رسمی ژئوپارک طبس، ۱۴۰۱، www.tabasgeopark.com

وب سایت رسمی ژئوپارک قشم، ۱۴۰۱، www.qeshmgeopark.ir

وب سایت رسمی ژئوپارک لسوس، ۲۰۲۳، www.lesvosmuseum.gr

دیوید ویور؛ لورا الوتون (۲۰۰۶). مدیریت توریست، ترجمه علی پارسائیان، انتشارات دفتر پژوهش های فرهنگی،

تهران

[18] Xu, K., Wu, W., (2022). Geoparks and Geotourism in China: A Sustainable Approach to Geoheritage Conservation and Local Development, Land 11(9):1493, DOI:10.3390/land11091493

[19] Kumar, S., (2016). Lesvos Island UNESCO Global Geopark Greece system Thinking on sustainable value,

[20] Zouros, N., 2017. Geoparks management and assessment, <https://www.theseus.fi/handle/10024/134837>

[21] Project co-funded by Eruopian union., (2019). Strategy on Manegment Tourism pressures in Geoparks

[22] Canesin , T.S., Brilha , J., Martinez, E,D., (2020). Best Practices and Constraints in Geopark Management:Comparative Analysis if Two Spanish UNESCO Global Geoparks, Geoheritage 12(1), <http://dx.doi.org/10.1007/s12371-020-00435-w>

[23] Global Geopark Network,(2023), <https://globalgeoparksnetwork.org/>

[24] UGG Annual Report, Troodos ,(2019), FINAL 4, <https://www.annualreports.com/Click/24472>

بازسازی تغییرات آب و هوای دیرینه حوضه آبریز قره قوم در پلیستوسن اخیر Reconstruction of climate change in Gharaghom Basin during late Pleistocene

^۱حسین قربانی، ^۲طیبه اکبری ازیرانی

^۱ دانشگاه شهید بهشتی، دانشجوی کارشناسی ارشد armanneshin@gmail.com

^۲ دانشگاه شهید بهشتی، عضو هیات علمی t_akbari@sbu.ac.ir

چکیده

تغییرات اقلیمی اثرات زیادی بر محیط زیست و وضعیت زندگی انسان ها می گذارد. این پدیده در سطح جهانی به یکی از بحران های لاینحل تبدیل شده است و پیامد های آن به صورت خشکسالی های طولانی، بارش های رگباری و سیلاب ها، بیابان زایی و ... دیده می شود. لذا شناخت اقلیم دیرینه یک منطقه و تغییرات آن تلاشی برای شناخت بهتر اوضاع کنونی است. درحوضه آبریز قره قوم لندفرم های یخچالی در دامنه های کوه ها نشان از حاکمیت فرآیند های یخچالی است. یخچال ها میراث های طبیعی زمین هستند و با تغییرات در حجم و اندازه به تغییرات محیطی پاسخ می دهند. در این پژوهش ارتفاع برف مرز در دوره پلیستوسن با کمک روش رایت و پورتر، برآورد گردید. در این راستا، مکان صحیح سیرک های یخچالی با دقت زیاد بر داشت و موقعیت مکانی سیرک های یخچالی در پهنه های کوهستانی حوضه آبریز قره قوم مشخص شد و بالاترین ارتفاع و ارتفاع کف سیرک یخچالی مشخص شد. بازسازی برف مرز دائمی در منطقه مورد مطالعه با روش رایت ارتفاع برف مرز دائمی در آخرین دوره یخچالی در دامنه های شمالی در ارتفاع ۲۱۶۰ متری و برای دامنه های جنوبی در ارتفاع ۲۳۸۰ متری قرار دارد. به طور کلی ارتفاع برف مرز دائمی برای حوضه آبریز قره قوم ۲۲۰۰ متر و بر اساس روش پورتر ۲۲۳۵ متر است که تفاوت کم این دو ارتفاع حاکی از دقت کاربرد این دو روش برای تعیین برف مرز در ارتفاعات این حوضه دارد.

کلمات کلیدی: برف مرز، گرمایش جهانی، شمال شرق ایران، کواترنری.

تغییر اقلیم و پیامد های آن در محدوده حوضه های آبریز کشور یکی از مسائل مهم در سطح ملی و حتی جهانی است که امروزه امکان پایش تغییرات اقلیمی حوضه ها با ثبت متغیرهای آب و هوایی در ایستگاههای ثبت کننده بیش از پیش فراهم شده است. بر این اساس، نتایج مطالعه روند تغییرات متغیرهای اقلیمی در حوضه آبریز قره قوم واقع در شمال شرق کشور در سالهای اخیر بیانگر کاهش فراوانی دماهای سرد، افزایش فراوانی دماهای گرم و کاهش دامنهی دما است که باعث ایجاد شرایط نامناسبی برای منابع آبی بالادست حوضه آبریز و ذخایر برف و یخ شده است. از اینرو سوال اصلی این پژوهش بررسی تغییرات دمای هوای دیرینه در کوتاهترین پایانی و تغییرات آن با مدلسازی خط برف مرز مناطق کوهستانی حوضه آبریز قره قوم است. یکی از ابزارهای بررسی تغییرات آب و هوای دیرینه، شناسایی لندفرم های یخچالی به جا مانده از آخرین دوره های یخبندان نظیر سیرک های یخچالی است که محل ذخیره برف و ایجاد یخچال های طبیعی است و با کمک به شناسایی خط برف مرز دائمی کوتاهتری در ناهمواریهای هر سرزمین می تواند به بازسازی شرایط آب و هوای دیرینه کمک کند. تشکیل این لندفرم ها و بزرگی و تراکم آنها بیانگر میزان شدت استیلای فرایندهای یخچالی می باشد. با شناسایی این سیرک ها می توان خط برف مرزهای دائمی گذشته در منطقه را شناسایی کرد و بر این اساس دماهای گذشته را بازسازی نمود و با مقایسه دمای گذشته و کنونی به تغییرات آنها پی برد. شناسایی اعصار یخبندان های گذشته، می تواند در راستای استفاده پایدار از زمین و درک ما از حساسیت منابع سرزمین موثر باشد (لی، ۲۰۱۱، ۲۷۵). بر اساس تحقیقات گلاشیر و موراین مهمترین واکنش ها به تغییرات اقلیمی در لندفرم های ژئومورفولوژیکی به نام یخچال های طبیعی دیده می شوند و بر این اساس با شناخت مرحله ای این یخچالها تا دوره کوتاهترین زمین به شناسخت و بررسی تغییرات اقلیمی در گذشته فراهم می شود (گلاشیر و وراین، ۲۰۱۰، ۱۰).

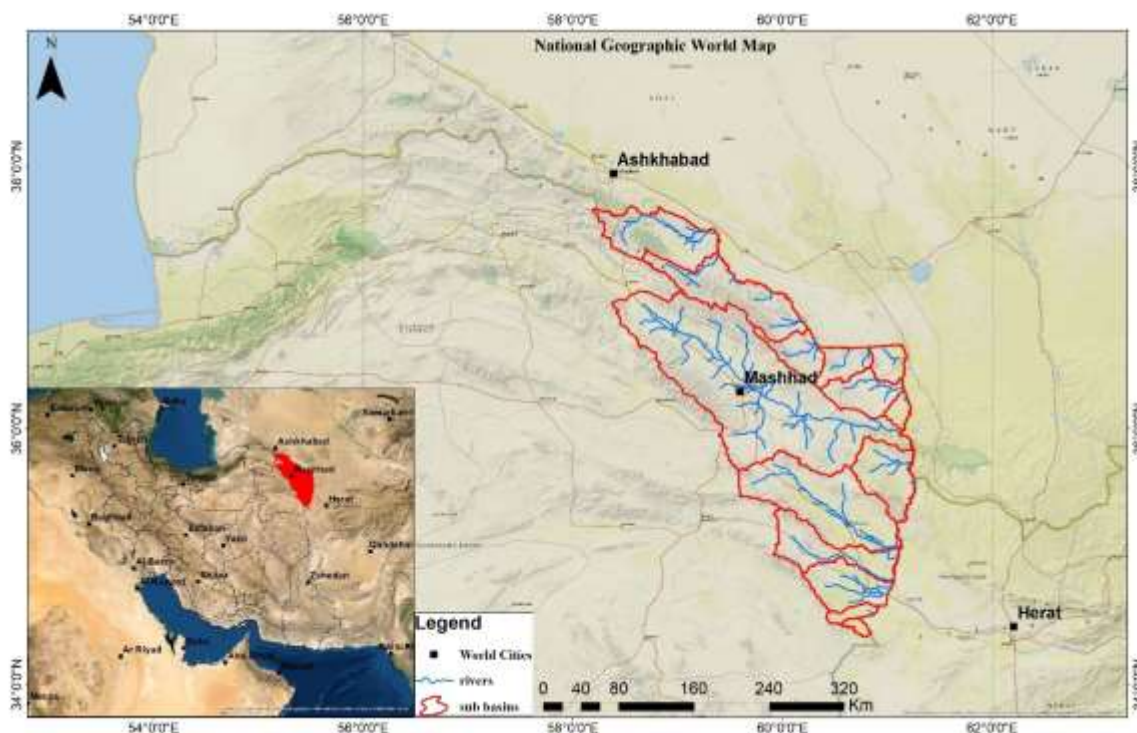
مواد و روشها

فرم های ژئومورفولوژیک روی زمین اصولاً با فرایند ایجاد کننده آن همخوانی دارند و در شرایطی که فرم ها با فرایند های غالب در منطقه (آب، باد، نیروی جاذبه و...) هم خوانی نداشته باشند در این صورت باید به بررسی و بازسازی فرایند های دوران گذشته پرداخت (جعفری و براتی، ۱۳۹۵). شواهد یخچالی از مهمترین آثاری هستند که براساس آن ها تحولات اقلیمی گذشته و تغییرات آب و هوایی آینده را میتوان پیش بینی نمود (Abramowski, et al. 2006). شناسایی مرز برف های دائمی یکی از راه های بررسی وضعیت آب و هوایی دیرینه در نواحی کوهستانی است (مقیمی ۱۳۸۷: ۱۳۹). شناسایی این مرز به شناخت فرایند های غالب در منطقه و براساس آن وضعیت اقلیمی در گذشته کمک می کند. در این تحقیق براساس مطالعات (جعفری ۱۳۹۵، یمانی ۱۳۹۰، خسروی و همکاران ۱۳۹۰)

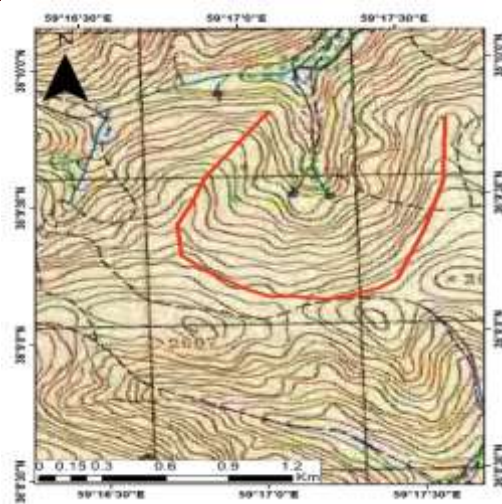
از روش رایت برای بازسازی خط برف مرز کواترنری در حوضه قره قوم استفاده شد.

نتایج

در بازسازی ارتفاع خط برف مرز در دوره کواترنری در حوضه آبریز قره قوم، منطقه مورد مطالعه به واحد های ژئومورفولوژی اصلی یعنی کوهستان و دشت تقسیم شد. سپس واحدهای کوهستانی منطقه برای مطالعه فرایند های یخچالی مد نظر قرار گرفت. سپس با نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و لایه Hill shade و مدل رقومی ارتفاعی که خطوط منحنی تراز ۲۰ متر از آن استخراج گردید، لایه ی مکانی سیرک های یخچالی به صورت یک لایه خطی استخراج شد و با کمک لایه های جهت شیب استخراجی از مدل رقومی ارتفاعی، جهت سیرک های یخچالی مشخص و به جدول توصیفی اضافه گردید. ارتفاع سیرک های یخچالی بر اساس منحنی میزان ها مشخص شد. براساس روش رایت بازسازی خط برف مرز کواترنری انجام شد (شکل ۲). در مجموع حوضه آبریز قره قوم ۱۷۴ سیرک شناسایی شدند و از این تعداد ۱۲۴ سیرک دارای جهت شمالی و ۵۰ سیرک دارای جهت جنوبی هستند البته شمال و جنوبی که مبنا قرار گرفته اند نشان میدهند که به طور مثال دامنه رو به شمال مساحت بیشتری نسبت به سایر جهت ها در حوضه سیرکی مد نظر دارد پس به عنوان دامنه مبنا قرار میگیرد (شکل ۳).

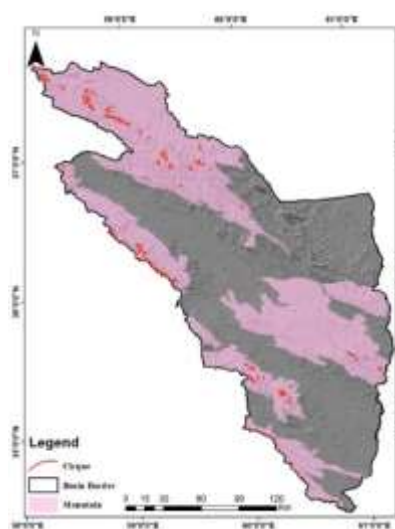


شکل (۱): موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه



شکل (۲): نمایی از سیرک یخچالی روی منحنی میزان ها. نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰

براساس روش رایت سیرک های یخچالی حوضه آبریز قره قوم مشخص شدند . ارتفاع برف مرز دائمی در آخرین دوره یخچالی در دامنه های شمالی در ارتفاع ۲۱۶۰ متری و برای دامنه های جنوبی در ارتفاع ۲۳۸۰ متری قرار دارد. به طور کلی ارتفاع برف مرز دائمی برای حوضه آبریز قره قوم ۲۲۰۰ متر است این مقدار ارتفاعی برای ارتفاع برف مرز بدون در نظر گرفته جهت جغرافیایی سیرک های یخچالی به دست آمده است.. این ارتفاع را می توان به عنوان خط همدمای صفر درجه در گذشته مد نظر قرار داد. باتوجه به ارتفاع برف مرز قدیمی مشخص می شود که دمای کنونی خط برف مرز حدود ۱۰.۵ درجه سانتی گراد است. بر اساس روش پورتر ارتفاع برف مرز ارتفاع برف مرز ۲۲۳۵ متر و بیشترین تعداد سیرک های یخچالی در طبقه ارتفاعی ۲۲۱۳-۲۳۱۳ قرار دارد



شکل (۳): واحد های مشخص شده کوهستان و موقعیت قرارگیری سیرک های یخچالی در حوضه آبریز قره قوم

بحث و نتیجه گیری

بر اساس یافته های تحقیق، دمای هوای امروزی در بخش های شرقی حوضه که به صورت دشت هستند حدود ۱۰ درجه بالاتر از گذشته است و دمای هوای دیرینه در این دشت ها به ۴ درجه سلسیوس هم رسیده است. در حالت کلی به دلیل اینکه بخش های کوهستانی در نیمه غربی حوضه قره قوم واقع شده اند دمای هوای امروزی و دیرینه از غرب به شرق حوضه رو به افزایش است در محدوده ی حوضه مطالعاتی ۱۷۴ سیرک مشخص و با استفاده از ۶۰٪ آنها ارتفاع برف مرز به روش رایت در ارتفاع ۲۲۰۰ متری برآورد گردید. روش بعدی برای برآورد خط برف مرز استفاده از رابطه پورتر بود که در این رابطه ارتفاع کف سیرک های یخچالی مد نظر قرار گرفت و در این رابطه ارتفاع برف مرز ۲۲۳۵ متر برآورد گردید. مقادیر عددی خط برف مرز ها بهم نزدیک بود و اختلاف ناچیزی دارند. برآورد رابطه افت آدیاباتیک در حوضه آبریز و در راستای استفاده از روش های رایت و پورتر برآوردی از دما برای منطقه انجام شد که مقادیر آن به مقادیر دمایی برآوردی از ایستگاه ها نزدیک و در بعضی موارد یکسان بود و این خود یک صحت سنجی از روش های رایت و پورتر برای برآورد دما است. دمای گذشته با رایت و پورتر بازسازی شد و مقایسه دمای گذشته و دمای کنونی نشان داد که اختلاف دمای دوره پلیستوسن با زمان حال ۱۰.۵ درجه می باشد. این امر با توجه به سناریوهای مدل های آب و هوایی، به دلیل کاهش ذخایر برف و یخ در ارتفاعات، برای مناطق کوهستانی و دریاچه ها و تالاب ها یک تهدید بزرگ است. افزایش دما در طول این دوره حکایت از این مسئله دارد که تغییرات اقلیمی از گذشته تا به الان در حال رخ دادن است و پدیده ای اجتناب ناپذیر می باشد. البته نباید تاثیر فعالیت انسانی در تسریع روند تغییرات اقلیمی را نادیده گرفت و این مساله باید در سیاست های مدیریتی در سطح کلان مورد توجه قرار گیرد.

مراجع

- جعفری غلام حسن، فیض اله پور مهدی، براتی زینب. بازسازی ارتفاع برف مرز دائمی کواترنری الوند همدان (با سه روش رایت، شیب- جهت و ضریب خمیدگی). فصل نامه تحقیقات جغرافیایی. ۱۳۹۴؛ ۳۰ (۴): ۱۴۹-۱۳۱
- خسروی، عذرا، قربانی شورشانی علی، نورمحمدی علی محمد. ۱۳۹۵: بررسی شواهد ژئومورفولوژیکی یخچالی کواترنری در ارتفاعات شمال شرق ایران (مطالعه موردی: رشته کوه بینالود)، پژوهش های ژئومورفولوژیکی کمی، سال پنجم، شماره ۱، تهران.

رامشت ، م. ح. ، تحولات ژئومورفیک در تاریخ طبیعی اصفهان در دوره چهارم، مجله علمی پژوهشی دانشکده ادبیات و علوم انسانی اصفهان ، جلد ۲. ۱۳۸۷.

عزیزی ، ق. ، اکبری ازیرانی ، ط. ، هاشمی ، ح. ، یمانی ، م. ، مقصودی ، م. ، عباسی جفناپ ، ع. ،. تجزیه و تحلیل پالینولوژیکی رسوبات دریاچه نئور برای بازسازی دوره های مرطوب مرطوب دریاچه نئور در اواخر پلیستوسن و هولوسن پیشین ، فصلنامه پژوهشهای جغرافیای طبیعی ، دوره ۴۵ ، شماره ۱ ، صص ۱-۲۰. ۱۳۹۱.

یمانی ، م. ، شمسی پور، ع. ا.، جعفری اقدام، م. بازسازی برف مرزهای پلیوستوسن در حوضه جاجرود، پژوهشهای جغرافیایی طبیعی، شماره ۷۶، تهران، ۱۳۹۳.

Abramowski, u.; Bergau, A.; Seebach, D.; Zecd, R.; Glaser, B.; Sosin, P.; Kubik, P.w.; & W. Zech, 2006. Pleistocene glaciations of central Asia: result from 1 0be surface exposure age of erratic boulders from the Pamir (Tajikistan), and the Alay- Turkestan range(kyrgystan), Quat. Sci.Rev, 25, 1080-1096.

Abdollah Seif, Babak Ebrahimi, 2014, Combined use of GIS and experimental functions for the morphometric study of glacial cirques, Zardkuh Mountain, Iran, Quaternary International, Volume 353, Pages 236-249, ISSN 1040-6182, <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.07.005>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S104061821400456X>)

Ahmadabadi, A., & Fatholah Zadeh, M. 2018. Investigating the changes of snow line in Oshtorankuh region from late Quaternary to now. Quantitative Geomorphological Research, 7(1), 180-192.

Lee, Jonathan R. 2011: Cool Britannia: From Milankovich Wobbles to Ice Ages. Mercian Geologist, Vol. 17, VoL. 4, United Kingdom. Nazemosadat, M. J. 2001. Winter drought in Iran: Associations with ENSO; Drought Network News.

Porter, S. C. 2000. Snowline depression in the tropics during the Last Glaciation. Quaternary science reviews, 20(10), 1067-1091.

Wright Jr, H. E. 1983. Late-Pleistocene glaciation and climate around the Junin Plain, central Peruvian highlands. Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography, 65(1-2), 35-43.

بازسازی محیط‌های دیرینه غرب کردستان با استفاده از رسوبات غارها در هولوسن میانی West of Kurdistan palaeoenvironments reconstruction using cave sediments in Mid-Holocene

امید رحیمی^۱، فریبا اسفندیاری درآباد^۲، مهران مقصودی^۳

^۱ دکترای جغرافیای طبیعی (ژئومورفولوژی)، دبیر آموزش و پرورش شهرستان دیواندره، استان کردستان، omidrahimi@ut.ac.ir

^۲ استاد گروه جغرافیای طبیعی (ژئومورفولوژی)، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، Esfandiyari@uma.ac.ir

^۳ دانشیار گروه جغرافیای طبیعی (ژئومورفولوژی)، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، maghsoud@ut.ac.ir

چکیده

هدف از این پژوهش بازسازی تغییرات محیطی در طول دوره‌ی هولوسن میانی در غرب کردستان با استفاده از رسوبات غارها بوده است. ۸۰ سانتی‌متر از توالی لایه‌های رسوبی غار کوله‌تاریکه، واقع در شهرستان دیواندره استان کردستان مورد آزمایشات ژئوشیمی و تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت، سن دو نمونه از رسوبات به روش کربن ۱۴ ($\delta^{14}C$) تعیین گردید. با توجه به نتایج به دست آمده از تعیین سن کربن ۱۴ AMS، برای دو نمونه از رسوبات غار و کالیبره نمودن سن کربن ۱۴ به سن تقویمی و رسم نمودار سن - عمق، سن این رسوبات حدود ۲۰۰۰ سال (۴۰۰۰ سال تا ۶۰۰۰ سال قبل) را پوشش می‌دهد، نتایج ژئوشیمی به دست آمده از طریق آزمایش XRF شامل تعیین میزان اکسیدها و LOI (به صورت درصد)، عناصر اصلی و فرعی (بر حسب ppm)، و نتایج تجزیه و تحلیل‌های آماری، دو تغییر مهم محیطی و آب و هوایی را شامل وجود آب و هوای گرم و مرطوب از ۶۰۰۰ تا ۵۵۰۰ سال قبل و آب و هوای گرم و خشک از ۵۵۰۰ تا ۴۵۰۰ سال قبل را نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی: تغییرات محیطی، رسوبات غارها، هولوسن میانی

مقدمه

از شرایط محیطی و آب و هوا به عنوان مهم ترین فاکتور در تغییرات اقتصادی - اجتماعی، مهاجرت و حتی سقوط و اضمحلال تمدن ها اشاره شده است (دمنوکال^{۸۷}، ۲۰۰۱)، اگرچه این یک مسئله ی جهانی است اما در برخی مناطق نیمه خشک جهان شبیه جنوب غربی آسیا یعنی جائیکه آب یک منبع کلیدی برای فعالیت تمدن هاست دارای اهمیت بیشتری است (کیلی و همکاران^{۸۸}، ۲۰۱۵) برای مثال در این مناطق معرفی و ابداع کشاورزی در ارتباط با دوره ی سرد و خشک یانگردریاس و شروع مطلوب هولوسن بوده است (بلفرکوهن و گورینگ موریس^{۸۹}، ۲۰۱۱). افزایش در میزان خشکی به عنوان یک فاکتور موثر در اضمحلال امپراتوری اکد در حدود ۴۲۰۰ سال قبل (ویس و همکاران^{۹۰}، ۱۹۹۳) و در انتهای عصر برنز در حدود ۳۲۰۰ سال قبل (کانیوسکی و همکاران^{۹۱}، ۲۰۱۳). از این گذشته ادعا شده است وقوع سری های خشکسالی یکی از فاکتورهای مهم در برانگیختن کشمکش ها و تعارض های مداوم در سوریه بوده است (گلیک^{۹۲}، ۲۰۱۴؛ کیلی و همکاران، ۲۰۱۵).

هرچند کنترل تغییرات محیطی و آب و هوای امکان پذیر نیست. لیکن بررسی تغییرات محیطی و آب و هوای منطقه براساس شواهد ژئومورفولوژیکی در اینجا استفاده از رسوبات غارها، مشاهده میدانی و تجزیه و تحلیل آن ها امکان پذیر است. در این خصوص با پیش بینی های لازم می توان خود را برای سازگاری و یا مقابله با اثرات این پدیده ها آماده نمود.

۱- مواد و روش ها

۱-۱- منطقه ی مورد مطالعه

غار کوله تاریکه، این غار در روستای قالوجه در ۳۵ کیلومتری شهر دیواندره در استان کردستان با موقعیت جغرافیایی ۴۷ درجه و ۵ دقیقه ۳/۵ ثانیه طول جغرافیایی و ۳۶ درجه و ۶ دقیقه و ۵۹/۵ ثانیه عرض شمالی قرار دارد. طول این غار ۵۶ متر و در ارتفاع ۱۹۱۰ متری از سطح دریا واقع شده است. منطقه ی غار دارای توپوگرافی تپه ماهوری بوده که بخشی از حوضه ی آبریز قزل اوزن بوده که رودخانه ی یول کشتی از غرب آن عبور می کند.

از نظر زمین شناسی این غار در درون لایه های آهکی فسیل دار کرمی تا صورتی در همبری با واحد مارن با میان

⁸⁷ - deMenocal

⁸⁸ - Kelley et al

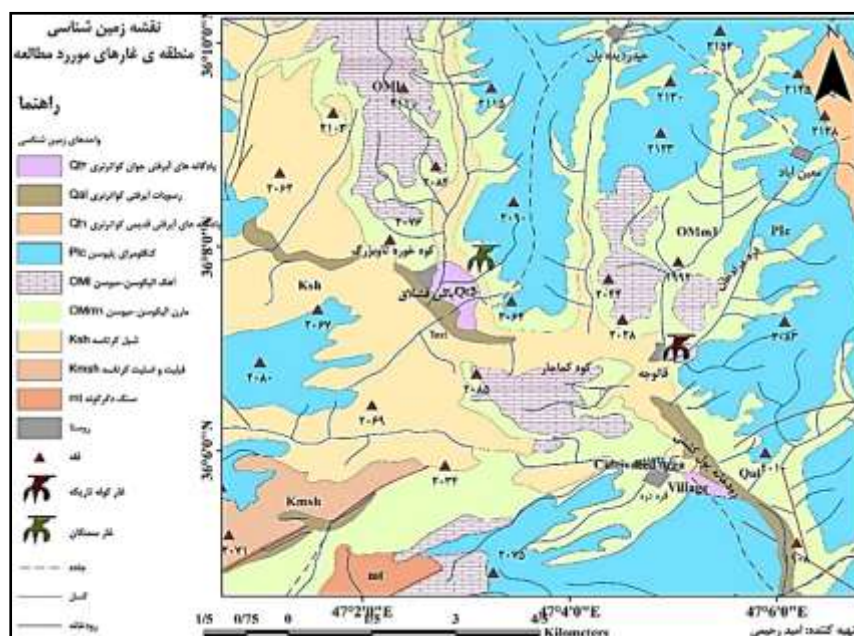
⁸⁹ - Belfer-Cohen & Goring-Morris

⁹⁰ - Weiss et al

⁹¹ - Kaniewski et al

⁹² - Gleick

لایه های آهک خاکستری نازک لایه مربوط به واحد آهکی A سازند قم با سن الیگو - میوسن تشکیل شده است (سازمان زمین شناسی ایران، ۱۳۷۷) و در حال حاضر هیچ گونه آبی در دالان ها و گالری های آن جریان ندارد (شکل ۱).



شکل ۱- نقشه ی زمین شناسی محدوده ی مورد مطالعه (غار کوله تاریکه)

۲-۱- نمونه برداری از رسوبات از غار کوله تاریکه روستای قالوجه

در فاصله ی ۵۰ متری از ورودی غار پس از کسب مجوزهای لازم یک گودال به عمق ۸۰ سانتی متر به وسیله ی بیل باغبانی در داخل رسوبات کف غار تا رسیدن به سنگ بستر حفر گردید، پس از رخنمون شدن لایه ها و تمیز کردن دقیق دیواره ی گودال با استفاده از قالب های آلومینیومی مستطیلی شکل تهیه شده به ابعاد (۲۰ × ۵ سانتی متری) از یک طرف دیواره ی گودال تعداد ۴ قالب در مجموع ۸۰ سانتی متر رسوب برداشت گردید.

۳-۱- کروئولوژی

۱-۳-۱- اندازه گیری و تعیین سن رادیوکربن، کالیبره کردن آن

تعداد دو نمونه توده رسوب از ابتدا و انتهای لایه های رسوبی به روش کربن ۱۴ در آزمایشگاه رادیوکربن پوزنان کشور لهستان با استفاده از اندازه گیری میزان کربن ۱۴ به وسیله ی طیف سنج جرمی شتابنده (AMS) تعیین سن

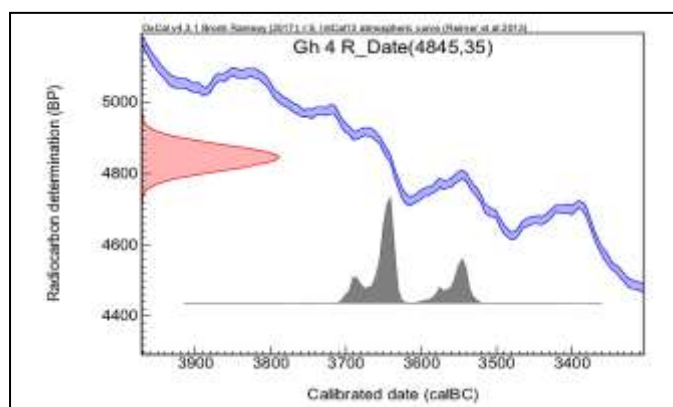
گردیدند (گوسلار^{۹۳} و همکاران، ۲۰۰۴).

۴-۱- آزمایشات ژئوشیمی

بعد از برداشت لایه‌ای عمودی به طول ۸۰ سانتی‌متر شامل لایه‌های نازک (میلی‌متری و سانتی‌متری) تعداد ۳۶ نمونه به فواصل و اینتروال‌های $2\text{cm} \pm 2\text{mm}$ مورد آزمایش XRF قرار گرفت و میزان اکسیدها (%)، درصد LOI و مقادیر عناصر مختلف (ppm) اندازه‌گیری شد.

۲- نتایج

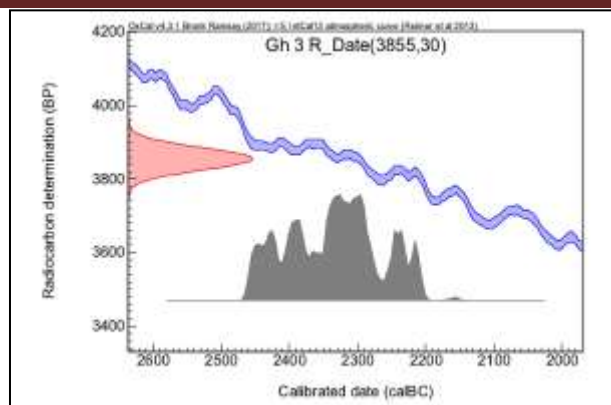
پس از تعیین سن کربن ۱۴ برای دو نمونه (Gh3, Gh4) در آزمایشگاه کربن ۱۴ پوزنان کشور لهستان سن کربن ۱۴ به دست آمده برای ۲ نمونه‌ی Gh3 و Gh4 با استفاده از برنامه و نرم‌افزار OxCal 4.3.1 (برونک رمزی^{۹۴} و همکاران، ۲۰۱۳) با استفاده از مجموع داده‌ها و منحنی اتمسفریک IntCal 13 (ریمر^{۹۵} و همکاران، ۲۰۱۳) کالیبره گردید و به سن تقویمی به صورت BC/AD قبل از میلاد مسیح و بعد از میلاد مسیح تبدیل شد (شکل ۲). تمام سن‌ها نسبت به سال ۱۹۵۰ میلادی گزارش شده است (BP قبل از زمان حال حاضر).



^{۹۳}- Goslar

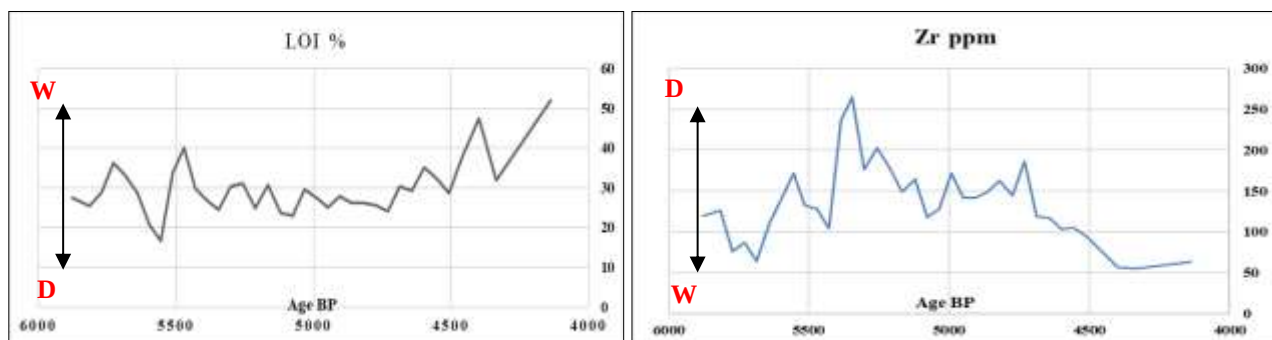
^۱- Ramsey, C. Bronk

^۲- Reimer

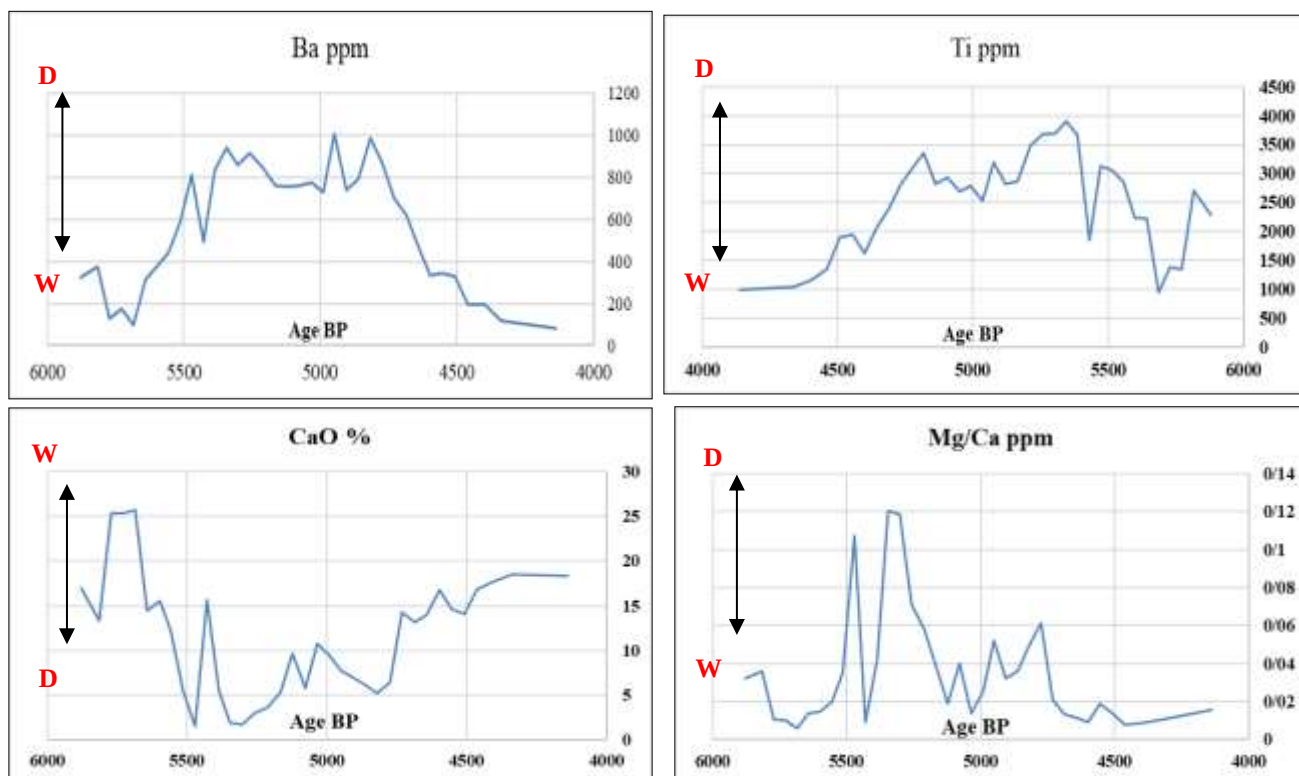


شکل ۲- نمودار سن کالیبره شده برای نمونه‌های Gh 3 و Gh 4

نتایج ژئوشیمی به دست آمده از طریق آزمایش XRF شامل تعیین میزان اکسیدها و LOI (به صورت درصد)،



عناصر اصلی و فرعی (بر حسب ppm) در نرم‌افزار 7 Log plot رسم گردید که نمودارهای آن به صورت زیر می‌باشد (شکل ۳):



شکل ۳- تغییرات عناصر، اکسیدها و میزان LOI در لایه های رسوبی به همراه تغییرات آب و هوایی

۳- بحث و نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده از تعیین سن کربن ۱۴ AMS، برای دو نمونه رسوبات غار کوله تاریکه و کالیبره نمودن سن کربن ۱۴ به سن تقویمی، رسم نمودار سن - عمق، این لایه ها سنی در حدود ۲۰۰۰ سال (شامل ۶۰۰۰-۴۰۰۰ سال قبل) را پوشش می دهد، نتایج ژئوشیمی به دست آمده از طریق آزمایش XRF شامل تعیین میزان اکسیدها و LOI (به صورت درصد)، عناصر اصلی و فرعی (بر حسب ppm)، و نتایج تجزیه و تحلیل های آماری در لایه های رسوبات غار کوله تاریکه (شکل ۳) مهم ترین تغییرات محیطی و آب و هوایی قابل اثبات در این منطقه به صورت زیر می باشد:

۳-۱- شرایط آب و هوای گرم و مرطوب ۵۵۰۰-۶۰۰۰ سال قبل

افزایش در میزان LOI کاهش در میزان برخی عناصر سنگینی مانند تیتانیم، باریم و زیرکونیم و افزایش در میزان کلسیم و کاهش نسبت Mg/Ca و Sr/Ca در لایه های رسوبی نشان می دهد این بازه زمانی دارای آب و هوای گرم

و مرطوب بوده است (شکل ۳). این نتایج، یعنی وجود شرایط آب و هوای گرم و مرطوب در این بازه ی زمانی با دیگر نتایج دیرینه آب و هوایی به دست آمده از مطالعات دیگر در منطقه منطبق می باشد، از جمله: افزایش سطح آب دریاچه میرآباد در طول هولوسن میانی با استفاده از رسوب شناسی و تحلیل استراکود (گریفیتس و همکاران، ۲۰۰۱)، شرایط آب شیرین، سطح بالا و ثابت آب دریاچه زریبار و وجود آب و هوای مرطوب تر بین ۶۰۰۰ و ۵۵۰۰ سال قبل با استفاده از ایزوتوپ $\delta^{18}\text{O}$ (استیونس و همکاران، ۲۰۰۱)، افزایش تدریجی در بارش های بهاری بعد از ۶۵۰۰ سال قبل در دریاچه ی میرآباد با استفاده از شواهد گرده گیاهی، ژئوشیمی، تحلیل استراکود، LOI، کانی شناسی، عناصر کمیاب و ایزوتوپ $\delta^{18}\text{O}$ (استیونس و همکاران، ۲۰۰۶)، وجود شرایط آب شیرین، اوج گرده گیاهی کورسس، افزایش و سطح ثابت آب، آب و هوای مرطوب تر بین ۶۰۰۰ و ۵۵۰۰ سال قبل در دریاچه ی زریبار با استفاده از گرده های گیاهی (وان زایست و بوتیما، ۱۹۷۷)، وجود شرایط آب شیرین، افزایش و سطح ثابت آب، آب و هوای مرطوب تر بین ۶۰۰۰ و ۵۵۰۰ سال قبل همراه با کاهش فراوانی چنوپودیوم روبریم در بین ماکروفسیل ها، ناپدید شدن کامل دیاتومه های آب شور در دریاچه زریبار با استفاده از ماکروفسیل های گیاهی (واسیلیکوا، ۲۰۰۵، ۱۹۶۷؛ واسیلیکوا و والانوس، ۲۰۰۴؛ واسیلیکوا و همکاران، ۲۰۰۶)، آب و هوای گرم و مرطوب در طول هولوسن میانی در دریاچه ی زریبار با استفاده از ارتباط بین توزیع دانه های رسوبی و اجتماع گرده های گیاهی (مقصودی و همکاران، ۲۰۱۴).

۲-۳- شرایط آب و هوای گرم و خشک ۵۵۰۰ - ۴۵۰۰ سال قبل

با توجه به کاهش در میزان LOI افزایش میزان برخی از عناصر سنگینی مانند تیتانیم، باریم، سیلیس و زیرکونیم و کاهش در میزان کلسیم و افزایش نسبت Mg/Ca و Sr/Ca در لایه های رسوبی نشان می دهد این بازه ی زمانی دارای آب و هوای گرم و خشک می باشد (شکل ۳)، این نتایج، یعنی وجود شرایط آب و هوای خشک با دیگر نتایج دیرینه آب و هوای به دست آمده در ایران منطبق است، از جمله: شرایط بسیار خشک، فروپاشی ناگهانی امپراطوری توسعه یافته اکاد در ۴۷۰۰ سال قبل با استفاده از حساسیت مغناطیسی، کانی شناسی و ژئوشیمیایی، و ایزوتوپ $\delta^{18}\text{O}$ در خلیج عمان (کولن و همکاران، ۲۰۰۰)، اوج خشکی در ۴۵۵۰ سال قبل در طی شکاف سکونتگاه ها با استفاده از شواهد زمین شناسی، ژئومورفیک و کرونولوژی در دشت قزوین (اشمیت و همکاران، ۲۰۱۱)، وجود محیط دریایی کم عمق در دریای خزر در هولوسن میانی بین ۵۷۰۰ و ۴۹۰۰ سال قبل با استفاده از کاروفیت، رد پای فسیل، دیاتومه، تحلیل دانه بندی، ایزوتوپ های پایدار و گرده شناسی (کاکرودی و همکاران، ۲۰۱۲، ۲۰۱۵)، درجه حرارت گرم تر و برگشت به شرایط اوایل هولوسن بین ۴ و ۵/۳ هزار سال قبل در دریاچه زریبار با استفاده از ایزوتوپ $\delta^{18}\text{O}$ (استیونس و همکاران، ۲۰۰۱)، رخ دادن ۶۰۰ سال خشکی شدید در ۵۵۰۰ سال قبل در دریاچه ی میرآباد با استفاده از گرده گیاهی، ژئوشیمی،

تحلیل استراکود، LOI، کانی شناسی، عناصر کمیاب و ایزوتوپ $\delta^{18}\text{O}$ (استیونس و همکاران، ۲۰۰۶)، کاهش سطح آب دریاچه‌ی زیربار در حدود ۴۵۰۰-۳۸۰۰ سال قبل با استفاده از گرده‌های گیاهی (وان زایست و بوتیما، ۱۹۷۷).

مراجع

- سازمان زمین‌شناسی ایران، فنودی، (۱۳۷۷). نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ تکاب، ۱۳۷۷.
- مقصودی، مهران؛ جعفریگلو، منصور و رحیمی، امید. شواهد رسوبی تغییرات اقلیمی در دریاچه‌ی زیربار طی دوره‌ی هولوسن. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۶(۱): ۴۳-۵۸، ۲۰۱۴.
- مقصودی، مهران، جعفریگلو، منصور، عزیزی، قاسم و رحیمی، امید، (۲۰۱۴). پالئولیمنولوژی دریاچه‌ی زیربار براساس ارتباط بین توزیع دانه‌های رسوبی و اجتماع گرده‌های گیاهی در هولوسن. مجله پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۲(۳): ۹۵-۱۰۹، ۲۰۱۴.
- Belfer-Cohen, A., Goring-Morris, A.N. Becoming farmers: the inside story. Curr.Anthropol. 52, S209-S220, 2011.
- Cullen, H. M., Hemming, S., Hemming, G., Brown, F. H., Guilderson, T., and Sirocko, F. Climate change and the collapse of the Akkadian empire: Evidence from the deep sea. Geology, 28(4), 379-382, 2000.
- DeMenocal, P. B. Cultural responses to climate change during the late Holocene. Science (New York, NY), 292(5517), 667-673, 2001.
- Gleick, P.H. Water, drought, climate change, and conflict in Syria. Weather Clim. Soc. 6, 331-340, 2014.
- Goslar, T., Czernik, J., and Goslar, E. (2004). Low-energy ^{14}C AMS in Poznań Radiocarbon Laboratory, Poland. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 223, 5-11, 2004.
- Griffiths, H. I., Schwalb, A., and Stevens, L. R. Environmental change in southwestern Iran: the Holocene ostracod fauna of Lake Mirabad. The Holocene, 11(6), 757-764, 2001.
- Kakroodi, A. A., Kroonenberg, S. B., Hoogendoorn, R. M., Khani, H. M., Yamani, M., Ghassemi, M. R., and Lahijani, H. A. K. Rapid Holocene sea-level changes along the Iranian Caspian coast. Quaternary International, 263, 93-103, 2012.
- Kakroodi, A. A., Leroy, S. A. G., Kroonenberg, S. B., Lahijani, H. A. K., Alimohammadian,

H., Boomer, I., and Goorabi, A. Late Pleistocene and Holocene sea-level change and coastal paleoenvironment evolution along the Iranian Caspian shore. *Marine Geology*, 361, 111-125, 2015.

Kaniewski, D., Van Campo, E., Guiot, J., Le Burel, S., Otto, T., and Baeteman, C. Environmental roots of the Late Bronze Age crisis. *PLoS One*, 8(8), e71004, 2013.

Kelley, C.P., Mohtadi, S., Cane, M.A., Seager, R., Kushnir, Y., Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 112, 3241-3246, 2015.

Ramsey, C. B., and Lee, S. Recent and planned developments of the program OxCal. *Radiocarbon*, 55(2-3), 720-730, 2013.

Reimer, P. J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Blackwell, P. G., Bronk Ramsey, C., ... and Grootes, P. M. (2013). IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0-50,000 years cal BP, 2013.

Schmidt, A., Quigley, M., Fattahi, M., Azizi, G., Maghsoudi, M., and Fazeli, H. Holocene settlement shifts and palaeoenvironments on the Central Iranian Plateau: investigating linked systems. *The Holocene*, 21(4), 583-595, 2011.

Stevens, L. R., Ito, E., Schwalb, A., and Wright Jr, H. E. Timing of atmospheric precipitation in the Zagros Mountains inferred from a multi-proxy record from Lake Mirabad, Iran. *Quaternary research*, 66(3), 494-500, 2006.

Stevens, L. R., Wright Jr, H. E., and Ito, E. (2001). Proposed changes in seasonality of climate during the Lateglacial and Holocene at Lake Zeribar, Iran. *The Holocene*, 11(6), 747-755, 2001.

Van Zeist, W., and Bottema, S. Palynological investigations in western Iran. *Palaeohistoria* Bussum, 19, 19-85, 1977.

Wasylikowa, K. Late quaternary plant macrofossils from Lake Zeribar, western Iran. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 2(1-4), 313-318, 1967.

Wasylikowa, K. Palaeoecology of Lake Zeribar, Iran, in the Pleniglacial, Lateglacial and Holocene, reconstructed from plant macrofossils. *The Holocene*, 15(5), 720-735, 2005.

Wasylikowa, K. R. Y. S. T. Y. N. A., and Walanus, A. D. A. M. Timing of aquatic and marshplant successions in different parts of Lake Zeribar, Iran, during the Late Glacial and Holocene. *Acta Palaeobotanica*, 44 (2), 129-14 2004.

Wasylikowa, K., Witkowski, A., Diatom Monographs, Vol.8, The Palaeoecology of Lake Zeribar and Surrounding Areas; Western Iran; During The Last 48000 Years, A.R.G. Gantner Verlag K.G., Koeltz Science books, Germany, 2008.

Wasylikowa, K., Witkowski, A., Walanus, A., Hutorowicz, A., Alexandrowicz, S. W., and Langer, J. J. Palaeolimnology of Lake Zeribar, Iran, and its climatic implications. Quaternary Research, 66(3), 477-493, 2006.

Weiss, H., Courty, M.-A., Wetterstrom, W., Guichard, F., Senior, L., Meadow, R., Curnow, A. The genesis and collapse of third millennium North Mesopotamian civilization. Science, 261, 995-1004, 1993.

برآورد فرونشست سطح زمین در بخشی از دشت اردبیل با استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری

Estimation of land surface subsidence in a part of Ardabil plain using radar interferometric technique

^۱ حسن صورآذر لاهرود، ^۲ صیاد اصغری سراسکانرود

^۱ دانشجوی ارشد سنجش از دور، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، H.sourazar@gmail.com

^۲ دانشیار گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، s.asghari@uma.ac.ir

چکیده

پدیده فرونشست یکی از مخاطراتی است که در طی سال‌های اخیر در بسیاری از مناطق رخ داده و معضلات زیادی را برای زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی جاده‌ها و غیره را در برخی از دشت‌های کشور به وجود آورده است. دشت اردبیل واقع در استان اردبیل یکی از این مناطق می‌باشد که در طی سال‌های گذشته برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی این دشت روند صعودی داشته است. شناسایی مناطق در معرض فرونشست و برآورد نرخ آن نقش مهمی در مدیریت و کنترل این پدیده دارد. بنابراین هدف از این پژوهش برآورد میزان فرونشست در بخشی از دشت اردبیل می‌باشد. تکنیک تداخل سنجی راداری با دقت بالا از مناسب‌ترین روش‌های شناسایی و اندازه‌گیری میزان فرونشست است. این تکنیک فاز گرفته‌شده از دو مجموعه داده رادار در دو زمان مختلف را مقایسه و با ایجاد، اینترفروگرام قادر به اندازه‌گیری تغییرات سطح زمین در دوره زمانی است. در این پژوهش به منظور شناسایی و اندازه‌گیری فرونشست در دشت اردبیل از تصاویر راداری سنتینل-۱ سال‌های ۲۰۱۷ و ۲۰۲۰ استفاده شده است. به منظور پردازش اطلاعات نیز از نرم‌افزار SARscape استفاده شده است. نتایج به دست آمده در این پژوهش نشان داد که تصاویر ماهواره راداری و تکنیک تداخل سنجی به دلیل پوشش گسترده و دقت بالا و فراوانی دیتا از پتانسیل خوبی برای شناسایی جابه‌جایی‌ها بسیار مناسب است. طبق نتایج، بیش‌ترین نرخ فرونشست در ۳ سال در منطقه ۲۷ سانتی‌متر در محدوده مورد مطالعه برآورد شده است. که نشان دهنده فعال بودن منطقه از لحاظ فرونشست است.

کلمات کلیدی: تداخل سنجی راداری، تصاویر سنتینل-۱، فرونشست، دشت اردبیل

انسان دائماً در تلاش برای پیش بینی رخداد مخاطرات محیطی می باشد که جوامع شهری و روستایی، سازه ها و تاسیسات را تهدید خواهد کرد. آن دسته از مخاطراتی که انسان طی سال های گذشته به ویژه در دشت های آبرفتی با آن روبه رو بوده، پدیده فرونشست زمین به دلیل استفاده و برداشت بیش از اندازه از منابع آب های زیرزمینی می باشد (افتخارنیا و همکاران، ۱۳۹۵). فرونشست زمین پدیده ای مورفولوژیکی و یکی از مخاطرات محیطی می باشد که امروزه در بیشتر کشورهای دنیا در حال روی دادن است. براساس تعریف انستیتو زمین شناسی ایالات متحده آمریکا (USGS⁹⁶)، فرونشست زمین شامل نشست زمین یا پایین رفتن تحت تأثیر عوامل انسانی و طبیعی می باشد (های مانگ و همکاران، ۲۰۰۹). براین اساس فرونشست زمین به عنوان دسته ای از مسائلی می باشد که تحت تأثیر عوامل انسانی رخ داده و تشدید می شود (چاسارد و همکاران، ۲۰۱۳) و این پدیده می تواند دارای حرکات تدریجی یا ناگهانی باشد و با جابه جایی هایی در جهت افقی و عمودی از چند میلی متر تا چندین سانتی متر بوده البته میزان جابه جایی افقی آن بسیار کم است که به دلایل مختلفی در مقیاس های بزرگ نمایان می شود (بیتس و جکسون، ۱۹۸۰). فرونشست می تواند بر بسیاری از تاسیسات و ساخت وسازها تأثیر گذاشته و باعث به وجود آمدن مشکلاتی برای محیط زیست، و صنایع... شود (جی و رایزوس، ۲۰۰۷). این مخاطره به عنوان یکی از مهم ترین پدیده هایی می باشد که به دلیل تلفات بسیار کم انسانی نسبت به بقیه پدیده های طبیعی از اهمیت کمتری برخوردار بوده و کم تر مورد توجه قرار می گیرد (انگورانی و همکاران، ۱۳۹۴). در این مخاطره، افزایش تنش مؤثر خاک به دلیل کاهش فشار آب منفذی باعث نشست سطح زمین می شود. در سفره های ماسه ای نشست زمین به صورت سریع و ناگهانی و به صورت بطئی و تدریجی در سفره های رسی نمایان می شود. رخداد این پدیده متأثر از فعالیت های بشر (استخراج معادن طلا و گوگرد و زغال سنگ، برداشت بی رویه از نفت و گاز و آب های زیرزمینی، ساخت وسازهای زیرزمینی و حفاری (معدن کاری و تونل زنی) تغییر و تحولات کاربری اراضی و گسترش ساخت وسازهای زیرزمینی مناطق شهری از قبیل مترو و تونل) و فرآیندهای طبیعی (ریزش زمین در موقعیت سنگ های انحلال پذیر، فوران آتش فشان و خروج گدازه، تراکم نهشته ها و ذوب یخ ها، رانش قاره ای حرکت و جابه جایی آهسته پوسته زمین، فعالیت های گسلی، آتش سوزی زیرزمینی و چین خوردگی، بالا آمدن سطح آب دریا، فشردگی رسوبات آلی، اکسیداسیون) مانند حرکات تکتونیکی را می توان نام برد (ارکن و استوسامر، ۲۰۲۰؛ لایو و همکاران، ۲۰۲۰) و گاهی اوقات هم ترکیبی از این دو عامل می باشد. در کنار همه ی این دلایل، سستی ساختمانی و استفاده بی رویه از آب های زیرزمینی مهم ترین عوامل وقوع این مخاطره هستند. هم چنین از دلایل اصلی و مهم وقوع فرونشست⁹⁷، تحرک مواد مایع یا جامد زیرزمینی می باشد (گارسیا و همکاران، ۲۰۲۱). در واقع، حس نیاز روزافزون بشر به آب ازسویی و فقدان

⁹⁶. United States Geological Survey

⁹⁷ Subsidence

آن از سویی دیگر به خصوص در مناطق نیمه خشک و خشک جهان، او را متوجه استخراج هر چه بیشتر از منابع های آبی، به ویژه منابع آبی زیرزمینی کرده است. با پیشرفت علم و تکنولوژی، دسترسی به آب بیشتر به خصوص از طریق چاه و سفره های آب زیرزمینی همه روزه افزایش یافت که از بازتاب های مهم آن کاهش زود هنگام مخازن آب های زیرزمینی بوده است (رکنی و همکاران، ۱۳۹۵). نابراین، این پدیده نواحی شهری را بیشتر تحت تأثیر قرار داده که در صورت عدم توجه به آن قادر است با خسارات مالی و جانی بسیاری همراه شود. به همین خاطر، نظارت بر میزان فرونشست زمین به منظور کاهش تأثیرات منفی و هم چنین مهار روند گسترش آن، بسیار حائز اهمیت می باشد و ضروری است تا به طور منظم روند فرونشست مناطق تخمین زده شود (یاستیکا و عبدین، ۲۰۱۹). براساس تخمین کارشناسان، بیش از ۱۵۰ کلان شهر از شهرهای بزرگ جهان با گستره ای از کشورهای گسترش یافته تا در حال گسترش در معرض این مخاطره روبه رو هستند (هیو و وانگ، ۲۰۰۴). پدیده فرونشست بسیاری از نقاط مختلف جهان از جمله کشور ایران را تحت تأثیر قرار داده و در طول سال های گذشته به عنوان یکی از چالش ها و مسائل مهم مطرح شده است. کاهش آب های زیرزمینی یکی از مهم ترین و اصلی ترین عامل مورد توجه قرار گرفته است، چراکه ارتباط مستقیمی بین کاهش میزان آب های زیرزمینی و فرونشست زمین در مناطق مختلف برقرار است. به همین جهت، پایداری بودن شرایط اقلیمی گرم و خشک در اغلب نواحی داخلی کشور ایران و تمرکز بهره برداری های کشاورزی، صنعتی و مصارف آب شرب بر منابع آب های زیرزمینی، زیرساخت مناسبی برای ایجاد این پدیده مهیا کرده است (شریفی کیا، ۱۳۹۱). سال ها پیش تنها تعداد کمی از استان های ایران مانند کرمان و یزد با موضوع فرونشست روبه رو بودند ولی اکنون استفاده بی رویه از آب های زیرزمینی باعث شده تا دشت های زیادتری از ایران با موضوع فرونشست مواجه باشند (حقیقت مهر و همکاران، ۱۳۹۱).

طبق موارد بیان شده، هدف از این پژوهش مطالعه وضعیت فرونشست سطح زمین در بخشی از دشت اردبیل می باشد. براین اساس با توجه به اطلاعات موجود و با استفاده از تصاویر ماهواره ای سنتینل-1 و روش تداخل سنجی^{۹۸} راداری میزان فرونشست منطقه برآورد^{۹۹} خواهد شد. با توجه به مهم بودن مسئله، در طول سال های گذشته بررسی های مختلفی در حوضه مخاطره فرونشست صورت گرفته است و یافته های صورت گرفته در حوضه سنجش از دوری باعث شده است تا پایش پدیده فرونشست برخلاف سال های اخیر با سرعت بالاتر و دقت بیشتری صورت گیرد براین اساس از جمله تحقیقات داخلی می توان به: اصغری و همکاران (۱۴۰۰)، در مطالعه ای با استفاده از تداخل سنجی راداری به منظور اندازه گیری و شناسایی زمین لغزش از تصاویر راداری سنجنده سنتینل ۱ سال های ۲۰۱۵-۲۰۲۰ و به منظور پردازش اطلاعات از نرم افزار SARscape استفاده کردند. نتایج تحقیق آنان نشان داد که تصاویر راداری از توانایی خوبی برای آشکار سازی تغییر پذیری دامنه ها و محاسبه حرکت آن ها برخوردار است و بیش ترین جابه جایی مواد دامنه ای

^{۹۸}. Interferometry

^{۹۹}. Estimation

۲۱ سانتی متر در سال های ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰ بوده است که حاکی از کارآمد بودن منطقه از نظر حرکات دامنه ای است. عزتی (۱۳۹۴)، در پایان نامه کارشناسی ارشد خود تحت عنوان "مطالعه فرونشست زمین در اثر برداشت از آب های زیرزمینی به روش تداخل سنجی راداری (مطالعه موردی: دشت شبستر- صوفیان)"، دامنه و نرخ فرونشست در سطح منطقه شبستر، با استفاده از تکنیک تداخل سنجی تفاضلی در بازه زمانی خرداد ۲۰۰۵ - مرداد ۲۰۰۶ و فروردین ۲۰۰۷ - خرداد ۲۰۰۸ به کار گرفته شد. به این منظور تصاویر سنجنده ASAR ماهواره ENVISAT-ASAR در باند C مورد استفاده قرار گرفتند. یافته های پژوهش تاکیدکننده حاکمیت میزان فرونشست با حداقل ۴ سانتی متر تا حداکثر ۲۳ سانتی متر در سال بوده است. از جمله تحقیقات خارجی نیز می توان به دینهو و همکاران (۲۰۱۵)، اشاره کرد که به مطالعه مخاطره فرونشست در منطقه هوچی مین ویتنام پرداخته اند. در این پژوهش از روش تداخل سنجی (PSI) برای تخمین فرونشست استفاده شده است. برابری مقدار بهره برداری چاه ها با نتایج حاصل از تداخل سنجی نشان دهنده این است که تحت تأثیر کاهش آب های زیرزمینی، این منطقه در طی ۴ سال ۱۲ سانتی متر فرونشست داشته است.

۱-۲ منطقه مورد مطالعه:

دشت اردبیل از نظر تقسیمات سیاسی در استان اردبیل واقع در شمال غرب کشور با مساحتی معادل ۱۷۹۵۰ کیلومترمربع (۱/۱٪ از مساحت کشور) قرار گرفته است. این استان از لحاظ جغرافیایی در ۳۷.۴۵ تا ۳۹.۴۲ عرض شمالی و ۴۷.۳۰ تا ۴۸.۵۵ طول شرقی از نصف النهار گرینوچ در شمال غرب ایران واقع شده و از شمال با جمهوری آذربایجان از شرق با استان گیلان از جنوب با استان زنجان و از غرب به استان آذربایجان شرقی محدود شده است. دشت اردبیل در پست ترین قسمت خود در حوالی پل سامیان ۱۲۹۴ متر از سطح دریای آزاد اختلاف ارتفاع دارد و حوزه آبریز آن معادل ۸۵۳ کیلومترمربع بوده که از شمال به ارتفاعات مرزی بین ایران و آذربایجان، از شرق به ارتفاعات تالش، از جنوب به آریاچای و از غرب به دامنه کوه سبلان ختم می شود. ارتفاعاتی که دشت وسیع اردبیل را احاطه نموده اند ادامه چین خوردگی البرز بوده و رسوبات و آبرفت های قدیمی بیشتر در حاشیه دشت اردبیل گسترش دارند. از نظر ژئومورفولوژی، چشم انداز منطقه را واحد دشت در شمال و واحد کوهستان در جنوب دربر گرفته است. از نظر آب و هوایی نیز ارتفاع زیاد، آب و هوای خاصی را در منطقه ایجاد کرده است که دارای زمستان بسیار سرد و تابستان نسبتاً خنک است و میزان بارندگی متوسط سالیانه آن حدود ۳۰۰ میلی متر و یا بیشتر می باشد (گنجائیان، ۱۳۹۵).

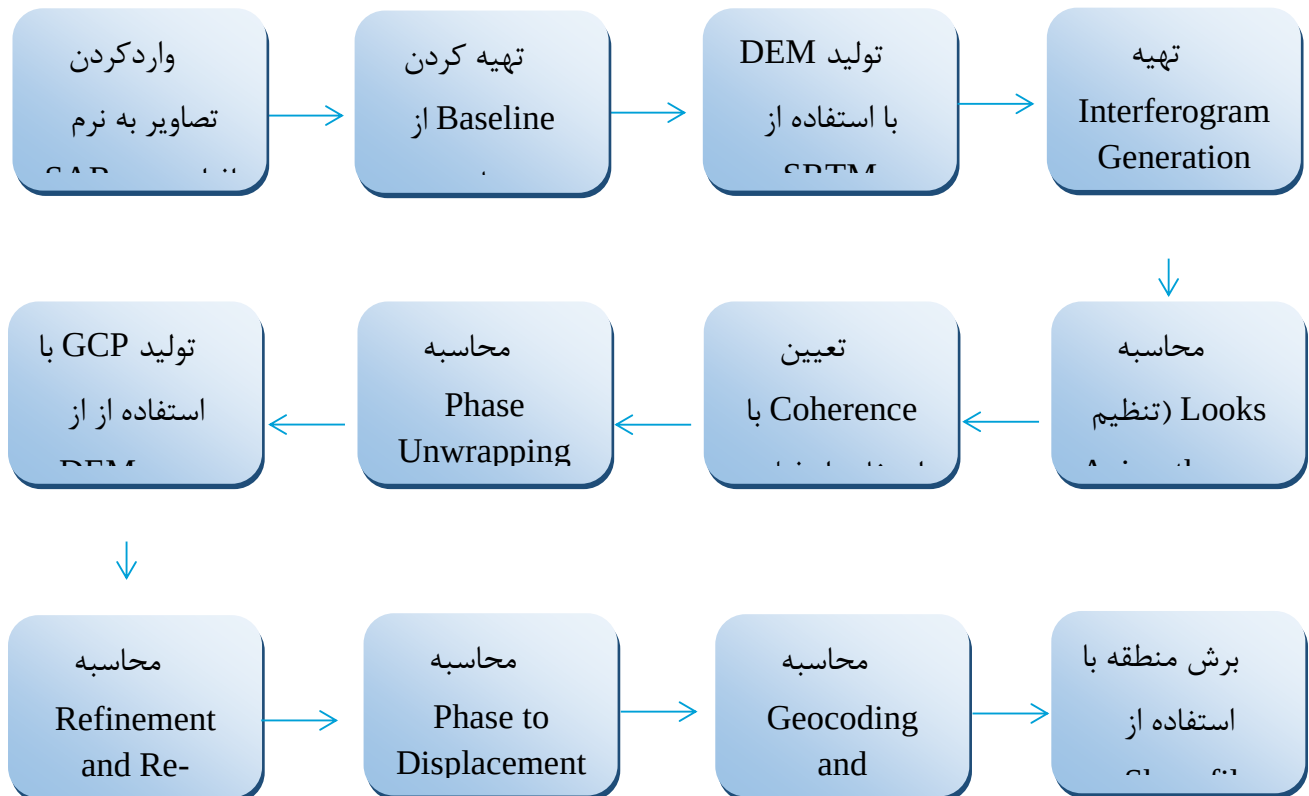
۲-۱ مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر از نظر هدف، از نوع کاربردی و از نظر روش، از نوع میدانی است. در این پژوهش برای برآورد فرونشست دشت اردبیل از تکنیک تداخل سنجی راداری و بازه زمانی سه ساله تصاویر ماهواره سنتینل ۱ از سال‌های ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۰ که در محدوده باند C سنجنده SAR تصویر اخذ می‌کند، در نرم افزار SARscape استفاده خواهد شد.

۲-۲ تکنیک تداخل سنجی راداری:

تداخل سنجی داده‌های راداری (InSAR) در میان روش‌های مختلف و گوناگون آشکارسازی تغییرات پوسته‌ی زمین به‌عنوان مناسب‌ترین روش اندازه‌گیری پیوسته این تغییرات مورد توجه است. از اوایل دهه ۱۹۹۰ با عملیاتی شدن تداخل سنجی راداری به‌خاطر ارائه پوشش وسیع منطقه، صرفه اقتصادی و جزئیات دقیق از منطقه بیش‌تر مورد توجه قرار گرفته و کارشناسان علوم زمین از آن بیش‌تر سود بردند (اسمائل‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵). به سبب هزینه‌بر و زمان‌بر بودن شیوه‌های اندازه‌گیری و برآورد فرونشست توسط نقشه‌برداری زمینی در سطوح ترازیبی دیجیتالی و اتوماتیک، برآورد فرونشست با استفاده از تداخل سنجی رادار با دریچه مصنوعی (InSAR)، روشی نوین را جهت اندازه‌گیری مقدار فرونشست فراهم آورده است، به‌طوری‌که می‌توان تغییرات ارتفاعی در ابعاد تقریباً ۱ سانتی‌متر را مشخص و از طریق اندازه‌گیری‌های سری زمانی سیگنال‌های بازگشتی رادار، روند، گستره وقوع و موقعیت مکانی تغییرات سطحی زمین را بیان و مورد تجزیه و تحلیل قرارداد. روش تداخل سنجی راداری، مزایای زیادی در پایش و اندازه‌گیری میزان جابه‌جایی‌های پوسته زمین دارد. از جمله این مزایا: قدرت تفکیک مکانی بالا، حساسیت بالا به تغییرات دینامیکی و پوشش وسیع آن می‌باشند. با استفاده از چند تصویر SAR، از تغییرات دینامیک یک منطقه می‌توان تداخل‌نما تغییرات را با دقتی نزدیک به چند میلی‌متر به دست آورد. اصول کلی شیوه تداخل سنجی راداری، اندازه‌گیری تغییرات سطح زمین با استفاده از تصاویر تکراری رادار است. به این شکل تصویری از یک منطقه در یک زمان معین برداشت می‌شود با تصویری که در زمان دیگری به‌وسیله همان سنجنده رادار برداشت می‌شود، ادغام می‌شوند و هرگونه حرکت در سطح زمین موجب تغییر در مقدار فاصله سنجنده تا سطح زمین می‌گردد. تغییر در فاصله سنجنده تا سطح زمین در فاز امواج راداری منعکس می‌شود (نجف‌وند، ۱۴۰۱).

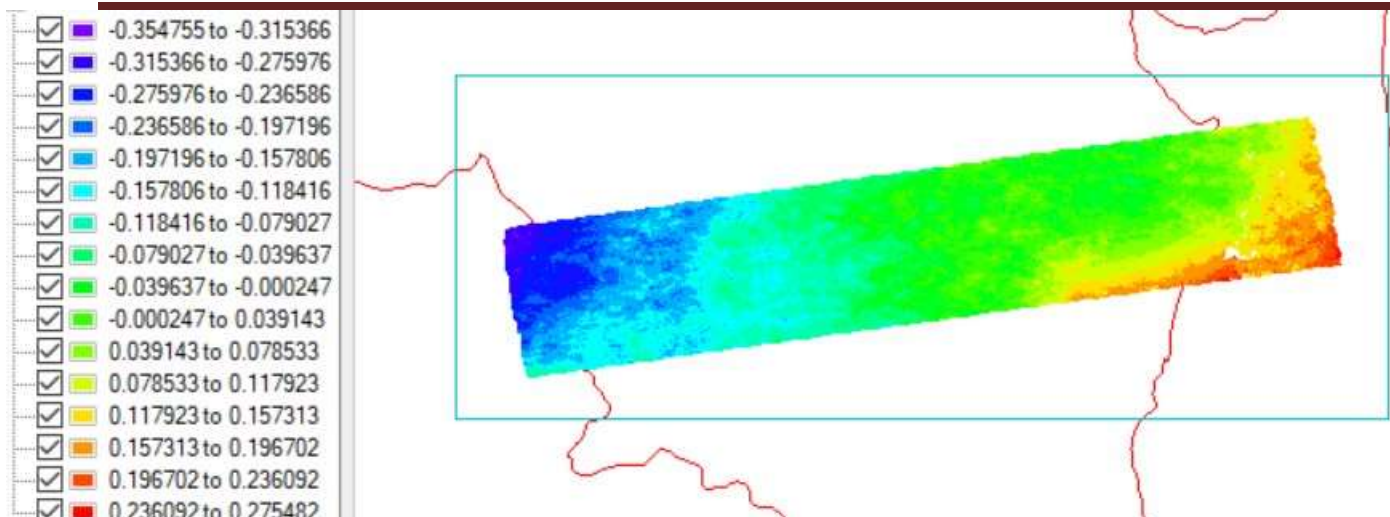
۲-۳ انجام محاسبات با نرم‌افزار SARscape جهت تولید نقشه فرونشست (شکل ۲):



شکل ۲: شماتیک مراحل نرم‌افزاری

۱-۳ نتایج

نقشه نهایی به‌دست آمده (شکل ۴)



شکل ۴: نقشه میزان فرونشست بخشی از دشت اردبیل (واحد به متر)

۴-۱ بحث و نتیجه گیری

گسترش سریع شهرنشینی و صنعتی‌شدن در بسیاری از مناطق ایران، منجر به افزایش بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی شده است. با توجه به وجود مناطق متعدد فرونشست در ایران، لزوم شناسایی و کنترل و مدیریت این مناطق امری ضروری به نظر می‌رسد. تاکنون به دلیل افزایش برداشت بیش‌ازحد از آب‌های زیرزمینی به منظور تامین آب کشاورزی، شرب و صنعتی در بخش‌هایی از شهرهای بزرگ ایران از جمله تهران، مشهد، همدان، کرمان و قم اتفاق افتاده است. این موارد نشان‌دهنده نیاز به بازنگری و تغییر استراتژی مدیریت منابع آب می باشد. از طرفی به‌خاطر هزینه مناسب و پوشش مکانی مناسبی که تداخل‌سنجی راداری در مقایسه با پوشش مکانی و هزینه تکرار مشاهدات ترازیبی زمینی ارائه می دهد، استفاده از این تکنیک در کنار استفاده از مشاهدات ترازیبی زمینی دقیق به منظور کنترل صحت نتایج حاصل از تداخل‌سنجی راداری پیشنهاد می شود. تداخل سنجی راداری روش بسیار دقیقی است که می تواند حرکات دامنه ای را با استفاده از دو تصویر از یک منطقه در دامنه های زمانی مختلف به صورت خیلی دقیق در حد سانتی‌متر و حتی میلی‌متر شناسایی کند. با استفاده از این فناوری امکان پایش حرکات کوچک سطح زمین به صورت پیوسته با دقت زیاد و در گستره وسیع امکان پذیر است بررسی وضعیت فرونشست دشت اردبیل در ۳ سال از سال ۲۰۱۷ تا سال ۲۰۲۰ در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که بیشترین میزان فرونشست ۲۷ سانتی‌متر می‌باشد. بررسی روند مکانی فرونشست نیز بیانگر این است که بیشترین میزان فرونشست در دشت اردبیل بیشتر در شرق این منطقه بوده است.

۵-۱ مراجع

- اسماعیل زاده، مجید؛ امینی، جلال؛ (۱۳۹۵). کالیبراسیون هندسی تصاویر SAR به منظور حذف خطاهای ناشی از توپوگرافی سطح زمین، نشریه علمی- پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، دوره ۵، شماره ۴، اردیبهشت ماه ۱۳۹۵.
- اصغری سراسکانرود، صیاد؛ محمدزاده شیشه گران، مریم؛ و زالی کرده مهینی، عادل؛ (۱۴۰۰). «ارزیابی ناپایداری دامنه‌ای جاده‌های اردبیل- سرعین- سراب با استفاده از تداخل سنجی رادار»، جغرافیا و پایداری محیط، دوره ۱۱، شماره ۲، ص ۹۱-۱۰۴.
- افتخارنیا، رضا؛ آریایی، علی اصغر؛ حافظی مقدس، ناصر؛ (۱۳۹۵). بررسی علل فرونشست زمین در مسیر راه آهن کرمان- مشهد در محدوده بلاک نمکی، نهمین همایش ملی زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، دانشگاه خوارزمی تهران.
- انگورانی، سعید؛ معاریان، حسین؛ شریعت پناهی، مسعود؛ بلورچی، محمدجواد؛ (۱۳۹۴). مدل سازی پویای فرونشست دشت تهران، مجله علوم زمین، سال ۲۵، شماره ۹۷، ص ۲۲۰-۲۱۱.
- رکنی، جعفر؛ حقیقت مهر، پریسا؛ ولدان زوج، محمدجواد؛ تاجیک، رضا؛ جباری، سعید؛ صاحبی، محمودرضا؛ اسلامی، رضا؛ گنجیان، مصطفی؛ دهقانی، مریم؛ (۱۳۹۱). تحلیل سری زمانی فرونشست هشتگرد با استفاده از روش تداخل- سنجی راداری و سامانه موقعیت یابی جهانی، مجله علوم زمین، سال ۲۲، شماره ۸۵، ص ۱۱۴-۱۰۵.
- حسین زاده، سیدرضا؛ لشکری پور، غلامرضا؛ ولایتی، سعدالله؛ (۱۳۹۵). بررسی فرونشست زمین، چشم اندازها و تحولات ژئومورفولوژی ناشی از آن در دشت های تراکمی، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، دوره ۶، شماره ۲۴، ص ۳۸-۲۱.
- شریفی کیا، محمدرضا؛ (۱۳۹۱). تعیین میزان و دامنه فرونشست زمین به کمک روش تداخل سنجی راداری (D-InSAR) در دشت نوق- بهرمان، مجله برنامه ریزی و آمایش فضا، دوره ۱۶، شماره ۳، ص ۷۷-۵۵.
- عزتی، سوبیه؛ (۱۳۹۴). بررسی فرونشست زمین در اثر برداشت از آب های زیرزمینی به روش تداخل سنجی راداری (مطالعه موردی: دشت شبستر- صوفیان). پایان نامه کارشناسی ارشد. رشته سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی. دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی. دانشگاه تبریز.
- گنجائیان، حمید (۱۳۹۵) هیدروژئومورفولوژی و پایداری آبراهه حوضه رود شور با مدیریت اهداف توسعه شهری،

پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا.

نجفوند، سمیرا؛ (۱۴۰۱). آشکارسازی و پایش پدیده فرونشست زمین با استفاده از روش پراکنده سازه‌های دائمی (PS-InSAR)، (مطالعه موردی: دشت شبستر - صوفیان). رساله دکتری. رشته‌ی ژئومورفولوژی. دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی. دانشگاه تبریز.

Bates, R.L. and Jackson, J.A., 1980. Glossary of Geology: Falls Church. Virginia, American Geological Institute, 167.

Chaussard, E., Amelung, F., Abidin, H. and Hong, S.H., 2013. Sinking cities in Indonesia: ALOS PALSAR detects rapid subsidence due to groundwater and gas extraction. Remote sensing of environment, 128, pp.150-161.

Erkens, G. and Stouthamer, E., 2020. The 6M approach to land subsidence. Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences, 382, pp.733-740.

Ge, L., Chang, H.C. and Rizos, C., 2007. Mine subsidence monitoring using multi-source satellite SAR images. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 73(3), pp.259-266.

Herrera-García, G., Ezquerro, P., Tomás, R., Béjar-Pizarro, M., López-Vinielles, J., Rossi, M., Mateos, R.M., Carreón-Freyre, D., Lambert, J., Teatini, P. and Cabral-Cano, E., 2021. Mapping the global threat of land subsidence. Science, 371(6524), pp.34-36.

Hu, R.L., Yue, Z.Q., Wang, L.U. and Wang, S.J., 2004. Review on current status and challenging issues of land subsidence in China. Engineering Geology, 76(1-2), pp.65-77.

Minh, D.H.T., Van Trung, L. and Le Toan, T., 2015. Mapping ground subsidence phenomena in Ho Chi Minh City through the radar interferometry technique using ALOS PALSAR data. Remote sensing, 7(7), pp.8543-8562.

Ng, A.H.M., Chang, H.C., Ge, L., Rizos, C. and Omura, M., 2009. Assessment of radar interferometry performance for ground subsidence monitoring due to underground mining. Earth, Planets and Space, 61(6), pp.733-745.

Yastika, P.E., Shimizu, N. and Abidin, H.Z., 2019. Monitoring of long-term land subsidence from 2003 to 2017 in coastal area of Semarang, Indonesia by SBAS DInSAR analyses using Envisat-ASAR, ALOS-PALSAR, and Sentinel-1A SAR data. Advances in Space Research, 63(5), pp.1719-1736.

برآورد فرونشست سطح زمین در بخشی از دشت اردبیل

Estimation of land surface subsidence in a part of Ardabil plain

^۱ اسما اصغریپور شیران، ^۲ آرش فتح الهی، ^۳ صیاد اصغری سراسکانرود

^۱ دانشجوی ارشد سنجش‌ازدور، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، asma.asgharpour1376@gmail.com

^۲ دانشجوی ارشد سنجش‌ازدور، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، arashf777af@yahoo.com

^۳ استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، s.asghari@uma.ac.ir

چکیده

رشد جمعیت و گسترش بی‌رویه بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی در مقاصد کشاورزی، صنعت و آشامیدن باعث ایجاد مخاطرات زیست‌محیطی زیادی می‌شود که در بین آن‌ها می‌توان به فرونشست زمین اشاره کرد که از اهمیت زیادی نسبت به سایر مخاطرات برخوردار است. همچنین این پدیده تلفات انسانی کمتری نسبت به سایر مخاطرات مانند سیل و زلزله و زمین‌لغزش دارد هدف از این مقاله بررسی فرونشست زمین به‌عنوان یکی از مخاطرات زیست‌محیطی ناشی از کاهش یا افت سطح آب زیرزمینی در دشت اردبیل است. پدیده فرونشست به علت‌های متفاوتی در مقیاس بزرگ روی می‌دهد و می‌تواند در اثر پدیده‌های متفاوت طبیعی مانند انحلال، ذوب یخ‌ها، حرکات آرام پوسته‌ی زمین، خروج گدازه از پوسته‌ی جامد زمین و فعالیت‌های انسانی مانند ایجاد معادن، برداشت آب زیرزمینی و حفر چاه‌ها اشاره کرد. با توجه به وجود مناطق متعدد فرونشست در ایران و منطقه مورد مطالعه یعنی دشت اردبیل، لزوم شناسایی و کنترل و مدیریت آن امری ضروری به نظر می‌رسد. امروزه تداخل سنجی راداری به‌عنوان فنی است که جابجایی سطح زمین را با دقت و قدرت تفکیک مکانی بالایی بررسی می‌کند. با بهره‌گیری از این روش می‌توان میزان فرونشست در منطقه را با دقت و قدرت تفکیک مکانی بالایی شناسایی کرد. این تکنیک فاز گرفته‌شده از دو مجموعه داده رادار در دو زمان مختلف رو مقایسه و با ایجاد اینترفروگرام قادر به اندازه‌گیری سطح زمین در دو زمان مختلف است. نتایج به دست آمده در این پژوهش نشان داد که تصاویر ماهواره راداری و تکنیک تداخل سنجی به دلیل پوشش گسترده و دقت بالا و فراوانی دیتا از پتانسیل خوبی برای شناسایی جابه‌جایی‌ها بسیار مناسب است. طبق نتایج، بیش‌ترین نرخ فرونشست در دوماه متوالی در منطقه ۷ سانتی‌متر و ۹ سانتی‌متر بالآمدگی در محدوده مورد مطالعه برآورد شده است. که نشان دهنده فعال بودن منطقه از لحاظ فرونشست است.

کلمات کلیدی: فرونشست، تداخل سنجی راداری، تصاویر سنتینل-۱، دشت اردبیل

تعریف کلی فرونشست^{۱۰۰} عبارت است از: حرکت سطح زمین یا افت آن به سمت پایین نسبت سطح دریا که ناشی از برداشت بی‌رویه آب از لایه‌های آبخوان جهت مصارف کشاورزی، صنعت آشامیدن و فعالیت‌های انسانی از قبیل استخراج نفت و گاز، معدن کاری و پروژه‌های تونل‌سازی و همچنین به دلیل فعالیت گسل‌ها در طول زمان باشد (عباس‌پور؛ ۱۳۸۹). فرونشست حرکت بسیار آرام و کند زمین در طول زمان است که در اکثر مواقع اندازه‌گیری و درک آن به‌سختی میسر است. و این پدیده تنها زمانی قابل‌شناسایی است که در تجهیزات، تأسیسات انسان‌ساخت و ریخت‌شناسی زمین خساراتی به بار آورد. به دلیل برداشت‌های بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و سایر عوامل دیگر، حفره‌های کوچک تا حفره‌های بزرگ و عمیق در زیر سطح زمین ایجاد شده و به دلیل هرگونه تحریکات اعم از فعالیت گسل‌ها در منطقه تا ساخت‌وسازهای کوچک و بزرگ انسانی مانند ساخت جاده‌ها، حفر برای استخراج نفت و گاز و منابع طبیعی و... این پدیده تشدید می‌شود. (رنجبر و جعفری؛ ۱۳۸۸) که این پدیده در کشور ایران و به‌خصوص در منطقه مورد مطالعه یعنی دشت اردبیل به دلیل برداشت بی‌رویه آب سفره‌های زیرزمینی به‌خصوص در زمان اخیر که به دلیل کمبود شدید آب جهت مصارف شرب و کشاورزی است. ایجاد فرو چاله، جابجایی سطحی زمین، کج شدگی تأسیسات که در ارتفاع قرار گرفته‌اند، شکستگی پل‌ها، آسیب به زمین‌های کشاورزی و منابع انسان‌ساخت در محیط‌های شهری و برون‌شهری مانند شکاف جاده‌ها و قطع شدن راه‌های مواصلاتی و... از جمله خساراتی است که می‌تواند ناشی از پدیده فرونشست باشد. (سعیدقره‌چلو و همکاران؛ ۱۴۰۰) به دلیل قرار گرفتن ایران در کمربند خشکی جهان و کمبود سالانه بارش و تشدید و استمرار خشک‌سالی، امروزه بیشتر شاهد پدیده فرونشست در همه‌ی مناطق کشور هستیم. دشت‌های اردبیل، سلماس، مرند با پدیده خشک‌سالی درگیر هستند به‌طوری‌که برخی از کارشناسان و مدیران سازمان زمین‌شناسی کشور، نواحی در معرض فرونشست را حدوداً ۳۰۰ تا ۶۰۰ دشت در کشور اعلام کردند (اکبری و متقی؛ ۱۴۰۱). در این مقاله با استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری که ابزاری سودمند و دقیق برای شناسایی بهتر و دقیق‌تر منطقه جهت ارزیابی فرونشست است استفاده شده است. طبق موارد بیان شده، هدف از این پژوهش مطالعه وضعیت فرونشست سطح زمین در بخشی از دشت اردبیل می‌باشد. براین اساس با توجه به اطلاعات موجود و با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-1 و روش تداخل سنجی^{۱۰۱} راداری میزان فرونشست منطقه برآورد^{۱۰۲} خواهد شد. با توجه به مهم بودن مسئله، در طول سال‌های گذشته بررسی‌های مختلفی در حوضه مخاطره فرونشست صورت گرفته است و یافته‌های صورت گرفته در حوضه سنجش‌ازدوری باعث شده است تا پایش پدیده فرونشست برخلاف سال‌های اخیر با سرعت بالاتر و

¹⁰⁰. Subsidence

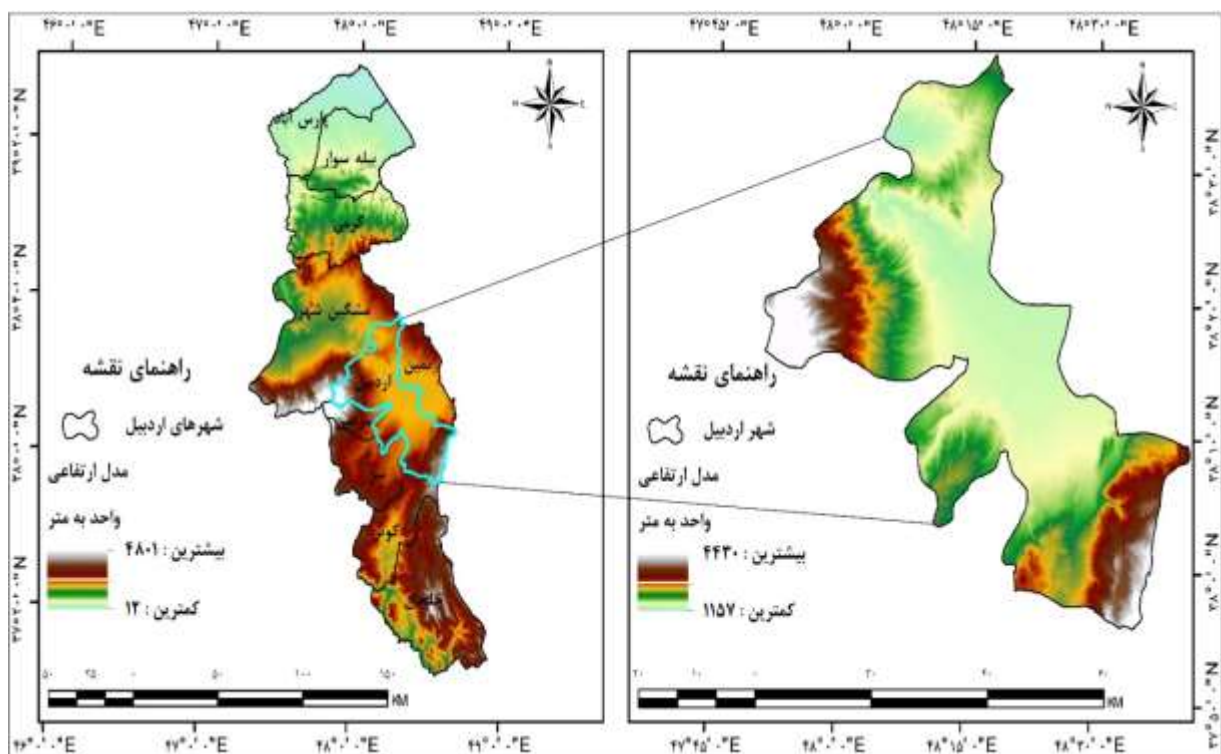
¹⁰¹. Interferometry

¹⁰². Estimation

دقت بیشتری صورت گیرد براین اساس از جمله تحقیقات داخلی می توان به: زارع کمالی و همکاران (۱۳۹۶)، فرونشست دشت تهران را با استفاده از داده های ASAR و x-TerraSAR و تکنیک های SBAS و DInSAR مورد پژوهش قراردادند. پس از پردازش تصاویر، نقشه های حرکت سطح زمین برای کل تاریخ ها نسبت به تصویر اولیه ارزیابی شد و نقشه میزان حرکت عمودی سطح زمین در روز برای هر سنجنده فراهم گردید. بررسی نتایج دو سنجنده ثابت کرد که میزان نشست برای سنجنده ASAR به طور متوسط ۰.۷۶۱ میلی متر در روز و برای سنجنده x-TerraSAR به طور متوسط ۰.۷۷۷ میلی متر در روز است. لشکری پور و همکاران (۲۰۱۴)، مکانیسم فرونشست شمال غرب دشت مشهد را مطالعه کردند و علت اصلی این فرونشست را کاهش شدید سطح آب زیرزمینی در این منطقه در طول ۴۰ سال گذشته شرح دادند. بررسی ایستگاه GPS طوس که در شمال غرب مشهد قرار دارد، نرخ نشست ۲۰ سانتی متر در سال را گزارش داد. مقدار پایین آمده سطح آب با توجه به جنس لایه خاک و شکل و اندازه دانه ها متفاوت است و نتیجه حاکی از اثر نرخ بیشتر افت تراز آب بر فرونشست در مناطقی با خاک ریزدانه است که به خاطر پدیده تحکیم است. شریفی کیا (۲۰۱۱)، مقدار فرونشست به دست آمده از روش تداخل سنجی راداری در دشت نومق - بهرمان واقع در استان کرمان را با تغییرات تراز آبی مستخرج از چاه های پیزومتری تطبیق نموده و پی به ارتباط عددی بین آن ها برده است. محدوده و نرخ فرونشست در دشت رفسنجان با پردازش تصاویر از ماهواره های Sentinel-1, ENVISAT, ALOS در بازه زمانی ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۶ ارزیابی شده است. از جمله تحقیقات خارجی نیز می توان به گاوو و همکاران (۲۰۱۵)، با استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری به بررسی دشت پکن اقدام کردند، در این پژوهش ۴۷ تصویر X-TerraSAR از بازه زمانی ۲۰۱۰-۲۰۱۵ مورد برآورد قرار گرفت که بیش ترین نرخ سالانه فرونشست زمین از سال ۲۰۱۱-۲۰۱۵ برابر ۱۴۶ میلی متر در سال اندازه گیری شد که علت اصلی آن استفاده از آب زیرزمینی برای مصارف کشاورزی مشخص شد. کالو و همکاران (۲۰۱۷)، با استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری به بررسی منطقه کنیا یکی از مراکز پیشرو در بخش کشاورزی و صنعتی ترکیه پرداختند. در این پژوهش با استفاده از ماهواره ENVISAT منطقه مورد نظر از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۰ مورد مطالعه قرار گرفت که نتایج آن شناسایی منطقه ای به مساحت ۱۲۰۰ کیلومتر مربع با مقدار فرونشست سالانه ۱۰ سانتی متر تبیین شد. با بررسی نقشه های هواشناسی و زمین شناسی و چاه های پیزومتری منطقه علت فرونشست برداشت از آب زیرزمین تبیین شد. زو و همکاران (۲۰۱۵)، به مطالعه مخاطره فرونشست در شهر پکن پرداخته اند. مقصود از این پژوهش تعیین کمیت فرونشست زمین در طول دوره ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۰ مورد مطالعه قرار گرفت نتیجه حاکی از آن است که فرونشست زمین به طور مداوم و به طور یکسان در دوره های زمانی ۹۲ میلی متری در سال برآورد کرده است.

۲-۱ منطقه مورد مطالعه:

شهر اردبیل در میان دشتی با همین نام و در میان کوه های تالش و سبلان در شمال غرب فلات ایران جای گرفته و دارای زمستان های بسیار سرد و تابستان های معتدل است این منطقه به صورت حوزه بسته ایست که از همه طرف به بلندی هایی می رسد؛ بنابراین زمین های آن از اطراف به سمت دشت شیب دارند قسمت اعظم حوزه آبریز دشت را کوهستان ها در برگرفته است بلندترین نقطه آن قله سبلان با ارتفاع ۴۸۰۱ متر از سطح دریا است پایین ترین نقطه در محدوده دشت اردبیل است که ارتفاع آن حدود ۱۱۵۷ متر از سطح دریا است (نگاره ۱). دشت اردبیل یک دشت میان کوهی است که در شمال غربی ایران و در شرق آذربایجان بین عرض شمالی ۳۸ درجه و ۵ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۳۰ دقیقه و طول شرقی ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۵ دقیقه واقع شده است. ارتفاع متوسط اراضی کشاورزی حدود ۱۳۶۰ متر از سطح دریاهای آزاد است. وسعت آن حدود ۹۹۰ کیلومترمربع است و جزئی از حوضه آبخیز رود قره سو به شمار می رود. دشت اردبیل متشکل از ۸۸ واحد روستایی، ده واحد دهستان و ۲ واحد شهری (اردبیل و آبی بیگلر) است. شهر اردبیل مرکز استان اردبیل در غرب این دشت واقع شده است (جعفر زاده و همکاران، ۱۳۹۴).



نگاره ۱: نقشه محدوده مورد مطالعه

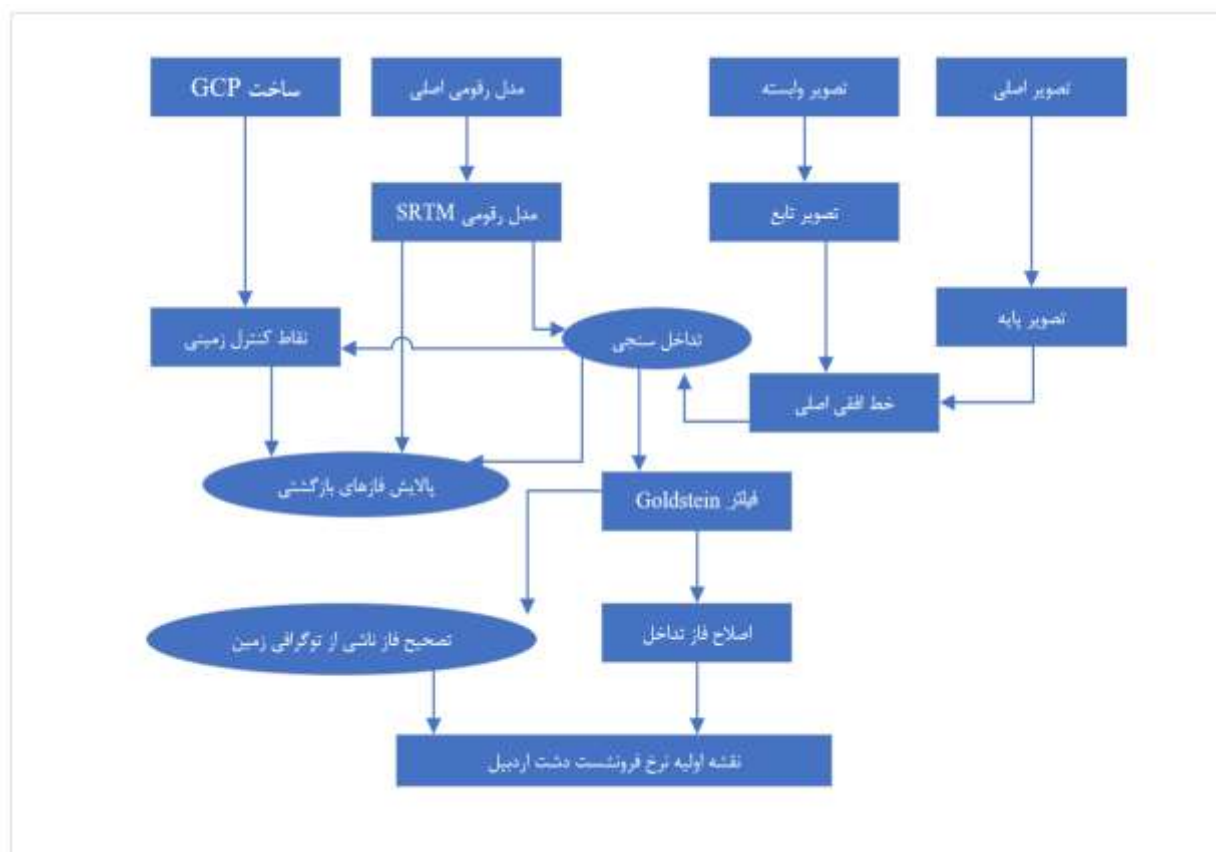
۲-۱ مواد و روش‌ها

دو نوع روش مستقیم و غیرمستقیم برای محاسبه میزان فرونشست زمین وجود دارد که در روش مستقیم از سیستم موقعیت یاب جهانی GPS که جهت اندازه‌گیری تغییرات تراز در نقاط تراز ارتفاعی است و تکنیک تداخل‌سنجی راداری (D-InSAR) است. روش غیرمستقیم از مدل‌سازی ریاضی و مدل‌های رستر پایه استفاده خواهد شد. مطالعه حاضر از نظر هدف، از نوع کاربردی و از نظر روش، از نوع میدانی است. در این پژوهش برای برآورد فرونشست دشت اردبیل از تکنیک تداخل‌سنجی راداری و بازه زمانی دوماه تصاویر ماهواره سنتینل ۱ از بازه زمانی تقریبی دوماهه (۶، ۱۰، ۲۰۲۲) و (۲۳، ۱۱، ۲۰۲۲) که در محدوده باند C سنجنده SAR تصویر اخذ می‌کند، در نرم افزار ENVI و افزونه SARscape و نرم‌افزار ARCGIS استفاده خواهد شد.

۲-۲ تکنیک تداخل‌سنجی راداری:

با استفاده از تصاویر راداری می‌توان مدل ارتفاعی رقومی و یا نقشه جابجایی سطح زمین را تهیه کرد. تکنیکی که برای استخراج این اطلاعات مکانی به کار می‌رود تحت عنوان تداخل‌سنجی شناخته می‌شود. تداخل‌سنجی تفاضلی راداری تصاویر راداری حاصل از رادارهای با روزه مجازی (SAR) با دارا بودن قابلیت اندازه‌گیری طول بردار از سنجنده تا سطح زمین، در اندازه‌گیری‌های مربوط به تهیه نقشه رقومی ارتفاعی به طور گسترده به کار می‌روند. تکنیک مورد استفاده در این روش به تکنیک تداخل‌سنجی راداری (InSAR) ملقب است. در تداخل‌سنجی راداری، فاز حاصل از دو تصویر گرفته شده از یک منطقه معین جهت تولید تداخل نگار تداخل داده می‌شود. در واقع، تداخل نگار حاصل ضرب مختلط دو تصویر راداری است. این دو تصویر ممکن است توسط یک سکوی هوایی با فضایی که دارای دو آنتن با فاصله معین (خط مبنا) باشد اخذ شده باشند (تداخل‌سنجی با عبور منفرد) و یا دو تصویر با فواصل زمانی مختلف و از یک سکوی مشابه گرفته شوند (روش تداخل‌سنجی با عبور مکرر). اختلاف فاز موجود در دو تصویر به صورت لبه یا حاشیه در تداخل‌نگار نمایش داده شده که هر حاشیه یا لبه مشاهده شده به اختلاف فازی به میزان ۲۱ مربوط است. تداخل‌نگار فراهم شده به روش InSAR قابلیت نمایش تغییرات ارتفاعی و ناهمواری‌ها را دارد (آقایی، ۱۴۰۱). این روش می‌تواند به طور بالقوه تغییرات در حد مقیاس میلی‌متر در تغییر شکل در طول چندین سال را اندازه‌گیری کند. این برنامه‌ها برای نظارت ژئوفیزیکی خطرات طبیعی مانند زمین‌لرزه‌ها، آتشفشان‌ها و زمین‌لغزش‌ها و همچنین در مهندسی ساخت و ساز، به ویژه نظارت بر فرونشست و پایداری سازه، کاربرد دارد.

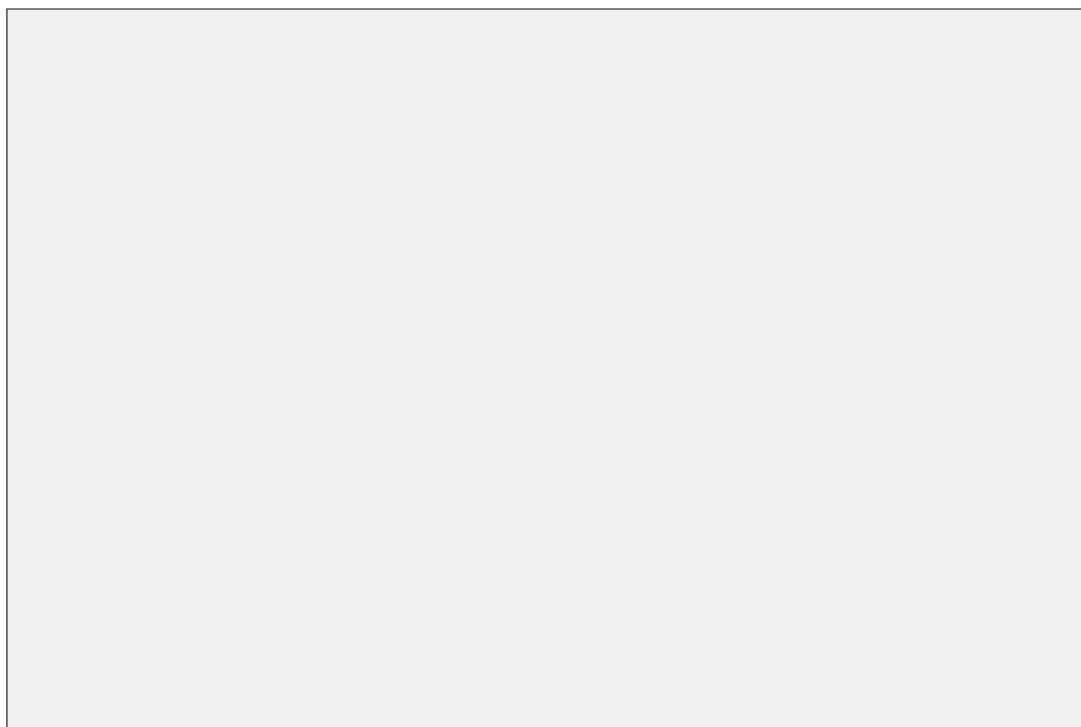
۲-۳ انجام مراحل با نرم افزار ENVI و افزونه SARscape جهت تولید نقشه فرونشست منطقه (نگاره ۲):



نگاره ۲: فلوچارت مراحل تداخل سنجی

۳-۱ نتایج

نقشه نهایی به دست آمده (شکل ۴):



شکل ۴: نقشه میزان فرونشست بخشی از دشت اردبیل (واحد به متر)

۴-۱ بحث و نتیجه گیری

نتایج تحقیقات نشان می دهد که مقدار فرونشست در منطقه ی مورد مطالعه در حال اتفاق افتادن است و در صورت عدم توجه و سوء مدیریت می تواند صدمات جبران ناپذیری وارد کند. نتایج نشان می دهد که مقدار فرونشست منطقه مورد مطالعه در بازه زمانی تقریبی دوماهه (۶، ۱۰، ۲۰۲۲) و (۲۳، ۱۱، ۲۰۲۲) مقدار ۷ سانتی متر و مقدار بالآمدگی ۹ سانتی متر برآورد شده است همچنین در شرق منطقه ی مورد مطالعه میزان فرونشست از شدت بیشتری نسبت به سایر مناطق اردبیل برخوردار است. پیشنهاد می شود برای کنترل میزان فرونشست با استفاده از تصفیه آب فاضلاب های شهری و صنعتی و تزریق آن به درزها و شکاف های موجود در دشتهایی که میزان فرونشست آنها مورد ارزیابی قرار گرفته، تاحدی میزان فرونشست را کنترل کرده و تا حدی از پیشروی آن بکاهیم.

۵-۱ مراجع

- آقایاری، لیلا؛ (۱۴۰۱). بررسی و تجزیه تحلیل علل فرونشست دشت اردبیل با استفاده از روش تداخل سنجی راداری. رساله دکتری. رشته‌ی ژئومورفولوژی. دانشکده علوم اجتماعی. دانشگاه محقق اردبیلی.
- اسماعیل‌زاده، مجید؛ امینی، جلال؛ (۱۳۹۵). کالیبراسیون هندسی تصاویر SAR به‌منظور حذف خطاهای ناشی از توپوگرافی سطح‌زمین، نشریه علمی- پژوهشی علوم و فنون نقشه‌برداری، دوره ۵، شماره ۴، اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۵.
- جعفر زاده، جعفر؛ رستم‌زاده، هاشم؛ اسدی، اسماعیل؛ ۱۳۹۳. بررسی سطح ایستابی آب زیرزمینی دشت اردبیل، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۲(۱)، ۳۱-۴۲.
- رنجبر، محسن؛ جعفری، نسرين (۱۳۸۸)، بررسی عوامل موثر در فرونشست زمین دشت اشتهارد، نشریه علمی- پژوهشی انجمن جغرافیای ایران، سال ششم.
- زارع‌کمالی، مجتبی؛ الحسینی المدرسی، علی؛ نقدی، کریم؛ (۱۳۹۶). مقایسه میزان جابه‌جایی عمودی زمین با استفاده از الگوریتم SBAS در باندهای راداری X و C، مجله سنجش‌ازدور و سامانه‌اطلاعات جغرافیایی، سال ۸، شماره ۳، صص ۱۲۰-۱۰۴.
- شریفی‌کیا، محمدرضا؛ (۱۳۹۱). تعیین میزان و دامنه فرونشست زمین به کمک روش تداخل‌سنجی راداری (D-InSAR) در دشت نوق- بهرمان، مجله برنامه‌ریزی و آمایش‌فضا، دوره ۱۶، شماره ۳، صص ۷۷-۵۵.
- عباس سلمان پور (۱۳۸۹)، فرونشست و پیامدهای آن در ایران و جهان، مجله گسترش صنعت.
- قره چلو، سعید؛ اکبری قوچانی، حسام؛ گلیان، سعید؛ گنجی، کامران؛ (۱۴۰۰) ارزیابی میزان فرونشست زمین در ارتباط با آب‌های زیرزمینی به کمک داده ماهواره‌های راداری سنتینل ۱- و الوس ۱- (منطقه مورد مطالعه: دشت مشهد)، نشریه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی ۱۲ (۳): ۴۰-۶۱

Caló, F., Notti, D., Galve, J.P., Abdikan, S., Görüm, T., Pepe, A. and Balik Şanlı, F., 2017. Dinsar-Based detection of land subsidence and correlation with groundwater depletion in Konya Plain, Turkey. Remote sensing, 9(1), p.83.

Gao, M.L., Gong, H.L., Chen, B.B., Zhou, C.F., Liu, K.S. and Shi, M., 2015. Mapping and characterization of land subsidence in Beijing Plain caused by groundwater pumping using the

Small Baseline Subset (SBAS) InSAR technique. Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences, 372, pp.347-349.

Lashkaripour, G.R., Ghafoori, M. and Maddah, M.M., 2014. An investigation on the mechanism of land subsidence in the northwest of mashhad city, NE Iran. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES) Vol, 5, pp.321-327.

Zhu, L., Gong, H., Li, X., Wang, R., Chen, B., Dai, Z. and Teatini, P., 2015. Land subsidence due to groundwater withdrawal in the northern Beijing plain, China. Engineering Geology, 193, pp.243-255.

برآورد فرونشست سطح زمین در بخشی از دشت قروه با استفاده از تکنیک تداخل سنجی

راداری

Estimation of land surface subsidence in a part of Qorve plain using radar interferometric technique

^۱ صیاد اصغری سراسکانرود، ^۲ آرش فتح الهی

^۱ دانشیار گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، s.asghari@uma.ac.ir

^۲ دانشجوی ارشد سنجش از دور، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، Arashf777af@yahoo.com

چکیده

پدیده فرونشست یکی از مخاطراتی است که در طی سال‌های اخیر در بسیاری از مناطق رخ داده و معضلات زیادی را برای زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی جاده‌ها و غیره را در برخی از دشت‌های کشور به وجود آورده است. دشت قروه واقع در استان کردستان یکی از این مناطق می‌باشد که در طی سال‌های گذشته برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی این دشت روند صعودی داشته است. شناسایی مناطق در معرض فرونشست و برآورد نرخ آن نقش مهمی در مدیریت و کنترل این پدیده دارد. بنابراین هدف از این پژوهش برآورد میزان فرونشست در بخشی از دشت قروه می‌باشد. تکنیک تداخل سنجی راداری با دقت بالا از مناسب‌ترین روش‌های شناسایی و اندازه‌گیری میزان فرونشست است. این تکنیک فاز گرفته‌شده از دو مجموعه داده رادار در دو زمان مختلف را مقایسه و با ایجاد، اینترفروگرام قادر به اندازه‌گیری تغییرات سطح زمین در دوره زمانی است. در این پژوهش به منظور شناسایی و اندازه‌گیری فرونشست در دشت قروه از تصاویر راداری سنتینل-۱ سال‌های ۲۰۲۱ و ۲۰۲۲ استفاده شده است. به منظور پردازش اطلاعات نیز از نرم‌افزار SARscape استفاده شده است. نتایج به دست آمده در این پژوهش نشان داد که تصاویر ماهواره راداری و تکنیک تداخل سنجی به دلیل پوشش گسترده و دقت بالا و فراوانی دیتا از پتانسیل خوبی برای شناسایی جابه‌جایی‌ها بسیار مناسب است. طبق نتایج، بیش‌ترین نرخ فرونشست در ۱ سال در منطقه ۱۲ سانتی‌متر در محدوده مورد مطالعه برآورد شده است. که نشان دهنده فعال بودن منطقه از لحاظ فرونشست است.

کلمات کلیدی: تداخل سنجی راداری، تصاویر سنتینل-۱، فرونشست، دشت قروه

مقدمه

انسان دائماً در تلاش برای پیش بینی رخداد مخاطرات محیطی می باشد که جوامع شهری و روستایی، سازه ها و تاسیسات را تهدید خواهد کرد. آن دسته از مخاطراتی که انسان طی سال های گذشته به ویژه در دشت های آبرفتی با آن روبه رو بوده، پدیده فرونشست زمین به دلیل استفاده و برداشت بیش از اندازه از منابع آب های زیرزمینی می باشد (افتخارنیا و همکاران، ۱۳۹۵). فرونشست زمین پدیده ای مورفولوژیکی و یکی از مخاطرات محیطی می باشد که امروزه در بیشتر کشورهای دنیا در حال روی دادن است. براساس تعریف انستیتو زمین شناسی ایالات متحده آمریکا (USGS¹⁰³), فرونشست زمین شامل نشست زمین یا پایین رفتن تحت تأثیر عوامل انسانی و طبیعی می باشد (های مانگ و همکاران، ۲۰۰۹). براین اساس فرونشست زمین به عنوان دسته ای از مسائلی می باشد که تحت تأثیر عوامل انسانی رخ داده و تشدید می شود (چاسارد و همکاران، ۲۰۱۳) و این پدیده می تواند دارای حرکات تدریجی یا ناگهانی باشد و با جابه جایی هایی در جهت افقی و عمودی از چند میلی متر تا چندین سانتی متر بوده البته میزان جابه جایی افقی آن بسیار کم است که به دلایل مختلفی در مقیاس های بزرگ نمایان می شود (بیتس و جکسون، ۱۹۸۰). فرونشست می تواند بر بسیاری از تأسیسات و ساخت وسازها تأثیر گذاشته و باعث به وجود آمدن مشکلاتی برای محیط زیست، و صنایع... شود (جی و رایزوس، ۲۰۰۷). این مخاطره به عنوان یکی از مهم ترین پدیده هایی می باشد که به دلیل تلفات بسیار کم انسانی نسبت به بقیه پدیده های طبیعی از اهمیت کمتری برخوردار بوده و کم تر مورد توجه قرار می گیرد (انگورانی و همکاران، ۱۳۹۴). در این مخاطره، افزایش تنش مؤثر خاک به دلیل کاهش فشار آب منفذی باعث نشست سطح زمین می شود. در سفره های ماسه ای نشست زمین به صورت سریع و ناگهانی و به صورت بطئی و تدریجی در سفره های رسی نمایان می شود. رخداد این پدیده متأثر از فعالیت های بشر (استخراج معادن طلا و گوگرد و زغال سنگ، برداشت بی رویه از نفت و گاز و آب های زیرزمینی، ساخت وسازهای زیرزمینی و حفاری (معدن کاری و تونل زنی) تغییر و تحولات کاربری اراضی و گسترش ساخت وسازهای زیرزمینی مناطق شهری از قبیل مترو و تونل) و فرآیندهای طبیعی (ریزش زمین در موقعیت سنگ های انحلال پذیر، فوران آتش فشان و خروج گدازه، تراکم نهشته ها و ذوب یخ ها، رانش قاره ای حرکت و جابه جایی آهسته پسته زمین، فعالیت های گسلی، آتش سوزی زیرزمینی و چین خوردگی، بالا آمدن سطح آب دریا، فشردگی رسوبات آلی، اکسیداسیون) مانند حرکات تکتونیکی را می توان نام برد (ارکن و استوسامر، ۲۰۲۰؛ لایو و همکاران، ۲۰۲۰) و گاهی اوقات هم ترکیبی از این دو عامل می باشد. در کنار همه ی این دلایل، سستی ساختمانی و استفاده بی رویه از آب های زیرزمینی مهم ترین عوامل وقوع این مخاطره هستند. هم چنین از دلایل اصلی و مهم وقوع فرونشست^{۱۰۴}، تحرک مواد مایع یا جامد زیرزمینی می باشد (گارسیا و همکاران، ۲۰۲۱). در واقع، حس نیاز روزافزون

¹⁰³. United States Geological Survey

¹⁰⁴ Subsidence

بشر به آب ازسویی و فقدان آن ازسویی دیگر به خصوص در مناطق نیمه خشک و خشک جهان، او را متوجه استخراج هرچه بیشتر از منابع های آبی، به ویژه منابع آبی زیرزمینی کرده است. با پیشرفت علم و تکنولوژی، دسترسی به آب بیشتر به خصوص از طریق چاه و سفره های آب زیرزمینی همه روزه افزایش یافت که از بازتاب های مهم آن کاهش زود هنگام مخازن آب های زیرزمینی بوده است (رکنی و همکاران، ۱۳۹۵). نابراین، این پدیده نواحی شهری را بیشتر تحت تأثیر قرار داده که در صورت عدم توجه به آن قادر است با خسارات مالی و جانی بسیاری همراه شود. به همین خاطر، نظارت بر میزان فرونشست زمین به منظور کاهش تأثیرات منفی و همچنین مهار روند گسترش آن، بسیار حائز اهمیت می باشد و ضروری است تا به طور منظم روند فرونشست مناطق تخمین زده شود (یاسستیکا و عبدین، ۲۰۱۹). براساس تخمین کارشناسان، بیش از ۱۵۰ کلان شهر از شهرهای بزرگ جهان با گستره ای از کشورهای گسترش یافته تا در حال گسترش در معرض این مخاطره روبه رو هستند (هیو و وانگ، ۲۰۰۴). پدیده فرونشست بسیاری از نقاط مختلف جهان از جمله کشور ایران را تحت تأثیر قرار داده و در طول سال های گذشته به عنوان یکی از چالش ها و مسائل مهم مطرح شده است. کاهش آب های زیرزمینی یکی از مهم ترین و اصلی ترین عامل مورد توجه قرار گرفته است، چراکه ارتباط مستقیمی بین کاهش میزان آب های زیرزمینی و فرونشست زمین در مناطق مختلف برقرار است. به همین جهت، پایداری بودن شرایط اقلیمی گرم و خشک در اغلب نواحی داخلی کشور ایران و تمرکز بهره برداری های کشاورزی، صنعتی و مصارف آب شرب بر منابع آب های زیرزمینی، زیرساخت مناسبی برای ایجاد این پدیده مهیا کرده است (شریفی کیا، ۱۳۹۱). سال ها پیش تنها تعداد کمی از استان های ایران مانند کرمان و یزد با موضوع فرونشست روبه رو بودند ولی اکنون استفاده بی رویه از آب های زیرزمینی باعث شده تا دشت های زیادتری از ایران با موضوع فرونشست مواجه باشند (حقیقت مهر و همکاران، ۱۳۹۱).

طبق موارد بیان شده، هدف از این پژوهش مطالعه وضعیت فرونشست سطح زمین در بخشی از دشت قروه می باشد. براین اساس با توجه به اطلاعات موجود و با استفاده از تصاویر ماهواره ای سنتینل-1 و روش تداخل سنجی^{۱۰۵} راداری میزان فرونشست منطقه برآورد^{۱۰۶} خواهد شد. با توجه به مهم بودن مسئله، در طول سال های گذشته بررسی های مختلفی در حوضه مخاطره فرونشست صورت گرفته است و یافته های صورت گرفته در حوضه سنجش از دوری باعث شده است تا پایش پدیده فرونشست برخلاف سال های اخیر با سرعت بالاتر و دقت بیشتری صورت گیرد براین اساس از جمله تحقیقات داخلی می توان به: اصغری و همکاران (۱۴۰۰)، در مطالعه ای با استفاده از تداخل سنجی راداری به منظور اندازه گیری و شناسایی زمین لغزش از تصاویر راداری سنجنده سنتینل ۱ سال های ۲۰۱۵-۲۰۲۰ و به منظور پردازش اطلاعات از نرم افزار SARscape استفاده کردند. نتایج تحقیق آنان نشان داد که تصاویر راداری از توانایی

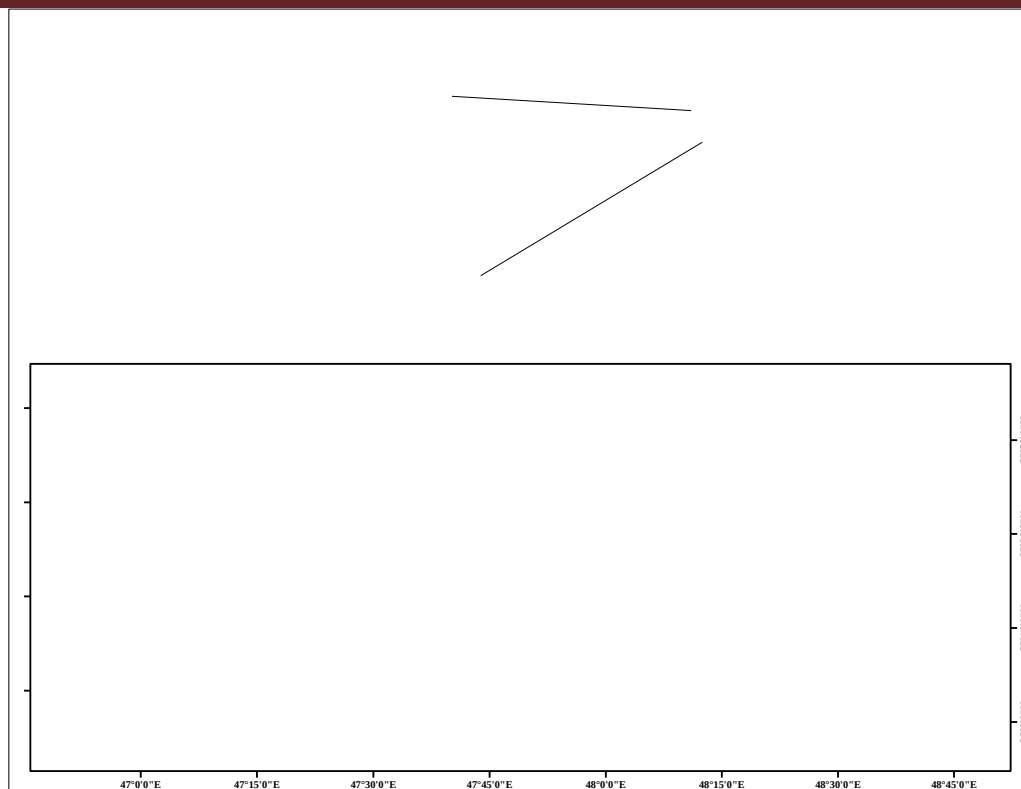
¹⁰⁵. Interferometry

¹⁰⁶. Estimation

خوبی برای آشکارسازی تغییرپذیری دامنه‌ها و محاسبه حرکت آن‌ها برخوردار است و بیش‌ترین جابه‌جایی مواد دامنه‌ای ۲۱ سانتی‌متر در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰ بوده است که حاکی از کارآمد بودن منطقه از نظر حرکات دامنه‌ای است. عزتی (۱۳۹۴)، در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود تحت عنوان "مطالعه فرونشست زمین در اثر برداشت از آب‌های زیرزمینی به روش تداخل‌سنجی راداری (مطالعه موردی: دشت شبستر- صوفیان)"، دامنه و نرخ فرونشست در سطح منطقه شبستر، با استفاده از تکنیک تداخل‌سنجی تفاضلی در بازه زمانی خرداد ۲۰۰۵ - مرداد ۲۰۰۶ و فروردین ۲۰۰۷ - خرداد ۲۰۰۸ به کار گرفته شد. به این‌منظور تصاویر سنجنده ASAR ماهواره ENVISAT-ASAR در باند C مورد استفاده قرار گرفتند. یافته‌های پژوهش تاکیدکننده حاکمیت میزان فرونشست با حداقل ۴ سانتی‌متر تا حداکثر ۲۳ سانتی‌متر در سال بوده است. ازجمله تحقیقات خارجی نیز می‌توان به دینهو و همکاران (۲۰۱۵)، اشاره کرد که به مطالعه مخاطره فرونشست در منطقه هوچی‌مین ویتنام پرداخته‌اند. در این پژوهش از روش تداخل‌سنجی (PSI) برای تخمین فرونشست استفاده شده است. برابری مقدار بهره‌برداری چاه‌ها با نتایج حاصل از تداخل‌سنجی نشان‌دهنده این است که تحت تأثیر کاهش آب‌های زیرزمینی، این منطقه در طی ۴ سال ۱۲ سانتی‌متر فرونشست داشته است.

منطقه مورد مطالعه:

دشت قروه از نظر تقسیمات سیاسی در استان کردستان واقع در غرب ایران قرار گرفته است. این شهرستان در دامنه رشته کوه زاگرس و از شهرهای مهم ارتباطی استان کردستان و استان همدان به‌شمار می‌آید این شهرستان در سمت غرب با دشت وسیعی از استان همدان و در قسمت جنوبی با استان کرمانشاه هم‌مرز است. میزان ارتفاع این محدوده از ۱۶۵۷ متر در واحد دشت تا ۳۲۱۴ متر در واحد کوهستان متغیر است (شکل ۱). از نظر ژئومورفولوژی، چشم‌انداز منطقه را واحد دشت در شمال و واحد کوهستان در جنوب دربر گرفته است، هم‌چنین ارتفاعات جنوبی شهرستان شامل کوه‌های بدر و پریشان است. از نظر آب و هوایی نیز ارتفاع زیاد، آب‌وهوای خاصی را در منطقه ایجاد کرده است که دارای زمستان بسیار سرد و تابستان نسبتاً خنک است و میزان بارندگی متوسط سالیانه آن حدود ۳۰۰ میلی‌متر و یا بیشتر می‌باشد (گنجائیان، ۱۳۹۵).



شکل ۱: نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

مواد و روش ها

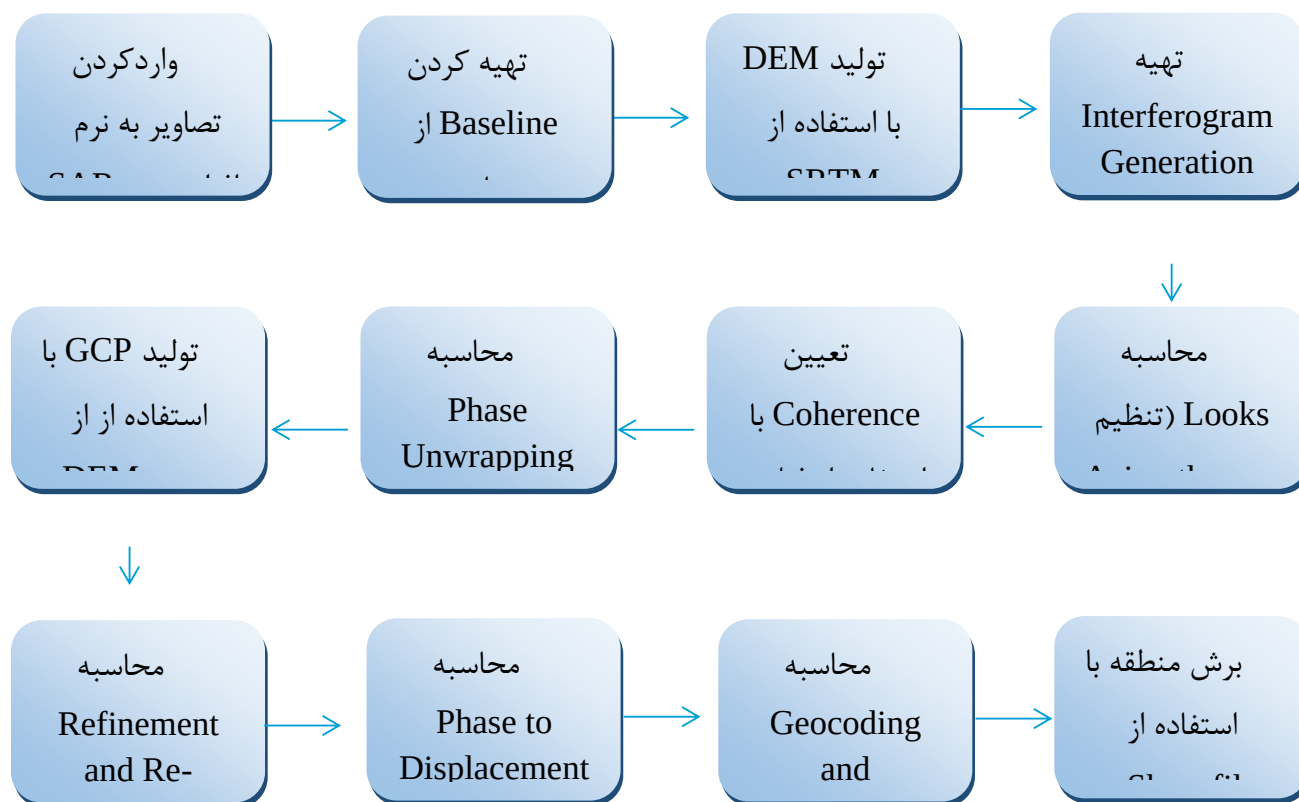
مطالعه حاضر از نظر هدف، از نوع کاربردی و از نظر روش، از نوع میدانی است. در این پژوهش برای برآورد فرونشست دشت قروه از تکنیک تداخل سنجی راداری و بازه زمانی یک ساله تصاویر ماهواره سنتینل ۱ از سال های ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۲ که در محدوده باند C سنجنده SAR تصویر اخذ می کند، در نرم افزار SARscape استفاده خواهد شد.

تکنیک تداخل سنجی راداری:

تداخل سنجی داده های راداری (InSAR) در میان روش های مختلف و گوناگون آشکارسازی تغییرات پوسته ی زمین به عنوان مناسب ترین روش اندازه گیری پیوسته این تغییرات مورد توجه است. از اوایل دهه ۱۹۹۰ با عملیاتی شدن تداخل سنجی راداری به خاطر ارائه پوشش وسیع منطقه، صرفه اقتصادی و جزئیات دقیق از منطقه بیش تر مورد توجه قرار گرفته و کارشناسان علوم زمین از آن بیش تر سود بردند (اسمائل زاده و همکاران، ۱۳۹۵). به سبب هزینه بر و زمان بر بودن شیوه های اندازه گیری و برآورد فرونشست توسط نقشه برداری زمینی در سطوح تراز یابی دیجیتالی و اتوماتیک، برآورد فرونشست با استفاده از تداخل سنجی رادار با دریچه مصنوعی (InSAR)، روشی نوین را جهت اندازه گیری مقدار فرونشست فراهم آورده است، به طوری که می توان تغییرات ارتفاعی در ابعاد تقریباً ۱ سانتی متر را مشخص و از طریق

اندازه‌گیری‌های سری زمانی سیگنال‌های بازگشتی رادار، روند، گستره وقوع و موقعیت مکانی تغییرات سطحی زمین را بیان و مورد تجزیه و تحلیل قرارداد. روش تداخل سنجی راداری، مزایای زیادی در پایش و اندازه‌گیری میزان جابه‌جایی‌های پوسته زمین دارد. از جمله این مزایا: قدرت تفکیک مکانی بالا، حساسیت بالا به تغییرات دینامیکی و پوشش وسیع آن می‌باشند. با استفاده از چند تصویر SAR، از تغییرات دینامیک یک منطقه می‌توان تداخل نما تغییرات را با دقتی نزدیک به چند میلی‌متر به دست آورد. اصول کلی شیوه تداخل سنجی راداری، اندازه‌گیری تغییرات سطح زمین با استفاده از تصاویر تکراری رادار است. به این شکل تصویری از یک منطقه در یک زمان معین برداشت می‌شود با تصویری که در زمان دیگری به وسیله همان سنجنده رادار برداشت می‌شود، ادغام می‌شوند و هرگونه حرکت در سطح زمین موجب تغییر در مقدار فاصله سنجنده تا سطح زمین می‌گردد. تغییر در فاصله سنجنده تا سطح زمین در فاز امواج راداری منعکس می‌شود (نجفوند، ۱۴۰۱).

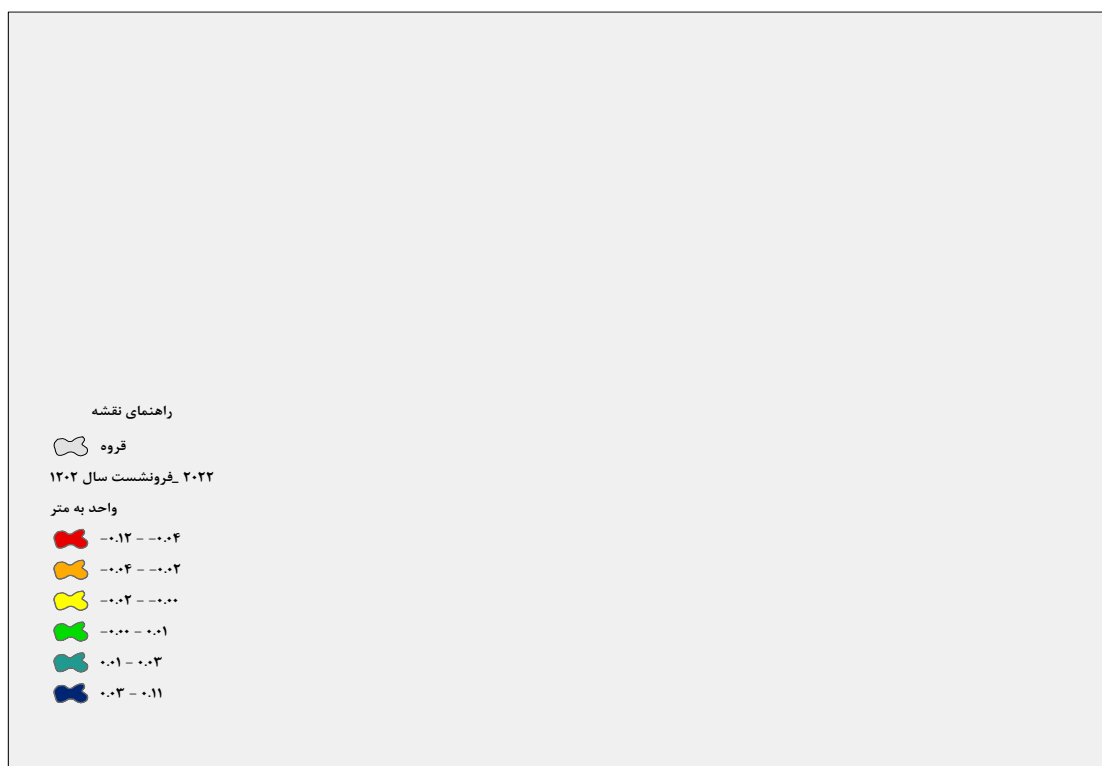
انجام محاسبات با نرم افزار SARscape جهت تولید نقشه فرونشست (شکل ۲):



شکل ۲: شماتیک مراحل نرم‌افزاری

نتایج

نقشه نهایی به دست آمده (شکل ۴):



شکل ۴: نقشه میزان فرونشست بخشی از دشت قروه (واحد به متر)

بحث و نتیجه گیری

گسترش سریع شهرنشینی و صنعتی شدن در بسیاری از مناطق ایران، منجر به افزایش بهره برداری از منابع آب زیرزمینی شده است. با توجه به وجود مناطق متعدد فرونشست در ایران، لزوم شناسایی و کنترل و مدیریت این مناطق امری ضروری به نظر می رسد. تاکنون به دلیل افزایش برداشت بیش از حد از آب های زیرزمینی به منظور تامین آب کشاورزی، شرب و صنعتی در بخش هایی از شهرهای بزرگ ایران از جمله تهران، مشهد، همدان، کرمان و قم اتفاق افتاده است. این موارد نشان دهنده نیاز به بازنگری و تغییر استراتژی مدیریت منابع آب می باشد. از طرفی به خاطر هزینه مناسب و پوشش مکانی مناسبی که تداخل سنجی راداری در مقایسه با پوشش مکانی و هزینه تکرار مشاهدات ترازابی زمینی ارائه می دهد، استفاده از این تکنیک در کنار استفاده از مشاهدات ترازابی زمینی دقیق به منظور کنترل صحت نتایج حاصل از تداخل سنجی راداری پیشنهاد می شود. تداخل سنجی راداری روش بسیار دقیقی است که می تواند حرکات دامنه ای را با استفاده از دو تصویر از یک منطقه در دامنه های زمانی مختلف به صورت خیلی

دقیق در حد سانتی‌متر و حتی میلی‌متر شناسایی کند. با استفاده از این فناوری امکان پایش حرکات کوچک سطح زمین به صورت پیوسته با دقت زیاد و در گستره وسیع امکان پذیر است بررسی وضعیت فرونشست دشت قروه در ۱ سال اخیر از سال ۲۰۲۱ تا سال ۲۰۲۲ در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که بیشترین میزان فرونشست ۱۲ سانتی‌متر می‌باشد. بررسی روند مکانی فرونشست نیز بیانگر این است که بیشترین میزان فرونشست در دشت قروه بیشتر در غرب این منطقه بوده است.

مراجع

- اسماعیل‌زاده، مجید؛ امینی، جلال؛ (۱۳۹۵). کالیبراسیون هندسی تصاویر SAR به منظور حذف خطاهای ناشی از توپوگرافی سطح زمین، نشریه علمی- پژوهشی علوم و فنون نقشه‌برداری، دوره ۵، شماره ۴، اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۵.
- اصغری سراسکانرود، صیاد؛ محمدزاده شیشه‌گران، مریم؛ و زالی‌کرده‌مهینی، عادل؛ (۱۴۰۰). «ارزیابی ناپایداری دامنه‌ای جاده‌های اردبیل- سرعین- سراب با استفاده از تداخل‌سنجی رادار»، جغرافیا و پایداری محیط، دوره ۱۱، شماره ۲، ص ۹۱-۱۰۴.
- افتخارنیا، رضا؛ آریایی، علی‌اصغر؛ حافظی‌مقدس، ناصر؛ (۱۳۹۵). بررسی علل فرونشست زمین در مسیر راه آهن کرمان- مشهد در محدوده بلاک‌نمکی، نهمین همایش ملی زمین‌شناسی مهندسی و محیط‌زیست ایران، دانشگاه- خوارزمی تهران.
- انگورانی، سعید؛ معماریان، حسین؛ شریعت‌پناهی، مسعود؛ بلورچی، محمدجواد؛ (۱۳۹۴). مدل‌سازی پویای فرونشست دشت تهران، مجله علوم زمین، سال ۲۵، شماره ۹۷، ص ۲۲۰-۲۱۱.
- رکنی، جعفر؛ حقیقت‌مهر، پریرسا؛ ولدان‌زوج، محمدجواد؛ تاجیک، رضا؛ جباری، سعید؛ صاحبی، محمودرضا؛ اسلامی، رضا؛ گنجیان، مصطفی؛ دهقانی، مریم؛ (۱۳۹۱). تحلیل سری زمانی فرونشست هشتگرد با استفاده از روش تداخل- سنجی راداری و سامانه موقعیت‌یابی جهانی، مجله علوم زمین، سال ۲۲، شماره ۸۵، ص ۱۱۴-۱۰۵.
- حسین‌زاده، سیدرضا؛ لشکری‌پور، غلامرضا؛ ولایتی، سعدالله؛ (۱۳۹۵). بررسی فرونشست زمین، چشم‌اندازها و تحولات ژئومورفولوژی ناشی از آن در دشت‌های تراکمی، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، دوره ۶، شماره ۲۴، ص ۳۸-۲۱.

شریفی کیا، محمدرضا؛ (۱۳۹۱). تعیین میزان و دامنه فرونشست زمین به کمک روش تداخل سنجی راداری (D-InSAR) در دشت نوق- بهرمان، مجله برنامه ریزی و آمایش فضا، دوره ۱۶، شماره ۳، ص ۷۷-۵۵.

عزتی، سویبه؛ (۱۳۹۴). بررسی فرونشست زمین در اثر برداشت از آب های زیرزمینی به روش تداخل سنجی راداری (مطالعه موردی: دشت شبستر- صوفیان). پایان نامه کارشناسی ارشد. رشته سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی. دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی. دانشگاه تبریز.

گنجائیان، حمید (۱۳۹۵) هیدروژئومورفولوژی و پایداری آبراهه حوضه رود شور با مدیریت اهداف توسعه شهری، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا.

نجفوند، سمیرا؛ (۱۴۰۱). آشکارسازی و پایش پدیده فرونشست زمین با استفاده از روش پراکنده سازهای دائمی (PS-InSAR)، (مطالعه موردی: دشت شبستر- صوفیان). رساله دکتری. رشته ژئومورفولوژی. دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی. دانشگاه تبریز.

Bates, R.L. and Jackson, J.A., 1980. Glossary of Geology: Falls Church. Virginia, American Geological Institute, 167.

Chaussard, E., Amelung, F., Abidin, H. and Hong, S.H., 2013. Sinking cities in Indonesia: ALOS PALSAR detects rapid subsidence due to groundwater and gas extraction. Remote sensing of environment, 128, pp.150-161.

Erkens, G. and Stouthamer, E., 2020. The 6M approach to land subsidence. Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences, 382, pp.733-740.

Ge, L., Chang, H.C. and Rizos, C., 2007. Mine subsidence monitoring using multi-source satellite SAR images. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 73(3), pp.259-266.

Herrera-García, G., Ezquerro, P., Tomás, R., Béjar-Pizarro, M., López-Vinielles, J., Rossi, M., Mateos, R.M., Carreón-Freyre, D., Lambert, J., Teatini, P. and Cabral-Cano, E., 2021. Mapping the global threat of land subsidence. Science, 371(6524), pp.34-36.

Hu, R.L., Yue, Z.Q., Wang, L.U. and Wang, S.J., 2004. Review on current status and challenging issues of land subsidence in China. Engineering Geology, 76(1-2), pp.65-77.

Minh, D.H.T., Van Trung, L. and Le Toan, T., 2015. Mapping ground subsidence phenomena in Ho Chi Minh City through the radar interferometry technique using ALOS PALSAR data. Remote sensing, 7(7), pp.8543-8562.

Ng, A.H.M., Chang, H.C., Ge, L., Rizos, C. and Omura, M., 2009. Assessment of radar interferometry performance for ground subsidence monitoring due to underground mining.

Earth, Planets and Space, 61(6), pp.733-745.

Yastika, P.E., Shimizu, N. and Abidin, H.Z., 2019. Monitoring of long-term land subsidence from 2003 to 2017 in coastal area of Semarang, Indonesia by SBAS DInSAR analyses using Envisat-ASAR, ALOS-PALSAR, and Sentinel-1A SAR data. *Advances in Space Research*, 63(5), pp.1719-1736.

بررسی جاذبه های گردشگری ژئومورفوسایت تنگه هایقر – استان فارس (شهرستان فیروزآباد)

¹سعید نگهبان، ²سعید رضا اکبریان رونیزی

۱-دانشیار بخش جغرافیا، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز

چکیده

یکی از مفاهیمی که امروزه در مطالعات گردشگری و ژئوتوریسم مورد توجه قرار گرفته ژئومورفوسایتها هستند که از ارزش های علمی، اکولوژیکی، فرهنگی، زیبایی و اقتصادی به صورت توأم برخوردار می باشند. ژئومورفوسایتها در بردارنده میراث های زمین شناختی هستند که به دلیل دارا بودن ارزش های علمی، بوم شناختی، زیبایی شناختی، فرهنگی و اقتصادی از جایگاه ویژه ای در توصیف و درک تاریخ سطح زمین برخوردارند. این پژوهش سعی دارد که به بررسی و معرفی جاذبه های گردشگری ژئومورفوسایت تنگه هایقر در استان فارس بپردازد. پژوهش از نوع توصیفی – تحلیلی مبتنی بر روش های میدانی و کتابخانه ای است. نتایج نشان می دهد که منطقه مورد مطالعه یکی از زیباترین جاذبه های گردشگری زمین در زاگرس است که به دلیل دارا بودن پرتگاهها و دره منحصر به فرد چشم انداز زیبایی را خلق کرده و به همین دلیل به عنوان یکی از کانون های بزر زاگرس شناخته می شود.

کلمات کلیدی: ژئومورفوسایت، گردشگری، تنگه هایقر، استان فارس

یکی از پدیده های جدید در ارائه ی جاذبه های گردشگری « ژئومورفوتوریسم » است. این صنعت جدید گردشگری از عوامل اصلی توسعه ی پایدار در سطوح اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و زیست محیطی است. ژئومورفوتوریسم از جمله حوزه های مطالعاتی نوین در علوم زمین و مطالعات گردشگری است؛ که مبتنی بر شناخت ژئومورفوسایتهای یا مکان های ویژه ی ژئومورفولوژیک است (Reynard et al, 2007:148). ویژگی های ژئومورفولوژی و لند فرم ها غالباً نقطه ی قانونی ارتقای گردشگری و بسیاری از جاذبه های مهم گردشگری را تشکیل می دهد. براین اساس ژئومورفوتوریسم را می توان علم مطالعه ی ژئومورفوسایت ها یا چشم اندازهای ویژه ی ژئومورفولوژیک بیان نمود (May, 1993). اصطلاح ژئومورفوسایت اولین بار توسط پانیزا در سال ۱۹۹۳ میلادی تعریف شد. اساساً ژئومورفو سایت ها لندفرم هایی هستند؛ که طی زمان ارزش های خاصی مانند علمی، فرهنگی، تاریخی، زیبایی و اقتصادی اجتماعی را به دست می آورد (Panniza, 2001: 4).

ژئومورفوسایتهای در بردارنده میراث های زمین شناختی هستند که به دلیل دارا بودن ارزش های علمی، بوم شناختی، زیبایی شناختی، فرهنگی و اقتصادی از جایگاه ویژه ای در توصیف و درک تاریخ سطح زمین برخوردارند. در این چارچوب، دانش ژئوتوریسم و ژئومورفوتوریسم، رویکردی آگاهانه، مسئولانه، حفاظتی و علمی در ارزیابی پتانسیل ژئومورفوسایتهای است که به منظور پایداری در توسعه اقتصادی- اجتماعی جامعه بومی و حفاظت از میراث زمین شناختی ترسیم شده است. بنابراین این حوزه مطالعاتی با ترکیب نمودن موارث فرهنگی، تاریخی و اکولوژی پتانسیل های بالایی را در راستای گردشگری پایدار عرضه می کند. ژئومورفوسایتهای، یکی از مفاهیم جدید در مطالعات گردشگری است، که برمکان های ویژه ای که دارای ارزش های علمی، اکولوژیکی، فرهنگی، زیبایی و اقتصادی هستند تأکید می کند. در سال های اخیر ژئوتوریسم و ژئومورفوتوریسم به صورت مفهومی بسیار جذاب در آمده که طیف وسیعی از مردم با علاقه های گوناگون و نیز دولت ها، گروه های زیست محیطی و گروه های حفاظت و نگهداری را به خود جلب می کند. از آنجا که ژئوتوریسم رشته ای پیچیده و چند بعدی است، معمولاً در مورد مدل های آن توافقی همگانی و پذیرفته شده وجود ندارد. نکته قابل تامل در طراحی یک مدل، چارچوب های نظری فهم و ادراک ماست که در قلمرو آن پدیده مورد نظر ارزیابی می شود.

مواد و روشها

این پژوهش سعی دارد که به بررسی و معرفی تنگه هایقر به عنوان یک ژئومورفوسایت بسیار زیبا در استان فارس

بپردازد. پژوهش از نوع توصیفی - تحلیل مبتنی بر روشهای میدانی است. بدین صورت که با سفر میدانی به منطقه مورد مطالعه جاذبه های گردشگری منطقه شناسائی شده و عکسبرداری گردید، سپس به بررسی و معرفی هر یک از آنها پرداخته شد.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه تنگه و دره زیبای هایقر است. این دره واقع در ۳۵ کیلومتری جنوب غرب شهر فیروزآباد در استان فارس ایران است. عمق دیواره‌های این دره، گاه به حدوداً ۴۵۰ متر می‌رسند. طول پیمایش کامل هایقر ۱۸ کیلومتر است. این دره را گرند کانیون ایران نامیده‌اند. این تنه یک برش در پهنای تاقدیس است که نخست عملکرد زمین ساخت آن را پدیدآورده و سپس فرسایش آب آن را گسترش داده و ژرف نموده‌است. دیواره‌های بلند دره، رودخانه جاری در کف آن و پژواک صدای پرندگان، منطقه‌ای کم‌نظیر پدیدآورده که بستری ارزشمند برای گردشگری طبیعت به‌شمار می‌رود. شکل شماره ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل شماره ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

نتایج

پرتگاه‌های آهکی

منطقه مورد مطالعه دارای زیباترین و جذاب‌ترین پرتگاه‌های آهکی در زاگرس می‌باشد که چشم هر بیننده و گردشگری را به خود جذب می‌کند. این پرتگاه‌ها در طول سال همواره مورد بازدید افراد و گردشگران مختلفی قرار می‌گیرد. ارتفاع این پرتگاه‌ها در پاره‌ای موارد به بیش از چندصد متر هم می‌رسد. در شکل شماره ۲ نمونه‌ای از این پرتگاه‌ها ارائه شده است.



شکل شماره ۲: نمونه‌ای از پرتگاه‌های آهکی در تنگه هابقر

دره کارستی

مهمترین ویژگی و مشخصه تنگه هابقر و به طور کلی ماهیت آن به کارستی بودن آن می‌باشد، بدین صورت که به نام یک دره کارستی و یا آهکی شناخته می‌شود. این دره در اثر فرسایش آبی در طول داران‌های مختلف زمین‌شناسی تشکیل شده است. شکل شماره ۳ نمایی از این دره کارستی را نمایش می‌دهد.



شکل شماره ۳: نمائی از دره کارستی هایقر

اشکال کارستی در مقیاس کوچکتر

علاوه بر اشکال معرفی شده در اندازه های بزر، سرتاسر منطقه مور مطالعه از اشکال و چاله های کارستی در اندازه های کوچکتر تشکیل شده است. اشکالی از قبیل لاپیه، دولین، چاله های کارستی و .. در قسمت های مختلف منطقه مشاهده می شوند که به عنوان جاذبه های ژئوتوریستی می توانند مورد توجه باشند.

بحث و نتیجه گیری

پدیده های ژئومورفولوژیکی در طول زمانهای مختلف همواره مورد توجه گردشگران مختلف بوده است که علاوه بر جاذبه های ژئوتوریستی، به عنوان یک جاذبه علمی برای پژوهشگران نیز شناخته می شوند. تنگه هایقر به عنوان یکی از مهمترین تنگه ها و دره های زیبای زاگرس فارس، در سال های اخیر همواره مورد توجه پژوهشگران و همچنین گردشگران طبیعت بوده است. این دره در جنوب شهر فیروزآباد فارس واقع شده و در اثر فرسایش شدید آبی در طول زمان ایجاد شده است. اشکالی متنوعی از قبیل دره کارستی و همچنین پرتاه های آهکی و اشکال کارستی متنوع از جاذبه های آن محسوب می گردد.

مراجع

May, Vincent, (1993), Coastal, Tourism, Geomorphology and Geological Conservation: The Example of South England, Tourism Vs. Environment: The Case for Coastal Areas, Published by Kluwer Academic Publishers, The Netherlands,

Panizza M. (2001) Geomorphosites: concepts, methods and example of geomorphological survey, Chinese Science Bulletin, 46: 6 4 .

Reynard, E Fontana, G Kozlik, L. Scapozza, C., (2007) A method for assessing «scientific» and «additional values» of geomorphosites, Geographica Helvetica Jg. 62 2007/Heft 3.

بررسی اثر تغییرات محیطی رودخانه علاء بر فرسایش کناری و نقش آن در مدیریت محیط

^۱ رضا رضوی مقدم ، ^۲ هیوا علمیزاده*

^۱ دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر reza.rezavi73@gmail.com

^۲ دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر Elmizadeh@kmsu.ac.ir

چکیده

در این تحقیق، با توجه به اهمیت کنترل فرسایش کناری و جلوگیری از تولید رسوب، به بررسی و شناخت پهنه‌بندی فرسایش‌پذیری رودخانه علاء پرداخته شده است. رودخانه علاء که به رودخانه رامهرمز نیز معروف است یکی از شاخه‌های اصلی رودخانه جراحی در جنوب غرب ایران و شرق استان خوزستان است که در نهایت به تالاب شادگان تخلیه می‌شود. در این پژوهش به منظور اثر تغییرات محیطی رودخانه علاء بر فرسایش کناری و نقش آن در مدیریت محیط، وضعیت ساختاری و زمین‌ساختی قابل مشاهده آن بر روی عکس‌های هوایی ۱/۵۵۰۰۰ و تصاویر ماهواره‌ای Landast/ارزیابی و تفکیک گردید. در این رابطه از نرم‌افزارهای مورد نیاز نظیر Arc GIS، Arc hydro و Excell جهت انجام تحلیل‌های مورد نیاز استفاده گردید. در این راستا جهت بررسی فرسایش کناری رودخانه از شاخص فرسایش کناری راسگن با استفاده از مدل HEC-RAS در تمام بازه‌های فرسایشی استفاده شد. در نهایت پس از بررسی عوامل ژئومورفولوژیکی حوضه مورد مطالعه و بررسی تاثیر آن بر ناپایداری و فرسایش کناری، نقش آن در مدیریت محیط تجزیه و تحلیل گردید. بر اساس نتایج پژوهش عوامل انسانی نسبت به عوامل طبیعی تاثیر بیشتری در تغییرات مورفولوژیکی رودخانه علاء داشته‌اند. شرایط خاص زمین‌شناسی منطقه نیز موجب گردیده تا رودخانه در بازه‌های مختلف آن شرایط متفاوتی را تجربه نماید که از جمله آنها وجود بازه‌های متعدد رسوبگذار و نیز فرسایشی در طول مسیر رودخانه می‌باشد. از سوی دیگر وجود اراضی مستعد کشاورزی در بستر و سیلاب دشت‌های آن و همچنین تراس‌های رودخانه‌ای موجب شکل‌گیری روستاهای متعدد و پراکنده در حاشیه رودخانه و به طبع آن ساخت و ساز و کشت و زرع در کرانه‌های رودخانه شده است. لذا پارامترهای ریخت‌شناسی و هیدرولیکی جریان دستخوش تغییرات نامطلوب گردیده که تبعات آن به صورت خسارات بالفعل و بالقوه بر تاسیسات احداثی بر رودخانه، اراضی کشاورزی، منازل مسکونی، زیست محیط و اقتصاد منطقه نمایان می‌باشد.

کلمات کلیدی: تغییرات محیطی، فرسایش کناری، برداشت شن و ماسه، مدل راسگن، رودخانه علاء.

مقدمه

در راستای بهره‌برداری‌های روزافزون که به ویژه در چند دهه اخیر، آسیب‌های بی‌شماری از دیدگاه‌های کیفی و کمی به خاک وارد نموده است، بخش قابل ملاحظه‌ای از اراضی جنگلی به اراضی کشاورزی تبدیل شده‌اند که باعث افزایش سیل‌خیزی، کاهش کیفیت آب، تغییرات محیطی و اجتماعی، افزایش قابل توجه میزان فرسایش خاک و به تبع آن، ناپایداری محیط و کاهش حاصل‌خیزی خاک شده است (نصرتی و همکاران، ۱۳۹۹). از بین رفتن خاک زراعی در دراز مدت منجر به کاهش بهره‌وری و از بین رفتن کشاورزی می‌گردد و در پی آن معضلات دیگری همچون عدم امنیت غذایی، مهاجرت، بیکاری و غیره را به دنبال خواهد داشت. تولید رسوب و حرکت آن به سمت مخازن سدها و انباشته شدن آن‌ها یکی دیگر از معضلات ناشی از فرآیند فرسایش است. پر شدن مخازن سدها از رسوب، باعث کاهش عمر مفید سدها شده و سرمایه‌گذاری‌های ملی را با مشکل روبرو می‌نمایند. از سوی دیگر، رشد جمعیت و تأثیر آن بر محیط طبیعی به همراه تغییر کاربری‌ها و بهره‌برداری غیر اصولی نیز سبب تغییرات محیطی و ناپایداری و تخریب اکوسیستم‌ها شده است (ولی‌پور و همکاران، ۱۳۹۹). حفاظت خاک و آب، یکی از اصولی‌ترین رکن‌های توسعه پایدار است و بی‌توجهی به آن می‌تواند عواقب جبران‌ناپذیری را از نظر اقتصادی-اجتماعی و امنیت غذایی به دنبال داشته باشد. در این راستا، در دو دهه اخیر فعالیت‌های زیادی در زمینه‌ی حفاظت خاک و آب صورت گرفته است که می‌توان عمده‌ی این فعالیت‌ها را در مدیریت حوضه‌های آبخیز خلاصه و معرفی نمود (Belletti et al., 2015; Rinaldi et al., 2013; Rhoads, 2020). آگاهی از موقعیت مکان‌های فرسایش‌پذیر حوضه‌های آبخیز، امکان مقایسه‌ی آن‌ها و شناسایی موقعیت‌های بحرانی و اولویت‌بندی اجرای طرح‌های آبخیزداری را فراهم می‌کند. مطالعات و بررسی‌های مختلف در سطح جهان نشان می‌دهد که همواره با تغییر در الگوهای مدیریتی و توجه به مهندسی رودخانه می‌توان تأثیرات قابل توجهی بر روی مقادیر فرسایش و بار رسوب در حوضه‌های آبخیز برجای گذاشت تا جایی که در این راستا مفاهیمی همچون توسعه و مدیریت پایدار، بهبود مدیریت شبکه‌های آبی و نیز اتخاذ بهترین شیوه‌های مدیریتی مطرح شده است که با به کارگیری بهترین شیوه‌های مدیریتی می‌توان گامی موثر در راستای کاهش فرسایش و بار رسوب برداشت (Belletti et al., 2015; Sulaiman et al., 2021). در این تحقیق، با توجه به اهمیت کنترل فرسایش و جلوگیری از تولید رسوب، به بررسی و شناخت پهنه‌بندی فرسایش‌پذیری پرداخته شده است. محدوده مورد مطالعه، با توجه به ساختار زمین‌شناسی و همچنین شرایط اقلیمی حاکم بر آن، دارای

پتانسیل فرسایش‌پذیری بالقوه و بالفعل می‌باشد. هدررفت خاک، فراوانی وقوع سیل‌ها، نابودی جنگل‌ها و مراتع، کاهش حاصل‌خیزی اراضی و سایر مسائل و مشکلات دیگر از جمله معضلاتی است که ضرورت توجه ویژه به حوضه رود علاء از دیدگاه فرسایش و کنترل رسوب را نمایان می‌سازد. به‌منظور مبارزه با فرسایش‌پذیری بالا یا خیلی‌بالا، به عنوان اولین گام، لازم است مناطق مستعد فرسایش شناسایی و موقعیت‌یابی گردند. در این رابطه حجم زیادی از آب در هنگام بارندگی به خصوص بارندگی‌های شدید در سال‌های پر آبی وارد رودخانه علاء می‌شود. این آب‌ها در هنگام عبور از دره رودخانه‌ها به خصوص در نواحی که آب‌های مذکور در جوار کرانه‌های رودخانه قرار می‌گیرد، باعث ایجاد فرسایش در این کرانه‌ها می‌شود. میزان فرسایش و شدت بستگی به سختی و سستی رسوبات و سنگ‌های تشکیل دهنده کناره‌های رودخانه دارد. همچنین نوع سنگ‌های موجود در حوضه آبخیز رودخانه علاء و میزان مقاومت آن‌ها نسبت به فرسایش در تشکیل رسوبات ناشی از فرسایش این سنگ‌ها بسیار تعیین کننده است. با توجه به آنچه ذکر شد استنباط می‌شود که عوامل ژئومورفولوژیکی در حوضه آبخیز رودخانه علاء تاثیر مستقیم و بسزایی در فرسایش کناره و بستر این رودخانه دارد. لذا با عنایت به این امر و با توجه به نیاز منطقه؛ این پژوهش در نظر دارد که به بررسی عوامل ژئومورفولوژیکی حوضه آبخیز رودخانه علاء و تاثیر آن بر فرسایش کناری و نقش آن در مدیریت محیط بپردازد. نظر به این‌که برنامه‌ریزی حفاظت خاک برای کارآمد بودن، بایستی متکی به مطالعات و بررسی‌های علمی باشد، در سرتاسر جهان مطالعات مختلفی در زمینه‌ی وضعیت فرسایش حوضه‌های آبخیز صورت گرفته است. هم‌چنین برای فرآیند ارزیابی فرسایش، مدل‌های مختلفی توسط محققان ارائه شده که منجر به تهیه‌ی اطلاعات ارزشمندی از شرایط حوضه‌های مورد مطالعه از نظر فرسایش شده و مقدمات برنامه‌ریزی حفاظت خاک آن مناطق را فراهم آورده است. اکثر این مدل‌ها با لحاظ کردن شرایط اقلیمی هر منطقه در آن، قابل استفاده در ارزیابی فرسایش آن مناطق نیز می‌باشند. بکارگیری تکنیک‌های نوینی چون سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور به منظور سرعت بخشیدن در شناخت، کنترل و مدیریت منابع طبیعی تجدید شونده کمک شایانی در این زمینه داشته است.

مواد و روش‌ها

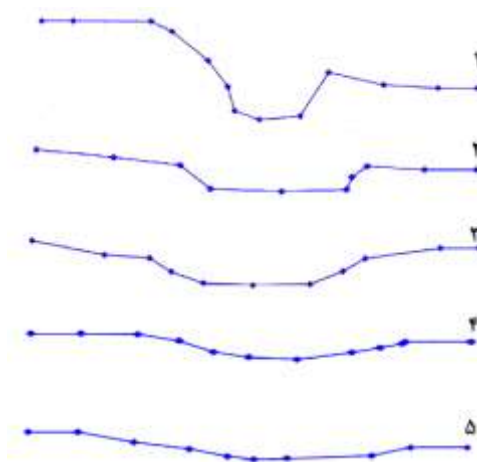
رودخانه علاء که به رودخانه رامهرمز نیز معروف است یکی از شاخه‌های اصلی رودخانه جراحی در جنوب غرب ایران و شرق استان خوزستان است که از ارتفاعات واقع در ۷۰ کیلومتری شرق و شمال شرقی رامهرمز سرچشمه می‌گیرد و پس از طی مسیر حدود ۱۳۰ کیلومتری در محلی به نام چم هاشم به رودخانه مارون ملحق شده و در این

محل سیستم رودخانه ای جراحی را تشکیل می دهند. این رودخانه در شرق رامهرمز مسیر تقریباً شرقی-غربی خود را تغییر می دهد و به سمت جنوب منحرف می گردد. سپس با پیوستن به رود زرد و سپس به رودخانه مارون، رودخانه جراحی را تشکیل می دهند و در نهایت به تالاب شادگان تخلیه می شود. در این پژوهش به منظور بررسی عوارض ژئومورفولوژی و همچنین بررسی شکل و نوع رودخانه و دره های حوضه آبخیز رودخانه علاء از داده ها و آمارهای اقلیمی، هیدرولوژیکی، پوشش گیاهی و زمین شناسی استفاده شده است. به منظور بررسی تغییرات محیطی و ویژگی های پایداری ژئومورفیکی رودخانه علاء، وضعیت ساختاری و خطواره های زمین ساختی قابل مشاهده آن بر روی عکس های هوایی ۱/۵۵۰۰ و تصاویر ماهواره ای Landast TM ارزیابی و تفکیک گردید. در این رابطه از نرم افزارهای مورد نیاز نظیر Google earth، Excell، Arc GIS و الحاقیه Arc hydro جهت تعیین مرز حوضه و انجام تحلیل های مورد نیاز در این پژوهش استفاده شد. سپس برای بررسی این عوامل به صورت میدانی و از روش مشاهده ای استفاده شد و با بازدیدهای میدانی تطابق این روند با وضعیت ژئومورفیکی موجود مقایسه شد. در این راستا به منظور تعیین برخی از پارامترهای ژئومورفیکی، اندازه گیری هایی بر روی نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ و ۱/۵۰۰۰ منطقه انجام شد و نتیجه آنها برای تفسیر ویژگی های مورفوتکتونیکی محدوده به کار گرفته شد. در پایان آن دسته از ویژگی های ژئومورفیکی موثر از دیدگاه زمین شناسی مهندسی و تغییرات آنها در بازدیدهای میدانی مورد ارزیابی و تفسیر قرار گرفت. جهت بررسی فرسایش کناری رودخانه از شاخص فرسایش کناری راسگن با استفاده از مدل-HEC RAS در تمام بازه های فرسایشی استفاده شد و مشخصات کناره های چپ و راست در هر مقطع عرضی به نرم افزار وارد شده و برای بررسی پایداری کناری از نرم افزار BESTEM و همچنین برای بررسی فرسایش کناری رودخانه از شاخص فرسایش کناری راسگن با استفاده از مدل HEC-RAS استفاده گردید. در نهایت پس از بررسی عوامل ژئومورفولوژیکی حوضه مورد مطالعه و بررسی تاثیر آن بر فرسایش کناری، نقش این فرسایش را در مدیریت محیط مورد مطالعه تجزیه و تحلیل گردید.

نتایج

با استفاده از مدل راسگن و بازدیدهای میدانی، ۵ مقطع عرضی از کل مسیر رودخانه علاء در بازه های مختلف استخراج گردید و آنالیز داده های مورد نیاز جهت طبقه بندی و شناسایی ژئومتریک مجرا در مقاطع محاسبه گردید (شکل ۱). در این راستا کلیه پارامترهای حداکثر عمق، نسبت عرض به عمق، عرض دبی لبالبی، عرض دشت سیلابی،

مساحت مقطع عرضی در دبی لبالبی، شیب سطح آب و ضریب خمیدگی برای همه بازه ها و مقاطع عرضی محاسبه گردیدند و سپس پارامترهای نسبت عرض به عمق، گودافتادگی بستر، اندازه متوسط مواد مجرا و شیب سطح آب جهت طبقه بندی سطح ۲ راسگن مورد استفاده قرار گرفتند. طبق نتایج حاصل از مقاطع عرضی، در زمستان به دلیل پربابی، رسوبات ریزدانه به همراه جریانات تند سیلابی از جا کنده شده و رسوبات درشت در کف بستر باقی می ماندند؛ ولی در فصل تابستان به دلیل کاهش بارش و سطح آب، رسوبات ریزدانه بر روی رسوبات درشت دانه قرار می گیرند، در نتیجه رسوبات ماسه ای بین رسوبات شنی و گراولی گیر کرده و موجب تحکیم بستر رودخانه می شوند؛ بنابراین رودخانه علاء از لحاظ طبقه بندی بر اساس جنس رسوبات بستر (سنگی و آبرفتی) از نوع شنی و قلوه سنگی می باشد و در گروه آبرفتی قرار دارد. طبق داده های به دست آمده بیشترین درصد رسوبات در طول مسیر رودخانه را شن متوسط و قلوه سنگ تشکیل می دهند که برای طبقه بندی راسگن ملاک ارزیابی قرار گرفتند.



شکل ۱: مقاطع عرضی از طول مسیر رودخانه علاء

جهت مشخص نمودن نوع کانال در سطح ۱ طبقه بندی راسگن، پس از به دست آوردن شیب رودخانه علاء، با توجه به مشاهدات میدانی از سطح مقطع و پلان رودخانه و شیب های به دست آمده از مقاطع مختلف، طبقه بندی اولیه و سطح ۱ راسگن انجام و مقاطع مورد نظر در گروه B تا C این طبقه بندی قرار گرفته اند که در سه مقطع الگوی رودخانه از نوع B و دو مقطع از نوع C می باشند. در ادامه با توجه به مدل راسگن، ویژگی های هندسی مقاطع عرضی رودخانه علاء به صورت مقاطع مختلف مورد بررسی، ارزیابی و طبقه بندی قرار گرفته اند. با توجه به نتایج، بازه های

مسیر رودخانه در گروه B و C قرار گرفتند. دامنه تغییرات نسبت عرض به عمق در E کمتر از ۱۲، در D بزرگتر از ۴۰ و در نوع C و B بزرگتر از ۱۲ است. شاخص گود افتادگی مقطع نیز از جهت فرورفتگی عمقی بستر و یا گسترش در دشت سیلابی، در B بین ۴ تا ۲/۵، در C و E بزرگتر از ۲/۵ می‌باشد. بر مبنای شاخص‌های مورفولوژیکی، جنس رسوبات و شرایط جریان در سطح ۱، ۲ و ۳ راسگن دو تیپ مجرا شامل B و C در محدوده مورد مطالعه ارزیابی و شناسایی قرار گرفتند. بررسی مورفولوژیکی مجراهای نوع B در ارتباط با ارزیابی میزان مطابقت و کارایی مدل راسگن نشان داد که مورفولوژی غالب الگوی سینوسی با شیب متوسط و کرانه‌های نسبتاً پایدار و دره‌های باریک و با پهنای نسبتاً کم است. این فرم و فرایندها در سطح بازه‌ها نشان داد که مدل و طبقه‌بندی راسگن با وجود تفاوت‌های جزئی در پارامتر شیب، طبقه‌بندی مناسبی است. کانال‌های نوع C، الگوی جریانی بینابینی دارند و شواهد مورفولوژیک آن مانند دره‌های همراه با دشت سیلابی و بسترهای پیچان‌رودی با سینوسیته بالا تأییدکننده کارایی مدل راسگن در این بازه‌ها است. همچنین وضعیت‌های بازه‌های مورد مطالعه از نظر حساسیت به فرسایش، در وضعیت متوسط ناپایداری محدود تا ضعیف و ناپایدار قرار دارند. ناپایداری زیاد بستر رودخانه در بازه‌های ۳ و ۵ تهدیدی برای اراضی کشاورزی و ساخت و سازهای اطراف است. با توجه به این که رودخانه علاء شریانی بوده و موقعیت جزایر رسوبی و عرض آبراهه‌ها پیوسته در حال تغییر و تحول بوده و وضعیت پایدار و ثابتی ندارد، لازم است اقدامات مدیریتی و ساماندهی در این بخش با توجه به متغیرهای مورفولوژیکی و شرایط جریان انجام گیرد. برای تشخیص دلیل ناپایداری، متغیرهای مورد مطالعه در مقاطع ۳ و ۵ مورد بررسی قرار گرفت. بررسی‌ها نشان داد که در مقاطع فوق پارامترهای پوشش گیاهی (تراکم ریشه‌ها و عمق ریشه‌ها) کمتر از نواحی دیگر بوده و هر سه فرآیند فرسایشی کناره (تنش برشی مکانیکی و هیدرولیکی مواد کناره، فرسایش هیدرولیک رودخانه و حرکات توده‌ای) را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در واقع ناپایداری کانال در مقاطع فوق رودخانه علاء بیشتر در بخش‌هایی وجود دارد که پوشش متراکم گیاهی وجود ندارد. پوشش گیاهی نرخ فرسایش را از طریق افزایش زبری و مقاومت کششی ناشی از افزایش چسبندگی به وسیله ترکیب ریشه و خاک کاهش می‌دهد. متغیر دیگر مؤثر در تفاوت ناپایداری کانال، ویژگی‌های رسوبات کناره و خاک است. کناره‌های رسی به علت چسبندگی نسبت به کناره‌های ماسه‌ای و شنی آستانه شکست خیلی بالاتری دارند، حساسیت-های متفاوتی را در مقابل فرسایش ایجاد می‌کنند و به آهستگی و در زمان طولانی فرسایش پیدا می‌کنند. دانه سنجی رسوبات کناره علاء نشان داد که در بازه‌های ۲ و ۴ درصد رسوبات ریزدانه بیشتری دارند. در مقابل در بازه ۳ در کناره راست و چپ و بازه ۱ در کناره چپ، متشکل از رسوبات ماسه، شن و قلوه سنگی بوده که باعث افزایش حساسیت

کناره به فرسایش شده است.

جدول ۱-۱: نوع الگوی رودخانه علاء در سطح ۲ طبقه بندی راسگن

مق طع	نوع رودخانه	مجموع امتیاز	وضعیت
۱	B4	۷۷	متوسط (ناپایداری محدود)
۲	C4	۸۶	خوب (پایدار)
۳	B4	۹۲	ضعیف (ناپایدار)
۴	B4	۷۰	متوسط (ناپایداری محدود)
۵	C4	۱۰۸	ضعیف (ناپایدار)

بحث و نتیجه گیری

بر اساس نتایج پروفیل طولی جریان آب، مقاطع عرضی و منحنی های دبی-اشل، رقوم سطح آب رودخانه علاء و سایر پارامترهای هیدرولیکی پژوهش، عوامل انسانی نسبت به عوامل طبیعی تاثیر بیشتری در تغییرات مورفولوژیکی رودخانه علاء داشته اند. با احداث سد مارون سرعت ایجاد تغییرات در ریخت شناسی رودخانه نسبتا کاهش یافته است. از جمله تغییراتی که در رودخانه حاصل شده است رسوبگذاری در کناره های آن بر اثر طغیان سیلاب و پخش شدن آن می باشد. ته نشینی این رسوبات در کناره های رودخانه منجر به افزایش نسبی رقوم این کناره های می گردد. ولی عامل برداشت مصالح شن و ماسه از رودخانه بیشترین تاثیر را در زمینه تغییرات مورفولوژیکی دارا بوده است. بر مبنای نتایج حاصله می توان اقدام به اتخاذ تدابیر لازم جهت مدیریت سیلاب و یا فرسایش در رودخانه نمود. با توجه به مقادیر حاصل از مدل عددی مشاهده می گردد که در برخی از مقاطع دارای انحناء در قسمت میانی بازه مطالعاتی و تا حدودی انتهایی مسیر رودخانه، میزان شاخص فرسایش پذیری کناره راسگن در محدوده زیاد و خیلی زیاد قرار داشته و بنابراین نیاز به حفاظت در مقابل فرسایش ضروری است. بدین منظور باید مسیر جریان بر اساس سرعت های محاسبه شده، به چندین بازه حفاظتی تقسیم گردیده و محاسبات مربوط به تعیین نوع، اندازه و حجم پوشش محافظتی مورد نیاز در هر یک از این بازه ها با استفاده از روابط موجود صورت پذیرد. با توجه به بررسی های انجام شده و شواهد مربوط به فعال بودم منطقه از دیدگاه زمین ساختی، رابطه قابل توجهی بین ویژگی های ریخت شناسی رودخانه

علاء و چهار چوب زمین‌ساختی منطقه وجود دارد. همچنین بدلیل توسعه و گسترش شالیزارهای برنج در کرانه‌های رودخانه علاء در محدوده دشت میداوود و اهمیت اقتصادی آن برای اهالی از یک سو و استفاده و برداشت از مصالح درشت دانه رودخانه‌ای برای طرح‌های سد سازی از سوی دیگر؛ جهت برنامه‌ریزی و ساماندهی مطالعات مهندسی رودخانه‌ای در منطقه لازم است به ویژگی‌های مورفوتکتونیک و ژئومورفولوژی مهندسی رودخانه توجه کافی نمود و به شکل مناسب از نتایج این گونه مطالعات در ساماندهی و تعیین حریم بستر رودخانه آن استفاده نمود.

مراجع

نصرتی، کاظم، رستمی، میلاد و آذرپار کیوی، محمود. برآورد خطر فرسایش کناره‌ای رودخانه طالقان با استفاده از مدل BEHI، مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره نهم، شماره بیست و ششم، ۱۳۹۹، ۱۲۹-۱۴۴.

ولی‌پور، طاهر، حسین‌زاده، محمد مهدی، اسماعیلی، رضا و متش بیرانوند، سعیده. مطالعه فرسایش‌پذیری کناره و عوامل موثر بر آن در رودخانه لایچ (استان مازندران، چمستان)، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیستم، شماره ۵۹، ۱۳۶-۱۱۹، ۱۳۹۹.

Belletti, B.; Rinaldi, M.; Buijse, A.D.; Gurnell, A.M.; Mosselman, E. A: review of assessment methods for river hydromorphology. Environ. Earth Sci. 2015, 73, 2079–2100.

Rhoads, B.L. River Dynamics: Geomorphology to Support Management; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2020.

Rinaldi, M.; Surian, N.; Comiti, F.; Bussettini, M. A method for the assessment and analysis of the hydromorphological condition of Italian streams: The Morphological Quality Index (MQI). Geomorphology 2013, 180–181, 96–108.

Sulaiman, M.S.; Goh, Q.Y.; Sang, Y.-F.; Sivakumar, B.; Ali, A.; Rasit, N.; Abood, M.M. Development of river morphologic stability index (RMSI) to assess mountain river systems. J. Hydrol. Reg. Stud. 2021, 7, 100918.

Thorne, C.; Castro, J.; Cluer, B.; Skidmore, P.; Shea, C. Project Risk Screening Matrix for River Management and Restoration. River Res. Appl. 2015, 31, 611–626.

بررسی تحولات ژئومورفولوژی رودخانه دز با استفاده از گوگل ارث انجین

Investigating the evolution of the geomorphology of Dez River using Google Earth Engine

^۱لادن خدري غريبوند(نويسنده مسئول)، ^۲فاطمه اميري

^۱گروه سنجش از دور، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران ladan.khedri@iau.ac.ir

^۲گروه مهندسی نفت، واحد مسجدسلیمان، دانشگاه آزاد اسلامی، مسجدسلیمان، ایران Fatemeh.Amiri@iau.ac.ir

چکیده

رودخانه‌ها منابع طبیعی حیاتی برای فعالیت‌های انسانی هستند و آگاهی از ساختار و دینامیک آنها برای درک ویژگی‌های رودخانه مهم است. تفاوت‌های فصلی در جریان رودخانه منجر به ظرفیت‌های ناپایدار انتقال رسوب می‌شود که باعث فرسایش حاشیه رودخانه و ایجاد کانال‌های پریچ و خم می‌شود. مهاجرت کانال ممکن است مشکل اساسی برای تامین آب و سازه‌های هیدرولیکی ایجاد کند. بنابراین مطالعه دینامیک کانال جریان ضروری است. در این تحقیق به بررسی تغییرات ژئومورفولوژی رودخانه دز در مجاورت مناطق کشاورزی توسط گوگل ارث انجین (GEE) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۱ پرداخته شده است. برای این منظور نقشه تغییرات شاخص سینوسی (SI) رودخانه در بازه زمانی مورد مطالعه در محیط GIS تهیه گردید. همچنین نقشه‌های شیب، مدل رقومی ارتفاع (DEM)، بافت خاک و رواناب ماهانه نیز در GEE تهیه شد. نتایج به دست آمده نشان داد که شاخص سینوسی رودخانه از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۱ بین مقادیر ۲/۱۴-۲/۱۰ تغییر کرده است. همچنین بررسی نقشه‌ها نشان داد شیب منطقه بین ۴-۱ درجه، ارتفاع بین ۳۶-۳۰ متر و نوع خاک در این منطقه نیز از نوع لومی و لومی رسی بوده است. بررسی نقشه‌های رواناب نیز نشان از افزایش میزان رواناب در سال‌های اخیر دارد. بنابراین با توجه به افزایش رواناب در سال‌های اخیر و وجود خاک بسیار فرسایش‌پذیر بستر رودخانه در این منطقه، به نظر می‌رسد که تغییرات ژئومورفولوژی رودخانه می‌تواند ناشی از نوع جنس خاک بستر رودخانه و افزایش رواناب باشد.

کلمات کلیدی: رودخانه دز، شاخص سینوسی (SI)، گوگل ارث انجین (GEE)، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

۱- مقدمه

رودخانه‌ها به عنوان منابع طبیعی برای فعالیت‌های انسانی حیاتی هستند و به ویژه از آنها برای آبیاری، تفریح، حمل و نقل، ماهیگیری، تامین آب و انرژی استفاده می‌کنند. دانش ساختار، انرژی و دینامیک یک رودخانه در درک ویژگی‌های جریان رودخانه و مدیریت و حفاظت از آن ارزش زیادی دارد (Ebisemiju., 1994). اختلالات ایجاد شده توسط انسان مانند تغییر کاربری و پوشش زمین و تغییرات آب و هوایی بر ویژگی‌های اصلی رژیم جریان رودخانه تأثیر می‌گذارد (Hekmatzadeh et al., 2020; Torabi Haghighi et al., 2020; Yaraghi et al., 2019). تغییرپذیری رودخانه‌های اصلی یکی از ویژگی‌های ذاتی آنهاست و در طیف وسیعی از مقیاس‌های فضایی اعمال می‌شود (Schumm., 1991). این تنوع شامل تغییرات در الگوهای کانال و ریزش‌های اصلی است و تحت تأثیر پارامترهایی مانند رسوب‌شناسی، هیدرولوژی رودخانه و توپوگرافی قرار دارد (Lang, Downs & Gregory., 2014). SI یا سینوسیته یک شاخص کلیدی برای تشخیص پایداری کانال رودخانه است (Toriman et al., 2013). در واقع سینوسیته درجه‌ای است که خروج جریان از یک خط را نشان می‌دهد. رودخانه‌های مستقیم دارای سواحل مستقیم با سینوسیته کمتر هستند در حالیکه جریان‌های پرپیچ و خم دارای سینوسیته بزرگتری هستند (Schumm & Khan, 1972). پیچ و خم رودخانه‌های پرپیچ و خم در سراسر جهان و در همه مقیاس‌ها رخ می‌دهد و افراد زیادی آنها را مورد مطالعه قرار داده‌اند، مانند Magdaleno & Fernández-Yusti 2011, Williams 1986, Aswathy et al 2008. به عنوان مثال، کیوکا و همکاران (۲۰۲۰) پارامترهای غالب موثر بر پیچ و خم‌های سریع در حال تغییر ناشی از سیل در رودخانه Otofuke، ژاپن را مطالعه کردند. نتایج نشان داد که فرآیندهای مورفولوژیکی منجر به انحرافات شدید جریان به صورت عرضی به سمت خاکریز و سبب جابجایی کانال جانبی شد (Kyuka et al., 2020). پیشرفت‌های فنی در سال‌های اخیر، به‌ویژه توسعه سنجش از دور و GIS، سهولت ترکیب داده‌های شکل کانال و تغییرات مورفولوژیکی از منابع مختلف را برای ارزیابی مورفولوژی رودخانه افزایش داده است (Yang et al., 1999). رودخانه دز شاخه اصلی رودخانه کارون است که مطالعات الگوی کانال‌های رودخانه، دینامیک و مکانیک در این منطقه کمیاب است. تاکنون هیچ تحقیقی در مورد رودخانه دز توسط GEE و GIS انجام نشده است که این یک جنبه منحصر به فرد از مطالعه حال حاضر می‌باشد. در این تحقیق، هدف بررسی سیر تحول بخشی از رودخانه دز در مجاورت مناطق کشاورزی از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۱ بوده است. در چارچوب این

مطالعه، عوامل موثر بر سینوزیتی رودخانه دز با استفاده از پلت فرم GEE و GIS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

رودخانه دز یکی از رودخانه های بزرگ جنوب غربی ایران است که از رشته کوه های زاگرس سرچشمه می گیرد (Woodbridge et al., 2016). این رودخانه به رودخانه کارون متصل شده و در نهایت به خلیج فارس می ریزد. طول رودخانه دز ۴۰۰ کیلومتر و متوسط دبی آب آن ۲۳۰ متر مکعب بر ثانیه است (Ramavandi et al., 2015). در این تحقیق به منظور بررسی تغییرات مسیر رودخانه دز از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۱، بخشی از رودخانه در مجاورت مناطق کشاورزی انتخاب و تغییرات آن مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۱).



شکل ۱ - موقعیت رودخانه دز در مجاورت مناطق کشاورزی

۲-۲- روش ها

برای بررسی تغییرات رودخانه دز از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۱ ابتدا SI رودخانه در مجاورت مناطق کشاورزی محاسبه شد. SI یک شاخص کلیدی برای شناسایی پایداری کانال رودخانه است (Toriman et al., 2006). بنابراین، نوع

پایداری SI و طبقه بندی تکاملی که در تراز اصلی رودخانه رخ داده است مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (جدول ۱). فرآیند اندازه گیری سینوسی شامل اندازه گیری طول دره (L) به عنوان یک خط مستقیم از نقطه شروع تا نقطه پایانی هر زیر شاخه و طول کانال یک پیچان رود (Z) در امتداد محور کانال می باشد. محاسبه SI با استفاده از رابطه (۱) انجام شده است:

$$SinuosityIndex(SI) = \frac{ChannelLength(L)}{ValleyLength(Z)} \quad (1)$$

جدول ۱- نوع پایداری تکامل پیچان رود (Rosgen & Silvey., 1996)

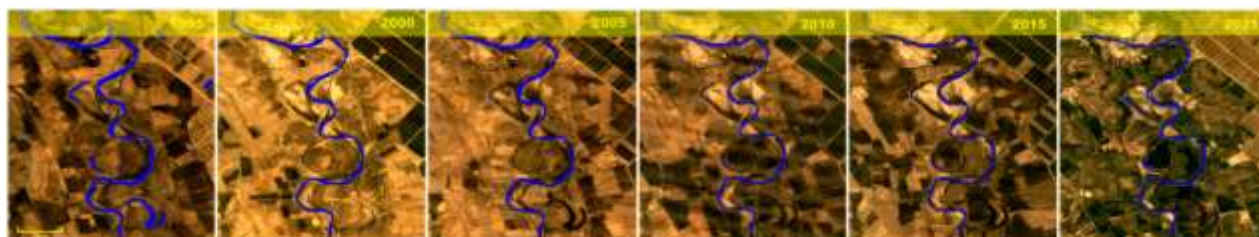
اختصار	نوع پایداری	شاخص سینوسی (SI)
S	پایدار	$< 1/2$
US	ناپایدار	$> 1/2$
VUS	بسیار ناپایدار	$> 1/5$

GEE یک پلتفرم تجزیه و تحلیل جغرافیایی مقیاس بزرگ است که توانایی های محاسباتی گوگل را در مورد موضوعات مختلف اجتماعی مانند بیماری، مدیریت آب، خشکسالی، حفاظت از محیط زیست، نظارت بر آب و هوا، جنگل زدایی، بلایای طبیعی و امنیت غذایی به ارمغان می آورد (Gorelick et al., 2017). برای بررسی علت تغییرات SI رودخانه عواملی مانند شیب و ارتفاع منطقه، تغییرات رواناب ماهانه و بافت خاک بستر رودخانه مورد بررسی قرار گرفت و نقشه آنها توسط GEE تهیه گردید. همچنین، نقشه های شیب و ارتفاع با استفاده از SRTM ناسا با رزولوشن تقریبی ۳۰ متر و داده های میانگین ماهانه رواناب منطقه نیز به عنوان زیرمجموعه ای از مجموعه داده های ERA5 پس از پردازش توسط مرکز اروپایی پیش بینی های هوای (ECMWF) تهیه شد. علاوه بر آن، نقشه بافت خاک نیز با استفاده از مثلث بافت USDA در GEE تهیه گردید که ترکیب نسبی رس، سیلت و ماسه را در خاک نشان می دهد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی سینوسیته رودخانه در مجاور مناطق کشاورزی

نقشه‌های جهت جریان رودخانه در مناطق مجاور کشاورزی از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۱ در شکل ۵ نشان داده شده است. برای هر سال، SI محاسبه شده است (جدول ۲). نتایج نشان داد که SI در مناطق کشاورزی از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۱ به ترتیب از ۲/۱۰ تا ۲/۱۴ متغیر بوده و نوع کانال رودخانه نیز در این مناطق از نوع بسیار ناپایدار می باشد.



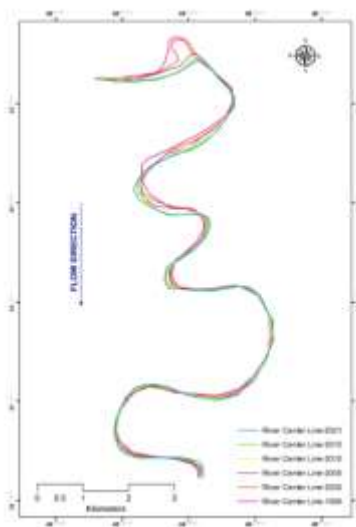
شکل ۵ - نقشه‌های جهت جریان رودخانه در مجاور مناطق کشاورزی از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۱

جدول ۲ - مقادیر SI رودخانه در مجاور مناطق کشاورزی از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۱

سال	طول (L)(متر)	طول (Z)(متر)	دره	شاخص سینوسیته (SI)	نوع پایداری
۱۹۹۵	۱۸۶۱۱	۸۹۷۴		۲/۱۰	بسیار ناپایدار (VUS)
۲۰۰۰	۱۸۸۹۲	۸۹۷۴		۲/۱۱	بسیار ناپایدار (VUS)
۲۰۰۵	۱۸۴۷۸	۸۹۷۴		۲/۱۰	بسیار ناپایدار (VUS)
۲۰۱۰	۱۸۹۳۵	۸۹۷۴		۲/۱۱	بسیار ناپایدار (VUS)
۲۰۱۵	۱۸۹۷۸	۸۹۷۴		۲/۱۱	بسیار ناپایدار (VUS)
۲۰۲۱	۱۹۱۶۲	۸۹۷۴		۲/۱۴	بسیار ناپایدار (VUS)

۲-۳- ارزیابی تغییرات کانال رودخانه

نقشه تغییرات جهت جریان رودخانه در مجاور مناطق کشاورزی از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۱ در شکل ۶ نشان داده شده است. بررسی تغییرات جهت جریان رودخانه در مجاورت مناطق کشاورزی نشان می‌دهد که در بخش‌های بالادست منطقه، شدت تغییرات در کانال رودخانه بیش از بخش‌های پایین دست رودخانه بوده است. دلیل این امر ممکن است به دلیل تفاوت نوع خاک در این منطقه نسبت به سایر مناطق باشد که منجر به فرسایش و تغییرات بیشتر در این منطقه نسبت به مناطق پایین دست شده است.

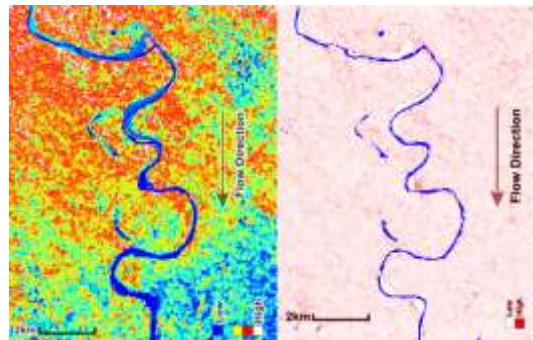


شکل ۶ - نقشه تغییرات جهت کانال رودخانه در مجاورت مناطق کشاورزی از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۱

۳-۳- ارتفاع و شیب منطقه

مدل رقومی ارتفاع (DEM) و نقشه شیب اطراف رودخانه در مناطق کشاورزی در شکل ۷ نشان داده شده است. بررسی نقشه DEM نشان داد که ارتفاع در شمال منطقه بیش از ارتفاع در جنوب است و مقدار آن از بالادست تا پایین دست به ترتیب از ۳۶ تا ۳۰ متر متغیر است (شکل ۷). همچنین بررسی نقشه شیب منطقه نشان داد که تغییرات شیب منطقه بسیار کم بوده و از شمال به جنوب بین ۴ تا ۱ درجه متغیر است (شکل ۸). از آنجایی که شیب و ارتفاع منطقه تغییر چندانی نکرده است، به نظر می‌رسد این پارامترها تأثیر چندانی در افزایش سینوسی رودخانه

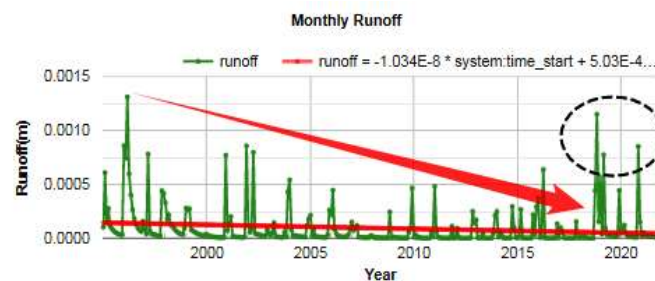
در این منطقه نداشته باشد.



شکل ۷ - نقشه DEM و شیب مجاور مناطق کشاورزی رودخانه دز

۳-۴- رواناب ماهانه

نقشه های رواناب ماهانه در مجاورت مناطق کشاورزی در شکل ۹ نشان داده شده است. تجزیه و تحلیل نمودارها نشان داد که روند تغییرات رواناب ماهانه از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۱ به طور کلی کاهشی است. اما همانطور که در شکل ۹ مشاهده می کنید، از سال ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۰ میزان رواناب نسبت به سال های گذشته به طور چشمگیری افزایش یافته است.

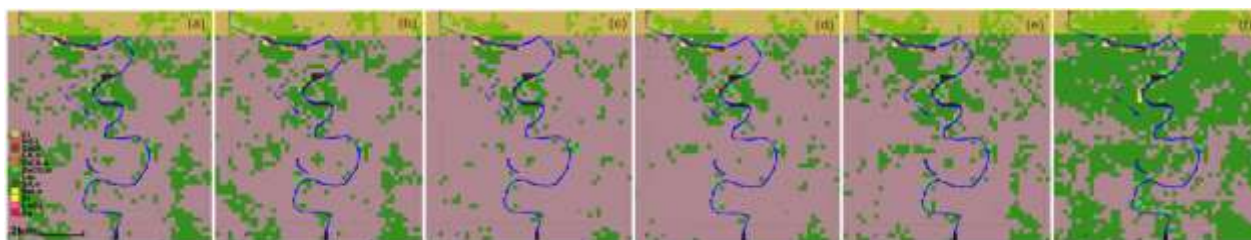


شکل ۹ - نمودار رواناب ماهانه منطقه از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۱

۳-۵- بافت خاک

نقشه های بافت خاک در اعماق مختلف اطراف مناطق کشاورزی مجاور رودخانه دز در شکل ۱۰ نشان داده شده است. بررسی نقشه ها نشان داد که خاک های بستر رودخانه دز در این مناطق از نوع لوم (Lo) و لوم رسی (CILo)

می باشند که میزان لومی بودن خاک از سطح به عمق ۲ متر افزایش یافته است. لوم مخلوطی از خاک رس، سیلت و ماسه است و لوم رسی خاکی با بافت ریز است (USDA, 1998).



شکل ۱۰ - نقشه های نوع خاک در اعماق مختلف بستر رودخانه دز مجاور مناطق کشاورزی (a) سطح (b0). (b) عمق ۱۰ سانتی متر (b10)؛ (c) عمق ۳۰ سانتی متر (b30)؛ (d) عمق ۶۰ سانتی متر (b60)؛ (e) عمق ۱۰۰ سانتی متر (b100)؛ (f) عمق ۲۰۰ سانتی متر (b200).

از آنجایی که میزان رواناب در سال های اخیر نسبت به سال های گذشته دچار افزایش شده و نوع خاک بستر رودخانه، از نوع خاک های فرسایش پذیر می باشد، این عوامل می تواند در افزایش سینوسی رودخانه در سال ۲۰۲۱ نسبت به سال های قبل مؤثر باشد. مطالعات همچنین نشان داده اند که سینوسیته رودخانه با کاهش اندازه ذرات و افزایش مقدار سیلت و رس در خاک افزایش می یابد (Rosgen, 1994 & Schumm, 1963). بنابراین دلیل اصلی تغییر جهت رودخانه در مناطق کشاورزی در دوره مورد مطالعه (۱۹۹۵-۲۰۲۱) می تواند افزایش رواناب سطحی و خاک فرسایش پذیر بستر رودخانه باشد.

۴- نتیجه گیری

مطالعه تغییرات مورفولوژیکی در سیستم های رودخانه می تواند به مدیریت رودخانه کمک کند. در این تحقیق سیر تکاملی ژئومورفولوژیکی رودخانه دز در مجاورت مناطق کشاورزی از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۱ مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، SI رودخانه در این مناطق در بازه زمانی مورد مطالعه محاسبه شد. نتایج نشان داد که SI در مناطق کشاورزی بین ۲/۱۴-۲/۱۰ متغیر بوده و رودخانه در این منطقه بسیار ناپایدار است. به منظور بررسی دلایل تغییر مسیر رودخانه در این مناطق، با بررسی پارامترهای ارتفاع، شیب، رواناب ماهانه و نوع خاک بستر رودخانه

مشخص شد که با وجود اینکه تغییرات ارتفاع و شیب منطقه کم بوده و احتمالاً تأثیر چندانی بر تغییرات مسیر رودخانه نداشته است. اما از آنجاکه خاک بستر رودخانه از نوع لومی و لومی رسی بوده و دارای فرسایش پذیری بالایی می باشد و همچنین بررسی رواناب ماهانه در این مدت نیز نشان داد که از سال ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۰ میزان رواناب نسبت به سالهای قبل افزایش چشمگیری یافته است؛ بنابراین احتمالاً افزایش میزان رواناب و فرسایش پذیری شدید خاک بستر رودخانه، می تواند دلیلی برای تغییرات مسیر آن در بازه زمانی مورد نظر باشد.

مراجع

- [1] Aswathy, M. V., Vijith, H., & Satheesh, R, Factors Influencing The Sinuosity Of Pannagon River, Kottayam, Kerala, India: An Assessment Using Remote Sensing And GIS, Environmental Monitoring And Assessment, 138(1), 173-180. (2008).
- [2] Downs, P., & Gregory, K, River channel management: towards sustainable catchment hydrosystems, Routledge, (2014).
- [3] Ebisemiju, F, The Sinuosity of Alluvial River Channels in the Seasonally Wet Tropical Environment: Case Study of River Elemi, Southwestern Nigeria, Catena, 21, 13-25, (1994) , [http://dx.doi.org/10.1016/0341-8162\(94\)90028-0](http://dx.doi.org/10.1016/0341-8162(94)90028-0)
- [4] Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R, Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone, Remote sensing of Environment, 202, 18-27, (2017), <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
- [5] Hekmatzadeh, A. A., Torabi Haghighi, A., Hosseini Guyomi, K., Amiri, S. M., & Kløve, B, The effects of extremes and temporal scale on multifractal properties of river flow time series, River Research and Applications, 36(1), 171-182, (2020), <https://doi.org/10.1002/rra.3550>
- [6] Kyuka, T., Okabe, K., Shimizu, Y., Yamaguchi, S., Hasegawa, K., & Shinjo, K, Dominating factors influencing rapid meander shift and levee breaches caused by a record-breaking flood in the Otofuke River, Japan. Journal of Hydro-environment Research, 31, 76-89, (2020), <https://doi.org/10.1016/j.jher.2020.05>.
- [7] Lang, A., Bork, H. R., Mäkel, R., Preston, N., Wunderlich, J., & Dikau, R, Changes in sediment flux and storage within a fluvial system: some examples from the Rhine

catchment, Hydrological Processes, 17(16), 3321-3334, (2013),
<https://doi.org/10.1002/hyp.1389>

[8] Magdaleno, F., & Fernández-Yuste, J. A, Meander dynamics in a changing river corridor, Geomorphology, 130(3-4), 197-207, (2011),
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.03.016>

[9] Ramavandi, B., Farjadfar, S., Ardjmand, M., & Dobaradaran, S, Effect of water quality and operational parameters on trihalomethanes formation potential in Dez River water, Iran, Water resources and industry, 11, 1-12, (2015),
<https://doi.org/10.1016/j.wri.2015.03.002>

[10] Rosgen, D. L., & Silvey, H. L, Applied river morphology (Vol. 1481), Pagosa Springs, CO: Wildland Hydrology,(1996).

[11] Rosgen, D. L, A classification of natural rivers, Catena, 22(3), 169-199, (1994),
[https://doi.org/10.1016/0341-8162\(94\)90001-9](https://doi.org/10.1016/0341-8162(94)90001-9)

[12] Schumm, S. A., & Khan, H. R, Experimental study of channel patterns, Geological Society of America Bulletin, 83(6), 1755-1770, (1972), [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1972\)83\[1755:ESOCP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1972)83[1755:ESOCP]2.0.CO;2)

[13] Schumm, S.A, To Interpret the Earth: Ten Ways to Be Wrong, Cambridge University Press, Cambridge, UK, (1991).

[14] Schumm, S. A, Sinuosity of alluvial rivers on the Great Plains, Geological Society of America Bulletin, 74, 1089–1100, (1963). [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1963\)74\[1089:SOAROT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1963)74[1089:SOAROT]2.0.CO;2)

[15] Torabi Haghighi, A., Darabi, H., Shahedi, K., Solaimani, K., & Kløve, B, A scenario-based approach for assessing the hydrological impacts of land use and climate change in the Marboreh Watershed, Iran. Environmental Modeling & Assessment, 25(1), 41-57, (2020),
<https://doi.org/10.1007/s10666-019-09665-x>

[16] Toriman, M. E., Yusop, Z., Mokhtar, M., & Juahir, H, Application of GIS for detecting changes of Sungai Langat channel. Malaysian Journal of Civil Engineering, 18(1), (2006),
<https://doi.org/10.11113/mjce.v18.15730>

-
- [17] USDA (1998), https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044818.pdf
- [18] Williams, G. P, River meanders and channel size. *Journal of hydrology*, 88(1-2), 147-164, (1986), [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(86\)90202-7](https://doi.org/10.1016/0022-1694(86)90202-7)
- [19] Woodbridge, K. P., Parsons, D. R., Heyvaert, V. M., Walstra, J., & Frostick, L. E, Characteristics of direct human impacts on the rivers Karun and Dez in lowland south-west Iran and their interactions with earth surface movements, *Quaternary International*, 392, 315-334, (2016), <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.10.088>
- [20] Yang, X., Damen, M. C., & Van Zuidam, R. A, Satellite remote sensing and GIS for the analysis of channel migration changes in the active Yellow River Delta, China, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 1(2), 146-157, (1999), [https://doi.org/10.1016/S0303-2434\(99\)85007-7](https://doi.org/10.1016/S0303-2434(99)85007-7)
- [21] Yaraghi, N., Ronkanen, A. K., Darabi, H., Kløve, B., & Haghighi, A. T, Impact of managed aquifer recharge structure on river flow regimes in arid and semi-arid climates, *Science of the Total Environment*, 675, 429-438, (2019), <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.088>

بررسی ارتباط بین شدت و مدت بارش با زمین لغزشهای کم عمق در دامنه های شمالی البرز (مطالعه موردی: منطقه سوادکوه مازندران)

^۱ علی عبدی نژاد، ^۲ مجتبی یمانی، ^۳ جعفر حسن پور، ^۴ ابوالقاسم گورابی، ^۵ مصطفی کریمی احمد آباد

۱- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه تهران

۲- استاد گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تهران^{۱۰۷}

۳- دانشیار گروه زمین شناسی مهندسی دانشگاه تهران

۴- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تهران

۵- استادیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تهران

چکیده

دامنه های شمالی البرز متاثر از عوامل متعدد اقلیمی، ژئومورفولوژیکی، زمین شناسی، هیدرولوژیکی و عوامل انسانی و بیولوژیکی، همواره مستعد بروز زمین لغزش (Landslide) بوده و همواره بارش نقش اصلی در وقوع زمین لغزشها داشته است، بطوریکه همزمان با بارشهای شدید اسفند ۱۳۹۷ و فروردین ۱۳۹۸ در کشور، صدها زمین لغزش در سطح کشور اتفاق افتاد که بیش از ۱۷ زمین لغزش در منطقه سوادکوه (حوضه های آبخیز تالار و بابلرود) در مازندران رخ داد. در این پژوهش از مجموع ۳۱۹ زمین لغزش شناسایی شده در منطقه سوادکوه، بارش در وقوع ۱۸۰ زمین لغزش نقش کلیدی داشته و در ۴۸ زمین لغزش نیز بارش عامل ثانویه داشته است، براساس نتایج حاصله از بررسی ارتباط بین شدت و مدت بارش با زمین لغزشها ۱۳۷ زمین لغزش ارتباط مستقیم با بارشهای منطقه داشته است بطوریکه ۲۶ زمین لغزش با بارشهای ۲۴ ساعته با متوسط بارش ۶۳.۸ میلی متر، ۲۶ زمین لغزش با بارشهای ۴۸ ساعته با متوسط بارش ۱۰۰.۵ میلی متر، ۳۱ زمین لغزش با بارشهای ۷۲ ساعته با متوسط بارش ۱۳۶.۲ میلی متر و ۵۴ زمین لغزش نیز با بارشهای ۱۲۰ ساعته با متوسط ۱۶۰.۲ میلی متر منطبق بوده است، همچنین بیش از ۹۰ زمین لغزش نیز ۲۴ ساعت تا ۷۲ ساعت بعد از بارشها و یا پس از ذوب برفها اتفاق افتاده است، بنابراین افزایش حجم آب ناشی از بارش در منطقه منجر به بالا رفتن سطح آبهای زیر زمینی در طول زمان شده که این امر باعث افزایش فشار منفذی و کاهش تنش های موثر با افزایش وزن توده و در نتیجه کاهش مقاومت برشی دامنه ها شده است و در نتیجه با توجه به شرایط مورفولوژیکی، میزان رطوبت و ضخامت و زهکشی نامناسب خاکهای منطقه بویژه در شیلها و مارنهای بارندگیهای با مدت و حجم زیاد در مقایسه با بارندگیهای شدید ۲۴ ساعته تاثیر بیشتری در ناپایداری دامنه ها و وقوع زمین لغزشها داشته است.

واژگان کلیدی: زمین لغزش (Landslide) - شدت و مدت بارش - فشار منفذی - مقاومت برشی - تنش های موثر

¹⁰⁷ Email:myamani@ut.ac.ir

بررسی تغییرات دمای سطح حوضه دریاچه نئور و ارتباط آن فیزیوگرافی حوضه

امین عبدالعلی پور عدل^۱، کوثر لقمان‌نیا^۲ شیوا مرادی^۳

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی دانشگاه تربیت مدرس تهران، Amin 74 abdolalipour@gmail.com

^۲ دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز، kosar.loghmannia@gmail.com

^۳ دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته سنجش از دور دانشگاه آزاد و علوم تحقیقات تهران، تهران، ایران، Moradi191268@gmail.com

چکیده

عوامل مختلفی مانند شرایط توپوگرافی، میزان انرژی، شرایط اقلیمی، کاربری اراضی، پوشش گیاهی و موقعیت جغرافیایی بر روی دمای سطح زمین تاثیر می‌گذارند. بطوریکه با تغییر هر یک از این عوامل، دمای سطح زمین نیز تغییر می‌کند در این راستا هدف از این مطالعه بررسی تغییرات دمای سطح حوضه دریاچه نئور با استفاده از الگوریتم پلانک می‌باشد برای بررسی تغییرات دمایی سطح زمین از الگوریتم پلانک استفاده شد و نتایج نشان داد میزان دمای سطح زمین در سال ۱۳۹۹ نسبت به سال ۱۳۶۷ افزایش یافته است در این پژوهش رابطه میزان دمای سطح زمین با دو عامل شیب و ارتفاع هم مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد دمای سطح زمین با افزایش پوشش گیاهی کاهش می‌یابد همچنین با کاهش شیب دما روند افزایشی و با افزایش ارتفاع دما به دلیل افزایش پوشش گیاهی دما کاهش می‌یابد.

کلمات کلیدی: LST، تغییرات دمای سطح زمین، دریاچه نئور، الگوریتم پلانک.

دمای سطح زمین^{۱۰۸} بعنوان شاخصی برای بررسی خواص فیزیکی فرایندهای سطحی و تغییرات اقلیمی محسوب می‌شود که به همین دلیل یک مدل مهم از تعادل انرژی در سطح زمین بشمار می‌رود. این شاخص نقش بسیار موثری بر فرایندهای محیطی دارد بگونه‌ای که این تاثیرات از طریق فعالیت‌های مختلف طبیعی و انسان رخ می‌دهد (Zaharaddeen و Zachariah, ۲۰۱۶). همچنین می‌توان ثبت تغییرات دمای سطح زمین را جزو حیاتی‌ترین داده‌های ثبت شده توسط ماهواره‌ها در طول دهه‌های اخیر بشمار آورد که در زمینه‌های متفاوتی همچون هیدرولوژی، هواشناسی و ... کاربرد دارد (Ndossi و Avdan, ۲۰۱۶). اکوسیستم‌های کوهستانی در مقایسه با اکوسیستم‌های دشتی نیز در برابر تغییرات طبیعی و انسانی بسیار آسیب پذیر هستند. بازسازی اکوسیستم کوهستانی از اختلالات معمولاً کند یا ناموفق است. تجزیه و تحلیل فرایندهای سطح جوی در مناطق کوهستانی به یک جنبه جدایی ناپذیر از تحقیقات محیط کوهستانی تبدیل شده است تا به طور کمی نقش آب و هوای کوهستان، وضعیت و روند آن را درک کند بندهام و همکاران (۲۰۱۹). عوامل مختلفی مانند شرایط توپوگرافی، میزان انرژی، شرایط اقلیمی، کاربری اراضی، پوشش گیاهی و موقعیت جغرافیایی بر روی دمای سطح زمین تاثیر می‌گذارند. بطوریکه با تغییر هر یک از این عوامل، دمای سطح زمین نیز تغییر می‌کند (حمزه و همکاران، ۱۳۹۷). مطالعات بسیاری نشان داده است که ترکیب داده‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) با الگوریتم‌های مختلف می‌تواند در برآورد دمای سطح زمین از نتایج معتبری برخوردار باشد. از این رو مطالعات فراوانی در زمینه بررسی دمای سطح زمین در مناطق مختلف صورت گرفته است که در این پژوهش به مواردی از آن‌ها اشاره شده است:

اکبری و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی دمای سطح زمین را در ارتباط با روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در حوضه آبخیز طالقان ارزیابی کردند. نتایج حاصل از بررسی آنان نشان می‌دهد بیشترین LST در مناطق مسکونی و اراضی بایر با رخنمون سنگی مشهود است که با گذشت سالیان متمادی نیز این روند دما قابل تامل می‌باشد. همچنین نتایج تحقیق آنان می‌تواند راهگشایی در مطالعات حفاظتی منابع طبیعی باشد. فیضی زاده و همکاران (۱۳۹۵) در مقاله‌ای با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا به برآورد دمای سطح زمین حوضه آبخیز مهاباد پرداختند در این پژوهش از تصاویر چند طیفی و حرارتی ماهواره لندست ۸ برای برآورد دمای زمین در حوضه آبریز مهاباد استفاده شده است. برای نیل به هدف، بعد از انجام تصحیحات رادیومتریک نسبت به مدل سازی و تجزیه

و تحلیل تصاویر اقدام شد. بطوری که شاخص پوشش گیاهی، کسری پوشش گیاهی، دمای روشنایی ماهواره، قابلیت

انتشار

سطح زمین، ستون بخار آب که از معیارهای مؤثر در برآورد دمای سطح زمین با روش الگوریتم پنجره مجزا می باشند، با انجام

محاسبه روابط ریاضی مقادیر لازم برای محاسبه دمای سطح زمین بدست آمدند. در نهایت دمای سطح زمین با دقت معادل

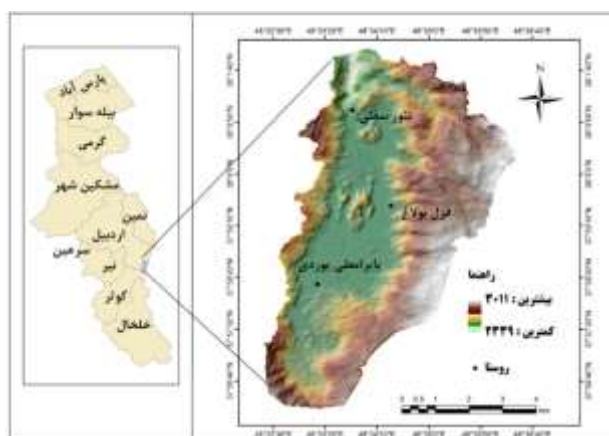
۱/۴ درجه سانتیگراد برآورد شد. حمزه و همکاران (۱۳۹۷) مدل سازی ارتباط دمای سطح زمین، شرایط توپوگرافی، و پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست ۸ پرداختند در پژوهش حاضر، با استفاده از تصاویر حرارتی سنجنده TIRS و با به کارگیری الگوریتم پنجره مجزا، دمای سطح زمین محاسبه شد. سپس، ارتباط بین دمای سطح زمین با عوامل توپوگرافی از جمله ارتفاع، شیب، و جهت شیب و عامل پوشش گیاهی با استفاده از تحلیل های آماری بررسی و معنادار بودن روابط به دست آمده در سطح اطمینان ۹۵ درصد تحلیل شد. بر اساس نتایج پژوهش حاضر، ارتفاع با دمای سطح دارای ارتباط معکوس است. پارامترهای شیب و جهت شیب در مدل سازی دمای سطح تأثیر گذارند. در بررسی ارتباط سطح و شرایط توپوگرافی، با در نظر گرفتن هم زمان دو متغیر ارتفاع و شیب در جهت شیب های خاص، به عنوان متغیر مستقل، ارتباط قوی تر شده است. شمس الدینی و مددی و رزقانی (۱۳۹۸) دمای سطح زمین را در مناطق شهری با استفاده از ترکیب گسیلمندی ها استخراج کرده اند. نتایج بدست آمده نشان دادند که روش شاخص تفاضل گیاهی نرمال شده و روش ترکیب با استفاده از میانه گیری داده های گسیلمندی مناسبی را برای محاسبه دمای سطح زمین فراهم می آورند. همچنین در محاسبه دمای سطح زمین، روش پلانک در باند ۳۱ و ۳۲ دقت بالاتری را نسبت به روش پنجره مجزا ایجاد می نماید. ولی زاده و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی رابطه بین دمای سطح زمین، ویژگی های جغرافیایی و محیطی و شاخص های بیوفیزیکی با استفاده از تصاویر لندست پرداخته اند. نتایج تحقیق آنان حاکی از آن بود که ارتفاع و دما بیشترین تاثیر را بر دمای سطح داشته اند. ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۹) در مقاله ای رابطه بین دمای سطح زمین با تغییرات پوشش گیاهی و گستره آبی در شهرستان ارسنجان را بررسی نمودند. یافته های آنان نشان می دهد از آنجا که سطح آب دریاچه از ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸ کاهش یافته است، بنابراین مساحت طبقات دمایی بالا و بسیار بالا افزایش یافته و لذا میان عامل پوشش گیاهی و دمای سطح زمین رابطه ای منفی برقرار است. کاشکی و همکاران (۱۴۰۰) تغییرات دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و الگوریتم های تک پنجره، تک کانال و پلانک را در دشت بجنورد برآورد کرده اند. نتایج مطالعات آنان نشان می دهد که در میان الگوریتم های مورد مطالعه، دمای بدست آمده از الگوریتم تک کانال اختلاف کمتری نسبت به دمای ایستگاه های موجود دارد. همچنین گوها و همکاران (۲۰۱۸) در مقاله ای به بررسی رابطه میان پوشش گیاهی و میزان رشد مناطق ساخته شده توسط انسان با میزان دمای سطح زمین شهر فلورانس و ناپلس پرداخته اند نقشه کاربری اراضی با از طبقه بندی بیشترین شباهت

استخراج نمودند علی بندجام و همکاران (۲۰۲۰) در مقاله ای تاثیرات پوشش گیاهی و کاربری اراضی بر دمای سطح زمین در شهر های کوهستانی عربستان مورد پژوهش و بررسی قرار دادند برای بررسی دمای سطح زمین از داده های استر استفاده نمودند و نتایج نشان داد دمای سطح زمین متاثر از ارتفاع و پوشش گیاهی می باشد با افزایش پوشش گیاهی دمای سطح زمین کاهش می یابد. در تصاویر ماهواره ای که باند های حرارتی دارند محاسبه دمای سطح زمین به صورت ساده می باشد با افزایش میزان دمای سطح زمین که بر اقلیم، منابع آبی و سایر موارد انسانی تاثیر گذار هستند حائز اهمیت می باشد. با افزایش دما میزان برداشت آب های زیر زمینی و منابع آبی افزایش می یابد که خطران فرونشست زمین را به دنبال دارد.

مواد و روش ها

محدوده مورد مطالعه:

دریاچه آب شیرین توریستی نئور در محدوده طول شرقی بین $55^{\circ} 37'$ الی $38^{\circ} 38'$ و عرض های شمالی $43^{\circ} 48'$ تا $38^{\circ} 48'$ در 48 کیلومتری جنوب شرق اردبیل و در 18 کیلومتری شرق جاده خلخال- اردبیل واقع شده است (شکل ۱). مساحت دریاچه نئور باتوجه به تغییرات دمائی فصول و میزان نزولات جوی متغیر است. معمولاً در فصول گرم و کم آب مساحت آن به 210 هکتار می رسد درحالیکه در زمان پر آبی مساحت آن بالغ بر 240 هکتار می شود (عابدینی، 1385 و مددی، 1384). بنابراین دریاچه نئور با مساحتی بطور متوسط 240 هکتارمربع به صورت طولی (به طول آن حدود 1850 متر و به عرض متوسط آن 700 متر) با جهت شرقی- غربی در دل کوه های معروف باغروداغ در ارتفاع 2460 متر قرار دارد. متوسط ارتفاع حوضه آبخیز دریاچه 2700 متر (از سطح اساس آبهای آزاد) است. بیشترین عمق دریاچه $5/5$ متر و میانگین عمق آن نیز 3 متر است.



شکل ۱- نقشه حوضه مورد مطالعه

الگوریتم پلانک:

این تابع برای تمامی سنجنده ها و نیز تمامی باندهای حرارتی قابل استفاده می باشد. این الگوریتم برای محاسبه دمای سطح زمین، از دمای درخشندگی سطح زمین (Brightness Temperature) و توان تشعشعی (Emissivity) استفاده می کند (Rongali و همکاران، ۲۰۱۸). محاسبه دمای سطح زمین با استفاده از قانون معکوس پلانک و معادله (۱) بدست می آید.

$$T_s = \frac{BT}{[1 + \left(\frac{\lambda \cdot BT}{\rho}\right) \cdot \ln \varepsilon]}$$

در معادله ۱، T_s دمای سطح زمین، و BT دمای روشنایی برای هریک از باندهای ۱۰ و ۱۱ سنجنده لندست ۸ و باند ۶ لندست ۵ می باشد. همچنین ε ضریب گسیلمندی، λ طول موج باند حرارتی، و ρ مقدار ثابت معادل $210 \times 438/1$ می باشد.

محاسبه دمای سطح زمین:

برای بررسی دمای سطح زمین از تصاویر لندست ۵ و لندست ۸ استفاده شد. تصاویر از اسیت سازمان زمین شناسی آمریکا (USGS) دریافت گردید سپس تصحیحات اتمسفری و هندسی بر روی تصاویر اعمال گردید مشخصات تصاویر اخذ شده در جدول ۱ ارائه گردیده است.

جدول ۶- مشخصات تصاویر اخذ شده

سال تصویربرداری		ماهواره / سنجنده
سال شمسی	سال میلادی	
۱۳۶۷/۵/۸	۱۹۸۸/۷/۳۰	لندست ۵
۱۳۹۹/۰۴/۱۰	۲۰۲۰/۰۶/۳۱	لندست ۸

برای محاسبه دمای سطح حوضه دریاچه نئور ابتدا نقشه‌ی دمای سطح زمین از مجموعه داده‌های لندست با استفاده از ارزش رقومی (Digital number, DN) باندهای حرارتی (Thermal bands) تهیه شد. در مرحله‌ی اول رادیانس طیفی (Spectral Radiances) باندهای چندطیفی (Multispectral bands) و حرارتی تصاویر لندست با استفاده از رابطه‌های ۲ و ۳ محاسبه شد. در مرحله بعدی رادیانس طیفی با استفاده از ثابت‌های ارائه شده در فایل مرجع به

دمای روشنایی (Brightness Temperature) تبدیل گردید. دمای روشنایی با استفاده از رابطه ۴ محاسبه شده است.

$$L\lambda(\text{Landsat5TM and 7 ETM+}) = L_{\min} + \left(\frac{L_{\max} - L_{\min}}{255} \right) \times DN$$

$$L\lambda(\text{Landsat8OLI}) = ML \times DN + AL$$

$$TB = \frac{K2}{\ln\left[\left(\frac{K1}{L\lambda}\right) + 1\right]}$$

در این رابطه‌ها؛ $L_{\max}$ و $L_{\min}$ در فایل هدر ماهواره (Metadata) موجود است. ML مقیاس‌سازی ضربی باند خاص (۰/۰۰۳۳۴۲)، AL مقیاس‌سازی جمعی باند خاص (۰/۰۱)، $K1$ ثابت حرارتی اول و $K2$ ثابت حرارتی دوم

شاخص نرمال شده‌ی تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) با استفاده از رابطه ۶ و کسر پوشش گیاهی (Fractional Vegetation Cover, FVC) با استفاده از رابطه ۵ محاسبه شده است.

$$FVC = \left(\frac{NDVI - NDVI_{\min}}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}} \right)^2$$

این شاخص از مهم‌ترین شاخص‌های پوشش گیاهی است که از مقدار آن برای نشان دادن حضور یا شرایط پوشش گیاهی استفاده می‌شود. شاخص NDVI از رابطه ۶ محاسبه می‌شود:

$$NDVI = \frac{NIR_{\text{band}} - Red_{\text{band}}}{NIR_{\text{band}} + Red_{\text{band}}}$$

در این رابطه red باند قرمز (باند ۴ در OLI) و NIR مادون قرمز نزدیک (باند ۵ در OLI) است. مقادیر این شاخص از -۱ تا +۱ متغیر است. مقادیر منفی شاخص NDVI (اعداد نزدیک به -۱) نشان‌دهنده‌ی پهنه‌های آبی است. مقادیر نزدیک به صفر (بین -۰/۱ تا +۰/۱) معمولاً نشان‌دهنده‌ی سطوح برهنه سنگی، برفی یا ماسه‌ای است. مقادیر پایین و مثبت شاخص (تقریباً +۰/۲ تا +۰/۴) نشان‌دهنده‌ی پوشش درخچه‌ای و علفزار است و مقادیر بالای شاخص NDVI (اعداد نزدیک به +۱) جنگل‌های بارانی مناطق گرم و استوایی را نمایش می‌دهد.

مقدار گسیلمندی ε (Land surface Emissivity) از رابطه ۷ محاسبه گردید و در نهایت دمای سطح زمین توسط رابطه ۸ برآورد شد.

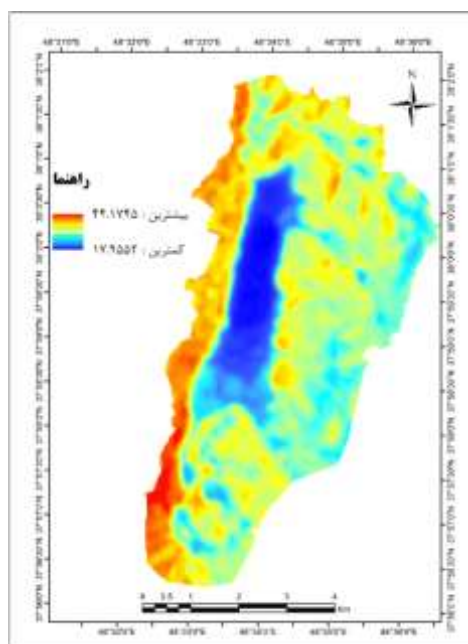
$$\varepsilon = 0.004 \text{ FVC} + 0.986$$

$$LST = \frac{BT}{1 + W \left(\frac{BT}{P} \right)^{1/\varepsilon}}$$

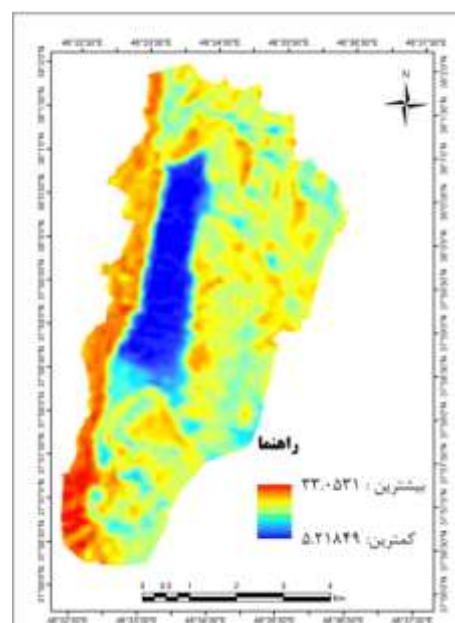
در این رابطه LST دمای سطح زمین برحسب درجه سانتی‌گراد، W طول موج رادیانس (11.5um)، P ضریب ثابت ($1.438 \times 10^{-34} \text{mk}$)، H ثابت پلانک ($6.62 \times 10^{-34} \text{J.s}$)، c سرعت نور ($2.998 \times 10^8 \text{m/sec}$) و k ثابت استفان-بولتزمن ($1.38 \times 10^{-23} \text{J/k}$).

یافته های تحقیق

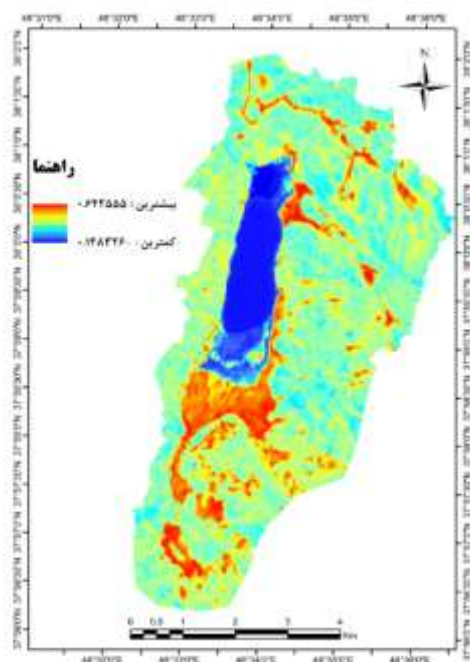
دمای سطح زمین در حوضه نئور با استفاده از الگوریتم پلانک به دست آمد شکل های ۲ و ۳ نقشه های دمای سطح زمین در سال ۱۳۶۷ و ۱۳۹۹ را نشان می دهد. میزان دمای سطح زمین در سال ۱۳۹۹ نسبت به سال ۱۳۶۷ افزایش یافته است در شکل های ۴ و ۵ نقشه شاخص نرمال شده پوشش گیاهی نشان می دهد میزان پوشش گیاهی سال ۱۳۹۹ نسبت به سال پایه ۱۳۶۷ با کاهش روبرو بوده است. شکل های ۶ و ۷ نقشه ارتفاع و نقشه شیب ارائه شده است



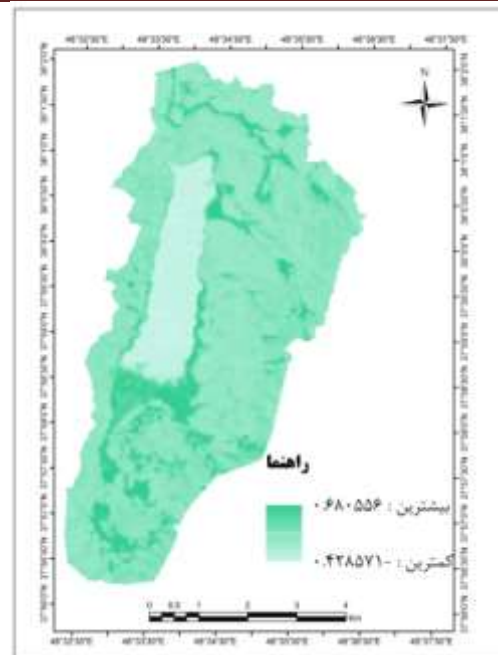
شکل ۳- شکل دمای سطح حوضه سال ۱۳۹۹



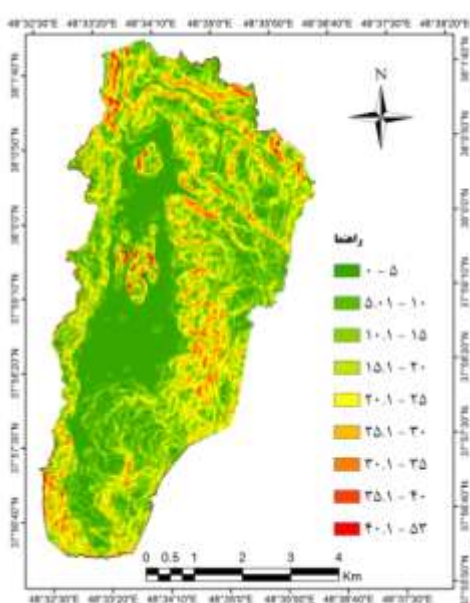
شکل ۲- شکل دمای سطح حوضه مورد مطالعه ۱۳۶۷



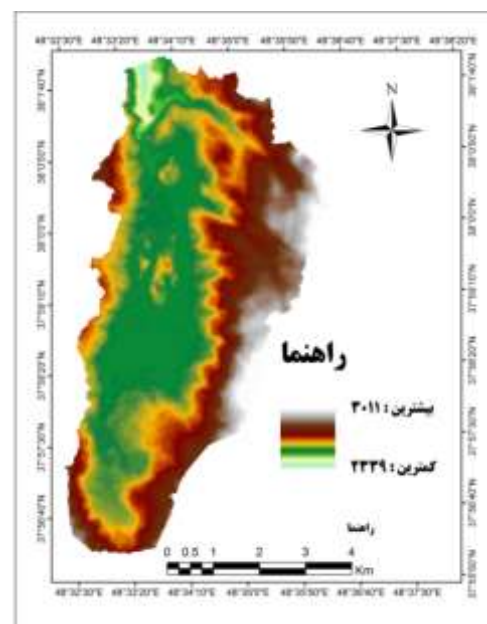
شکل ۵- شکل پوشش گیاهی سطح حوضه سال ۱۳۹۹



شکل ۴- شکل پوشش گیاهی سطح حوضه سال ۱۳۶۷



شکل ۷- نقشه شیب حوضه مورد مطالعه



شکل ۶- نقشه ارتفاع حوضه مورد مطالعه

برای بررسی رابطه میان دمای سطح زمین با پوشش گیاهی، ارتفاع و شیب در نرم افزار GIS از ابزار Band collection statistics استفاده شد که رابطه معکوسی دارند میزان همبستگی آن ها در سال ۱۹۸۷، ۰/۰۶- و در

سال ۲۰۲۰، ۱- رابطه کاملاً معکوس به دست آمد نشان دهنده این می باشد که با افزایش پوشش گیاهی میزان LST کاهش می یابد همچنین با شیب رابطه معکوس دارد به گونه ای که در سال ۱۹۸۷، ۱/۲- و در سال ۲۰۲۰، ۱/۱۱- می باشد یعنی با افزایش شیب و به دلیل در سایه بودن دامنه ها دما با کاهش روبرو بوده است همچنین رابطه معکوس بین ارتفاع و LST قابل مشاهده می باشد به گونه ای که با افزایش ارتفاع میزان دمای سطح زمین کاهش می یابد این مقدار برای سال ۲۰۲۰، ۱- و برای سال ۱۹۸۷، ۱/۹- می باشد. همچنین با افزایش ارتفاع میزان پوشش گیاهی افزایش و باعث کاهش دمای سطح می شود.

بحث و نتیجه گیری

عوامل مختلفی مانند شرایط توپوگرافی، میزان انرژی، شرایط اقلیمی، کاربری اراضی، پوشش گیاهی و موقعیت جغرافیایی بر روی دمای سطح زمین تاثیر می گذارند. بطوریکه با تغییر هر یک از این عوامل، دمای سطح زمین نیز تغییر می کند در این مطالعه با هدف بررسی تاثیر گذاری عوامل فیزیوگرافی از جمله شیب و ارتفاع بر دمای سطح زمین مطالعه صورت پذیرفت برای بررسی و استخراج دمای سطح زمین از الگوریتم پلانک برای استخراج دما در سال ۱۳۶۶ و ۱۳۹۹ استفاده گردید نتایج نشان داد که میزان دمای سطح زمین در سال ۱۳۹۹ نسبت به سال ۱۳۶۷ افزایش داشته است. همچنین مطالعات نشان داد با افزایش پوشش گیاهی میزان دمای سطح زمین کاهش می یابد با افزایش شیب، دما به دلیل در سایه بودن دامنه ها کاهش می یابد. با افزایش ارتفاع و به تبع از آن دمای سطح کاهش می یابد. با توجه به اینکه استگاه های هواشناسی دمای مربوط به محل های خاص را ارائه می دهد برآورد دمای سطح زمین با استفاده از روش سنجش از دوری بهترین روش می باشد که می تواند دمای سطح زمین را در اختیار کاربران قرار دهد.

مراجع

ابراهیمی، علی؛ معتمد وزیری، بهارک؛ ناظم السادات، سیدمحمدجعفر و احمدی، حسن. ۱۳۹۹، بررسی رابطه بین دمای سطح زمین با تغییرات پوشش گیاهی و گستره آبی در شهرستان ارسنجان، ایران، مجله سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، سال ۱۱، شماره ۴.

اکبری، الهه؛ ابراهیمی، مجید؛ نژادسلیمانی، حمید و فیضی زاده، بختیار. ۱۳۹۴، ارزیابی دمای سطح زمین با روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره ای (مطالعه موردی: حوضه آبخیز طالقان)، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۶، شماره ۴، صص ۱۷۰-۱۵۱.

حمزه، سعید؛ میجانی، نعیم و کریمی فیروزجانی، محمد. ۱۳۹۷، مدل سازی ارتباط دمای سطح زمین، شرایط توپوگرافی، و پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست ۸، پژوهش های جغرافیای طبیعی، دوره ۵۰، شماره ۱، صص ۳۵-۵۵.

شمس الدینی، علی؛ مددی ورزقانی، فاطمه. ۱۳۹۸، استخراج دمای سطح زمین در مناطق شهری با استفاده از ترکیب گسیلمندی، نشریه علمی علوم و فنون نقشه برداری، دوره ۹، شماره ۲.

عابدینی، موسی (۱۳۸۵)، تجزیه و تحلیل ژئومورفولوژی حواشی دریاچه نور و ارائه راهکارهای اساسی جهت آمایش بهینه و کاربری صحیح اراضی، طرح پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی، گروه جغرافیای طبیعی.

کاشکی، عبدالرضا؛ حسین زاده، احمد؛ کرمی، مختار و جائیدی صباغیان، رضا. ۱۴۰۰، برآورد تغییرات دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و الگوریتم های تک پنجره، تک کانال و پلانک (مطالعه موردی: دشت بجنورد)، مجله پژوهش های محیط زیست، سال ۱۲، شماره ۲۳، صص ۲۶-۱۳.

مددی، عقیل (۱۳۸۴). پژوهشی در تکامل ژئومورفولوژی دریاچه نور اردبیل، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۴.

ولی، عباسعلی؛ رنجبر، ابوالفضل؛ مکرم، مرضیه و تارپناه، فریده. ۱۳۹۸، بررسی رابطه بین دمای سطح زمین، ویژگی های جغرافیایی و محیطی و شاخص های بیوفیزیکی با استفاده از تصاویر لندست، نشریه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، سال ۱۰، شماره ۳.

Ndossi, M. & Avdan.U. 2016. Application of Open Source Coding Technologies in the Production of Land Surface Temperature (LST) Maps from Landsat: A PyQGIS Plugin. Remote Sensing. 2016. 8.

Bindajam, A.A.; Mallick, J.; AlQadhi, S.; Singh, C.K.; Hang, H.T. 2020 Impacts of Vegetation and Topography on Land Surface Temperature Variability over the Semi-Arid Mountain Cities of Saudi Arabia. Atmosphere, 11, 762

Rongali, G.; Ashok Kumar, K.; Ashvani Kumar, G. & Rakesh, K. 2018. A Mono-Window Algorithm for Land Surface Temperature Estimation from Landsat 8 Thermal Infrared Sensor Data: A Case Study of the Beas River Basin. India. Pertanika J. Sci. & Technol. 26 (2): 829 – 840.

Zaharaddeen I, Baba II, Zachariah A. 2016. Estimation of land surface temperature of Kaduna metropolis, Nigeria using Landsat images. Science World Journal, 11(3): 36-42.

Guha, S, H and Prabhat Diwan P 2019 "Analytical study of seasonal variability in land surface temperature with normalized difference vegetation index, normalized difference water index, normalized difference built-up index, and normalized multiband drought index," Journal of Applied Remote Sensing 13(2).

بررسی تغییرات زمین ساخت فعال تاقدیس سردار آباد شوشان با استفاده از تصاویر

ماهواره‌ای

Investigating active tectonic changes and anticlines of Sardarabad Shoshan using satellite images

ندا طالقانی زاده^۱، علی زالی کورعباسلو^۲

۱- کارمند آب و برق خوزستان کارشناسی ارشد سنجش از دور N_taleghani2001@yahoo.com

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور دانشگاه تبریز Alizali171@gmail.com

چکیده

علم ژئومورفولوژی که اصول مباحث آن به شناخت فرم اراضی متمرکز است، مشمول عناصر شکل شناسی و عوامل موثر در ایجاد آن می شود. در این علم سطح زمین که در واقع محل تماس و برخورد دو دسته نیروهای درونی (که از درون سطح زمین سرچشمه می گیرند و اسکلت ناهمواری ها را ایجاد می کنند) و نیروهای بیرونی (که از خارج پوسته زمین منشاء می گیرند و به فرسایش و تغییر شکل ناهمواری ها می پردازند)، است، مورد مطالعه قرار می گیرد. دشت شوشان در شمال استان خوزستان، از دیرباز مکان اولین و پیرامنه ترین پژوهش های باستان شناختی در ایران بوده که با محوریت شوش، بنیادهای نخستین چارچوب توالی فرهنگی از دوره های پیش از تاریخ را در جنوب غرب ایران مطرح نموده است. بر اساس بررسی ها و کاوش های دامنه دار در خوزستان، محوطه هایی گسترده با توالی زمانی طولانی مدت شناسایی شده که به نوعی نظام سکونت دوره های مختلف زندگی در این منطقه را روشن می سازد. در شوش طی یکصد سال کاوش، نشانه هایی از استقرار سکونت جوامع، شناسایی شده که ثابت می کند از اواسط هزاره پنجم (ق.م) آغاز شده و به طور متوالی تا سده هفتم هجری ادامه داشته است. از طرفی مطالعات صورت گرفته به وسیله دستگاه های GPS در طی دوره ۲ ساله ۲۰۰۱-۱۹۹۹ نشان داده است که؛ صفحه عربستان با سرعتی بین ۱/۲ تا ۵/۲ سانتی متر در سال به طرف شمال و به سمت اوراسیا در حرکت است و تحت تاثیر فشار و نیروهای زمین ساختی، بلوک منطقه ای ایران کوتاه می شود، که این کوتاه شدگی، عمدتاً در رشته کوه های زاگرس و البرز توزیع شده است. بنابراین گسل های فعال ایران را می توان به عنوان شاهد مستقیم تغییر شکل کنونی پوسته ایران دانست. در بخش هایی از دشت شوشان نیز که پوسته برای دوره های طولانی ناپایدار بوده است، از این قاعده مستثنی نیست و تغییر شکل های زمین ساختی فعال، باعث بروز پاسخ رودخانه ای شده است. شکل پله پله و کوژیدگی موجود در نیمرخ طولی رودخانه می تواند نشان دهنده برخاستگی پویای زمین های بالادست و یا فرونشست پویای سطح اساس باشد. اگر گسلی در حوالی بستر رودخانه به وجود آید؛ باعث بالا آمدن و یا پایین رفتن زمین می شود و اگر فرسایش رودخانه با این بالا آمدن و یا پایین رفتن متناسب نباشد، در حوالی گسل، شیب بستر رودخانه با سایر نقاط تفاوت پیدا می کند که این امر می تواند نشانه ای برای تشخیص گسل باشد. در اصل رودخانه ای با طرح ماندری در شوشان، نشانگر محلی است که رودخانه به سطح اساس خود نزدیک شده است و گرادیان هیدرولیکی کاهش یافته است.

کلمات کلیدی: تغییرات زمین ساخت فعال، تاقدیس، سردار آباد شوشان، تصاویر ماهواره ای

مقدمه

در این پژوهش، به دلیل رویداد غالب زمین‌لرزه‌های پیشین منطقه، در شعاع ۲۵ کیلومتری شهر شوشان، این محدوده جهت بررسی لرزه زمین‌ساختی انتخاب گردید. در جهت تلاش برای درک دلایل افزایش فعالیت لرزه‌ای این منطقه در طی سه دهه اخیر، چشمه‌های لرزه‌زای احتمالی (موقعیت مکانی، روند) از طریق بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی، نقشه خطواره‌های مغناطیسی و بررسی‌های صحرایی شناسایی شد، اطلاعات پیشینه لرزه‌خیزی و شتابنگاری منطقه از سایت‌های علمی معتبر از جمله ISC، شبکه شتابنگاری کشور استخراج شد، بازدید میدانی از منطقه صورت گرفت (بررسی شواهد صحرایی مرتبط با لرزه‌خیزی منطقه و خسارات ناشی از فوج‌لرزه در آن) تحلیل عمق کانونی، بزرگا، تراکم زمین‌لرزه‌های پیشین منطقه و درنهایت تحلیل خطر زمین‌لرزه و ساختمان تاقدیس شهر شوشان مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روشها

جایگاه تکتونیکی

پهنه ایران زمین طی رخداد‌های زمین‌شناسی دوره‌های ترشیری و کواترنری تحت تأثیر تحولات وسیعی قرار گرفته است (Chapman & HALL, 1992). بنابراین، تکوین و حتی فعالیت مجدد بسیاری از گسل‌های ایران در ارتباط با این حرکات تکتونیکی جوان است و در ادامه قرارگیری آن بر روی کمربند زلزله‌خیز آلپ - هیمالیا همواره آن را در معرض خطر وقوع زلزله‌های مخرب قرار داده است (شاه پسند و همکاران، ۱۳۸۴). همگرایی پلیت‌های ایران و عربی موجب ایجاد پهنه زاگرس و نیز سامانه‌های پیچیده‌ای از گسل‌های معکوس و امتدادلغز و وقوع زلزله‌های فراوانی در این پهنه شده است (Pale, 2000). از ویژگی‌های این پهنه، کمیاب بودن گسیختگی سطحی توأم با فعالیت لرزه‌ای است، که موجب شده بیشتر اطلاعات در مورد گسلش فعال در این منطقه از زمین‌لرزه‌ها بدست آید.

منطقه مورد مطالعه در زاگرس چین‌خورده، زیرپهنه ایالت لرزه‌زمین‌ساخت فروافتادگی دزفول و از نگاه زمین‌ریخت‌شناسی در دشت خوزستان قرار دارد. شهر شوشان تقریباً در مرکز استان خوزستان واقع است.

دشتهای بخش وسیعی از محدوده مورد مطالعه را دربرمی‌گیرند، که حاصل آبرفت‌های سه رودخانه بزرگ دز، کرخه و کارون است و دارای مساحت تقریبی ۱۷۰۰ کیلومترمربع هستند. در میانه محدوده مورد مطالعه، بواسطه عملکرد گسلهایی همچون سردارآباد و شاهور با جهت غالب N120، ارتفاعات و ناهمواریهای مجزایی در میان دشت ایجاد گشته و سبب رانده شدن سازند لهبری بر روی سازند بختیاری شده است. در محدوده مورد مطالعه علاوه بر وجود گسل‌های سطحی ذکرشده، خطواره‌های مغناطیسی (MGL-1، MGL-2 و MGL-3) و گسل زیرسطحی (UGC-FAULT) نیز

وجود دارد.

بررسی پی‌سنگ در محدوده مورد مطالعه براساس تلفیق داده‌های گرانی و مغناطیسی، حکایت از آن دارد که عمق پی‌سنگ در حدود ۱۴ کیلومتر بوده و تغییرات عمق پی‌سنگ جهتی NW-SE دارد. پی‌سنگ منطقه در شمال دشت خوزستان حالت ناودیس‌گونه‌ای دارد، به‌گونه‌ای که از شوش واقع در عمیق‌ترین بخش پی‌سنگ به سمت اهواز در طی فاصله ۷۰ کیلومتری، حدود ۸ کیلومتر به عمق پی‌سنگ افزوده گردیده است که حکایت از کاهش شیب به نسبت زیاد عمق به سمت جنوب غرب می‌باشد (شریفی، ۱۳۹۰).

۲. چشمه‌های لرزه زای منطقه

محوری‌ترین گام برای بررسی لرزه‌خیزی یک منطقه، داشتن درک درستی از وضعیت لرزه زمین‌ساخت و گسل‌های منطقه (سطحی، زیرسطحی) به عنوان چشمه‌های خطی زمین‌لرزه می‌باشد (Geomorphology, 1999). به این ترتیب تعداد ۶ چشمه لرزه‌زا برای منطقه مشخص شد، که به شرح ذیل می‌باشند:

۱-۲. گسل‌های سطحی

۱-۱-۲. گسل سردارآباد: این گسل از ۲۰ کیلومتری جنوب شوش شروع شده و تا ۴/۵ کیلومتری شمال شهر شوشان ادامه یافته است. این گسل دارای روند NW-SE، شیب به سمت NE، سازوکار فشاری و طولی حدود ۳۰ کیلومتر است که تنها ۲۱ کیلومتر از آن در محدوده مورد مطالعه قرار می‌گیرد. زمین‌لرزه‌های رخ داده در شوشان با بزرگای حداکثر ۴/۹ ریشتر را می‌توان وابسته به این گسل دانست (شریفی، ۱۳۹۱).

۲-۱-۲. گسل شوشتر: این گسل در ۲۲ کیلومتری شمال شرق شهر شوشان واقع شده، دارای روند NW-SE، شیب به سمت NE، سازوکار فشاری و حدود ۵۴ کیلومتر طول است که تنها ۱۳/۸۵ کیلومتر از آن در محدوده مورد مطالعه قرار می‌گیرد (شریفی، ۱۳۹۱).

۳-۱-۲. گسل شاهور: این گسل در ۱۸/۲۲ کیلومتری غرب شهر شوشان واقع شده، دارای روند NW-SE، شیب به سمت NE، سازوکار فشاری و طولی حدود ۱۲ کیلومتر است که تنها ۵ کیلومتر از آن در محدوده مورد مطالعه قرار می‌گیرد (شریفی، ۱۳۹۰).

۳- خطواره‌های زیرسطحی

۳-۱. گسل زیرسطحی (UGC-FAULT)

این گسل که از نقشه‌های ساختاری زیرسطحی مربوط به بخش بالایی سازند آسماری (۳۰۰۰-۵۵۰۰ متر) استخراج شده است. از فاصله تقریباً ۲۲ کیلومتری شمال غرب شهر شوشان آغاز گردیده و تا ۱۱/۵ کیلومتری شرق ملاثانی کشیده شده است؛ این گسل از فاصله ۵ کیلومتری غرب شهر شوشان عبور می‌کند؛ دارای طول ۸۳ کیلومتر بوده که تنها ۵۲/۳۳ کیلومتر از آن در محدوده مورد مطالعه قرار می‌گیرد، امتداد آن تقریباً N320 می‌باشد و به نظر می‌رسد دارای سازوکار فشاری باشد (شریفی، ۱۳۹۱).

۳-۲. خطوط مغناطیسی (MGL1)

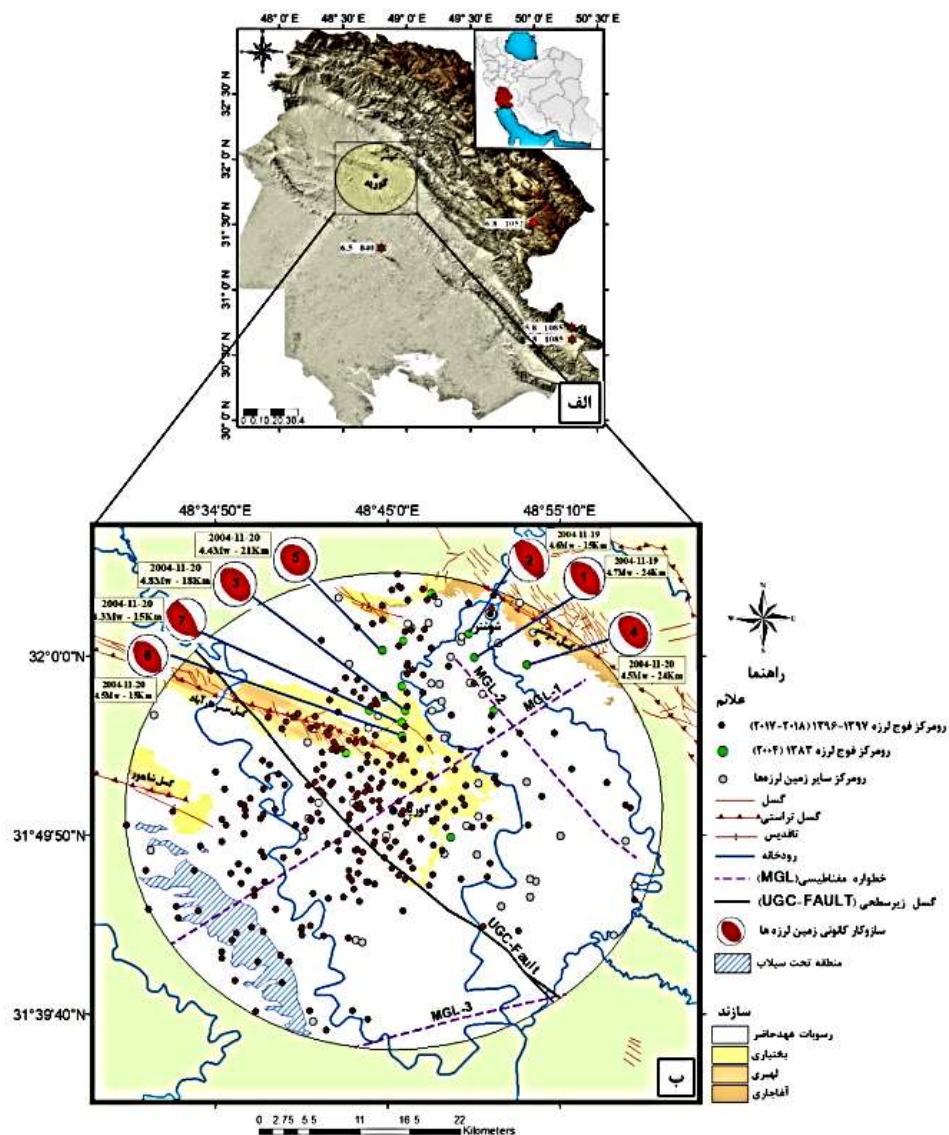
این خطواره مغناطیسی که به نام "گسل پی‌سنگی سوسنگرد" نیز خوانده می‌شود، از شهرستان سوسنگرد تا شهرستان شوشتر کشیده شده است و از فاصله تقریباً ۵۴۰ متری شمال شهر شوشان (نزدیکترین چشمه لرزه‌زا در منطقه) عبور می‌کند؛ دارای طولی حدود ۹۳ کیلومتر بوده که تنها ۳۸ کیلومتر از آن در محدوده مورد مطالعه قرار می‌گیرد، امتداد آن N060 می‌باشد و به نظر می‌رسد دارای سازوکار امتدادلغز باشد (شریفی، ۱۳۸۹).

۳-۳. خطوط مغناطیسی (MGL2)

این خطواره مغناطیسی از جنوب شهرستان شوشتر آغاز شده و تا شمال ملاثانی کشیده شده است و از فاصله ۱۴/۵ کیلومتری شمال شرق شهر شوشان عبور می‌کند؛ دارای طولی حدود ۲۷/۲۵ کیلومتر بوده و امتداد آن N310 می‌باشد و به نظر می‌رسد دارای سازوکار فشاری باشد (شریفی، ۱۳۹۱).

۳-۴. خطواره مغناطیسی (MGL3)

این خطواره مغناطیسی که به نام "گسل پی‌سنگی سوسنگرد- بتوند" نیز خوانده می‌شود، از شهرستان سوسنگرد آغاز گردیده و تا شرق شوشتر (روستای بتوند) و شمال غرب مسجدسلیمان کشیده شده است، از فاصله ۲۵ کیلومتری شهر شوشان عبور می‌کند. دارای طول ۱۰۳ کیلومتر بوده که تنها ۲۱/۲ کیلومتر از آن در محدوده مورد مطالعه قرار می‌گیرد، امتداد آن N057 می‌باشد و به نظر می‌رسد دارای سازوکار امتدادلغز باشد. این گسل در محل برخورد با اثر سطحی گسل اهواز تعداد زیادی چین محلی در شمال شرق سوسنگرد ایجاد نموده، همچنین حد شرقی تاقدیس و اثر سطحی گسل سردارآباد را مشخص کرده و در نهایت حد شمال غربی گسل لهری و پهنه گسل مسجدسلیمان را رقم زده است (شریفی، ۱۳۹۰).



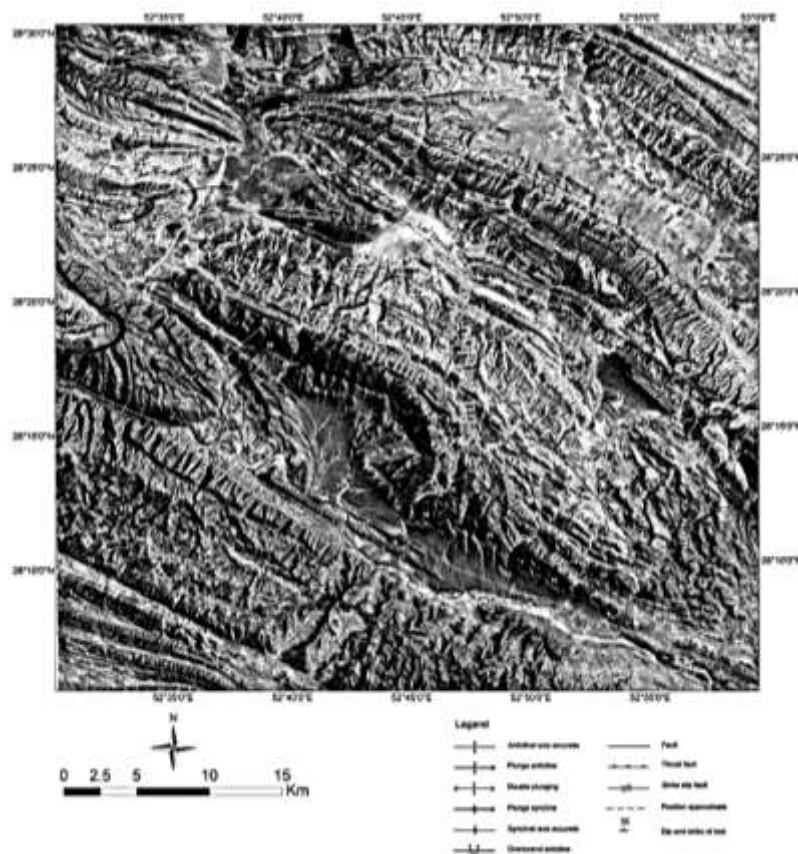
۴. ساختمان تاقدیس شوشان

تاقدیس شوشان یک ساختار نامتقارن و پشت نهنگی به ابعاد ۳۸ کیلومتر طول و ۶/۵ کیلومتر عرض و دو برآمدگی غربی و شرقی است. امتداد ساختمان در بخش غربی N105 و تقریباً شرقی- غربی بوده و در بخش شرقی امتداد N125 و تقریباً شمال غربی- جنوب شرقی می باشد. این وضعیت ساختمانی در شهر شوشان را می توان ناشی از عملکرد گسل مایل یا امتدادی دانست که در بین این دو قسمت از تاقدیس اثر نموده است. شیب یال شمالی ۳۵ تا ۵۰ درجه و یال جنوبی ۱۵ تا ۳۰ درجه و پلانژ غربی ساختمان کاملاً بسته و دارای ۱۱-۱۳ درجه شیب است در حالی که پلانژ جنوب شرقی آن پهن و بسته و شیب بسیار ملایمی دارد (شریفی، ۱۳۸۹). جابجایی گسل امتدادی مایل در

محور ناقدیس شوشان موجب عدم یکپارچگی این محور شده و میزان جابجایی گسل مذکور حدود ۸۰ تخمین زده شده است. لازم به ذکر است در شرق این گسل سازندها نسبت به غرب در سطح پایینتری قرار دارند. علاوه بر گسل فوق، چند گسل عرضی بر روی محور ناقدیس شوشان وجود داشته که بصورت عادی عمل نموده و سطحی هستند، بطوری که در اعماق کم، محو می شوند (شریفی، ۱۳۹۰).

۵. گسل شوشان

براساس تصویر ماهواره ای، طول کلی تاقدیس شوشان ۳۵/۷ کیلومتر بوده و متوسط عرض آن به حدود ۶ کیلومتر می رسد (شریفی، ۱۳۹۱). چنین روندهایی در زاگرس، هم روند خطواره های قدیمی است. همچنین نکته حائز اهمیت آن است که گسل شوشان باعث جابجایی محور تاقدیس شوشان شده است.



۶. لرزه خیزی منطقه

طبق پژوهش‌های صورت گرفته در گذشته و براساس اسناد علمی معتبر موجود، در گستره استان خوزستان چهار زمین‌لرزه تاریخی مهم اتفاق افتاده است، که این خود حاکی از فعالیت لرزه‌خیزی این گستره در تاریخ لرزه‌ای ایران می‌باشد، اما در هیچ موردی گزارشی مبنی بر وقوع زمین‌لرزه‌ای در محدوده مورد مطالعه مشاهده نشده است.

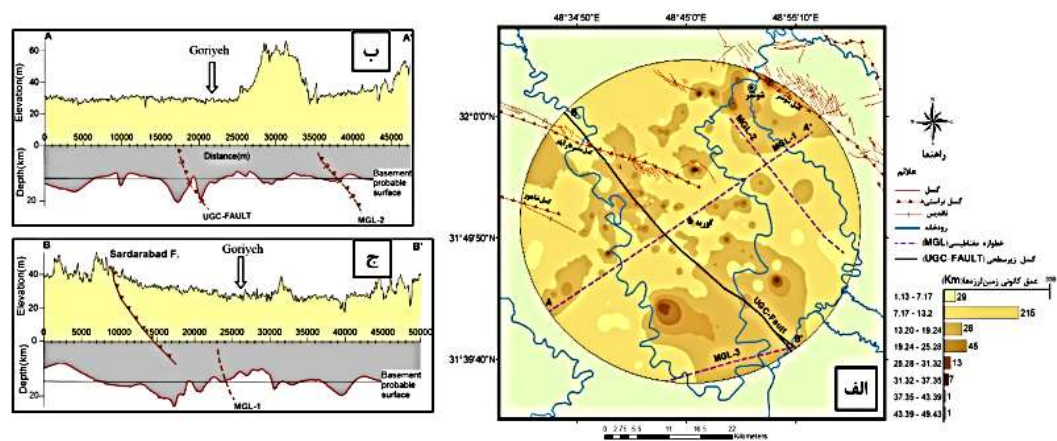
۷. سازوکار زمین‌لرزه‌های منطقه کانونی

از سازوکار کانونی زمین‌لرزه‌ها، برای تعیین سازوکار و کینماتیک گسل‌ها (هندسه و بردار لغزش صفحه گسل) و نیز تحلیل تنش پوسسته استفاده می‌شود (Geographers, 1997). این سازوکارها در مطالعات ژئودینامیک، لرزه‌زمین‌ساخت، تحلیل خطر زمین‌لرزه منطقه اهمیت زیادی دارند. بدین منظور با بررسی سازوکار ۷ زمین‌لرزه توسط سایر محققین در محدوده مورد مطالعه، مشخص گردید که عمده سازوکار گسل‌های منطقه از نوع فشاری و درموردی همراه با مؤلفه امتدادلغز راستگرد است و گسل مسبب آنها دارای راستای شمال‌غرب- جنوب‌شرق می‌باشد (شریفی، ۱۳۹۰).

۸. نحوه توزیع عمق کانونی و بزرگای زمین‌لرزه‌های منطقه

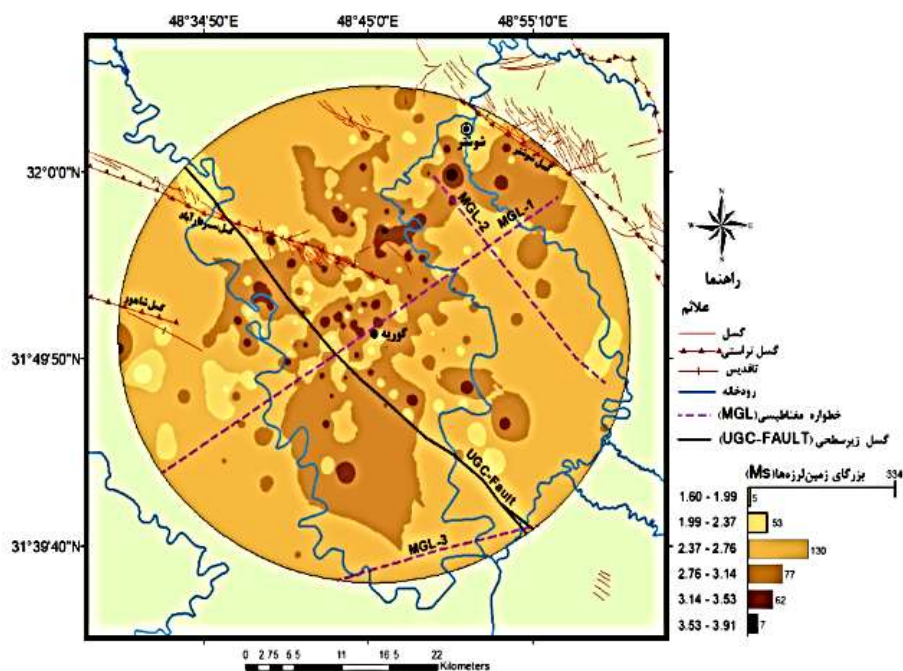
از دیدگاه لرزه‌خیزی، زمین‌لرزه‌ها در زاگرس عمدتاً کم ژرفا هستند و معمولاً در عمق ۸ تا ۱۴ کیلومتری پوسسته زمین و با بزرگای اغلب کوچک تا متوسط رخ می‌دهند و زمین‌لرزه‌های بزرگ (بزرگتر از ۷ ریشتر) به ندرت و اغلب بر قطعات گسل اصلی عهد حاضر زاگرس که سامانه گسلی امتدادلغز راستگرد دارند، اتفاق می‌افتند (شریفی، ۱۳۹۱). علاوه بر این، مطالعات جدید نشان داده‌اند که بیشتر زمین‌لرزه‌های ثبت شده در زاگرس می‌توانند از درون توالی رسوبی منشأ بگیرند. براساس اطلاعات وبسایت ISC، بازه تغییرات عمق کانونی منطقه، بین ۱/۱ تا ۵۲/۵ کیلومتر بوده و بیشتر فراوانی عمق کانونی زمین‌لرزه‌های منطقه در عمق ۷/۱ تا ۱۳/۲ کیلومتر از سطح زمین اتفاق افتاده است. بنابراین بیشتر زمین‌لرزه‌های رخ داده در منطقه از نوع کم عمق و در پوشش رسوبی بوده و برخی نیز در پی‌سنگ منطقه رویداده‌اند (شریفی، ۱۳۸۹). در (شکل ۲، ب، ج)، دو پروفیل از عمق کانونی زمین‌لرزه‌های پیشین منطقه و نحوه ارتباط آن با توپوگرافی (عوارض سطحی) آورده شده است. براساس این نقشه، بخش‌هایی در مجاور گسل سردارآباد و در امتداد رودخانه دز از بیشترین میزان بزرگای زمین‌لرزه نسبت به سایر نواحی برخوردار بودند. همانطور که در (شکل ۱ و ۲)

مشخص است، کاتالوگ زمین‌لرزه‌های وبسایت ISC انطباق بسیار خوبی با موقعیت مکانی گسل‌ها و خطواره‌های منطقه دارد (شریفی، ۱۳۸۹).



شکل ۱. الف) نقشه پهنه‌بندی عمق کانونی زمین‌لرزه‌های پیشین محدوده مورد مطالعه

ب، ج) دو پروفیل از نحوه ارتباط توپوگرافی با وضعیت عمق کانونی زمین‌لرزه‌های محدوده مورد مطالعه



شکل ۲. نقشه پهنه‌بندی بزرگای زمین‌لرزه‌های پیشین در محدوده مورد مطالعه

۹. نتیجه گیری

(۱) تاکدیس شوشان یک ساختار نامتقارن و پشت نهنگی به ابعاد ۳۸ کیلومتر طول و ۶/۵ کیلومتر عرض و دو برآمدگی غربی و شرقی است. امتداد ساختمان در بخش غربی N105 و تقریباً شرقی- غربی بوده و در بخش شرقی امتداد N125 و تقریباً شمال غربی- جنوب شرقی می باشد.

(۲) این وضعیت ساختمانی در شهر شوشان را می توان ناشی از عملکرد گسل مایل یا امتدادی دانست که در بین این دو قسمت از تاکدیس اثر نموده است.

(۳) شیب یال شمالی ۳۵ تا ۵۰ درجه و یال جنوبی ۱۵ تا ۳۰ درجه و پلانژ غربی ساختمان کاملاً بسته و دارای ۱۱- ۱۳ درجه شیب است در حالی که پلانژ جنوب شرقی آن پهن و بسته و شیب بسیار ملایمی دارد.

(۴) جابجایی گسل امتدادی مایل در محور تاکدیس شوشان موجب عدم یکپارچگی این محور شده و میزان جابجایی گسل مذکور حدود ۸۰ متر تخمین زده شده است. لازم به ذکر است در شرق این گسل، سازندها نسبت به غرب در سطح پایین تری قرار دارند. علاوه بر گسل فوق، چند گسل عرضی بر روی محور تاکدیس شوشان وجود داشته که بصورت عادی عمل نموده و سطحی هستند، بطوری که در اعماق کم، محو می شوند.

(۵) براساس تصویر ماهواره ای، طول کلی تاکدیس شوشان ۳۵/۷ کیلومتر بوده و متوسط عرض آن به حدود ۶ کیلومتر می رسد.

(۶) با بررسی سازوکار ۷ زمین لرزه توسط سایر محققین در محدوده مورد مطالعه، مشخص گردید که عمده سازوکار گسل های منطقه از نوع فشاری و درموردی همراه با مؤلفه امتدادلغز راستگرد است و گسل مسبب آنها دارای راستای شمال غرب- جنوب شرق می باشد.

تشکر و قدردانی : از سازمان آب و برق خوزستان ،مدیرین نوآوری ،توسعه فناوری و پژوهش های کاربرد

منابع

- شاهپسند زاده، مجید -شفیعی بافتی، امیر (۱۳۸۴). بررسی میزان جابجایی و آهنگ لغزش در بخش میانی پهنه گسلی کوه بنان منطقه زرنند، پژوهشنامه زلزله شناسی و مهندسی زلزله، تابستان و پاییز ۱۳۸۴.
- شریفی، رسول (۱۳۹۰). تاثیر گسل جوان زاگرس بر شکل گیری دریاچه های کواترنر، فصلنامه علوم زمین، سال بیست و یکم، شماره ۸۲، سازمان زمین شناسی، تهران.
- شریفی، رسول (۱۳۹۱). بررسی و تطبیق شواهد ژئومورفولوژی و لرزه شناسی زمین ساخت فعال در محدوده ی زاگرس مرکزی، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۴، شماره ۵۰، دانشگاه اصفهان.
- شریفی، رسول (۱۳۸۹). بررسی و تحلیل شواهد ژئومورفیک زمین ساخت فعال در حوضه جنوبی کشور، فصلنامه پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۳، دانشگاه تهران.
- شریفی، رسول (۱۳۸۹). بررسی و تحلیل شواهد ژئومورفیک زمین ساخت فعال در سرشاخه های مرزی حوضه های آبریز دز، زاینده رود و کارن، پایان نامه دکتری، استاد راهنما مسعود معیری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه اصفهان.
- e.,Geographers American of Association the Annals. River Blue -isconsin Power stream in changes downstream Nonlinear,(1997),A.S ,Lecce 486-471.PP,87.Vol.
- Geomorphology.china Northwest ,Corridor Hexi the in Landformsalluvial on tectonics of Impact,(1999).,F,Duan.,L,Tan.,J,yang.,y,Li 308-299.pp,28.
- pale a-faults active potentially and Capabale,Active.(2000).,N.M,Machette 392-387.29,Geodynamics of journal,perspective oseismic. .433-419.
- P, Hall & Chapman, tectonics Thrust.(1992),R.K, clay MC-243P,press In.Georomorphology.andGeoromorphology Dams.

بررسی تغییرات ژئومورفولوژیک رودخانه و تاثیر آن بر کاربری اراضی روستایی

(مطالعه موردی: رودخانه قلعه چای شهرستان عجب شیر)

Investigating the geomorphological changes of the river and its impact on rural land use

Case study: (Qale Chai river in Ajab Shir city)

^۱ صابر شاهی زینتلو*، ^۲ زهرا حصارکی زاد

^۱ دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تربیت مدرس saber.shahizinatloo@modares.ac.ir

^۲ دانش آموخته کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه ریزی روستایی hesarakizad.zahra@ut.ac.ir

چکیده

رودخانه ها به عنوان محیط های پویا و با پتانسیل بالا برای زندگی انسان ها، همیشه مورد توجه قرار گرفته اند که پیوسته مورفولوژی آن ها در حال تغییر بوده است که این تغییرات در سکونتگاه های انسانی به ویژه مناطق روستایی اطراف رودخانه نمود پیدا کرده اند. در این پژوهش مورفولوژی رودخانه قلعه چای عجب شیر در استان آذربایجان شرقی از روستای هرگلان تا روستای محمود آباد به طول ۲۱ کیلومتر مورد بررسی قرار گرفته است. با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست از سال ۱۳۷۰ الی ۱۴۰۰ مسیر رودخانه در طی چهار دوره رقومی شده و پارامترهای هندسی رودخانه مانند طول موج، ضریب خمیدگی، شعاع دایره مماس بر قوس و زاویه مرکزی تغییرات در چهار بازه مورد بررسی قرار گرفته است. در نهایت با استفاده از تکنیک های سنجش از دوری میزان تغییرات کاربری اراضی در روستاهای حاشیه رودخانه استخراج گردید. نتایج این پارامترها نشان میدهند که تغییر و تحولات طبیعی رودخانه در سال های مذکور کمتر، اما تاثیر دخالت های انسانی بیشتر بوده است. در نهایت، طی سال های ۱۳۹۰ الی ۱۴۰۰ رودخانه بیشترین میزان تغییرات را داشته است که در قالب تغییرات کاربری اراضی در اثر دخالت های انسانی در نواحی روستایی رخ داده اند که به طور کلی نشان از دخل و تصرف انسان در بستر و حواشی رودخانه است.

کلمات کلیدی: ژئومورفولوژی رودخانه، دخالت های انسانی، تغییرات کاربری اراضی، مناطق روستایی، رودخانه قلعه چای

۱ مقدمه

ژئومورفولوژی رودخانه، شاخه ای از دانش ژئومورفولوژی است که به بررسی اشکال بستر رودخانه و تغییرات آن در طول زمان می پردازد. رودخانه یک سیستم پویا به حساب می آید که در طول زمان ممکن است تحت تاثیر عوامل ژئومورفیک، زمین شناختی، هیدرولوژیکی و گاهی در اثر دخالت های انسانی، خصوصیات اصلی خود را از دست داده و متحمل تغییراتی می شوند. آنچه به عنوان پدیده های ژئومورفولوژی در سطح خارجی پوسته زمین بر جای می ماند به عنوان موارد اقلیمی گذشته در حل معمای تحولات و تغییرات آن محیط می تواند موثر باشد. (رامشت، ۱۳۷۸).

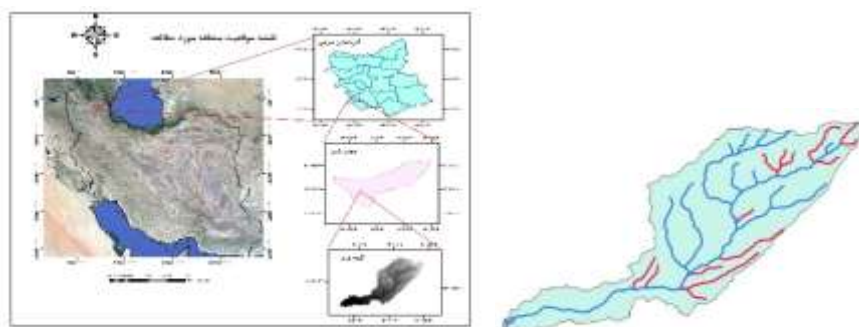
نیاکان ما در گذشته در گذشته در مکان گزینی شهر ها بیشتر به تجربه تکیه کرده اند که در بسیاری از موارد نیز با علم روز هماهنگ نبود ولی امروزه زندگی ساده آن زمان به زندگی پیچیده تبدیل شده است. قدیمی ترین تمدن ها در کنار رودها شکل گرفته اند، به عنوان مثال می توان به تمدن بین النهرین، مصر و یا هند اشاره کرد. وجود شهر های پرجمعیت در نواحی ساحلی و حواشی رودخانه های پرآب نشانگر همین مطلب مهم است و نقش متقابل محیط زندگی بر رفتار رود و همچنین رودخانه بر تمدن های انسانی مسئله ای مهم است. محیط های رودخانه ای به دلیل وجود شرایط مناسب زیستی مانند وجود خاک حاصلخیز و آب در دسترس همواره مورد توجه انسان بوده است (مددی، ۱۳۹۴). پیتی (۱۹۸۵) در پژوهش خود به این موضوع اشاره کرده است که بررسی های دقیق ژئومورفولوژی در سکونتگاه ها با هدف ارزیابی مساعد بودن زمین برای بناهای مختلف و سایر کاربری ها، از بروز خسارات خطرات جلوگیری می کند، و در نهایت به این استنباط رسیده است که شناخت و درک فرایند های مورفودینامیکی و تحول و توسعه لندفرم ها در نواحی شهری، جدید ترین قلمرو کاربرد دانش ژئومورفولوژی می باشد. الشلی و همکارانش (۲۰۰۶) در پژوهشی با موضوع تعیین مطلوب ترین مسیر توسعه آتی کاربری های متنوع زمین ها و رشدشان، به این نتیجه رسیدند که تناسب زمین با توجه به ویژگی های مانند هیدولوژی، توپوگرافی، ژئولوژی، بیولوژی و غیره تعیین می گردند. در مقاله ای با عنوان تاثیر عوامل زمین شناسی در تغییر مسیر رودخانه هیرمند و نقش تاریخی آن در جابجایی سکونتگاه ها در سیستان، مریدی و همکاران (۱۳۸۳) به این نکته تاکید کرده اند که از گذشته های دور رودخانه هیرمند مکان بسیار مهم و مورد توجه مردمان سرزمین سیستان بوده است که با جابجایی رودخانه و تغییر دلتاهای این رود، سکونتگاه های انسانی نیز به دنبال آن تغییر و طبق الگوی تغییر رودخانه در حاشیه آن مستقر شده اند که این خود نمایان گر اهمیت رودخانه ها در توسعه و استقرار و شهر ها و سکونتگاه ها است. بدری و قنبری با موضوع ارزیابی توان های محیطی در عمران روستایی حوضه رود قلعه چای عجب شیر، (۱۳۸۴) به بررسی نقش و پتانسیل رود قلعه چای در استقرار و توسعه سکونتگاه ها در حاشیه و کناره رودخانه و همچنین در مسیر این رود پرداخته اند. زمریدیان (۱۳۸۹) در کتاب کاربرد جغرافیای طبیعی در برنامه ریزی شهری و روستایی به بررسی نقش

واحد های ژئومورفولوژیک و فرایند های ژئومورفیک پرداخته است.

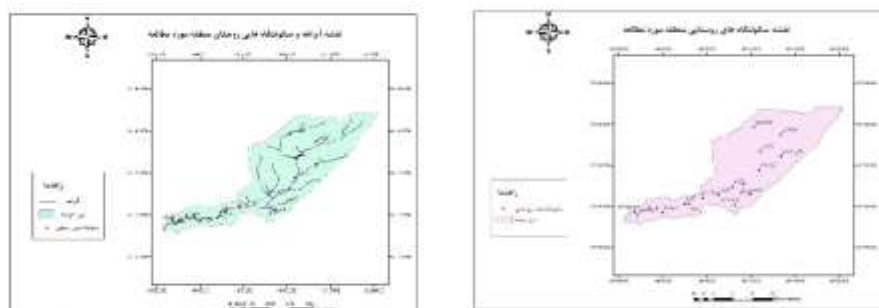
۲ مواد و روشها

برای بررسی تغییرات رودخانه ها سه روش تاریخی، مدل تجربی، و مدل سازی بنیادی استفاده می شود. در این پژوهش تغییرات در رودخانه قلعه چای عجب شیر از روستای هرگلان تا روستای محمودآباد با استفاده از مطالعه پیشینه تاریخی در ادوار گذشته مورد بررسی قرار گرفته است. برای بررسی تغییرات در منطقه مورد مطالعه از روش توالی زمانی - مکانی استفاده شده است. روش کار، مقایسه تغییرات مسیر رودخانه با استفاده از تصاویر سنجنده لندست در سال های ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۰ بوده است که رودخانه در چهار بازه تقسیم بندی و مورد بررسی قرار گرفته است. تقسیم بندی رودخانه به چهار بازه، به بر اساس ارتفاع و توپوگرافی حوضه مورد مطالعه می باشد که از قسمت بالادست حوضه آغاز می شود و به طور کلی بازه اول و دوم کوهستانی و بازه های سوم و چهارم در قسمت پایین دست، مناطق کم ارتفاع هستند. بازه اول ۱۹۰۰ متر تا ۳۰۰۰ متر، بازه دوم ۱۶۰۰ تا ۲۶۰۰ متر، بازه سوم ۱۳۰۰ تا ۲۳۰۰ متر و بازه چهارم ۱۳۰۰ متر تا ۱۹۰۰ متر ارتفاع دارند. در مطالعه و بررسی رودخانه های پیچان رودی، پارامترهای هندسی مانند زاویه مرکزی پیچان رود، شاخص ضریب خمیدگی، و روابط ریاضی اندازه گیری و تجزیه می شوند. برای شناسایی پیچان رود از سه عامل پارامتر طول موج، ضریب خمیدگی و عرض پیچان رود استفاده می شود. از این طریق میزان توسعه پیچان رودی و الگوی رفتاری رودخانه در طول زمان بررسی می شود. برای طبقه بندی و شناسایی خصوصیات هیدرولیک و فیزیوگرافیک رودخانه، باید مشخصاتی از رودخانه تحت عنوان پارامترهای هندسی اندازه گیری و محاسبه شوند. در تحقیق حال حاضر، پارامتر های میانگین طول موج، میانگین شعاع دایره، در چهار بازه مربوط به سال های ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۰ استخراج شده است. برای بررسی و مطالعه تغییرات در مناطق روستاهایی که در مسیر رودخانه قلعه چای استقرار یافته اند از تصاویر ماهواره ای سال های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۱ لندست استفاده شده است. پس از تهیه تصاویر، تمام داده ها از لحاظ داشتن خطای هندسی و رادیومتریک ارزیابی شدند. پیش از شروع تجزیه و تحلیل و بررسی های مربوط به تغییرات کاربری اراضی، پیش پردازشی جهت پی بردن به صحیح بودن روند کار انجام شد. ترکیب باندی استفاده شده به صورت (۵) قرمز، (۴) سبز و (۳) آبی برای بررسی و پایش تغییرات در نرم افزار Envi می باشد. استفاده از این ترکیب باندی و پیاده کردن روش طبقه بندی نظارت شده، دقت و جزئیات کار را با کیفیت بهتری به نتیجه می رساند. برای انجام این نوع از طبقه بندی ابتدا کلاس هایی را تحت عنوان سکونتگاه، کوهستان، پوشش گیاهی و آب به محیط طبقه بندی افزوده شده و برای هر کلاس، نمونه هایی انتخاب شد که این روند، برای دستیابی

به دقت بیشتر، به ازای هر کلاس بیش از ۲۰۰۰ پیکسل انتخاب گردید. نمونه های تعریف شده به روش رقومی کردن روی صفحه تولید و تفکیک شدند. با استفاده از روش حداکثر احتمال شباهت، نقشه های کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه در سال های مذکور تهیه شد. پس از تهیه نقشه های کاربری اراضی، نتایج و تغییرات آن در دوره های مطالعاتی مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه و حوزه رودخانه



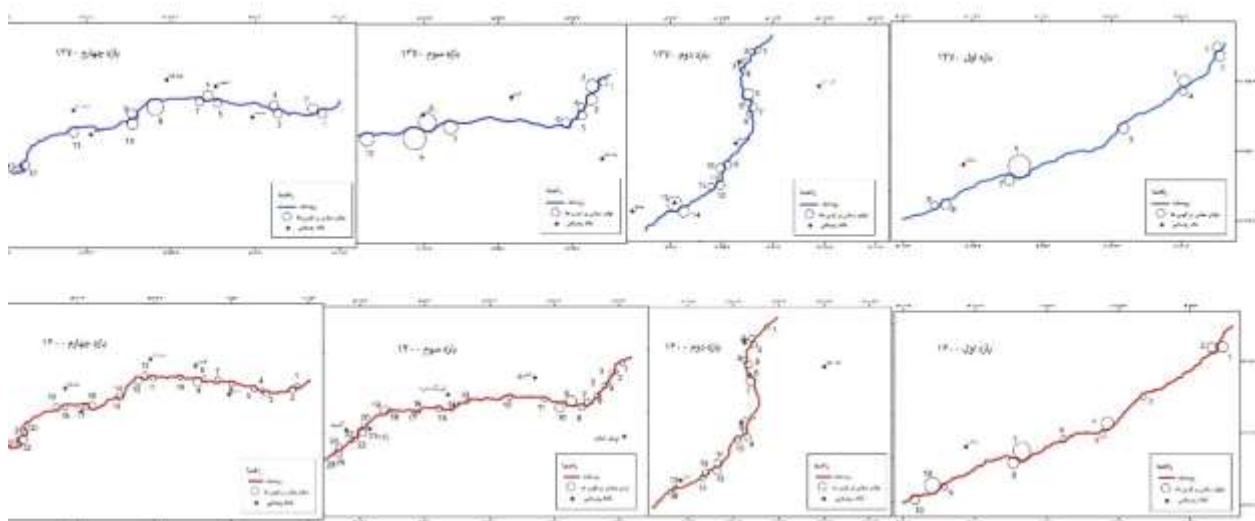
شکل ۲: نقشه سکونتگاه های روستایی

شکل ۳: نقشه آبراهه و سکونتگاه های روستایی

۳ نتایج

در تحقیق حال حاضر، پارامترهای میانگین طول موج، میانگین شعاع دایره، در چهار بازه مربوط به سال های ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۰ استخراج شده است. درخصوص مطالعات مربوط ویژگی های هندسی رودخانه، در برخی از قسمت های مسیر رود، دخالت های انسانی و تغییرات ناشی از وقوع سیلاب وجود داشته است که این تغییرات در پارامترهای قابل اندازه گیری رودخانه، بیشترین تاثیر را داشته اند. طبق نتایج حاصل شده از بررسی ها در چهار بازه، در بازه اول از سال ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۰ تغییرات چندانی در روند پیچان رودی و قوس مسیر رودخانه وجود نداشته است و تعداد قوس ها از

۹ قوس به ۱۱ قوس افزایش یافته است. در بازه دوم نیز همانند بازه اول تغییرات محسوس نبوده و پایداری رودخانه بیشتر بوده است و تعداد قوس ها از ۱۵ به ۱۶ قوس افزایش یافته است. در بازه سوم بیشترین تغییرات نسبت به بقیه بازه ها وجود دارد که از ۱۰ قوس به ۲۷ قوس رسیده است. این تغییرات هم حاصل روند طبیعی جریان و هم در اثر دخالت های انسانی در مسیر رودخانه بوده است. در بازه چهارم نیز میزان تغییرات محسوس نبوده و رودخانه حالت ناپایداری داشته است و تعداد قوس ها از ۱۳ به ۲۳ قوس افزایش یافته است.



شکل ۴: دواير مماس بر قوس ها در چهار بازه از رودخانه در سال های ۱۳۷۰



شکل ۶: تصویر گوگل ارثی از مسیر رودخانه و اراضی اطراف آن

شکل ۵: تصویر گوگل ارثی از مسیر رودخانه و اراضی اطراف آن ۱۳۸۵
۱۴۰۰

در تصاویر تهیه شده از گوگل ارث مربوط به سال های ۲۰۰۵ و ۲۰۲۱ در ماه مشخص، میزان تغییرات رخ داده در مسیر رودخانه، ساخت و ساز های انسانی، اراضی باغ و کشاورزی مشخص است. این منطقه از مناطق غرب حوضه قلعه جای بوده و به دلیل نزدیک بودن به منطقه شهری، تغییرات در قالب ساخت و سازها و تغییرات کاربری های اراضی کشاورزی محسوس است.

۴ بحث و نتیجه گیری

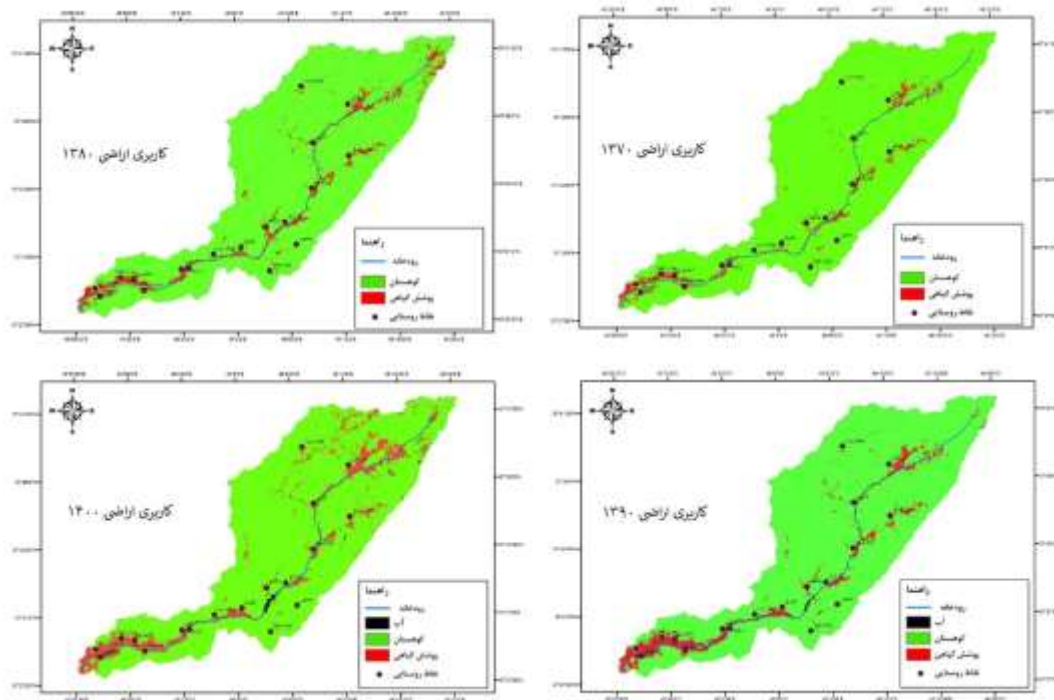
میانگین تغییرات در بازه اول، از سال ۱۳۷۰ الی ۱۴۰۰، ۲۹/۷ متر جابجایی داشته است و این در حالی است که میزان تغییرات پیچان رودی نیز در بازه اول از سال ۱۳۷۰ به ۱۴۰۰ به ترتیب از ۹ قوس به ۱۱ قوس افزایش یافته است که بیانگر تغییرات محسوس در جریان می باشد. اما از آنجایی که بازه اول به لحاظ سکونتگاهی و استقرار در منطقه کوهستانی قرار گرفته که دسترسی و استفاده از اراضی کمتر به چشم می خورد، با این حال پوشش گیاهی و اراضی کشاورزی در بالادست رودخانه و حوضه آبخیز وجود دارند. این بازه باتوجه به مورفولوژی پیچان رودی و تغییرات صورت گرفته، کمتر مورد توجه کاربری سکونتگاهی بوده و بیشتر به استفاده اراضی کشاورزی، درآمده است.

میانگین تغییرات در بازه دوم، از سال ۱۳۷۰ الی ۱۴۰۰، ۳۵/۳ متر جابجایی داشته است و نشانگر ناپایداری جریان در این محدوده است. تعداد پیچان رود ها در این بازه سال های مذکور از ۱۵ پیچان رود به ۱۶ افزایش یافته است که در قسمت های انتهایی بازه دوم وجود دارد. با توجه به نقشه روند تغییرات کاربری اراضی، در این محدوده از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰، بیشترین میزان تغییرات کاربری اراضی رخ داده که احداث سد در مسیر رودخانه و مدیریت آب و ذخیره سازی آن دلیل بر چنین تغییراتی است، به عبارت دیگر، با احداث سد، انگیزه تغییر کاربری اراضی به اراضی کشاورزی و باغی که به صورت پوشش گیاهی مورد بررسی قرار گرفتند، افزایش یافته است. در این محدوده نیز با وجود محدودیت های داده ای مربوط به سنجش از دور، افزایش جمعیت، توسعه سکونتگاه ها و پوشش گیاهی ملموس بوده است. البته با گذشت زمان، طی سال های ۲۰۱۰ الی ۲۰۲۱، روند افزایش جمعیت و تغییرات آن به گونه ای بوده است که جمعیت روستانشین بیشتر به مناطق شهری جابجا شده و در مجاورت آن ساکن شده اند.

میانگین تغییرات در بازه سوم بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است که در طی سال های ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۰، ۶۴/۴ متر بوده است که نشان از شرایط قابل توجه ناپایداری رودخانه است. تصدیق همین شرایط با تعداد قوس های

پیچان رودی در سال های ۱۳۷۰ الی ۱۴۰۰ قابل توجه است که به ترتیب از ۱۰ قوس به ۲۷ قوس افزایش داشته است. بنابراین بیشترین بازه که متحمل تغییرات شده مربوط به بازه سوم از رودخانه منطقه مورد مطالعه است. شواهد مربوط به نتایج حاصل از بررسی های تغییرات کاربری های اراضی در بازه سوم در هر چهار بازه زمانی، قابل مشاهده است. باتوجه به روند افزایش پوشش گیاهی و توسعه اراضی کشاورزی، این باز کمترین میزان توسعه را داشته است. اما از سال های ۲۰۰۰ الی ۲۰۱۰ احداث سد در این حد فاصل زمانی، و در سال های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۱، استفاده از تکنیک های آبیاری و کشاورزی مدرن، این منطقه نیز تا حدودی تحت تاثیر دخالت های انسانی بوده است و مشاهدات میدانی و نتایج سنجش از دوری، حاکی از همین نتیجه گیری است.

میانگین تغییرات در بازه چهارم از سال های ۱۳۷۰ الی ۱۴۰۰، ۲۶/۳ متر بوده است و تعداد قوس های پیچان رودی از ۱۳ به ۲۳ به ترتیب افزایش یافته است که اعداد و نتایج نشان از ناپایداری رودخانه را دارند. اما بازه چهارم به دلیل نزدیک بودن به منطقه شهری و همچنین تمرکز جمعیت فراوان تر نسبت به بازه های اول تا سوم، بیشتر مورد توجه افراد ساکن در این بازه بوده است. به این صورت که، روند جمعیت افزایش یافته و به دنبال سکونتگاه ها توسعه یافته اند. از آنجایی که شغل اکثر افراد در این منطقه کشاورزی بوده و رودخانه، بستر را برای چنین کاربری هایی فراهم کرده است، بنابراین در این بازه شاهد توسعه چشم گیر اراضی و تغییرات آن هستیم. در این بازه انسان علی رغم ناپایداری جریان و مسیر رودخانه، توانسته با دخالت های خود، محیط طبیعی را رام و به استفاده خود درآورد. بیشترین میزان تراکم مناطق سکونتگاهی، کشاورزی، و فزونی جمعیت از ویژگی های بازه چهارم است.



شکل ۷: نقشه های تغییرات کاربری اراضی در سال های ۱۳۷۰، ۱۳۸۰، ۱۳۹۰ و ۱۴۰۰

جدول نهایی نرخ تغییرات کاربری اراضی در طی سال های چهار دهه

نوع کاربری و سال	۱۴۰۰	۱۳۹۰	۱۳۸۰	۱۳۷۰
سکونتگاه	۱/۸۴	۱/۲۴	۰	
کوهستان و زمین بایر	۳۱۳/۳۹	۳۲۱/۹۹	۳۲۳/۱۰	۳۲۷/۸۳
آب	۲/۶۳	۱/۳۵	۰	۰
پوشش گیاهی (باغ و کشاورزی)	۲۷/۹۲	۲۱/۱۸	۱۹/۱۲	۱۷/۹۴
جمع	۳۴۵/۷۷۳۷	۳۴۵/۷۷۳۷	۳۴۲/۲۱	۳۴۵/۷۷۳۷

۵ مراجع

آرشامبل، میشل، ترجمه عبدالحمید رجایی، ۱۳۹۰، اسناد و روش برای تفسیر نقشه ها (جغرافیا، زمین شناسی)، انتشارات دانشگاه تبریز.

اسماعیلی، رضا و دیگران، ۱۳۹۳، ارزیابی و تحلیل شرایط هیدرومورفولوژیکی رودخانه لایوچ با استفاده از شاخص کیفیت مورفولوژیکی، مجله پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، سال دوم، شماره ۴، انتشارات سمت، تهران، چاپ اول.

- جعفر بیگلر، منصور و همکاران، ۱۳۹۱، بررسی تغییران بستر و ویژگی های ژئومورفولوژیکی رودخانه گیلان غرب در سال های ۱۳۴۴ تا ۱۳۸۱، پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، شماره ۲، پاییز ۱۳۹۱.
- رستم زاده گوگانی، گوگانی، رقیه، ۱۳۸۶، پیدایش و شناخت رودخانه های آذربایجان (شاهرگ های حیاتی)، انتشارات یاران، تبریز.
- شهریار، علی و همکاران، ۱۳۹۸، بررسی تغییرات ژئومورفولوژیکی مئاندرهای رودخانه ای با استفاده از تصاویر ماهواره ای در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸، مطالعه موردی: رودخانه آبشار، پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، سال هشتم، زمستان ۱۳۹۸، شماره ۳، پیاپی ۳۱.
- صالحی، اصغر و همکاران، ۱۳۸۹، آسیب شناسی بافت سکونتگاهی در حاشیه رودخانه ها از نظر اجتماعی، مجله توسعه روستایی، دوره دوم، شماره ۲، پاییز زمستان ۱۳۸۹.
- لایقی، صدیقه و دیگران، ۱۳۹۳، طبقه بندی هیدروژئومورفولوژیکی رودخانه جاجرود با مدل روزگن، پژوهش هلی ژئومورفولوژی کمی، سال سوم، شماره ۳، زمستان ۱۳۹۳.
- مرادی، انور، ۱۳۹۴، تجزیه و تحلیل عوامل موثر در تغییرات دوره ای مورفولوژی رودخانه تلوار، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- مریدی، سعید و همکاران، ۱۳۹۳، بررسی روند تغییرات مورفولوژیکی رودخانه کارون با استفاده از سنجش از دور، طرح تحقیقاتی دانشگاه تربیت مدرس.

Newson M, Clark M, Sear D, Brookes A (1998) The geomorphological basis for classifying rivers. *Aquat Conserv Mar Freshw Ecosyst* 8:415–430

Sear, D.A., Newson, M.D., Thorne, C.R., 2003. *Guidebook of applied Fluvial Geomorphology*. Department of Environment and Rural Affairs and Environment Agency, Swindon, UK, pp. 229.

Wells S, Bullard T et al (1988) Regional variations in tectonic geomorphology along segmented convergent plate boundary. *Pacific Costa Rica. Geomorphology* 1:239–265

Charlton, Ro, 2007, *Fundamentals of fluvial geomorphology*, Rutledge, London and New York, Second Edition. 95.

بررسی تغییرات ژئومورفولوژیکی سواحل دریای مکران با استفاده از GIS و RS

مطالعه موردی (خلیج امگایی چابهار)

Investigating the geomorphological changes of Makran sea shores using GIS and RS

A case study (Chabahar Omega Bay)

کرامت نژادافضلی^۱، فاطمه بیاتانی

۱- استادیار گروه جغرافیا دانشگاه جیرفت k.nezhadafzali96@gmail.com

۲- دکتری آب و هواشناسی کشاورزی baytanifateme@gmail.com

چکیده

برای مدیریت بهتر سواحل اطلاع از موقعیت گذشته، حال و آینده خط ساحلی و چگونگی تغییرات آن امری ضروری است. خطوط ساحلی از مهمترین پدیده‌های مورفولوژیکی سطح زمین می‌باشند که از طبیعت پویایی برخوردارند که حاصل عملکرد و تعامل محیط‌های آبی، خشکی و شرایط اقلیمی و زیستی حاکم بر آنها است. شرایط اقلیمی حاکم بر مناطق ساحلی نیز در ارتباط با فرآیندهای شکل‌زایی و شرایط زیستی نقش تعیین‌کننده‌ای بر ویژگی‌های مورفولوژیکی سواحل دارند، از طرفی دیگر حضور انسان در محیط ساحلی و بهره‌برداری‌های وی، موجب تغییر چشم‌اندازهای ساحلی می‌شود از اینرو، مدیریت بهینه سواحل و حفاظت از محیط‌زیست در جهت توسعه پایدار نیازمند استخراج خطوط ساحلی و تغییرات آنها می‌باشد. این پژوهش بخشی از پروژه تهیه نقشه ژئومورفولوژی ساحلی چابهار و کنارک می‌باشد و با هدف بررسی و پایش تغییرات خطوط ساحلی در مناطق مورد مطالعه انجام پذیرفته است. در این پژوهش از عکس‌های هوایی سال‌های ۱۳۳۶ و ۱۳۷۲ و همچنین تصاویر ماهواره‌ای لندست ETM و Quickbird به منظور استخراج خطوط ساحلی و مقایسه و تفسیر آنها استفاده گردیده است.

کلمات کلیدی: خلیج چابهار، تغییرات ژئومورفولوژی، خط ساحلی، مکران

مقدمه

سواحل محل تلاقی پهنه های خشکی و آبی است، از آنجا که ساحل یک محیط پویا و زنده است، هر گونه تغییر و ساخت و ساز در ساحل بایستی بدقت مورد مطالعه قرار گرفته و اثرات تخریبی، رسوب گذاری، فرسایش و زیست محیطی آنها مورد توجه قرار گیرد. فرایند های تخریبی و رسوبگذاری متاثر از عوامل مذکور و دخالت انسان در سواحل، فعالیتها و بهره برداری شتابزده و غیر معقول از آن موجب تخریب بیشتر توسط فرآیند های شکل زایی در محیط ساحلی می شود. شرایط اقلیمی حاکم بر مناطق ساحلی نیز در ارتباط با فرآیندهای شکل زایی و شرایط زیستی نقش تعیین کننده ای بر ویژگی های مورفولوژیکی سواحل دارند، از طرفی دیگر حضور انسان در محیط ساحلی و بهره برداری های وی، موجب تغییر چشم اندازهای ساحلی می شود از اینرو، مدیریت بهینه سواحل و حفاظت از محیط زیست در جهت توسعه پایدار نیازمند استخراج خطوط ساحلی و تغییرات آنها می باشد. برای مدیریت بهینه سواحل، پایش خطوط ساحلی در گستره زمانی مناسب از اهمیت ویژه ای برخوردار است. این پژوهش بخشی از پروژه تهیه نقشه ژئومورفولوژی ساحلی چابهار و کنارک می باشد و با هدف بررسی و پایش تغییرات خطوط ساحلی در مناطق مورد مطالعه انجام پذیرفته است. در این پژوهش از عکس های هوایی سال های ۱۳۳۶ و ۱۳۷۲ و همچنین تصاویر ماهواره ای TM، ETM و Quickbird2005 به منظور استخراج خطوط ساحلی و مقایسه و تفسیر آنها استفاده گردیده است.

۲- موقعیت جغرافیایی:

منطقه چابهار در منتهی الیه جنوب شرقی ایران در بین طول های $۶۵^{\circ}۱۳'$ و $۶۵^{\circ}۴۰'$ و عرض های $۶۰^{\circ}۰۰'$ و $۶۱^{\circ}۱۰'$ جغرافیایی قرار دارد. شهرستان چابهار در این منطقه واقع می باشد و از نظر تقسیمات کشوری در جنوب استان سیستان و بلوچستان قرار گرفته است. خلیج چابهار بعنوان بزرگترین پهنه آبی پیشرونده کشور، در خشکی و در مرزهای آبی غرب و شمال غرب شهرستان چابهار در استان بلوچستان محسوب می گردد. بیشترین طول خلیج در راستای شمالی جنوبی ۱۷ کیلومتر و بیشترین عرض آن در راستای شرقی - غربی در حدود ۲۰ کیلومتر می باشد. خلیج چابهار از طریق دهانه ای به عرض $۱۳/۵$ کیلومتر با دریای عمان ارتباط دارد. عمق آب در عمیق ترین قسمت خلیج که دهانه خلیج است ۲۰ متر و متوسط عمق آن ۵ الی ۱۰ متر می باشد. این خلیج با مساحتی بالغ بر ۲۵۰ کیلومتر مربع در سواحل مکران و در جنوب شرق ایران، نزدیکی مرز پاکستان جای گرفته است.



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد تحقیق

۳- روش تحقیق:

در این پروژه به منظور بررسی تغییرات خطوط ساحلی در مناطق مورد مطالعه، بررسی عکس های هوایی و ماهواره ای موجود از انجام شده است. در این بخش از مطالعات عکس های هوایی سال های ۱۳۳۶ و ۱۳۷۲ منطقه چابهار عکسبرداری شده توسط سازمان نقشه برداری کشور در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ و همچنین تصاویر ماهواره ای ETM و Quickbird به منظور استخراج خطوط ساحلی و مقایسه و تفسیر آنها استفاده شد.

۴- زمین شناسی :

منطقه مورد مطالعه از نظر نبوی (۱۳۵۵) در واحد مشرق و جنوب شرق ایران و در زون مکران قرار دارد. از ویژگی های عمومی این زون می توان وجود مجموعه های افیولیتی و نهشته های تیپ فلیش، عدم برونزد سنگ های کهن تر از کرتاسه، روند عمومی و تقریبی خاوری - باختری برای ساختارها و امتداد لایه ها را نام برد. محور چین ها و گسلها گاهی خمیدگی نشان می دهد. هر چند شدت چین خوردگی و گسلش متوسط می باشد ولی گسلهای راندگی و معکوس نیز گاهی مشاهده می گردند. در منطقه مطالعاتی ستبرای واحدهای سنگی متعلق به میوسن و پلیوسن زیاد بوده و تعیین میزان ضخامت واقعی آنها به راحتی مقدور نیست. افزون بر این، در مجموع واحدهای رسوبی از مارن، ماسه سنگ و کنگلومرا تشکیل شده اند که همگی متعلق به نواحی کم عمق دریا می باشند. با توجه به ضخامت زیاد هر واحد سنگی بنظر می رسد که سرعت ته نشست رسوبات در طی دوره رسوبی مربوطه زیاد بوده است. تغییرات رخساره ای در جهت جانبی نیز مشاهده می گردد. این تغییرات گاهی بسیار شدید و ناگهانی است درویش زاده، ۱۳۸۱ (آخرین مرحله دگر شکلی قابل برداشت منطقه مطالعاتی با بالا آمدگی پادگانه های دریایی در بخشهای ساحلی شناسایی گردیده است. به نظر صمدیان (۱۳۷۶) این پدیده که با آهنگی آرام از واپسین دوره پلیستوسن پسین آغاز گردیده در بخشهای کرانه ای جنوب ایران در نقاط مختلف متفاوت بوده و میانگین آن حدوداً ۳/۵-۱/۵ میلیمتر در

سال را نشان می دهند که نشانه تداوم تکاپوی بخش ساحلی مکران از دیدگاه تکتونیکی در حال حاضر می باشد.

۵- بحث و نتایج:

۶- فرآیندهای موثر بر تغییرات مورفولوژیکی:

۶-۱- جزر و مد:

جزر و مد یکی از مهم ترین عوامل کنترل کننده و تاثیر گذار بر روی خطوط ساحلی است. با توجه به مورفولوژی سواحل خلیج چابهار، نوسانات سطح آب به صورت جزر و مد در مناطق صخره ای که شیب بستر زیاد است بصورت قائم و بصورت تغییرات ارتفاعی می باشد و بر عکس در سواحل با مورفولوژی ملایم، این نوسانات بصورت افقی و جانبی دیده می شود (شکل ۲). طبق آمار جزر و مد سازمان نقشه برداری کشور حداقل جزر و حداکثر جزر در بندر کنارک به ترتیب ۰/۷۱ و ۱/۴۱ متر و حداکثر مد و حداقل مد هم به ترتیب ۲/۸۱ و ۲/۱۱ متر می باشد همچنین حداقل جزر و حداکثر جزر در بندر چابهار ۰/۷۳ و ۱/۲۴ و حداکثر مد و حداقل مد هم به ترتیب ۲/۵۹ و ۲/۰۸ می باشد. جزر و مد با تخریب سواحل پرتگاهی موجب پسروی ساحل در این بخش ها شده بنحوی که خلیج چابهار از سمت جنوب شرق و جنوب غرب (سواحل بالا آمده) در حال تغییرات مورفولوژیکی شدید است. همچنین جزر و مد باعث شده که مناطق پشت خطوط ساحلی (مناطق اینتر تاییدال و سوپرا تاییدال) نیز از طریق کانالهای جزر و مدی و خورها تحت تاثیر آب دریا قرار گیرند.

۶-۲- جریانهای دریایی:

در خلیج چابهار جریانهای دریایی بصورت جریانهای موازی دوجهته ای با ساحل وجود دارد (شکل ۳) این جریانها در نزدیک ساحل موازی بوده و با دور شدن از ساحل، حالت دورانی می یابند. در ساحل شنی، جریانهای دریایی حالت موازی (Longshore current) با ساحل دارند، دلیل این امر نیز وجود زبانه های ماسه ای در دهانه لاگونهای ساحلی منطقه است (شکل ۵) ولی با دور شدن از ساحل شنی و در کناره های ساحل پرتگاهی کنارک، جریانها حالت دورانی و پیچشی به خود گرفته و باعث فرسایش شدید ساحل غربی دماغه کنارک شده اند. بر اساس شواهد موجود، جهت جریانهای دریایی موازی در سواحل خلیج از سمت شرق به غرب است.

۶-۳- امواج:

امواج یکی از مهمترین عوامل هیدرولوژیک تاثیر گذار روی رسوبات، نحوه توزیع آنها و نیز ساختها و ژئومورفولوژی

سواحل در خلیج چابهار می باشند. امواج در سواحل ماسه ای خلیج چابهار، موجب گردشگری، کروییت، جورشگی و نیز مچوریتی بافتی رسوبات ساحلی می گردد. همچنین در سواحل صخره ای با تخریب پرتگاه های ساحلی موجب پسروری سواحل و پیشروی آب دریا به سمت خشکی شده و در واقع نقش تخریب کننده دارد. امواج در دریای عمان و خلیج چابهار در نتیجه وزش بادهای و طوفانها ایجاد شده و بسته به فصول و ماه های مختلف سال امواج دارای ویژگیهای مختلفی هستند. (اشکال ۱۶ و ۱۷) در فصل تابستان (از خرداد تا مرداد ماه) شاهد امواجی با ارتفاع زیاد هستیم که گاه ارتفاع این امواج به ۸ الی ۹ متر می رسد. در فصل زمستان دریا شرایط آرام تری دارد به گونه ای که حداکثر ارتفاع امواج ۵ الی ۶ متر است. البته قدرت تخریبی و ارتفاع امواج در داخل خلیج چابهار کمتر از سواحل باز دریای عمان است.

۷- تغییرات خط ساحلی:

پس از بررسی عکس ها و تصاویر ماهواره ای سالهای مختلف، بیشترین تغییرات در دو لندفرم مشاهده گردید، یکی دهانه لاگون ها یا خورهای ساحلی و دیگری در سواحل بالآمده. لاگون های ساحلی از جمله اشکال مورفولوژیکی هستند که در اثر تاثیر متقابل عوامل خشکی و دریا در دهانه رودخانه های منتهی به خلیج چابهار شکل گرفته اند. لاگون های ساحلی و جزایر سدی از طریق رسوبگذاری مواد رسوبی در محل ورود رودخانه ها به دریا شکل گرفته اند و در سطح نرمال مدهای بلند امتداد یافته یا در بعضی موارد باعث بسته شده کامل لاگونها و تالابها می شود (Bird, 2000). خلیج چابهار دارای دو لاگون ساحلی در دهانه رودخانه های شور و پارک است (لک، ۱۳۷۹) که تغییرات زیادی را در طول دوره های زمانی متحمل شده اند. با توجه به عکس های هوایی سال ۱۳۳۶ در مصب لاگون پارک، یک سد ساحلی شکل گرفته که مسیر آن شرقی- غربی در جهت حرکت جریان های دریایی خلیج چابهار قرار دارد. در این محل شاهد بسته شدن کامل لاگون در محل خروجی سابق خود هستیم که ارتباط آن با دریا قطع شده است و تغذیه آن تنها از طریق آبهای زیر زمینی صورت می گیرد. (شکل ۵) در عکس های هوایی سال ۱۳۷۲ و تصویر ماهواره ای (۲۰۰۵)، رسوبگذاری در زبانه ماسه ای جنوبی و فرسایش در زبانه ماسه ای شمالی نشان دهنده جابجایی دهانه ورودی لاگون به سمت شمال در خلال سال های بین ۲۰۰۰ و ۲۰۰۵ است (شکل ۸). زبانه ماسه ای شمال به مرور بین سال های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ رشد کرده است، در حالیکه دماغه جنوبی در این دوره ثابت بوده است. نیم دهانه جنوبی هم بین سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵ بسته شده است. اگر چه حرکت دهانه ورودی به سمت شمال نشانه انتقال خالص رسوب در امتداد موازی ساحل به سمت شمال است ولی طولانی تر بودن زبانه ماسه ای شمالی نسبت به زبانه ماسه ای جنوبی نشان دهنده جهت انتقال رسوب به سمت جنوب در دراز مدت می باشد.

نتیجه گیری:

پیمایشهای میدانی و بررسی تصاویر هوایی و ماهواره ای بعمل آمده نشان داد که بیشترین تغییرات ایجاد شده در دو منطقه یعنی دهانه خورها و سواحل پرتگاهی خلیج چابهار می باشد. تغییرات در خطوط ساحلی سنگی دریای عمان پسروری یا عقب نشینی، پیشروی آب دریا و بالاخره بالآمدگی تدریجی آنهاست. متوسط نرخ عقب نشینی این سواحل ۱ متر در سال برآورد شده است. این سواحل شاخص ترین سواحل پیشرونده (Progressive coast) در سواحل جنوب کشور می باشند. مهمترین علل پسروری این سواحل مربوط به عوامل زمین شناسی، هیدرودینامیکی، اقلیمی می باشند که گاهی به تنهایی و یا با تعامل یکدیگر و در مقیاسهای زمانی متفاوت در تخریب و فرسایش واحدهای شنی ساحلی مؤثر بوده اند. عوامل زمین شناسی بعنوان عوامل بنیادین پیدایش واحدهای سنگی ساحلی دریای عمان، تا حدود زیادی در دامنه اثر دیگر عوامل نیز تأثیر گذار می باشند. آنها از تنوع و گستره اثر وسیع و پایداری برخوردارند. تنوع این عوامل سبب شده است که در برخی نقاط به صورت یگانه عامل تغییرات بشمار رود، از مجموع پدیده های زمین شناسی، وضعیت زمین ساختی، جایگاه چینه شناسی، ماهیت سنگ شناسی کنترل کننده میزان عقب نشینی و بالآمدگی واحدهای سنگی ساحلی می باشد. عوامل هیدرودینامیکی بخش اعظم تأثیرات دریایی در تغییر شکل و موقعیت سواحل سنگی را به خود اختصاص داده اند. اهمیت این عوامل ناشی از تداوم اثر آنها بر سواحل است. طی سالهای ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۵ در طول خط ساحلی خلیج چابهار در ۴۰ درصد مناطق ساحلی دریا پیشروی کرده است (سواحل پرتگاهی) و در ۲۵ درصد مناطق دریا در خشکی پیشروی نموده (لاگون ها و خورها) و در ۳۵ درصد خط ساحلی هیچ تغییری نکرده است (ساحل ماسه ای).

منابع:

- آقا نباتی، علی، ۱۳۸۴، زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- غریب رضا، م، معتمد، (۱۳۷۶) تأثیر سیستمهای گسلش در زمین ریخت شناسی کرانه های دریای عمان، اولین همایش زمین شناسی دریایی ایران.
- صمدیان (۱۳۷۶) صمدیان، محمد رضا، طرح پژوهش های زمین شناسی، تکتونیک مکران بیرونی، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- لک، راضیه (۱۳۷۹) بررسی های زمین شناسی دریایی و ویژگی های رسوبی خلیج چابهار - پایان نامه دکتری -

درویش زاده، ۱۳۷۰ علی، زمین شناسی ایران، نشر دانش امروز

وزارت راه و ترابری، سازمان بنادر و کشتیرانی، مونیتورینگ و مطالعات مدلینگ بخش‌هایی از سواحل مکران

1- Bird Eric, Coastal geomorphology an Introduction, university of Mel born, Australia Johnwiley and Sons. Ltp 2000

2- Vitafenzi.(1979): Contribution to be Quaternary Geology of Southern of Iran. Geological and Mineral of Survey of Iran, Report,27:30-38.

Falcon,N.L,1974 Raised beaches and terraces of the Iranian makran coast,Geogral.j.109-pp 149-151.

بررسی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از الگوریتم درخت تصمیم‌گیری در حوضه ایزدخواست

Investigating land use changes using decision tree algorithm in Izadkhast basin

مریم انصاری^۱، ایرج جبّاری^۲، فرهنگ سرگردی^۳

۱- دانش‌آموخته دکتری ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی، ansarimaryam149@gmail.com

۲- دانشیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی، Ir_jabbari@yahoo.com

۳- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، fsargordi@gmail.com

چکیده

با توجه به این‌که تغییرات کاربری اراضی، بهره‌برداری بیش از حد خاک، استفاده مداوم از منابع آب سطحی و زیرزمینی اثرات منفی معنی‌داری بر محیط زیست دارد، بنابراین یکی از مهم‌ترین موضوعات در تحقیقات، بررسی تغییرات کاربری اراضی می‌باشد. به‌طور کلی روش‌های متفاوتی برای طبقه‌بندی کاربری اراضی وجود دارد ولی در چند سال گذشته، استفاده از درخت تصمیم‌گیری (DTs) برای طبقه‌بندی داده‌های سنجش از دور افزایش یافته است. طرفداران این روش ادعا می‌کنند که مزایای زیادی نسبت به الگوریتم‌های دیگر دارد. بنابراین در این تحقیق سعی شد با استفاده از الگوریتم درخت تصمیم‌گیری (DTs) بر روی داده‌های لندست ۷ و ۸ کاربری اراضی در سه بازه، مربوط به سال‌های ۱۳۸۹، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۸ استخراج و تغییرات ایجاد شده در آن‌ها جهت مدیریت منابع آب و خاک پلایای ایزدخواست واقع در جنوب استان فارس مشخص شوند و قابلیت روش مذکور مورد بررسی قرار گیرد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که مناطق مسکونی و اراضی کشاورزی یک روند افزایشی را طی کرده‌اند. چون به‌دلیل افزایش جمعیت انسانی نیاز به زمین‌های کشاورزی نیز افزایش می‌یابد. ولی اراضی بدون پوشش گیاهی و مراتع متراکم و کم تراکم روند خاصی را نشان نمی‌دهند که این موضوع می‌تواند مربوط به میزان بارش در سال‌های مختلف باشد. در واقع در سال‌های پربارشی مانند سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۸ به‌دلیل بارش و رطوبت بیشتر مراتع کم‌تراکم و متراکم افزایش یافته و از مساحت اراضی بدون پوشش کاسته شده است. ولی در سال ۱۳۹۴ که بارش کمتری وجود داشته از مساحت مراتع کم شده و به مساحت اراضی بدون پوشش اضافه شده است. همچنین نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که الگوریتم درخت تصمیم‌گیری طبقه‌بندی مناسب و دقیقی را انجام داده است. از طرفی دیگر طبقه‌بندی درخت تصمیم‌گیری کارآمدی بالایی از لحاظ اتکای کمتر به نمونه‌های آموزشی از خود نشان داد.

واژه‌های کلیدی: کاربری اراضی، درخت تصمیم‌گیری، حوضه ایزدخواست

در بخش اعظمی از کشور، عمده بارش به خاطر عوامل مختلفی از جمله کمبود پوشش گیاهی و شدت زیاد بارش به رواناب تبدیل و از دسترس خارج می شوند، در حالی که در این گونه مناطق مهم ترین عامل رشد کشاورزی، آب می باشد (مرتضایی فریز هندی و کهندل، ۱۳۹۴: ۱) از طرفی دیگر با توجه به این که تغییرات کاربری اراضی، بهره برداری بیش از حد خاک، استفاده مداوم از منابع آب سطحی و زیرزمینی اثرات منفی معنی داری بر محیط زیست دارد (ویتو^{۱۰۹} و همکاران، ۲۰۰۳) بنابراین یکی از مهم ترین موضوعات در این محیط ها بررسی تغییرات کاربری اراضی می باشد.

به طور کلی روش های متفاوتی برای طبقه بندی کاربری اراضی وجود دارد. در مقایسه با روش های زمینی سنتی، سنجش از دور ماهواره ای مقادیر بیشتری از اطلاعات کاربری اراضی را در یک مکان جغرافیایی فراهم می کند که از نظر زمان و هزینه در مقیاس منطقه ای مقرون به صرفه است (نصراللهی و همکاران، ۱۳۹۳: ۹۰). در سنجش از دور انتخاب یک الگوریتم طبقه بندی عموماً بر اساس تعدادی از عوامل است که از جمله می توان به در دسترس بودن نرم افزار، سهولت استفاده و عملکرد اشاره کرد که در اینجا با دقت طبقه بندی کلی اندازه گیری می شود. روش حداکثر احتمال (ML) (نصراللهی و همکاران، ۱۳۹۳؛ جنسن^{۱۱۰}، ۲۰۰۵) برای بسیاری از کاربران، الگوریتم انتخابی است زیرا در دسترس بودن آن آماده است و این واقعیت که به یک فرآیند آموزشی طولانی نیاز ندارد. شبکه های عصبی مصنوعی (ANN) در حال حاضر به طور گسترده توسط محققان مورد استفاده قرار می گیرند (داداش پور و جهانزاد، ۱۳۹۵؛ دل فریت^{۱۱۱} و همکاران، ۲۰۰۵؛ لیزارازو^{۱۱۲}، ۲۰۰۶)، اما کاربردهای عملیاتی آن ها به دلیل نیاز کاربر به تعیین پیکربندی معماری شبکه و ارائه مقادیر برای تعدادی از پارامترها، که هر دو بر عملکرد تأثیر می گذارند، مانع می شود همچنین به یک مرحله آموزشی طولانی نیاز دارد. در چند سال گذشته، استفاده از درخت تصمیم گیری (DTs^{۱۱۳}) برای طبقه بندی داده های سنجش از دور افزایش یافته است. طرفداران این روش ادعا می کنند که مزایای زیادی نسبت به الگوریتم های ML و ANN دارد. DTs از نظر محاسباتی سریع است، هیچ فرضیات آماری ندارد و می تواند داده هایی را که در مقیاس های اندازه گیری مختلف نمایش داده می شوند، مدیریت کند (پال و ماطر^{۱۱۴}، ۲۰۰۳: ۵۵۴).

بنابراین محققان بسیاری جهت طبقه بندی در مقاصد مختلف از این الگوریتم استفاده نموده اند. بطور مثال فرهادی و همکاران (۱۴۰۰) جهت شناسایی پارامترهای مؤثر در تعیین قدرت سیل با توسعه الگوریتم درخت تصمیم گیری و

¹⁰⁹. Vito

¹¹⁰. Jensen

¹¹¹. Del Frate

¹¹². Lizarazo

¹¹³. Decision Tree

¹¹⁴. Pal and Mather

تصاویر لندست توانستند اراضی تخریب شده بعد از وقوع سیل را با دقت بالایی در شمال غرب ایران مشخص کنند. در تحقیق دیگری که در اوگانداى شرقی انجام شد از تصاویر لندست و سه روش حداکثر احتمال (MLC)، ماشین های بردار پشتیبان (SVM) و درخت تصمیم گیری (DTs) جهت شناسایی باندهای مناسب برای طبقه بندی اراضی، مقایسه سه روش مذکور و بررسی تغییرات ایجاد شده در منطقه استفاده شد که نتایج آن ها نشان داد الگوریتم درخت تصمیم گیری طبقه بندی بهتری را انجام داده است (اوتوکی و بلاسکه^{۱۱۵}، ۲۰۱۰). در تحقیقی مشابه در پایین دست سد کجکی حوضه هیرمند افغانستان بررسی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از سه روش مذکور انجام شد که نتایج نشان داد هر سه روش دقت بالا و تقریباً مشابهی دارند اما با وجود نتایج نزدیک روش ها، طبقه بندی درخت تصمیم گیری کارآمدی بیشتری از لحاظ اتکای کمتر به نمونه های آموزشی از خود نشان داده است (حاجی حسینی و همکاران، ۱۳۹۲).

در همین راستا با توجه به قابلیت بالای تصاویر لندست و الگوریتم درخت تصمیم گیری (DTs) در طبقه بندی کاربری اراضی/پوشش سطحی و با توجه به این که کارایی این روش جهت استخراج کاربری های مختلف در محیط های متفاوت به طور گسترده ای به کار گرفته و اثبات شده می باشد، از طرفی دیگر به دلیل وجود چاله های بسته واقع در نواحی جنوبی استان فارس که با داشتن اقلیمی گرم و خشک تاکنون بررسی تغییرات پوشش سطحی و کاربری اراضی در این مناطق جهت تمرکز اقدامات مدیریتی انجام نشده است، به طوری که ارزیابی پویایی پوشش زمین در این منطقه برای درک تعامل انسان با محیط خود ضروری است و این امر زمینه ساز برنامه ریزی و مدیریت بهتر منابع موجود خواهد بود، بنابراین منطقه مورد مطالعه در این پژوهش از جنوب استان فارس انتخاب شده است که در این تحقیق سعی می شود با استفاده از الگوریتم درخت تصمیم گیری (DTs) بر روی داده های لندست ۷ و ۸ کاربری اراضی در سه بازه، مربوط به سال های ۱۳۸۹، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۸ استخراج و تغییرات ایجاد شده در آن ها جهت مدیریت منابع آب و خاک پلايای ایزدخواست واقع در جنوب استان فارس مشخص شوند و قابلیت روش مذکور مورد بررسی قرار گیرد.

موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز ایزدخواست با مختصات $29^{\circ} 49' 53''$ تا $28^{\circ} 28' 48''$ طول شرقی و $28^{\circ} 06' 52''$ تا $20''$ عرض شمالی یکی از حوضه های بسته حوضه آبریز رودخانه مند واقع در استان فارس می باشد (شکل ۱). مساحت این حوضه $1371/3$ کیلومتر مربع است که ارتفاعات $879/6$ و دشت $491/7$ کیلومتر مربع از کل مساحت حوضه را به خود اختصاص داده اند. حداکثر ارتفاع در حوضه 2182 و حداقل ارتفاع 1029 متر می باشد. این حوضه دارای میانگین بارش سالانه $222/1$ میلی متر، میانگین سالانه دما $19/5$ درجه و متوسط تبخیر سالانه از تشتک $2955/9$

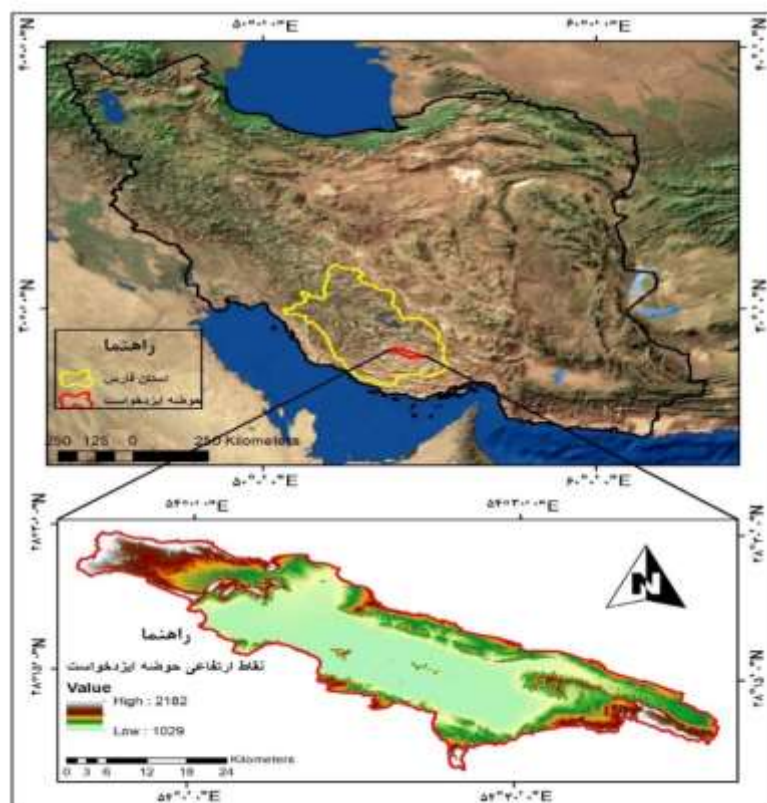
میلی متر می باشد.

روش تحقیق

در این پژوهش برای تهیه نقشه کاربری اراضی از تصاویر مربوط به ETM^+ لندست ۷ در تاریخ ۱۶ اردیبهشت ۱۳۸۹ و OLI لندست ۸ در تاریخ های ۷ خرداد ۱۳۹۴ و ۱۷ اردیبهشت ۱۳۹۸ در سه بازه زمانی استفاده شد. پس از تصحیحات هندسی، رادیومتریکی و اتمسفری شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده (NDVI) استخراج شد (رابطه ۱).

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)} \quad \text{رابطه ۱:}$$

که در آن NIR باند مادون قرمز نزدیک (در سنجنده ETM^+ باند ۴ و در سنجنده OLI باند ۵) و R باند قرمز (در سنجنده ETM^+ باند ۳ و در سنجنده OLI باند ۴) است. که مقادیر این شاخص بین ۱- و ۱+ متغیر هستند. پس از استخراج نقشه های NDVI در سه سال ذکر شده با الگوریتم درخت تصمیم گیری طبقه بندی کاربری انجام گرفت. به نحوی که مقدار آن برای مناطق گیاهی تنک ۰/۲-۰/۵، مناطق گیاهی معمولی و نیمه متراکم ۰/۲-۰/۴ و برای مناطق گیاهی بسیار متراکم و انبوه ۰/۷ به بالا است. همچنین آب، برف و یخ دارای مقادیر منفی و خاک ها نیز NDVI کمتر از ۰/۵ دارند (فرج زاده و کریمی، ۱۳۹۲). بنابراین در این تحقیق برای مراتع کم تراکم مقادیر ۰/۲-۰/۵، مراتع متراکم مقادیر ۰/۴-۰/۲، اراضی بدون پوشش گیاهی بیشتر از صفر و کمتر از ۰/۵ و برای آب مقادیر منفی در نظر گرفته شد. همچنین اراضی کشاورزی و باغات و مناطق مسکونی از گوگل ارث در سال های مذکور استخراج و با ابزار Update در نرم افزار GIS به نقشه نهایی اضافه و نقشه کاربری برای سال های ذکر شده در ۶ کلاس تهیه شد.



شکل (۱): موقعیت حوضه آبریز ایزدخواست

نتایج و بحث

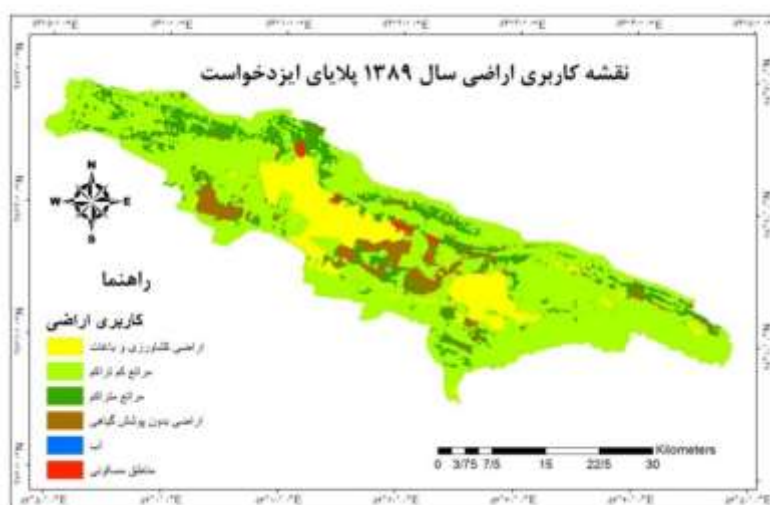
نقشه های کاربری اراضی استخراج شده در شکل ۲ تا ۴ قابل مشاهده می باشند. همچنین جدول ۱ مساحت (کیلومتر مربع) و درصد هر کاربری، مربوط به سال های ذکر شده را نشان می دهد.

نتایج تحقیق نشان می دهد که مناطق مسکونی و اراضی کشاورزی یک روند افزایشی را طی کرده اند. چون به دلیل افزایش جمعیت انسانی نیاز به زمین های کشاورزی نیز افزایش می یابد. ولی اراضی بدون پوشش گیاهی و مراتع متراکم و کم تراکم روند خاصی را نشان نمی دهند که این موضوع می تواند مربوط به میزان بارش در سال های مختلف باشد. در واقع در سال های پربارشی مانند سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۸ به دلیل بارش و رطوبت بیشتر مراتع کم تراکم و متراکم افزایش یافته و از مساحت اراضی بدون پوشش کاسته شده است. ولی در سال ۱۳۹۴ که بارش کمتری وجود داشته از مساحت مراتع، کم شده و به مساحت اراضی بدون پوشش اضافه شده است.

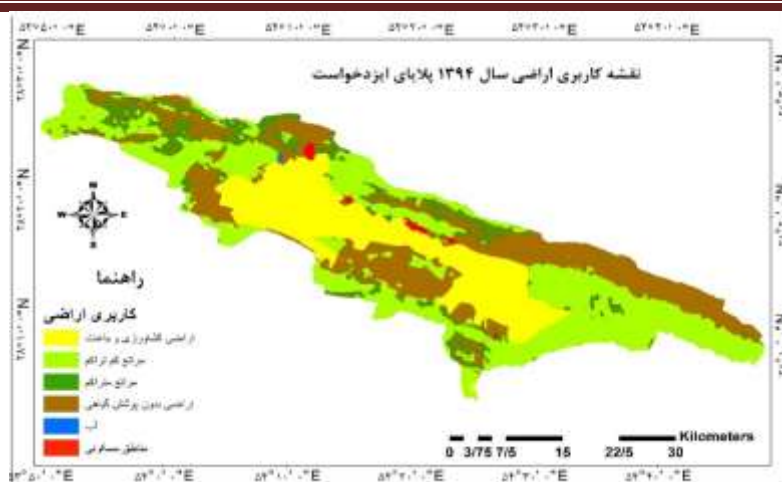
نکته قابل توجه دیگر در دو سال مشابهی که ترسالی بوده است یعنی سال های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۸ اراضی بدون پوشش مساحت بیشتری در سال ۱۳۹۸ نسبت به سال ۱۳۸۹ اشغال کرده اند که نشان دهنده شور شدن خاک منطقه می باشد

(انصاری و همکاران، ۲۰۲۳).

همچنین مساحت بالای مراتع کم تراکم در سال ۱۳۸۹ قابل توجه است که تقریباً ۶۶/۵ درصد منطقه را می پوشاند اما در سال ۱۳۹۸ این میزان به تقریباً ۴۴/۵ درصد کاهش پیدا کرده است. این موضوع نشان دهنده این است که اولاً بسیاری از مراتع توسط ساکنین به زیر کشت رفته در حالی که بحران آب در منطقه وجود دارد و بسیاری از چاه ها خشک شده است. در واقع به وضوح تأثیر فعالیت انسانی را در گزارش های سازمان سهامی آب منطقه ای در این حوضه می توان مشاهده کرد به طوری که بر طبق گزارش این سازمان در دوره مطالعاتی (۱۳۸۸-۱۳۹۸) هر ساله نزدیک به ۳۰ میلیون متر مکعب آب از چاه ها استخراج می شده است که به مرور به دلیل خشک شدن برخی چاه ها این مقدار به ۲۰ میلیون متر مکعب در سال ۱۳۹۸ رسیده است که با توجه به بیلان منفی منابع آب زیرزمینی در این حوضه، سالانه اضافه برداشت از مخازن آب به میزان ۰/۶۷۱ میلیون متر مکعب وجود دارد (انصاری و همکاران، ۲۰۲۳)، دوماً نباید از شغل اکثر مردم منطقه که دامداری می باشد چشم پوشی کرد چون چرای دام بیش از ظرفیت مراتع منطقه، باعث از بین رفتن مراتع و تبدیل آن به اراضی بدون پوشش خواهد شد که این موضوع مدیریت و برنامه ریزی جدی تر و دقیق تری را می طلبد. همچنین نتایج این تحقیق نشان می دهد که همانند تحقیقات پیشین (پال و ماتر، ۲۰۰۳؛ اوتوکی و بلاسکه ۲۰۱۰؛ فرهادی و همکاران، ۱۴۰۰) الگوریتم درخت تصمیم گیری طبقه بندی مناسب و دقیقی را انجام داده است. از طرفی دیگر طبقه بندی درخت تصمیم گیری کارآمدی بالایی از لحاظ اتکای کمتر به نمونه های آموزشی از خود نشان داد (حاجی حسینی و همکاران، ۱۳۹۲).



شکل ۲: کاربری اراضی سال ۱۳۸۹



شکل ۳: کاربری اراضی سال ۱۳۹۴



شکل ۴: کاربری اراضی سال ۱۳۹۸

جدول ۱: مساحت انواع کاربری به کیلومتر مربع و درصد

سال	اراضی کشاورزی و باغات	مراعی تراکم	مراعی کم تراکم	اراضی بدون پوشش گیاهی	آب	مناطق مسکونی
۱۳۸۹	۱۸۱	۹۱۶/۳	۱۸۳	۹۴/۶	۰/۱۸	۷/۳
	%۱۳/۱	%۶۶/۳	%۱۳/۲۳	%۶/۸	%۰/۱۳	%۰/۵۴
۱۳۹۴	۳۲۸	۵۳۲/۱۷	۱۵۲	۳۶۱/۴	۰/۶۳	۸/۰۷
	%۲۳/۷	%۳۸/۵	%۱۰/۹	%۲۶/۲۶	%۰/۰۴	%۰/۱۶
۱۳۹۸	۳۷۳	۶۲۰	۲۰۱/۵	۱۷۶/۲	۱/۷۳	۹/۸۹
	%۲۷	%۴۴/۸	%۱۲/۸	%۱۲/۸	%۰/۱	%۰/۷

نتیجه گیری

یکی از مهم ترین موضوعات در پژوهش ها، بررسی تغییرات کاربری اراضی می باشد. به طور کلی روش های متفاوتی برای طبقه بندی کاربری اراضی وجود دارد. در مقایسه با روش های زمینی سنتی، سنجش از دور ماهواره ای مقادیر بیشتری از اطلاعات کاربری اراضی را در یک مکان جغرافیایی فراهم می کند که از نظر زمان و هزینه در مقیاس منطقه ای مقرون به صرفه است. در همین راستا با توجه به قابلیت بالای تصاویر لندست و الگوریتم درخت تصمیم گیری (DTs) در طبقه بندی کاربری اراضی/پوشش سطحی و با توجه به این که کارایی این روش جهت استخراج کاربری های مختلف در محیط های متفاوت به طور گسترده ای به کار گرفته و اثبات شده می باشد، در این تحقیق سعی شد با استفاده از الگوریتم درخت تصمیم گیری (DTs) بر روی داده های لندست ۷ و ۸ کاربری اراضی در سه بازه، مربوط به سال های ۱۳۸۹، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۸ استخراج و تغییرات ایجاد شده در آن ها جهت مدیریت منابع آب و خاک پلایای ایزدخواست واقع در جنوب استان فارس مشخص شوند.

نتایج تحقیق نشان می دهد که مناطق مسکونی و اراضی کشاورزی یک روند افزایشی را طی کرده اند. چون به دلیل افزایش جمعیت انسانی نیاز به زمین های کشاورزی نیز افزایش می یابد. ولی اراضی بدون پوشش گیاهی و مراتع متراکم و کم تراکم روند خاصی را نشان نمی دهند که این موضوع می تواند مربوط به میزان بارش در سال های مختلف باشد. در واقع در سال های پربارشی مانند سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۸ به دلیل بارش و رطوبت بیشتر مراتع کم تراکم و متراکم افزایش یافته و از مساحت اراضی بدون پوشش کاسته شده است. ولی در سال ۱۳۹۴ که بارش کمتری وجود داشته از مساحت مراتع، کم شده و به مساحت اراضی بدون پوشش اضافه شده است. همچنین نتایج این تحقیق نشان می دهد که الگوریتم درخت تصمیم گیری طبقه بندی مناسب و دقیقی را انجام داده است. از طرفی دیگر طبقه بندی درخت تصمیم گیری کارآمدی بالایی از لحاظ اتکای کمتر به نمونه های آموزشی از خود نشان داد.

منابع

حاجی حسینی، محمدرضا؛ حاجی حسینی، حمیدرضا؛ شایگان، مهران؛ مرید، سعید؛ وطن فدا، جبار؛ نجفی، مرحوم علیرضا (۱۳۹۲). بررسی تغییرات کاربری اراضی پایین دست سد کجکی حوضه هیرمند افغانستان با استفاده از طبقه بندی کننده بیشترین شباهت، درخت تصمیم گیری و ماشین های بردار پشتیبان، نشریه سنجش از دور و GIS ایران، ۵(۴)، ۶۹-۸۸.

داداش پور، هاشم؛ جهانزاد، نریمان. (۱۳۹۵). پیش بینی تغییرات کاربری اراضی در مجموعه شهری مشهد با استفاده از سلول های خودکار و الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی، برنامه ریزی فضایی، ۶(۱)، ۳۸-۲۱.

فرهادی، هادی؛ اسماعیلی، علی؛ نجف زاده، محمد. (۱۴۰۰). توسعه‌ی یک روش داده‌کاوی درخت تصمیم جهت شناسایی پارامترهای موثر در تعیین قدرت تخریب سیل، نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، ۵۳(۵)، ۱۷۶۳-۱۷۸۰.

مرتضایی فریزه‌ندی، قاسم؛ کهندل، اصغر (۱۳۹۴). بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر منابع آب‌های زیرزمینی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، مطالعه موردی: چهارمحال بختیاری، نشریه علوم و مهندسی آب‌خیزداری ایران، سال ۹، شماره ۳۱، ۱-۱۰.

نصرالهی، محمد؛ ممبنی، مریم؛ ولی‌زاده، سارا؛ خسروی، حسن (۱۳۹۳). بررسی تأثیر روند تغییرات کاربری اراضی/ پوشش زمین بر وضعیت منابع آب زیرزمینی، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، مطالعه موردی: دشت گیلانغرب، فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ۲۳، شماره ۹، ۸۹-۹۷.

Ansari, M., Jabbari, I. & Sargordi, F. (2023), The effect of water resources on spatial and temporal change of soil salinity in Izdkhast playa, Fars Province, Iran. Environ Monit Assess 195, 63. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10678-5>

Del Frate, F., Schiavon, G. and Solimini, C. (2005), Change Detection in Urban Areas with QuickBird Imagery and Neural Networks Algorithms, 5th International Symposium, Remote Sensing of Urban Areas, Tempe, Arizona, USA.

Jensen, J. R. (2005). Introductory Digital Image Processing, A Remote Sensing Perspective (3rd Ed.), Upper Saddle River, New Jersey, Pearson Prentice Hall.

Lizarazo, I. (2006), Urban Land Cover and Land Use Classification Using High Spatial Resolution Images and Spatial Metrics, Proceedings of the 2nd Workshop of the EARSeL SIG on Land Use and Land Cover, pp. 292-298.

Otukei, J.R., Blaschke, T. (2010). Land cover change assessment using decision trees, support vector machines and maximum likelihood classification algorithms, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 12(1), 527-531. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2009.11.002>

Pal, M., Mather, P.M. (2003). An Assessment of the Effectiveness of Decision Tree Methods for Land Cover Classification August 2003, Remote Sensing of Environment, 86(4):554-565. DOI: [10.1016/S0034-4257\(03\)00132-9](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00132-9)

Vito, F. U.; Raffaele, G. & Nicola, L. (2003). A Fuzzy Knowledge-Based Decision Support System for Groundwater Pollution Risk Evaluation. Environmental Management, 73(3), 189-197.

بررسی تهدیدها و چالش‌های تالاب میقان

Investigating the threats and challenges of The Mighan wetland

^۱ زهرا رنجبرباروق ، ^۲ زهرا حاجی کریمی دولابی

^۱ دانش‌آموخته دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه خوارزمی ، z.ranjbarbarough@yahoo.com

^۲ دانش‌آموخته دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه تربیت مدرس، elahe.hajikarimi@gmail.com

چکیده

تالاب میقان اراک در مرکز کشور ایران و مجاور کلان شهر اراک در منطقه خشک و نیمه‌خشک قرار دارد و این تالاب با ارزش‌های محیط‌زیستی مفید در معرض تخریب و تهدید شدید قرار دارد. جلوگیری از تخریب و تهدید تالاب میقان نیازمند ارزیابی و شناخت درست از منطقه و ارائه برنامه منطقی جهت دستیابی به توسعه پایدار ضروری می‌باشد. پژوهش حاضر تحلیلی-توصیفی و با استفاده از روش کتابخانه‌ای تهیه شده است. نتایج پژوهش نشان داد، اهمیت تالاب‌ها در اقتصاد و کیفیت زندگی مردم ایران، مورد توجه کافی قرار نگرفته است. عدم آگاهی از ارزش‌ها و کارکردهای تالاب در برنامه‌های توسعه تک بعدی و بخشی‌نگر، آسیب‌های جبران ناپذیری بر پیکره این زیست‌بوم غنی و حساس وارد کرده و در صورت ادامه این فعالیت‌های مخرب، امکان بهره‌مندی نسل‌های آینده از این موهبت خدادادی از دست خواهد رفت. مهمترین تهدیدهای تالاب میقان شامل افزایش جمعیت، شدت خشکسالی و افزایش تقاضا برای آب، گسترش سدسازی، حفر چاه، ورود آلودگی‌ها و معدنکاوی، وضعیت تالاب میقان را با خشکی بیشتر و افزایش بروز گرد و غبار نمکی مواجه کرده است، براین اساس لزوم تدوین برنامه توسعه پایدار در سطح کلان، حوضه و زیر حوضه‌ها اهمیت می‌یابد.

کلمات کلیدی: تهدید، زیست محیطی، تالاب میقان، اراک

تالابها اکوسیستمهای آبی پویا و پیچیده‌ای هستند که نقش مهمی در بقای گونه‌های بی‌شماری از گیاهان و جانوران وابسته به خود ایفا می‌کنند. طبق تعریف کنوانسیون رامسر، تالاب شامل مرداب‌ها، لجن‌زارها، دریاچه‌ها و رودخانه‌ها، آب‌های طبیعی یا مصنوعی اعم از دائمی یا موقت است که آب‌های شیرین، تلخ و شور در آن به صورت راکد یا جاری یافت می‌شوند (برنامه مدیریت جامع تالاب میقان، ۱۳۹۵: ۱).

تالاب‌ها و اکوسیستم‌های آبی کشور سرمایه‌هایی با ارزش‌اند که با حفظ و بهره‌برداری منطقی از آنها، عملکردها و خدماتی فراهم می‌شود که همه در نوع خود بی‌همتا هستند. پالودن و ذخیره آب، تداوم روند چرخه مواد، تعدیل میکروکلیمای منطقه، تنظیم جریان‌های سطحی تغذیه آبخوان‌های زیرزمینی، کنترل سیلاب، حفاظت در برابر طوفان و فرسایش، ترسیب کربن، حاصلخیزی خاک، ایجاد پناهگاه برای انواع گیاهان و جانوران، میزبانی و حفظ نسل پرندگان آبی مهاجر و ساکن، بهره‌برداری معقول و حفظ نسل ماهیان، تأمین منابع آب کشاورزی و تعلیف پایدار دام برای ساکنان و نگهبانان مجاور تالاب‌ها و همچنین در مواردی تأمین صنایع دستی درآمدزای وابسته به تالاب و گردشگری، نقش‌هایی است که نظیر آن را در هیچ یک از زیست بوم‌های روی کره زمین به صورت همزمان و یکپارچه نمی‌توان یافت. بنابراین انسان برای داشتن این زیست بوم‌های ارزشمند باید یاد بگیرد همان‌گونه که تالاب‌ها انواع عملکردها و اجزای زنده و غیر زنده محیط‌زیست را در کنار یکدیگر حفظ و نگهداری می‌کنند، به عنوان عضوی از آن و در کنار آن زندگی کند و به صلاح اوست که این زیست بوم‌ها را حفظ و حمایت نماید. حفظ سیستم‌های پیچیده زیست‌مندان تالاب و عوامل مؤثر در زندگی و زیست آنها، برای رسیدن به هدف سود جستن از منابع بی‌شمار اقتصادی، تفرجگاهی، علمی، ژنتیکی و با انجام مطالعه و شناخت دقیق هر تالاب از نظر زیستی و علمی و نیز شناخت نیازهای ذینفعان و بهره‌برداران و نیز ساکنان تالاب با هدف رفع مشکلات و تهدیدها و تقویت امکانات و ظرفیت‌های آن تالاب، امکان‌پذیر خواهد بود. بدیهی است که بدون اندیشیدن به محیط‌زیست، بهبود و ارتقای کیفیت زندگی انسان‌های ساکن در کنار تالاب‌ها در چارچوب هدف بهره‌وری از این طبیعت آبی امکان‌پذیر نخواهد بود (برنامه مدیریت جامع تالاب میقان، ۱۳۹۵: ۵).

لذا نخستین گام در مدیریت بوم‌شناختی تالاب‌ها تدوین اطلاعات پایه‌ای مانند فاکتورهای زیستی و فیزیکی آنها مانند زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، اقلیم، خاک‌شناسی، هیدرولوژی و ارزیابی و طبقه‌بندی عوامل تهدیدکننده آنها است. بنابراین با ارزیابی، سنتز و تلفیق این اطلاعات، مدیران زیست‌محیطی می‌توانند اولویت‌های حفاظتی را شناسایی کرده و راهکارهای مدیریتی و احیای لازم را برای ای اکوسیستم‌های با ارزش طبیعی اجرایی کنند. تالاب‌های مناطق خشک به واسطه آسیب‌پذیری بالا در برابر تنش‌های اکولوژیکی مانند خشکسالی و نیز عدم آگاهی‌های عمومی از اهمیت و

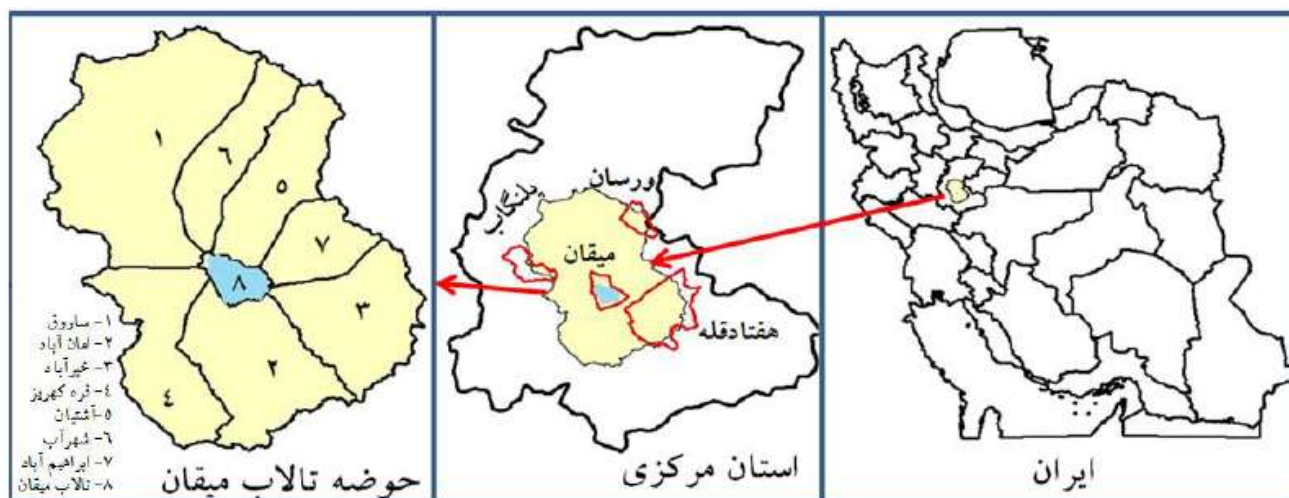
کارکرد آنها به شدت در معرض تهدید قرار گرفته اند (Madjnonian, 2011). حوضه آبریز تالاب میقان اراک به واسطه اهمیت اکوسیستمی و تهدیدهای گسترده زیست محیطی به عنوان یک نمونه مناسب برای ای ارزیابی انتخاب شد. اهداف این پژوهش عبارتند از بررسی تهدیدها در حوضه آبریز با تاکید بر تالاب میقان و ارائه پیشنهاد برنامه مدیریت حفاظتی این اکوسیستم می باشد.

معرفی محدوده مورد مطالعه

تالاب میقان

حوضه آبریز میقان در مرکز فلات ایران و در داخل حوضه دریاچه نمک واقع شده است. در مرکز این حوضه، تالاب میقان قرار دارد. این تالاب در فاصله 10 کیلومتری شمال شرق کلانشهر اراک و در مجاورت شهر داودآباد قرار دارد. تالاب میقان با ارتفاع ۱۶۶۰ متر از سطح دریای آزاد یکی از مرتفع ترین شوره زارهای ایران است و پس از کویر سیرجان (با ارتفاع ۱۶۹۰ متر از سطح دریا)، مرتفع ترین پلائیای داخلی ایران محسوب می شود. مساحت تالاب میقان با توجه به آبهای ورودی به آن از ۸۱۷۸ تا ۱۲۰۱۲ هکتار و محیط آن از ۴۰ تا ۵۱ کیلومتر متغیر می باشد. در دوره مرطوب سال و به هنگام آگیری تالاب، عمق آب در نواحی مختلف آن بین ۱ تا ۱۵۰ سانتی متر در نوسان است و در فصل خشک سال، عموماً آب آزاد تبخیر شده و سطح تالاب در نواحی عمیق تر به صورت باتلاق و در اغلب مناطق به صورت نمکزار مرطوب و در بخش هایی از شمال تالاب به صورت دق های رسی در می آید (۱). از نظر ساختمان زمین شناسی، حوضه میقان از دو واحد بزرگ کوهستانی در حاشیه و دشت رسوبی در بخش میانی تشکیل شده است. در نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ منطقه، حوضه میقان به صورت سیستم گرابنی دیده می شود که در امتداد دو گسل، فرو افتاده است. علت بسته شدن و استقلال حوضه، چین خوردن و بالا آمدن نهشته های زمان پلیوسن حاشیه شرق حوضه و همزمان فرو افتادن دشت میانی در اثر رخداد تکتونیکی پاسادین در عهد پلیستوسن (۷۰۰ هزار سال قبل) است. ته نشست های این دوره شامل آبرفت های قدیمی، آبرفت های جوان، کفه های رسی و نمکی است که سطح نسبتاً پهنای از حوضه را فرا گرفته است (قهرودی تالی و همکاران، ۱۳۹۱: ۹۹). میانگین بارندگی سالانه حوزه آبخیز تالاب میقان ۲۸۷ میلی متر و میانگین تبخیر سالانه ۲۰۳۶ میلی متر است. از نظر اقلیمی طبق طبقه بندی دوما رتن اقلیم منطقه نیمه خشک و طبق طبقه بندی آمبرژه از نوع خشک سرد می باشد (انصاری، ۱۳۹۵). مساحت حوضه آبخیز تالاب میقان معادل ۵۵۲ هزار هکتار است که از ۷ زیر حوضه تشکیل شده است. زیر حوضه ها در شمال، شرق، جنوب و غرب تالاب واقع شده اند. به طوری که تالاب در وسط این زیر حوضه ها قرار دارد (شکل ۱). رودخانه های امان آباد، ساروق و کرهرود تامین کننده حدوداً

60 درصد ورودی تالاب و 40 درصد آب تالاب نیز از طریق رودخانه های خیرآباد، ابراهیم آباد، شهرآب و آشتیان است (وزارت جهاد کشاورزی، 1385). در شکل (1) شماره گذاری آبخیزها بر حسب مساحت است و آبخیز شماره 8 بر پهنه اکولوژیکی تالاب منطبق است. در شکل (1) اکوسیستم های با ارزش آبی و خشکی حوضه تالاب میقان شامل منطقه حفاظت شده هفتادقله اراک، مناطق شکار ممنوع تالاب میقان اراک، ورسان آشتیان و پلنگاب خنداب ارایه شده است (انصاری، 1395). سالهای اخیر به دلیل برداشت ماده معدنی سولفات سدیم از جزیره مرکزی تالاب و عدم برگشت باطله های آن به نواحی برداشت شده، این بخش از تالاب به مساحت تقریبی 200 هکتار، به صورت دریاچه دائمی درآمدن است. همچنین قسمت جنوبی تالاب به دلیل ورود پساب تصفیه خانه فاضلاب شهر اراک، دارای دبی ورودی دائمی می باشد (میانگین دبی ورودی سال 1394 برابر با 725 لیتر بر ثانیه بوده است) و تحت تأثیر این پساب، تقریباً 25 درصد از کل مساحت تالاب میقان، در ناحیه جنوب و جنوب شرقی تالاب به صورت باتلاق دائمی و در مصب ورودی پساب به تالاب به صورت نیزار درآمدن است. منابع تأمین آب تالاب را بارش های جوی، آب مسیل های ورودی از زیرحوضه های هشتگانه، چشمه های پراکنده در بستر دریاچه و پساب تصفیه خانه فاضلاب اراک تشکیل می دهند (برنامه مدیریت جامع تالاب میقان، 1395: 7). حوضه آبریز تالاب میقان خاک های لومی شنی، سیلتی، لومی رسی و رسی دیده می شود. خاک زیستگاه در مجاورت دریاچه به استثنای شمال شرقی آن دارای املاح زیاد است. برخی شوری خاکهای منطقه تالاب میقان را ناشی از کلر، بی کربنات و سولفات و برخی شوری را ناشی از کلر، سولفات و گچ و شوری خاکهای منطقه را ناشی از وجود سولفات و گچ دانسته اند (Zehtabian and et al, 2010: 535).



شکل (1) موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز و زیرحوضه های تالاب میقان

یافته‌های پژوهش

تهدیدهای پیش‌روی تالاب میقان

رشد جمعیت

عوامل اقتصادی و اجتماعی سبب ایجاد سطح خاصی از نیاز و تقاضا می‌شود. تقاضا سبب بهره‌برداری نادرست از منابع پایه سرزمین (آب و خاک) می‌شود. نیازهای جمعیت رو به رشد نیروی محرکه‌ای محسوب می‌شوند که فشارهایی بر منابع پایه سرزمین وارد می‌کنند (آل محمد و همکاران، 1393). منبع اصلی درآمد ساکنین روستاهای حاشیه تالاب کشاورزی و دامداری و در شهر داودآباد دامپروری و کشاورزی است. سهم بخش کشاورزی، صنعت و خدمات به ترتیب ۲۳، ۳۶ و ۴۱ درصد می‌باشد. عمده سهم بخش کشاورزی مربوط به روستاییان و عمده بخش صنعت و خدمات مربوط به شهرنشینان است (سالنامه آماری، ۱۳۹۳). به دلیل استفاده بی‌رویه و غیر بهره‌ورانه از منابع سرزمین سبب بی‌توجهی به سایر ظرفیت‌های توسعه منطقه شده است. تولید کشاورزی بیشتر به شیوه تولید سنتی متکی است بیشتر اراضی کشاورزی به صورت خرده مالکی کشت می‌شود که این موضوع مانع توسعه تکنولوژی و سبب توسعه و تداوم شیوه تولید سنتی شده است، و این نوع تولید غیر اقتصادی تر می‌شود. سیاست‌های حمایتی از جمله توزیع نهاده‌های کشاورزی به ویژه آب سبب افزایش تقاضا و مصرف بی‌رویه و نادرست شده است. بر این اساس عدم آمایش صحیح سرزمین و تخریب سرزمین به عنوان نیروی محرکه توسعه ناپایدار تلقی می‌شود (آل محمد و همکاران، ۱۳۹۳).

سدسازی بی‌رویه

به نظر می‌رسد سدسازی با به اسارت کشیدن رودها یکی از علت‌های خشک شدن تالابها است احداث سد عامل افزایش مصرف و تقاضای آب می‌شود. بر اساس گزارش جهاد کشاورزی حتی در سالهای خشکسالی تولیدات کشاورزی سیر صعودی داشته است. در حوزه تالاب میقان 7 زیر حوزه مهم به نامهای ساروق، امان‌آباد، خیرآباد، قره کهریز، آشتیان، شهرآب و ابراهیم‌آباد وجود دارد، که فاقد رودخانه دایمی است. ۲۷۰ بند خاکی ساخته شده در حوزه تالاب میقان وجود دارد این سدها مانع ورود آب به تالاب میقان اراک شده است. بر روی رودخانه قره کهریز بیش از ۵۰ بند خاکی وجود دارد. مهمترین بندهای خاکی، سنگ و سیمان حوزه تالاب میقان شامل: سد دینه کبود، سد کلاله سنجان، سدکشه، سد نوازن، سد امان‌آباد، خیرآباد، سدهای دره گردو و ... که سبب خشک شدن رودخانه‌های اصلی ورودی به تالاب شده‌اند.

معدن کاوی در تالاب

در این تالاب بزرگترین ذخیره معدنی سولفات سدیم با بیش از ۴۵ میلیون تن وجود دارد، که نزدیک به ۳ دهه است از آن بهره‌برداری صنعتی صورت می‌گیرد. به این صورت که با احداث جاده‌های به طول ۴ کیلومتر از حاشیه غربی به جزیره داخل تالاب دسترسی یافته‌اند و مواد معدنی را از داخل جزیره به کارخانه فرآوری در حاشیه غربی تالاب منتقل می‌نمایند (شکل ۲). این فعالیت تأثیرات مخربی بر تالاب داشته است از جمله جاده‌کشی سبب قطع ارتباط اکولوژیکی و هیدولوژیکی شمال و جنوب تالاب شده به طوریکه در اکثر مواقع قسمت شمالی تالاب خشک‌تر از قسمت جنوبی تالاب شده است و جریان چرخشی آب تالاب را مختل نموده است. جاده تالاب را به محیط آرام و مستعد تبخیر تبدیل نموده است و ارتباط تالاب در دو طرف جاده تنها از طریق لوله بتنی امکان پذیر است (شکل ۳) که این امر مانع جریان آب ورودی به تالاب در دو طرف جاده می‌شود و بعنوان یک تهدید زیست محیطی بر آینده تالاب محسوب می‌شود. همچنین برداشت مواد معدنی با این شیوه، حجم و عمق زیاد برداشت سبب تخریب و برهم خوردن زیاد سطح دریاچه شده و تبخیر آب در فصول گرم افزایش یافته است. با مقایسه تصویر ماهواره‌ای دهه ۷۰ با دهه ۹۰ نشان از افزایش زیاد سینه کار معدنی شده است و برداشت سالانه ۱۰۰ هزار تن مواد معدنی از تالاب سبب افزایش وسعت خشکی و کاهش سطح آبگیر تالاب شده است (انصاری، ۱۳۹۵).



شکل (۲) احداث جاده در تالاب میقان



شکل (۳) ارتباط تالاب در دوطرف جاده از طریق لوله بتنی

ورود پساب تصفیه خانه شهر اراک به تالاب

تصفیه خانه فاضلاب شهری اراک در مجاورت تالاب قرار گرفته و دارای سه واحد تصفیه است. این سه واحد تصفیه خانه اراک جمعا ۶۵/۰۰۰ متر مکعب فاضلاب شهری را در شبانه روز تصفیه و وارد تالاب میقان می نماید (شرکت آب و فاضلاب اراک، ۱۳۹۳). براساس نتایج آزمایشگاه معتمد محیط زیست در ۱۳۹۳ و تطبیق با استاندارد مشخص شد میزان BOD ۳ برابر استاندارد و COD بیش از ۳ برابر استاندارد است و میزان مواد جامد معلق ۲/۵ برابر استاندارد است ورود فاضلاب با این کیفیت به تدریج تالاب را به مخزن آلاینده محیط زیست برای انسان و سایر موجودات خطرناک مبدل می کند. میزان COD ورودی به تالاب ۱۹۶ میلی گرم در لیتر و با توجه به این که روزانه ۶۵۰۰۰ مترمکعب فاضلاب وارد تالاب می شود روزانه ۱۲/۷۴ تن مواد شیمیایی آلاینده وارد محیط آبی تالاب می شود. با توجه به مساحت تالاب برابر ۱۱۳۳۸ هکتار پیش بینی می شود با ورود فاضلاب شهر اراک بعد از ۲۰ سال منبع آبی در تالاب وجود نخواهد داشت. همچنین پساب های کشاورزی و شیمیایی شهرک های صنعتی خیرآباد، ایبک آباد و فرمهین و شیرابه مکان دفن زباله شهر اراک و سایر مناطق مسکونی وارد تالاب می شوند.

ورود باطله های معدنی به تالاب

حجم تولید باطله ها به صورت خشک در شرکت املاح برابر ۱۷۰۰۰۰ تن در سال و میزان تولید سولفات سدیم به طور متوسط سالیانه ۱۲۰ هزار تن است. میزان مصرف فلوکولانت در فرایند تولید سولفات سدیم نیز ۱۰۰ گرم به ازای هر تن سولفات سدیم می باشد. بنابراین، ۱۲ تن در سال فلوکولانت به همراه باطله های معدنی وارد تالاب می شود. در طول ۱۴ سال فعالیت، محل تخلیه باطله ها، مخروطی به ارتفاع ۴ متر و شعاع قاعده ۳۶۰ متر را تشکیل داده است. ورود این میزان باطله های معدنی شرکت معدنی املاح از قسمت غربی به داخل تالاب سبب تغییر در ترکیبات،

مورفولوژی، میزان و جهت شیب سطح دریاچه شده است که با ادامه این روند سبب کاهش تدریجی عمق آب دریاچه از قسمت شرق به غرب می شود. همچنین با تغییر جریان های هیدرولوژی سطح تالاب و پیشروی آب تالاب به اراضی حاشیه

شرقی تالاب سبب خشک شدن پوشش گیاهی و کاهش حاصلخیزی اراضی و افزایش مناطق کویری و گردوغبار نمکی می شود.

خشکسالی

عوامل طبیعی به ویژه عامل اقلیمی تاثیر بر کیفیت منابع سرزمین (آب و خاک) مورد نیاز جمعیت می گذارد. بی نظمی و کاهش بارندگی و افزایش دما به عنوان نیروی محرکه سبب فشار بیشتر بر منابع پایه (آب و خاک) می شود. یکی از پارامترهای مهم و موثر در متوسط بلند مدت آبدهی حوضه میقان دوره های تر سالی و خشکسالی است. از سال ۱۳۶۵ تاکنون چهار دوره خشکسالی و دو دوره تر سالی مشاهده می شود. دوره خشکسالی اول از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۰ و دوره دوم از سال ۱۳۷۵ تا ۱۳۷۸ و دوره سوم از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۸ و دوره چهارم از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۴ و دوره پنجم از سال ۱۴۰۰ می باشد. دوره دوم شدیدترین خشکسالی به وقوع پیوسته طی ۹۰ سال گذشته است. این دوره ها سبب کاهش شدید آب موجودی تالاب میقان شد. دوره چهارم خشکسالی خفیف بوده است، به طوریکه در سال زراعی ۹۵-۹۴ وضعیت خشکسالی در تالاب میقان در حد نرمال بود (اداره کل هواشناسی استان مرکزی، ۱۳۹۵).

افزایش بیابانی و کویرزایی منطقه

وجود فراوانی سازندهای تبخیری تخریبی و مارنی جوان و گنبد های نمکی از عوامل بیابانزایی است. پیشروی تالاب میقان اراک و کاهش سطح مراتع و افزایش سطح اراضی کشاورزی کم بازده از معضلات گسترش بیابانزایی در منطقه شده است. در فصول پر باران املاح و مواد حاصل از تخریب و فرسایش سازندهای حاشیه حوضه از جمله سازندهای شمال و شمال شرق حوضه به پلایا تخلیه شده و دریاچه موقتی به عمق حداکثر یک متر ایجاد می کند و با تبخیر شدید در فصل گرم سبب تشکیل رسوبات تبخیری در سطح و پیش روی تالاب یا کویر میقان می شود. ۲۷/۶۰ هکتار از حوضه ۴۷ / درصد با مساحت ۱۵۱۶۶۰/۷۸ هکتار از حوضه را مناطقی با بیابانزایی کم و ناچیز در بر گرفته که بیشتر می شود.

ارتفاعات را در حاشیه حوضه شامل می شود. کلاس بیابانزایی متوسط بیشتر مربوط به فلات ها و مخروط افکنه ها معادل ۴۶/۷۴ درصد برابر ۲۵۶۸۷۰/۵۲ هکتار از مساحت حوضه می شود. دشت های دامنه ای و آبرفتی، سازندهای تبخیری و تخریب مارنی کلاس بیابانزایی شدید با مساحت ۸۱۱۴۲/۵۴ هکتار معادل ۱۴/۷۶ درصد مساحت حوضه

می‌باشد. کلاس بیابان‌زایی خیلی شدید در اراضی سیلابی و اراضی پست واقع در مرکز حوضه می‌باشد. این منطقه شامل کویر از جمله قشر نمکی، پهنه گلی، رسی و اراضی سیلابی حاشیه کویر با وسعت ۵۹۹۰۶/۱۱ هکتار برابر ۱۰/۹۰ درصد مساحت حوضه با یک کشیدگی با روند شمالغربی - جنوبشرقی در مرکز حوضه می‌باشد (خانجانی و همکاران، ۱۳۹۰).



شکل (۴) وجود نمک بر سطح تالاب میقان

جدول (۱) تهدیدات و مشکلات پیش روی تالاب میقان

تهدید	توضیح
رقابت بر سر استفاده و تخصیص منابع آب	توسعه روزافزون کشاورزی و صنعت باعث افزایش رقابت بر سر استفاده از آب و کاهش حقایقه تالاب می شود
آلودگی آب و خاک	ورود پساب تصفیه خانه فاضلاب اراک که به دلیل عدم تفکیک فاضلاب صنعتی از شهری و وجود صنایع مادر (آلومینیوم سازی، ماشین سازی، آذراب و ..) دارای فلزات سنگین است؛ ورود پساب های کشاورزی آلوده به سموم و کودهای شیمیایی؛ دفن غیراصولی زباله روستایی؛ تخلیه نخاله های ساختمانی در اطراف تالاب؛ انداختن لاشه دام های تلف شده.
کاهش جریان های آب ورودی	احداث بندهای خاکی متعدد در حوضه آبریز بالادست و وقوع خشکسالی بر منابع آب حوضه آبریز و آب ورودی به تالاب تأثیر گذار بوده است
کاهش جریان های آب زیرزمینی	بهره برداری بیش از حد از منابع آب زیرزمینی در اراضی کشاورزی و نواحی صنعتی اطراف تالاب
بیابان زایی و فرسایش بادی	مناطق شمالی تالاب کانون بحرانی فرسایش بادی هستند؛ به هنگام وزش بادهای شدید این مناطق و سایر مناطق حاشیه ای و نیز بخش های خشک تالاب و محل دپوی باطله های کارخانه املاح؛ به چشمه های تولید ریزگرد تبدیل می شوند
تغییرات اقلیمی	تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی موجب افزایش تبخیر و تعرق و نهایتاً کاهش منابع آب تالاب می شود؛ سرمای بیش از حد هوا در برخی سالها (مثل زمستان ۱۳۸۶ که حداقل مطلق دما به ۳۱- درجه سانتیگراد رسید) و باعث تلف شدن پرندگان مهاجر می شود

نتیجه گیری

مقایسه وضعیت گذشته و موجود تالاب میقان، تصویر ناپایداری برای آینده آن را ترسیم می کند. جایگاه انسان در تخریب این سرزمین، مسلم، کلیدی و انکارناپذیر است. خشکسالی نیز بر سرعت و شدت این تخریب افزوده است. نیروهای محرکه تخریب سرزمین تالاب میقان شامل: رشد سریع جمعیت شهری و در عین حال اشتغال عمده روستاییان به کشاورزی، سواد کم و سن بالای کشاورزان، فقدان برنامه ریزی صحیح برای تأمین نیازهای جمعیت و از جمله اشتغال،



مدیریت نادرست و ناپایدار منابع آب به ویژه با رویکرد حفر چاه و سازهای، تصدی گری و تسهیل گری دولت در توزیع نهاده های کشاورزی به ویژه آب، یارانه های پنهانی دولت در بخش آب (قیمت نگذاشتن صحیح منابع آب) و در نهایت مشارکت نکردن برای مدیریت یکپارچه اراضی کشاورزی که ناشی از نبودن پیش شرطهای مشارکت (اقتصاد تکیه دولت بر درآمدهای نفتی) در ایران است .همچنین، مهمترین فشارهای خشکسالی و فعالیت انسان در سرزمین تالاب میقان شامل: احداث جاده معدن در تالاب، سدسازی های بیرویه، تغییر و تبدیل کاربری ها، تغییر الگوی کشت، کمبود بازده آبیاری، حفر بیرویه چاهها و استحصال بیرویه و غیراصولی از معدن سولفات سدیم و کاهش بارندگی و افزایش دما این فشارها در نهایت به چیره شدن بازخورهای مثبت و تشدید روند قهقراپی در سرزمین تالاب میقان منجر شده است. به منظور بهبود وضعیت تالاب میقان ضروری است که برنامه برای تحقق توسعه پایدار در تالاب میقان مورد اجرا قرار گیرد و در این راستا برنامه پیشنهادی برای تحقق توسعه پایدار در تالاب میقان عبارتند از:

- ۱- تهیه و تکمیل و بازنگری برنامه های آمایش سرزمین منطقه
- ۲- اجرای برنامه مدیریت زیست بومی تالاب میقان
- ۳-نهایی کردن حریم تالاب و پهنه اکولوژیکی
- ۴-رفع موانع و لایروبی رودخانه های حاشیه تالاب
- ۵-اصلاح و بهسازی جاده معدن برای بهبود جریان آب براساس مقتضیات اکولوژیکی تالاب
- ۶-حذف فعالیتهای غیرمجاز: معدنکاوی غیر اصولی، ساخت و ساز، کشاورزی صنعت و حفر چاه
- ۷-برنامه ریزی حفاظت تالاب و پهنه اکولوژیکی با مشارکت مردم به منزله حقوق بگیر
- ۸- تقویت آبهای زیرزمینی با ساماندهی جدی وضعیت چاهها و احیای قناتها با اولویت زیرحوضه های (امان آباد، ساروق، قره کهریز، شهرآب، آشتیان، خیرآباد، ابراهیم آباد)
- ۹- ارتقای بازده آبیاری، حذف کشت آبی در اراضی فاقد توان اکولوژیکی بالقوه با اولویت زیرحوضه ها
- ۱۰- بازیافت، بازگردانی و استفاده مجدد از پسابهای شهری و صنعتی و کشاورزی با اولویت زیرحوضه ها
- ۱۱- مدیریت بایستی به صورت غیرمتمرکز به پایین ترین سطح مناسب منتقل شود. مدیریت باید هم در مرحله برنامه ریزی و هم در مرحله اجرا، همه گروه های ذینفع، به ویژه جوامع محلی را به مشارکت و همکاری فراخواند. در تنظیم و تدوین اهداف راهبردی، مردم باید در قانون توجه قرار گیرند.

مراجع

- استاندارداری مرکزی . 1390. مطالعات آمایش سرزمین استان مرکزی.
- انصاری، ا. 1394. پهنه بندی پدیده گردوغبار در استان مرکزی. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست .
- انصاری، ا. 1395. شناسایی کانونهای برداشت و عوامل موثر در بروز طوفانهای گرد و غبار در منطقه تالاب کویری میقان اراک. دانشگاه اراک.
- انصاری، ا. 1386. ارزیابی اکولوژیک تالاب میقان به عنوان زیستگاه زمستانه درنای خاکستری. پایاننامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.
- اداره کل حفاظت محیط زیست استان مرکزی . 1395. برنامه مدیریت جامع تالاب میقان اراک. <http://markazi.doe.ir>
- اداره کل هواشناسی استان مرکزی . 1395. گزارش ایستگاه هواشناسی اراک <http://markazimet.ir>
- آل محمد، س.؛ یآوری، ا. ر.؛ صالحی، ا. و زبردست، ل. 1393. به کارگیری ارزیابی راهبردی محیط زیست به منظور تدوین سیاست های برنامه توسعه پایدار
- دریاچه ارومیه. محیط شناسی، شماره 4، صص ۶۶۷-۶۴۵.
- برنامه مدیریت جامع تالاب میقان، ۱۳۹۵
- خانجانی، م.؛ قدیمی عروس محله، ف. و هاشمی، ع. ا. ۱۳۹۰. پدیده های زمین شناسی موثر در بیابانزایی و گسترش تالاب میقان اراک و راهکارهای مقابله با آن. دومین همایش ملی مقابله با بیابانزایی و توسعه پایدار تالابهای کویری ایران. ص 61.
- خطیبی، ع.؛ دانهکار، ا.؛ پورابراهیم، ش. و وحید، م. ۱۳۹۴. معرفی مدل DPSIR و قابلیت کاربرد آن در تصمیم گیریهای محیط زیستی. فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۳۵، ۷۹-۶۵.
- قهرودی تالی، م. میرزاخانی، ب. عسگری، آ. ۱۳۹۱. پدیده کویرزایی در تالابهای ایران، جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۴، صص ۹۷-۱۱۱.

-EEA. 1999. Environmental indicators: Typology and overview, Technical Report, 25,

EEA, Copenhagen, Denmark.

-Elliott, M. 2002. The role of the DPSIR approach and conceptual models in marine environmental management: an example for offshore wind power. *Marine Pollution Bulletin* 44: 3-7.

-Elliott, M. 2011. Marine science and management means tackling exogenic unmanaged pressures and endogenic managed pressures a numbered guide. *Marine Pollution Bulletin*. 62:651–655.

-Elliott, M.; Burdon, D. & Hemingway, K. 2006. Marine Ecosystem Structure, Functioning, Health and Management and Potential Approaches to Marine Ecosystem Recovery: A Synthesis of Current Understanding. CCW Policy Research Report No. 6(5)

-FAO Water Reports. 2008. Irrigation in Middle East Region in Figure AQUASTAT Survey.

-Gregory A. J.; Atkins J. P.; Burdon, D. & Elliot. M. 2005. A problem structuring method for ecosystem-based management: The DPSIR modeling process. *European Journal of Operational Research*. 227:558-569

-Namaalwa S.; Van dam. A. A.; Funk. A.; Ajie G. S. & Kaggwa. R. C. 2013. A characterization of the drivers, pressures, ecosystem functions and services of Namatala wetland, Uganda, *Environmental science and policy*. 34:44-57.

-Ness, B.; Anderberg, S. & Olsson, L. 2010. Structuring problems in sustainability science: the multi-level DPSIR framework. *Geoforum*. 41: 479–488.

-Rounsevell, M.; Dawson, T. & Harrison, P. 2010. A conceptual framework to assess the effects of environmental change on ecosystem services. *Biodivers. Conserv.* 19: 2823–2842.

-Saadati, S.; Motevallian, S.; Rheinheimer, D. E. & Najafi, H. 2013. Indicators for sustainable management of wetland ecosystems using a DPSIR approach: A case study in Iran.

-Shao, C.; Guan, Y.; Chu, C.; Shi, R.; Ju, M. & Shi, J. 2014. Trends analysis of Ecological Environment Security based on DPSIR MODEL IN THE Coastal zone: A survey study in Tianjin, China. 2014. *International journal of Environment Research*. 8(3): 765-778

-Svarstad, H.; Kjerulf Petersen, L.; Rothman, D.; Sieple, H. & Wätzold, F. 2008. Discursive biases of the environmental research framework DPSIR. *Landuse policy* 25:116-125.

-Tscherning, K.; Helming, K.; Krippner, B.; Sieber, S. & Paloma, S. Gy. 2012. Does research applying the DPSIR framework support decision making? *Land Use Policy*. 29: 102–110.

بررسی توانمندی ها و کاربری های ژئوتوریسمی شهرستان دماوند با بکارگیری روش GAM Investigating geotourism capabilities and uses of Damavand city by using GAM method

^۱امیر صفاری، ^۲فاطمه یادگاری

^۱دانشیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه خوارزمی، saffari@khu.ac.ir

^۲دانشجوی کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی دانشگاه خوارزمی، f.yadegary95@ut.ac.ir

چکیده

ژئوتوریسم بخشی از توریسم طبیعی است که تکیه بر منابع طبیعی و زمین شناسی دارد. ژئوسایت ها و ژئومورفوسایت ها به عنوان زیربنای تنوع زمین شناختی همیشه مدنظر گردشگران ژئومورفولوژی و زمین شناسی بوده است. از این رو برای ارزیابی توانمندی ها و کاربری های ژئوتوریسمی یک منطقه و یا قابلیت سنجی توریستی ژئوپارک ها، در ایران و جهان محققین همواره به دنبال ارزیابی ژئوسایت ها و ژئومورفوسایت های آن منطقه بوده اند. ژئوتوریسم راهکاری نوین برای تبیین علوم زمین و شناخت سرمایه های طبیعی هر منطقه است؛ این راهکار، علاوه بر ایفای نقش آموزشی و علمی، سبب توسعه ی گردشگری و ارائه ی راهبردهایی برای توسعه ی پایدار در مناطق ژئوتوریسمی می شود. بر این اساس معرفی برخی لند فرم های ژئوتوریسمی شهرستان دماوند جزو اهداف اصلی این پژوهش تعیین گردید. روش انجام این تحقیق، توصیفی تحلیلی با استفاده از روش GAM بوده است. نتایج ارزیابی ها نشان میدهد که دریاچه تار با ارزش نهایی ۱۶.۷۵ در رتبه اول، چشمه اعلاء با ارزش نهایی ۱۳.۷۵ در رتبه دوم، آبشار آیینه رود با ارزش نهایی ۸.۷۵ در رتبه سوم و غار رودافشان با ارزش نهایی ۷.۲۵ در رتبه آخر قرار دارد. شناساندن این مناطق به بازارهای گردشگری از طریق افزایش سطح تبلیغات و معرفی توانمندی های منطقه، اصلاح نوع نگرش مردم به گردشگری و نحوه گذران اوقات فراغت، ایجاد امکانات و زیر ساخت های مناسب برای گردشگران و برنامه ریزی جهت ارتقای شاخص های گردشگری و حفاظتی از مهم ترین عواملی است که میتوان برای جذب بیشتر گردشگر در این ژئوسایت ها مطرح کرد.

واژگان کلیدی: ژئوتوریسم، روش GAM، شهرستان دماوند، ژئومورفوسایت

مقدمه

امروزه، نقش و اهمیت صنعت گردشگری بیش از پیش در هر کشوری توسعه یافته است و همه‌ی کشورها می‌کوشند تا از این صنعت به میزان زیاد بهره‌برداری کنند؛ به گونه‌ای که این صنعت یکی از شاخص‌های مهم توسعه یافتگی به شمار می‌رود (الینیکس، ۲۰۰۹: ۷). شناخت چگونگی و چرایی تحولاتی که در فعالیت گردشگری رخ می‌دهد، عواملی که مردم را به سفر کردن ترغیب می‌کند و تاثیراتی که الگوهای مختلف گردشگری بر جوامع میزبان و مقصد‌های گردشگری ایجاد می‌کنند، همگی مورد اهمیت و توجه می‌باشند (دادورخانی و دیگران، ۱۳۹۴: ۷). در دهه‌های اخیر، سازمان جهانی گردشگری در زمینه مباحث گردشگری پیشرو بوده است. طی دهه‌های گذشته، در زمینه‌ی ارائه‌ی تعاریف مناسب گردشگری، کنفرانس بین‌المللی مسافرت و گردشگری سال ۱۹۹۱ در اتاوا بر سایرین، اقدامات برتری داشته است. در این کنفرانس تعاریف تخصصی گردشگری مورد بازنگری، بسط و توسعه قرار گرفت و سرانجام تعریفی ارائه گردید: فعالیت‌های فردی که، برای کمتر از یک دوره زمانی خاص، به خارج از محیط معمول زندگی خود سفر می‌کند و هدف اصلی وی از مسافرت، انجام اعمالی غیر از کسب سود از مکان مورد بازدید است (دادورخانی و دیگران، ۱۳۹۴: ۳۳). ژئوتوریسم، شاخه‌ی جدیدی از گردشگری مسئولانه است که با هدف حفاظت از میراث زمین و همچنین ارتقای سطح زندگی جوامع بومی، حفظ ارزش‌های فرهنگی و توسعه اقتصادی، بر استفاده از جاذبه‌های زمین شناختی و ژئومورفولوژیکی تأکید می‌کند. مجموعه‌ی میراث ژئومورفولوژیکی، فرهنگی و گردشگری ژئوتوریسم در قالب مکان‌هایی نمایان شده است که با عنوان ژئومورفوسایت از آنها یاد می‌شود. ژئومورفوسایت‌ها، لندفرم‌هایی هستند که در طی زمان، به خاطر آگاهی‌های انسانی، ارزش‌های خاصی یافتند؛ بنابراین، زمینه‌ی لازم برای توسعه‌ی فعالیت‌های گردشگری و زیرساخت‌های ویژه در یک منطقه را ایجاد کردند و در شناخت تاریخ زمین‌شناسی و تکامل زمین‌شناسی یک منطقه حائز اهمیت بسیاریند (سلمانی و دیگران، ۱۳۹۴). در سال‌های اخیر ژئوتوریسم اهمیت ویژه‌ای در مباحث مرتبط با توسعه پایدار پیدا کرده است. در این میان از جمله لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی با قابلیت ژئوتوریسمی از قبیل آبشارها، دریاچه‌ها، چشمه‌ها و غارها در شهرستان دماوند قابل مشاهده می‌باشند.

مواد و روش‌ها

شهرستان دماوند یکی از شهرستان‌های استان تهران است. دارای مساحتی معادل ۱۹۳۲ کیلومتر مربع و ارتفاع از سطح دریا برابر با ۲۳۰۰ متر است. در طول جغرافیایی ۳۵.۷۱۷۸ و عرض جغرافیایی ۵۲.۰۶۵ واقع شده است. از جمله شهرهای این شهرستان، شهر رودهن، شهر دماوند، شهر آبسرد، شهر آبعلی و شهر کیلان می‌باشد. شهرستان دماوند از نظر موقعیت طبیعی، در منطقه‌ای کوهستانی است که در قسمت جنوبی سلسله جبال البرز مرکزی و در قسمت شمال شرقی استان تهران واقع شده است. از شمال به شهرستان آمل، از جنوب و جنوب شرقی به گرمسار و ورامین و

از شرق به شهرستان فیروزکوه و از غرب به تجریش تهران و شمیران و لواسانات محدود است. این استان جاذبه های ژئوتوریسمی زیادی را از جمله آبشارها، چشمه ها، دریاچه ها و غار ها در خود جای داده است. در این پژوهش ابتدا برخی از لندفرم های ژئومورفولوژیکی با استفاده از مطالعات کتابخانه ای، عکس های هوایی، تصاویر ماهواره ای، پیمایش های میدانی و مصاحبه، شناسایی و محدوده ی آن ها تعیین گردید. سپس با بهره گیری از روش GAM^{116} ، پتانسیل های گردشگری لندفرم ها مورد بررسی قرار گرفتند. GAM روش ارزیابی فیزیکی ژئومورفوسایت های اولیه برای سنجش برنامه ریزی و مدیریت پایدار مکان های دارای میراث طبیعی و تبدیل آن ها به مقاصد گردشگری است. این روش، از دو ارزش اصلی و مکمل تشکیل شده است. ارزش های اصلی شامل ارزش های علمی و آموزشی، ارزش های زیبایی و منظره ی دید و ارزش های حفاظتی است و ارزش های مکمل نیز شامل ارزش های عملکردی و ارزش های گردشگری می باشند. هر کدام از این ارزش ها دارای زیر معیار هایی نیز هستند که در جدول شماره ۱ مشاهده می شود. در مجموع، ۱۲ زیرشاخص در ارزش های اصلی و ۱۵ زیرشاخص در بخش ارزش های مکمل برحسب اهمیت از صفر تا یک ارزیابی می شوند.

جدول شماره ۱- ارزش های اصلی و مکمل بر اساس روش GAM

ارزش های اصلی					
ارزش های علمی و آموزشی					
شاخص	۰	۰.۲۵	۰.۵	۰.۷۵	۱
کمیاب بودن	معمولی	منطقه ای	ملی	بین المللی	پدیده نادر
نمایانگر بودن	وجود ندارد	ضعیف	متوسط	بالا	خیلی بالا
سطح تفسیر و آگاهی	وجود ندارد	سطح متوسط از فرآیند ها، اما برای توضیح گردشگران عادی دشوار است.	نمونه ی خوب از فرآیند ها، اما برای توضیح گردشگران عادی دشوار است.	سطح متوسط از فرآیند ها، اما برای توضیح گردشگران عادی آسان است.	نمونه ی خوب از فرآیند ها، اما برای توضیح گردشگران عادی آسان است.
میزان شناخت و آگاهی از علوم زمین و خود سایت	وجود ندارد	انتشارات محلی	انتشارات منطقه ای	انتشارات ملی	انتشارات بین المللی
ارزش های زیبایی و منظره ی دید					
تعداد نقاط دید	بدون نقطه دید	یک نقطه	۲ تا ۳ نقطه	۴ تا ۶ نقطه	بیش از ۶ نقطه

¹¹⁶ Geosite Assessment Model

سطح ظاهری/ مساحت	کوچک	-	متوسط	-	بزرگ
طبیعت و منظره ی اطراف	خیلی کم	کم	متوسط	بالا	خیلی بالا
تناسب محیطی سایت	نامناسب	-	متوسط (معمولی)	-	مناسب
ارزش های حفاظتی					
وضعیت فعلی	کاملاً آسیب دیده (به وسیله فرایند های انسانی)	آسیب بالا (ناشی از فرایند های طبیعی)	آسیب متوسط (اشکال اصلی حفظ نشدند)	آسیب کم	بدون آسیب
سطح حفاظت	نیست	محلی	منطقه ای	ملی	بین المللی
سطح آسیب پذیری	برگشت ناپذیر (امکان از دست رفتن کل پدیده)	بالا (ممکن است به راحتی صدمه ببیند)	متوسط (ممکن است از طریق فرایند های طبیعی و انسانی صدمه ببیند)	کم (ممکن است از طریق فعالیت های انسانی صدمه ببیند)	نیست
تعداد مناسب بازدید کنندگان	صفر	صفر تا ۱۰ نفر	۱۰ تا ۲۰ نفر	۲۰ تا ۵۰ نفر	بیش از ۵۰ نفر
ارزش های مکمل					
ارزش های عملکردی					
دسترسی	خارج از دسترس	پایین (با پای پیاده و ابزار مخصوص و کارشناسان راهنمای تور)	متوسط (با استفاده از دوچرخه و دیگر ابزار که با قدرت انسان حرکت میکند)	بالا (با ماشین)	خیلی بالا (با اتوبوس)
ارزش های طبیعی مکمل	نیست	۱ مورد	۲ تا ۳ مورد	۴ تا ۶ مورد	بیش از ۶ مورد
ارزش های مربوط به تکامل انسان	نیست	۱ مورد	۲ تا ۳ مورد	۴ تا ۶ مورد	بیش از ۶ مورد
نزدیکی به مراکز انتشار	بیشتر از ۱۰۰ کیلومتر	بین ۵۰ تا ۱۰۰ کیلومتر	بین ۲۵ تا ۵۰ کیلومتر	بین ۵ تا ۲۵ کیلومتر	کمتر از ۵ کیلومتر
نزدیکی به شبکه ارتباطی مهم	نیست	محلی	منطقه ای	ملی	بین المللی
ارزش های عملکردی	نیست	کم	متوسط	بالا	خیلی بالا

دیگر					
ارزش های گردشگری					
سطح تبلیغات و ترویج	نیست	محلی	منطقه ای	ملی	بین المللی
بازدید های سامان یافته	نیست	کمتر از ۱۲ بار در سال	۱۲ تا ۲۴ بار در سال	۲۴ تا ۴۸ بار در سال	بیشتر از ۴۸ بار در سال
نزدیکی به مرکز بازدید کنندگان	بیشتر از ۵۰ کیلومتر	بین ۲۰ تا ۵۰ کیلومتر	۵ تا ۲۰ کیلومتر	۱ تا ۵ کیلومتر	کمتر از ۱ کیلومتر
قالب های تفسیری و آگاهی	نیست	کیفیت کم	کیفیت متوسط	کیفیت بالا	کیفیت خیلی بالا
تعداد بازدید کنندگان	نیست	کم (کمتر از ۵ هزار نفر)	متوسط (۵ تا ۱۰ هزار نفر)	بالا (۱۰ تا ۱۰۰ هزار نفر)	خیلی بالا (بیشتر از ۱۰۰ هزار نفر)
زیر ساخت های گردشگری	نیست	کم	متوسط	بالا	خیلی بالا
خدمات راهنمای تور	نیست	کم	متوسط	بالا	خیلی بالا
سرویس های شبانه روزی	بیشتر از ۵۰ کیلومتر	۲۵ تا ۵۰ کیلومتر	۱۰ تا ۲۵ کیلومتر	۵ تا ۱۰ کیلومتر	کمتر از ۵ کیلومتر
سرویس رستوران	بیشتر از ۲۵ کیلومتر	۱۰ تا ۲۵ کیلومتر	۵ تا ۱۰ کیلومتر	۱ تا ۵ کیلومتر	کمتر از ۱ کیلومتر

ماخذ: نگارندگان

در نهایت، همه ی ارزش ها محاسبه و با یکدیگر جمع می شود و ارزش نهایی به دست می آید:

ارزش های اصلی = ارزش علمی + ارزش زیبایی + ارزش حفاظتی؛

ارزش های مکمل = ارزش عملکردی + ارزش گردشگری؛

ارزش نهایی = ارزش های اصلی + ارزش های مکمل.

در این پژوهش، چهار ژئومورفوسایت شهرستان دماوند از جمله غار رودافشان، دریاچه تار، آبشار آیینه رود و چشمه اعلاء با شاخص های ژئوتوریسمی اشاره شده ارزیابی می شوند.



تصویر شماره ۱- موقعیت لندفرم ها در شهرستان دماوند

ماخذ: نگارندگان

بحث و یافته ها

با استفاده از مشاهدات میدانی و به کمک نتایج حاصل از نظرات کارشناسان، به هر یک از معیارها امتیازی تعلق گرفت. با این مقایسه می توان به میزان توانمندی ها و پتانسیل های هریک از مکان ها پی برد؛ در نتیجه مدیران و برنامه ریزان گردشگری و مسئولین مرتبط میتوانند برنامه و طرح هایی را در منطقه ی خود، جهت توسعه ی هر چه بهتر گردشگری اجرا نمایند.

جدول شماره ۲- ارزش های اصلی و مکمل ژئومورفوسایت های شهرستان دماوند

معیار / لندفرم	آبشار آینه رود	دریاچه تار	چشمه اعلاء	غار رودافشان
ارزش علمی و آموزشی	۱.۵	۲.۵	۲	۱
ارزش زیبایی	۱.۲۵	۳.۵	۰.۲۵	۱.۵
ارزش حفاظتی	۲	۲.۷۵	۲.۲۵	۱.۷۵
ارزش عملکردی	۱.۷۵	۳.۵	۳	۱.۵
ارزش گردشگری	۲.۲۵	۴.۵	۶.۲۵	۱.۵

ماخذ: نگارندگان

پس از ارزیابی، ارزش های اصلی و مکمل و همچنین ارزش نهایی هر ژئومورفوسایت تعیین شد که نتایج نهایی آن در جدول ۳ نشان داده شده است:

جدول شماره ۳- ارزش نهایی ژئومورفوسایت های شهرستان دماوند

معیار / لندفرم	آبشار آئینه رود	دریاچه تار	چشمه اعلاء	غار رودافشان
ارزش اصلی	۴.۷۵	۸.۷۵	۴.۵	۴.۲۵
ارزش مکمل	۴	۸	۹.۲۵	۳
ارزش نهایی	۸.۷۵	۱۶.۷۵	۱۳.۷۵	۷.۲۵

ماخذ: نگارندگان

با توجه به مقادیر بدست آمده از محاسبه ارزش نهایی لندفرم های ژئومورفولوژیکی در جدول شماره ۳، مشاهد می شود که ارزش نهایی منطقه دریاچه تار، زیاد تر از همه می باشد. همچنین نتایج حاصل از جدول ۳ بیانگر آن است که با توجه به ارزش نهایی حاصل از ارزش های اصلی و مکمل، ژئوسایت های دریاچه تار، چشمه اعلاء، آبشار آئینه رود و غار رود افشان به ترتیب در رتبه های اول تا چهارم قرار گرفتند. بر این اساس، بالاتر بودن ارزش نهایی دریاچه تار به دلیل آن است که به نسبت بقیه لندفرم ها در دسترس پذیرتر، نزدیکتر به شبکه راه های ارتباطی و دارای ارزش زیبایی بالاتری می باشد.

نتیجه گیری

ژئوتوریسم شاخه ای از اکوتوریسم و زیرمجموعه ی توریسم پایدار است. لندفرم های ژئومورفولوژیکی آبی، مانند دریاچه ها قابلیت زیادی در جذب توریست و توسعه ی صنعت گردشگری دارند. در این پژوهش چهار ژئومورفوسایت در شهرستان دماوند شناسایی و توانمندی های گردشگری آنها در قالب روش GAM مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از ارزیابی نشان می دهد که با توجه به ارزش نهایی حاصل از ارزش های اصلی و مکمل، ژئوسایت دریاچه تار، به نسبت بقیه ژئوسایت های مطرح شده، به دلیل نزدیکی به شبکه راه های ارتباطی و بالا بودن ارزش زیبایی شناختی، دارای رتبه بالاتری است. نکته قابل توجه که برای تمام لندفرم ها صدق میکند این است که میزان سطح حفاظت پایین است و این موضوع می تواند دلیلی برای آسیب پذیری بیشتر این لندفرم ها در برابر عوارض طبیعی و انسانی باشد. شرایط حفاظتی ژئوتوریسم به دو صورت حفاظت از نظر میزان مقاومت و آسیب پذیری و حفاظت اداری مطرح است. این چهار ژئومورفوسایت در شهرستان دماوند، در شرایط فعلی، آسیب چندانی ندیده اند، ولی این سالم بودن به سبب حفاظت بالا نیست؛ بلکه به این دلیل است که این ژئومورفوسایت ها زیاد شناخته شده نیستند و به دلیل در دسترس نبودن برای عموم گردشگران، مورد توجه آنها واقع نمی شوند. این ژئومورفوسایت ها، به دلیل جاذبه های طبیعی و علمی، توانمندی بالایی جهت توسعه گردشگری پایدار و در نتیجه رشد و توسعه ی اقتصادی منطقه دارند. شناساندن این مناطق به بازارهای گردشگری از طریق افزایش سطح تبلیغات و معرفی توانمندی های منطقه، اصلاح نوع نگرش

مردم به گردشگری و نحوه گذران اوقات فراغت، ایجاد امکانات و زیر ساخت های مناسب برای گردشگران و برنامه ریزی جهت ارتقای شاخص های گردشگری و حفاظتی از مهم ترین عواملی است که میتوان برای جذب بیشتر گردشگر در این ژئوسایت ها مطرح کرد.

منابع

آقای پور، ی و رامشت، م. تحلیل ادبیات ژئوتوریسم در ایران (براساس تحلیل محتوای کمی مقالات و کتاب های ژئوتوریسم در بین سال های ۱۳۸۷ / ۱۳۹۶)، فصلنامه پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، سال نهم، شماره ۱، تابستان ۱۳۹۹.

امیدزاده، ه و دیگران. ارزیابی توانمندی ها و اولویت های ژئومورفوتوریستی استان لرستان، پاییز ۱۳۹۳.

پیچ، ا و کنل، ج. گردشگری ترکیبی نو، ترجمه دادورخانی، ف و دیگران، تهران، انتشارات مهکامه، ۱۳۹۴.

حلبیان، ا و دیگران. ارزیابی قابلیت های گردشگری ژئوتوپ های سیرجان با استفاده از مدل های فاسیلوس و کومانسکو، پژوهش های دانش زمین، سال هشتم، شماره ۳۲، زمستان ۱۳۹۶.

رامشت، م و فیض الهی، م. اولویت گذاری و رتبه بندی کانون های گردشگری دشت ابراهیم آباد یزد، مجله علمی پژوهشی برنامه ریزی فضایی (جغرافیا)، سال سوم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۲.

رنجبریان، ب و زاهدی، م. بازاریابی گردشگری، انتشارات چهارباغ، ۱۳۸۹.

زنگنه اسدی، م و دیگران. نگرشی نوین در ارزیابی ژئومورفوسایت ها و ژئوسایت ها در ایران، فصلنامه مطالعات مدیریت گردشگری، سال یازدهم، شماره ۳۴، تابستان ۱۳۹۵.

سالاری، م. ارزیابی ژئومورفوسایت ها و واکاوی قدرت ها و ضعف های آنها با به کارگیری مدل های GAM و M- (مطالعه موردی: شهرستان سردشت)، فصلنامه مدیریت مخاطرات محیطی، دوره ششم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸.

سلمانی، م و دیگران. ارزیابی توانمندی ها و کاربری های ژئومورفوسایت ها (مطالعه موردی: ژئومورفوسایت های شهرستان طبس)، فصلنامه پژوهش های جغرافیای انسانی، دوره چهل و هفتم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۴.

عرب عامری، ع و دیگران. ارزیابی توانمندی های ژئوتوریسم ناهمواری گنبد های نمکی برای توسعه پایدار گردشگری (مطالعه موردی: جنوب سمنان)، نشریه مدیریت بیابان، شماره ۱۱، بهار و تابستان ۱۳۹۷.

- فتحی، ص و دیگران. رتبه‌بندی انگیزه ژئوتوریسم در انتخاب چشمه‌های باداب سورت با مدل Sdac. بهار ۱۳۹۴.
- کلایی، ن و زرندی، پ. عوامل موثر بر توسعه گردشگری ورزشی با تاکید بر جاذبه‌های طبیعی ورزش استان البرز، پاییز ۱۳۹۸.
- محمدخان، ش و دیگران. پتانسیل سنجی قابلیت های ژئوسایت های توده کوهستانی شاهو با بکارگیری مدل GAM، فصلنامه مطالعات مدیریت گردشگری، سال دوازدهم، شماره ۳۸، تابستان ۱۳۹۶.
- ویسی، ع و احمدی، بررسی مقایسه ای ژئومورفوسایت های کارستی استان کرمانشاه با استفاده از مدل های GAM و M-GAM، فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق کوهستانی، سال اول، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹.
- Bruschi, V. M., Cendrero, A. and Cuesta Albertos, J. A., 2011, A Statistical Approach To The Validation And Optimization Of Geoheritage Assessment Procedures, geoheritage, Vol. 3, No. 3.
- Ielenicz, M. (2009). Geotope, Geosite, Geomorpho sites, The Annals of Valahia University of Targoviste, Geographical Series, Tome 9/ 2009.
- Mihai, B., Reynard, E., Werren, G., Ionut, S., Ionut, S. and Zenaida, C., 2009, Impacts of Tourism on Geomorphological Processes in the Bucegi Mountains in Romania, Geographica Helvetica, Vol. 64, No. 3.

بررسی جابجایی سطح زمین ناشی از زمین لرزه ۸ بهمن خوی با استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری

^۱ صیاد اصغری سراسکانرود، ^۲ حمید سلیمانی یوزبند، ^۳ ابوذر صادقی

^۱ دانشگاه محقق اردبیلی، Sayyad.sAsghari21@gmail.com

^۲ دانشگاه محقق اردبیلی، hamidssoleimani6606@gmail.com

^۳ دانشگاه محقق اردبیلی، aboozardsadeghi@uma.ac.ir

چکیده

زلزله همواره از مهم‌ترین مخاطرات طبیعی بوده است. هر ساله تعداد زیادی از مردم جهان تحت تاثیر اثرات نامطلوب زلزله قرار می‌گیرند. برای کاهش خسارات جانی و اقتصادی و همچنین پیامدهای اجتماعی آن، شناخت دقیق خطرات زلزله در نقاط مختلف براساس دانش روز و آخرین فناوری‌های معتبر ضروری است. تداخل سنجی راداری در سال‌های اخیر به عنوان ابزاری کارآمد برای پایش جابجایی‌های ناشی از پدیده‌های مختلف از جمله آتشفشان، فرونشست، زلزله و رانش زمین و ... مورد توجه دانشمندان زمین قرار گرفته است. از مزایای این روش می‌توان به امکان محاسبه جابجایی‌ها با دقت در سطح سانتی‌متری، ارائه پوشش فضایی پیوسته و گسترده و قابلیت اجرای آن در هر شرایط آب‌وهوایی اشاره کرد. در این تحقیق از تصاویر سنتینل ۱ برای قبل و بعد از زلزله ۱۴۰۱/۱۱/۰۸ در شهرستان خوی استفاده شد. با استفاده از نرم‌افزار متن باز Snap و روش تداخل سنجی راداری میزان جابجایی سطح زمین در این منطقه برآورد شد. نتایج نشان داد که زلزله در نزدیکی گسل شکریازی اتفاق افتاده و میزان جابجایی سطح زمین بین ۰.۰۵۷+ تا ۰.۰۹۳- سانتی‌متر بوده است. که بیش‌ترین بالا آمدگی و فرو رفتگی به ترتیب در قسمت غربی و شرقی خوی بوده است.

کلمات کلیدی: زمین لرزه، سنتینل ۱، خوی، تداخل سنجی راداری.

تداخل سنجی راداری (InSAR) یک فناوری سنجش از دور فعال رصدی فضا به زمین است که در دهه ۱۹۸۰ توسعه یافت. تداخل سنجی راداری با مزایای برجسته خود، از جمله قابلیت نظارت در تمام آب و هوا، نفوذپذیری قوی، دقت و وضوح بالا در هنگام به دست آوردن ارتفاع و اطلاعات سطح تحت پوشش پیوسته، به یک فناوری پیشرفته جدید برای نظارت بر تغییر شکل سطح تبدیل شده است (دمینگ ما^{۱۱۷} و همکاران، ۲۰۲۳). روش تداخل سنجی راداری در سال های اخیر به عنوان ابزاری کارآمد برای پایش جابجایی های ناشی از پدیده های مختلف از جمله آتشفشان، فرونشست، زلزله و رانش زمین و ... مورد توجه دانشمندان زمین قرار گرفته است. از مزایای این روش می توان به امکان محاسبه جابجایی ها با دقت در سطح سانتی متری، ارائه پوشش فضایی پیوسته و گسترده و قابلیت اجرای آن در هر شرایط آب و هوایی اشاره کرد (مهرابی و همکاران، ۲۰۲۲). میراث فرهنگی میراث های بی بدیلی هستند که همراه با توسعه تمدن بشری شاهد و ثبت خاستگاه می باشند. حفاظت از میراث که در معرض خطر بلایای طبیعی به ویژه زلزله است، با چالش های شدیدی مواجه است. باتوجه به تخریب ها و تحریف های ناشی از زلزله، میراث فرهنگی مستعد از دست دادن ثروت عظیم تاریخی، اعتبار فرهنگی و اهمیت هنری هستند. براین اساس، تقویت تحقیقات درمورد رابطه بین تغییر شکل های سایت های میراث فرهنگی و زلزله ضروری است. فناوری تداخل سنجی راداری با موفقیت در پایش سلامت میراث و نظارت بر سلامت زیرساخت ها اجرا شده است. به طور خاص، برای تشخیص جابجایی سایت های میراث مرتبط با رویدادهای زلزله، قابلیت تداخل سنجی راداری را با پشتیبانی از تصاویر Sentinel-1 SAR در پایش مکان های باستان شناسی و بناهای تاریخی نشان داده اند (مینگ ژو^{۱۱۸} و همکاران، ۲۰۲۲). زلزله همواره از مهم ترین مخاطرات طبیعی بوده است. هر ساله تعداد زیادی از مردم جهان تحت تاثیر اثرات نامطلوب زلزله قرار می گیرند. برای کاهش خسارات جانی و اقتصادی و همچنین پیامدهای اجتماعی آن، شناخت دقیق خطرات زلزله در نقاط مختلف براساس دانش روز و آخرین فناوری های معتبر ضروری است. پهنه بندی ریسک یک رویکرد مهم در فرآیند مدیریت قبل از بحران است که به برنامه ریزان و مدیران کمک زیادی می کند تا اقداماتی را برای کاهش آسیب پذیری زلزله در برابر زلزله انجام دهند. موضوع اصلی انتخاب معیارهای آسیب پذیری و نحوه ترکیب آنها و همچنین انتخاب مدل مناسبی است که بتواند به بهترین نحو میزان آسیب پذیری را نشان دهد. امروزه با پیشرفت روزافزون علم، ماهواره ها و تصاویر ماهواره ای پیشرفت کرده اند. بنابراین، استفاده از روش های سنجش از دور و پردازش تصاویر ماهواره ای برای شناسایی و مطالعه پدیده های زمین شناسی مانند گسل ها و خطوط خطی بسیار کارآمد به نظر می رسد (بهاروند و همکاران، ۲۰۲۲). دمینگ ما و همکاران در سال ۲۰۲۳ تحت پژوهشی به ارزیابی فرونشست زمین یک مجمع الجزایر بر اساس روش تحلیل سری زمانی تداخل سنجی راداری

¹¹⁷ Deming et al

¹¹⁸ Meng et al

پرداخت‌اند. در این مطالعه، یک روش نظارت بر تغییر شکل با پوشش کامل با منطقه بزرگ را با استفاده از فناوری تداخل سنجی راداری برای ارزیابی فرونشست جزیره بر اساس تحلیل جامع تکنیک‌های پایش مرسوم پیشنهاد کرده‌اند. نتایج پایش نشان داد که گروه جزایر جنوبی مجمع الجزایر Miaodao با میانگین نرخ تغییر شکل سالانه ۳ میلی‌متر به طور کلی نسبتاً پایدار بود. فقط تعداد کمی از مناطق تغییر شکل سطح بزرگی را تجربه کردند و حداکثر بزرگی تغییر شکل سالانه ۴۵ میلی‌متر بود. نتایج تغییر شکل سری زمانی نقاط مشخصه پنج جزیره مسکونی در گروه جزیره جنوبی نشان داد که روند فرونشست دو نقطه انتخاب شده در جزیره بیچانگشان (P1 و P2) به آرامی در حال کاهش است. نقطه P3 در جزیره نانچانگشان تغییر شکل بزرگی را تجربه کرد، در حالی که نقطه P4 تغییر شکل نسبتاً کمی را تجربه کرد. نقاط انتخاب شده (P5، P6 و P7) در جزایر Xiaoheshan، Miaodao و Daheishan در طول دوره نظارت پایدار بودند. مگ ژوو و همکاران در سال ۲۰۲۲ تحت پژوهشی به پایش تداخل سنجی راداری دو بعدی تغییر شکل زمین هم‌لرزه‌ای و پس از لرزه‌ای زمین‌لرزه ۵.۹ مگاواتی سال ۲۰۲۱ آرکالوچی (یونان) و تاثیر آن بر تغییر شکل یادگاری دیوار شهر هراکلیون پرداخت‌اند. اندازه‌گیری‌های تداخل سنجی راداری دو بعدی را برای تغییر شکل‌های هم‌لرزه‌ای و هم‌پس از لرزه‌ای با استفاده از تصاویر Sentinel-1 SAR صعودی و نزولی انجام داده‌اند. ویژگی‌های زمانی مکانی بالا-پایین (UD) و شرق-غرب (EW) نشان داده شد. میدان تغییر شکل دو بعدی لرزه‌ای نشان داد که تغییر شکل‌های نزدیک به لایه در مقایسه با تغییر شکل‌های HCW غالب بودند، تغییر شکل UD عمدتاً با فرونشست با حداکثر مقدار تقریباً ۲۱ سانتی‌متر مشخص شد. تغییر شکل EW تقریباً ۹ سانتی‌متر به سمت غرب و تقریباً ۱۰ سانتی‌متر به سمت شرق بود. اندازه‌گیری‌های سری زمانی نشان داد که ۱: از نظر زمانی، HCW به سرعت به آن پاسخ داد. زلزله آرکالوچوری و تغییر شکل‌های تجمعی در هفت سنگر مختلف HCW روند مشابهی را با منطقه میدان نزدیک در طول زمان نشان داد، ۲: از نظر فضایی، هرچه به کانون زمین لرزه ۵.۹ مگاواتی نزدیکتر باشد، تغییر شکل‌های رخ داده بزرگتر است، ۳: روند تغییر شکل EW و UD HCW که با مرکز زمین لرزه ۵.۹ مگاواتی مطابقت داشت در نقطه میانی (۲۲ ژانویه ۲۰۲۲) قطع شد که نشان‌دهنده تأثیر یک توالی زمین لرزه دیگر متشکل از هشت زمین لرزه با بزرگی بیش از ۵.۳ است که نشان‌دهنده تأثیر آن است که در ۱۶ الی ۱۸ ژانویه ۲۰۲۲ اتفاق افتاد. مهرابی و همکاران در سال ۲۰۲۲ تحت پژوهشی به بررسی تحلیل فضایی فرونشست دشت جیرفت با استفاده از تکنیک پیکسل‌های کوهرنس (CPT) پرداخت‌اند. در این پژوهش از تصاویر راداری سنتینل ۱ مربوط به سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۲ استفاده شد. برای تهیه نقشه مناطق درگیر و تعیین نرخ فرونشست از تکنیک پیکسل‌های کوهرنس استفاده شد. نتایج حاصل از این روش نشان‌دهنده آن است که نرخ فرونشست در دشت جیرفت به‌طور فزاینده‌ای در حال افزایش است. به‌طوری که از ۱۱ سانتی‌متر در سال ۲۰۱۴ به ۱۴ سانتی‌متر در سال ۲۰۲۲ رسیده است. علاوه بر آن طی این مدت بر وسعت این مناطق افزوده شده و روند گسترش به سمت مناطق شمالی دشت در حرکت است. به‌منظور تحلیل عوامل مسبب این پدیده،

علاوه بر بررسی تغییرات سطح آب های زیرزمینی دشت و ارتباط آن با فرونشست، نقش گسل ها و همچنین ضخامت خاک در ایجاد یا تشدید این پدیده بررسی شد. نتایج حاصل نشان دهنده آن است که علاوه بر برداشت بی رویه از آبخوان، فرونشست دشت جیرفت تحت تاثیر گسل سبزوآران نیز قرار دارد و شدت فرونشست در مناطق با ضخامت خاک بیشتر، بالاتر است. ساکاس^{۱۱۹} در سال ۲۰۲۱ تحت پژوهشی به مدل سازی جابجایی زمین زمین لرزه ۶.۹ مگاواتی سال ۲۰۲۰ ساموس (یونان) بر اساس داده های تداخل سنجی و GNSS پرداخت. تجزیه و تحلیل پیش لرزه ای یک رژیم کششی SSW-NNE را با گسل های معمولی در امتداد جهت شرق نشان داد. تجزیه و تحلیل زمین لرزه ای نشان داد که باز شدن ناحیه مرکز با جابجایی افقی و عمودی به ترتیب ۳۵۰ میلی متر و ۹۰ میلی متر است. بردارهای تداخل سنجی خط دید (LOS) با استفاده از داده های GNSS از نظر زمین شناختی تصحیح شدند و به اجزای W-E و جابجایی عمودی تجزیه شدند. نقشه های تداخل سنجی گردآوری شده نشان می دهد که جابجایی های زمین نسبتا زیادی در بخش غربی ساموس رخ داده است اما به سمت بخش های شرقی و جنوبی ضعیف شده است. حرکات متناوب در امتداد و در سراسر واحدهای ژئوتکتونیک اصلی جزیره رخ داده است. بهترین مدل گسل مناسب دارای صفحه گسل لیستریک دوبخش (میانگین لغزش ۱.۷۶ متر) از نوع عادی است که در مجاورت خط ساحلی شمالی ساموس قرار دارد. این صفحه گسل ۳۵ کیلومتر طول دارد، تا عمق ۱۵ کیلومتر گسترش می یابد و به ترتیب در زوایای ۶۰ و ۴۰ درجه برای قسمت های بالایی و پایینی به سمت شمال فرو می رود. یک جزء شیب لغز غالب و یک جانبی قابل توجهی مدل شد.

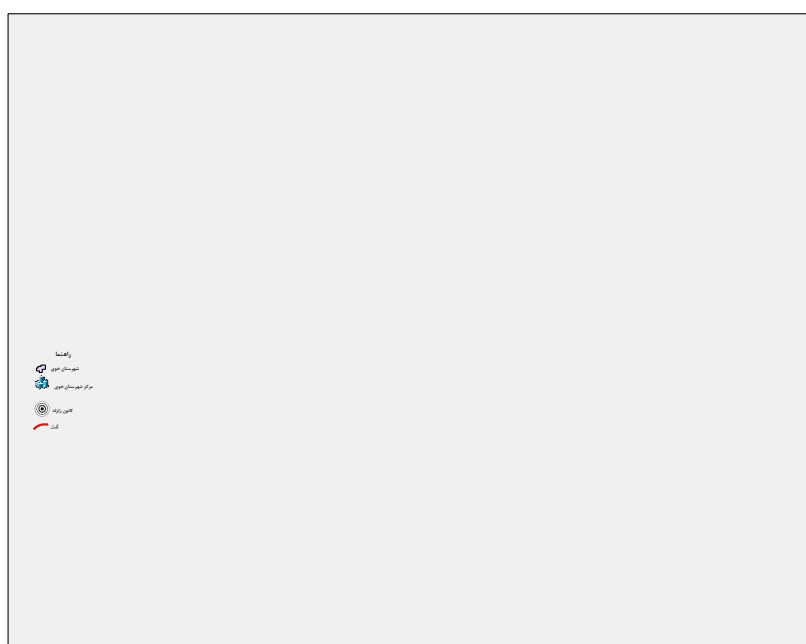
محدوده مورد مطالعه

شهرستان خوی بزرگترین و پرجمعیتترین شهرستان استان آذربایجان غربی بعد از مرکز استان بوده و دومین شهر مهم استان آذربایجان غربی به حساب می آید که با وسعت ۴۵۲۰ کیلومتر مربع در شمال غربی ترین نقطه ایران و آذربایجان و در مرز کشور ترکیه واقع شده است. مرکز این شهرستان شهر خوی است که با پهنه ای حدود ۳۰ کیلومتر مربع در شمال استان آذربایجان غربی واقع شده است. خوی در دشتی وسیع و محصور در بین کوه های سر به فلک کشیده واقع شده است. زمین لرزه منطقه خوی با قدرت ۵.۹ ریشتر در تاریخ ۸ بهمن ۱۴۰۱ در نزدیکی گسل شکریازی اتفاق افتاد (گزارش موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران).

گسل شکریازی با روند شمال غربی جنوب شرقی، از ۱۶ کیلومتری شمال شرق شهرستان سلماس و از شمال روستاهای شکریازی و مافی کندی عبور می کند و ادامه گسل شمال تبریز است. اثر این گسل در حد فاصل دو روستای یاد شده به خوبی نمایان است ولی به سوی غرب پس از گردنه قره تپه (جاده سلماس- خوی) به سوی شمال غرب به خوبی دیده نمی شود. این گسل در ادامه از طرف شرق به گسل تسوج و سرانجام به گسل شمال تبریز می پیوندد. شیب

¹¹⁹ Sakkas

گسل تقریباً قائم است و بخش آن فرو افتاده است عده ای از محققین اعتقاد دارند که این گسل از شهرستان زنجان شروع شده و پس از گذر از میانه، تبریز و سلماس تا قفقاز ادامه می‌یابد همچنین برخی از محققین تشکیل دریاچه تکتونیکی ارومیه را مرتبط با فعالیت این گسل می‌دانند. هر چند که در قرن اخیر نشانه‌ای از فعالیت این گسل دیده نشده است ولی زلزله ویرانگر شهر تبریز در حدود ۲۱۶ سال پیش را به این گسل نسبت می‌دهند این گسل در فاصله ۳۲ کیلومتری شهر خوی قرار دارد و طول تقریبی آن در حدود ۲۸ کیلومتر است (فریدونی و عباسفام، ۱۳۹۳).



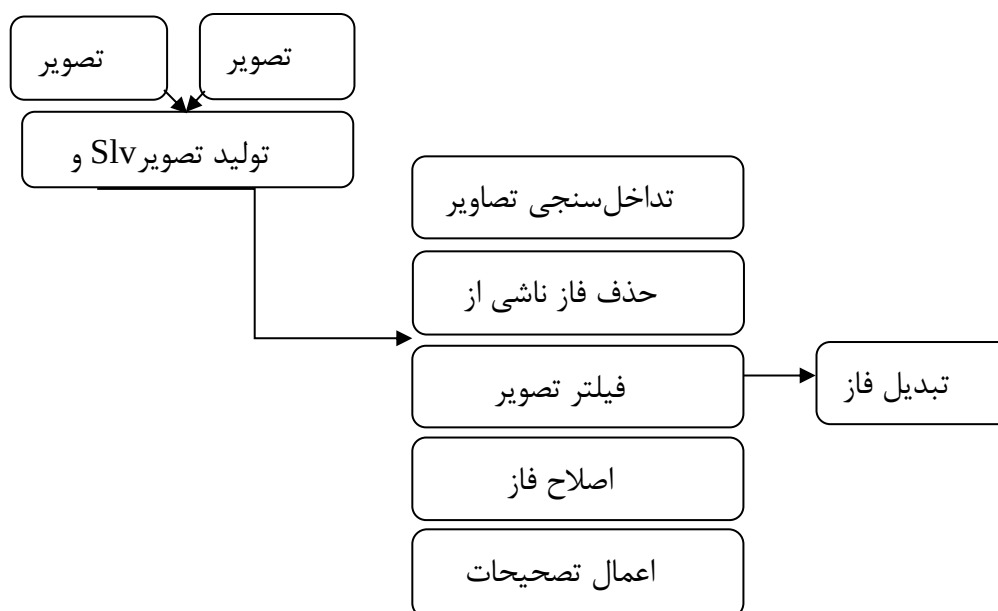
شکل ۱ موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

مواد و روش

در این تحقیق با استفاده از تصاویر راداری سنتیل ۱ مربوط به تاریخ‌های ۲۰ ژانویه ۲۰۲۳ و ۱ فوریه ۲۰۲۳ که شامل قبل و بعد از وقوع زمین لرزه‌ی ۵.۹ ریشتری در خوی است اقدام به برآورد جابجایی سطح زمین شد. مشخصات تصاویر در جدول (۱) نمایش داده شده است. به این صورت که بعد از دانلود تصاویر در نرم‌افزار متن باز Snap و با استفاده از روش تداخل سنجی راداری میزان جابجایی سطح زمین در محل کانون زلزله محاسبه شد که در شکل (۲) روش کار مشاهده می‌شود.

جدول ۱ نوع تصویر استفاده شده راداری ماهواره SentinelA1

تاریخ اخذ تصاویر	نوع فرمت	سطح پردازش داده	قدرت تفکیک مکانی	باندهای تصویربرداری
۲۰۲۳/۰۱/۲۰ (تصویر پایه ^{۱۲۰})	IW	SLC	IW, 5m × 20m	C-SAR
۲۰۲۳/۰۲/۰۱ (تصویر پیرو ^{۱۲۱})	IW	SLC	IW, 5m × 20m	C-SAR



شکل ۲ فلوچارت روش تحقیق

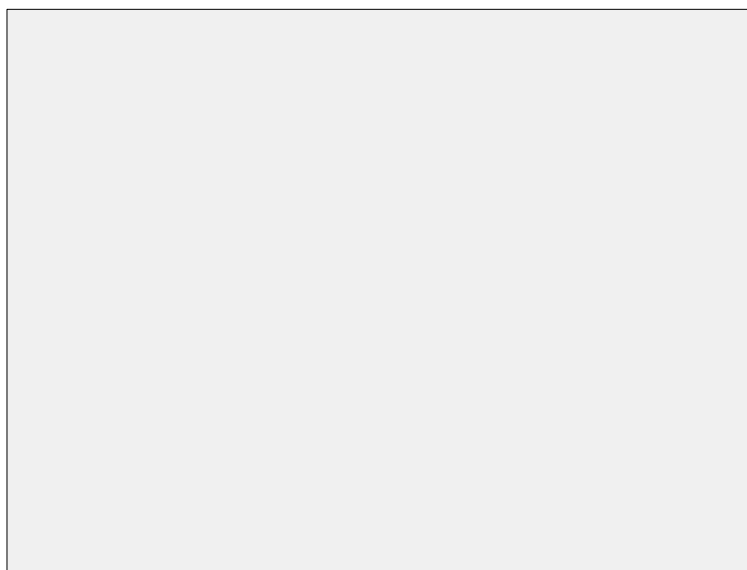
نتایج

در این تحقیق با توجه به هدف از تصاویر سنتینل ۱ مربوط به قبل و بعد از زلزله استفاده شد. نهایتاً میزان بالاآمدگی یا فروافتادگی سطح زمین در محدوده مورد مطالعه بر آورد شد. نتایج نشان می‌دهد که کانون زلزله در نزدیکی گسل

¹²⁰ Master

¹²¹ Slave

شکر یازی اتفاق افتاده است. در این پژوهش با استفاده از فیلتر تطبیقی گلدستاین^{۱۲۲} نویزهای تداخل نگاشت کاهش یافت. پس از حذف اثر توپوگرافی، تداخل نگاشت در بازه زمانی مذکور تهیه شد. از آنجایی که تداخل نگاشت حاصله ممکن است حاوی نویزهایی باشد که منجر به پایین آمدن کیفیت تداخل نگاشت شود، لازم است تا با اجرای فیلترهای تطبیقی اثر این نویزها از روی تداخل نگاشت حذف شود. همچنین با استفاده از فیلتر تطبیقی گلدستاین، نویزهای تداخل نگاشت کاهش یافت. با توجه به تصویر شماره ۳ بیشترین بالا آمدگی در قسمت شرقی کانون زلزله و بیشترین فروافتادگی در قسمت غربی مشاهده می شود. که تفاوت بالا آمدگی و فروافتادگی بین $+0.057$ تا -0.093 سانتی متر برآورد شد.



شکل ۳ تصویر جابجایی سطح زمین (فتوگرامتری)

بحث و نتیجه گیری

تداخل سنجی تکنیک استفاده از تداخل امواج الکترومغناطیس به منظور استخراج اطلاعات است. تداخل سنجی راداری با استفاده از اختلاف فاز زوج تصویر راداری با حد تفکیک مکانی بالا به دنبال تولید مدل رقومی ارتفاعی منطقه و برآورد میزان تغییر شکل و جابجایی پوسته زمین است (هانس، ۲۰۰۱). که از کاربردهای مهم این تکنیک برآورد جابجایی سطح زمین در اثر زلزله است. با توجه به سرعت وقوع مخاطراتی چون زلزله امکان پیش بینی آنها وجود

ندارد. در نتیجه استفاده از تصاویر راداری برای تهیه نقشه مناطق متأثر از وقوع زلزله و آگاهی لازم برای درک محیط و شناسایی گسل ها بسیار مناسب می باشد. در این تحقیق با توجه به موضوع و اهداف مورد نظر، به برآورد جابجایی سطح زمین ناشی از زمین لرزه ۸ بهمن ماه سال ۱۴۰۱ پرداخته شد. ابتدا با استفاده از دو تصویر سنجنده سنتینل ۱ پردازش های مورد نظر انجام شد و سپس با استفاده از تکنیک راداری میزان جابجایی (فرونشست و بالا آمدگی) از زلزله به دست آمد. نتایج ارزیابی میزان جابجایی (فرونشست و بالا آمدگی) صورت گرفته در منطقه بین $+0.057$ تا -0.093 سانتی متر برآورد شد. که بیشترین بالا آمدگی و فرو رفتگی به ترتیب در قسمت غربی و شرقی خوی بوده است.

مراجع

بهاروند، سیامک، فیروزفر، علیرضا، سوری، سلمان، شناسایی خطواره های گسلی و پهنه بندی خطر زمین لرزه با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۲، تابستان ۱۴۰۲، ص ۱-۱۶.

فریدونی، داود و عباسفام، علیرضا، ارزیابی خطر زمین لرزه و تحلیل ریسک زلزله در شهر خوی با استفاده از روش های قطعی و احتمالی، فصلنامه زمین شناسی ایران، سال هشتم، شماره سی ام، تابستان ۱۳۹۳، ص ۱۱-۲۲.

موسسه ژئوفیزیک، مرکز زلزله نگاری کشور، گزارش زمین لرزه ۵.۹ ریشتری خوی، ۱۴۰۱/۱۱/۰۸.

مهرابی، علی، کریمی، صادق، خالصی، مهران، تحلیل فضایی فرونشست دشت جیرفت با استفاده از تکنیک پیکسل های کوهرنس (CPT)، جغرافیا و برنامه ریزی شهری، ۱، بهار ۱۴۰۲، ص ۹۹-۱۱۶.

Deming, Ma, Rui, Zhao, Yongsheng, Li, Zhengguang, Li, Land Subsidence Assessment Of an Archipelago Based on the InSAR Time Series Analysis Method, Water, 15, 465, 2023

Meng, Zhu, Fulong, Chen, Wei, Zhou, Hui, Lin, Issaak, Parcharidis, Jin, Luo, Two-Dimensional InSAR Monitoring of the Co- and Post-Seismic Ground Deformation of the 2021 Mw 5.9 Arkalochori (Greece) Earthquake and Its Impact on the Deformations of the Heraklion City Wall Relic, Remote Sensing, 14, 5212, 2022

Vassilis, Sakkas, Ground Deformation Modelling of the 2020 Mw 6.9 Samos Earthquake (Greece) Based on InSAR and GNSS Data, Remote Sensing, 13, 1665, 2021

بررسی علل ژئومورفولوژیک پیدایش چشمه «کانی بل» پاهو

Investigating The Geomorphological Causes of The "Kani Bel" Spring In Paveh

مسلم یزدانی

دانش آموخته دکتری علوم زمین، گرایش آموزش، دانشگاه اشفورد، امریکا
yazdani.msolem@yahoo.com

چکیده

چشمه «کانی بل» پاهو، یکی از پدیده های ژئومورفولوژیک شاخص زاگرس چین خورده در واحد کرمانشاه و از منابع آبی کارستی قابل توجه در این منطقه، محسوب می شود که در ۳۵ کیلومتری شمال پاهو و در مجاورت روستای هجیج و رودخانه سیروان و سد داریان، واقع شده است. مخزن آبی چشمه «کانی بل»، عمدتاً در سنگ آهک های سازند داریان و تا حدودی تناوب های شیلی سازند گدوان، توسعه یافته است. عوامل موثر بر پیدایش این مخزن کارستی، در ابتدا، حرکات کوهزایی متاخر و سپس عوامل ناشی از تکتونیک و گسلش های عمده و متعدد در این ناحیه می باشد که منجر به جابجایی و حرکت لایه های آهکی شده و روند توسعه کارست را تسریع کرده است. گسل این ناحیه از نوع شیب لغز بوده و منجر به جابجایی لایه های سنگ آهک، چرت، رادیولاریت و سنگ آهک های آلیتی، در مجاورت هم شده که موقعیت را برای تشکیل یک رژیم فرسایشی شدید و توسعه یک آبخوان کارستی، فراهم کرده است. سازند گدوان یکی از سازندهای زمین شناسی گروه خامی در زاگرس با سن کرتاسه پیشین (آپتین-آلبین)، می باشد، این سازند، عمدتاً از شیل های خاکستری مایل به زرد یا سبز با میان لایه های خاکستری از سنگ آهک رُسی، تشکیل شده است. سازند داریان نیز یکی از سازندهای آهکی زاگرس به سن کرتاسه پیشین (آپتین-آلبین) می باشد. سازند داریان، سنگ مخزن مهمی در گروه خامی، محسوب می شود. مرز پایینی سازند داریان با سازند گدوان، تدریجی است، ولی مرز بالایی آن با سازند کُردمی، به شدت فرسایش یافته و لایه های آلیتی و گلوکونیتی، مرز جدایش آن از سازند کُردمی، محسوب می شود. این سازند، عمدتاً از آهک های ستبر لایه و کریستالیزه سرشار از آربیتولین، تشکیل شده است. در این جستار، به علل ژئومورفولوژیک پیدایش چشمه «کانی بل»، پرداخته می شود.

کلمات کلیدی: ژئومورفولوژی، کانی بل، گسل، کارست، سازند داریان، سازند گدوان

مقدمه

چشمه‌ها از اجزاء هیدروسفر محسوب می‌شوند و در واقع، محل تلاقی آبخوان‌ها با سطح زمین می‌باشند. منابع آب کارستی، عمدتاً از نفوذ آب‌های جوی به اعماق زمین، به وجود می‌آیند. آب چشمه‌های کارستی، غالباً پس از طی مراحل پیچیده و تحت تأثیر فشار هیدرودینامیکی، از لایه‌های مختلف زمین، عبور کرده و از مظهر چشمه به بیرون، جریان می‌یابد. چین خوردگی‌ها و به خصوص شکستگی‌ها و گسل‌ها، از عوامل مهم خروج آب‌های کارستی هستند. منابع آب کارستی، جزء ذخایر آب زیرزمینی هستند که به شکل طبیعی و عمدتاً به صورت چشمه از زمین خارج می‌شوند. در اصطلاح فنی به پدیده خوردگی و انحلال توده سنگ‌های کربناته (عمدتاً آهک و دولومیت)، کارست گفته می‌شود. این پدیده در سایر سنگ‌های انحلال پذیر مانند سنگ‌های سولفات و کلروره نیز رخ می‌دهد. پدیده فوق، در سنگ‌های آواری نیز، دیده می‌شود. همچنین ماسه سنگ‌ها و کنگلومراهای دارای سیمان کربناته و یا سولفات نیز تحت تأثیر انحلال، کارستی خواهند شد. یکی از عمده مناطق آب دار کشور در زون زاگرس متمرکز است که به علت گسترش زیاد سازندهای آهکی، دارای منابع آبی کارستی فراوانی می‌باشد. منابع فراوانی از آب‌های زیرزمینی به صورت آبخوان‌های کارستی در زاگرس مرتفع و چین خورده، وجود دارد. سنگ‌های کربناته همچنین میزبان نیمی از منابع هیدروکربور جهان هستند. خوردگی و انحلال سنگ‌های کربناته، عامل تشکیل شبکه‌های کارستی پیچیده‌ای در زاگرس می‌باشد و این پدیده، سبب تکامل و تکوین یکی از مهم‌ترین منابع آبی زون زاگرس شده است. کارستی شدن با فعالیت شیمیایی و انحلال توده سنگ و نهایتاً انتقال کربنات‌ها، انجام می‌شود. مراحل کارستی شدن در زاگرس چین خورده به علت وجود سازندهای آهکی و حجم بالای آب‌های جوی، شدت بیش‌تری دارد. عمده عوامل مؤثر بر انحلال، شامل؛ ساختار کریستالی و لیتولوژی سنگ، ترکیب شیمیایی سنگ، اسیدیته آب و پارامترهای ژئومورفولوژیکی می‌باشد. کانی‌های تشکیل دهنده سنگ‌های کربناته شامل کلسیت، آراگونیت، دولومیت و مقادیر اندکی آنکریت و سیدریت می‌باشد. چشمه «کانی بل»، در زاگرس چین خورده و در غرب ورقه کرمانشاه و تحت تأثیر گسلش و حرکات تکتونیکی به وجود آمده و در گروه منابع آبی کارستی، قرار می‌گیرد.

روش تحقیق

این تحقیق بر مبنای پیمایش‌های میدانی، استفاده از منابع اصلی و مطالعه زمین‌شناسی منطقه مورد نظر، انجام شده است.

منطقه مورد مطالعه

چشمه «کانی بل»، با مختصات جغرافیایی زیر و در جبهه شمالی شهر پاوه و در ناحیه زاگرس چین خورده، در مختصات جغرافیایی زیر، واقع شده است:

35°10'10.6"N 46°20'55.7"E

تصاویر منطقه نیز در شکل های (۱)، (۲)، (۳)، (۴)، بر اساس داده های Google Earth به صورت زیر می باشد:



شکل ۲



شکل ۱



شکل ۴



شکل ۳

سیمای ظاهری چشمه «کانی بل»، طبق شکل های (۵)، (۶)، (۷)، (۸)، به صورت زیر می باشد:



شکل ۸



شکل ۷



شکل ۶



شکل ۵

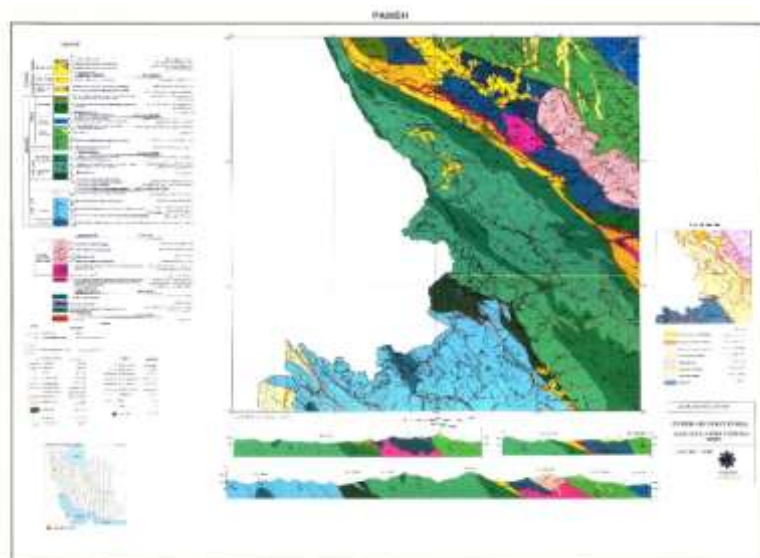
مروری بر زمین شناسی زاگرس چین خورده

بررسی چینه نگاری ترادفی پهنه زاگرس، نشانگر آن است که این بخش از ایران، در فاصله زمانی پرکامبرین- تریاس میانی، بخشی از ابرقاره گندوانا بوده است. از تریاس میانی، با تکوین تتیس جوان، شرایط دریایی ویژه ای بر آن حاکم بوده است. از کرتاسه پسین به بعد، پس از سرانجام گرفتن تتیس جوان و برخورد دو ورق زاگرس و ایران مرکزی، محیط های رسوبی از نوع هم زمان با کوهزایی بوده اند. اگرچه پیشینه فاز کوهزایی در پلیوسن بوده است، ولی

دگرشکلی، همچنان بر زاگرس تحمیل می شده است (O'Brien & et al., 1950). زاگرس چین خورده، با پهنای ۱۵۰ تا ۲۵۰ کیلومتر، ناوه حاشیه ای و کراتونی سپر عربستان است که در مزوزویک و سنوزویک در حال نشست پیوسته بوده و ترادف های ستبر رسوبی در آن، انباشته می شده است. در گستره زاگرس چین خورده، سنگ های پرکامبرین پسین تا تریاس میانی، رخساره گندوانایی و مشابه با دیگر نواحی ایران دارند. ولی، توالی های مزوزویک و سنوزویک آن، با رسوب های هم زمان دیگر نواحی ایران، رخساره های سنگی و حتی زیستی متفاوتی دارند و بیشتر، معرف رخساره های جنوب تیتیس جوان است. این نکته نشان می دهد که از تریاس میانی به بعد، شرایط رسوبی حاکم بر زاگرس چین خورده، نسبت به دیگر مناطق ایران، تفاوت داشته است (Kazmin & et al., 1986).

نقشه زمین شناسی پاوه

نقشه زمین شناسی (۱:۲۵۰۰۰۰۰) ورقه پاوه، حاوی داده های مهمی از ساختار زمین شناسی و عوارض ژئومورفولوژیک منطقه است که در شکل (۹)، نشان داده شده است.

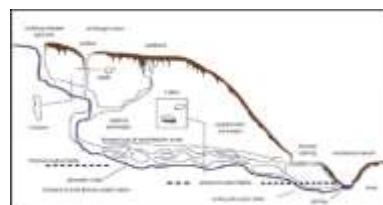
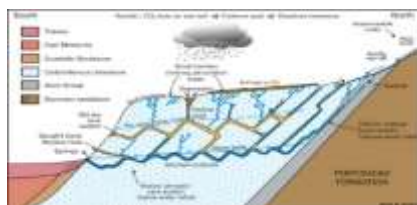


شکل ۹- نقشه زمین شناسی ورقه پاوه (سازمان زمین شناسی، ۱۳۹۳)

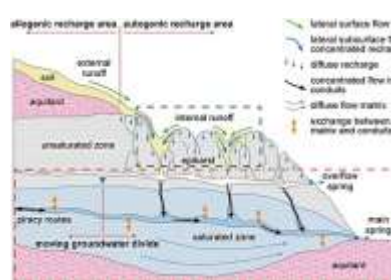
مراحل تشکیل چشمه کارستی «کانی بل»

چشمه «کانی بل»، بر اساس مکانیزم های پیچیده شامل؛ حرکات تکتونیکی، گسلش های متعدد در دوره های زمانی مختلف، انحلال شیمیایی، تشکیل کارست، تغذیه آبخوان توسط نفوذ آب های جوی در آهک های ستبر لایه

سازند داریان و شیل‌های سازند گدوان، تشکیل شده است. در شکل‌های (۱۰)، (۱۱)، (۱۲)، (۱۳)، مکانیزم‌های تشکیل چشمه‌های کارستی متأثر از عوامل تکتونیکی و انحلال شیمیایی سنگ آهک و تشکیل آبخوان، نشان داده شده است.



شکل ۱۰- ساختار چشمه کارستی (Gauvey, 2019) شکل ۱۱- مراحل تشکیل آبخوان (<https://www2.bgs.ac.uk>)



شکل ۱۳- ساختار کارست (Bagni, 2022)

شکل ۱۲- تغذیه آبخوان (Hartmann, 2014)

مکانیزم فعالیت گسل شیب لغز تشکیل دهنده کارست «چشمه بل» در شکل (۱۴) نشان داده شده است.



شکل ۱۴- گسل شیب لغز (یزدانی، ۱۴۰۱)

نتیجه گیری

چشمه «کانی بل» پاوه، در زاگرس چین خورده، تحت تاثیر مکانیزم‌های تکتونیکی و حرکات گسلی از نوع شیب لغز، تشکیل شده است. روند تغذیه آبخوان به علت میانگین بارش مناسب و خالص بودن سنگ آهک‌های سازند داریان،

در طی دوره های مختلف، به طور مداوم انجام پذیرفته است.

مراجع

- (۱) تصاویر ماهواره ای منطقه از داده های Google Earth، دریافت شده است.
- (۲) تصویر گسل شیب لغز محدوده چشمه «کانی بل»، یزدانی، ۱۴۰۱.
- (۳) نقشه زمین شناسی (۱:۲۵۰۰۰۰۰) ورقه پاهو، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی، ۱۳۹۳.
- [4] Bagni & et al., (2022), Karstified layers and caves formed by superposed epigenic dissolution along subaerial unconformities in carbonate rocks – Impact on reservoir-scale permeability. Marine and Petroleum Geology. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2022.105523>
- [5] Gypsum., kaitlyn., (2019), Speleogenesis in barber county, kansas of the permian blaine formation.
- [6] Hartmann & et al., (2014), Karst water resources in a changing world: Review of hydrological modeling approaches. Reviews of Geophysics. DOI:10.1002/2013rg000443.
- [7] Kazmin, V. G., Ricou, L.E., Sbortshikov, I.M. (1986), Structure and evolution of the passive margin of the eastern Tethes. Tectonophysics 123: 153-179 p.
- [8] O'Brien, C.A.E. (1950), Tectonic Problems of the Oilfield Belt of South-West Iran. 18th International Geological Congress, 6, 45-58.
- [9] <https://www2.bgs.ac.uk>
- [10] <https://earth.google.com>

بررسی قابلیت‌های گردشگری با استفاده از مدل SWOT (مطالعه موردی: شهرستان جویین)

^۱ محمد معتمدی راد، ^۲ محمد علی پور، ^۳ امیرعباس بداغ آبادی

* استادیار گروه علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه فرهنگیان، تهران m.motamedirad@cfu.ac.ir

^۲ گروه علوم تربیتی، دانشگاه فرهنگیان، تهران mo.alipour@cfu.ac.ir

^۳ دانشجوی کارشناسی رشته آموزش جغرافیا دانشگاه فرهنگیان بیرجند Amirbodagh3327@gmail.com

چکیده

با توجه به این که گردشگری به عنوان یک موتور محرکه قوی برای توسعه همه جانبه هر کشوری استفاده می‌شود مقاله حاضر به بررسی و شناسایی پتانسیل‌های گردشگری شهرستان جویین و ارائه راهکارهای لازم می‌پردازد، این تحقیق از نوع تحلیل پیمایشی می‌باشد که در آن از مدل SWOT استفاده شده است. براساس این مدل نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدیدها مشخص و اولویت‌بندی گردید. مجموع امتیاز وزنی نقاط قوت منطقه مطالعاتی ۲۶۶، نقاط ضعف ۱۰۲، فرصت‌ها ۲۲۵ و تهدیدات ۱۵۹ می‌باشد. مجموع امتیاز وزنی نقاط قوت و فرصت‌ها برابر ۴۹۱ در مقابل امتیاز وزنی نقاط ضعف و تهدیدات ۲۶۱ می‌باشد که نشان دهنده شرایط بسیار مطلوب برای توسعه گردشگری در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. نتایج حاصل از مدل SWOT در منطقه مورد مطالعه برتری امتیاز وزنی نقاط قوت (۲۶۶) و فرصت‌های منطقه (۲۲۵) را نسبت به امتیاز وزنی نقاط ضعف (۱۰۲) و تهدیدهای منطقه (۱۵۹) نشان می‌دهد. نتایج بررسی‌ها و تحلیل‌ها نشان می‌دهد که شهرستان جویین علی‌الرغم مشکلات و تنگناهای مختلف نظیر عدم شناخت بعضی از جاذبه‌های گردشگری منطقه و عدم آشنایی و آگاهی مردم نسبت به آن‌ها، کمبود خدمات گردشگری نظیر تورهای گردشگری و نبود مراکز اقامتی برای گردشگران و وجود ترافیک در راه‌های مواصلاتی شهرستان بخاطر صنایع موجود، به دلایلی نظیر دارا بودن جاذبه‌های گردشگری ممتاز و وجود مخروط افکنه‌های زیبا در سطح شهرستان، آثار تاریخی و وجود جاذبه‌های تفریحی مناسب از جمله کوه نوردی و کویرنوردی قابلیت زیادی در توسعه گردشگری داشته و می‌تواند یکی از مناطق هدف گردشگری مطرح شود.

کلمات کلیدی: گردشگری، جویین، فرصت، swot

مقدمه

اصولا توسعه اقتصادی در هر کشوری نیازمند سرمایه گذاری در بخشها و فعالیتهای مختلف اقتصادی آن کشور است و بدون سرمایه گذاری در طرحهای زیربنایی و روبنایی، نمیتوان انتظار گسترش اشتغال، تولید و رفاه اقتصادی را داشت. برای تحقق این مهم، امروزه بسیاری از کشورهای جهان، تمایل شدیدی به جذب سرمایه های خارجی پیدا کرده اند (شاگری و سلیمی، ۱۳۸۵). سرمایه گذاری در زیرساخت های گردشگری و استفاده از توانهای بالقوه منطقه ای به منظور جذب گردشگر، یکی از راههای مناسب بدین منظور است. توسعه گردشگری به عنوان مجموعه فعالیت های اقتصادی، تأثیر بسزایی در تقویت بنیادهای اقتصادی جوامع دارد و نقش گردشگری به عنوان منبع جدیدی برای ایجاد اشتغال، کسب درآمد، دریافت های مالیاتی بیشتر، جذب ارز و تقویت زیر ساخت های اجتماعی که موجب رشد و توسعه سایر صنایع می شود، در مطالعات متعدد مورد تایید قرار گرفته است (کاظمی، ۱۳۸۷). سازمان جهانی گردشگری مجموعه کارهایی که یک فرد در مکان غیر از محیط عادی خود کمتر از یکسال انجام می دهد و هدف آن گذراندن اوقات فراغت استراحت خرید و فعالیت هایی از این قبیل می باشد گردشگری می نامد (سازمان جهانی گردشگری ۲۰۰۹، ۱۳؛ اعظمی و همکاران، ۱۳۹۴). این صنعت به عنوان یکی از پردرآمدترین فعالیت ها در جهان مطرح بوده و اقتصاد گردشگری در حال تبدیل شدن به یکی از ارکان اصلی اقتصاد تجاری جهان است (همان)، این صنعت به عنوان سومین صنعت برتر دنیا بعد از نفت و ماشین سازی شناخته شده و یکی از بزرگترین فعالیتهای خدماتی دنیادر عصر حاضر می باشد (کوئلرون ۲۰۰۲، ۱۴).

کشور ایران با وجود جاذبه های فراوان فرهنگی، تاریخی و طبیعی هنوز نتوانسته است جایگاه خود را بعنوان یک کشور پذیرنده گردشگر در بازار جهانی صنعت گردشگری بیاید. از این رو سهم ناچیزی از درآمدهای این صنعت نصیب این کشور شده است و همچنین این مسئله در زمینه گردشگری داخلی و بخصوص گردشگری روستایی صدق می کند (بوکانی و امیری، ۱۳۹۳؛ معتمدی راد و حسن زاده ۱۴۰۱). صنعت گردشگری با اتکا به ویژگی ها و تأثیرات اقتصادی خود می تواند به گونه ای کاملا موثر در تحرک و پویایی بخش های مختلف اقتصادی جوامع محلی نقش عمده ای ایفا کند و در نهایت به توسعه نواحی روستایی و کم رشد کمک کند (تقوایی و همکاران، ۱۳۸۷). جوامع سازمانی بویژه نظام های اجرایی دریافته اند که در فرآیند گردشگری، آثار مثبت اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، زیست محیطی، تکنولوژیک و غیره فراوانی موجود است و در فرآیند گردشگر فرصتی نیز توانمندسازی نیروی انسانی، منافع سیاسی، بین المللی و ترویج فرهنگ بومی در سایر نقاط دنیا ضروری است. افزون بر این، بسیاری از برنامه ریزان و سیاست

¹: World Torism Organization (WTO)

گذاران توسعه نیز از صنعت گردشگری به عنوان رکن اصلی توسعه پایدار یاد می کنند (ابراهیم زاده و آقاسی زاده، ۱۳۸۸). در زمینه گردشگری مطالعاتی صورت گرفته است که به برخی از مطالعات اشاره می گردد:

(وای.کیم^{۱۲۵}، ۱۹۸۸) در رساله خود، سعی در ارزیابی توریسم از بعد ساختار فضایی و تأثیرات آن بر مدل سفرهای توریستی دارد. این رساله با استفاده از «مدل کشش» تباینات فضایی سفرهای توریستی و ارزیابی و روند حاصل از آن را ارائه می کند. (سی.لی^{۱۲۶}، ۱۹۹۲) در رساله خود، رویکردهای گروه هوای مختلف توریستی را برای ارزیابی تأثیرات اقتصادی توریسم و اوقات فراغت بر روی توره های مختلف مورد بررسی و تحلیل قرار داده است. این تحقیق با استفاده از نظریات مختلف بازدید کنندگان از مناطق توریستی شکل گرفته است. کوماری^{۱۲۷} و همکاران (۲۰۱۰)، در پژوهش از چند شاخص مهم همچون پراکندگی حیات وحش-بوم شناختی انواع، انواع اکولوژی و خاصیت انعطافی محیط برای ناحیه ای در غرب ایالت Sikkim واقع در کشور هندوستان استفاده نمود و ضمن تلفیق لایه های مورد نیاز در محیط GIS با استفاده از روش AHP به ارزیابی پتانسیل های اکوتوریستی این ناحیه پرداخته اند و پتانسیل های مناسب را در چهار سطح بسیار بالا، متوسط، کم مشخص نموده اند. راج^{۱۲۸} (۲۰۱۳) نیز در تحقیق خود بر روی توسعه گردشگری ماجراجویانه منطقه همیکلان هند پیشنهاد می کند که این منطقه کوهستانی مستعد ورزش های ماجراجویانه سخت است و در نهایت نتیجه گیری می کند که بین تقاضا و خدمات ارائه شده شکاف وجود دارد، تقاضا بیشتر است و محل های اقامت و ظرفیت باید توسعه یابد. ایبا^{۱۲۹} همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی با استفاده از مدل SWOT و مدل QSPM بررسی صنعت گردشگری در شهرستان گلوگاه ایران پرداخته اند. نتایج آن ها نشان دهنده این است که موقعیت راهبردی منطقه به سوی SO می باشد. در بخش اولویت بخشی و رونق دادن به مشاغل مرتبط به حفاظت از جاذبه های طبیعی، فرهنگی، جاذبه های طبیعی و اکوتوریسم و توسعه شبکه های ارتباطی تاکید داشته اند. استوانوویچ^{۱۳۰} و همکاران (۲۰۲۰) به تجزیه و تحلیل مشاغل روستاهای کوچک با استفاده از مدل AHP برای ارزیابی کارآمد کانال های توزیع پرداختند و نتایج پژوهش ایشان نشان داد که توزیع محصولات کشاورزی در روستاها یک موضوع مداوم است و باید با استفاده از مدل AHP یک مزیت رقابتی برای این کار ایجاد نمود؛ همچنین روش مبتنی بر فرایند تحلیلی سلسله مراتبی در این پژوهش ابزار مفیدی در تعیین معیارهای مختلف برای تصمیم گیری را معرفی نمود و به عنوان ابزاری برای مدیریت ارزیابی کیفی متنوع داده ها در تصمیم گیری فرایندها و نتایج استفاده گردید. مهدی راست قلم و همکاران (۱۳۸۹) در مقاله ای تحت عنوان (مزیت ها و محدودیت های توسعه کانون های گردشگری با

125 -Kim
 126 -Lee
 127 -Kumari
 128- Raj
 129-Abyaa
 130 -Stevanovic et al

استفاده از تحلیل SWOT- مطالعه موردی؛ کانون های گردشگری شهرستان شهرکرد))، با استفاده از پرسشنامه و طیف لیکرت به بررسی استراتژی های تحلیل SWOT در منطقه پرداخته است. بر اساس این تحقیق، مولفه های به وجود آمدن مراکز گردشگری پذیر در منطقه به عنوان مهمترین عامل تهدید توسعه کانون های گردشگری مشخص شده است. امیراحمدی و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی راهبردهای توسعه گردشگری روستایی با استفاده از مدل SWOT در روستای حصار از توابع شهرستان تربت حیدریه داشتند که به بالا بودن نیازمندی های این نواحی به لحاظ توریستی بودن با توجه به میزان تهدیدها و محدود بودن فرصت ها، الزامی بودن توزیع و تخصیص مجدد منابع در روستای مورد مطالعه با توجه به محدود بودن فرصت ها و بالا بودن نقاط ضعف، محدود بودن برتری و مزیت های روستا به جاذبه های طبیعی دست یافتند. همچنین بدری و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی اکوتوریسم شهرستان مریوان پرداختند و ضمن بررسی نقاط ضعف و قوت آن اذعان نمودند که لازم است راهبردهای متنوعی به عنوان مجموعه های راهبردی برای سیاستگذاری و مدیریت و برنامه ریزی اکوتوریسم مورد توجه قرار گیرد. بوکانی و امیری (۱۳۹۳) در پژوهشی به بررسی و تبیین گردشگری روستایی شهرستان مریوان با استفاده از مدل SWOT پرداخته اند که یافته های تحقیق آستانه آسیب پذیری این نواحی را بسیار بالا نشان می دهد و این مناطق را نیازمند بازنگری و ارائه سیاست های مناسب در جهت رفع ضعف ها و تهدیدها با استفاده از نقاط قوت و فرصت ها می داند. مجیدی و همکاران (۱۳۹۵) نیز در پژوهشی توسعه ورزش های ماجراجویانه در شهر سنندج را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که موقعیت این شهر به منظور توسعه ورزش های ماجراجویانه مناسب بوده است و باید استراتژی های تهاجمی را مدنظر قرار داد. هاشمی (۱۳۹۹) در پژوهشی با عنوان ارزیابی آسیب پذیری زیست محیطی کانون های گردشگری شهرستان لنگرود براساس مدل SWOT بررسی کرد و به این نتیجه رسید که با توجه به ارزیابی نتایج بیرونی و درونی بهترین استراتژی برای کاهش آسیب پذیری زیست محیطی این شهرستان راهبرد تدافعی WT را در راستای به حداقل رساندن زیان های ناشی از تهدیدهای پیش رو از طریق رفع ضعف ها و محدودیت ها پیشنهاد داد. اصولی و ولی نژاد (۱۴۰۰) در پژوهشی تحت عنوان تدوین راهبردهای توسعه توریسم روستایی به روش SWOT (مطالعه موردی بخش مرکزی شهرستان خرم آباد) که پس از محاسبات آماری و غلبه نقاط قوت بر نقاط ضعف و همچنین غلبه فرصت ها بر تهدیدها، جایگاه راهبردی روستاهای شهرستان خرم آباد در رابطه با توسعه گردشگری روستایی در ماتریس تجزیه تحلیل داخلی-خارجی، در خانه تهاجمی تعیین شد. که برای تحقق این راهبرد راه حل هایی نظیر: ایجاد برنامه تور گردشگری برای گردشگران؛ تلاش در جهت جذب افراد تحصیل کرده روستایی در جهت توسعه توریسم روستایی؛ ایجاد کسب و کارهای نوپا با محوریت بازارچه های فروش صنایع دستی، محصولات دامی و باغی و گیاهی روستاها و برنامه ریزی راهبردی جهت پیاده سازی گردشگری طبیعی و فرهنگی؛ تدوین گردید.

از مناطقی که با وجود جاذبه های گردشگری، فرهنگی، اقتصادی و طبیعی فراوان در سطح کشور اما توسعه چندانی

نداشته است و شاهد کاهش درآمد مردم و کمبود امکانات در آن می باشد شهرستان جویین است که متأسفانه در برنامه کلان توسعه ملی و منطقه ای فکری به حال آن نشده و فاقد امکانات زیر بنایی برای گردشگری می باشد. از نظر مختصات جغرافیایی در محدوده تقریبی $36^{\circ}25'$ تا $36^{\circ}50'$ عرض شمالی و $57^{\circ}12'$ تا $57^{\circ}53'$ طول شرقی قرار دارد. این شهرستان با مساحتی در حدود $1656/05$ کیلومتر مربع با تعداد ۲ بخش (مرکزی - عطاملک) یک شهر (نقاب) و تعداد ۴ دهستان (مرکزی - پیراکوه - حکم آباد - زرین) با ارتفاع متوسط ۱۱۰۰ متر از سطح دریا در دامنه های شمالی کوه های جغتای قرار دارد. این شهرستان در شمال سبزوار واقع گردیده و از شمال به اسفراین از شرق و جنوب شرق به بخش خوشاب سبزوار، از جنوب به بخش مرکزی سبزوار و بخش داورزن و از سمت غرب به شهرستان جغتای محدود می گردد. شهرستان مذکور از نظر تقسیمات کشوری جزء استان خراسان رضوی می باشد. عبور راه آهن سراسری تهران - مشهد از مرکز این ناحیه موقعیت ویژه ای را برای این فراهم نموده است. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه



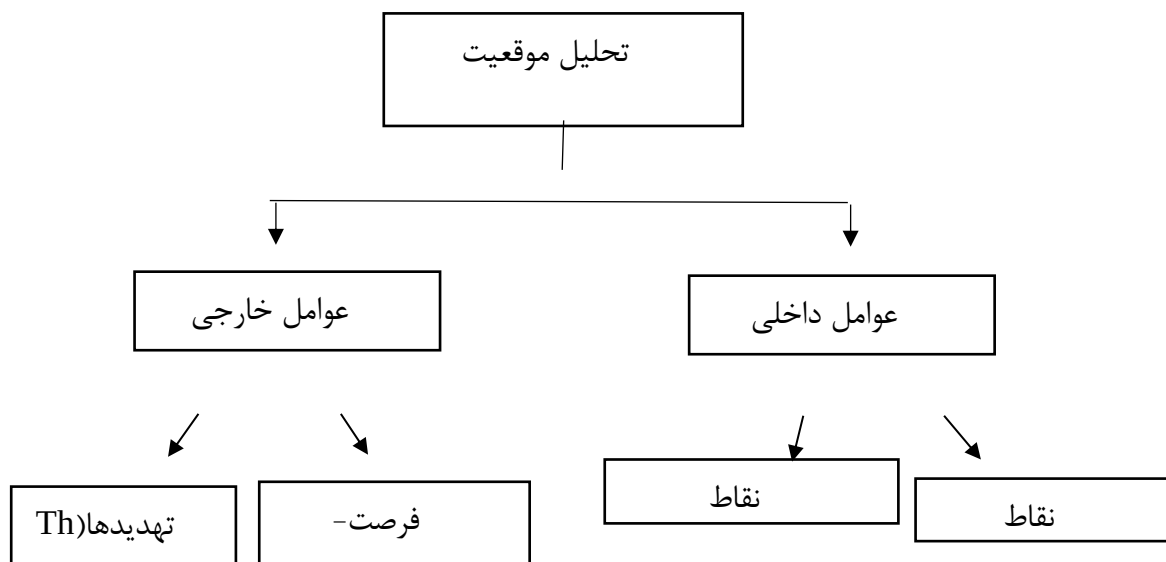
شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

مواد و روش ها

این تحقیق از نوع تحلیل پیمایشی است. در این پژوهش از طریق بازدیدهای میدانی، داده های ماهواره ای Google earth pro ظرفیت های گردشگری شهرستان جویین مورد شناسایی قرار گرفته است. پس از شناسایی و استخراج اشکال عمده ژئومورفولوژیک و تهیه نقشه ی آن با نرم افزار GIS 10/3 جاذبه های گردشگری شهرستان شناسایی و

طبقه بندی شدند. جهت ارزیابی و تحلیل پتانسیل ها و تنگناهای توسعه گردشگری در شهرستان جوین و به منظور دستیابی به راهبردهای کلی توسعه گردشگری در محدوده مطالعاتی، با طبقه بندی ساختارهای مربوطه، اقدام به استخراج راهبردهای تلفیقی با استفاده از مدل SWOT¹³¹ شد. برای توسعه و گسترش یک استراتژی در قالب مدل SWOT، یک ماتریس از عوامل می توان ایجاد نمود که به ماتریس SWOT یا ماتریس ارزیابی معروف است (جدول ۱). در این روش، هدف ارزیابی فرصت ها و تهدیدهای محیطی از یک طرف و نقاط ضعف و قوت از سوی دیگر مورد توجه می شود (فاضل نیا، ۱۳۸۹). تحلیل موقعیت SWOT در برنامه ریزی راهبردی نقش برجسته ای دارد که با مشخص شدن نقاط قوت و ضعف و فرصت ها و تهدیدها میتوان برای تدوین و برنامه ریزی راهبردی اقدام نمود (لوفان، ۱۴۰۰). SWOT یک واژه اختصاری برای قوت ها، ضعف ها، فرصت ها و تهدیدها است. ماتریس SWOT یک ابزار برنامه ریزی استراتژیک است که برای ارزیابی قوت ها و ضعف های یک سازمان و فرصت ها و تهدیدهای محیطی رویاروی آن مورد استفاده قرار می گیرد (خورشید و رنجبر، ۱۳۸۹). تحلیل SWOT در نظر دارد قوت ها و فرصت ها را به حداکثر برساند، تهدیدهای برون را به حداقل برساند، ضعف ها را به قوت ها تبدیل کند و مزیت فرصت ها را به موازات به حداقل رساندن توامان ضعف های درونی و تهدیدهای برونی کسب کند. سازمان می تواند به وسیله شناسایی قوت ها، ضعف ها، فرصت ها و تهدیدها، استراتژی هایی بر اساس قوت ها به ضعف ها و بهره برداری از فرصت ها یا استفاده از آن ها برای مقابله با تهدیدها طراحی و تدوین کند. قوت ها و ضعف ها به وسیله ارزیابی محیط درونی و فرصت ها و تهدیدها به وسیله ارزیابی محیط برون شناسایی می شوند. (Dinner, 2004)

شکل ۲: ماتریس تحلیل موقعیت



¹³¹ strength - weakness - opportunity - threat analysis

این مدل بر این اصل استوار است که هر پدیده در یک محیط رقابتی تحت تاثیر شرایط درونی قرار دارند این شرایط به دو دسته شرایط بیرونی کلان که تاثیرات غیر مستقیمی خواهد داشت و شرایط درونی خرد که تاثیرات مستقیم بر پدیده می‌گذارد قالب تفکیک است. تجزیه و تحلیل SWOT روش تحلیل نظام یافته‌ای را برای شناسایی این عوامل انتخاب و استراتژی که بهترین تطابق بین آن‌ها را ایجاد کند ارائه می‌نماید (Fisher, 1989) از دیدگاه این مدل یک استراتژی مناسب، قوت‌ها، و فرصت‌ها را به حداکثر و ضعف‌ها و تهدیدها را به حداقل ممکن می‌رساند به هرحال نقاط مورد نظر در چهار حالت کلی SO، WO، ST، WT به هم پیوند داده شده و گزینه‌های استراتژی مشخص و انتخاب می‌شوند (هریسون و کارون، ۱۳۸۲). آنالیز قوت‌ها، ضعف‌ها (SW) و فرصت‌ها، تهدیدها (OT) یک رتبه بندی مقدماتی از اقداماتی را به دست می‌دهد که دستیابی به اهداف کوتاه مدت، میان مدت، بلند مدت، را تسهیل می‌کند (مافی و سقایی، ۱۳۸۸)

جدول ۱: ماتریس SWOT و نحوه تعیین استراتژی‌ها (حیدری مکرر، ۱۳۹۰: ۴)

ماتریس SWOT	نقاط قوت S	نقاط ضعف W
فرصت‌ها O	استراتژی‌های SO	استراتژی‌های WO
تهدیدها T	استراتژی‌های ST	استراتژی‌های WT

بحث و نتایج

در این مرحله عوامل داخلی و خارجی موثر در گردشگری مورد بررسی، وزن دهی و امتیاز وزنی به شرح ذیل مشخص گردید.

عوامل داخلی موثر در توسعه گردشگری شهرستان جویین

هدف این مرحله از مطالعات، سنجش آثار محیط داخلی محدوده مطالعاتی جهت شناسایی نقاط قوت و ضعف یعنی مواردی که در راه دستیابی به اهداف برنامه‌ریزی و اجرای آن ضروری است، می‌باشد. مجموعه نقاط قوت و ضعف موجود

و موثر بر گردشگری این ناحیه مورد بررسی قرار گرفته که در جدول ۲ آمده است:

جدول ۲: طبقه بندی ماتریس عوامل داخلی موثر (نقاط قوت و ضعف ها) شهرستان جویین

نقاط قوت (strenghts)	نقاط ضعف (weakneses)
S1: وجود جاذبه های اکوتوریسی ممتاز: نظیر آبشار بید و روستاهای توریستی یوسف آباد و دلک آباد و وجود مخروط افکنه های زیبا در سطح شهرستان	W1: عدم شناخت بعضی از جاذبه های گردشگری منطقه و عدم آشنایی و آگاهی مردم نسبت به آنها
S2: وجود جاذبه های تفریحی مناسب از جمله کوه نوردی و کویر نوردی	W2: عدم شناخت بعضی از جاذبه های گردشگری منطقه و عدم آشنایی و آگاهی مردم نسبت به آنها
S3: وجود آثار تاریخی فراوان نظیر آرامگاه معین الدین جوینی و سعید الدین حمویه جوینی و ارگ تاریخی آق قلعه و	W3: وجود ترافیک در راه های مواصلاتی شهرستان بخاطر صنایع موجود به ویژه فولاد
S4: وجود چندین بقعه متبرکه نظیر (امامزاده قاسم، امامزاده هفت معصوم و امامزاده زین العابدین و علی و...) در شهرستان	W4: نبود وسایل حمل و نقل عمومی مناسب در شهرستان و پایانه مسافری
S5: دارا بودن آب و هوایی مساعد در فصول مختلف سال	W5: وجود زمین های کشاورزی مساعد منطقه و وابستگی مردم به کشاورزی و دامپروری که سبب بی توجهی به استعداد های کشاورزی منطقه می شود
S6: وجود ارتفاعات محلی زیبا (هرده) و دارا بودن پتانسیل های اقتصادی و توریستی	W6: عدم انگیزه مدیران منطقه در جهت توسعه و رونق گردشگری و سرمایه گذاری در بخش گردشگری در منطقه
S7: وجود مسیر های مناسب در سطح شهرستان	W7: پایین بودن روحیه مشارکت مردم منطقه برای فعال کردن پتانسیل های گردشگری
S8: وجود صنایع بزرگ کشاورزی و صنعتی (کارخانه کشت و صنعت، پارس فولاد و الکترو موتور (جمکو))	W8: عدم تبلیغ مناسب به منظور معرفی پتانسیل های گردشگری منطقه
S9: دارا بودن خاک و آب حاصلخیز برای کشاورزی و درا بودن انواع محصولات کشاورزی و منابع آبی کافی سطحی و زیر زمینی	W9: نبود موزه های مختلف در شهرستان
S10: نزدیک بودن به دو شهرستان بزرگ اسفراین و سبزوار داشتن مسیر مبادلاتی با این شهرستان ها	به منظور آشنایی گردشگران با آداب و رسوم مردم شهرستان
S11: اشتراک مذهبی و فرهنگی و زبانی مردم منطقه با یکدیگر و شهرستان های جغتای و خوشاب	W10: کمبود نیروهای آموزش دیده و متخصص در این زمینه

عوامل خارجی موثر در گردشگری شهرستان جویین:

هدف این مرحله از مطالعات، سنجش آثار محیط خارجی محدوده مطالعاتی جهت شناسایی فرصت ها و تهدیدهایی است که گردشگری منطقه با آن مواجه است. بنابراین مجموعه فرصت ها و تهدیدهای موجود و موثر بر گردشگری این ناحیه مورد بررسی قرار گرفته که در جدول ۳ آمده است:

جدول ۳: طبقه بندی ماتریس عوامل خارجی موثر (فرصت ها و تهدیدها) شهرستان جویین

فرصت ها (Opportunities)	تهدیدها (threats)
O1: وجود مناطق حفاظت شده و بکر در شهرستان O2: فراهم بودن زمینه مناسب در جهت آشنایی با پتانسیل های گردشگری در منطقه و کسب درآمد و اشتغال زایی از آن و برگزاری تورهای آموزشی O3: امکان عرضه و فروش محصولات باغی و دامی و افزایش درآمد ساکنان محلی O4: نزدیکی به جاذبه های گردشگری در اطراف شهرستان O5: رغبت سرمایه گذاران بخش خصوصی به منطقه برای سرمایه گذاری در بخش گردشگری شهرستان O6: امکان جذب امکانات عمرانی و زیر بنایی و توجه مسئولان به منطقه و سوق دادن امکانات برای توسعه بیشتر گردشگر O7: شرایط مناسب جهت برگزاری تورهای کوهنوردی و کویرنوردی O8: عبور راه آهن سراسری از مسیر شهرستان و امکان جابجایی مسافر در این مسیر و نقاط مختلف O9: امکان برگزاری جشنواره و نمایشگاه های محلی در منطقه O10: وجود اراضی فراوان با مالکیت دولتی و مناسب در جهت واگذاری برای انجام پروژه های مرتبط	T1: افزایش قیمت زمین و بورس بازی زمین و در ادامه آن افزایش بار مالی ایجاد تجهیزات گردشگری T2: تخریب محیط طبیعی و بافت های تاریخی و فرهنگی شهرستان و کاهش کیفیت آن T3: افزایش آلودگی های زیست محیطی در منطقه به دلیل افزایش جمعیت حاصل از گردشگری و اقتصاد آن به ویژه آلودگی منابع آب و خاک T4: تاثیر بر فرهنگ بومی و سنتی منطقه و تضعیف آن T5: ساخت و سازهای نامناسب در حریم بناها، محوطه ها و مسیل ها با توجه به ورود گردشگری به منطقه

طراحی و تحلیل ماتریس SWOT شهرستان جویین

در این قسمت از تحقیق تلاش بر این است که تا مجموعه عوامل داخلی و خارجی مدل SWOT را به منظور دستیابی به راهبردهای کلی توسعه گردشگری در منطقه، مورد مطالعه و بررسی قرار داده و با تهیه ماتریس آن، بتوان

راهبردهای چهارگانه تهاجمی، رقابتی، تدافعی و بازنگری را مشخص و در نهایت در مراحل بعد بتوان از آنها به عنوان راهنمای ارائه راهکارها و تعیین سیاست های توسعه منطقه بهره گرفت. این روند که موجبات ارائه الگوی توسعه گردشگری را برای شهرستان جوین فراهم می سازد، در دو قسمت مجزا مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. این مراحل عبارتند از:

تعیین امتیاز وزنی مجموعه عوامل داخلی و خارجی مؤثر بر گردشگری منطقه مورد مطالعه و تعیین اولویت های آن:

با توجه به بررسی های انجام شده در سطح شهرستان، تعداد ۱۱ قوت داخلی در برابر ۱۰ نقطه ضعف داخلی و تعداد ۱۰ فرصت خارجی در برابر ۵ تهدید خارجی شناسایی و بررسی شده است و در مجموع تعداد ۲۱ نقطه قوت و فرصت به عنوان مزیت ها و تعداد ۱۵ نقطه ضعف و تهدید به عنوان محدودیت ها و تنگناهای پیش رو در جهت توسعه گردشگری در سطح منطقه قابل شناسایی است. به این ترتیب در یک تحلیل ساده می توان گفت که شهرستان جوین برای گسترش توریسم از قابلیت ها و پتانسیل های بالایی برخوردار می باشد. با توجه به مطالعات و محاسبات انجام گرفته، وزن دهی به عوامل داخلی و خارجی مؤثر بر گردشگری منطقه صورت گرفت که نتایج آن در جدول های ۴ و ۵ ارائه شده است. در این جداول، مجموع وزن های داده شده، میانگین رتبه ای و وزن نسبی هر یک از نقاط قوت، ضعف، فرصت ها و تهدیدها با در نظر گرفتن پنج درجه شدت (خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم، خیلی کم) بررسی و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. به هریک از عوامل بر اساس تأثیر احتمالی آنها بر موقعیت استراتژیک فعلی سیستم (بر اساس نتایج یافته های حاصل از شناخت تجزیه و تحلیل وضع موجود)، وزنی از صفر (بی اهمیت ترین) تا یک (مهم ترین) اختصاص یافته است. همچنین به هر عامل و بر اساس اهمیت و موقعیت کنونی سیستم، امتیازی از ۱ (ضعیف) تا ۵ (بسیار خوب)، براساس نتایج یافته های حاصل از شناخت و تجزیه و تحلیل وضع موجود، اختصاص داده شد. این درجه بندی نشان می دهد که سیستم چگونه به هریک از عوامل خارجی پاسخ می دهد. در ادامه وزن هر عامل را در درجه آن عامل ضرب کرده، تا به این وسیله امتیاز وزنی آن به دست آید. همچنین در پایان امتیازات وزنی تمام عوامل خارجی و داخلی را بطور جداگانه جمع کرده و امتیاز وزنی کل را محاسبه می کنیم. امتیاز وزنی کل نشان می دهد که یک سیستم چگونه به عوامل موجود و بالقوه در محیط بیرونی اش پاسخ می دهد. در تحلیل SWOT شهرستان جوین، نقاط قوت داخلی مشخص گردید که مجموع وزن ۱۱ مورد نقاط قوت منطقه برابر با ۰.۷۶ به دست آمد و امتیاز وزنی مجموع آنها ۲.۶۶ حاصل شد که نشان دهنده بالا بودن تأثیر نقاط قوت در منطقه مورد مطالعه است. در میان نقاط قوت، وجود جاذبه های اکوتوریسی ممتاز نظیر آبشار بید و روستاهای توریستی یوسف آباد و دلک آباد و وجود مخروط افکنه های زیبا در سطح شهرستان، وجود آثار تاریخی فراوان نظیر آرامگاه معین الدین جوینی و سعید الدین حمویه جوینی و ارگ تاریخی آق قلعه و ...، وجود جاذبه های تفریحی مناسب از جمله کوه نوردی و کویر نوردی به ترتیب دارای بالاترین امتیاز وزنی در میان نقاط

قوت بوده اند. علاوه بر این عدم شناخت بعضی از جاذبه های گردشگری منطقه و عدم آشنایی و آگاهی مردم نسبت به آن ها، کمبود خدمات گردشگری نظیر تورهای گردشگری و نبود مراکز اقامتی برای گردشگران و وجود ترافیک در راه های مواصلاتی شهرستان بخاطر صنایع موجود به ویژه فولاد به عنوان مهمترین نقاط ضعف داخلی در گردشگری کویر مطرح بوده و به ترتیب بیشترین امتیاز وزنی را به خود اختصاص داده اند که می بایست در برنامه ریزی های گردشگری منطقه به آن توجه نمود. از لحاظ فرصت ها، مهمترین عامل، وجود مناطق حفاظت شده و بکر در شهرستان است که امتیاز وزنی آن برابر با ۰.۴۰ محاسبه شده است. از دیگر فرصت های مهم در منطقه مورد مطالعه، فراهم بودن زمینه مناسب در جهت آشنایی با پتانسیل های گردشگری در منطقه و کسب درآمد و اشتغال زایی از آن و برگزاری- تورهایی است که امتیاز وزنی ۰.۳۲ را دارا است. مجموع امتیاز وزنی نقاط قوت منطقه برابر با ۲.۶۶ به دست آمده در حالیکه مجموع امتیاز وزنی مجموع نقاط ضعف منطقه ۱.۰۲ تعیین گردیده است که نشان دهنده بالا بودن تأثیر نقاط قوت شهرستان در میان عوامل داخلی است. همچنین مجموع امتیاز وزنی فرصت های منطقه ۲.۲۵ محاسبه شده است در صورتی که مجموع امتیاز وزنی تهدیدهای منطقه ۱.۵۹ تعیین شده است. بدین ترتیب بالا بودن امتیازهای مربوط به فرصت های گردشگری و نقاط داخلی نشان دهنده شرایط بسیار مطلوب برای توسعه گردشگری در شهرستان جوین است. در پایان با توجه به نتایج به دست آمده از تحلیل ماتریس SWOT و امتیاز وزنی اقدام به اولویت بندی و رتبه بندی هر یک از شاخص ها گردید و در نهایت جدول ۴ و ۵ ایجاد گردید که می توان گفت با توجه به نتایج حاصله از جداول ۴ و ۵ که مجموع امتیازهای وزنی نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید آن به ترتیب برابر ۲.۶۶، ۱.۰۲، ۲.۲۵ و ۱.۵۹ می باشد، می توان گفت منطقه استعداد و قابلیت فوق العاده ای در توسعه گردشگری دارد.

طراحی ماتریس و ارائه استراتژی های چهارگانه به منظور دستیابی به راهبردهای کلی توسعه گردشگری منطقه:

در این قسمت پس از طراحی ماتریس بر اساس مدل سوات (SWOT) برای منطقه مورد مطالعه، اقدام به تنظیم استراتژی های چهارگانه شامل: استراتژی های تهاجمی (SO)، رقابتی (ST)، بازنگری (WO) و تدافعی (WT) گردیده و در نهایت به تحلیل آنها پرداخته می شود تا از این طریق بتوان الگوی توسعه گردشگری منطقه مورد مطالعه را مشخص و تدوین نمود.

در راستای ارائه استراتژی های کلان بر اساس قاعده معمول چنانچه میانگین کل امتیازات تهدیدها و ضعفها کمتر از کل امتیازات فرصت ها و قوت ها باشد ($WT < SO$)، استراتژی کلان، از نوع استراتژی تهاجمی خواهد بود، چنانکه میانگین کل امتیازات تهدیدها و ضعفها بیشتر از میانگین کل امتیازات فرصت ها و قوت ها باشد ($WT > SO$)، در این صورت استراتژی از نوع تدافعی خواهد بود (فاضل نیا و هدایتی، ۱۳۸۹). بر این اساس نظر به این که کل امتیازات فرصت ها و قوت ها بر اساس مدل SWOT بیشتر از میانگین تهدیدها و ضعفها ($WT(2.61) < SO(4.91)$) می باشد

لذا استراتژی برای توسعه گردشگری شهرستان جوین، استراتژی تهاجمی خواهد بود.

جدول ۴: امتیاز وزنی عوامل داخلی موثر بر گردشگری شهرستان جوین طبق مدل SWOT و تعیین اولویت های آن:

مجموعه عوامل داخلی				
اولویت	امتیاز وزنی	درجه بندی	وزن	نقاوت قوت
۱	۰/۴۵	۵	۰/۰۹	وجود جاذبه های اکوتوریسی ممتاز نظیر آبشار بید و روستاهای توریستی یوسف آباد و دلک آباد و وجود مخروط افکنه های زیبا در سطح شهرستان
۲	۰/۴۰	۵	۰/۰۸	وجود جاذبه های تفریحی مناسب از جمله کوه نوردی و کویر نوردی
۳	۰/۳۶	۴	۰/۰۹	وجود آثار تاریخی فراوان نظیر آرامگاه معین الدین جوینی و سعید الدین حمویه جوینی و ارگ تاریخی آق قلعه و
۴	۰/۳۲	۴	۰/۰۸	وجود چندین بقعه متبرکه نظیر (امامزاده قاسم، امامزاده هفت معصوم و امامزاده زین العابدین و علی و...) در شهرستان
۵	۰/۲۸	۴	۰/۰۷	دارا بودن آب و هوایی مساعد در فصول مختلف سال
۶	۰/۲۴	۳	۰/۰۸	وجود ارتفاعات محلی زیبا (هرده) و دارا بودن پتانسیل های اقتصادی و توریستی
۷	۰/۲۱	۳	۰/۰۷	وجود مسیرهای مناسب در سطح شهرستان
۸	۰/۱۶	۲	۰/۰۸	وجود صنایع بزرگ کشاورزی و صنعتی (کارخانه کشت و صنعت، پارس فولاد و الکترو موتور (جمکو))
۹	۰/۱۰	۲	۰/۰۵	دارا بودن خاک و آب حاصلخیز برای کشاورزی و درا بودن انواع محصولات کشاورزی و منابع آبی کافی سطحی و زیر زمینی
۱۰	۰/۰۸	۲	۰/۰۴	نزدیک بودن به دو شهرستان بزرگ اسفراین و سبزوار و داشتن مسیر مبادلاتی با این شهرستان ها
۱۱	۰/۰۶	۲	۰/۰۳	اشتراک مذهبی و فرهنگی و زبانی مردم منطقه با یکدیگر و شهرستان های جغتای و خوشاب
	۲/۶۶		۰/۷۶	کل
اولویت	امتیاز	درجه	وزن	نقاط ضعف

وزنی	بندی		
۰/۲۵	۵	۰/۰۵	عدم شناخت بعضی از جاذبه های گردشگری منطقه و عدم آشنایی و آگاهی مردم نسبت به آنها
۰/۲۰	۵	۰/۰۴	کمبود خدمات گردشگری نظیر تورهای گردشگری و نبود مراکز اقامتی برای گردشگران
۰/۱۶	۴	۰/۰۴	وجود ترافیک در راه های مواصلاتی شهرستان بخاطر صنایع موجود به ویژه فولاد
۰/۱۲	۴	۰/۰۳	نبود وسایل حمل و نقل عمومی مناسب در شهرستان و پایانه مسافری
۰/۱۰	۵	۰/۰۲	وجود زمین های کشاورزی مساعد منطقه و وابستگی مردم به کشاورزی و دامپروری که سبب بی توجهی به استعدادهای کشاورزی منطقه می شود
۰/۸	۴	۰/۰۲	عدم انگیزه مدیران منطقه در جهت توسعه و رونق گردشگری و سرمایه گذاری در بخش گردشگری در منطقه
۰/۰۴	۱	۰/۰۱	پایین بودن روحیه مشارکت مردم منطقه برای فعال کردن پتانسیل های گردشگری
۰/۰۳	۳	۰/۰۱	عدم تبلیغ مناسب به منظور معرفی پتانسیل های گردشگری منطقه
۰/۰۲	۲	۰/۰۱	نبود موزه مختلف در شهرستان به منظور آشنایی گردشگران با آداب و رسوم مردم شهرستان
۰/۰۲	۲	۰/۰۱	کمبود نیروهای آموزش دیده و متخصص در این زمینه
۱/۰۲		۰/۲۴	کل

جدول ۵: امتیاز وزنی عوامل خارجی موثر بر گردشگری شهرستان جوین طبق مدل SWOT و تعیین اولویت های آن:

مجموعه عوامل خارجی				
اولویت	امتیاز وزنی	درجه بندی	وزن	فرصت ها
۱	۰/۴۰	۵	۰/۰۸	وجود مناطق حفاظت شده و بکر در شهرستان
۲	۰/۳۲	۴	۰/۰۸	فراهم بودن زمینه مناسب در جهت آشنایی با پتانسیل های گردشگری در منطقه و کسب

				در آمد و اشتغال زایی از آن و برگزاری تورهای آموزشی
۳	۰/۳۲	۴	۰/۰۸	امکان عرضه و فروش محصولات باغی و دامی و افزایش درآمد ساکنان محلی
۴	۰/۲۸	۴	۰/۰۷	نزدیکی به جاذبه های گردشگری در اطراف شهرستان
۵	۰/۲۴	۳	۰/۰۸	رغبت سرمایه گذاران بخش خصوصی به منطقه برای سرمایه گذاری در بخش گردشگری شهرستان
۶	۰/۲۰	۴	۰/۰۵	امکان جذب امکانات عمرانی و زیربنایی و توجه مسئولان به منطقه و سوق دادن امکانات برای توسعه بیشتر گردشگری
۷	۰/۱۶	۴	۰/۰۴	شرایط مناسب جهت برگزاری تورهای کوهنوردی و کویرنوردی
۸	۰/۱۵	۵	۰/۰۳	عبور راه آهن سراسری از مسیر شهرستان و امکان جابجایی مسافر در این مسیر و نقاط مختلف
۹	۰/۱۲	۴	۰/۰۳	امکان برگزاری جشنواره و نمایشگاه های محلی در منطقه
۱۰	۰/۰۹	۳	۰/۰۳	وجود اراضی فراوان با مالکیت دولتی و مناسب در جهت واگذاری برای انجام پروژه های مرتبط
	۲/۲۵		۰/۵۸	کل
اولویت	امتیاز وزنی	درجه بندی	وزن	تهدیدها
۱	۰/۴۵	۵	۰/۰۹	افزایش قیمت زمین و بورس بازی زمین و در ادامه آن افزایش بار مالی ایجاد تجهیزات گردشگری
۲	۰/۳۲	۴	۰/۰۸	تخریب محیط طبیعی و بافت های تاریخی و فرهنگی شهرستان و کاهش کیفیت آن
۳	۰/۲۸	۴	۰/۰۷	افزایش آلودگی های زیست محیطی در منطقه به دلیل افزایش جمعیت حاصل از گردشگری و اقتصاد آن به ویژه آلودگی منابع آب و خاک
۴	۰/۲۱	۴	۰/۰۸	تاثیر بر فرهنگ بومی و سنتی منطقه و تضعیف آن
۵	۰/۱۸	۳	۰/۰۶	ساخت و سازهای نامناسب در حریم بناها، محوطه ها و مسیل ها با توجه به ورود گردشگری به منطقه
	۱/۵۹		۰/۴۲	کل

نتیجه گیری

از آنجا که گردشگری، فعالیتی کاربر است و پیامدهای فرهنگی و اقتصادی آن در تحولات مناطق نقش بسزایی دارد در سال های اخیر در سطوح مختلف محلی، منطقه ای، ملی و فرا ملی مورد توجه قرار گرفته است بسیاری از برنامه ریزان

و مدیران شهری و روستایی با شکوفایی و توسعه گردشگری

درصد توسعه بیشتر نواحی تحت نظارت خود و بهینه کردن خدمات گردشگری در راستای افزایش ارزش افزوده این فعالیت هستند. در این تحقیق به منظور ارائه راهبرد و راهکارهای توسعه گردشگری با استفاده از مدل SWOT نقاط ضعف، قوت، فرصت و تهدیدهای شهرستان مشخص شد.

نتایج حاصل از مدل SWOT در منطقه مورد مطالعه برتری امتیاز وزنی نقاط قوت (۲.۶۶) و فرصت‌های منطقه (۲.۲۵) را نسبت به امتیاز وزنی نقاط ضعف (۱.۰۲) و تهدیدهای منطقه (۱.۵۹) نشان می‌دهد. نتایج بررسی‌ها و تحلیل‌ها نشان می‌دهد که شهرستان جوین علی‌الرغم مشکلات و تنگناهای مختلف نظیر عدم شناخت بعضی از جاذبه‌های گردشگری منطقه و عدم آشنایی و آگاهی مردم نسبت به آن‌ها، کمبود خدمات گردشگری نظیر تورهای گردشگری و نبود مراکز اقامتی برای گردشگران و وجود ترافیک در راه‌های مواصلاتی شهرستان بخاطر صنایع موجود، به دلایلی نظیر دارا بودن جاذبه‌های گردشگری ممتاز و وجود مخروط افکنه‌های زیبا در سطح شهرستان، آثار تاریخی و وجود جاذبه‌های تفریحی مناسب از جمله کوه نوردی و کویر نوردی قابلیت زیادی در توسعه گردشگری داشته و می‌تواند یکی از مناطق هدف گردشگری مطرح شود. جهت رشد و شکوفایی هر چه بیشتر توسعه گردشگری پیشنهاداتی به صورت ذیل ارائه می‌گردد:

شروع فعالیت‌های اصولی در زمینه شناخت قابلیت‌های گردشگری در منطقه مورد مطالعه و اولویت بندی جاذبه‌های اکوتوریستی آن

احداث جاده‌های ارتباطی مناسب جهت جذب و رفاه بیشتر گردشگران

برگزاری همایش با حضور سرمایه‌داران محلی و غیرمحلی و تشویق سرمایه‌داران به سرمایه‌گذاری در زمینه گردشگری و به ویژه احداث مراکز اقامتی و ...

آشنا نمودن مردم محلی با صنعت گردشگری و راه‌های کسب درآمد و اشتغال‌زایی بر اساس این صنعت

تأسیس اکوکمپ و سایت‌های گردشگری طبیعی در نواحی مختلف شهرستان

برگزاری تورهای کویرنوردی و کوهنوردی

اولویت بخش به حفاظت، نگهداری و بازسازی منابع طبیعی و میراث فرهنگی با آموزش دادن به ساکنین محلی و گردشگران

مراجع

- [۱] بدری، سید علیرحمانی، خلیل، سجاسی قیداری، مجید و حسن پور، امید (۱۳۹۰). راهبردهای توسعه اکوتوریسم در شهرستان مریوان، پژوهش های روستایی، سال دوم، شماره دوم، ۵۴-۳۱، ۱۳۹۰
- [۲] بوکانی، رشید و امیری، رضوان (۱۳۹۳)، تحلیل گردشگری روستایی شهرستان مریوان با استفاده از مدل SWOT. فصلنامه مدیریت شهری. (۳۶)، ۱۴۵-۱۲۵، ۱۳۹۳
- [۳] خورشید، صدیقه و رنجبر، رضا. (۱۳۸۹). تحلیل استراتژیک، تدوین و انتخاب استراتژی مبتنی بر ماتریس SWOT و تکنیک های تصمیم گیری چند شاخصه فازی، فصلنامه مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی دانشگاه آزاد اسلامی سال پنجم، شماره ۳۹، ۱۲-۱۹، تابستان ۱۳۸۹
- [۴] شاکری، عباس و فریدون سلیمی، (۱۳۸۵)، عوامل مؤثر بر جذب سرمایه گذاری در منطقه آزاد چابهار و اولویت بندی آنها با استفاده از تکنیک ریاضی AHP، پژوهشنامه اقتصادی، شماره ۲۰، ۱۳۰-۹۵، بهار ۱۳۸۵.
- [۵] کاظمی، مهدی، (۱۳۸۷)، تحلیل ادراک شهروندان زاهدانی در توسعه گردشگری چابهار، مجله جغرافیا و توسعه، سال ششم، شماره ۱۲، ۸۱-۱۰۰، پاییز و زمستان ۱۳۸۷.
- [۶] ابراهیم زاده، عیسی و آقاسی زاده، عبدالله (۱۳۸۸)، تحلیل عوامل مؤثر بر گسترش گردشگری در ناحیه ساحلی چابهار با استفاده از مدل راهبردی . SWOT مجله مطالعات و پژوهش های شهری و منطقه ای، شماره: ۱، ۲۲-۱، تابستان ۱۳۸۸
- [۷] اصولی، نوشین و ولی نژاد، محمد، (۱۴۰۰) تدوین راهبردهای توسعه توریسم روستایی به روش SWOT (مطالعه موردی بخش مرکزی شهرستان خرم آباد) علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران دوره: ۱۷ شماره: ویژه نامه ، ۲۲۹-۲۱۵، ۱۴۰۰
- [۸] اعظمی، موسی، هاشمی امین، ناهید و سروش مهر، هما (۱۳۹۴)، تدوین استراتژی گردشگری روستایی پایدار با استفاده از مدل SWOT (مطالعه موردی: روستای نوره شهرستان سنندج)، فصلنامه گردشگری دوره: ۵ شماره: ۱۷، ۱۰۶-۸۳، سال ۱۳۹۴
- [۹] الماسی، حسن و دورفرد، مرجان سادات. (۱۳۹۰). تدوین استراتژی گردشگری کشور براساس تحلیل ماتریس (swot) مطالعه موردی سازمان میراث فرهنگی و گردشگری استان تهران، نشریه گردشگری و توسعه سال: ۱۳۹۰ دوره ۱، شماره: ۱، ۹۷-۱۲۱، ۱۳۹۰

[۱۰] امیراحمدی، ابوالقاسم، ابراهیمی، مجید و نژاد سلیمانی، حمید (۱۳۹۰). راهبردهای توسعه گردشگری با استفاده از مدل SWOT (مطالعه موردی: روستای حصار)، مقالات اولین همایش ملی و جغرافیا و برنامه ریزی توریسم روستایی، ۱۵-۱، ۱۳۹۰

[۱۱] تقوایی، مسعود؛ تقی زاده، محمد مهدی و کیومرئی، حسین (۱۳۹۰) مکان یابی دهکده های گردشگری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل SWOT (نمونه موردی: ساحل دریاچه کافت) مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی. (۲۲)، ۲-۱۲۲، ۹۹-۱۳۹۰

[۱۲] حیدری مکرر، حمید و مرضیه شوقی (۱۳۹۰) بررسی قابلیت ها و تنگناهای توسعه گردشگری روستایی در شهرستان دشتی، مجموعه مقالات اولین همایش ملی و جغرافیا و برنامه ریزی توریسم روستایی، ۱۴-۱، ۱۳۹۰

[۱۳] راست قلم، مهدی و خاتون آبادی، سید احمد (۱۳۸۹). سنجش ارکان چهارگانه روستایی با استفاده از تکنیک SWOT مطالعه موردی: (روستای استان چهارمحال و بختیاری). مجله اقتصاد و توسعه کشاورزی (۲۵)، ۳، ۳۳۸-۳۳۰، پاییز ۱۳۹۰

[۱۴] فاضل نیا، غریب، صلاح، هدایتی (۱۳۸۹) راهبردهای مناسب برای توسعه گردشگری دریاچه زریوار، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۹، ۱۷۰-۱۴۵، ۱۳۸۹

[۱۵] لوفان، علی. (۱۳۹۰). بررسی تحلیل موقعیت (SWOT) صنعت گردشگری ایران در قرن اخیر، سومین کنفرانس بین المللی مدیریت، گردشگری و تکنولوژی. بانکوک، مالزی، ۱۶-۱، ۱۳۹۰

[۱۶] مافی، عزت الله و سقایی، مهدی، (۱۳۸۸)، کاربرد مدل SWOT در تحلیل مدیریت گردشگری کلان شهر مشهد، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره ۱۴. ۵۰-۲۷، ۱۳۸۸

[۱۷] مجیدی، چالاک و محرم زاده، مهرداد (۱۳۹۵) راهبرد توسعه ورزش های ماجراجویانه در شهر سنندج با استفاده از تحلیل SWOT، نشریه پژوهش در مدیریت ورزشی و رفتار حرکتی، پیاپی ۱۲، ۴۴-۲۷، (پاییز و زمستان ۱۳۹۵)

[۱۸] معتمدی راد، محمد و حسن زاده کوثر (۱۴۰۱)، ارزیابی ظرفیت های گردشگری بیرجند با استفاده از مدل SWOT، هفتمین کنگره ملی سالانه یافته های نوین در علوم کشاورزی منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری، ۱۶-۱، ۱۴۰۱

[۱۹] هاشمی، سید یوسف (۱۳۹۹)، ارزیابی آسیب پذیری زیست محیطی کانون های گردشگری شهرستان لنگرود براساس مدل SWOT، فصلنامه مدیریت مخاطرات محیطی (دانش مخاطرات سابق)، دوره ۷، شماره ۲، ۱۶۲-۱۵۱،

[۲۰] هریسون، جان و کارون، جفری، (۱۳۸۲)، مدیریت استراتژیک، ترجمه: بهروز قاسمی، انتشارات هیات. ۲۹۸،

۱۳۸۲

[21] Abyaa,H.Nasiri,M.Ebrahimi,M.Movahed,A(2015), Strategic planning for Tourism Industry Using SWOT and QSPG.Managment Science Leteters.5(3)

[22] Dinner,o.2004 strategy Managment and Organization policy. Beta publication, Istanbul.390p.

Fisher,c (1989), current and recurrent challenges in HRM, journal of management 15. No 2, p 157- 180

[23] Kim, Yog – Kwam(1988): Tourism Impact Assessment : A Test of Vested Interests Model, A Ph.D Thesie presented to Texas A & M University, Unpublished

[24] Kumari, S. Behera, M, D. and Tewari, H, R.,(2010), Identification of potential

[25] Lee, Choong – Ki (1992) : The Ecoomic Impact of International Inbound Tourism on the South Korean Economy and its Distributional Effects on Income Classes, A.

[26] Quattrone, G. (2002). Urban Development Strategies: The Tourism City Network Institute di Pianificazione e Gestione Del Territorio, Turin, 2002

[27] Raj D. Development of Adventure Tourism and Its Increasing Significance in Nature Based Tourism: Case Study of Himachal Pradesh. ASIAN JOURNAL OF MULTIDISCIPLINARY STUDIES. 2017;5(8): 80-88

[28] Stevanovic, A., Ristanovic, V., Calovic, D., Lalic, G., Zuza, M., & Cvijanovic, G. (2020). Small Farm Business Analysis Using the AHP Model for Efficient Assessment of Distribution Channels. Sustainability, 12:1-15.

[29] World Tourism Organization. (2009). Tourism Highlight editions.

بررسی مخاطرات مناطق کوهستانی استان گلستان برای کوهنوردان و گردشگران از سال

۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰

for Mountaineers and Tourists in Golestan Province from Evaluating Mountain Hazards
to 2021 2011

اسمیه عماد الدین،^۱ حسین اصغری

۱- استادیار گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه گلستان، گرگان s.emadodin@gu.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مخاطرات محیطی، دانشگاه گلستان Hossein.asghari.171@gmail.com

چکیده

ماجرای جویی در کوهستان به طور اجتناب ناپذیری با خطراتی مرتبط است که منجر به حوادث و صدمات، ناراحتی‌های روانی، بیماری‌ها و حتی مرگ و میر می‌شود. گردآوری اطلاعات دقیق در مورد چنین رخدادهایی و بررسی عوامل موثر در آن‌ها یک جزء ارزشمند مدیریت ریسک در مخاطرات است. این مطالعه به منظور بررسی مخاطرات مناطق کوهستانی استان گلستان برای کوهنوردان و گردشگران با نگاه گذشته نگر و با استفاده از خروجی سامانه ثبت حوادث و سوانح و خدمات ارائه شده جمعیت هلال احمر استان گلستان به مدت ۱۰ سال مورد مطالعه قرار گرفت. طبق یافته‌ها در منطقه مورد مطالعه تعداد ۶۳۶ حوادث کوهستان به وقوع پیوسته است که در سال‌هایی روند صعودی و کاهشی داشته است. شهرهایی که در دامنه کوهستان هستند بیشترین تعداد حوادث را تجربه کرده‌اند و نقش عوامل محیطی با ۹۵٪ و عوامل انسانی با ۵٪ بیانگر این موضوع است که مهمترین عوامل در حوادث کوهستان عوامل محیطی در کوهستان است. با توجه به یافته‌ها از تعداد ۱۶۸۷ نفر، ۱۶۴۳ نفر نجات یافته و ۴۴ نفر متاسفانه جان خود را از دست داده‌اند. بر اساس یافته‌های این مطالعه از مهمترین عوامل محیطی، شرایط محیطی جنگل‌ها و وجود دیواره‌های مرتفع است. پیشنهاد می‌گردد آموزش عمومی مرتبط با کوهستان برای مردم با موضوعات مقدماتی از طریق رسانه‌های گروهی به منظور فاز آمادگی جامعه اجرا گردد.

کلمات کلیدی: مخاطرات کوهستان، استان گلستان، کوهنوردی و گردشگری

توسعه ورزش‌های مرتبط با کوهستان، گسترش شهرها به سمت کوه‌ها، احداث جاده‌های کوهستانی، فشار توریسم و کوهنوردان از دلایلی است که حضور انسان‌ها را در کوهستان بیش از پیش کرده است. تجربه قرار گرفتن در خطر (با رعایت نکات ایمنی در کوهستان) در برخی از کشورها تبدیل به یکی از اجزای تفریح در مناطق کوهستانی شده است. بازدیدکنندگان از چنین مکان‌هایی ممکن است به دنبال چالش ناشی از خطر باشند، اما ممکن است جنبه منفی خطر که منجر به حوادث و آسیب می‌شود را نیز تجربه کنند (Christensen and Lacsina, ۱۹۹۹). گردآوری اطلاعات دقیق در مورد چنین رخدادهایی و عوامل مؤثر در آن‌ها یک جزء ارزشمند مدیریت ریسک در کوهستان است (Wachira et al., ۲۰۲۱). کوهنوردی یک فعالیت تفریحی در فضای باز است که اخیراً بسیار رایج شده است و گاهی اوقات کوه‌ها می‌توانند مکان‌های بسیار خطرناکی باشند (Ertas, ۲۰۲۲). ۱۰ درصد از کل حوادث در اروپا مربوط به ورزش کوهستانی است و عموماً مردان سی و چهل ساله تحت تأثیر قرار می‌گیرند. آموزش و آمادگی مناسب و رعایت استانداردهای ایمنی کلیدی در کاهش بروز و شدت در حوادث کوهنوردی بسیار مؤثر است. با وجود پیشرفت‌های فنی مانند سیستم‌های موقعیت‌یاب جهانی، کوهنوردان هنوز راه خود را گم می‌کنند (Bigdon et al., 2022) افزایش دما و سایر تغییرات در شاخص‌های آب و هوا در جهان نیز بر میزان تعدد مخاطرات در مناطق کوهستانی تأثیر مستقیم دارند. افزایش ۱ درجه‌ای دما با افزایش ۱۳ درصدی مخاطرات و ۸ درصدی در فصل‌های تابستان و زمستان، احتمال مخاطرات کوهستان را به همراه دارد (Neumair et al., 2022).

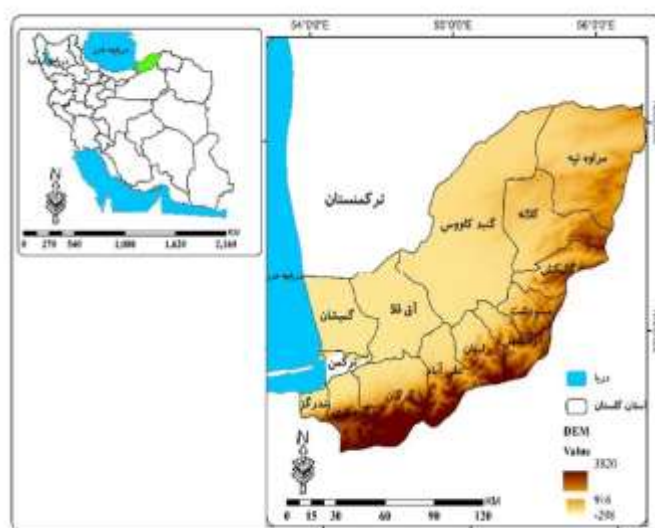
هرساله تعداد زیادی از کوهنوردان هنگام صعود از کوه‌های مرتفع جان خود را از دست می‌دهند. برخی از دلایل ایجاد حوادث در کوهستان شرایط آب و هوایی متغیر و در مناطق مرتفعتر مخاطرات بهمن، طوفان و برف را به همراه دارد و در برخی از حوادث در کوه‌های مرتفع، علت حوادث به دلیل بی‌تجربگی کوهنوردان و یا کمبود تجهیزات استاندارد بوده است که منشا انسانی دارد. به دلیل رشد بی‌سابقه فعالیت‌های مختلف در محیط‌های کوهستانی و به تبعه آن افزایش حوادث در ارتفاعات استان گلستان و مفقودی‌های گردشگران، کوهنوردان و مردم عادی که بدون اطلاعات کافی دچار حوادث می‌شوند، گاهی به عنوان یک معما با راه حل‌های طولانی در روند امداد و نجات همراه خواهد بود که ضرورت انجام تحقیق را بیشتر می‌کند. هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر عوامل محیطی و انسانی در مخاطرات مناطق کوهستانی استان گلستان بر اساس بازه زمانی ۱۰ ساله است.

پیشینه پژوهش

در مطالعه ایی که Faulhaber و همکاران (۲۰۱۷) با عنوان حوادث ناشی از سقوط در بین کوهنوردان در آلپ اتریش با روش نسبت فراوانی در طول یک دوره ۹ ساله (۲۰۱۴-۲۰۰۶) انجام داده‌اند به این نتیجه رسیدند که تعداد سالانه حوادث از ۴۶۷ نفر در سال ۲۰۰۶ به ۷۰۰ نفر در سال ۲۰۱۴ افزایش یافت. در مجموع ۵.۸٪ از همه مصدومین در طی ۹ سال فوت کردند. ۷۵.۳ درصد از کوهنوردان در هنگام پایین آمدن سقوط کردند و ۸۰.۹ درصد از مصدومین در یک مسیر پیاده روی مشخص یا مسیرهای کوچکتر دچار حادثه شده‌اند. نسبت جنسیت برای حوادث غیر مرگبار ۵۵٪ زن و ۴۵٪ مرد بوده است. در تحقیقی که DeLoughery و همکاران (۲۰۲۲) با عنوان بررسی تجزیه و تحلیل حوادث کوهنوردی در ایالات متحده از سال ۱۹۴۷ الی ۲۰۱۸ انجام دادند به این نتیجه رسیدند که حوادث کوهنوردی در آلاسکا و ایالت‌های غربی رایج‌تر است، در ماه‌های بهار و تابستان بیشترین حوادث رخ می‌دهد، از بین این مخاطرات بیشترین حوادث مربوط به سقوط از ارتفاع است. یکی از مهمترین عوامل موثر در بروز حوادث در کوه‌های منطقه، شرایط محیطی است که باعث صعود با درجه سختی بالاتر شده است و همچنین کم تجربگی کوهنوردان نیز یکی دیگر از ابعاد حوادث کوهستان در این مناطق است. ریزش بهمن نیز به عنوان یکی دیگر از عوامل موثر با تلفات بالا در این مناطق است. در نهایت، فقدان ثبت ملی حوادث کوهنوردی، تحقیقات در مورد این گونه حوادث را با مشکل مواجه می‌کند و تحقیق در خصوص حوادث کوهستان و اطلاع رسانی باعث آگاهی کوهنوردان نسبت به شرایط محیطی و افزایش ایمنی ضمن کاهش حوادث در این مناطق خواهد شد. در مطالعه دیگری (Oshiro and Murakami, ۲۰۲۲) با عنوان علل مرگ و میر در حوادث کوهستان در ژاپن بین سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۵ با نگاه گذشته نگر بیانگر این موضوع است که شرایط مربوط به محیط و روند اعزام تیم‌های نجات بستگی به شرایط محیطی غالب در منطقه دارد و هر حادثه با توجه به شرایط محیطی و شرایط نیروی انسانی ویژگی‌های متفاوتی دارد. در تحقیقی که Biswas و همکاران (۲۰۲۲) در میان کوهنوردان در هیمالای هند انجام داده‌اند به این نتیجه رسیدند ورزش کوهنوردی خطر قابل توجه‌ای نسبت به هر نوع گردشگری ماجراجویی دارد. در حالی که کوهنوردان که به دنبال ماجراجویی در قله‌های بلند کوه هستند، ناگزیر در معرض خطرات و مرگبارترین عوامل محیطی مانند بهمن، شیب‌های تند، آب و هوای بد، ریزش سنگ و سایر بلایای طبیعی و غیره هستند. شرایط محیطی مانند: آب و هوای بد و شرایط مدیریت برنامه‌ها دو مؤلفه خطرناک در آسیب پذیری مخاطرات کوهستان در این منطقه است.

منطقه مورد مطالعه

استان گلستان با مساحت ۹۲,۲۰۴۳۰ کیلومتر از شمال به کشور ترکمنستان، از جنوب به استان سمنان، از شرق به استان خراسان شمالی و از غرب به دریای خزر و استان مازندران محدود می شود (شکل ۱). مساحت استان گلستان قریب به ۳,۱ درصد از مساحت کل کشور بوده و از نظر وسعت بیست و چهارمین رتبه را در بین استان های کشور به خود اختصاص داده است. بیشترین وسعت استان را اراضی جلگه ای و دشت کوهپایه ای تشکیل می دهند. قلمرو استان گلستان بین رشته کوه های البرز، دشتهای جنوبی کشور ترکمنستان، کوه های استان خراسان جنوبی و دریای خزر واقع شده است.



شکل ۱- موقعیت استان گلستان

مواد و روش ها

روش تحقیق در این مطالعه از نوع توصیفی تحلیلی است در ابتدا اطلاعات سامانه ثبت حوادث جمعیت هلال احمر در مخاطرات و حوادث کوهستان در استان گلستان به مدت ۱۰ سال از تاریخ ۱۳۹۰/۱/۱ لغایت ۱۴۰۰/۱۲/۱ استفاده شده است و عوامل موثر وقوع مخاطرات و پتانسیل حادثه خیزی در کوهستان به روش توصیفی و با استفاده از نرم افزار های تحلیلی EXCEL و SPSS مورد مطالعه قرار گرفت و در پایان با توجه به خروجی اطلاعات با نگاه گذشته نگر حوادث و مخاطرات کوهستان در استان گلستان مورد تحلیل قرار گرفت و علل به وقوع پیوستن حوادث کوهستان نیز مشخص گردید.

یافته های تحقیق

بر اساس جدول ۱ تعداد حوادث در هر سال متفاوت است و ۵ سال روند صعودی و ۵ سال روند کاهشی داشته است و بیشترین حوادث در سال ۱۳۹۹ و کمترین حوادث مربوط به سال ۱۳۹۰ است.

جدول ۱-تعداد حوادث از سال ۱۳۹۰ الی ۱۴۰۰

سال	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰
تعداد حوادث	۱۳	۵۴	۳۲	۶۲	۶۶	۴۷	۷۴	۷۲	۶۶	۸۴	۷۲

در تحلیل اطلاعات دریافتی از سامانه ثبت حوادث و فراوانی مخاطرات کوهستان از تاریخ ۱۳۹۰/۱/۱ لغایت ۱۴۰۰/۱۲/۱ بیانگر این موضوع است که شهرهایی که در دامنه کوهستان هستند بیشترین تعداد حوادث را دارند (جدول ۲)

جدول ۲- فراوانی حوادث ۱۰ ساله کوهستان در استان گلستان

ردیف	نام شهرستان	فراوانی حوادث
۱	گرگان	۲۱۹
۲	آزادشهر	۱۱۵
۳	علی آباد	۱۰۶
۴	مینودشت	۷۷
۵	کردکوی	۷۳
۶	بندر گز	۲۰
۷	کلالة	۱۲
۸	گنبد کاووس	۷

۷	مرکز استان	۹
۴	مراوه تپه	۱۰
۲	بندر ترکمن	۱۱
۶۳۶	جمع کل	۱۲

نقش عوامل محیطی با ۹۵٪ و عوامل انسانی با ۵٪ بیانگر این موضوع است که مهمترین عوامل در حوادث کوهستان عوامل محیطی است (جدول ۳)

جدول ۳- تفکیک شرح تعدد حوادث کوهستان از سال ۱۳۹۰ الی ۱۴۰۰

ردیف عنوان	تفکیک نوع حوادث در کوهستان	نتیجه گیری علت کارشناسی حوادث	تعداد حوادث	درصد تعدد	عوامل محیطی
۱	مفقودی و گم شدگی در کوهستان	شرایط محیطی	۳۰۳	۴۸٪	۹۰٪
۲	سقوط از ارتفاع	شرایط محیطی ارتفاع	۲۶۴	۴۱٪	
۳	امداد رسانی در کوهستان	به علت شرایط محیطی	۲۷	۶٪	
۴	انتقال به دلیل مصدومیت	عوامل انسانی	۳۹	۴٪	۵٪
۵	امداد رسانی در کوهستان به دلیل بیماری	عوامل انسانی	۵	۱٪	
جمع کل			۶۳۸		

بحث و نتیجه گیری

در سال های اخیر فعالیت های مختلف انسان ها در کوهستان برای اهداف ورزشی، تفریحی در کوهستان محبوبیت زیادی پیدا کرده است. با افزایش محبوبیت، چالش های بزرگی نیز به لحاظ مخاطرات در کوه ها اتفاق افتاده است. شرایط محیطی در کوهستان همیشه غالب بر انسان است و فعالیت های انسان در طبیعت به علت شرایط محیطی محدودیت دارد. هر ساله تعداد زیادی از گردشگران و کوهنوردان در کوه ها دچار حوادث و گاهی جان خود را از دست

می‌دهند. به استناد خدمات ارائه شده آمار سامانه ثبت حوادث و سوانح جمعیت هلال احمر استان گلستان به مدت ۱۰ سال، از تاریخ ۱۳۹۰/۱/۱ لغایت ۱۴۰۰/۱۲/۱ بیانگر این موضوع است که تعداد ۶۳۶ حوادث در کوهستان های استان گلستان به وقوع پیوسته است. به طوری که به مدت ۵ سال (۱۳۹۹-۱۳۹۶-۱۳۹۴-۱۳۹۳-۱۳۹۱) روند صعودی داشته و ۵ سال (۱۴۰۰-۱۳۹۸-۱۳۹۷-۱۳۹۵-۱۳۹۲) روند کاهشی داشته است. بیشترین حوادث در سال ۱۳۹۹ و کمترین حوادث مربوط به سال ۱۳۹۰ است. شهرستان گرگان با ۲۱۹ حادثه کوهستان و شهرستان مراوه تپه با ۴ حادثه کوهستان به ترتیب بیشترین و کمترین حوادث را تجربه کرده‌اند و بر اساس تعداد حوادث، شهرهایی که در دامنه کوهستان هستند بیشترین تعداد حوادث را تجربه کرده‌اند. نقش عوامل محیطی با ۹۵٪ و عوامل انسانی با ۵٪ بیانگر این موضوع است که مهمترین عوامل در حوادث کوهستان عوامل محیطی در کوهستان است. بنا بر یافته‌های این مطالعه، شرایط محیطی در کوهستان ها و وجود دیواره های مرتفع باعث وقوع حوادث کوهستان در منطقه مورد مطالعه گردید. پیشنهاد می‌گردد آموزش عمومی مرتبط با کوهستان برای مردم با موضوعات مقدماتی از طریق رسانه‌های گروهی به منظور فاز آمادگی جامعه در سازمان‌های ذیصلاح برنامه‌ریزی و اجرا گردد و به استناد مطالعه انجام شده، آمادگی تیم‌های عملیاتی در مورد تربیت نیرو جهت تجسس مفقودی و با استفاده از سامانه های مکان یابی و آمادگی تیم‌های نجات در ارتفاع ضروری است.

منابع

- Bigdon, S. F., Hecht, V., Fairhurst, P. G., Deml, M. C., Exadaktylos, A. K., & Albers, C. E. (2022). Injuries in alpine summer sports-types, frequency and prevention: a systematic review. *BMC sports science, medicine and rehabilitation*, 14(1), pp: 1-18
- Biswas, C., Roy, K., Dutta, R., & Kumar Gayen, S. (2022). An Exploratory Analysis of Mountaineering Risk Estimation Among the Mountaineers in the Indian Himalaya. In *Applied Geomorphology and Contemporary Issues*, pp: 709-720.
- Christensen, E. D., & Lacsina, E. Q. (1999). Mountaineering fatalities on Mount Rainier, Washington, 1977-1997: autopsy and investigative findings, *The American journal of forensic medicine and pathology*, 20(2), pp:173-179.
- DeLoughery, E. P., & DeLoughery, T. G. (2022). Review and Analysis of United States Mountaineering Accidents 1947–2018, *High Altitude Medicine & Biology*, 23(2).
- Ertas, M. (2022). Examining Mountaineering as an Outdoor Leisure Activity: A Qualitative Study, *GSI Journals Serie A: Advancements in Tourism Recreation and Sports Sciences*, 5(1).

pp: 16-26.

Faulhaber, M., Pocecco, E., Niedermeier, M., Ruedl, G., Walter, D., Sterr, R., Schobersberger, W., Burtscher, M. (2017). Fall-related accidents among hikers in the Austrian Alps: A 9-year retrospective study. *BMJ open sport & exercise medicine*, 3(1).

Neumair, M., Estrella, N., Menzel, A., & Ankerst, D. P. (2022). The influence of weather on fatal accidents in Austrian mountains, *Weather, climate, and society*, 14(1), pp:303-310.

Oshiro, K., & Murakami, T. (2022). Causes of death and characteristics of non-survivors rescued during recreational mountain activities in Japan between 2011 and 2015: a retrospective analysis, *BMJ journals*, 12(2).

Wachira, L. J., Muthomi, H. N., & Ooko, W. S. (2021). Outdoor adventure practice in Kenya: injuries, illnesses, non-medical concerns, and evacuation profiles on Mt. Kenya. *Journal of Human Performance in Extreme Environments*, 16(1).

بررسی مخاطرات ژئومورفولوژیکی استان کرمانشاه با تأکید بر سیل و زلزله

تورج لطفی‌فر

استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران

چکیده

امروزه شهرهای مختلف دنیا به دلایل متعدد در معرض آسیب‌های ناشی از مخاطرات ژئومورفولوژیکی قرار دارند، استان کرمانشاه واقع در دامنه‌های زاگرس نیز همواره مستعد مخاطرات محیطی ناشی از پدیده‌های ژئومورفولوژیکی بوده است. مخاطرات ژئومورفولوژیکی به دلیل ماهیت نابه‌هنگام بودن، در بیشتر موارد خسارات مالی و جانی بسیاری بر جای می‌گذارند. در میان مخاطرات طبیعی زمین‌لرزه و سیل، از زمره‌ی ویران‌کننده‌ترین مخاطرات محسوب می‌گردند. این مخاطرات در مناطق کوهستانی دارای شدت و قدرت آسیب‌رسانی بیشتری هستند. بنابراین شناسایی مناطقی که دارای آسیب‌پذیری بیشتری از مخاطرات طبیعی هستند، می‌تواند در جهت برنامه‌ریزی برای مقابله با کاهش اثرات این حوادث مؤثر است. پژوهش حاضر با هدف پهنه‌بندی آسیب‌پذیری مخاطرات طبیعی زمین‌لرزه و سیل انجام گرفته است و پژوهشی کاربردی است. روش انجام پژوهش توصیفی-تحلیلی است. آمار و اطلاعات مورد نیاز با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و داده‌های سنجش از دور جمع‌آوری گردیده است. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که در پهنه‌بندی استان کرمانشاه نسبت به خطوط کسل و رودخانه‌ها، ارتفاع نسبتاً بالا و شیب زیاد، قسمت‌های مرکزی استان دارای زمینه‌ی سیل‌خیزی و آسیب‌پذیری در برابر مخاطرات طبیعی سیل و زلزله را دارند. شهرستان کرمانشاه از مهم‌ترین نقاط مستعد جهت سیل و زلزله می‌باشد و سایر نقاط استان نیز کم‌وبیش از این قاعده مستثنی نبوده و در برابر مخاطرات ژئومورفولوژیک آسیب‌پذیر هستند.

کلیدواژه‌ها: کرمانشاه، مخاطرات ژئومورفولوژیکی، سیل، زلزله.

۱. مقدمه

امروزه شهرها و جوامع سکونتگاهی در مکان‌هایی ایجاد یا بنا شده‌اند که به لحاظ مخاطرات طبیعی در معرض وقوع انواع سوانح طبیعی یا به دلیل پیشرفت‌های تکنولوژی در معرض انواع سوانح انسان‌ساخت هستند (غضنفرپور و همکاران، ۱۳۳۸: ۱۱۸). باتوجه به گسترش کالبدی و افزایش تراکم شهرهای بزرگ، در صورت وقوع بحران وضعیت خطرناکی ایجاد می‌شود؛ زیرا عدم رعایت سلسله‌مراتب شبکه‌های ارتباطی، عرض کم راه‌ها و دوری از مراکز خدماتی و درمانی در مناطق بحران‌خیز در زمان حوادث مشکل‌ساز می‌شود بنابراین روابط بین شهرنشینی و اثرات زیست محیطی در مطالعات اخیر توجه بیشتری به خود جلب می‌کند (ترابی، ۱۳۸۸: ۲). بخش عمده‌ی مخاطرات طبیعی مرتبط با فرآیندهای ژئومورفولوژیکی ناشی از خطرات ژئومورفولوژیکی، هیدرولوژیکی و اتمسفری است (امیدوار، ۱۳۹۰: ۱۷).

دانش ژئومورفولوژی مسئله تحلیل فضایی مخاطرات زمینی که در این تحقیق مشتمل بر مخاطراتی مانند زمین لرزه و سیل است را مورد توجه قرار داده و به تبیین و ارزیابی پتانسیل مخاطره و درجه و میزان خطر پذیری انسان ساکن در این پهنه‌ها می‌پردازد (معمدی نیا، ۱۳۹۰). مخاطرات ژئومورفولوژیکی فوق‌الذکر هرچند دارای رفتار و خصوصیات مخاطراتی منفرد می‌باشند، لیکن حدوث هریک از آنها در پهنه‌ی محیطی عمدتاً منشا و عامل حدوث و همزادی مخاطره دیگری است. بطور مثال زمین لرزه می‌تواند در نقش ماشه حرکتی زمین لغزش عمل نماید. بطوری‌که بسیاری از لغزش‌های غیرفعال در زمان حدوث رویداد زمین لرزه دوباره فعال شده و در پاره‌ای از موارد فاجعه را تعمیق و بسط می‌بخشند. به عنوان مثال در زمین لرزه خرداد ماه سال ۱۳۸۳ در منطقه مرزن آباد (زمین لرزه فیروزآباد کجور) عمده خسارات جانی ناشی از فعال سازی لغزش (سنگ افت) در محور تهران - چالوس بوده است (شریفی کیا، ۲۰۰۷). بدیهی است چنانچه مدیریت علمی و عملی مناسب در برخورد با مخاطرات طبیعی موجود نباشد، خسارتهای انسانی ناشی از آنها چندین برابر خواهد بود (عزیزپور، ۱۳۹۰: ۱۱۲).

این موضوع در کشور ایران به دلیل قرار گیری در کمربند گسل آلپ - هیمالیا از اهمیت خاصی برخوردار است (ساسان‌پور و همکاران، ۱۳۸۹: ۲۹). پدیده‌ی لغزش یکی از خطرات طبیعی است که همه ساله خسارات جانی و زیادی در مناطق کوهستانی و دارای سازندهای رسوبی حساس به لغزش برجای می‌گذارد (مصفايي، ۱۳۸۹: ۲). زمین لغزش به تنهایی ۱۷٪ از بلایای طبیعی جهان را به خود اختصاص داده و میزان مرگ و میر ناشی از این پدیده در مناطق ۱۳۸۳ مختلف دنیا متفاوت است (نیازی، ۱۳۸۹: ۹). در این بین ایران نیز به واسطه‌ی مجموعه‌ی ویژگی‌های انسانی و محیطی، بحران‌های زیادی را متحمل شده و از جمله کشورهای آسیب‌پذیر در برابر مخاطرات طبیعی می‌باشد (رکنالدین افتخاری و همکاران، ۱۳۸۷: ۳۰). شناسایی و طبقه‌بندی مناطق دارای پتانسیل خطر وقوع این گونه مخاطرات طبیعی از اهمیت بسیاری برخوردار است، و در جهت مدیریت صحیح بحران موثر است (طالعی و

همکاران، ۱۳۹۰: ۸۴).

استان کرمانشاه به دلیل ویژگی های خاص از جنبه های مختلف در موقعیتی حساس قرار دارد که به مواردی چون جنبه های تکتونیکی و زمین شناسی (قرارگیری در بین گسل بزرگ زاگرس)، ژئومورفولوژیکی (وجود دامنه های با شیب تند، اختلاف ارتفاع بیش از ۲۰۰۰ متر در شهرستان کرمانشاه و در کوه های پرآب و دشت کرمانشاه) و جمعیتی (تغییرات جمعیتی و همچنین افزایش آن به دلیل بهره برداری از منابع و بالا بردن میزان حساسیت پذیری) هرگونه برنامه ریزی بدون شناخت حساسیت ها و خصوصیات منطقه نتایج مخرب و جبران ناپذیری را در پی خواهد داشت. به خصوص اینکه رویداد هر پدیده ای به احتمال فراوان سبب تشدید و یا شروع فعالیت مخاطره طبیعی دیگری می شود (خیری، ۱۳۸۸: ۱۸).

۲. پیشینه پژوهش

خسروی و همکاران (۲۰۱۶)، در مقاله ی خود، با استفاده از چهار مدل نسبت فراوانی (FR)، وزن از شواهد (WOFE) فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و مجموعه ای از نسبت فراوانی با AHP و مقایسه آن ها نقشه های حساسیت سیل در حوضه هراز در استان مازندران را تهیه کردند. نتایج بررسی آنها نشان داد که مدل نسبت فراوانی بالاترین سطح زیر منحنی را در مقایسه با سایر مدل ها دارد و دقت مناسبی در حساسیت سیل مناطق نشان میدهد.

لی و همکاران (۲۰۱۶)، با استفاده از روش نسبت فراوانی اصلاح شده، حساسیت به زمین لغزش را در حوضه ی آنینگ در سیچوان و حوضه ی کایان در فوجیان (مناطق کوهستانی جنوب غربی و سواحل جنوب شرقی مناطق کوهستانی چین) ارزیابی کردند و به این نتیجه رسیدند که روش نسبت فراوانی اصلاح شده برای ارزیابی حساسیت به لغزش روشی مفید است.

جیمز و همکاران (۲۰۱۶)، در پژوهشی، به پهنه بندی خطر زمین لغزش از طریق ارزیابی چند تکنیک (در بتیک کردیلرا (جنوب اسپانیا) پرداختند. نتایج حاصل از مطالعات آنها نشان می دهد که از هر درصد لغزشی که در منطقه به صورت سالانه رخ می دهد. ۵ درصد دارای خطر متوسط تا بسیار زیاد است.

کرم و محمدی (۱۳۸۸) در ارزیابی و پهنه بندی تناسب زمین برای توسعه فیزیکی شهر کرج و اراضی پیرامونی بر پایه فاکتورهای طبیعی و روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی، با استفاده از ۹ شاخص شیب، سنگ شناسی، فاصله از گسل، خطر زلزله، فاصله از زهکش ها، عمق آب زیر زمینی، تناسب خاک، پوشش زمین و لندفرم ها مناطق را بر حسب درجه تناسب به ۶ طبقه با تناسب بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم، بسیار کم، و اراضی کشاورزی تقسیم بندی کردند.

شمسی پور و همکاران (۱۳۹۱) در تحلیل آسیب پذیری محیطی حریم شهر کرج با استفاده از روش تحلیل سلسله

مراتبی جهت مدل سازی پهنه های خطر از اطلاعات زمین شناسی، گسل، خاک، میزان و جهت شیب، کاربری اراضی، تیپ اراضی، هیدرولوژی و پوشش سطحی استفاده کردند. نتایج نشان داد وجود گسل ها، شیب های تند، و آبراهه های متعدد در نوار کوهستانی حریم کرج باعث آسیب پذیری بالای بخش های شمالی و شمال شرقی حریم کرج شده است.

سپهر و کاویان آهنگر (۱۳۹۳) در مطالعه ای به طبقه بندی تحمل پذیری مناطق شهری کلان شهر مشهد به مخاطرات محیطی بر پایه برنامه ریزی خطی پرداخته اند. در این تحقیق با استفاده از معیارهای ژئومورفولوژیکی و زیست محیطی مناطق مختلف شهر مشهد را نسبت به حساسیت در برابر مخاطرات شناسایی کرده اند.

کوماک (۲۰۰۶) نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش را با استفاده از فرایند تحلیل سلسه مراتبی و روش آماری چند متغیره تهیه کرد. پالیسن (۲۰۰۸) از سه روش فرایند سلسله مراتبی، فاکتور وزنی، و شاخص آماری در حوضه آردیس ترکیه برای تهیه نقشه حساسیت زمین لغزش بهره برد.

تحلیل آسیب پذیری شهری، تحلیل، ارزیابی و پیش بینی احتمال خسارت های جانی، مادی و معنوی شهر و ساکنان شهر در برابر مخاطرات احتمالی است. عوامل آسیب پذیر بسیار گوناگون هستند (طبیعی، کالبدی، اجتماعی، اقتصادی، بنیادی، قوانین و مقررات و...). این عوامل همدیگر را نه بصورت منفرد، بلکه به شکل نظامی جامع تحت تأثیر قرار می دهند (Paton and Fohnston, ۲۰۰۱).

فرایندهای دامنه ای، آبراهه ای، ساختمانی و رسوبی از جمله مهمترین فرایندهای ژئومورفولوژیکی شهرها هستند پیش بینی تغییرات ژئومورفولوژیک آتی، که احتمال دارد از توسعه شهر ناشی شود، نیازمند شناخت گذشته، در زمان حاضر و توان پیش بینی آینده است (مقیم، ۱۳۸۵). از طرفی با وجود پیشرفت علم و تکنولوژی و دست یابی دانشمندان به علت و چگونگی پیدایش بلایای طبیعی، اما هنوز انسان قادر به جلوگیری و حذف خطر از زندگی خود نشده است، و امروزه با رشد و توسعه ی بی رویه سکونتگاه ها و عدم برنامه ریزی صحیح در مکان یابی آنها، مسائل و مشکلات بی شماری را فراهم نموده است از آنجا که مخاطرات طبیعی بخشی از زندگی روزمره ما است و نمی توان از وقوع آنها جلوگیری کرد، ولی می توان از طریق اقدامات مدیریتی صحیح، مناسب و کاهنده، به میزان قابل توجهی اثرات بلایای طبیعی را کاهش داد. بنابراین جهت پیشگیری از خسارات جانبی، مناطق مورد تهدید این مخاطره باید با انجام ارزیابی و سنجش نوع و میزان خطر، وبا توجه به درجه ی آسیب پذیری دسته بندی شوند (درستکار و همکاران، ۱۳۹۴).

۳. منطقه‌ی مورد مطالعه

استان کرمانشاه با مساحتی معادل ۲۴۴۳۴/۲۵ کیلومتر مربع هفدهمین استان ایران از نظر وسعت به‌شمار می‌رود. مختصات جغرافیایی کامل استان کرمانشاه بر روی کره زمین از طول جغرافیایی ۰۴۵ درجه و ۲۰ دقیقه و ۳۹ ثانیه شرقی تا ۴۸ درجه و ۱ دقیقه و ۵۸ ثانیه شرقی و از عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۷ دقیقه و ۸ ثانیه شمالی تا ۳۵ درجه و ۱۷ دقیقه و ۸ ثانیه شمالی است. بر اساس آخرین تغییرات در ۱۳۹۰ استان کرمانشاه از ۱۴ شهرستان، ۳۱ شهر، ۳۱ بخش و ۸۴ دهستان تشکیل شده‌است (نوری و تقی زاده، ۱۳۹۰). همچنین بر اساس آمار منتشر شده از سازمان آمار ایران در سال ۱۳۹۵، این استان دارای جمعیتی بالغ بر ۱۹۵۲۰۰۰ بوده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵).



شکل ۱. محدوده مورد مطالعه (منبع: نگارنده)

۴. روش پژوهش

از ابزار و روش‌های مختلفی جهت رسیدن به اهداف پژوهش استفاده شده است؛ در مرحله‌ی اول ابزار پژوهش شامل:

مدل رقومی ارتفاع (DEM) به منظور فراهم کردن لایه‌های شیب، جهت شیب و ارتفاع منطقه فایل وکتوری شبکه‌ی آبراهه‌ها و مسیل‌ها و رودخانه‌ها و نوع خاک، پوشش گیاهی، وضعیت زمین‌شناسی، فاصله‌ی از گسل، فاصله از شریان‌های اصلی استان و تیپ اراضی می‌باشد.

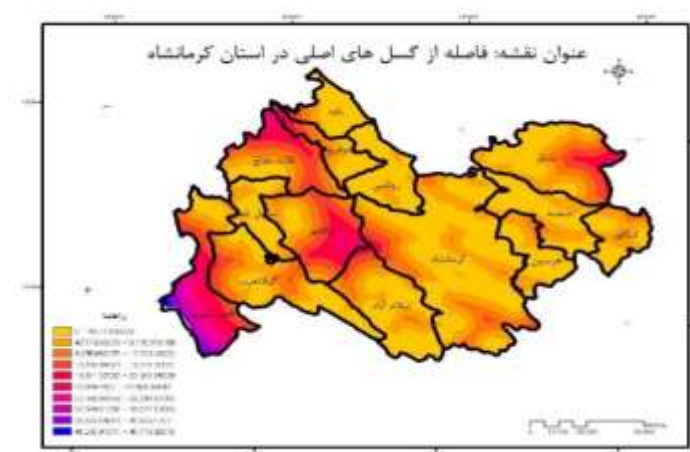
در مرحله‌ی بعد وزن‌ها و ارزش‌های رتبه‌بندی به لایه‌ها و طبقات هر لایه اختصاص داده شد. فرآیند اختصاص وزن و ارزش‌های رتبه‌بندی شده با استفاده از روش Fuzzy Ahp شکل گرفت FAHP یک رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره است که رویه مقایسه زوجی را برای رسیدن به اهداف مورد نظر در میان گزینه‌های متعدد به کار می‌برد.

گیرد.

مدل تحلیل سلسله مراتبی یا FAHP که در سال ۱۹۸۳ توسط دو محقق هلندی بنام‌های لاره‌ورن و پدريکز پیشنهاد گردید که بر مبنای روش حداقل مجذورات لگاریتمی بنا نهاده شده بود، ولی به علت پیچیدگی مراحل محاسباتی و روش شناسی مورد استقبال قرار نگرفت، تا این که در سال ۱۹۹۶ محقق چینی به نام چانگ روشی را تحت عنوان روش تحلیل توسعه ای بر مبنای تحلیل سلسله مراتبی فازی ارائه کرد که برای محاسبه در آن از اعداد فازی مثلثی استفاده می شد. اعداد فازی مورد استفاده در این مدل و به صورت مشخص در پژوهش حاضر به صورت اعداد فازی مثلثی می باشد که به صورت $M=(m,\alpha,\beta)$ خواهد بود.

۵. یافته‌های پژوهش

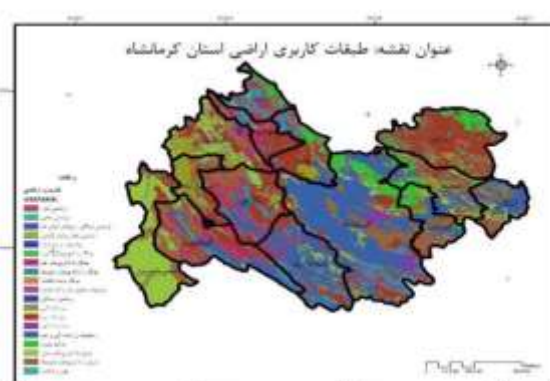
فاکتور جنس زمین و گسل از مهمترین عوامل زلزله‌خیزی در یک منطقه می‌باشد که در مطالعه حاضر سعی شده با استفاده از سایر پارامترهای مؤثر بر آسیب‌پذیری در برابر مخاطرات طبیعی (زلزله) نقاط آسیب‌پذیر استان مشخص گردد.



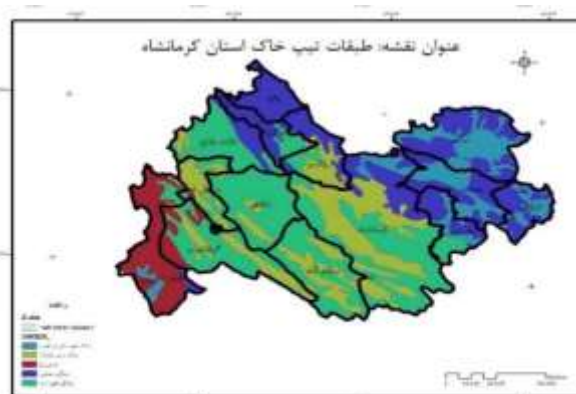
شکل ۲. فاصله از گسل‌های اصلی در استان کرمانشاه



شکل ۳. طبقات ارتفاعی استان کرمانشاه



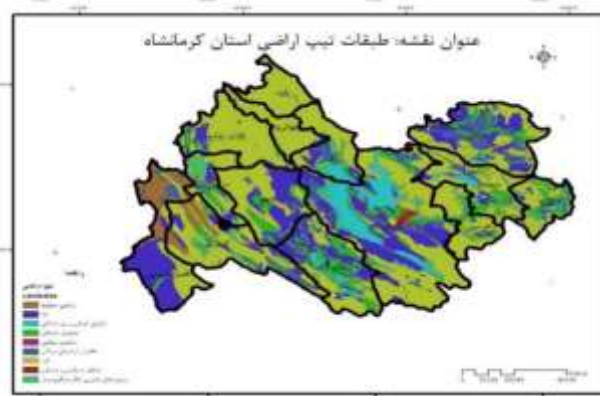
شکل ۴. طبقات کاربری اراضی استان کرمانشاه



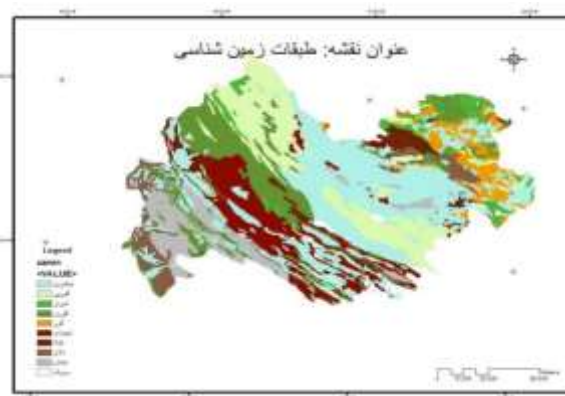
شکل ۵. طبقات تیپ خاک استان کرمانشاه



شکل ۶. طبقات شیب استان کرمانشاه



شکل ۷. طبقات تپ اراضی استان کرمانشاه



شکل ۸. طبقات زمین شناسی استان کرمانشاه

در مرحله ی بعدی جهت مشخص نمودن مناطق آسیب پذیر در برابر زلزله لایه های ذکر شده توسط مدل FAHP وزن گذاری شدند. در این مدل بعد از وزن گذاری متغیرهای پژوهش در قالب اعداد فازی مثلثاتی، متغیرها با وزهای متفاوتی از حداقل وزن تا حداکثر وزن مشخص گردیدند.

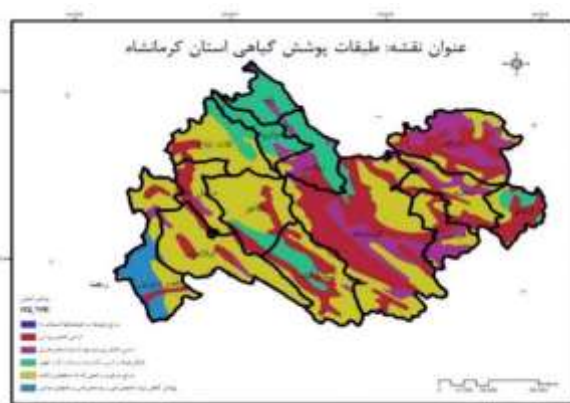
جدول ۱. وزن نسبی لایه ها برای پهنه بندی مخاطره زلزله

نوع خاک	نوع اراضی	ارتفاع	شیب	نوع کاربری اراضی	جنس زمین	فاصله از گسل	شاخص
۱	۲	۳	۴	۱	۲	۱	۱
۲	۳	۳	۴	۲	۳	۲	۲
۳	۴	۴	۵	۳	۴	۳	۳
۴	۵	۵	۶	۴	۵	۴	۴
۵	۶	۶	۷	۵	۶	۵	۵
۶	۷	۷	۸	۶	۷	۶	۶
۷	۸	۸	۹	۷	۸	۷	۷
۸	۹	۹	۱۰	۸	۹	۸	۸
۹	۱۰	۱۰	۱۱	۹	۱۰	۹	۹
۱۰	۱۱	۱۱	۱۲	۱۰	۱۱	۱۰	۱۰
۱۱	۱۲	۱۲	۱۳	۱۱	۱۲	۱۱	۱۱
۱۲	۱۳	۱۳	۱۴	۱۲	۱۳	۱۲	۱۲
۱۳	۱۴	۱۴	۱۵	۱۳	۱۴	۱۳	۱۳
۱۴	۱۵	۱۵	۱۶	۱۴	۱۵	۱۴	۱۴
۱۵	۱۶	۱۶	۱۷	۱۵	۱۶	۱۵	۱۵
۱۶	۱۷	۱۷	۱۸	۱۶	۱۷	۱۶	۱۶
۱۷	۱۸	۱۸	۱۹	۱۷	۱۸	۱۷	۱۷
۱۸	۱۹	۱۹	۲۰	۱۸	۱۹	۱۸	۱۸
۱۹	۲۰	۲۰	۲۱	۱۹	۲۰	۱۹	۱۹
۲۰	۲۱	۲۱	۲۲	۲۰	۲۱	۲۰	۲۰
۲۱	۲۲	۲۲	۲۳	۲۱	۲۲	۲۱	۲۱
۲۲	۲۳	۲۳	۲۴	۲۲	۲۳	۲۲	۲۲
۲۳	۲۴	۲۴	۲۵	۲۳	۲۴	۲۳	۲۳
۲۴	۲۵	۲۵	۲۶	۲۴	۲۵	۲۴	۲۴
۲۵	۲۶	۲۶	۲۷	۲۵	۲۶	۲۵	۲۵
۲۶	۲۷	۲۷	۲۸	۲۶	۲۷	۲۶	۲۶
۲۷	۲۸	۲۸	۲۹	۲۷	۲۸	۲۷	۲۷
۲۸	۲۹	۲۹	۳۰	۲۸	۲۹	۲۸	۲۸
۲۹	۳۰	۳۰	۳۱	۲۹	۳۰	۲۹	۲۹
۳۰	۳۱	۳۱	۳۲	۳۰	۳۱	۳۰	۳۰
۳۱	۳۲	۳۲	۳۳	۳۱	۳۲	۳۱	۳۱
۳۲	۳۳	۳۳	۳۴	۳۲	۳۳	۳۲	۳۲
۳۳	۳۴	۳۴	۳۵	۳۳	۳۴	۳۳	۳۳
۳۴	۳۵	۳۵	۳۶	۳۴	۳۵	۳۴	۳۴
۳۵	۳۶	۳۶	۳۷	۳۵	۳۶	۳۵	۳۵
۳۶	۳۷	۳۷	۳۸	۳۶	۳۷	۳۶	۳۶
۳۷	۳۸	۳۸	۳۹	۳۷	۳۸	۳۷	۳۷
۳۸	۳۹	۳۹	۴۰	۳۸	۳۹	۳۸	۳۸
۳۹	۴۰	۴۰	۴۱	۳۹	۴۰	۳۹	۳۹
۴۰	۴۱	۴۱	۴۲	۴۰	۴۱	۴۰	۴۰
۴۱	۴۲	۴۲	۴۳	۴۱	۴۲	۴۱	۴۱
۴۲	۴۳	۴۳	۴۴	۴۲	۴۳	۴۲	۴۲
۴۳	۴۴	۴۴	۴۵	۴۳	۴۴	۴۳	۴۳
۴۴	۴۵	۴۵	۴۶	۴۴	۴۵	۴۴	۴۴
۴۵	۴۶	۴۶	۴۷	۴۵	۴۶	۴۵	۴۵
۴۶	۴۷	۴۷	۴۸	۴۶	۴۷	۴۶	۴۶
۴۷	۴۸	۴۸	۴۹	۴۷	۴۸	۴۷	۴۷
۴۸	۴۹	۴۹	۵۰	۴۸	۴۹	۴۸	۴۸
۴۹	۵۰	۵۰	۵۱	۴۹	۵۰	۴۹	۴۹
۵۰	۵۱	۵۱	۵۲	۵۰	۵۱	۵۰	۵۰
۵۱	۵۲	۵۲	۵۳	۵۱	۵۲	۵۱	۵۱
۵۲	۵۳	۵۳	۵۴	۵۲	۵۳	۵۲	۵۲
۵۳	۵۴	۵۴	۵۵	۵۳	۵۴	۵۳	۵۳
۵۴	۵۵	۵۵	۵۶	۵۴	۵۵	۵۴	۵۴
۵۵	۵۶	۵۶	۵۷	۵۵	۵۶	۵۵	۵۵
۵۶	۵۷	۵۷	۵۸	۵۶	۵۷	۵۶	۵۶
۵۷	۵۸	۵۸	۵۹	۵۷	۵۸	۵۷	۵۷
۵۸	۵۹	۵۹	۶۰	۵۸	۵۹	۵۸	۵۸
۵۹	۶۰	۶۰	۶۱	۵۹	۶۰	۵۹	۵۹
۶۰	۶۱	۶۱	۶۲	۶۰	۶۱	۶۰	۶۰
۶۱	۶۲	۶۲	۶۳	۶۱	۶۲	۶۱	۶۱
۶۲	۶۳	۶۳	۶۴	۶۲	۶۳	۶۲	۶۲
۶۳	۶۴	۶۴	۶۵	۶۳	۶۴	۶۳	۶۳
۶۴	۶۵	۶۵	۶۶	۶۴	۶۵	۶۴	۶۴
۶۵	۶۶	۶۶	۶۷	۶۵	۶۶	۶۵	۶۵
۶۶	۶۷	۶۷	۶۸	۶۶	۶۷	۶۶	۶۶
۶۷	۶۸	۶۸	۶۹	۶۷	۶۸	۶۷	۶۷
۶۸	۶۹	۶۹	۷۰	۶۸	۶۹	۶۸	۶۸
۶۹	۷۰	۷۰	۷۱	۶۹	۷۰	۶۹	۶۹
۷۰	۷۱	۷۱	۷۲	۷۰	۷۱	۷۰	۷۰
۷۱	۷۲	۷۲	۷۳	۷۱	۷۲	۷۱	۷۱
۷۲	۷۳	۷۳	۷۴	۷۲	۷۳	۷۲	۷۲
۷۳	۷۴	۷۴	۷۵	۷۳	۷۴	۷۳	۷۳
۷۴	۷۵	۷۵	۷۶	۷۴	۷۵	۷۴	۷۴
۷۵	۷۶	۷۶	۷۷	۷۵	۷۶	۷۵	۷۵
۷۶	۷۷	۷۷	۷۸	۷۶	۷۷	۷۶	۷۶
۷۷	۷۸	۷۸	۷۹	۷۷	۷۸	۷۷	۷۷
۷۸	۷۹	۷۹	۸۰	۷۸	۷۹	۷۸	۷۸
۷۹	۸۰	۸۰	۸۱	۷۹	۸۰	۷۹	۷۹
۸۰	۸۱	۸۱	۸۲	۸۰	۸۱	۸۰	۸۰
۸۱	۸۲	۸۲	۸۳	۸۱	۸۲	۸۱	۸۱
۸۲	۸۳	۸۳	۸۴	۸۲	۸۳	۸۲	۸۲
۸۳	۸۴	۸۴	۸۵	۸۳	۸۴	۸۳	۸۳
۸۴	۸۵	۸۵	۸۶	۸۴	۸۵	۸۴	۸۴
۸۵	۸۶	۸۶	۸۷	۸۵	۸۶	۸۵	۸۵
۸۶	۸۷	۸۷	۸۸	۸۶	۸۷	۸۶	۸۶
۸۷	۸۸	۸۸	۸۹	۸۷	۸۸	۸۷	۸۷
۸۸	۸۹	۸۹	۹۰	۸۸	۸۹	۸۸	۸۸
۸۹	۹۰	۹۰	۹۱	۸۹	۹۰	۸۹	۸۹
۹۰	۹۱	۹۱	۹۲	۹۰	۹۱	۹۰	۹۰
۹۱	۹۲	۹۲	۹۳	۹۱	۹۲	۹۱	۹۱
۹۲	۹۳	۹۳	۹۴	۹۲	۹۳	۹۲	۹۲
۹۳	۹۴	۹۴	۹۵	۹۳	۹۴	۹۳	۹۳
۹۴	۹۵	۹۵	۹۶	۹۴	۹۵	۹۴	۹۴
۹۵	۹۶	۹۶	۹۷	۹۵	۹۶	۹۵	۹۵
۹۶	۹۷	۹۷	۹۸	۹۶	۹۷	۹۶	۹۶
۹۷	۹۸	۹۸	۹۹	۹۷	۹۸	۹۷	۹۷
۹۸	۹۹	۹۹	۱۰۰	۹۸	۹۹	۹۸	۹۸
۹۹	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۱	۹۹	۱۰۰	۹۹	۹۹
۱۰۰	۱۰۱	۱۰۱	۱۰۲	۱۰۰	۱۰۱	۱۰۰	۱۰۰
۱۰۱	۱۰۲	۱۰۲	۱۰۳	۱۰۱	۱۰۲	۱۰۱	۱۰۱
۱۰۲	۱۰۳	۱۰۳	۱۰۴	۱۰۲	۱۰۳	۱۰۲	۱۰۲
۱۰۳	۱۰۴	۱۰۴	۱۰۵	۱۰۳	۱۰۴	۱۰۳	۱۰۳
۱۰۴	۱۰۵	۱۰۵	۱۰۶	۱۰۴	۱۰۵	۱۰۴	۱۰۴
۱۰۵	۱۰۶	۱۰۶	۱۰۷	۱۰۵	۱۰۶	۱۰۵	۱۰۵
۱۰۶	۱۰۷	۱۰۷	۱۰۸	۱۰۶	۱۰۷	۱۰۶	۱۰۶
۱۰۷	۱۰۸	۱۰۸	۱۰۹	۱۰۷	۱۰۸	۱۰۷	۱۰۷
۱۰۸	۱۰۹	۱۰۹	۱۱۰	۱۰۸	۱۰۹	۱۰۸	۱۰۸
۱۰۹	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۱	۱۰۹	۱۱۰	۱۰۹	۱۰۹
۱۱۰	۱۱۱	۱۱۱	۱۱۲	۱۱۰	۱۱۱	۱۱۰	۱۱۰
۱۱۱	۱۱۲	۱۱۲	۱۱۳	۱۱۱	۱۱۲	۱۱۱	۱۱۱
۱۱۲	۱۱۳	۱۱۳	۱۱۴	۱۱۲	۱۱۳	۱۱۲	۱۱۲
۱۱۳	۱۱۴	۱۱۴	۱۱۵	۱۱۳	۱۱۴	۱۱۳	۱۱۳
۱۱۴	۱۱۵	۱۱۵	۱۱۶	۱۱۴	۱۱۵	۱۱۴	۱۱۴
۱۱۵	۱۱۶	۱۱۶	۱۱۷	۱۱۵	۱۱۶	۱۱۵	۱۱۵
۱۱۶	۱۱۷	۱۱۷	۱۱۸	۱۱۶	۱۱۷	۱۱۶	۱۱۶
۱۱۷	۱۱۸	۱۱۸	۱۱۹	۱۱۷	۱۱۸	۱۱۷	۱۱۷
۱۱۸	۱۱۹	۱۱۹	۱۲۰	۱۱۸	۱۱۹	۱۱۸	۱۱۸
۱۱۹	۱۲۰	۱۲۰	۱۲۱	۱۱۹	۱۲۰	۱۱۹	۱۱۹
۱۲۰	۱۲۱	۱۲۱	۱۲۲	۱۲۰	۱۲۱	۱۲۰	۱۲۰
۱۲۱	۱۲۲	۱۲۲	۱۲۳	۱۲۱	۱۲۲	۱۲۱	۱۲۱
۱۲۲	۱۲۳	۱۲۳	۱۲۴	۱۲۲	۱۲۳	۱۲۲	۱۲۲
۱۲۳	۱۲۴	۱۲۴	۱۲۵	۱۲۳	۱۲۴	۱۲۳	۱۲۳
۱۲۴	۱۲۵	۱۲۵	۱۲۶	۱۲۴	۱۲۵	۱۲۴	۱۲۴
۱۲۵	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۷	۱۲۵	۱۲۶	۱۲۵	۱۲۵
۱۲۶	۱۲۷	۱۲۷	۱۲۸	۱۲۶	۱۲۷	۱۲۶	۱۲۶
۱۲۷	۱۲۸	۱۲۸	۱۲۹	۱۲۷	۱۲۸	۱۲۷	۱۲۷
۱۲۸	۱۲۹	۱۲۹	۱۳۰	۱۲۸	۱۲۹	۱۲۸	۱۲۸
۱۲۹	۱۳۰	۱۳۰	۱۳۱	۱۲۹	۱۳۰	۱۲۹	۱۲۹
۱۳۰	۱۳۱	۱۳۱	۱۳۲	۱۳۰	۱۳۱	۱۳۰	۱۳۰
۱۳۱	۱۳۲	۱۳۲	۱۳۳	۱۳۱	۱۳۲	۱۳۱	۱۳۱
۱۳۲	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۴	۱۳۲	۱۳۳	۱۳۲	۱۳۲
۱۳۳	۱۳۴	۱۳۴	۱۳۵	۱۳۳	۱۳۴	۱۳۳	۱۳۳
۱۳۴	۱۳۵	۱۳۵	۱۳۶	۱۳۴	۱۳۵	۱۳۴	۱۳۴
۱۳۵	۱۳۶	۱۳۶	۱۳۷	۱۳۵	۱۳۶	۱۳۵	۱۳۵
۱۳۶	۱۳۷	۱۳۷	۱۳۸	۱۳۶	۱۳۷	۱۳۶	۱۳۶
۱۳۷	۱۳۸	۱۳۸	۱۳۹	۱۳۷	۱۳۸	۱۳۷	۱۳۷
۱۳۸	۱۳۹	۱۳۹	۱۴۰	۱۳۸	۱۳۹	۱۳۸	۱۳۸
۱۳۹	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۱	۱۳۹	۱۴۰	۱۳۹	۱۳۹
۱۴۰	۱۴۱	۱۴۱	۱۴۲	۱۴۰	۱۴۱	۱۴۰	۱۴۰
۱۴۱	۱۴۲	۱۴۲	۱۴۳	۱۴۱	۱۴۲	۱۴۱	۱۴۱
۱۴۲	۱۴۳	۱۴۳	۱۴۴	۱۴۲	۱۴۳	۱۴۲	۱۴۲
۱۴۳	۱۴۴	۱۴۴	۱۴۵	۱۴۳	۱۴۴	۱۴۳	۱۴۳
۱۴۴	۱۴۵	۱۴۵	۱۴۶	۱۴۴	۱۴۵	۱۴۴	۱۴۴
۱۴۵	۱۴۶	۱۴۶	۱۴۷	۱۴۵	۱۴۶	۱۴۵	۱۴۵
۱۴۶	۱۴۷	۱۴۷	۱۴۸	۱۴۶	۱۴۷	۱۴۶	۱۴۶
۱۴۷	۱۴۸	۱۴۸	۱۴۹	۱۴۷	۱۴۸		

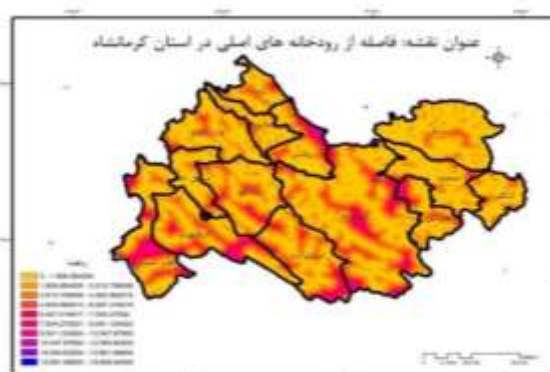
کرمانشاه مناطقی جنوبی استان می‌باشد که مساحت بیشتر آن در جنوب شهرستان کرمانشاه است. همچنین سه شهرستان روانسر، پاوه، کرمانشاه و هرسین و مساحت زیادی از قصرشیرین به دلیل نزدیکی به گسل و جنس زمین در برابر خطرات ناشی از زلزله بسیار آسیب‌پذیر می‌باشند و با توجه به جمعیت بالای ساکنان این شهرستان و همچنین نامساعد بودن وضعیت مساکن و ساخت و ساز در برخی از این شهرستان‌ها، در صورت وقوع زلزله آسیب جدی خواهند دید.

۶. مناطق مستعد و پرخطر وقوع سیلاب

استان کرمانشاه به علت شرایط زمین‌شناسی و اقلیمی خاص، تنوع پوشش گیاهی، رژیم بارشی متفاوت و نوع خاک خود همواره از استان‌های سیل‌خیز کشور بوده است. از این‌رو در این پژوهش سعی شده با استفاده از لایه‌های (زمین‌شناسی - پوشش گیاهی، ارتفاع، شیب، فاصله از رودخانه، نوع کاربری اراضی و وضعیت خاک) نقاط آسیب‌پذیر در برابر سیلاب‌های احتمالی مشخص گردد.



شکل ۱۰. طبقات پوشش گیاهی استان کرمانشاه



شکل ۱۱. فاصله از رودخانه‌های اصلی در استان کرمانشاه

در ادامه محاسبات مدل FAHP جهت وزن دهی به لایه های مطرح شده و استخراج نقشه ی نهایی به صورت زیر نمایان گشت:

جدول ۳. وزن نسبی لایه ها برای پهنه بندی مخاطره سیلاب

پوشش گیاهی (V7)	فاصله از رودخانه (V6)	نوع کاربری اراضی (V5)	نوع خاک (V4)	جنس زمین (V3)	شیب (V2)	ارتفاع (V1)
V7	V6	V5	V4	V3	V2	V1
0.93	0.91	0.66	1	0.74	1	ارتفاع
V7	V6	V5	V4	V3	V1	شیب
0.70	0.73	0.44	0.92	0.74	0.81	0.81
V7	V6	V5	V4	V2	V1	جنس زمین
1	1	0.44	1	1	1	1
V7	V6	V5	V3	V2	V1	نوع خاک
0.78	0.84	0.91	0.75	0.95	0.88	0.88
V7	V6	V4	V3	V2	V1	نوع کاربری اراضی
1	1	1	1	1	1	1
V7	V5	V4	V3	V2	V1	فاصله از رودخانه
0.88	0.65	0.93	0.96	1	1	1
V6	V5	V4	V3	V2	V1	پوشش گیاهی
1	0.73	0.81	0.98	1	1	1

جدول ۴. وزن نهایی لایه ها برای پهنه بندی سیلاب

گزینه ها	وزن نرمال نشده	وزن نرمال شده
ارتفاع	۰/۷۲	۰/۱۴۶
شیب	۰/۶۷	۰/۱۳۵
جنس زمین	۰/۷۱	۰/۱۴۴
نوع خاک	۰/۴۴	۰/۰۹
نوع کاربری اراضی	۰/۶۵	۰/۱۳۱
فاصله از رودخانه	۱	۰/۲۰۲
پوشش گیاهی	۰/۷۳	۰/۱۴۸

استان کرمانشاه یکی از مناطق سیل خیز کشور می باشد. این استان به علت کوهپایه ای بودن و همچنین شرایط اقلیمی خاصی که دارد، دارای پتانسل بالای سیل خیزی است. بررسی وزن های به دست آمده از نظرات کارشناسان نشان می دهد که مهمترین عوامل تأثیر گذار در آسیب پذیری ناشی از سیل در این استان، سه عامل ارتفاع، فاصله از رودخانه و پوشش گیاهی، به ترتیب با ۰.۱۴۶، ۰.۲۰۲ و ۰.۱۴۸ درصد می باشند. به بیان دقیق تر این منطقه به دلیل کوهستانی بودن و شرایط اقلیمی و زمین شناسی جزء مناطق سیل خیز کشور می باشد. این موضوع سبب گردیده در محدوده استان

کرمانشاه سالیانه سیلاب های متعددی رخ دهد. لذا همان طور که در شکل ۱۲ نیز مشخص شده، محدوده وسیعی از مرکز استان دارای پتانسیل بالای سیل خیزی می باشد که ناشی از شرایط توپوگرافی و زمی شناسی و پوشش گیاهی خاص این محدوده است.



شکل ۱۲. پهنه بندی مخاطرات سیلاب استان کرمانشاه

۷. نتیجه گیری و پیشنهادات

خطرات ناشی از زلزله و سیل می تواند عواقب خطرناک و جبران ناپذیری را از نظر جانی و مالی به دنبال داشته باشد. این مخاطرات می تواند ناشی از پدیده های ژئومورفولوژیک متعدد می باشد. لذا ویژگی های محیط طبیعی ماند ژئومورفولوژی و توپوگرافی و کاربری اراضی و ... می تواند به عنوان عوامل تعیین کنند در ایجاد و تشدید مخاطرات طبیعی نقشی مؤثر داشته باشند. در مواردی که آثار مخاطرات طبیعی در زندگی انسان ها تظاهر می یابد از اینگونه مخاطرات با عنوان بلایای طبیعی یاد می شود. با این که وقوع این مخاطرات مجال هر گونه واکنش فوری را از آسیب دیدگان می گیرد، ولی در هر صورت احتمال وقوع آنها قابل پیش بینی است. مخاطرات طبیعی نظیر سیل و زلزله آثار ژئومورفولوژیکی خاصی را در سطح زمین ایجاد می کنند و خود نیز تحت تأثیر فرم و فرایندهای ژئومورفولوژیکی می باشند. عوامل فعال ژئومورفولوژیکی از قبیل هوازدگی، فرسایش رودخانه ای، عمل باد، عملکرد انسان و غیره خود منشاء شکل گیری برخی بلایای طبیعی از قبیل زمین لغزش، خزش، وقوع طوفان های ماسه و غیره هستند. در این میان انسان و سکونتگاه های انسانی خود به عنوان یک عامل ژئومورفولوژیک و هم به عنوان بخشی اصلی از آسیب پذیری مطرح است. از آنجا که سکونتگاه های شهری به دلیل تمرکز جمعیت زیاد در معرض آسیب بیشتری قرار دارند، شناسایی و پهنه بندی سکونتگاه های شهری در ارتباط با مخاطرات طبیعی از اهمیت بسزایی برخوردار است.

نتایج تحقیق نشان میدهد در روند مکان یابی و ایجاد شهرهای استان توجه به عواملی نظیر فاصله از خطوط گسل و نقاط زمین لغزش کمتر مدنظر قرار گرفته اند و همین امر باعث ایجاد ناامنی و آسیب پذیری زیاد در صورت بروز

حوادث طبیعی می شود. بر اساس نقشه بدست آمده در شکل (۹) از پهنه بندی شاخص های تأثیر گذار در آسیب پذیری منطقه مورد مطالعه در برابر زلزله، شهرستان هایی که فاصله ی کمتری با گسل های فعال دارند دارای پتانسیل بالایی جهت آسیب پذیری در برابر زلزله می باشند، منطقه مورد مطالعه به دلیل کوهستانی بودن و شرایط اقلیمی و زمین شناسی جزو مناطق سیل خیز کشور است؛ این موضوع سبب گردیده در محدوده ی استان کرمانشاه سالیانه سیلاب متعددی رخ دهد. بررسی ارتباط بین فاکتورهای محیطی و موقعیت سکونتگاه های شهری و در نهایت پهنه بندی مخاطرات طبیعی در استان کرمانشاه نشان میدهد که به دلیل وجود روخانه های دائمی و فصلی متعدد و همچنین وجود ارتفاعات و شیب نسبتاً بالا پتانسیل بالایی برای سیل خیزی دارد. محدوده وسیعی از مرکز استان دارای پتانسیل بالای سیل خیزی می باشد که ناشی از شرایط توپوگرافی و هیدرولوژیکی این محدوده می باشد. بر همین اساس مهم ترین پیشنهادهایی جهت رفع کاهش آسیب پذیری در برابر این مخاطرات عبارتند از:

پهنه بندی دقیق مخاطرات ژئومورفولوژیکی در مقیاس کوچکتر تا سطح روستا

مشخص نمودن مناطق آسیب پذیر بالا در برابر انواع مخاطرات طبیعی

ارائه برنامه جامع کاهش آسیب پذیری در برابر مخاطرات

مشخص نمودن حد و بستر ساخت ساز در نقاط شهری و روستایی

استفاده از روش های نوین ساخت و ساز جهت کاهش آسیب پذیری.

استفاده از نقشه های ژئومورفولوژی جهت برنامه ریزی ژئومورفولوگها

منابع

- امیدوار، کمال (۱۳۸۳). مخاطرات طبیعی. انتشارات دانشگاه یزد، یزد.
- ترابی، کیوان (۱۳۸۸). نقش شبکه های ارتباطی در کاهش اثرات زلزله (مطالعه موردی: منطقه ۶ تهران). پایان نامه کارشناسی ارشد برنامه ریزی شهری، دانشکده معماری و برنامه ریزی شهری، دانشگاه علم و صنعت ایران.
- درستگار گل خیلی، هما؛ یوسفی، یداله؛ رمضانزاده لسبویی، مهدی و رورده، همتاله (۱۳۹۴). ارزیابی میزان تاب آوری سکونتگاه ها در برابر مخاطره سیلاب در روستاهای منتخب حوضه نکارود، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال دوم، شماره ۴، صص ۱۵-۳۰

ساسان‌پور، فرزانه و موسی‌وند، جعفر (۱۳۹۰). تأثیر عوامل انسانی در تشدید پیامدهای خطرات طبیعی در محیط‌های کلان شهری با استفاده از منطق فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی، مجله تحقیقات کاربردی در علوم جغرافیایی، جلد ۱۳، شماره ۱۶، صص ۲۹-۵۰.

شریفی کیا، محمد؛ امیری، شخرتک، ساوش، شایان (۱۳۹۰). سنجش آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی ناحیه ولشت از مخاطرات زمین، بهار، دوره ۱۵، شماره ۱، پیاپی ۶۹، صص ۱۲۵-۱۵۰.

طالعی، محمد؛ سعادت سرشت، محمد؛ منصوریان، علی و احمدیان، سمیه (۱۳۹۰). مسیریابی بهینه در محیط GIS برای تخلیه اضطراری قربانیان حوادث ناگهانی، مجله تحقیقات جغرافیایی، دوره ۴۳، شماره ۷۸، صص ۸۳-۱۰۰.

عزیزپور، ملکه؛ زنگی‌آبادی، علی و اسماعیلیان، زهرا (۱۳۹۰). اولویت‌بندی عوامل مؤثر در مدیریت بحران شهری معادل بلایای طبیعی (مطالعه موردی: سازمان‌های مرتبط با بحران در اصفهان). مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۳، صص ۱۰۷-۱۲۴.

غضنفرپور، حسین؛ صداقت‌کیش، مرضیه؛ سلیمانی، دامنه؛ گراغانی، مجتبی و صباحی، یاسر (۱۳۹۸). سنجش واکنش مدیران شهری در رویارویی با مخاطره محیطی سیل با تأکید بر تاب‌آوری (مطالعه موردی: شهر جیرفت). مجله جغرافیا و پایداری محیط، شماره ۳۰، صص ۱۰۷-۱۲۷.

کرم، امیر؛ محمدی، اعظم (۱۳۸۸). ارزیابی و پهنه‌بندی تناسب زمین برای توسعه فیزیکی شهر کرج و اراضی پیرامونی بر پایه فاکتورهای طبیعی و روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، فصلنامه علوم جغرافیایی طبیعی، شماره ۴، صص ۵۹-۷۴.

معمدینیا، منیژه (۱۳۹۰). بررسی خطرات ژئومورفولوژیکی ناشی از توسعه فیزیکی شهری (مطالعه موردی: شهرستان ماهشان)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس تهران.

Alexander, David E., 2002, Principles of Emergency and management, Oxford university press

Balteanu, DAN., Dogaru, DOGARU., 2011. Geographical perspective on human environment

Cao, Chen.; Xu, Peihua.; Wang, Yihong.; Chen, Jianping.; Zheng, Lianjing. and Niu, Cencen (2016). Flash Flood Hazard Susceptibility Mapping Using Frequency Ratio and Statistical Index Methods in Coalmine Subsidence Areas, Sustainability, 8(9): PP. 948- 966 .

Crozier, michael. (2017). A proposed cell model for multiple-occurrence regional landslide

events: Implications for landslide susceptibility mapping, *Geomorphology*, 295: PP. 480-488 .

Cutter. S. L, Ash. K. D, and Christopher T. E. (2016). Urban–Rural Differences in Disaster Resilience. *Annals of the American Association of Geographers*, 106, 6, 1236- 1252 .

E.Motz, ,Burrell E.,(2011).Natural hazards: an evolving tradition in applied geography. *Applied Geography*,31, PP. 1-4 .

Harvey, David., 1969, *Explanation in Geography*, London, Edward Arnold .

Jiménez-Perálvarez, Jiménez.; El Hamdouni, R.; Palenzuela. J.A.; Irigaray, C. and Chacón, J. (2017). Landslide-hazard mapping through multi-technique activity assessment: an example from the Betic Cordillera (southern Spain), *Landslides*, 14(6): PP. 1975-1991

Paton, D. and Fohnston, D. 2001 . Disaster and Communities :Vulnerability ,resilience and preparedness, *Disaster Prevention and Management, An International Journal*, 10: 270 -277 .

relationships and anthropic pressure indicators. *Romanian Journal of Geographers*, 55: PP.61-90 .

بررسی مخاطرات ژئومورفولوژیکی مناطق ژئوتوریستی (مطالعه موردی: روستای ابدال آباد - تربت جام)

Investigating the geomorphological hazards of geotourist areas (case study: Abdalabad village - Torbat Jam)

^۱ روح الله فخرشاملو^{*}، ^۲ ابوالقاسم امیراحمدی

^۱ دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه فردوسی مشهد ، Rohollah fshamlou@gmail.com

^۲ دانشیار ژئومورفولوژی دانشگاه فردوسی مشهد ، amirahmadi1388@gmail.com

چکیده

یکی از جدیدترین شاخه های گردشگری، ژئوتوریسم یا گردشگری جغرافیایی است. این نوع گردشگری که شاخه ای از گردشگری مناطق طبیعی و شکلی از گردشگری پایدار به شمار می رود، روی ژئوسایت ها و چشم اندازهای ژئومورفولوژیکی تاکید دارد و این شکل گردشگری می تواند به وسیله برنامه ریزی مبتنی بر شناخت فرصت ها و محدودیت های ژئوتوریسم، نقش مهمی در توسعه ملی و تنوع بخشیدن به اقتصاد منطقه ایفا کند. درحالی که گردشگری اثرات مثبت فراوانی دارد و روز به روز در حال گسترش است اما حوادث و خطراتی که آن را تهدید می کند خالی از بحث نیست. بنابراین هدف از پژوهش حاضر بررسی مخاطرات ژئومورفولوژیکی مناطق ژئوتوریستی روستای ابدال آباد تربت جام می باشد که این منطقه یکی از مقاصد گردشگری مهم در خراسان رضوی محسوب و مانند هر مقصد گردشگری دیگری می تواند از سوی مخاطرات محیطی مورد تهدید قرار گیرد. در همین راستا تحقیق حاضر با توجه به ماهیت نظری مقاله، به روش توصیفی- تحلیلی و مبتنی بر مطالعات کتابخانه ای و میدانی است. نتایج پژوهش حاضر نشان می دهد که شواهد و آثار موجود از وضعیت ژئومورفولوژیک در روستای مورد مطالعه نشان از وضعیت فرایندهای تکتونیکی، فرایندهای دامنه ای از جمله سقوط و ریزش سنگ، زمین لغزش، فرایند های رودخانه ای و فرایندهای انسانی (آنتروپوژنیک) را دارد.

کلمات کلیدی: ژئوتوریسم، مخاطرات ژئومورفولوژیکی، مناطق ژئوتوریسمی، روستای ابدال آباد، تربت جام

۱- مقدمه

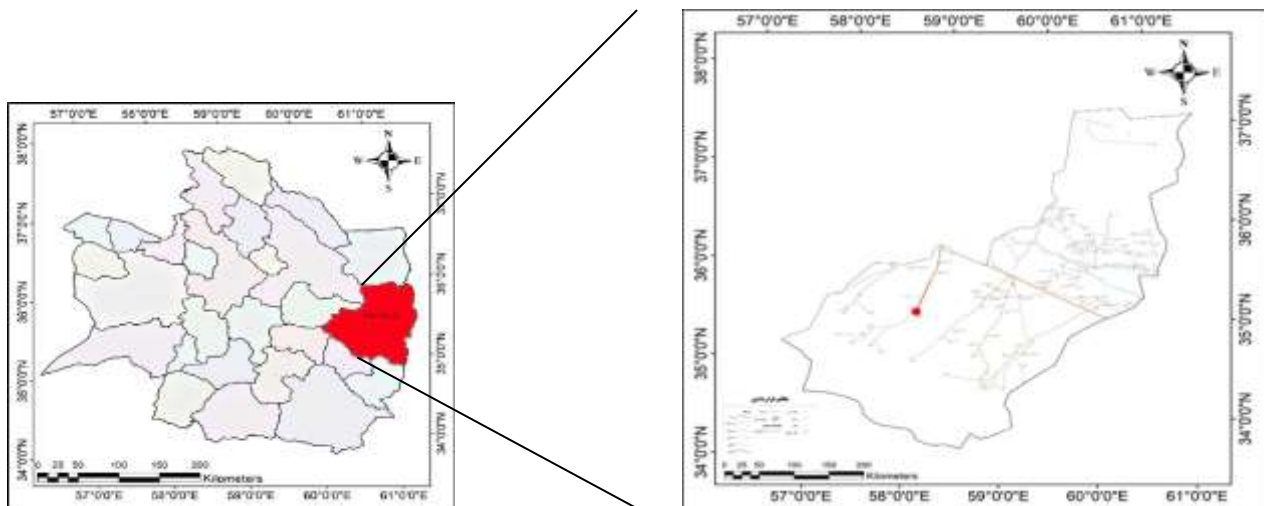
ژئوتوریسم یازمین گردشگری راهکاری نوین برای تبیین و تشریح علوم زمین و شناخت سرمایه های طبیعی هر منطقه است که علاوه بر ایفای نقش آموزشی، علمی، سبب توسعه توریستی منطقه و ارائه روش برای توسعه پایدار در مناطق ژئوتوریسمی میشود (عقیقی و قنبری، ۱۳۸۸: ۳۱). واژه ژئوتوریسم از سه واژه ژئو به معنی گشت و سیروسایاحت و ایسم به معنی مکتب و عمل ترکیب شده است (ثروتی و قاسمی، ۱۳۸۷: ۲۵). صنعت توریسم امروزه به قدری در توسعه اقتصادی، اجتماعی، کشورها اهمیت دارد که اقتصاددانان آن را صادرات نامرئی نام نهاده اند (زمردیان، ۱۳۸۴: ۶۲). این صنعت هم برای افراد محلی و هم برای بازدیدکنندگان غیربومی، منافع مشترکی دارد. اقتصادهای کوچک محلی رامی تواند فعال کند و از طرف دیگر بازدیدکنندگان با مجموعه ای از فرهنگ و آداب و سنن متفاوتی که زاییده آن محیط است آشنا می شوند. ایران دارای گستره وسیعی از پدیده های زمین شناختی و ژئومورفولوژیکی است که ژئوتوریسم به تازگی در آن پا گرفته و مراحل اولیه توسعه راطی می کند (قنواتی و همکاران، ۱۳۹۱: ۷۷). بدون شک توسعه ژئوتوریسم در کشور نه تنها نیازمند شناخت پتانسیل های گردشگری در واحدهای ناهمواری گوناگون است، بلکه بایستی به شکنندگی محیط طبیعی و زمینه های مخاطره بار آن نیز توجه داشت، چراکه یکی از ویژگی های مهم ژئوتوریسم همانا حفظ پایداری و بهره برداری سالم و مستمر از سایت های ژئوتوریستی است. در این زمینه در چند سال اخیر مطالعات زیادی در خارج و داخل ایران صورت گرفته که از جمله این تحقیقات می توان به براندولینی و همکاران (۲۰۰۶) به نقش مخاطرات ژئومورفولوژیکی بر آسایش گردشگران در منطقه پیک ریل کشور ایتالیا، رینارد و کوراتزا (۲۰۰۹) در سطح جهانی، سولارسکا و همکاران (۲۰۱۳) و زگوبیکی و همکاران (۲۰۱۵) در کشور لهستان اشاره نمود و در داخل ایران نیز ریسک های موجود در گردشگری و همچنین مخاطرات محیطی و عوامل بحران زادر گردشگری در مطالعات مختلفی مانند (شریفی ولدانی، ۱۳۹۳؛ هندرسون، ۱۳۹۳؛ منصوری موید و سلیمانی، ۱۳۹۱؛ خادم، ۱۳۹۱؛ یآوری گهر و منصوری موید، ۱۳۹۶) مورد بررسی قرار گرفته است. یافته های این مطالعات گویای این است که اصولا ریسک ها و مخاطرات را نمی توان حذف کرد ولی می توان با مدیریت، پیامدهای منفی آن ها را کاهش داد (قاسمی، ابراهیمی سلیمی، ۱۳۹۹: ۲۰۸). بنابراین با توجه به اهمیت مخاطرات ژئومورفولوژیکی مقصدهای گردشگری پژوهش حاضر با عنوان بررسی مخاطرات ژئومورفولوژیکی مناطق ژئوتوریستی روستای ابدال آباد شهرستان تربت جام مورد مطالعه قرار گرفت.

۲- مواد و روشها

پژوهش حاضر بیشتر بر پایه مطالعات میدانی بوده و از اسناد و مدارک مختلف کتابخانه ای شامل نقشه های توپوگرافی، زمین شناسی، مقالات و گزارشات مرتبط جهت تشریح و تبیین بهتر موضوع بهره گرفته شد.

۳- منطقه مورد مطالعه

شهرستان تربت جام با مساحتی تقریباً ۸۱۶۶ کیلومترمربع در شرق استان خراسان رضوی قرار دارد. این شهرستان به مرکزیت شهر تربت جام، براساس آخرین تقسیمات سیاسی دارای ۵ بخش مرکزی، صالح آباد، نصرآباد، بوژگان، پایین جام می باشد (جعفریگلو و همکاران، ۱۳۹۲: ۹). منطقه نمونه گردشگری ابدال آباد در دهستان بالا جام از بخش نصرآباد شهرستان تربت جام واقع شده است که این منطقه در عرض شمالی ۳۵ درجه و ۲۳ دقیقه و ۶۰ درجه و ۱۳ دقیقه طول شرقی و در پائیکوه های رو به شمال ارتفاعات جام قرار گرفته است (پاپلی یزدی، ۱۳۶۷: ۴۶). فاصله این منطقه تا مرکز شهرستان تربت جام ۴۹ کیلومتری باشد که ۳۸ کیلومتر آن محاور اصلی دو طرفه تربت جام - فریمان و حدود ۱۱ کیلومتر فرعی آن تا پایان سال ۱۳۸۸ بوده است (قاسمی خوزانی، ۱۳۹۰: ۹). (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

۴- یافته های تحقیق

شواهد و آثار موجود از وضعیت ژئومورفولوژیک در روستای مورد مطالعه نشان از وضعیت فرایندهای تکتونیکی، دامنه ای، رودخانه ای و فرایندهای انسانی دارد که شرح آن در زیر آمده است.

(۱-۴) فرایندهای تکتونیکی

گسلهای سفید سنگ، گوربند، قلعه گک، چاه مزار، تَغَز، کچاپ، از جمله گسل های فعال و مهم منطقه محسوب می شوند و توان لرزه خیزی بالایی دارند. این محدوده از دیدگاه زمین ساختی و لرزه خیزی منطقه ای ناآرام و پرتکاپوست. باتوجه به استقرار منطقه مورد مطالعه در مسیر گسل اصلی تربت جام که ناشی از فرایندهای تکتونیک و حرکات زمین ساختی با روند شمال غربی - جنوب شرقی می باشد منجر به ایجاد مخاطرات و تهدیدهای طبیعی از جمله زمین لرزه در منطقه می شود. هرچند که این گسل ها از نظر توانهای محیطی دارای مواهبی مثل ظهور چشمه ها و آبشار های زیبا که خود موجب گسترش توریست در منطقه می شود ولی این نوع لندفرم خود بیشتر محدودیت محیطی محسوب می شود مثل فرونشست زمین، زمین لغزش و زلزله های بزرگ و بسیار مخرب (فخرشاملو، ۱۳۹۶: ۱۳۷).

(۲-۴) فرایندهای دامنه ای

(۱-۲-۴) سقوط و ریزش سنگ

سنگ ریزش از انواع مهم حرکات توده ای مواد دامنه ای است (کرمی، ۱۳۸۳: ۱) و از منظر مخاطرات ژئومورفولوژیک یکی از مهم ترین نوع ریزش ها، سنگ ریزه ها هستند که حاصل جدا شدن قطعات بزرگ و کوچک از جدار پرتگاه های سنگی است (محمودی، ۱۳۸۶: ۳۶). در منطقه ابدال آباد به دلیل شرایط خشن و کوهستانی، شرایط مناسبی برای فرایندهای تخریب فیزیکی سنگ ها وجود دارد که بدین طریق مواد و شرایط لازم برای وقوع پدیده سقوط و ریزش سنگ فراهم می سازد. این پدیده به خصوص تهدیدی برای گردشگرانی است که در پای آبشار رفت و آمد می نمایند (شکل ۲ و ۳).



شکل ۲. احتمال سقوط و ریزش سنگ ها در مسیر رودخانه (سایت لست سکند)
 شکل ۳. نمایی دیگر از احتمال سقوط و ریزش سنگ ها (سایت لست سکند)

(۴-۲-۲) زمین لغزش

زمین لغزش به جا به جایی و حرکت توده ای از مواد خاکی و سنگی روی دامنه می گویند. در مکانیسم این فرایند عوامل زیادی از جمله شیب دامنه، نیروی ثقل، میزان روان گرایی توده، جنس زمین و حجم توده دخالت دارند (قراچورلو و همکاران، ۱۳۹۵: ۴). این حرکات ممکن است به صورت آرام و کند صورت گیرد (چند میلیمتر در سال) و یا ناگهانی و سریع به وقوع می پیوندد (۱۶۰ کیلومتر در ساعت) که در بسیاری موارد حوادث تاسف باری رانیز موجب می شود (سلبی، ۱۹۷۰: ۵۷). موقعیت کوهستانی محل مورد مطالعه همراه با گسل ها و اختلافات سنگ شناسی و وجود درز شکاف ها و گسیختگی های سطحی زمینه های محیطی جهت وقوع حرکات زمین لغزش را در منطقه ابدال آباد (شکل ۴) موجب گشته است.



شکل ۴. نمایی از زمین لغزش (عکس از نگارنده)

(۳-۴) فرایند رودخانه ای

سیلاب ها یک جریان یا واکنش های محیطی سیستم رودخانه ای است، که بالاتر از میزان عادی بارندگی یا ذوب برف در یک مکان به وجود می آید (kusk,2008, 122). این نوع مخاطره، جریانی شدید است که ممکن است از بستر طبیعی رودخانه لبریز شده و خارج شود. سیلاب ها ممکن است در بیشتر محیط های طبیعی روی دهد و وقوع این نوع مخاطرات تابع دوره ی خاصی نیست (زاهدی و بیاتی خطیبی، ۱۳۸۷: ۱۳۸). شهرستان تربت جام نیز دارای رودخانه های موسمی است و زراعت این منطقه به کمک همین رودخانه ها و چاه های عمیق صورت می گیرد. از رودهای مهم این منطقه هریرود در مشرق تربت جام، و رود جام که از شمال بند فریمان سرچشمه گرفته و پس از زهکشی کردن جلگه جام وارد هریرود می شود را می توان نام برد که روستا به لحاظ قرارگیری در مجاورت با رودخانه ابدال آباد و مارنی بودن منطقه امکان وقوع سیلاب وجود دارد. معمولاً طغیان رودخانه های فصلی و دائمی قابل کنترل نبوده و با مخاطرات فراوانی برای کسانی که به حریم این محدوده ها پای بگذارند، همراه است (شکل ۵ و ۶).



شکل ۶. نمایی دیگر از حضور گردشگران (سایت لست

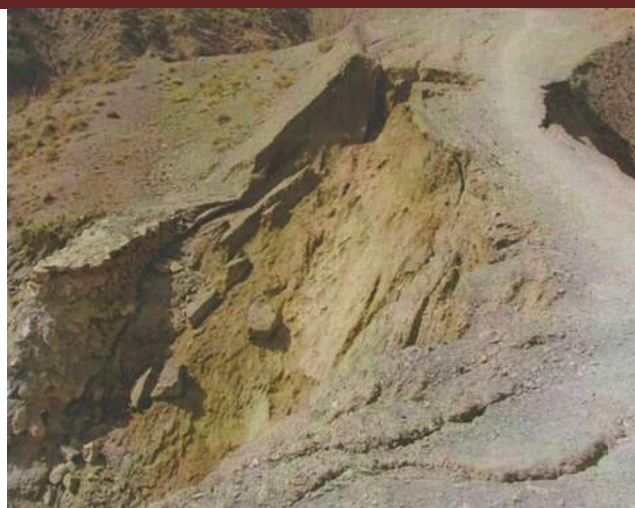
شکل ۵. حضور گردشگران در مسیر رودخانه (عکس از نگارنده

سکند)

(۴-۳-۱) فرسایش آبی

فرسایش کننده شدن وجابه جاشدن تدریجی خاکدانه هاو مواد موجود در سطح زمین در اثر عواملی نظیر آب، باد، نیروی ثقل و... است (انتظاری و خدادادی

، ۱۳۹۶: ۳۲). امروزه کمتر منطقه ای را در سطح زمین می توان یافت که در معرض فرسایش قرار نگرفته باشد و از زمانی که ناهمواری ها از آب خارج شده اند، عوامل آب وهوایی روی آن اثر گذاشته وموجبات فرسایش خاک رافراهم نموده اند (احمدی، ۱۳۷۸: ۱۹۵) که فرسایش آب یکی ازمشاهای رایج تخریب خاک در سراسر جهان محسوب میشود ومیزان باروری خاک را در طولانی مدت کاهش و در آخر اگر مهار نشود، خاک زیرین غیر بارور در معرض دید قرار می گیرد. در منطقه مورد مطالعه چون یکی ازمشاغل اصلی مردم دامداری می باشد، چرای بی رویه دامها و استفاده بیش از حد مراتع بالا دست باعث کاهش پوشش گیاهی و در نتیجه موجب افزایش رواناب ها وتشدید فرسایش شیاری وتشکیل خندق یاگالی در منطقه مورد مطالعه گردیده است (شکل ۷ و ۸).



شکل ۸. فرسایش آبی در بستر رودخانه ابدال اباد (عکس از

شکل ۷. فرسایش خندقی در حال پیشروی ابدال اباد (عکس از نگارنده)

نگارنده)

(۴-۴) فرایندهای انسانی (آنتروپوژنیک)

در منطقه ابدال آباد آثار مختلفی از مداخلات انسانی در رابطه با فرایندهای ژئومورفولوژیک به چشم می خورد. مخروط افکنه های روستاهای ابدال آباد، کته شمشیر- قلندر آباد وزوادر- سمسرا، منابع وسیعی از سنگدانه ها و پلاسر ها را جهت بهره وری و استخراج در خدمت معدن سیمان غرب آسیا قرار می دهد که البته از آثار منفی این معدن می توان گفت که در نهایت به فعالیت های کشاورزی، باغداری و جنگل های اُرس در طی زمان آسیب می رسانند. کما اینکه به هنگام استخراج معدن برای استفاده شمار زیادی از گونه های با ارزش اُرس طی انفجارهای معدنی از بین می روند و باعث تخریب زیست بوم می شوند.

۵- بحث و نتیجه گیری

امروزه گردشگری به عنوان یکی از بزرگ ترین بخش های اقتصادی در سطح بین المللی مورد توجه همگان است و مخاطرات طبیعی از جمله عوامل تهدیدکننده مقاصد گردشگری هستند که منجر به تغییر در روند توسعه گردشگری یک منطقه می شوند. یکی از مهمترین عواملی که دوام بازدید افراد از یک مقصد را به دنبال دارا امنیت آن مقصد است (ونگ، ۲۰۰۹: ۷۵). مخاطرات گردشگری را می توان « احتمال وقوع حوادث ناخوشایند در طول سفر مخصوصا در مقصد » تعریف کرد (کوری، ۲۰۰۸: ۱۶۹). در منطقه نمونه گردشگری ابدال آباد با توجه به تنوع جاذبه ها، پدیده ها و چشم انداز های بکر طبیعی و ظرفیت های طبیعی گردشگری آن، همانند برخورداری از رودخانه های جاری دائمی، چشمه های جوشان، آبشار، اقلیم معتدل کوهستانی، پوشش گیاهی نسبتا انبوه (جنگل های تنک و مراتع سرسبز)، جامعه حیوانی و پدیده های زیبای آهکی (غارها، دولین ها، دیواره ها و...)، باغات میوه، معماری سنتی و... منطقه ای جذاب و بسیار دیدنی را برای انواع گردشگران از جمله طبیعت گرا (اکوتوریسم)، طبیعت گرد، ژئوتوریسم، ورزشی، تفریحی، روستاگردمهیاساخته است (قاسمی خوزانی، ۱۳۹۰: ۱۰) که به جهت شرایط محیطی خاص خود، شواهد و آثاری از فعالیت فرایندهای مخاطره بار ژئومورفولوژیک را بر چهره خود نشان می دهد. از لحاظ زمین شناسی وجود دامنه های سنگی تند خطر بروز ریزش و سقوط سنگ ها را در محل گوشزد نموده که قابل مشاهده است و از لحاظ تکتونیکی وجود گسل و درز شکاف ها خطر وقوع زلزله و همچنین خطر وقوع سیل با توجه به موقعیت پایکوهی آن را در منطقه نمونه گردشگری به دنبال دارد. گذشته از عوامل طبیعی، عوامل انسانی نیز اثرات آشکار و برجسته خود را همچون معدن کاری، چرای بی رویه دام بر محیط ژئومورفیک اعمال نموده اند.

منابع

- احمدی، حسن، ژئومورفولوژی کاربردی، جلد اول، فرسایش آبی، انتشارات دانشگاه تهران. (۱۳۷۸).
- انتظاری، مژگان، خدادای، فاطمه، ارزیابی خطر فرسایش آبی حوضه آبخیز طالقان رود با استفاده از مدل ICONA، مجله مخاطرات محیط طبیعی، سال ششم، شماره سیزدهم، ص ۴۸-۳۱، پاییز ۱۳۹۶.
- پاپلی یزدی، محمد حسین، فرهنگ آبادیها و مراکز مذهبی، بنیاد پژوهشهای اسلامی، مشهد، ۱۳۶۷.
- ثروتی، محمدرضا، قاسمی، افشان، راهبردهای ژئوتوریسم در استان فارس، فضای جغرافیایی، ۲۴: ۲۳-۵۰، ۱۳۸۷.
- جعفر بیگلر، منصور، قدیری معصوم، مجتبی، موسوی روزان، سید محمد، بخشی، زهرا، نقش عوامل طبیعی در پراکنش فضایی سکونتگاه های روستایی شهرستان تربت جام، فصلنامه اقتصاد فضا و توسعه روستایی، سال دوم، شماره ۲، ص ۵۴-۵۴.

زمردیان، محمدجعفر، ژئومورفوتوریسم سواحل جنوبی دریای خزر، چالش ها و عوامل تهدید کننده، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه ای، مشهد، دانشگاه فردوسی، شماره ۵، پاییز و زمستان ۱۳۸۴.

عقیقی، محمدابراهیم، قنبری، عبدالرسول، بررسی جاذبه های ژئوتوریستی گنبد های نمکی لارستان (مطالعه موردی گنبد نمکی کرموستج)، فصل نامه جغرافیای طبیعی، سال دوم، شماره ۶، زمستان ۱۳۸۸.

فخرشاملو، روح الله، بررسی لندفرم های ژئومورفولوژیکی دشت تربت جام با تاکید بر توان های محیطی، درجه خوب، حکیم سبزواری، شهرک توحید، ۱۳۹۶.

قاسمی، ایرج، ابراهیمی سلیمی، شیدا، ارزیابی و اولیت بندی ریسک در بین دو گروه گردشگران انفرادی و گروهی در مقصد کویر مرنجاب، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال هفتم، شماره ۲، ص ۲۰۵-۲۲۲، زمستان ۱۳۹۹.

قاسمی خوزانی، محمد، بررسی قوت ها، ضعف ها، فرصت ها و تهدیدهای منطقه نمونه گردشگری ابدال آباد با تکنیک SWOT (تبیین راهبردهای توسعه منطقه نمونه گردشگری ابدال آباد)، اولین همایش ملی جغرافیا و برنامه ریزی توسعه روستایی، مرکز پژوهش مطالعات جغرافیایی روستایی خراسان، آذرماه ۱۳۹۰.

قراچورلو، مرتضی، نوحی، محمد، کاکاوند، اسماعیل، بررسی مخاطرات ژئومورفولوژیکی مناطق ژئوتوریستی (مطالعه موردی: سردابه - استان اردبیل)، چهارمین همایش ملی انجمن ایرانی ژئومورفولوژی، ۱۳۹۵.

قنواتی، عزت الله، کرم، امیر، فخاری، سعیده، مروری بر روند تحولات ژئوتوریسم و مدل های مورد استفاده آن در ایران، سرزمین، ۳۴: ۷۵-۹۱، ۱۳۹۱.

کرمی، فریبا، ریزش سنگ ها و مخاطرات ناشی از آنها در مناطق کوهستانی، نشریه اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، شماره ۵۲، زمستان ۱۳۸۳.

Brandolini. P., Faccini.F., and Piccazzo.M. 2006. Geomorphological hazard and tourist vulnerability along Portofino Paek trails(Italy), Natural Hazards and Earth System Sciences, 6: 563-571.

Correia, A., Pimpao, A., & Crouch, R. (2008). Portuguese charter tourists to long-haul destinations: A travel motive segmentation. *Journal of Hospitality & Tourism Research*, 32(2), 169-186.

Reynard, E., Coratza, P., and Regoloini, G. 2009. Geomorphosites, Research, protection and education. *Tourism and Geosites*, vol 4., no.2: 233-236.

Selby, M. J. , 1970. Slope and Slope Processes: Publication No.1 of The wiakato Branch of the New Zealand Geographical Society, p.57.

Solarska, A., et al. 2013. Geodiversity of the loess regions in Poland: Inventory, geoconservation issues, and geotourism potential. *Quaternary International* 296: 68-81.

Wang, Y. S. (2009). The impact of crisis events and macroeconomic activity on Taiwan's international inbound tourism demand. *Tourism Management*, 102, 75-82.

Zgtobicki, W., Kolodynska-Gawrysiak, R., and Gawrysiak. 2015. Gully erosion as a natural hazard: the educational role of geotourism. *Natural Hazards*, Vol 79, supp 1: 159-181.

<https://lastsecond.ir>

بررسی مورفونئوتکتونیک و مورفونئودینامیک منطقه شهری ارومیه

Investigation of morphoneotectonics and morphoneodynamics of Urmia urban area

علی نصیری

دانشگاه پیام نور - گروه علمی جغرافیا - تهران ۴۶۹۷-۱۹۳۹۵-ج.ا.ایران pnunworld@yahoo.com

چکیده

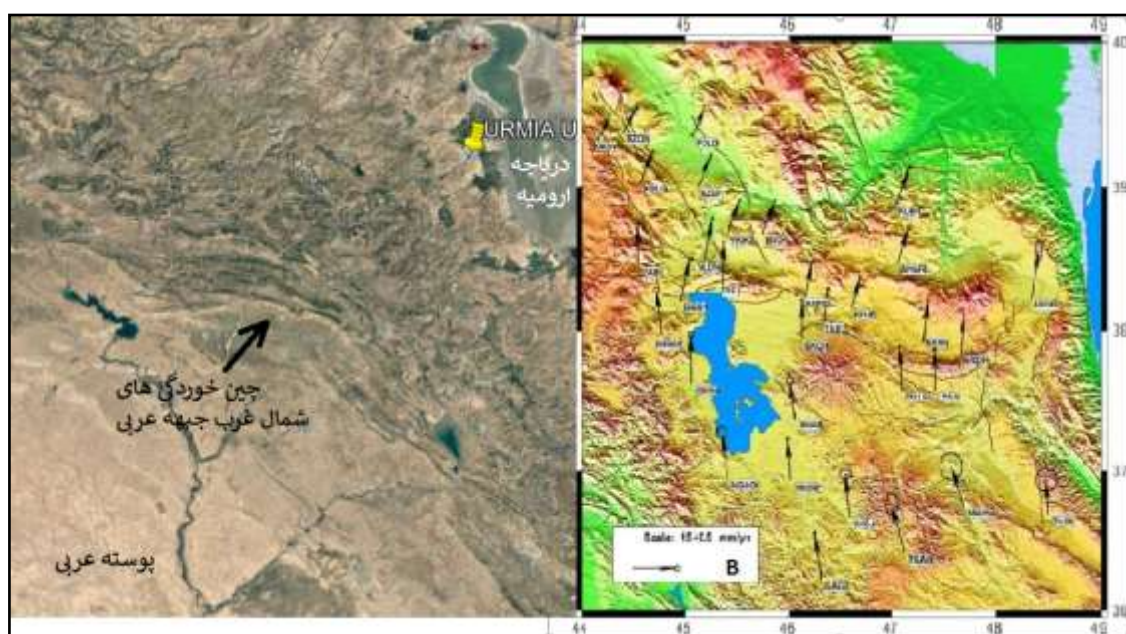
در این تحقیق فرآیندهای ژئومورفونئوتکتونیک و مورفونئودینامیک و تأثیرات پدیده های آنها در منطقه شهری ارومیه بررسی و مورد تحلیل قرار گرفته است. بررسی منابع نشان می دهند اطلاعاتی دقیقی از تحولات و پدیده های عمده ژئومورفونئوتکتونیک و دینامیکی منطقه شهری ارومیه وجود ندارد. اساس کار بر داده های متعدد زمین شناسی، ژئوفیزیک، سنجش از دور و مشاهدات میدانی و شاخص های مورفوتکتونیک فعال است. روش کار کمی و تحلیلی و توصیفی است. شاخص مورفوتکتونیک (RA) و انتگرال هیپسومتریک (HI)، شاخص طول - شیب رود (SL)، عدم تقارن آبراهه (AF) و نسبت نامتقارنی حوضه زهکشی (VF) و تراکم شبکه هیدروگرافی (Dd) در سنجش میزان فعال بودن مورفونئوتکتونیک و مورفودینامیکی منطقه مورد استفاده قرار گرفتند. هدف این تحقیق بررسی و تحلیل دقیق سیستم های تغییر شکل ژئومورفونئوتکتونیک و دینامیکی فعال و کشف حقایق جدید مورفواستراکچر منطقه شهری ارومیه است. کنکاش بیشتر و تشخیص فرآیندهای مورفونئوتکتونیک و مورفودینامیک فعال و تأثیر گذار در منطقه مطالعاتی، یافته های جدیدی از تحولات ژئومورفونئوتکتونیک منطقه شهری ارومیه به دست آمد. یافته های تحقیق نشان می دهد که مقادیر بدست آمده از شاخص های مورفوتکتونیک و دینامیکی فوق الذکر حاکی از فعالیت بیشتر فرآیندهای مورفونئوتکتونیک و نئودینامیکی و مورفوانتروپولوژی منطقه است. ادامه تغییر شکل های زمین ساختی شدید در منطقه شهری ارومیه باعث برهم کنش زمین ساختی متشکل از انواع گسل ها و سیستم گرابن و هورست شده است. در نتیجه، لغزش های متعددی در سطح محدود بلوک گسلی سیر داغی رخ داده است. نتایج نشان می دهد که شهر ارومیه بر بستر مخروط آبرفتی نبوده، بلکه بر روی فرورفتگی فرسایشی - گسلی کوهپایه ای (گسل ارومیه-سیلوانا و گسل غرب ارومیه عمود بر آن و گسل ارومیه-ماکو در شرق آن) و زمین لغزشی شکل گرفته است. یافته های تحقیق پرتگاه گسل بیرون زده آن را در ورودی روستای بند نشان می دهد. وجود زمین لغزش های متعدد از جمله توده نسبتاً بزرگ زمین لغزش سیر داغی با لایه های ضخیم مارن و رس، ناهموازی و تپه های جنوب منطقه شهری ارومیه را پدید آورده است. یافته های تحقیق نشان می دهد که ژئودینامیک فعال گسلها و مورفودینامیک حرکات رانش زمین و فرسایش آب های سطحی نقش مهمی در تحولات و تکامل مورفونئوتکتونیک و دینامیکی و پایداری محیطی منطقه شهری ارومیه بخصوص در سمت غرب و جنوب آن دارند.

کلمات کلیدی: تغییر شکل، ژئومورفوتکتونیک، ژئومورفونئودینامیک، منطقه شهری، ارومیه

پایش و اندازه گیری های دقیق ژئودینامیکی جهت شناسایی و تعیین تغییرات پوسته زمین، بررسی حرکات سامانه های گسلی فعال و پیش بینی روند جابجایی آنها، جهت تعیین کاربری زمین و مطالعات مکانیابی بهینه پروژه های توسعه و بازسازی اهمیت بسزایی دارد. تغییر شکل های مورفوتکتونیک در پوسته سرزمین ایران ۳ رویکرد عمده دارد: نخست ضخیم شدگی پوسته (چون زاگرس) و دوم حرکات افتادگی و ساختار چاله ای (مانند گرابن دریاچه ارومیه) و سوم حرکات چرخشی و جانبی پوسته به اطراف تحت تاثیر سامانه های گسل های فعال است. دسته اول گسل های معکوس هستند که ضخیم شدگی رشته زاگرس، البرز و کپه داغ را موجب شده است. دسته دوم سیستم های هورست و گرابنی را موجب شدند. دسته ۳ گسل های امتداد لغز هستند که باعث چرخش های ساختاری در واحدهای مورفوتکتونیک مختلف پوسته ایران از جمله منطقه آذربایجان، شرق ایران و هم چنین حرکات جانبی در البرز و زاگرس را موجب شدند. تعدادی از مدل های ژئودینامیکی در خصوص چگونگی مکانیسم زون برخورد قاره ای پلیت های عربستان / آناتولی پیشنهاد شده اند که هم گرایی صفحه عربی به طور کامل توسط سازکارهای چون فرار میکرو صفحه ها، ضخیم شدن لیتوسفر، لایه لایه شدن لیتوسفر، فرورانش قاره ای را توضیح می دهند. تنش های فشارشی ناشی از بازشدگی دریای سرخ و حرکت صفحه آفریقا- عربستان، در راستای شمال- شمال شرقی، حرکات شرقی آناتولی و نیز حرکت صفحه هند در راستای شمال- شمال غربی، موجب حرکت و جابه جایی به نسبت متفاوت در پوسته ها و قطعات گوناگون قاره ای و اقیانوسی ایران شده و عامل تغییر شکلهای عمده نئومورفوتکتونیک آن دانسته می شود. منطقه آذربایجان جوانترین منطقه برخورد پوسته های قاره ای (اوراسیا - عربی - آناتولی) در جهان و ایران است. این زون (آذربایجان) جبهه برخوردی بین پلیت های عربی، اورسیا و آناتولی و احتمالاً ایران مرکزی (هند - استرالیا) است. از لحاظ جنس حرکات و جنبش های نئومورفوتکتونیک و همچنین اتصال با آناتولی ترکیه، منطقه آذربایجان بخصوص منطقه غرب دریاچه ارومیه سرنوشت مشترکی با آن (پوسته آناتولی) دارد. سازمان مورفوتکتونیک ترکیه تحت تاثیر سه عنصر اصلی است (بوزکورت، ۲۰۰۱): (۱) کمان دریای اژه- قبرس، یک مرز صفحه همگرا که در آن صفحه آفریقا در جنوب در زیر صفحه آناتولی به سمت شمال فرورانش می کند. (۲) منطقه گسل آناتولی شمالی راستگرد و (۳) منطقه گسل آناتولی شرقی چپگرد و همچنین منطقه گسلی دریای مرده نقش مهمی دارد (بایراک و همکاران). نتایج پژوهش ها نشان می دهند که صفحه عربی در زیر اوراسیا وجود ندارد یا بسیار کم است. ناحیه گسل آناتولی شمالی بیشتر به سمت جنوب شرقی، بسیار فراتر از اتصال سه گانه کارلیوا گسترش می یابد. تعدادی از گسل های لرزه زای فعال و بدون نقشه در این منطقه وجود دارند (تورکللی و همکاران ۲۰۰۳) که گزارش نشدند.

بررسی ها، داده های ژئوفیزیکی و مشاهدات تصاویر ماهواره ای نشان می دهند که منطقه شهری ارومیه بیشتر

تحت تاثیر حرکات پوسته عربی از جنوب غربی است که با آثار چین خوردگی های منظم جبهه شمال غربی پوسته عربی کاملاً واضح است (شکل ۱). در اثر این حرکات منطقه مطالعاتی حرکات راست گرد به سمت شمال شرق دارد. سرعت حرکات صفحه عربی ۱۶ میلیمتر در سال بر اساس داده های GPS برآورد کردند. از طرف نتایج تحقیقات نشان می دهند که منطقه تحت تاثیر حرکات راست گرد گسل شمالی آناتولی است.

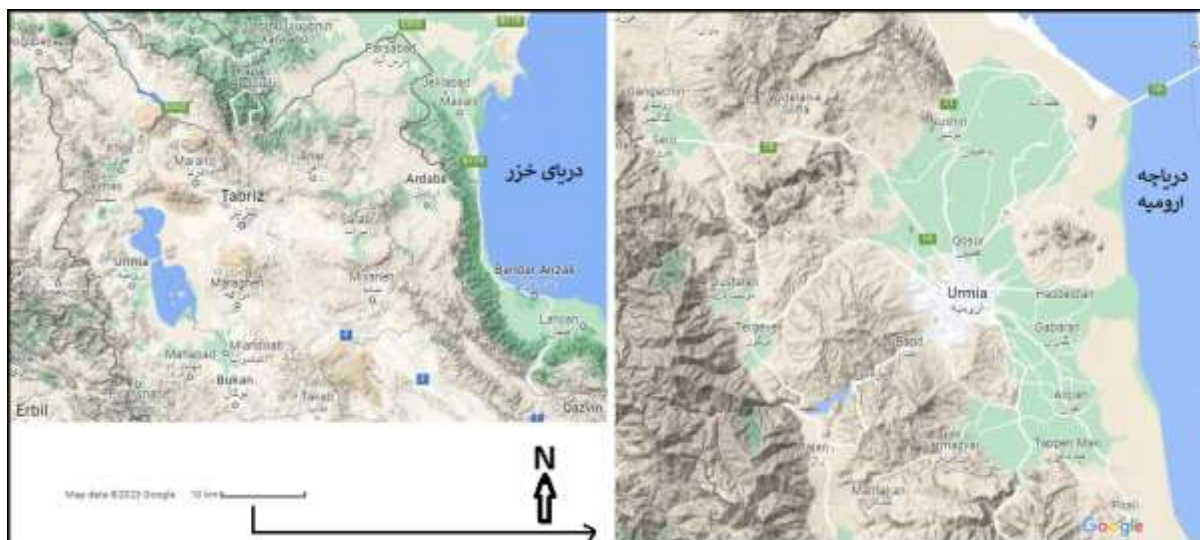


شکل ۱ تاثیر حرکات پوسته عربی بر منطقه شهری ارومیه

منطقه شهری ارومیه در گستره عرض جغرافیایی ۳۷ درجه ۲۹ دقیقه الی ۳۷ درجه و ۳۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۴ درجه و ۵۹ دقیق تا ۴۵ درجه و ۷ دقیقه شرقی در لندفرم فرورفتگی مربعی فرم پایکوهی واقع شده است. منطقه شهری ارومیه در دشتی به همین نام با وسعتی بیش از ۱۰۰۰ کیلومتر مربع در غرب دریاچه واقع شده است که از سه سمت با ارتفاعات و در سمت دیگر توسط دشت ارومیه محاط شده است. شهر از جنوب و جنوب شرقی در دامنه ارتفاعات علی ایمن و از سمت جنوب غربی در دامنه ارتفاعات سیرداغی (گرده سروسنگ سفید) قرار گرفته است. کوه مور شهیدان با ارتفاع ۳۶۱۴ متر بلندترین کوه این منطقه است. ارتفاع متوسط آن ۱۳۵۰ متر از سطح دریاهای آزاد است. مهمترین رودخانه های آن نازلوی چای، شهر چای و باراندوز چای است (شکل ۲).

متوسط درجه حرارت در ارومیه ۹/۸ درجه سلسیوس است. حداکثر درجه حرارت در مرداد ماه حدود ۳۴ و حداقل آن در دی ماه تا حدود ۲۰- درجه سلسیوس می رسد. حداکثر نوسان دمای تابستان ۴ درجه و فصل زمستان ۱۵ درجه می باشد. مجموع روزهای یخبندان در ارومیه حدود ۱۲۰ روز است. متوسط سرعت باد در شهر ارومیه ۱۰/۵ متر در

هر ثانیه است. متوسط بارندگی در ارومیه ۳۵۰ میلیمتر است. در منطقه غرب دریاچه ارومیه از غرب به شرق از میزان نزولات باران کاسته می شود. دوره بارش در ارومیه از اواخر شهریور ماه شروع می شود و خرداد ماه خاتمه می یابد؛ حداکثر بارندگی در اسفند و فروردین است.



شکل ۲ موقعیت مکانی منطقه شهری ارومیه

مواد و روشها

در این مطالعه چگونگی تاثیرات ژئومورفونئوتکتودینامیک بر منطقه شهری ارومیه تحلیل شده است. از ابزارهای سامانه اطلاعات جغرافیایی، داده های توپوگرافی و نقشه های توپوگرافی 1:25000 و 1:50000، مدل رقومی ارتفاعی، نقشه های زمین شناسی 1:100000 و داده های ژئوفیزیکی و تصاویر ماهواره ای و داده های اسنادی استفاده شده است.

نتایج

محاسبه شاخص های ژئومورفوتکتونیک فعال منطقه شهری ارومیه

شاخص ژئومورفولوژی از جمله شاخص مورفولوژی (RA) و انتگرال هیپسومتریک (HI)، شاخص طول - شیب رود (SL)، عدم تقارن آبراهه (AF) و نسبت نامتقارنی حوضه زهکشی (VF) و تراکم شبکه هیدروگرافی (Dd) با استفاده روابط مربوطه محاسبه شد. داده های کمی به دست آمده از شاخص های ژئومورفیک میزان فعالیت نوزمین ساختی منطقه شهری به دست آمد (جدول ۱).

جدول ۱ مقادیر شاخص های نشان دهنده مورفوتکتونیک فعال منطقه شهری ارومیه

شاخص	SL	RA	VF	SMF	Hi	Af	Dd
مقدار	۲۸۸	۹۵۰	۱/۴	۱/۲۱	۰/۷۷	۳۱/۵	۰/۰۰۱

شاخص گرادیان طول - شیب رودخانه (SL) یک روش عملی برای اندازه گیری تغییرات ناگهانی شیب در مسیر طولی بستر رودخانه می باشد. برای ارزیابی زمین ساخت فعال نسبی مفید است. زیرا جریان آب نسبت به تغییرات مورفوتکتونیک و بالا آمدگی در شیب بستر حساسیت نشان میدهد. بر این اساس مقادیر بالای این شاخص ۲۸۸ در منطقه شهری ارومیه که دارای سازندهای با مقاومت کم و سنگ های مارنی و رسی با میان لایه ای آهکی از لحاظ مقاومتی یکسان هستند که می تواند بیانگر حرکات تکتونیک فعال و جوان می باشد. شاخص RA عمق برش و درجه برهنه سازی سطح را بیان می کند که می تواند برای توصیف شدت فعالیت زمین ساختی مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به مقادیر بالای ۹۵۰ این شاخص بر اساس معیار طبقه بندی شاخص های ژئومورفیک تکتونیک فعال ژونگ و همکاران (۲۰۰۴)، نشان دهنده میزان فعالیت بالای تکتونیک منطقه است. مقادیر شاخص VF در سنگ های با مقاومت فرسایشی یکسان فرم دره ها در مناطق فعال و غیرفعال نوزمین ساختی متفاوت است. در مناطق فعال مورفوتکتونیک به دلیل بالا رفتن شیب و پایین رفتن سریع بستر آبراهه ها، بستر عموماً باریک بوده و نسبت عمق به پهنای دره ها بیشتر از مناطق با فعالیت کم و یا غیرفعال است. دره های U شکل دارای مقادیر بالا و دره های V شکل دارای مقادیر پایین ی از شاخص VF هستند. نوع سنگ بستر نیز در شکل دره دارای نقش اساسی است. مقادیر Vf بسته به نوع سنگ، دبی رودخانه و اندازه حوضه ها متفاوت است. آזור و همکاران (۲۰۰۲) پیشنهاد کرد که مقادیر بالای Vf معمولاً فعالیت تکتونیک کم را نشان می دهد در حالی که مقادیر پایین مناطقی با فعالیت تکتونیک بالا با برآمدگی نسبتاً سریع و برش دره ها را نشان می دهد (به نقل از خلیفه و همکاران ۲۰۱۸). مقادیر پایین شاخص در منطقه شهری ارومیه ۱/۴ نشلن دهنده فعالیت تکتونیک بالا با برآمدگی نسبتاً سریع و برش دره ها است. مقادیر شاخص SMF سیگنال های توپوگرافی نشان دهنده بالا آمدگی و مورفوتکتونیک فعال هر منطقه است. مقدار پایین ۱/۲۱ بدست آمده شاخص مذکور نشان از فعالیت تکتونیک بالای منطقه مطالعاتی است. مقادیر بالای انتگرال هیپسومتریک (Hi) مساوی یا بزرگتر از ۰/۴۵ تغییر فرم و بالا آمدگی های تکتونیک و شکل گیری توپوگرافی جدید، مقادیر متوسط و وضعیت زمین ساختی نسبتاً فعال و مقادیر کمتر یا مساوی ۰/۳ حوضه های پست با فعالیت های زمین ساختی کم را بیان می کنند. در اصل، حوضه های آبریز جوان (از نظر تکتونیک فعال) دارای مقادیر مساوی یا بزرگتر از ۰/۴۵ منحنی های هیپسومتریک محدب هستند، در حالی که مقادیر Hi کمتر و یا برابر ۰/۳ منحنی های هیپسومتریک مقعر حوضه های آبریز قدیمی (از نظر تکتونیک ساکن) را نشان می دهند (خلیفه و همکاران ۲۰۱۸). با توجه به جدول ۱ ارزش ۰/۷۷ محاسبه شده این شاخص در منطقه شهری ارومیه نشان از فعالیت بالای مورفوتکتونیک

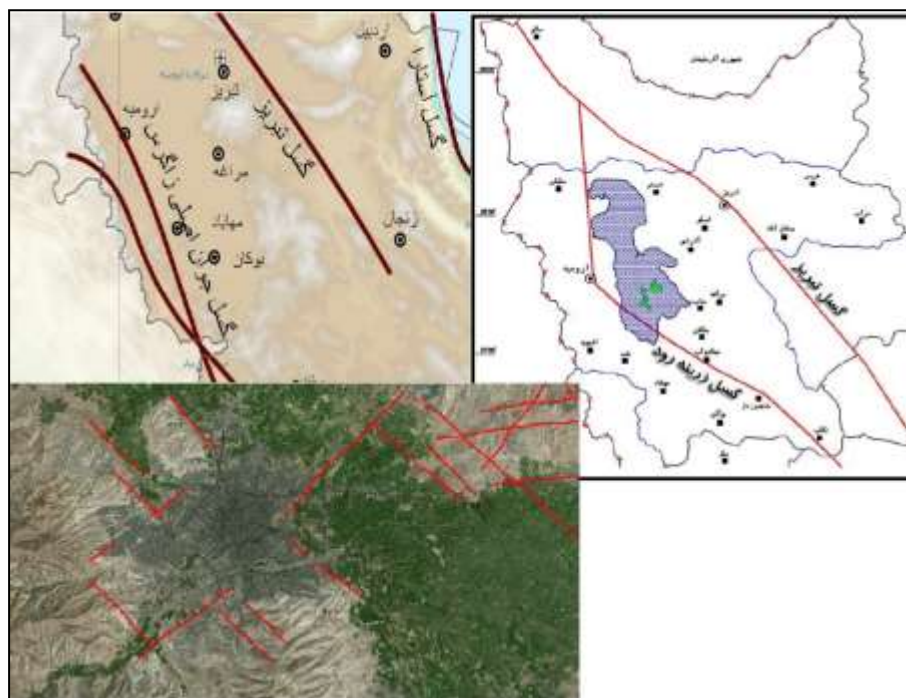
است. شاخص عدم تقارن Af روشی، برای تشخیص وجود کج شدگی ناشی از فعالیت های تکتونیکی در حوضه های زهکشی است. اگر حوضه ای در شرایط پایدار، بدون کج شدگی یا با مقدار کم باشد، شاخص Af برابر 50 است. مقادیر بیشتر یا کمتر از 50 بیانگر کج شدگی حوضه است، که می تواند در نتیجه فعالیت زمین ساختی یا ساختار های حاصل از خصوصیات سنگ شناسی باشد. در منطقه مطالعاتی مقدار این شاخص $31/5$ بدست آمده که کمتر از 50 و نشان از فعال بودن فعالیت های تکتونیکی است. آزر و همکاران (2002) و کلر و پینتر (2002) شاخص تراکم شبکه آبراهه ها Dd را به عنوان نسبت طول مجموع آبراهه ها به مساحت حوضه معرفی کردند. مقادیر بیشتر شاخص Dd مناطق توسعه یافته تری را برای مدت نسبتاً طولانی نشان می دهد در حالی که مناطقی که جدیدترین فعالیت های زمین ساختی را تجربه می کنند دارای مقادیر Dd کمتری هستند (کلر و پینتر، 2002 به نقل از خلیفه و همکاران 2018). مقدار شاخص Dd محاسبه شده برای منطقه شهری ارومیه $0/100$ بدست آمد که حاکی از فعالیت های نئومورفوتکتونیکی است.

منطقه شهری ارومیه در جبهه فشارشی بین دو پوسته عربی - اوراسیا - ایران مرکزی واقع شده است. این زون در یکی از فعال ترین مناطق تغییر شکل مورفوتکتونیکی است. این منطقه مابین گسل های مهاباد - زرینه و گسل سیلوانا - اشنویه با روند تقریباً شمالی و جنوبی قرار گرفته است. زون شهری ارومیه به دلیل قرار گرفتن در یک منطقه فعال تکتونیکی، همواره شکستگی های فراوان، زمین لغزش ها و زلزله های مخربی را تجربه کرده است (شکل 4). علت این جنبش های تکتونیکی، همگرایی بین دو پوسته تکتونیکی اوراسیا در شمال غرب و عربی از جنوب غرب در منطقه پژوهشی ذکر شده است.

گسل ها

شناخت و معرفی لازم و کافی از موجودیت و وضعیت گسل های منطقه وجود ندارد ابهامات و مجهولات زیادی در این خصوص مطرح است. در منابع متعدد شکستگی ها و گسل های عمده منطقه شهری ارومیه بصورت کلی تنها گسل ماکو - زرینه معرفی شده است برخی از محققین آن را شاخه ای از گسل تبریز می دانند و برخی منابع دیگر آن را ادامه گسل زاگرس معرفی کردند. (شکل 3). در این پژوهش با بررسی های میدانی و تحلیل داده های ماهواره ای گسل ها و شکستگی های متعددی بصورت گسل های متقاطع در روند های شرقی - غربی و شمالی - جنوبی شناسایی شد (شکل 4). گسل معکوس ارومیه - سیلوانا با روند شرقی - غربی از وسط منطقه شهری ارومیه رد شده که بستر رودخانه شهرچایی نیز در آن جای گرفته است (شکل 5). این گسل لایه های رسوبی را قطع و باعث فرو افتادگی قطعه شمالی با ارتفاع 1765 متر در شرق روستای بند ارومیه شده است. قطعه جنوبی آن سیر داغی با ارتفاع 2220 متر و

اختلاف سطح گسلی ۱۱۱ متر (کف دره ۱۳۸۸ - ۱۴۹۹ متر نوک تپه) در خروجی حوضه شهرچای شرق روستای بند دارد. گسل یاد شده همانگونه که در شکل ۵ نیز مشهود است عمود بر شیب لایه های رسوبی متشکل از رس و مارن، آهک قرمز و ماسه سنگ میوسن را بریده موجب بالا آمدگی قطعه جنوبی (یعنی سیر داغی) نسبت به قطعه شمالی در خروجی حوضه شهر چای ارومیه شده است. رودخانه شهرچای ارومیه نیز بر روی همین گسل جاری است. فرم ۷ شکل بستر نشاندهنده فرسایش خطی رود و بالا آمدگی منطقه در اثر فعالیت های تکتونیکی شدید است. اگرچه این رود از نوع پیشینه رود است تحت تاثیر گسل مذکور عمود بر شیب لایه های زمین شناسی از غرب به شرق در جریان است ولیکن تحت تاثیر شدت فعالیت های تکتونیکی حاکم بر منطقه فرصت تشکیل پادگانه های آبرفتی متناسب را نیافته است و پادگانه بسیار کوچکی در دو سطح ارتفاعی حدود ۱۳۹۵ و ۱۴۰۰ متری در بالادست رودخانه در شرق روستای بند تشکیل شدند و در ادامه پارک ساحلی ارومیه در سطح ۱۳۵۰ متری و بطرف شرق از ارتفاع کم شده به سطح کمتر از ۱۳۲۰ متر در کناره های بستر در خروجی محدوده شهر می رسد.



شکل ۳ گسل های منطقه شهری ارومیه بر اساس منابع مختلف



شکل ۴ گسل ها و شکستگی های شناسایی شده منطقه شهری ارومیه

در منطقه مورد مطالعه سامانه های گسلی در الگوهای پیچیده موازی و متقاطع بوجود آمدند (شکل ۴). این الگوی گسل خوردگی در واقع نتیجه فعالیت های تکتونیکی شدید است. توسعه و تکامل این الگوی گسلی در پیرامون و خود شهر یکی از عوامل فرو افتادگی کلی لندفرم شهر شده است که بدین وسیله منطقه شهری ارومیه غالباً در لندفرمی پلیت مانند ناهموار نسبت به اراضی مرتفع اطراف در منطقه پایکوه مابین ارتفاعات غربی، جنوب، شمال و تپه شاهد های پراکنده شرق شکل گرفته است (شکل ۶). عبور گسل ارومیه - سیلوانا از وسط شهر بر این فرورفتگی افزوده و یکنواختی توپوگرافی آن را به زده است

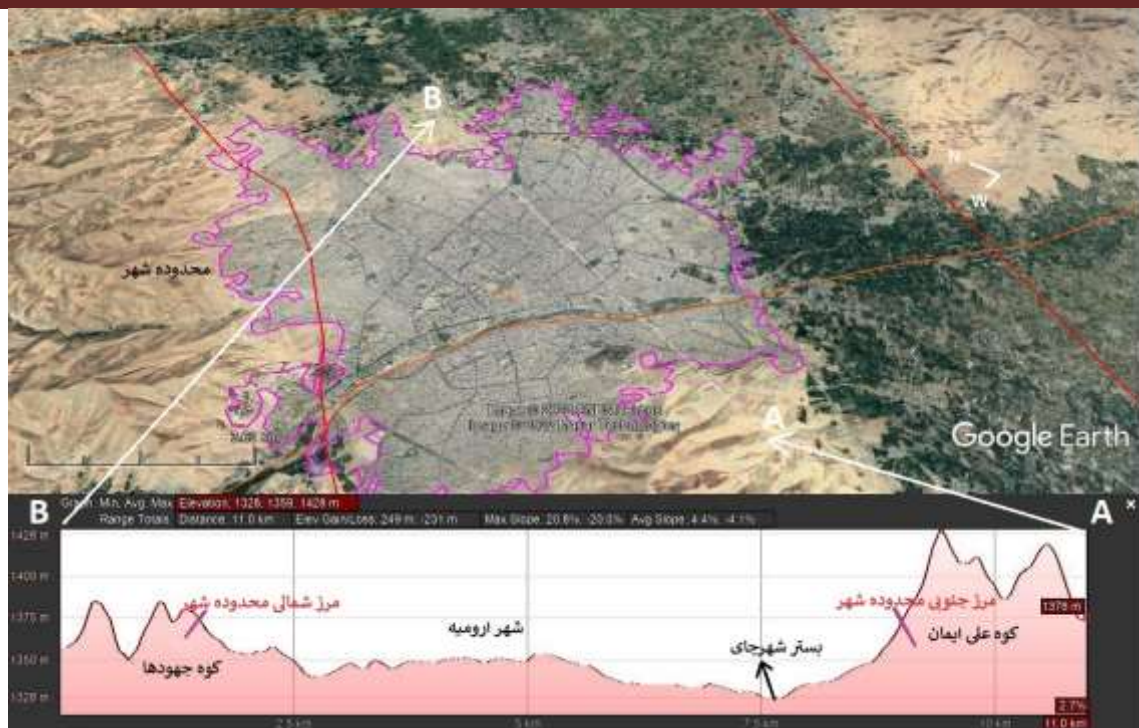


شکل ۵ گسل ارومیه - سیلوانا با روند شرقی - غربی

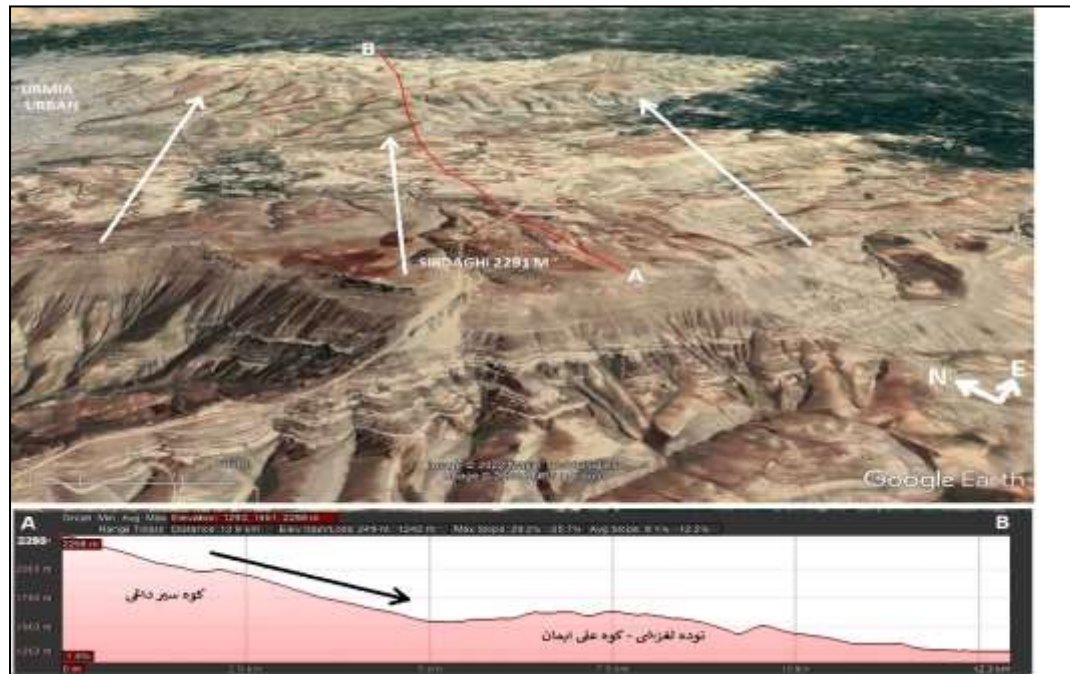
با توجه به به ژئودینامیک فعال منطقه، سازندهای زمین شناسی چون وجود لایه های ضخیم رسی و مارنی شیب دار با میان لایه های نازک ماسه سنگ آهکی و کنگلومرا از یک طرف و رطوبت کافی و بعلاوه تطابق شیب زمین شناسی با شیب توپوگرافی در دامنه های ارتفاعات مشرف به زون شهر از طرف دیگر و همچنین وجود شبکه گسل های بزرگ و زلزله خیز بودن آنها و آثار و شواهد موجود در منطقه حاکی از رخداد زمین لغزش های به نسبت بزرگ در منطقه بوده است. لغزش های مذکور در طول دوره های مرطوب یخچالی بصورت گسترده در دامنه های رسی و مارنی ارتفاعات مشرف به منطقه شهری رخ داده موجب شکل گیری بستر چاله ای شهر گردیده است. حتی امروزه هم استمرار این حرکات زمین لغزش بخصوص در منطقه پارک جنگلی شهر ارومیه که بر روی تپه شاهد احداث شده موجب تخریب منازل مردم شده است (شکل ۷ و عکس ۱). ژئودینامیک فعال دامنه ای در ارتفاعات پیرامون منطقه شهری موجب ناپایداری اراضی شیب دار دامنه ای از نوع جریانات و حرکات توده ای مواد سطحی چون پدیده زمین لغزش شده لذا برای کاربری های شهری چون مسکونی، تجاری و حتی جهت کاربری فضای سبز نیز مناسب نیست

به دلیل شرایط شیب لایه های زمین شناسی و آبیاری آن که باعث تشدید ناپایداری و حرکات دامنه ای می شود.

همانطور که اشاره شد با توجه به شرایط و عوامل زمین شناختی و شیب لایه ها به سمت خارج و سازگار با شرایط توپوگرافی، رطوبت کافی و تکتونیک فعال منطقه و گسل ها و شواهد موجود حاکی از این واقعیت است که زمین لغزش پدیده غالب منطقه است و در اغلب اراضی شیب دار و دامنه های ارتفاعات در مقیاس های متفاوت رخ داده و احتمال تکرار وقوع آن نیز زیاد است. یکی از زمین لغزش های بزرگ منطقه زمین لغزش دامنه شرقی سیر داغی است که توده لغزشی آن تپه شاهد های جنوبی تحت نام کوه علی ایمان را بوجود آورده است (شکل ۷). بریدگی ناگهانی نیمدایره شکل در دامنه ارتفاعات غربی و جنوب منطقه شهری سطح گسیختگی زمین لغزش مذکور است که به شکل چاله بستر محیط شهری را در کف تشکیل می دهد. همچنین زمین لغزش بزرگ هم در دامنه های غربی کوه سیر داغی با روند شمالی - جنوبی به فرم لوزی کشیده کاملاً مشهود است که روستای شلمکان در جنوب و روستای بند در شمال شرق مرز آن واقع شده است. رودخانه شهر چای در بخش شمالی آن با مسیر پر و پیچ و خم جاری است. این حرکات ناپایداری محیطی را موجب شده است و در حال حاضر نیز یکی از مهمترین عوامل ناپایداری محیط شهری ارومیه و از چالش های اساسی مدیریت شهری محسوب می شود. همانگونه در شکل ۷ نیز مشهود است لایه های رسی و مارنی دامنه های ارتفاعات زهکشی ضعیف و قابلیت نفوذ پذیری خیلی کمی داشته موجب شکل گیری شبکه هیدروگرافی متراکم و فرسایش شدید در دامنه های مشرف به شهر شده است. توده های زمین لغزشی بمرور زمان توسط رواناب های سطحی و بخصوص رودخانه شهر چای دچار فرسایش شده و از حالت اولیه خود خارج شدند ولیکن موجب ناهمگونی توپوگرافی بستر شهر گردیدند (شکل ۶).



شکل ۶ لند فرم منطقه شهری ارومیه



شکل ۷ زمین لغزش های منطقه شهری ارومیه

بحث و نتیجه گیری

همانطور که قبلاً نیز اشاره شد تنش‌های فشارشی ناشی از بازشدگی دریای سرخ و حرکات پوسته آفریقا- عربستان، در راستای شمال- شمال شرقی، حرکات پوسته اوراسیا در جهت جنوب و جنوب غربی، جنبش‌های شرقی پوسته آناتولی و نیز حرکت صفحه هند در راستای شمال- شمال غربی، موجب پیچیدگی و تنوع حرکات زمین ساختی شده و سبب شکستگی و گسل خوردگی، چین خوردگی، فرورانشی، لغزشی به نسبت متفاوت در قطعات پوسته‌های قاره‌ای و اقیانوسی ایران بخصوص منطقه پژوهشی گردیده است. نتایج تحقیقات نشان می‌دهند که این رژیم فشارشی حاکم بر منطقه آذربایجان دارای سرعت به سمت شمال و شمال شرق است. یک حرکت راست گرد غالب با کشیدگی شمال غربی - جنوب شرقی بر کل منطقه حاکم است که میزان آن با حرکت به سمت شمال غرب و گسل شمال آناتولی افزایش می‌یابد. نرخ این راستگردی متفاوت گزارش شده است. منطقه غرب دریاچه ارومیه نیز در حال تغییر شکل عمده‌ای است (سازمان نقشه برداری کشور). یافته‌های تحقیق از بررسی اسناد و مدارک تغییرات پوسته و تعیین نرخ ژئودتیکی آن در منطقه آذربایجان نشان می‌دهد که در نتایج گزارش شده از آنالیز داده‌های شبکه ژئودینامیک کشور اختلافات فاحشی مشاهده می‌شود. نتایج متناقض ابهامات زیاد و بحث برانگیز در مطالعات تغییرات پوسته و وضعیت ژئودتیکی منطقه آذربایجان و منطقه پژوهشی را نشان می‌دهد. این چالش می‌تواند دلایل مختلفی داشته باشد. شاید منشاء این تفاوت‌ها را می‌توان در عدم شناخت و آگاهی کافی از نوع و ماهیت حرکات اعم از حرکات زمانی (مستمر، متناوب و دوره‌ای) و مکانی چون منشاء و سرچشمه حرکات (خودی، تابعی و یا متفاوت) و شدت جنبش پوسته‌های یاد شده نسبت به هم دانست و یا در عدم شناخت کافی و لازم از فرآیند حرکات و تغییرات پیچیده پوسته منطقه مطالعاتی جستجو کرد. این موضوع مستلزم بررسی دقیق‌تر و دانش کافی و تجهیزات پیشرفته است. ولیکن با مشاهدات و بررسی‌های مستقیم و دقیق میدانی، آثار و شواهد صحرایی و تحلیل داده‌ها می‌توان به نتایجی دست یافت. بررسی‌های میدانی و داده‌های ماهواره‌ای منطقه پژوهشی حاکی از عمل جبهه پر قدرت دو پوسته اوراسیا - عربی در منطقه آذربایجان و بخصوص تاثیر گذار در منطقه غرب دریاچه ارومیه است. در حال حاضر رژیم فشارشی پوسته عربی موثرترین عامل تغییر شکل‌های عمده مورفوتکتونیک منطقه مطالعاتی شناخته می‌شود. سامانه فشاری در منطقه مطالعاتی بیشتر منجر به شکستگی و گسل‌های متعدد با روند‌های شمالی و جنوبی در سطح وسیع بطوریکه سیستم لندفرم هورست و گرابنی را ایجاد کرده است. بعنوان مثال گرابن دریاچه ارومیه، هورست سیرداغی بعد از آن گرابن مرگور- راژان - زیوه و نهایتاً هورست بز سینا - ارتفاعات مرزی بترتیب از شرق به غرب توسعه و شکل گرفته‌اند. شکست‌های عرضی با روند شرقی - غربی موجب بریدگی‌های بیشتر هورست‌ها و توسعه شبکه هیدرولوژی گردیده است. ژئوتکتونیک فعال و عوامل زمین‌شناختی لایه‌های ضخیم مارنی و رسی، شرایط توپوگرافیکی ناهمواری و شیب دار بودن و عوامل اقلیمی بانی حرکات توده‌ای مواد سطحی به صورت زمین لغزش‌های متعدد در مقیاس منطقه‌ای

را پدید آوردند. در سال های اخیر در دامنه های شرقی منطقه پارک جنگلی ارومیه زمین لغزش خسارات زیادی به منازل وارد کرده است (عکس ۱). این موضوع باعث ناپایداری محیطی منطقه شده است و آن را در زمره مناطق مخاطره آمیز قرار داده است که این موضوع کاربری های شهری نامناسب را در این منطقه دچار چالش نموده است. نتایج بدست آمده از شاخص های مورفونئوتکتونیک و دینامیکی فوق الذکر حاکی از فعالیت بیشتر فرآیندهای مورفونئوتکتونیک و مورفونئودینامیکی و مورفوانتروپولوژی در منطقه است. بطور کلی مورفونئوتکتونیک منطقه تحت تاثیر حرکات جبهه پر قدرت دو پوسته اوراسیا - عربی و متاثر از حرکات پوسته آناتولی است. گسل های ناشناخته زیادی در منطقه مطالعاتی شناسایی شد که در تحولات مورفوتکتونیک نقش اساسی دارند. عملکرد رژیم فشاری پوسته اوراسیا بیشتر موجب پدید آمدن گسل های تبریز و چاله ساختمانی ارومیه و گسل ماکو - زرینه با روند شمال شمالغربی - جنوب شرقی است. یافته های تحقیق نشان می دهد گسل های مرگور - اشنویه و فرو افتادگی و چاله مرگور - زیوه و اشنویه نتیجه عملکرد و اثر گذاری بیشتر پوسته عربی است. گسل های عرضی منطقه شهری همچون گسل ارومیه - سیلوانا و شکستگی های بیشتر متاثر از حرکات راست گردی و مکانیسم دوران پوسته عربی است. همچنین نتایج تحقیق وقوع زمین لغزش بزرگ در دامنه های شرقی سیرداغی را نشان می دهند که توده لغزشی آن تپه شاهد های کم ارتفاع (کوه علی ایمان) جنوب منطقه را بوجود آوردند. لذا منطقه شهری ارومیه در فرو رفتگی و چاله تکتونیک - فرسایشی پایکوه ارتفاعات غربی سیرداغی - بند شکل گرفته است که ژئودینامیک فعال گسل ها و حرکات رانشی زمین و فرسایش آب های سطحی نقش مهمی در تکامل و توسعه مورفونئوتکتونیک آن ایفا می کنند.



عکس ۱ زمین لغزش پایین دست دامنه شرقی پارک جنگلی ارومیه (عکس از پاشازاده)

مراجع

احمد زده بهمن، ۱۳۸۵، تعریف معادله پارامترهای اثر گذار در نوسانات سطح و شوری آب دریاچه ارومیه، گزارش طرح، شرکت سهامی آب منطقه ای استان آذربایجان غربی، معاونت پژوهشی دانشگاه ارومیه، زمستان ۱۳۸۵.

اکرم السادات علیجائزاده، حمیدرضا نانکلی و فرخ توکلی ۱۳۹۲، "تغییر شکل حال حاضر پوسته در منطقه شمال غرب ایران براساس

مشاهدات شبکه دائمی [GPS](#)". بیستمین همایش ملی ژئوماتیک - اردیبهشت ۱۳۹۲.

گزارش کارشناسی سازمان نقشه برداری کشور از زلزله ۵.۹ ریشتری آبانماه ۹۸ در ترکمنچای آذربایجان شرقی.

نقشه های زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰ ارومیه و سیلوانا و اشنویه - انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، وزارت صنایع و معادن. <http://www.ngdir.ir>

کتاب: آقا نباتی سید علی ۱۳۸۹ زمین شناسی ایران، چاپ سوم، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

کتاب: قرشی منوچهر و ارین مهران ۱۳۸۹، تکتونیک ایران، چاپ اول، انتشارات مربع آبی.

پایان نامه: حکیموند، حامد، ۱۳۸۶، نقش کاربری بهینه اراضی در کاهش آسیب های ناشی از زمین لرزه ها، دانشکده

علوم اجتماعی و اقتصادی دانشگاه پیام نور

گزارش طرح: بنیاد مسکن و [UNDP](#)، ۱۳۷۵، ریز پهنه بندی لرزه ای مناطق شهری، بنیاد مسکن انقلاب اسلامی
- مرکز مطالعات مقابله با سوانح طبیعی

مقاله: مددی عقیل و همکاران، پژوهشی در تکامل ژئومورفولوژی دریاچه نور شمال غرب ایران منطقه اردبیل،
فصلنامه تحقیقات جغرافیایی شماره ۷۴، اینترنت.

مقاله: فرهودی قدرت الله و شرفی هستی، ۱۳۸۸، بررسی موفوتکتونیک باباکوهی واقع در شمال البرز، اینترنت،
www.appliedgeology.ir

رادفر شهباز و پورکرمانی محسن، ریخت زمین ساخت گسل کوهبنان، مجله علوم زمین شماره ۵۷، اینترنت.

صفاری امیر، یمانی، مجتبی کرم امیر و کرمی پریش ۱۳۹۷، تاثیرات مورفوتکتیکی تکتونیک فعال بر زمین لغزش
در حوضه جاجرود، پژوهشهای ژئومورفولوژی کمی، سال هفتم، شماره ۳، زمستان ۱۳۹۷
صص ۱۱۷ - ۱۳۵.

پاشازاده فردین ۱۴۰۰، داده و اطلاعات منطقه مطالعاتی،

Turkelli, N., Sandvol, E., Zor, E., Gok, R., Bekler, T., Al-Lazki, A., Karabulut, H., Kuleli, S., Eken, T., Gurbuz, C., Bayraktutan, S., Seber, D., and Barazangi, M. 2003, Seismogenic zones in Eastern Turkey, Geophys. Res. Lett., 30(24), 2003.

Yücel Yılmaz a,*, Erkan Gökaşan b, A.Yücel Erbay, 2009, Morphotectonic development of the Marmara Region, www.elsevier.com/locate/tecto, 2009.

Cotilla Rodriguez M.O. and Cordoba Barba D. 2004, "Morphotectonics of the Iberian Peninsula" epapers, Internet.

S. Biswas & B. Grasemann, 2005, Quantitative morphotectonics of the southern SHILLONG plateau Bangladesh / India, Austrian journal of earth sciences, volume 97, 82-93.

LÁSZLÓ FODOR and etc New data on neotectonic structures and morphotectonics of the western and central Pannonian Basin, Internet.

N.Q. Cuong and W.A. Zuchiewicz, 2001, Morphotectonics properties of the Lo river fault near Tam Dao in north Vietnam. Internet.

Verrios S. Zygouri V. and Kokkalas S., 2004, morphotectonic analysis in the ELIKI fault

zone (gulf of carinth, Greece). Internet.

KHALIFA, ABDELRAHMAN; ÇAKIR, ZİYADİN; OWEN, LEWIS; and KAYA, ŞİNASI (2018) "Morphotectonic analysis of the East Anatolian Fault, Turkey," Turkish Journal of Earth Sciences: Vol. 27: No. 2, Article 2. <https://doi.org/10.3906/yer-1707-16>.

بررسی میزان تحرک پذیری پهنه ماسه‌ای شوش قوم در استان آذربایجان شرقی

جمشید یاراحمدی

استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی j.yarahmadi@areeo.ac.ir

چکیده:

حرکت تپه شنی هر ساله باعث آسیب شدید به زیرساخت‌ها و سکونتگاه‌های روستایی می‌شود. شناسایی تپه‌های ماسه‌ای فعال و پایش مناطق با ماسه بادی مهاجر از ملزومات مهم برای کاهش این آسیب‌ها می‌باشد. تحقیق حاضر با هدف معرفی تپه‌های ماسه‌ای منطقه شوش قوم در استان آذربایجان شرقی پرداخته شده و نرخ تحرک پذیری آنها با استفاده از شاخص لنکستر ارزیابی شده است. به منظور پیش‌بینی اثر تغییر احتمالی عوامل اقلیمی بر تحرک پذیری ماسه‌های روان منطقه از آزمون تحلیل حساسیت استفاده شده است. نتایج مشاهدات میدانی نشان داد که تپه‌های ماسه‌ای شوش قوم به عنوان یک پدیده طبیعی، حقیقتاً یک کویر گمشده در دل طبیعت سرسبز استان آذربایجان شرقی را به نمایش گذاشته و در قالب جاذبه‌های طبیعی منطقه هریس، باعث رونق گردشگری این منطقه در سال‌های اخیر شده است. نتایج محاسبات شاخص لنکستر نشانگر فعالیت ماسه‌های موجود در منطقه در ۴۶٪ از سال‌های آماری در راس آنها و مربوط به سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ و ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۷ بوده است. بین میانگین سالانه بارش و درصد بادهای با شدت بالاتر از آستانه فرسایش ($>6\text{m/Sec}$) با شاخص لنکستر ارتباط معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ مشاهده شد. نتایج تحلیل حساسیت نشان داد که بین شاخص لنکستر با درصد بادهای بالاتر از آستانه فرسایش و میزان تبخیر و تعرق رابطه مستقیم و با میزان بارش رابطه عکس وجود دارد. آهنگ تغییرات شاخص لنکستر نسبت به کاهش درصد بادهای بالاتر از آستانه فرسایش در منطقه هریس خیلی بیشتر از حساسیت آن نسبت به افزایش بادهای بالاتر از ۶ متر بر ثانیه یک اندازه است. این وضعیت در مورد اثرگذاری تغییرات بارش بر تحرک پذیری تپه‌های ماسه‌ای در منطقه هریس هم صادق است. آهنگ تغییرات تحرک تپه‌های ماسه‌ای در ارتباط با افزایش متغیر تبخیر و تعرق نسبت به کاهش مقادیر آن بیشتر بوده و این امر، بیانگر اهمیت خشکی هوا و اثرگذاری آن بر فعالیت تپه‌های ماسه‌ای در منطقه است.

کلمات کلیدی: تحرک پذیری، تپه‌های ماسه‌ای، شاخص لنکستر، شوش قوم

مقدمه

حرکت تپه‌های شنی هر ساله باعث آسیب شدید به زیرساخت‌ها و سکونتگاه‌های روستایی در ایران می‌شود. شناسایی تپه‌های ماسه‌ای فعال و پایش مناطق با ماسه بادی مهاجر از ملزومات مهم برای کاهش این آسیب‌ها می‌باشد (Abbasi 2019). فعالیت تپه‌های شنی به عنوان نرخ تغییرات مکانی آنها و یا تغییرات در میزان جابجایی شن و ماسه‌های موجود در سطح تپه‌ها تعریف می‌شود (توماس، ۱۹۹۲). بولارد و همکاران (۱۹۹۷) بررسی منابع جامعی را در مورد مدل‌های مختلف تحرک تپه‌های شنی ارائه کرد. ویلسون (۱۹۷۳) یکی از اولین مدل‌های فعالیت تپه‌های ماسه‌ای را با استفاده از میانگین بارندگی سالانه به عنوان عامل تعیین‌کننده تحرک، توسعه داد. وی با لحاظ آستانه بارش ۱۵۰ میلی متری، تپه‌های شنی فعال را در مقیاس جهانی تفکیک کرد. اش و واسون (۱۹۸۳) دو شاخص تحرک تپه‌های شنی را بر اساس بارش و همچنین تبخیر و تعرق واقعی و بالقوه در استرالیا ارائه کردند که بلافاصله توسط واسون در (۱۹۸۴) با اضافه کردن درصد زمان با سرعت باد بالاتر از پارامتر آستانه انتقال ($W/\%$) اصلاح شد. لنکستر (۱۹۸۷) این مدل را برای تپه‌های شنی در جنوب غربی کالاهاری استفاده کرد. یک سال بعد، ایشان شاخص تحرک تپه‌های شنی (M) خود را با توجه به $W/\%$ و نسبت بارندگی به تبخیر و تعرق بالقوه سالانه به عنوان شاخص خشکی (P/PET) در سال ۱۹۸۸ ساده کرد. شاخص تحرک لنکستر به طور گسترده‌ای در بحث فعالیت تپه‌های شنی تحت شرایط آب و هوایی مختلف در دریاچه‌های شنی جهانی و میدان‌های تپه‌ای استفاده می‌شود (Abbasi et al. 2019). در سالهای اخیر، تسوار (۲۰۰۵) مدلی آزمایشی را توسعه داد که مبتنی بر این فرض بود که توان باد مهم‌ترین عامل در فعالیت تپه‌های ماسه‌ای است و بنابراین مدل وی از ویژگی‌های باد مؤثر برای سایت‌های مختلف تپه‌های ماسه‌ای استفاده می‌کند. این مدل فرض می‌کند اگر بارندگی بالای ۵۰ میلی‌متر بوده و فشار انسانی وجود نداشته باشد، تپه‌های ماسه‌ای تحت قدرت زیاد باد فعال شده و تحت تاثیر قدرت کم باد، دارای پوشش گیاهی می‌شوند. یزاق و همکاران (۲۰۰۷) یکی از جدیدترین مدل‌های ریاضی برای شبیه‌سازی فعالیت تپه‌ها با توجه به نیروی باد و پوشش گیاهی توسعه دادند؛ سپس آن را بر اساس قدرت باد و نرخ بارندگی در شرایط آب و هوایی مشابه بروز کردند (Yizhaq et al., 2009). در این مدل‌ها، نیروی باد ظرفیت انتقال شن و ماسه را تعیین می‌کند، در حالی که پوشش گیاهی، که به نوبه خود توسط بارش کنترل می‌شود، میزان ماسه موجود برای حمل و نقل را تعیین می‌کند. اشکنازی و همکاران (۲۰۱۲) فعالیت آینده فعلی را بررسی کرد. اشکنازی و همکاران (۲۰۱۲) فعالیت آتی تپه‌های ماسه‌ای تثبیت شده در کالاهاری و بیابان‌های استرالیا

را بر اساس مدل (Yizhaq) تحت دو سناریوی تغییر اقلیم ارزیابی کرده و نشان دادند که هر دو میدان ماسه‌ای تا پایان قرن بیست یکم پایدار خواهند بود.

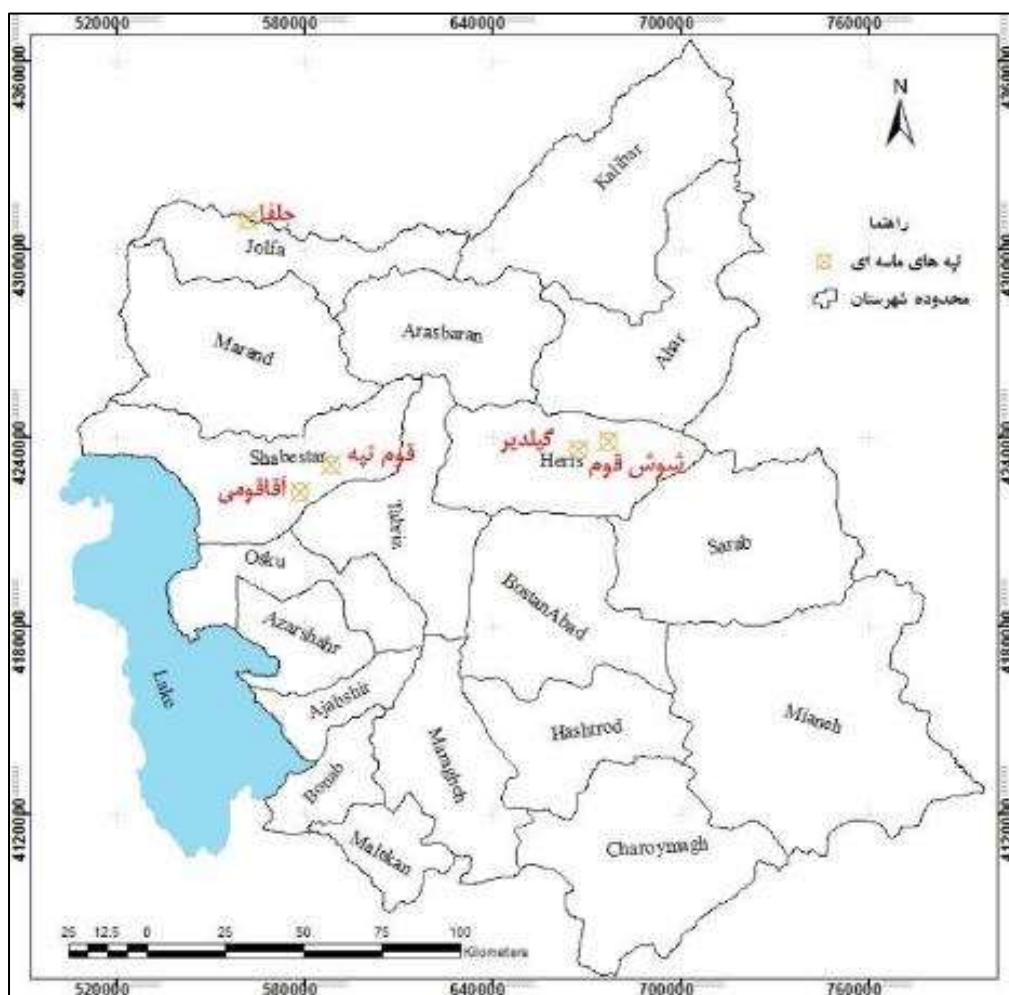
توکلی فرد و همکاران (۱۳۹۳) از شاخص لنکستر برای ارزیابی میزان فعالیت تپه‌های ماسه‌ای بند ریگ کاشان استفاده کردند و نتایج آنها نشان داد که در بیشتر مناطق یاد شده، تپه‌های ماسه‌ای از نوع فعال بوده و تنها بخش کوچکی در شمال و بخشی در جنوب آن، دارای تپه‌های ماسه‌ای بسیار فعال است؛ همچنین در حاشیه غربی منطقه فعالیت تپه‌های ماسه‌ای محدود به نوک آنها می‌باشد (Tavakkoli Fard et al. 2015). واکاوی وضعیت تحرپذیری ماسه‌های روان مناطق خشک بوئین زهرا در قزوین با استفاده از شاخص لنکستر موضوع تحقیق (Zandifar et al. 2021) بوده که در ادامه، از آزمون تحلیل حساسیت برای پیش‌بینی اثرات احتمالی عوامل اقلیمی بر تحرک پذیری ماسه‌های روان این منطقه استفاده کردند. نتایج آنها بیانگر فعال بودن سطح تپه‌های ماسه‌ای در سال‌های اخیر بوده است. نتایج آنها همچنین بیانگر عدم ارتباط معنی‌دار بین شاخص لنکستر با تعداد روزهای همراه با گرد و غبار بوده حال آنکه ارتباط آن با شاخص خشکی در منطقه معنی‌دار بوده بطوریکه ۴۲٪ از تغییرات شاخص لنکستر به دلیل تغییرات شاخص خشکی در منطقه توجیه می‌گردد. تحقیق حاضر با هدف معرفی تپه‌های ماسه‌ای منطقه شوش قوم در استان آذربایجان شرقی و ارزیابی نرخ تحرک پذیری آنها با استفاده از شاخص لنکستر انجام گرفته است.

معرفی منطقه مورد مطالعه:

تپه‌های ماسه‌ای شوش قوم در مختصات جغرافیایی $38^{\circ}17'09''$ عرض شمالی و $47^{\circ}01'26''$ طول شرقی قرار دارند. ارتفاع این منطقه ۱۷۹۴ متر از سطح دریا می‌باشد. این مناطق در فاصله ۸۰ کیلومتری از تبریز و ۱۰ کیلومتری شهرستان هریس واقع شده‌اند (شکل ۱).

منطقه گردشگری و کویر گونه "شوش قوم" در جنوب شهرستان هریس و در فاصله ۸۰ کیلومتری تبریز و ۱۰ کیلومتری هریس واقع شده است. این منطقه گردشگری پدیده‌ای طبیعی و نادر زمین شناسی بوده که با مساحت بیش از ۶ هکتار به مانند کویری کوچک در دل منطقه زیبا و خوش آب و هوای روستای مقصودلوی از توابع بخش مرکزی هریس قرار گرفته که علاوه بر چشم انداز ویژه و جذابیت خاص گردشگری و تفریحی، خاک آن نیز خاصیت درمانی داشته و سالانه پذیرای میهمانان و گردشگران زیادی از سراسر کشور می‌باشد (شکل ۲). این منطقه گردشگری که اهالی

بومی به آن آغ قوم نیز می گویند، با وزش بادهای غالب در گذر زمان به وجود آمده و منظره ای بسیار دیدنی و زیبا در دل منطقه خوش آب و هوای روستای مقصودلو پدید آورده است که برای درمان مفاصل و عضلات نیز کاربرد دارد.



شکل ۱: موقعیت تپه های ماسه ای شوش قوم در استان آذربایجان شرقی



شکل ۲: تصاویری از تپه های ماسه ای شوش قوم در استان آذربایجان شرقی

روش تحقیق:

در این پژوهش از روش تحلیلی شاخص لنکستر^{۱۳۲} برای تعیین میزان تحرک پذیری تپه های ماسه ای منطقه شوش قوم در استان آذربایجان شرقی استفاده شده است و نتایج حاصله از طریق مشاهدات میدانی ارزیابی شده است؛ پایه و اساس این مدل که تحت عنوان شاخص تحرک تپه های ماسه ای لنکستر (Lancaster 1988)، شناخته می شود، براساس مدل توسعه یافته فرسایش بادی چپیل^{۱۳۳} و همکاران صورت گرفته است (Chepil et al. 1963). در این مدل، میزان تحرک ماسه (M) از رابطه زیر تعیین می شود.

$$M = \frac{W}{(P/PET)}$$

¹³² Lancaster

¹³³ Chepil

(۱) رابطه

M = میزان فعالیت رسوبات بادی

W = درصد فراوانی بادهای با سرعت بیشتر از آستانه فرسایش ($>6m/Sec$) در ارتفاع ۱۰ متری از سطح زمین

P = میانگین بارندگی سالیانه برحسب میلی متر

PE = تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه برحسب میلی متر

در اینجا برای محاسبه درصد فراوانی بادهای بالاتر از آستانه فرسایش و بارش سالانه، از داده های ایستگاه سینوپتیک هریس در بازه زمانی (۲۰۲۰-۲۰۰۸) استفاده شده است. در ادامه، میزان تبخیر و تعرق ماهانه از روی داده های میانگین دما و حداکثر دما در محیط برنامه R و به روش هارگریوز محاسبه شده است.

شاخص M در معادله فوق توسط لنکستر درجه بندی شده است. این شاخص به طور گسترده ای توسط ژئولوژیست ها و ژئومورفولوژیست ها برای تعیین تپه های ماسه ای فعال یا تثبیت شده مورد استفاده قرار گرفته است (جدول ۱).

جدول ۱: مقادیر شاخص لنکستر (M) در ارزیابی تحرک پذیری تپه های ماسه ای

ردیف	مقادیر عددی شاخص لنکستر	توصیف شاخص لنکستر
۱	$M < 50$	غیر فعال
۲	$50 < M < 100$	فعال فقط در نوک تپه
۳	$100 < M < 200$	فعال
۴	$M > 200$	کاملاً فعال

به منظور بررسی اثر احتمالی تغییر عناصر اقلیمی بر تحرک پذیری ماسه های روان پس از محاسبه میزان فعالیت رسوبات بادی، با استفاده از روش تحلیل حساسیت، میزان تاثیرپذیری متغیرهای خروجی از متغیرهای ورودی مدل تعیین می شود. به عبارت دیگر، آنالیز حساسیت روشی برای تغییر دادن ورودی های یک مدل آماری به صورت سازمان یافته (سیستماتیک) است که بتوان تاثیرات این تغییرها را در خروجی مدل پیش بینی کرد. استفاده از آنالیز حساسیت جهت تعیین روابط بین متغیرهای مدل با یکدیگر و همچنین تعیین اولویت تاثیر پارامترها بر خروجی مدل مورد استفاده قرار می گیرند. با توجه به این موضوع و از آنجا که برخی از عناصر اقلیمی شاخص مانند باران، باد و تبخیر در میزان تحرک ماسه های روان تاثیر بسزایی دارند از این رو متغیرهای مورد نظر در دامنه ای معقول تغییر داده

می‌شوند و اثر این تغییرات در خروجی مدل یعنی میزان حرکت ماسه محاسبه می‌شود. به این ترتیب حساسیت تحرک‌پذیری ماسه‌ها در مقابل افزایش یا کاهش هر یک از متغیرها مشخص می‌شود و چنانچه میزان باران در آینده کاهش یا افزایش یابد و یا اینکه مسایل گرمایش جهانی منجر به تبخیر بیشتر و یا کاهش یا افزایش میزان باد شود وضعیت احتمالی این تغییرات مشخص می‌شود.

نتایج

مطابق مشاهدات میدانی مشخص شد که اشکال ماسه‌ای غالب در منطقه شامل نبکا و سیف می‌باشد (شکل ۳)؛ با این وجود، فعالیت افروود سواری در سطح تپه‌های ماسه‌ای شوش قوم سبب افزایش ناپایداری در سطوح تثبیت شده قبلی شده است (شکل ۴).



شکل ۳: پوشش گیاهی سطح گستره ماسه‌ای شوش قوم



شکل ۴: ناپایداری سطوح تپه های ماسه ای شوش قوم بر اثر فعالیت های تفریحی

ارزیابی تحرک پذیری تپه های ماسه ای براساس شاخص لنکستر

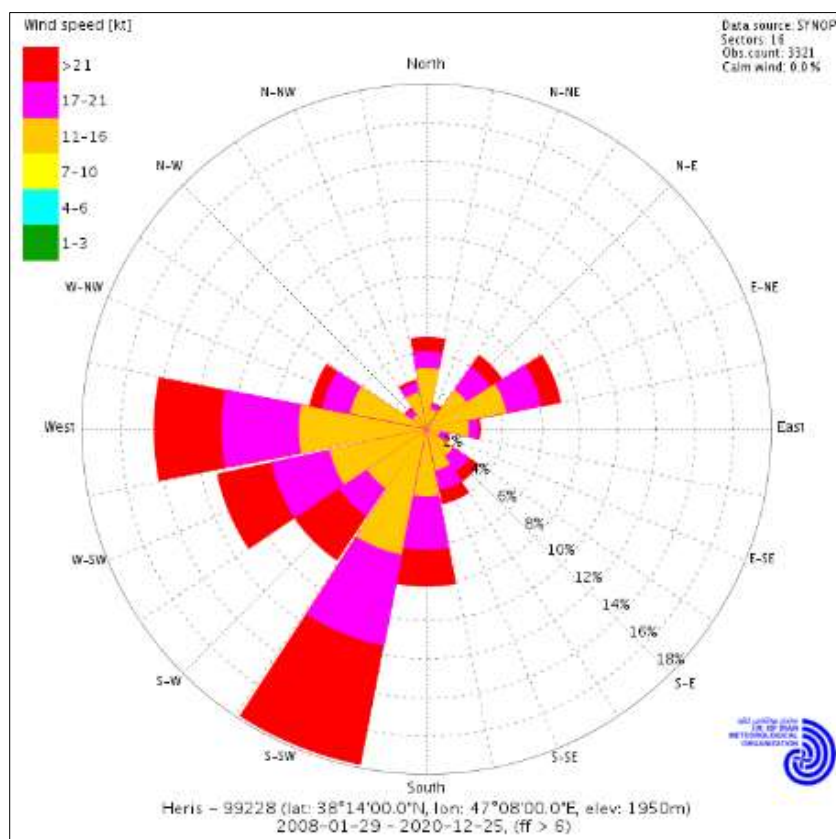
برای محاسبات مربوط به شاخص تحرک پذیری تپه های ماسه ای موجود در این مناطق، از اطلاعات هواشناسی ایستگاه سینوپتیک هریس (۲۰۲۰-۲۰۰۸) که در ۱۰ کیلومتری منطقه مورد مطالعه قرار گرفته، استفاده شده است. نتایج آمار درصد ماهانه سرعت بادهای بیشتر از سطح آستانه فرسایش ($>6 \text{ m/sec}$) مشاهداتی ایستگاه هواشناسی هریس در جدول (۲) ارائه شده است؛ همانطوریکه مشخص است، نزدیک به ۸۸ درصد از بادهای ثبت شده در این ایستگاه دارای سرعت کمتر از ۶ متر بر ثانیه می باشند.

جدول ۲: درصد فراوانی ماهانه طبقات سرعت باد در ایستگاه هواشناسی هریس (۲۰۲۰-۲۰۰۸)

Month	<6	10-6	15-11	16-20	>20
Jan	91.49	6.21	2.08	0.17	0.04
Feb	91.34	6.32	1.92	0.37	0.05

Mar	79.88	13.13	5.29	1.36	0.34
Apr	78.66	15.65	5.20	0.44	0.04
May	80.94	14.74	3.85	0.48	0.00
Jun	84.95	12.32	2.60	0.09	0.05
Jul	86.14	12.89	0.88	0.09	0.00
Aug	89.36	10.01	0.58	0.04	0.00
Sep	90.59	7.59	1.59	0.18	0.05
Oct	90.53	6.60	2.49	0.39	0.00
Nov	96.07	3.21	0.67	0.04	0.00
Dec	94.40	4.12	1.27	0.21	0.00
%	88.10	9.19	2.34	0.32	0.05

جهت و تواتر بادهای بالاتر از ۶ متر در ثانیه ایستگاه هواشناسی هریس در شکل (۵) نشان داده شده است، همانطوریکه پیداست، باد غالب در این ایستگاه دارای جهت جغرافیایی جنوب-جنوب غربی بوده که حدود ۱۸ درصد از بادهای ثبت شده در این ایستگاه را تشکیل می دهد؛ حدود ۶ درصد از بادهای غالب نیز دارای سرعت (۱۱-۱۶) نات می باشد. در این میان، حدود ۶٪ از بادهای غالب نیز دارای سرعت (۱۷-۲۱) نات بوده در حالیکه بادهای با سرعت بیشتر از ۲۱ نات نیز ۶٪ از این بادهای را تشکیل می دهد. دومین باد غالب، بادهای باد جهت غربی بوده که حدود ۱۴٪ از کل بادهای ثبت شده را بخود اختصاص داده است.



شکل ۵: گلباد ایستگاه هریس برای بادهای با سرعت بیشتر از ۶ متر بر ثانیه (۲۰۲۰-۲۰۰۸)

نتایج مربوط به محاسبات شاخص لنکستر برای منطقه ماسه‌ای شوش قوم که براساس اطلاعات هواشناسی ایستگاه سینوپتیک هریس در بازه زمانی (۲۰۲۰-۲۰۰۸) انجام شده در جدول (۳) ارائه شده است؛ همانطوریکه پیداست، شاخص لنکستر در ۴۶٪ از سال‌های آماری در وضعیت فعال در راس تپه قرار داشته است که مربوط به سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ و ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۷ بوده است. در حالیکه، عدم تحرک تپه‌های ماسه (غیر فعال) از نظر شاخص لنکستر حدود ۵۴٪ از سال‌های آماری را به خود اختصاص داده است. شکل (۶) وضعیت تحرک پذیری تپه‌های ماسه‌ای موجود در منطقه هریس را نشان می‌دهد.

تغییرات سالانه شاخص لنکستر در بازه زمانی مورد بررسی در شکل (۷) نشان داده شده است، همانطوریکه پیداست، در اکثر سال‌های مورد بررسی، تحرک‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای موجود در منطقه در وضعیت فعالیت در راس تپه‌ها قرار داشته و روند تحرک پذیری تپه‌های ماسه‌ای در این منطقه در سال‌های اخیر کاهشی بوده و گرایش به وضعیت غیر

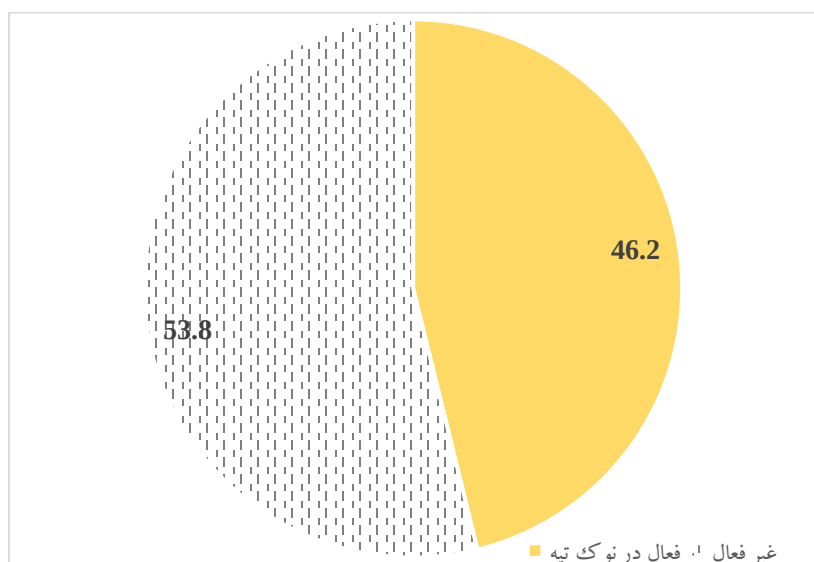
فعال نشان می دهد.

بررسی همبستگی بین مجموع بارش سالانه ایستگاه هریس با شاخص لنکستر در شکل های (۸) نشان داده شده است؛ مطابق اطلاعات موجود، ارتباط بین این دو شاخص در سطح 0.01 معنی دار می باشد؛ ارتباط بین شاخص لنکستر با درصد سرعت بادهای بالاتر از آستانه فرسایش ($>6\text{m/sec}$) در این منطقه نیز دارای همبستگی معنی دار در سطح اطمینان 99% بوده که در شکل (۹) نشان داده شده است.

جدول ۳: محاسبات شاخص لنکستر برای تحرک پذیری تپه های ماسه ای موجود در منطقه هریس (۲۰۲۰-۲۰۰۸)

وضعیت	شاخص	درصد باد	بارش موثر	بارش سالانه	تبخیر و تعرق پتانسیل	سال
فعال در نوک تپه	94.0	17.38	0.18	271.06	1466.9	2008
فعال در نوک تپه	71.3	17.48	0.24	339.17	1384.4	2009
فعال در نوک تپه	61.2	15.18	0.25	365.22	1472.4	2010
غیر فعال	34.4	12.77	0.37	519.97	1401.6	2011
غیر فعال	48.5	12.68	0.26	344.4	1318.1	2012
فعال در نوک تپه	72.8	15.29	0.21	301.47	1435.5	2013
غیر فعال	40.0	11.49	0.29	406.27	1415.2	2014
غیر فعال	43.1	13.26	0.31	467.21	1519.6	2015
فعال در نوک تپه	63.4	16.02	0.25	380.33	1505.3	2016
فعال در نوک تپه	88.0	13.48	0.15	233.74	1525.3	2017
غیر فعال	26.7	8.86	0.33	497.89	1502.1	2018
غیر فعال	23.8	5.93	0.25	356.99	1430.9	2019

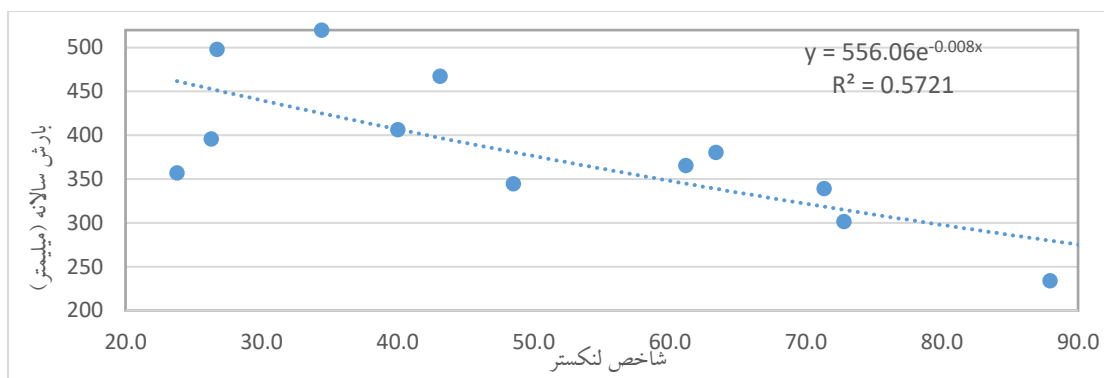
2020	1469.1	395.82	0.27	7.09	26.3	غیر فعال
Avg.	1449.72	375.35	0.26	12.84	53.36	



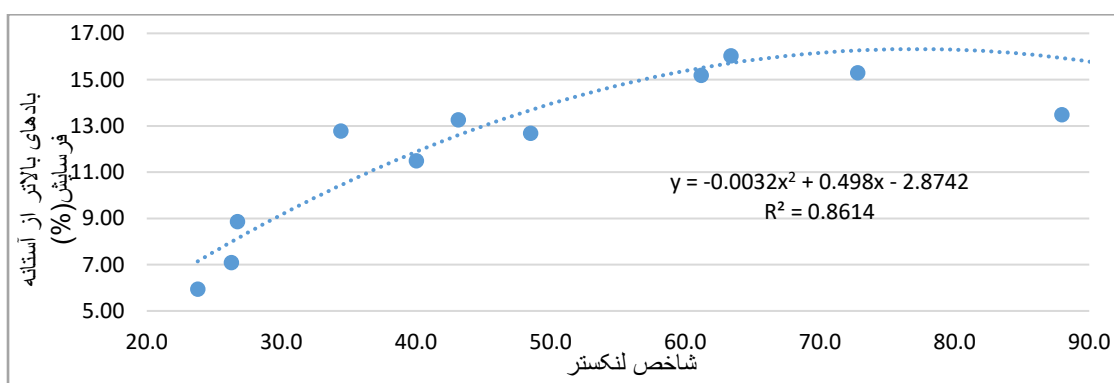
شکل ۶: درصد فراوانی شاخص لنکستر در ایستگاه هریس (۲۰۲۰-۲۰۰۸)



شکل ۷: نمودار تغییرات سالانه شاخص لنکستر در ایستگاه هواشناسی هریس (۲۰۲۰-۲۰۰۸)



شکل ۸: نمودار همبستگی بین شاخص لنکستر و مجموع بارش سالانه در ایستگاه هریس (۲۰۲۰-۲۰۰۸)



شکل ۹: نمودار همبستگی بین شاخص لنکستر و بادهای بالاتر از آستانه فرسایش در ایستگاه هریس (۲۰۲۰-۲۰۰۸)

نتایج تحلیل حساسیت شاخص لنکستر برای گستره ماسه‌ای شوش قوم

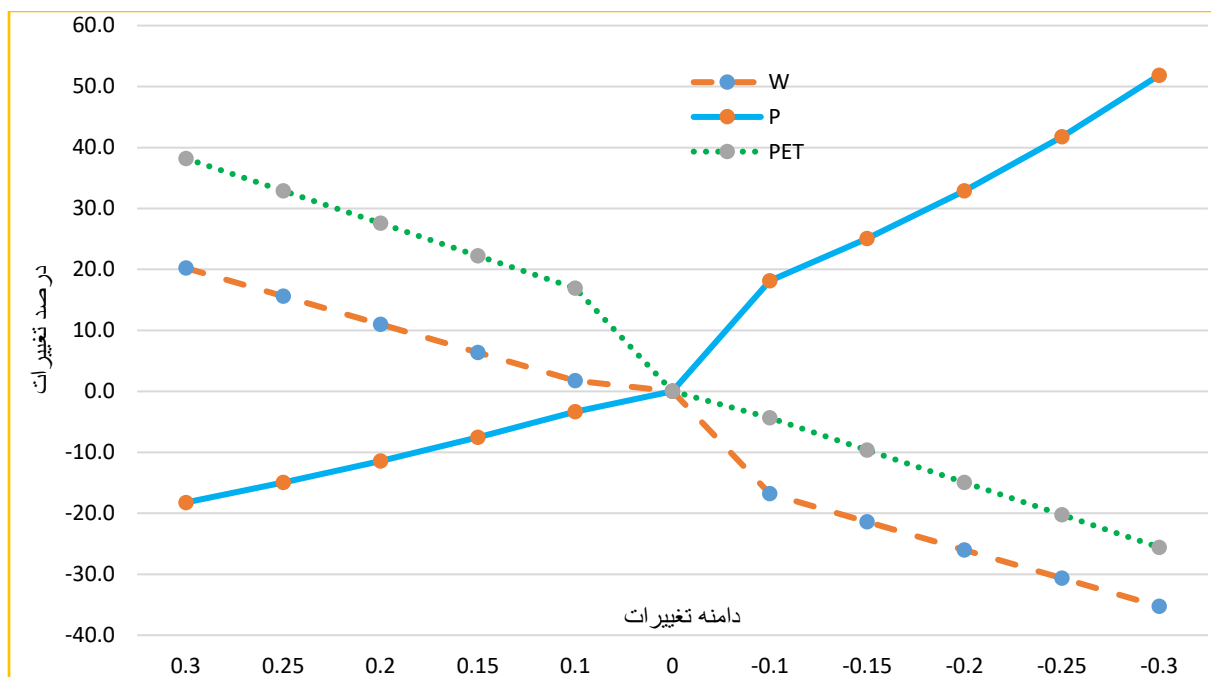
برای پیش‌بینی آتی میزان تحرک پذیری تپه‌های ماسه‌ای موجود در منطقه شوش قوم و گیلدیر، حساسیت هریک از پارامترهای اقلیمی موثر بر تحرک پذیری تپه‌های ماسه‌ای در قالب شاخص لنکستر در دامنه تغییرات $+30$ تا -30 تحلیل شده و نتایج آن در جدول (۴) ارائه شده است؛ همانطوریکه پیداست، بین شاخص لنکستر با درصد بادهای بالاتر از آستانه فرسایش و میزان تبخیر و تعرق رابطه مستقیم و با میزان بارش رابطه عکس وجود دارد. آهنگ تغییرات شاخص لنکستر نسبت به کاهش درصد بادهای بالاتر از آستانه فرسایش در منطقه هریس خیلی بیشتر از حساسیت آن نسبت به افزایش بادهای بالاتر از ۶ متر بر ثانیه یک اندازه است. این وضعیت در مورد اثرگذاری تغییرات بارش بر تحرک پذیری تپه‌های ماسه‌ای در منطقه هریس هم صادق است. حتی این تغییرات به مراتب بیشتر از درصد تغییرات تبخیر و تعرق پتانسیل نیز می‌باشد. درصد تغییرات شاخص لنکستر در دامنه $+20$ تا -20 در درصد بادهای بالاتر از

آستانه فرسایش، به ترتیب موجب افزایش ۱۱٪ و ۲۶٪ شاخص لنکستر در این منطقه می شود؛ در حالیکه، افزایش یا کاهش میزان بارش سالانه در منطقه در همان دامنه تغییرات به ترتیب موجب کاهش ۱۱/۴٪ و افزایش ۳۳٪ شاخص لنکستر خواهد شد، البته حساسیت شاخص لنکستر در دامنه تغییرات بالاتر از ۲۰ درصد نسبت به تغییرات پایین تر از آن خیلی زیاد بوده و این موضوع در ارتباط با متغیر بارش کاملاً مشهود است.

آهنگ تغییرات تحرک تپه های ماسه ای در ارتباط با افزایش متغیر تبخیر و تعرق نسبت به کاهش مقادیر آن بیشتر بوده و این امر، بیانگر اهمیت خشکی هوا و اثرگذاری آن بر فعالیت تپه های ماسه ای در منطقه است. شکل (۱۰) حساسیت شاخص لنکستر را نسبت به تغییرات عوامل اقلیمی نشان می دهد.

جدول ۴: حساسیت شاخص لنکستر نسبت به تغییرات عوامل اقلیمی برای تپه های ماسه ای شوش قوم

دامنه تغییرات	W	M	درصد تغییرات	P	M	درصد تغییرات	PE T	M	درصد تغییرات
0.3	16.7	64.2	20.2	488	43.7	-18.2	188	73.8	38.2
0.25	16.1	61.7	15.6	469	45.4	-15.0	181	71.0	32.9
0.2	15.4	59.3	11.0	450	47.3	-11.4	173	68.1	27.6
0.15	14.8	56.8	6.4	431	49.4	-7.6	166	65.3	22.3
0.1	14.1	54.3	1.7	412	51.6	-3.4	159	62.4	16.9
0	12.84	53.4	0.0	375	53.4	0.0	144	53.4	0.0
-0.1	11.6	44.4	-16.8	337	63.1	18.1	130	51.1	-4.3
-0.15	10.9	42.0	-21.4	319	66.1	25.1	123	48.3	-9.6
-0.2	10.3	39.5	-26.0	300	71.3	32.9	115	45.4	-15.0
-0.25	9.6	37.0	-30.6	281	75.6	41.7	108	42.6	-20.3
-0.3	9.0	34.6	-35.3	262	81.8	51.9	101	39.7	-25.6



شکل ۱۰: نمودار حساسیت شاخص لنکستر نسبت به تغییرات متغیرهای اقلیمی برای تپه‌های ماسه‌ای شوش قوم و گیلدیر

نتیجه‌گیری

تپه‌های ماسه‌ای از عوارض طبیعی و اشکال فرسایش بادی در بیشتر قلمروهای اقلیمی خشک و نیمه خشک بشمار می‌روند؛ حرکت تپه شنی هر ساله باعث آسیب شدید به زیرساخت‌ها و سکونتگاه‌های روستایی می‌شود. آگاهی از میزان تحرک پذیری تپه‌های ماسه‌ای در گذشته، تاثیر پذیری آنها از عوامل اقلیمی در وضعیت کنونی و پیش‌بینی وضعیت آتی آنها می‌تواند در کاهش روند بیابانزایی و بهبود کیفیت هوا در مناطق اقلیمی خشک و نیمه خشک موثر باشد. در همین راستا، انجام پژوهش‌های مرتبط با شناسایی گسترش مکانی تپه‌های ماسه‌ای، تحلیل نرخ فعالیت آنها بالاخص در ارتباط با عوامل اقلیمی تهییج کننده آنها بیش از پیش آشکار می‌شود. پژوهش حاضر با هدف معرفی تپه ماسه‌ای شوش قوم در مجاورت روستای مقصودلو از توابع شهرستان هریس در استان آذربایجان شرقی و ارزیابی نرخ فعالیت آن با استفاده از شاخص لنکستر انجام گرفته است؛ نتایج مشاهدات میدانی بیانگر آن است که وجود و گسترش پهنه ماسه‌ای شوش قوم واقعا یک پدیده طبیعی کویری در دل طبیعت سرسبز آذربایجان بشمار می‌رود که در سال‌های اخیر باعث رونق جنبه گردشگری و طبیعت گردی این منطقه شده است. ولی در سال‌های اخیر، متأسفانه عدم توجه به حفظ جنبه‌های زیست محیطی از قبیل برداشت‌های غیرمجاز، تشدید فعالیت‌های آفرودسوارهای بر روی پهنه‌های

ماسه‌ای تهدید جدی برای این عوارض بکر و طبیعی بشمار می‌روند. حال آنکه ثبت تاریخی این عوارض طبیعی مطرح شده بهتر است مسئولین منطقه توجه جدی و وافر به حفظ و نگهداشت این پدیده طبیعی به عمل آورند و از طریق تقویت جنبه‌های طبیعت گردی و جذب گردشگران به این منطقه، باعث رونق اقتصادی بیش از پیش و توسعه صنعت گردشگری منطقه گردند. علیرغم اینکه نتایج حاصل از تحلیل شاخص لنکستر تثبیت شدن فعالیت پهنه ماسه‌ای شوش قوم بوده ولی تاثیر فعالیت‌های انسانی از یک طرف و ارتباط مستقیم و معنی‌دار بین عوامل اقلیمی از قبیل بارش سالانه و بادهای بالاتر از آستانه فرسایش در منطقه با شاخص لنکستر و روند آتی آنها از طرف دیگر، امکان فعالیت مجدد و تحرک پذیری بیش از پیش پهنه‌های ماسه‌ای منطقه را محتمل‌تر از قبل می‌سازد. از این‌رو، اتخاذ تصمیمات پیشگیرانه در حفظ این عوارض بکر و طبیعی از طرف مدیران منطقه ضرورتی اجتناب ناپذیر است.

منابع:

- Abbasi, H. (2019) Sand Dune Systems in Iran - Distribution and Activity. Wind Regimes, Spatial and Temporal Variations of the Aeolian Sediment Transport in Sistan Plain (East Iran), Philipps-Universität Marburg, Germani.
- Abbasi, H.R., Opp, C., Groll, M., H., R. and Gohardoust, A. (2019) Assessment of the distribution and activity of dunes in Iran based on mobility indices and ground data. *Aeolian Research* 41, 1-17.
- Ash, J.E., Wasson, R.J., 1983. Vegetation and sand mobility in the Australian desert dunefield. *Zeitschrift Fur Geomorphologie* 45 (Supp.), 7–25.
- Ashkenazy, Y., Yizhaq, H., Tsoar, H., (2012) Sand dune mobility under climate change in the Kalahari and Australian Deserts. *Climatic Change*, 112(3), 1-23.
- Bullard, J.E., Thomas, D.S.G., Livingstone, I., Wiggs, G.F.S., 1997. Dunefield activity and interactions with climatic variability in the southwest Kalahari desert. *Earth Surf. Proc. Land*. 22 (2), 165–174. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9837\(199702\)22:2<165::AID-ESP687>3.0.CO;2-9](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9837(199702)22:2<165::AID-ESP687>3.0.CO;2-9).
- Chepil, W.S., Siddoway, F.H. and Armbrust, D.V. (1963) Climatic index of wind erosion conditions in the Great Plains. *Soil Science Society of America Proceedings* 27, 449–452..

Lancaster, N. (1988) Development of linear dunes in the southwestern Kalahari, southern Africa. . J. Arid Environ. 14, 233–244.

Tavakkoli Fard, A., ghasemieh, H., Nazari samani, A.A. and Mashhadi, N. (2015) Investigation morphology and sand dunes activity in different parts based on Lancaster index (Case study: Kashan Erg). Desert Ecosystem Engineering Journal 3(5), 37-48.

Thomas, D.S.G., 1992. Desert dune activity: concepts and significance. J. Arid Environ. 22 (1), 31–38.

Tsoar, H (2005). Sand dunes mobility and stability in relation to climate. Physical Journals, 357, 50- 56.

Wasson, R.J., 1984. Late Quaternary palaeoenvironments in the desert dunefields of Australia. Late Cainozoic Palaeoclimates of the Southern Hemisphere 419–432.

Wilson, I.G., 1973. Ergs. Sedimentary Geology, 10(2), 77–106. [https://doi.org/10.1016/0037-0738\(73\)90001-8](https://doi.org/10.1016/0037-0738(73)90001-8).

Yizhaq, H., Ashkenazy, Y., Tsoar, H., (2007). Why do active and stabilized dunes coexist under the same climatic conditions? Phys. Rev. Lett. 98 (18), 98–101.

Zandifar, S., khosroshahi, M., Ebrahimikhusfi ,Z. and Naeimi, M. (2021) Using Lancaster Index to Analyse of the Sand Dunes Activity in Arid lands and Sensitivity Analysis of the Factors Affecting it (Case Study: Buin-Zahra City). Desert Management 8(16), 1-16.

بررسی میزان فرونشست در طی سال های ۲۰۱۶-۲۰۲۲ با روش تفاضل سنجی راداری)

مطالعه موردی. (مطالعه موردی: دشت بوئین زهرا، استان قزوین)

Investigating the amount of subsidence during the years 2016-2022 with the radar differential method. (Case study: Buin Zahra plain, Qazvin province)

^۱ زینب پورگنجی*^{۱،۲}، سیدمروت افتخاری

^۱ دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه خوارزمی zeinabpourganji@gmail.com

^۲ استادیار گروه آموزشی جغرافیای طبیعی دانشگاه خوارزمی Eftekhari@khu.ac.ir

چکیده

یکی از مخاطراتی که در طی سال‌های اخیر در بسیار از مناطق جهان رخ داده است، فرونشست (subsidence) یا فرونشینی لایه‌های سطحی خاک گفته می‌شود. فرونشست زمین یک مخاطره طبیعی است که در مناطق شهری و روستایی در سراسر جهان رخ می‌دهد. فرآیندهای طبیعی (مانند فرونشست زمین‌ساختی و هوازدگی فیزیکی و شیمیایی) یا فعالیت‌های انسانی (مانند ساخت و ساز زیرزمینی، ساخت و ساز ساختمان‌های بلند و بهره برداری بیش از حد از آب‌های زیرزمینی و استخراج نفت) از عوامل موثر در رخ داد فرونشست هستند. فرونشست زمین ممکن است باعث ترک‌خوردگی سطحی، نشست تفاضلی، تخریب ساختمان و سایر اشکال آسیب به زیرساخت‌های شهری شود. به این ترتیب، ارزیابی ریسک فرونشست زمین در مناطق شهری نقشی حیاتی در تصمیم‌گیری برای کاهش ریسک و مدیریت دارد. تداخل‌سنجی تفاضل راداری یک روش بسیار با دقت و کارآمد در مساحت‌های گسترده برای پایش و بررسی میزان فرونشست زمین است. در این تحقیق به بررسی میزان فرونشست زمین با تصاویر راداری در طی سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۲۲ در منطقه دشت بوئین زهرا در استان قزوین با روش تداخل سنجی تفاضل راداری (D-InSAR) پرداخته شده است. نتایج حاکی از میزان بالای فرونشست در دشت بوئین زهرا است و با توجه به بازدیدهای میدانی انجام شده در طی سال‌های اخیر نقش چاه‌های پیرومتری در تشدید میزان فرونشست بسیار پررنگ و حائز اهمیت است.

کلمات کلیدی: آب‌های زیرزمینی، دشت بوئین زهرا، مخاطره طبیعی، تداخل سنجی تفاضل راداری (D-InSAR)

مقدمه

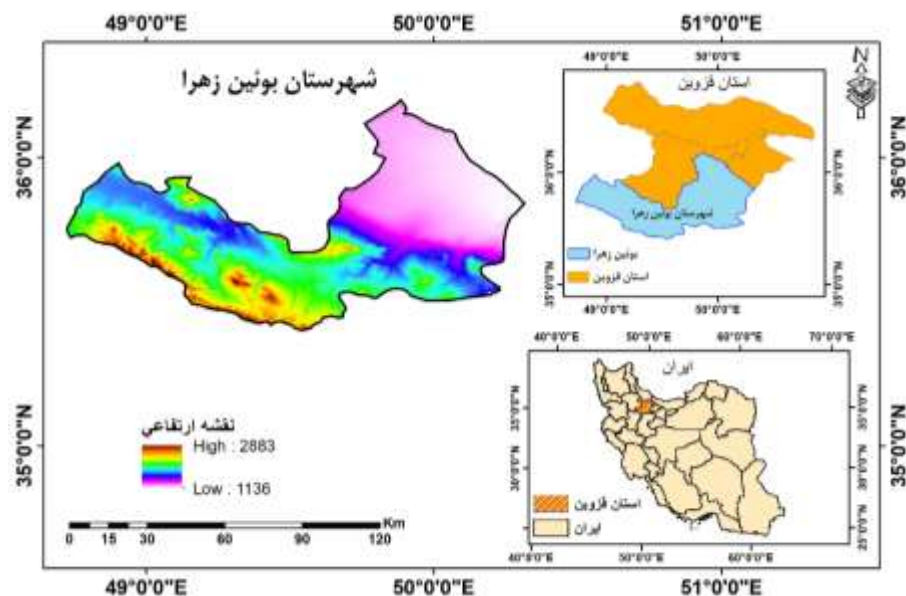
فرونشست یک پدیده ژئومورفولوژیکی است که متأثر از عوامل طبیعی و انسانی ایجاد می‌شود. در دهه‌های اخیر، مخاطره فرونشست به صورت گسترده در دشت‌های ایران به علت خشکسالی‌های اقلیمی و متعاقب آن برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی، استخراج منابع نفتی در میداین نفتی، جابه‌جایی ناشی از زمین لغزش‌ها و ریزش دیوارهای داخلی معادن رخ می‌دهد (احمدی و سودمند افشار، ۱۳۹۹: ۲۲۰) اتفاق افتاده است که سبب خسارت‌های زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی فراوانی شده است. علت اصلی فرونشست در دشت‌ها و مناطق خشک و نیمه خشک را ناشی از برداشت بی‌رویه از منابع سفره‌های آب زیرزمینی و کاهش میزان تراکم آب این سفره‌ها می‌دانند. (عفیفی، ۱۳۹۵: ۱۲۲) فرونشست یک مخاطره جهانی است و در ایالات متحده نزدیک به ۱۷۰۰۰ مایل در ۴۵ ایالت مستقیماً تحت تاثیر فرونشست زمین است. فرونشست یکی از مخاطرات محیطی در بسیاری از دشت‌های ایران است. یکی از روش‌های نوین و کارآمد برای اندازه‌گیری میزان و دامنه فرونشست و جابه‌جایی زمین استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای بدست آمده از محدوده طیفی رادار موسوم به روش تداخل سنجی تفاضل راداری است که به دلیل توان تفکیک مکانی و زمانی بالا، دقت زیاد و کاهش هزینه کاربرد گسترده‌ای دارد. در روش تداخل سنجی تفاضلی داده‌های راداری می‌توان نرخ فرونشینی زمین را در ابعاد سانتی‌متر تعیین و دامنه آن را با دقت متر برآورد کرد. (نیکتا و محبی، ۱۳۹۳). البته میزان گستردگی فرونشست در حد منطقه‌ای و یک یا چند کیلومتر است لذا نمی‌توان از روش‌های مانند امواج لرزه‌ای یا روش‌های ژئوفیزیکی به بررسی و برآورد میزان فرونشست یک منطقه پرداخت و در سال‌های گذشته ابتدا از طریق خاک‌برداری، بررسی‌های پیمایشی و ژئوتکنیکی که بسیار پر هزینه، وقت‌گیر و دقت کمی هم داشت استفاده می‌کرده‌اند اما اخیراً با استفاده از روش نوین امواج راداری با فرکانس و طول موج بالا که قابلیت نفوذ در عمق و رزولوشن بالا برای تشخیص و برآورد دقیق میزان تغییرات را دارد بهره‌برده می‌شود. مقصودی و همکاران (۱۳۹۸) با روشی مشابه روش به کار رفته شده در این تحقیق میزان فرونشست در غرب تهران را ۱۵ سانتی‌متر در سال برآورده کرده‌اند. چوپانی (۱۴۰۰) به مطالعه میزان فرونشست در دشت سیرجان در طی سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۷ با تصاویر سنتینل ۱ و انویست پرداخته که نتایج حاکی از فرونشست زمین به میزان ۱۷ سانتی‌متر در بازه ۲۰۰۴-۲۰۱۰ و حدوداً ۱۷ سانتی‌متر در سال ۲۰۱۷ برآورد شده است. همچنین آذرخش و همکاران (۱۴۰۱) به بررسی نرخ فرونشست در منطقه جنوب تهران و شهریار با روش تداخل سنجی راداری و هوش مصنوعی پرداخته و نتایج میزان فرونشست ۵۶۱/۷۸ میلی‌متر در جنوب غرب تهران و ۶۳۸/۵ میلی‌متر در طول سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۹ در دشت شهریار برآورد کرده‌اند. هدف از این مطالعه

و بررسی، پی بردن به میزان و نرخ فرونشست در دشت بوئین زهرا با تکنیک تداخل سنجی تفاضل راداری با توجه به تعداد بالای چاه‌های پی‌زومتری و برداشت‌های بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی در زمینه‌های مسکونی، کشاورزی بخصوص کشت محصولات صیفی جات مانند هندوانه و خربزه و همچنین پهنه‌بندی منطقه با لحاظ میزان خطر فرونشست با در نظر گرفتن جمعیت ساکن، راه‌ها... است.

استفاده بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی به خصوص در مناطقی با جنس ماسه‌ای متخلخل مانند نهشته‌های آبرفتی موجب فرونشست گسترده در منطقه می‌شود. فرونشست موجب آسیب به سیستم‌های آبیاری، خاک‌های کشاورزی، موجب تغییر در میزان شیب زمین، تغییر جریان زهکشی، هیدرولوژی منطقه، موجب ایجاد سیلاب، خسارت به ساختمان‌های مسکونی، فرودگاه‌ها، خیابان‌ها، خطوط راه‌آهن و سدها می‌شود. با توجه به قرار داشتن در منطقه دشت و فرونشست‌های اخیر در منطقه اهمیت و ضرورت مطالعه میزان فرونشست در منطقه را دوچندان می‌کند.

معرفی محدوده مورد مطالعه

بوئین‌زهرا شهری است در بخش مرکزی شهرستان بوئین‌زهرا استان قزوین که در جنوب دشت قزوین و در ۵۰ کیلومتری مرکز استان واقع شده‌است. بوئین‌زهرا در کنار جاده همدان به تهران قرار گرفته و از شمال با شهرستان‌های قزوین و البرز، از شمال غرب و غرب با شهرستان تاکستان، از شمال شرق با شهرستان آبیک، از جنوب غرب با شهرستان آوج، از جنوب با استان مرکزی و از شرق به استان البرز هم‌مرز است و در محل تلاقی راه‌های قزوین به ساوه و کرج به همدان قرار دارد. (جانباز فوتمی و همکاران، ۱۳۹۹).



شکل ۱- نقشه محدوده مورد مطالعه در استان قزوین

شهر بویین زهرا از نظر جغرافیایی در ۵۰ درجه و ۴ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۵ درجه و ۴۶ دقیقه پهنای شمالی و در ارتفاع ۱۲۱۰ متری از سطح دریا قرار داردیکی از شهرستان های استان قزوین ایران است که بخش عمده دشت قزوین در این شهرستان واقع شده است (شکل ۱). مساحت منطقه ۵۹۸۸ کیلومترمربع و متوسط بارندگی سالانه ۲۲۰ میلی متر است. مرکز این شهرستان، شهر بویین زهرا است و دارای چهار بخش به نام های مرکزی، دشتابی، رامند و شال و نیز چهارده دهستان و ۱۳۰ آبادی دارای سکنه است. جمعیت این شهرستان بر طبق سرشماری سال ۱۳۹۵، برابر با ۱۶۴/۷۲۳ نفر در ۴۷/۰۲۹ خانوار بوده است. استان قزوین تقریباً زلزله خیزترین استان کشور است و شهرستان بویین زهرا نیز لرزه خیزترین شهرستان آن. در سال ۱۳۴۱، زلزله ای در آن رخ داد و ۲۰۹۰۰۰ نفر جان باختند. آب و هوای این منطقه؛ معتدل مایل به گرم و خشک است و تقریباً جز مناطق گرم و خشک استان قزوین به شمار می آید. در این شهرستان پیاز، پنبه و انواع صیفی جات، پسته و انگور کشت می شود.

مواد و روش ها

در این مطالعه د زوج تصویر مربوط به ماهواره Sentinel-1A که از سازمان فضایی اروپا با فرمت SLC با پلاریزاسیون VV اخذ شد. این نوع داده ها (جدول ۱)، داده های خامی هستند که فقط پردازش های اولیه بر روی آن ها صورت گرفته است (خسروانی و همکاران، ۱۴۰۱) و سپس داندود اوربیت فایل های تصاویر که با یک روز فاصله

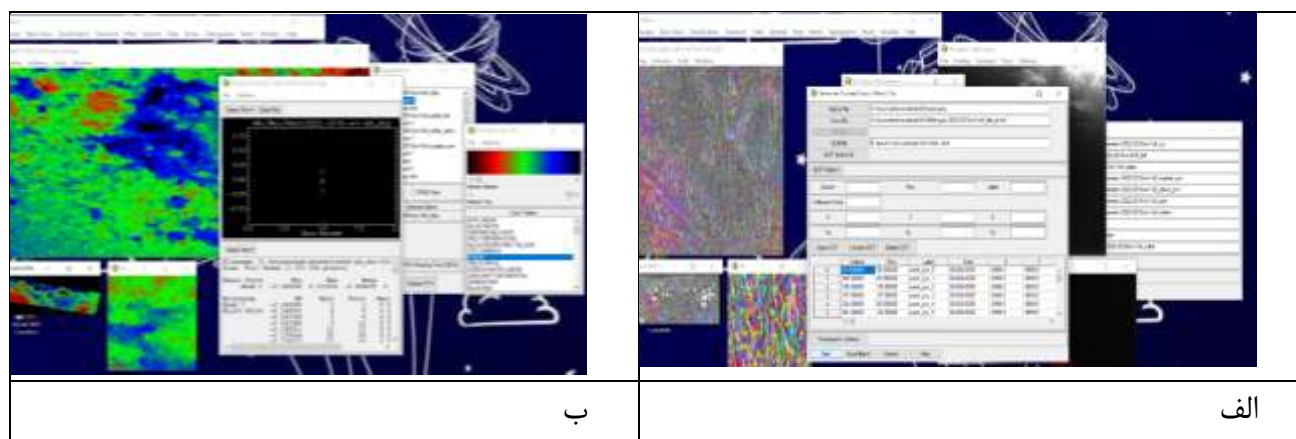
پس از تاریخ تصویر بردار اخذ شده است. مرحله ۱- تبدیل تصاویر به فرمت استاندارد زبان SARCAPR و انجام اعمال پردازش تصاویر در محیط نرم افزار ENVI 5.6. مرحله ۲- تطابق دو تصویر SLC نسبت به یکدیگر برای همپوشانی و تعیین خط محدوده مورد مطالعه در هر دو تصویر. پس از تطبیق دو تصویر جهت ثبت هندسی یکی از تصاویر تحت عنوان تصویر مرجع و دیگری تحت عنوان تصویر تابع در نظر گرفته شده اند که به مقایسه فازهای دو تصویر راداری در دو سری زمانی برای سال های ۲۰۱۶ و ۲۰۲۲ پرداخته شده است. مرحله ۳- برای محاسبه میزان جابه جایی های صورت گرفته در منطقه باید اثرات اینترفروگرام ها را حذف شود که اولین مورد حذف اثر توپوگرافی است که با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی و دو تصویر منطقه یک تداخل نمای و تصویر شدت سیگنال های برگشتی مطابق با یکدیگر تولید شده است که به این مرحله، مسطح سازی اینترفروگرام هم گفته می شود (قهرودی تالی و همکاران، ۱۳۹۹). مرحله ۴- در این بخش اینترفروگرام های تولید شده دارای نویزهایی هستند که با دستور فیلتر آداپتیو برطرف شده است. مرحله ۵- بخش باز کردن فازها است که فاز کالیبراسیون مطلق و فازهای باز شده دوباره با فازهای مصنوعی ترکیب و به ارتفاع تبدیل شده. مرحله ۶- مرحله ایجاد نقاط کنترل زمینی با استفاده از مدل رقومی زمین و تصویر فیلتر شده است که تحت عنوان ورودی برای اصلاح و تسطیح سازی مجدد اینترفروگرام ها ایجاد شده است (شکل ۲-الف). مرحله ۷- مرحله اصلاح و تسطیح مجدد است که احتمالی برای اصلاح خطاهای احتمالی و محاسبه جابه جایی احتمالی انجام می شود (قهرودی تالی و همکاران، ۱۳۹۹). مرحله ۸- تبدیل فاز به تصویر جابجایی و انتقال است که به شکل یک نقشه نمایان می شود (شکل ۲-ب). مرحله ۹- پهنه بندی تصویر جابجایی محدوده مورد مطالعه در بازه ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۲ است که میزان فرونشست مشخص شده است در تصویر. که این کار در سه برست ۴، ۵ و ۶ در IW1 در منطقه جنوب قزوین در دشت بوئین زهرا صورت گرفته است.

جدول ۱- ورودی های مورد نیاز برای تفاضل سنجی راداری

master S1A_IW_SLC__1SSV_20160217T024455 slave S1A_IW_SLC__1SDV_20221031T024541	دانلود زوج تصویر از سایت scihub.copernicus.eu	
S1A_OPER_AUX_RESORB_OPOD_20160218T13304 2_V S1A_OPER_AUX_PREORB_OPOD_20221101T11410 5_V	دانلود اوربیت فایل برای تاریخ یک روز پس از تاریخ تصویر از سایت https://scihub.copernicus.eu/gnss	
ARCGIS10.2 GOOGLR EARTH ENVI 5.6	نرم افزارهای مورد استفاده	

نتایج

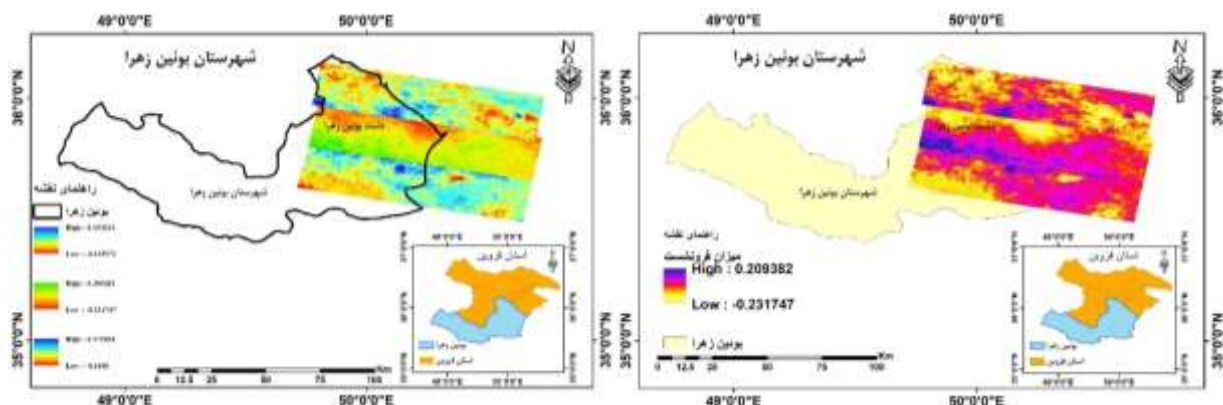
تحقیق حاضر در سه برست در IDW1 در طی سال های ۲۰۱۶ و ۲۰۲۲ صورت گرفته است که با توجه به مدل رقومی ارتفاعی تهیه شده نشان می دهد که کمترین ارتفاع ۱۱۳۶ متر و حداکثر ارتفاع ۲۸۸۳ متر است در شهرستان بوئین زهرا که کمترین و پست ترین مناطق در محدوده دشت بوئین زهرا در قسمت شمال و شمال شرقی شهرستان است که محدوده مورد مطالعه این تحقیق است. دشت قزوین و دشت بوئین زهرا مانند ظرف آبی هستند که مهمترین سفره های آب زیر زمینی استان و شهرستان را در خورد تشکیل و نگاه داشته اند. با توجه به تصاویر راداری و تداخل نگاری ها (شکل ۳) در منطقه در هر سه بخش حاکی از شدت بالای فرونشست در منطقه دشت بوئین زهرا است که بیشترین میزان فرونشست با توجه به جدول (۲) ارائه شده مربوط به برست شماره پنج ۲۳ سانتی متر است که در محدوده شهر بوئین زهرا و روستاهای هم جوار قرار دارد که بخش های زرد رنگ تصاویر تداخل نگار را نشان می دهد (شکل ۳) که شامل بخش های شمالی، جنوب و شمال غربی و شمال شرقی منطقه است.



شکل ۲- تهیه نقاط کنترل زمینی (الف) و تبدیل باز به نقشه میزان جابه جایی ها (ب)

جدول ۲- میزان فرونشست استخراج شده از تصاویر در منطقه دشت بوئین زهرا

شماره برست ها	حداقل (سانتی متر)	حداکثر (سانتی متر)	مقایسه
برست ۴	-0.133972	0.154243	کمترین
برست ۵	-0.231747	0.209382	بیشترین
برست ۶	-0.1458	0.172204	متوسط



شکل ۳- نقشه میزان فرونشست دشت بوئین زهرا

بحث و نتیجه گیری

تصاویر و خروجی های حاصله از تداخل سنجی تفاضل راداری می توان نتیجه گرفته که بیشترین میزان فرونشست در دشت بوئین زهرا در مناطقی شمال غربی و شرقی و جنوب منطقه است. همچنین با توجه به مطالعه جانباز فوتمی و همکاران در سال ۱۳۹۹ در مطالعه میزان فرونشست زمین در استان قزوین به این نتیجه رسیدند که بیشترین فرونشست ها در مناطق تاکستان، شمال بوئین زهرا و بخشی از آبیگ هستند که این مناطق در محدوده آبخوان استان قزوین با افت شدید سطح ایستابی واقع شده اند. استان قزوین در طی سال های ۲۰۰۳-۲۰۰۷ به مقدار ۳.۳- سانتی متر در سال فرونشست داشته است. میانگین بیشترین فرونشست طی سال های ذکر شده ۲۲.۷- سانتی متر در سال بوده است. بررسی لایه بندی خاک و تغییرات فرونشست قزوین دیده شد مناطق دارای فرونشست در محیط آبخوان و جایی که ضخامت ریزدانه بیش تر بوده است رخ داده اند. که صحت بیشترین میزان فرونشست در بخش های شمالی بوئین زهرا را تأیید کرده است. با توجه به اینکه دشت قزوین قطب کشاورزی و کاشت صیفی جات است و بیشترین تعداد حلقه چاه های آب در این منطقه قرار دارد و خروجی تداخل نگاری همگی به رخ داد فرونشست در منطقه و افزایش میزان آن در طی سال های آینده تأکید می کنند. که فرونشست زمین با خود خطر خسارات به منازل مسکونی، تاسیسات آب و برق و گاز، سدهای خاکی، چاه های آب و ... راه به همراه دارد و نیازمند توجه جدی مسئولان به این موضوع است که بر لزوم شناسایی و کنترل و مدیریت این مناطق امری ضروری است که با سه گام پیش بینی، تشخیص

و پایش مناطق استوار است. و پیشنهاد می‌گردد با کاهش بهره‌برداری‌های بی‌رویه از سفره‌های آب زیر زمینی، استفاده از روش‌های نوین کشاورزی برای آبیاری اراضی، کشت انواع محصولات با نیاز آبی کم، توجه بیشتر به سطح سفره‌های آب زیر زمینی و ایجاد حوضچه‌های برای تقویت این آبخوان‌ها و در نهایت تهیه نقشه‌های پهنه بندی مناطق به لحاظ خطر فرونشست و جلوگیری از توسعه شهرها و روستاها در این مناطق سعی در کنترل و مدیریت هرچه بیشتر این مخاطره طبیعی در استان شوند.

مراجع

- ۱- احمدی، سلمان، سودمند افشار، رضا. پایش فرونشست دشت‌های قروه و چهاردولی استان‌های همدان و کردستان به دلیل برداشت بی‌رویه از منابع آب‌های زیرزمینی با استفاده از فن پراکنش گرهای دائمی. محیط زیست و مهندسی آب، ۱۳۹۹؛ ۶(۳): ۲۱۹-۲۳۳
- ۲- جانباز فوتمی، مهدیه، خلقی، مجید، عبده کلاهچی، عبدالنبی، روستایی، مه آسا. بررسی فرونشست زمین ناشی از تغییرات سطح ایستابی آب زیرزمینی با استفاده از روش تداخل سنجی تفاضلی راداری: مطالعه موردی استان قزوین. تحقیقات منابع آب ایران، ۱۳۹۹؛ ۱۶(۳): ۱۳۳-۱۴۷.
- ۳- اخوان قالیباف، زهرا، دهقانی، محمد، درهمی، مریم، بولکا، مصطفی. مدل‌سازی فرونشست دشت ابرکوه با استفاده از روش تداخل‌سنجی راداری و هوش مصنوعی. نشریه علمی - پژوهشی مرتع و آبخیزداری، ۱۴۰۱؛ ۷۵(۳): ۴۲۹-۴۴۸.
- ۴- عفیفی، محمدابراهیم. ۱۳۹۵. ارزیابی پتانسیل فرونشست و عوامل موثر بر آن (مطالعه موردی: دشت سیدان فاروق مرودشت) پژوهشهای ژئومورفولوژی کمی، سال ۵ (۳): ۱۳۲-۱۲۱.
- ۵- قهرودی تالی، منیژه و علی نوری، خدیجه و ریوندی، هما، ۱۴۰۰، تحلیل عوامل موثر بر فرونشست در دشت سبزوار، اطلاعات جغرافیایی سپهر دوره ۳۰ بهار ۱۴۰۰ شماره ۱۱۷
- ۶- مقصودی، یاسر، امانی، رضا، و احمدی، حسن. (۱۳۹۸). بررسی رفتار فرونشست زمین در منطقه غربی تهران با استفاده از تصاویر سنتینل-۱ و تکنیک تداخل سنجی راداری مبتنی بر پراکنش گرهای دائمی. تحقیقات منابع آب ایران، ۱۵(۱)، ۲۹۹-۳۱۳.

۷- نیکتا، میثم، محبی، پریسا. ۱۳۹۳. بکارگیری تکنیک تداخل سنجی تفاضلی راداری در شناسایی، تعیین نرخ و علل فرونشست سازه های زیر زمینی: بیست و یکمین همایش ملی ژئوماتیک.

8- Azarakhsh, Z., Azadbakht, M. and Matkan, A. (2022). Estimation, modeling, and prediction of land subsidence using Sentinel-1 time series in Tehran-Shahriar plain: A machine learning-based investigation. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 25, 1-17.

9- Choopani, A., Dehghani, M. and Nikoo, M. R. (2020). Determining hydrogeological parameters of an aquifer in Sirjan Basin using Envisat ASAR interferometry and groundwater modelling. International Journal of Remote Sensing, 41(2), 655-682.

بررسی نقش تکتونیک در تحولات ژئومورفولوژیک حوضه رامهرمز با استفاده از شاخص‌های

ژئومورفولوژیکی و بعد فرکتال ظرفیت

Investigating the role of tectonics in the geomorphological developments of Ramhormoz basin using geomorphological indicators and the fractal dimension of capacity

^۱مهشید معاوی^{*}، ^۲هیوا علمیزاده

^۱ دانشجوی دکتری دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی دانشگاه اصفهان، m.moavi2018@gmail.com

^۲ دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، Elmizadeh@kmsu.ac.ir

چکیده

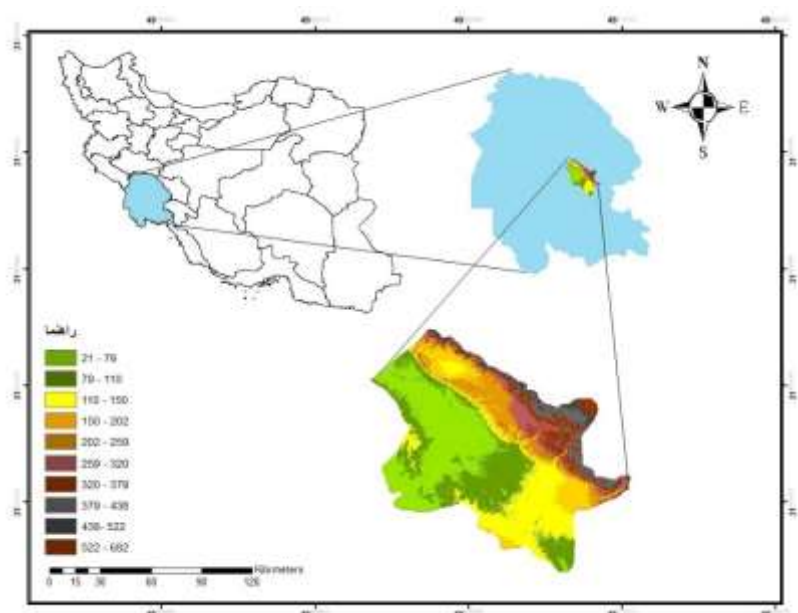
تکتونیک نقش بسیار مهمی را در تکامل مورفولوژیکی هر حوضه زهکشی بازی می‌کند و به‌خوبی به‌وسیله پارامترهای مورفوتکتونیک، آبرفتی و ساختاری بازگو می‌شود. این پژوهش با هدف بررسی نقش تکتونیک در تحولات ژئومورفولوژیک حوضه رامهرمز با استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژیکی و بعد فرکتال ظرفیت پرداخته شده است. نتایج شاخص‌های ژئومورفولوژیکی (S, Af, BS, T) نشان می‌دهند حوضه مورد مطالعه از نظر تکتونیکی فعال بوده و بخش شرقی حوضه نسبت به بخش غربی فعال‌تر می‌باشد. تحت تأثیر این فعالیت، شاخه‌های فرعی در بخش شرقی حوضه طولانی‌تر از بخش غربی بوده و در نتیجه کج‌شدگی یا تمایل به سمت غرب حوضه یعنی ساحل غربی رود می‌باشد. شکل حوضه و بخش‌های آن، براساس فعالیت تکتونیکی حالت کشیده به خود گرفتند. همچنین، تقارن در حوضه و بخش‌های آن دیده نمی‌شود. نتایج بعد فرکتال ظرفیت حوضه رامهرمز (۱/۱۳)، بخش شرقی (۱/۴۷) و بخش غربی (۱/۱۷) نشان می‌دهد مسیر حوضه مورد مطالعه در راستای یک خط مستقیم نمی‌باشد. بلکه، نقش تکتونیک در تحولات ژئومورفولوژیک حوضه مورد مطالعه باعث جابه‌جایی جانبی و تحولات در مسیر جریان رودخانه، غیر عادی بودن شبکه زهکشی، توپوگرافی دره‌ها با بالآمدگی را ایجاد می‌کند.

کلمات کلیدی: حوضه رامهرمز، تکتونیک، شاخص‌های ژئومورفولوژیکی، بعد فرکتال ظرفیت.

تکتونیک ژئومورفولوژی، علم میان رشته‌ای به نسبت جدیدی بین زمین‌شناسی ساختمانی-تکتونیک و فرآیندهای سطحی است. (شایان و همکاران، ۱۳۹۱، ۸۲). در واقع ژئومورفولوژی تکتونیک با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و مدل‌های رقومی به شناسایی شواهد سطحی جابجایی‌ها و تغییر شکل‌ها می‌پردازد. این شاخص‌ها ژئومورفیک و مدل‌های رقومی به شناسایی شواهد سطحی جابجایی‌ها و تغییر شکل‌ها می‌پردازد. این شاخص‌ها ابزارهای برای ارزیابی اثرات تکتونیک فعال می‌باشد. از سوی دیگر، می‌توان با استفاده از خاصیت بعد فرکتال ظرفیت پیش‌بینی کرد که رودخانه در طول زمان چگونه تغییر مسیر داده و عوارض و پیامدهای آن را دنبال کرد. همچنین می‌توان چگونگی انتقال و نوع رسوب توسط رودها را با توجه به این مورد که هر شعبه رودخانه از چه مناطقی سرچشمه یا عبور می‌کند در نظر گرفت (علمی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳). تحلیل فرکتالی یک ابزار ارزشمند است که شبکه‌های رودخانه‌ای را مستقل از اندازه آن‌ها، بررسی و مقایسه می‌کند. کاربرد هندسه فرکتال ظرفیت یک روش را عرضه می‌کند و سهم مقادیر کمی جهت تمایز در تحلیل اولیه‌ی روابط بین فرآیندهای هندسی و درجه‌ی بی‌نظمی شبکه‌های رودخانه‌ای را ارائه می‌دهد (دونادیو و همکاران^{۱۳۵}، ۲۰۱۴). شاخص‌های ژئومورفولوژیکی و بعد فرکتال در نقاط مختلف ایران و جهان برای ارزیابی تکتونیک مورد استفاده قرار گرفته‌اند. سامانی و همکاران (۱۳۹۷)، با استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژیکی نشان دادند بخش اعظم طول گسل رامهرمز در رده‌ی فعالیت تکتونیکی متوسط است. گورابی و همکاران (۱۳۹۹)، با مقایسه کارایی روش‌های کمی فرکتال و فازی در تحلیل وضعیت تکتونیکی زاگرس شمال غرب به این نتیجه رسیدند مناطق دارای بعد فرکتالی بالای گسل و پایین زهکشی فعالیت تکتونیکی بیشتری دارند. هم‌پوشانی مربع‌های فرکتالی با گام‌های مختلف در مدل فازی تا حد زیادی تأیید کننده‌ی نتایج بود. آنجلس و همکاران (۲۰۰۴) با استفاده از دو روش شمارش جعبه‌ای و مجاورت، بعد فرکتالی را برای ۹ کانال جزر و مدی برآورد کرده‌اند تا میزان کنترل ژئومورفولوژیکی خصوصیات شبکه کانال‌های جزر و مدی در مصب باهیا بلانکا در آرژانتین را به‌دست آورند. بی و همکاران (۲۰۱۲)، خصوصیات فرکتالی لندفرم‌ها را در اوردوس بلاک و مناطق اطراف را با استفاده از روش وایوگرام و مدل فرکتالی سلولی بررسی کرده‌اند و حوضه‌های مختلف را از نظر بعد فرکتالی مورد مقایسه قرار دادند. این پژوهش با هدف بررسی نقش تکتونیک در تحولات ژئومورفولوژیک حوضه رامهرمز با استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژیکی و بعد فرکتال ظرفیت پرداخته شده است.

۲- منطقه مورد مطالعه

حوضه رامهرمز در جنوب غربی ایران و بین طول شرقی ۴۹°-۴۶° و عرض شمالی ۳۱°-۳۰° قرار دارد. رودخانه رامهرمز در بخش شرقی حوضه مورد مطالعه از ۵۰ کیلومتری جنوب شرق ایذه از پشت کوه قارون سرچشمه گرفته و به سوی جنوب غرب محدوده سرازیر می‌گردد. قبل از رسیدن به شهر رامهرمز به نام رود زرد خوانده شده و سدی به نام جره را پر آب کرده و در ۲۲ کیلومتری جنوب شهر رامهرمز به جراحی می‌ریزد. بخش غربی این رودخانه به نام کوپال از چشمه‌های شمال شرق رامهرمز معروف به چشمه‌های کوپال که از مقابل سورخانی می‌گذرد و در نهایت به دشت وسیع جنوب نیروگاه رامین و روستای غزانیه اهواز می‌ریزد (گزارش شرکت سهامی سازمان آب و برق خوزستان، ۱۳۹۳). شکل (۱).



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه

۳- مواد و روش‌ها

در این تحقیق به منظور بررسی نقش تکتونیک در تحولات ژئومورفولوژیک حوضه رامهرمز و زیر حوضه‌های آن، ابتدا منابع و یافته‌های علمی در زمینه‌ی موضوع پژوهش از طریق بررسی‌های کتابخانه‌ای جمع‌آوری گردیده و سپس به منظور بررسی نقش تکتونیک در تحولات ژئومورفولوژیک منطقه مورد مطالعه، از نقشه‌ی توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و DEM ۳۰ متر STRM شده است. در ادامه، جهت مشخص کردن دقیق مرز حوضه مورد مطالعه به محیط نرم افزار Global mapper20 منتقل و پردازش شد. همچنین شبکه‌های رودخانه‌ای، ارزیابی

شاخص ها و تهیه نقشه ی خروجی نهایی از نرم افزار Arc GIS 10.4 استفاده شده است. در ادامه برای محاسبه بعد فرکتال ظرفیت از نرم افزار Fractalyse استفاده شده است، که تعداد سلول های پوشش دهنده حوضه رامهرمز زیر حوضه های آن با استفاده از نرم افزار فرکتالیز در ۱۱ مقیاس مختلف (۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴، ۱۲۸، ۲۵۶، ۵۱۲، ۱۰۲۴، ۲۰۴۸ متر) محاسبه شده است.

۳-۱ شاخص پیچ و خم رودخانه (S)

هرگونه دگرشکلی زمین ساختی که شیب دره را تغییر دهد می تواند سینوسیته را دچار تغییر کند، به طوری که بیشترین مقدار آن در مناطق فرونشست و کمترین مقدار در مناطق بالا آمده است (داودی و همکاران، ۱۳۹۴، ۶۸). شاخص پیچ و خم رودخانه ها از رابطه (۱) حاصل می شود و تقسیم بندی حوضه برحسب میزان پیچشی باتوجه به شکل (۲) صورت می گیرد.

$$S = C/V \quad \text{رابطه (۱)}$$

S: سینوسیته رودخانه؛ C: طول کانال رودخانه؛ V: طول دره در فاصله بین قله دو مئاندر پیاپی (یمانی و همکاران، ۱۳۹۰، ۱۳۳).

ضریب پیچشی	۱ - ۱/۰۵	۱/۰۶ - ۱/۲۵	۱/۲۵ - ۲	> ۲
نمای رودخانه				
نوع رودخانه	مستقیم	سینوسی	پیچان رودی	پیچان رودی شدید

شکل ۲: تقسیم بندی رودخانه برحسب ضریب سینوسیته (پیترز^{۱۳۶}، ۱۹۹۸)

۳-۲ شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی^{۱۳۷}

شاخص عدم تقارن برای نمایش کج شدگی تکتونیکی حوضه ها به کار می رود، به عبارتی دیگر، این پارامتر امکان می دهد کج شدگی جانبی یک حوضه نسبت به مسیر اصلی رودخانه ثابت شود. کج شدگی ممکن است با فعالیت گسلی نرمال که موازی با جهت رودخانه اصلی است در ارتباط باشد (گارنیری و پیروتا^{۱۳۸}، ۲۰۰۸، ۲۶۵). شکل (۳).

$$Af = 100(Ar/At) \quad \text{رابطه (۲)}$$

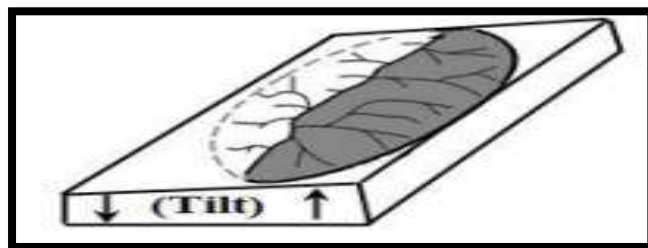
Ar: مساحت سمت راست حوضه (دید به سمت پایین)، At: مساحت کل حوضه (همدونی^{۱۳۹} و همکاران، ۲۰۰۸).

¹³⁶ - Peetz

¹³⁷ - Asymmetry factor

¹³⁸ - Guarnieri, P., Pirrotta

¹³⁹ - Hamdouni



شکل ۳: دیاگرام بلوک کج شدگی حوضه بر اثر فعالیت تکتونیک

۳-۳ شاخص شکل حوضه^{۱۴۰}

حوضه‌هایی با تکتونیک فعال، شکل کشیده‌ای دارند. شکل حوضه در طول زمان با توقف میزان بالا آمدگی و کاهش فعالیت، به تدریج دایره شکل می‌شود. حوضه‌هایی که با مقادیر زیاد یعنی بیشتر از (۴) مشخص می‌شوند، از نظر تکتونیکی فعال می‌باشند. زمانی که شاخص شکل حوضه بین (۳ تا ۴) باشد، حوضه‌ها از نظر فعالیت زمین‌ساختی نیمه‌فعال هستند. مقادیر کمتر از (۳)، حوضه‌های دایره شکل را نشان می‌دهند که از نظر فعالیت، غیر فعال‌اند (همدونی و همکاران، ۲۰۰۸، ۱۵۶).

$$BS = Bl / Bw \quad \text{رابطه (۳)}$$

BS: شاخص شکل حوضه؛ Bl: اندازه طول حوضه از انتهای ترین مقسم آب تا خروجی حوضه؛ Bw: پهنای حوضه در پهن ترین قسمت (داودی و همکاران، ۱۳۹۴، ۶۸).

۳-۴ شاخص تقارن توپوگرافی معکوس (T)

دیگر شاخص کمی برای ارزیابی عدم تقارن حوضه، عامل تقارن توپوگرافی معکوس است (T). شاخص تقارن توپوگرافی معکوس از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$Dd \quad \text{رابطه (۴)} \\ T = Da /$$

Da = فاصله خط میانی حوضه زهکشی تا کمربند فعال مئاندري حوضه (مسیر رود اصلی)، Dd: فاصله خط میانی حوضه و خط تقسیم آب می‌باشد (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۹، ۶۶).

۳-۵ بعد فرکتال ظرفیت^{۱۴۱}

شکل هندسی شبکه رودها را می توان از نظر کیفی و کمی با روش های متعددی توصیف کرد. در مناطقی که شبکه زهکشی در حضور تغییر شکل های تکتونیک توسعه پیدا می کند، شبکه زهکشی اغلب دارای الگوی هندسی می باشد. بعد ظرفیت یک مقدار صرفاً هندسی است و بیانگر تعداد حداقل سلول لازم برای پوشش شبکه رودخانه (با این فرض که مسیر رودخانه در راستای یک خط مستقیم است) می باشد (علمی زاده و ماه پیکر، ۱۳۹۶). همچنین بعد فرکتال ظرفیت بین عدد (۱ تا ۲) می باشد، بالا بودن بعد فرکتال ظرفیت نشان از فعالیت تکتونیکی، توپوگرافی دره ها با بالآمدگی در حوضه، کشیده بودن شکل حوضه، جابه جایی جانبی و تحولات در مسیر جریان رودخانه، غیر عادی بودن شبکه زهکشی از بالا آمدگی، دگرشکلی زمین ساختی، تغییرات شیب دره و تحولات در حوضه می باشد. (کاساک^{۱۴۲}، ۲۰۱۴). تیچی^{۱۴۳} (۲۰۱۲) محاسبات بعد ظرفیت را در رابطه (۵) بیان کرده است.

$$D = \frac{\log(N)}{\log(n)} \quad \text{رابطه (۵)}$$

(N): تعداد سلول های پوشش دهنده الگوی شبکه زهکشی؛ و (n): تعداد سلول های شبکه منظم حوضه (Kusak, 2014).

۴- نتایج

با توجه به محاسبات رابطه (۱ تا ۴)، کمترین شاخص S مربوط به حوضه رامهرمز (۱/۲۱) و بیشترین شاخص S در بخش غربی حوضه (۱/۳۸) می باشد. با توجه به شکل (۲) بستر حوضه رامهرمز سینوسی شکل می باشد و بخش شرقی حوضه رامهرمز (۱/۳۳) و بخش غربی آن حالت پیچانرودی دارند که دلیل آن دگرشکلی زمین ساختی در دو بخش حوضه باعث شده شیب دره را تغییر داده شود شکل سینوسی را به پیچانرودی تغییر دهند محاسبه شاخص Af حوضه رامهرمز (۴۷/۵۲)، بخش شرقی حوضه رامهرمز (۵۹/۳۹) و بخش غربی آن (۵۴/۴۱) بیانگر بالآمدگی در سمت شرق آبراهه اصلی است. شاخص BS کل حوضه رامهرمز (۴۷/۵۲)، بخش شرقی حوضه رامهرمز (۳/۰۸) و بخش غربی آن (۱/۳۸) شاخص شکل حوضه ها بین (۳ تا ۴) می باشد، حوضه ها از نظر فعالیت زمین ساختی نیمه فعال هستند و شکل حوضه رامهرمز و بخش هایش کشیده می باشد. شاخص T حوضه رامهرمز (۰/۷۴)، بخش شرقی حوضه رامهرمز (۰/۸۸) و بخش غربی آن (۰/۹۸) نزدیک به عدد (۱) است که بیانگر افزایش در منطقه در نتیجه نفوختکتونیک فعال می باشند. در بخش شرقی حوضه رامهرمز با توجه به عرض کمتر، فاصله کمتری نسبت به خط میانی دارد. اما در بخش

¹⁴¹ Capacity

¹⁴² Kusak

¹⁴³ Tichy

غربی حوضه رامهرمز با توجه به عرض بیشتر، فاصله بیشتری نسبت به خط میانی دارد که باعث شده میزان شاخص T در این بخش بیشتر از بخش شرقی باشد. جدول (۱).

جدول ۱: نتایج محاسبات شاخص های ژئومورفولوژیکی حوضه و بخش های حوضه

حوضه و زیر حوضه	S	AF	BS	T
کل حوضه رامهرمز	۱/۲۱	۴۷/۵۲	۳/۱۱	۰/۷۴
بخش غربی حوضه رامهرمز	۱/۳۸	۵۴/۴۱	۳/۰۹	۰/۹۸
بخش شرقی حوضه رامهرمز	۱/۳۳	۵۹/۳۹	۳/۰۸	۰/۸۸

طبق محاسبات بعد فرکتال ظرفیت حوضه رامهرمز (۱/۱۳)، بخش شرقی حوضه (۱/۴۷)، بخش غربی حوضه (۱/۱۷)، بی نظمی در مسیر حوضه رامهرمز و بخش های حوضه، ناشی از اشکال مختلف فرسایش و فعالیت تکتونیکی می باشد که در تکامل حوضه مورد مطالعه دخالت داشته است. افزایش و کاهش نسبی تغییرات شیب در قسمت های مختلف بر الگوی رودخانه تأثیر گذاشته و تغییراتی در سیمای حوضه مورد مطالعه ایجاد کرده است. همچنین با توجه به مقدار بعد فرکتالی بین (۱ و ۲)، رودخانه مذکور از نوع خودالحاقی است و از آنجا که در هر مقیاس، بعد متفاوت به دست آمده، لذا می توان گفت که شکل رودخانه در یک مسیر قرار نگرفته است بلکه دارای شکستگی و انحنای ناشی از تکتونیک که به طور یکسان در تمام جهات حوضه منتشر نشده است. جدول (۲ تا ۴).

جدول ۲: مقادیر بعد فرکتال ظرفیت حوضه رامهرمز

D	Log(N)	N	Log(n)	n	S
۱/۲۷۶۵۸۴	۴/۳۷۴۷۴۸	۲۳۷۰۰	۳/۴۲۶۹۱۸	۲۶۷۳	۲
۱/۲۵۹۹۲	۳/۹۳۸۳۷	۸۶۷۷	۳/۱۲۵۸۸۸	۱۳۳۶	۴
۱/۲۵۲۳۸۸	۳/۵۳۷۸۱۹	۳۴۵۰	۲/۸۲۴۸۵۸	۶۶۸	۸
۱/۲۵۵۲	۳/۱۶۷۹۰۸	۱۴۷۲	۲/۵۲۳۸۲۸	۳۳۴	۱۶
۱/۲۶۰۹۲۲	۲/۸۰۲۷۷۴	۶۳۵	۲/۲۲۲۷۹۸	۱۶۷	۳۲
۱/۲۴۰۴۲۸	۲/۳۸۳۸۱۵	۲۴۲	۱/۹۲۱۷۶۸	۸۴	۶۴
۱/۱۸۰۸۲۹	۱/۹۱۳۸۱۴	۸۲	۱/۶۲۰۷۳۸	۴۲	۱۲۸
۱/۰۵۹۲۸	۱/۳۹۷۹۴	۲۵	۱/۳۱۹۷۰۸	۲۱	۲۵۶
۱/۰۲۲۲۹۸	۱/۰۴۱۳۹۳	۱۱	۱/۰۱۸۶۷۸	۱۰	۵۱۲

۰/۹۷۳۹۷۴	۰/۶۹۸۹۷	۵	۰/۷۱۷۶۴۸	۵	۱۰۲۴
۰/۷۲۲۵۵۷	۰/۳۰۱۰۳	۲	۰/۴۱۶۶۱۸	۳	۲۰۴۸
۱/۱۳۶۷۶۲Ave:					

جدول ۳: مقادیر بعد فرکتال ظرفیت بخش شرقی حوضه رامهرمز

S	n	Log(n)	N	Log(N)	D
۲	۱۳۹۶	۳/۱۴۴۸۸۵	۱۴۸۰۵	۴/۱۷۰۴۰۸	۱/۳۲۶۰۹۲
۴	۶۹۸	۲/۸۴۳۸۵۵	۵۴۳۹	۳/۷۳۵۵۱۹	۱/۳۱۳۵۴
۸	۳۴۹	۲/۵۴۲۸۲۵	۲۲۲۵	۳/۳۴۷۳۳	۱/۳۱۶۳۸۲
۱۶	۱۷۵	۲/۲۴۱۷۹۵	۹۶۱	۲/۹۸۲۷۲۳	۱/۳۳۰۵۰۶
۳۲	۸۷	۱/۹۴۰۷۶۵	۴۳۴	۲/۶۳۷۴۹	۱/۳۵۸۹۹۵
۶۴	۴۴	۱/۶۳۹۷۳۵	۱۹۴	۲/۲۸۷۸۰۲	۱/۳۹۵۲۲۶
۱۲۸	۲۲	۱/۳۳۸۷۰۵	۷۸	۱/۸۹۲۰۹۵	۱/۴۱۳۳۷۶
۲۵۶	۱۱	۱/۰۳۷۶۷۵	۲۹	۱/۴۶۲۳۹۸	۱/۴۰۹۳۰۲
۵۱۲	۵	۰/۷۳۶۶۴۵	۱۳	۱/۱۱۳۹۴۳	۱/۵۱۲۱۸۴
۱۰۲۴	۳	۰/۴۳۵۶۱۵	۵	۰/۶۹۸۹۷	۱/۶۰۴۵۵۷
۲۰۴۸	۱	۰/۱۳۴۵۸۵	۲	۰/۳۰۱۰۳	۲/۲۳۶۷۲
۱/۴۷۴۲۶۲Ave:					

جدول ۴: مقادیر بعد فرکتال ظرفیت بخش غربی رامهرمز

S	n	Log(n)	N	Log(N)	D
۲	۲۳۱۳	۳/۳۶۴۰۸۲	۲۰۰۸۸	۴/۳۰۲۹۳۷	۱/۲۷۹۰۸۲
۴	۱۱۵۶	۳/۰۶۳۰۵۲	۷۳۴۹	۳/۸۶۶۲۲۸	۱/۲۶۲۲۱۴
۸	۵۷۸	۲/۷۶۲۰۲۲	۲۹۵۶	۳/۴۷۰۷۰۴	۱/۲۵۶۵۸۱
۱۶	۲۸۹	۲/۴۶۰۹۹۲	۱۲۶۷	۳/۱۰۲۷۷۷	۱/۲۶۰۷۸۳
۳۲	۱۴۵	۲/۱۵۹۹۶۲	۵۵۷	۲/۷۴۵۸۵۵	۱/۲۷۱۲۵۲

۶۴	۷۲	۱/۸۵۸۹۳۲	۲۲۷	۲/۳۵۶۰۲۶	۱/۲۶۷۴۰۸
۱۲۸	۳۶	۱/۵۵۷۹۰۲	۸۵	۱/۹۲۹۴۱۹	۱/۲۳۸۴۷۳
۲۵۶	۱۸	۱/۲۵۶۸۷۲	۲۷	۱/۴۳۱۳۶۴	۱/۱۳۸۸۳
۵۱۲	۹	۰/۹۵۵۸۴۲	۱۰	۱	۱/۰۴۶۱۹۸
۱۰۲۴	۵	۰/۶۹۸۹۷	۵	۰/۶۹۸۹۷	۱
۲۰۴۸	۲	۰/۳۰۱۰۳	۲	۰/۳۰۱۰۳	۱
					۱/۱۷۶۲۸۶Ave:

۵- بحث و نتیجه گیری

نتایج بدست آمده از بررسی شواهد ژئومورفولوژیکی و بعد فرکتال ظرفیت یک طبقه بندی نسبی از فعالیت تکتونیک را نشان می دهد با توجه به نتایج شاخص (S) حوضه رامهرمز (۱/۲۱) بستر حوضه سینوسی می باشد. بخش شرقی حوضه رامهرمز (۱/۳۳) و بخش غربی (۱/۳۸) نشان از اینکه رفتار خودسازماندهی بخش های حوضه تمایل به حفظ شیب ثابت کانال دارند که سبب افزایش سینوسی به پیچانرودی شده است و با ایجاد شکل پیچانرودی شیب دره در جهت پایین دست جریان کاهش یافته است که با یافته های (داوودی و همکاران، ۱۳۹۴) همخوانی دارد. محاسبه شاخص Af حوضه رامهرمز (۴۷/۵۲)، بخش شرقی حوضه (۵۹/۳۹) و بخش غربی آن (۵۴/۴۱)، حوضه مورد مطالعه از نظر تکتونیکی فعال بوده و بخش شرقی حوضه نسبت به بخش غربی فعال تر می باشد. تحت تأثیر این فعالیت، شاخه های فرعی در بخش شرقی حوضه طولانی تر از بخش غربی بوده و در نتیجه کج شدگی یا تمایل به سمت غرب حوضه یعنی ساحل غربی رود می باشد. طبق محاسبات شاخص BS حوضه ها دارای فعالیت تکتونیک می باشند و شکل آن ها براساس فعالیت تکتونیکی حالت کشیده به خود گرفتند. با توجه به نتایج شاخص T حوضه رامهرمز (۰/۷۴)، بخش شرقی حوضه رامهرمز (۰/۸۸) و بخش غربی آن (۰/۹۸) تقارن در حوضه و بخش های آن دیده نمی شود که دلیل شیب طبقات بر مهاجرت کانال اصلی بر منطقه مورد مطالعه تأثیر ناچیزی دارد، در این صورت مهاجرت ناحیه ای کانال آبراهه ها دلیل بر کج شدگی حوضه ها بر اثر فعالیت تکتونیکی است. نتایج بعد فرکتال ظرفیت حوضه رامهرمز (۱/۱۳)، بخش شرقی (۱/۴۷) و بخش غربی (۱/۱۷) نشان می دهد حوضه دارای فعالیت تکتونیکی است و مسیر حوضه مورد مطالعه در راستای یک خط مستقیم نمی باشد. بلکه، نقش تکتونیک در تحولات ژئومورفولوژیک حوضه مورد مطالعه باعث جابه جایی جانبی و تحولات در مسیر جریان رودخانه، غیر عادی بودن شبکه زهکشی، توپوگرافی دره ها با بالا آمدگی را ایجاد می کند. این نتایج مؤید این مطلب است، که در ارزیابی فعالیت های تکتونیکی و نقش تکتونیک در تحولات حوضه ها، بعد فرکتال ظرفیت می تواند بسیار با اهمیت باشد، چرا که با استفاده از این بُعد می توان حوضه های

که دارای فعالیت تکتونیک هستند شناسایی کرد.

۶- مراجع

- [۱] داودی، الهام، داودیان دهکردی، علیرضا، شبانیان بروجنی، ناهید، ۱۳۹۴. بررسی خصوصیات ریخت سنجی حوضه رودخانه زاینده رود تا پل زمانخان، مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته، شماره ۱۶، صص ۷۲-۶۰.
- [۲] سامانی، بابک، اسدی، زینب، چرچی، عباس، ۱۳۹۷، تحلیل ریخت زمین ساختی گسل رامهرمز، استان خوزستان، ایران، جغرافیای و توسعه، شماره ۵۳، زمستان ۱۳۹۷، صص ۱۵۸-۱۴۱.
- [۳] شایان، سیاوش، جابری، مریم، یمانی، مجتبی، قاسمی، محمدرضا، شریفی کیا، محمد رضا، ۱۳۹۱، نقش نوزمین ساخت در تحولات ژئومورفولوژیک مرز ساختاری البرز جنوبی- ایران مرکزی (مطالعه موردی: حوضه ی حبله رود)، پژوهش های جغرافیای طبیعی، سال ۴۴، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۱، صص ۹۸-۸۱.
- [۴] علمیزاده، هیوا، ماه پیکر، امید، سعادت مند، مریم، ۱۳۹۳. بررسی نظریه ی فرکتال در ژئومورفولوژی رودخانه ای: مطالعه ی موردی زرینه رود. پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، سال سوم، شماره ۲، صص ۱۴۱-۱۳۰.
- [۵] گزارش شرکت سهامی سازمان آب و برق خوزستان، ۱۳۹۳. مدیریت مطالعات پایه منابع آب، مطالعات تهیه بیلان منابع آب محدوده های مطالعاتی حوضه آبریز رودخانه های هندیجان-جراحی، گزارش جلد پنجم: ارزیابی منابع آب، گزارش بیلان آب محدوده مطالعاتی رامهرمز (۲۴۰۲)، ۸۰-۱.
- [۶] گورابی، ابوالقاسم، زمان زاده، محمد، یمانی، مجتبی، پیرانی، پریسا، ۱۳۹۹، ارزیابی و مقایسه کارایی روش های کمی فرکتال و فازی در تحلیل وضعیت تکتونیکی زاگرس شمال غرب، برنامه ریزی و آمایش فضا، دوره ۲۴، شماره ۴، صص ۶۷-۲۹.
- [۷] مقصودی، مهران، جعفر بگلو، منصور، جعفری، رضا. ۱۳۹۹. ارزیابی تکتونیک فعال در حوضه های حبله رود و کردان بر اساس شاخص های ژئومورفیک، جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۹(۳)، ۷۷-۵۷.
- [۸] یمانی، مجتبی،، علایی طالقانی، محمود، شهبازی، صبریه، ۱۳۹۰. مورفوتکتونیک و تأثیر آن بر تغییرات بستر و الگوی رودخانه قره سو، مجله ی جغرافیا و توسعه ی ناحیه ای، شماره هفدهم، پاییز و زمستان ۱۳۹۰، صص ۱۴۳-۱۲۵.

[9] Angeles.G., Perillo, G., & Pierini, J. (2004). "Fractal analysis of tidal channels in the

Bahía Blanca Estuary (Argentina)". *Geomorphology*, 57(3–4), 263-274.

[10] Bi, L., He, H., Wei, Z., & Shi, F. (2012). "Fractal properties of landforms in the Ordos Block and surrounding areas, China". *Geomorphology*, 175-176, 151–162. DOI.org/10.1016/j.geomorph.2012.07.006

[11] Donadio, C., Magdaleno, F., Mazzarella, A., Kondolf, G. M., 2014. "Fractal dimension of the hydrographic pattern of three large rivers in the Mediterranean morphoclimatic System: geomorphologic interpretation of Russian (USA), Ebro (Spain) and Volturno (Italy) Fluvial Geometry", *Pure and Applied Geophysics*, 172, pp. 1975-1984.

[12] Hamdouni, R.E., Irigaray, C., Fernandez, T., Chacon, J., Keller, E.A., (2008)," Assessment of relative active tectonic", Southwest border of the Sierra Nevada (Southern Spain). *Geomorphology*, 96: 150-173.

[13] Kusak, M., 2014. Methods of fractal geometry used in the study of complex geomorphic networks, *AUC Geographica*, 49, No. 2, pp. 99–110. *Geomorphology*. (1992) 77-114. 1992.

[14] Guarnieri, P., Pirrotta, C., (2008), "The response of drainage basins to the late quaternary tectonics in the Sicilian side of the Messina Strait (NE Sicily)", *Geomorphology*, 95:260- 273.

[15] Petts, G. E., et al, (1986): *Historical Change Alluvial River*, John Wiley and Sons.

[16] Tichy, V., 2012. *Fraktaly*. In: VORACKOVA, S. (ed.): *Atlas geometrie*. Academia, Praha, 252.

بررسی نقش فعالیت‌های انسانی بر تغییرات مورفولوژی رودخانه کرج از بیلقان تا پل راه آهن

Investigating the role of human activities on the morphological changes of the Karaj River from Beylaqan to the Railway Bridge

^۱ پرستو غفورپور عنبران، ^۲ علی احمدآبادی، ^۳ عزت اله قنوازی، ^۴ مهدی یاسی

^۱ دانش آموخته دکتری، رشته ژئومورفولوژی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران،

parastooghafurpur@yahoo.com

^۲ استادیار گروه ژئومورفولوژی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران، ahmadabadi@khu.ac.ir

^۳ دانشیار گروه ژئومورفولوژی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران، ghanavati@khu.ac.ir

^۴ دانشیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران، m.yasi@ut.ac.ir

چکیده

مطالعه تغییرات مورفولوژی رودخانه‌ها و شناسایی علل این تغییرات، به طور گسترده‌ای در تعیین روند تکاملی رودخانه‌ها و برنامه‌ریزی در حفظ سیستم رودخانه‌ای، مفید و کاربردی است. با توجه به تغییرات مورفولوژیکی رودخانه کرج که منجر به اختلال در روند عملکرد طبیعی و هیدرولوژیکی رودخانه شده است، نیازمند به بررسی تغییرات مورفولوژی و یافتن علل آن است. بنابراین در این تحقیق با استفاده از تصاویر عکس هوایی و گوگل ارث، اقدام به بررسی تغییرات الگو و مورفولوژی رودخانه در اثر دخالت‌های انسانی شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که به دلیل دستکاریهای متعدد در حاشیه و بستر رودخانه از جمله، گسترش ساخت و سازها بدون توجه به حریم رودخانه، احداث دیوارهای صلب و نفوذناپذیر سیمانی و بتنی در امتداد آبراهه، برداشت بی رویه شن و ماسه و احداث تجهیزات و تاسیسات جهت استخراج شن و ماسه از بستر رودخانه کرج، بیشترین نقش را در تغییرات مورفولوژی رودخانه داشته است. بررسی نتایج نشان می‌دهد که بازه شهری از پارک چمران تا پل مترو کرج، دستخوش تغییرات زیادی شده است.

کلمات کلیدی: رودخانه کرج، مورفولوژی رودخانه، فعالیت‌های انسانی. شهرنشینی.

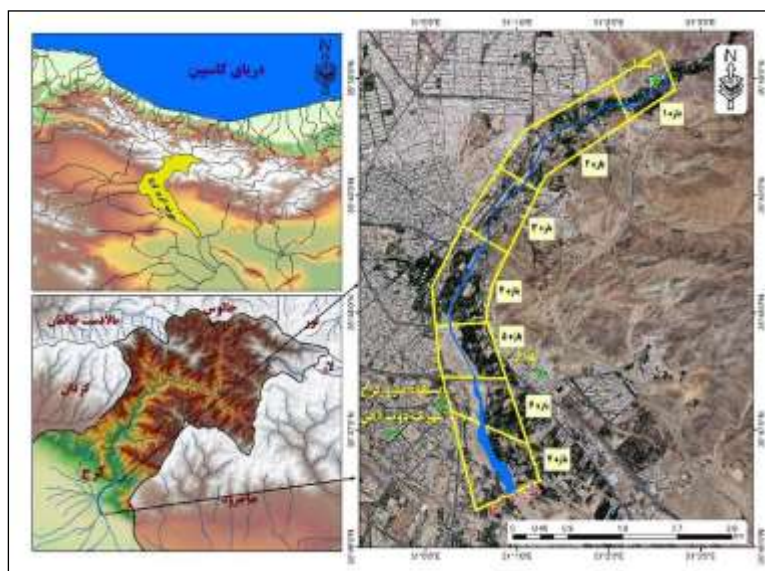
رودخانه ها پدیده هایی فعال و از مهم ترین عوامل موثر در فرآیندهای ژئومورفولوژیک زمین و چرخه فرسایش هستند (ایلدرمی و شیخی پور، ۱۳۹۵؛ حجازی و همکاران، ۱۳۹۵) که اکوسیستم آنها کاملاً پویا بوده و مرزهای جانبی و مشخصات مورفولوژیکی آنها در طول زمان و به طور پیوسته حال تغییر است (Kessler et al, 2012). در سال های اخیر، به دلیل تغییرات صورت گرفته در سامانه رودخانه های خسارت های محیطی ناشی از فرآیندهای رودخانه ای در بسیاری از کشورها روند افزایشی داشته و توجه و حساسیت مدیران محیط زیست نسبت به ماهیت، عوامل و آثار این تغییرات در بوم - سامانه را در پی داشته است (حسین زاده و اسماعیلی، ۱۳۹۴). نقش انسان در تغییر مجرای رودخانه قابل ملاحظه است، به طوری که فعالیت های مهندسی مثل کانال سازی، سد سازی، انحراف و ایجاد نهرها و اثرات غیرمستقیم در تغییر مجاری رودخانه ای از طریق کاربری اراضی مانند تسطیح زمین، کشاورزی متمرکز، خانه سازی و شهرنشینی قابل تجزیه و تحلیل است (Gregory, 2006). در زمینه بررسی نقش انسان در تغییرات مورفولوژی رودخانه مطالعات فراوانی صورت گرفته است از جمله بیاتی خطیبی (۱۳۸۷)، شایان و همکاران در سال ۱۳۹۶، شرفی و همکاران (۱۳۹۸)، صفاری و همکاران (۱۴۰۲)، Yamani et al (2011)، Dar et al (2019)، Mandal et al (2022) می توان اشاره کرد.

با توجه به قرار گرفتن کلان شهر کرج در پایین دست، همچنین تعداد زیاد روستاها، افزایش جمعیت زیاد در این منطقه، تغییر کاربری اراضی و توسعه کالبدی شهر، اهمیت این حوضه را افزایش داده است. در سال های اخیر، به دلیل گسترش شهرنشینی، تجاوز به حریم رودخانه، ساماندهی رودخانه با روش های سنتی مهندسی از جمله کوچک کردن و مستقیم سازی رودخانه، هدایت فاضلاب های غیربهداشتی، تخریب پوشش گیاهی، برداشت شن و ماسه از رودخانه و افزایش سطوح نفوذناپذیر و آسفالت شهر، افزایش رواناب شهری و... آسیب های جدی را بر بوم سامانه رودخانه کرج وارد کرده است. در قسمت هایی از مسیر رودخانه، دیواره های انجام شده در طول رودخانه کرج به شدت موجب تغییر شرایط طبیعی آن شده است. سواحل رودخانه کرج به دلیل گسترش شهرنشینی و ساخت وسازها مورد تصرف قرار گرفته و با احداث دیواره، محدوده باغ از رودخانه منفک شده است. احداث دیواره باغ ها، باعث عرض کم رودخانه و عدم امکان دسترسی به آن شده است. دیواره باغات که به عنوان موانع و تجاوزات محسوب می گردد تا حاشیه رودخانه کرج گسترش یافته به طوری که به اراضی مجاور رودخانه هیچ گونه دسترسی وجود ندارد. به تدریج با نزدیک شدن به محدوده شهری، مناظر و بافت اطراف رودخانه دچار تغییراتی نسبت به بالادست آن می شود و میزان ساخت وسازها افزایش می یابد. چنانکه در محدوده روستای بیلقان بافت مسکونی و مناطق سکونتگاهی تا نزدیکی مجرای رودخانه وجود دارد. تغییر کاربری اراضی و تبدیل مجرای طبیعی رودخانه به کانال های مصنوعی و سیمانی صلب و همچنین تجاوز به

حریم رودها باعث افزایش آسیب پذیری در این محدوده ها شده و در صورت بروز سیلاب های با دوره بازگشت طولانی مدت، به دلیل نفوذناپذیری مسیر، با حوادثی چه بسا غیر قابل جبران روبه رو خواهیم بود.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مور مطالعه، رودخانه کرج، رودخانه ای در البرز مرکزی و شمال باختری تهران است. برای بررسی تغییرات مورفولوژی رودخانه، بازه مطالعاتی از محدوده بیلقان با مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۹ دقیقه و ۵ ثانیه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۵۰ دقیقه و ۸۲ ثانیه عرض شمالی تا پل راه آهن با مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۰۰ دقیقه و ۰۴ ثانیه طول شرقی و ۳۵ دقیقه و ۴۶ دقیقه و ۵۷ ثانیه عرض شمالی به طول تقریبی ۹ کیلومتر که بازه شهری را در بر می گیرد، مورد مطالعه قرار گرفت (شکل ۱).



شکل ۱) موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز کرج و مسیر رودخانه کرج از بیلقان تا پل راه آهن

مواد و روشها

در این تحقیق با هدف شناسایی تغییرات مکانی - زمانی رودخانه کرج در یک دوره ۲۷ ساله (۱۳۷۴-۱۴۰۱) بازه ای به طول ۹ کیلومتر در بازه شهری از بیلقان تا پل راه آهن در نظر گرفته شد، به همین منظور از عکس هوایی و تصاویر Google Earth جهت برآورد تغییرات استفاده شده است. مواد و ابزاری که در این تحقیق استفاده شده است عبارتند از :

عکس‌های هوایی ۱:۸۰۰۰ سال ۱۳۷۴ در ۱۰ شیت، سازمان نقشه‌برداری کشور، تصاویر Google Earth سال

۲۰۲۲

استفاده از نرم‌افزار Google Earth و SAS PLANET برای دریافت تصاویر Google Earth

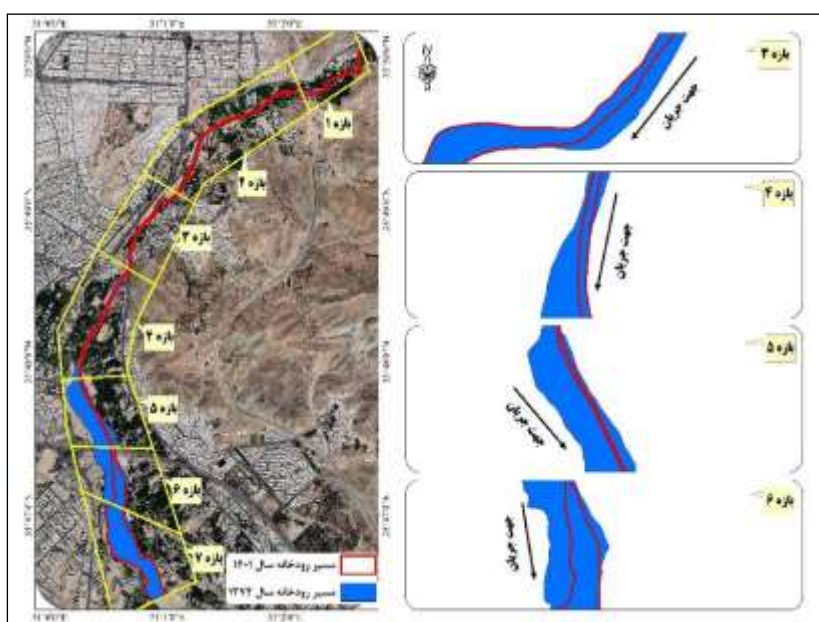
استفاده از نرم‌افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی (ARC GIS) برای رقومی سازی داده‌ها، آنالیز، مدل‌سازی و مدیریت و نمایش اطلاعات در قالب نقشه.

نتایج

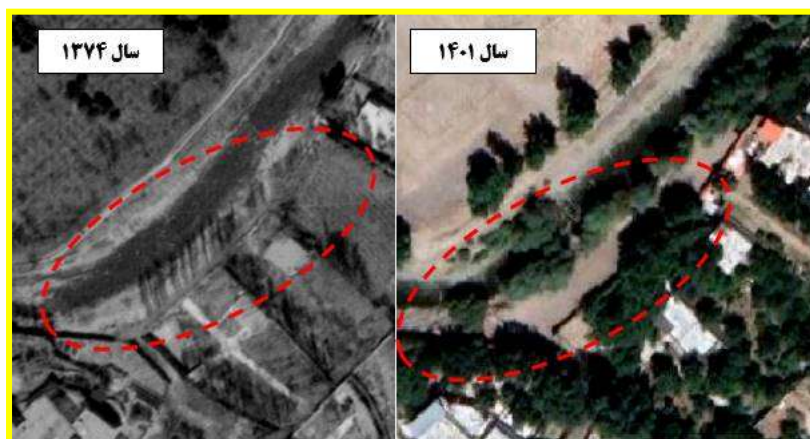
در این بخش به بررسی تغییرات مورفولوژی مسیر اصلی رودخانه کرج، حدفاصل روستای بیلقان تا پل راه‌آهن طی بازه زمانی ۱۳۷۴-۱۴۰۱، براساس عکس هوایی و تصاویر گوگل ارث پرداخته شده است. با توجه به آبراهه‌سازی مسیر رودخانه در حدفاصل پل شاه‌عباسی تا آزادراه کرج تهران، بیشترین تغییرات مورفولوژی آبراهه در این بخش از مسیر مشاهده می‌شود. احداث و ایجاد دیواره‌های بتنی و سازه‌های مختلف در مسیر آبراهه، مانع از جابجایی عرضی و ارتباط با سیلابدشت شده است. به دلیل احداث سازه‌های نگه‌دارنده رسوب و آب در بازه بالادست و دیوارکشی‌ها در نزدیکی مجرای رودخانه و آبراهه، ایجاد تأسیسات و تجهیزات شهری، گسترش بافت سکونتگاهی، کاهش عملکرد طبیعی سیلابدشت و قطع ارتباط سیلابدشت با آبراهه را به همراه داشته است. هم‌چنین، وجود ساختارهای عرضی متعدد بخصوص پل‌ها، کاهش پیوستگی طولی و عرضی رودخانه، عملکرد ژئومورفولوژیکی و هیدرولوژیکی را تحت تاثیر قرار داده است. نابسامانی در بستر رودخانه به دلیل برداشت شن و ماسه و عملیات انسانی، کاهش شدید رشد گیاه و نابودی اکولوژی آن از جمله دیگر دخالت‌های انسانی در بستر و حاشیه رودخانه کرج است که مورفولوژی و الگوی آبراهه را تغییر داده است.

با توجه به اجرای طرح‌های مختلف در سال‌های اخیر در پایین‌دست رودخانه کرج، تغییرات ریخت‌شناسی قابل‌توجهی بر سامانه رودخانه تحمیل شده و خواهد شد. این تغییرات موجب برهم خوردن الگوی طبیعی جریان و رسوب رودخانه کرج شده و در برخی از بازه‌ها موجب تخریب بستر و دیواره‌های رودخانه شده است. بر اساس نتایج تغییر مورفولوژی (شکل ۲) در بازه شماره ۳، به دلیل توسعه ساخت‌وساز و تجاوز به حریم و بستر رودخانه در کناره چپ، باریک شدن و کاهش عرض آبراهه مشاهده می‌شود (شکل ۳). در بازه‌های شماره ۴، ۵ و ۶ در اثر ایجاد دیواره ساحلی و محصور کردن و مستقیم‌سازی آبراهه، تغییرات مورفولوژی با شدت زیاد صورت گرفت است در بازه شماره پنج به دلیل کانالیزه کردن مسیر رودخانه و مسقیم کردن مجرا، مورفولوژی آبراهه از حالت شریانی به حالت مستقیم

تغییر یافته است و الگوی رودخانه تابع عوامل کنترل کننده رودخانه نبوده و توسط عملیات مدیریتی انسانی شکل گرفته است. ایجاد دیواره در کرانه رودخانه یا آبراهه سازی، عملکرد طبیعی سیلابدشت همچون اتلاف انرژی سیلاب و پراکندگی سیلاب را مختل کرده است. این موانع ثابت، مستقیماً بر آبراهه در ارتباط است. از این رو، امکان یا پتانسیل تغییرات احتمالی مسیر رودخانه به علت دیوارکشی های وسیع و بسترهای بتنی وجود نخواهد داشت (شکل های ۴ و ۵)



شکل ۲) تغییرات مورفولوژی رودخانه کرج در حدفاصل روستای بیلقان تا پل راه آهن طی بازه زمانی ۲۷ ساله (مآخذ: نگارنده)



شکل ۳) نمایی از دستکاری انسانی و تجاوز به حریم و بستر رودخانه کرج در بازه شماره ۳



شکل ۴) نمایی از احداث دیواره سنگی و سیمانی در امتداد مجرای رودخانه، بازه شماره ۴ محدوده پارک چمران



شکل ۵) نمایی از احداث دیواره سنگی و سیمانی و تغییر الگوی رودخانه، بازه شماره ۵، پایین دست پارک چمران



شکل ۶) نمایی از احداث و گسترش تأسیسات و تجهیزات در سیلابدشت، بازه ۶، بین پل بزرگراه و پل مترو



شکل ۸) نمایی از پایین دست جریان رودخانه کرج در محدوده پارک چمران



شکل ۷) احداث دیواره های سنگی و سیمانی و نفوذناپذیر در امتداد رودخانه، قبل از پل شاه عباسی



شکل ۱۰) نمایی از بستر کانالیزه شده رودخانه کرج در محدوده بین پارک چمران تا پل بزرگراه تهران- کرج



شکل ۹) نمایی از بستر کانالیزه شده با مصالح سیمانی و سنگی و نفوذناپذیر در محدوده بین پارک چمران تا پل بزرگراه تهران- کرج

بحث و نتیجه گیری

مجرای اصلی رودخانه کرج در محیط شهری به شدت دستکاری شده تا جایی که یک کانال مستطیلی کم عرض و عمیق توسط دیواره های صلب و نفوذناپذیر سنگ و سیمانی (و در بخشی از آن، بستر با پوشش بتنی) کانالیزه شده، جایگزین رودخانه شده است. در واقع، در اثر گسترش شهرنشینی و توسعه فعالیت های مدیریتی، تجاوز به بستر و حریم رودخانه، ساماندهی رودخانه با روش های سنتی مهندسی از جمله کوچک کردن و مستقیم سازی رودخانه، هدایت فاضلاب های غیر بهداشتی، تخریب پوشش گیاهی، برداشت شن و ماسه از رودخانه و افزایش سطوح نفوذناپذیر و آسفalte شهری، افزایش رواناب شهری و... آسیب های جدی را بر بوم سامانه رودخانه کرج وارد کرده است و شبکه زهکشی رودخانه تغییر نموده است و از حالت طبیعی خود خارج شده اند. مداخله انسان از طریق ایجاد زیرساخت های عرضی

مانند پل‌ها، استخراج، انحرافات و مستقیم‌سازی آبراهه در امتداد رودخانه، عملکرد طبیعی رودخانه را مختل کرده است. این وضعیت نشان می‌دهد که رودخانه شرایط ناپایداری دارد که این شرایط ناپایدار در اثر دخالت و گسترش فعالیت‌های انسانی و از دست رفتن عملکرد طبیعی رودخانه در مجرای این رودخانه است. نکته موردتوجه در خصوص رودخانه‌های شهری همچون رودخانه کرج آن است که اقدامات ساماندهی غیراصولی و کانالیزه کردن رودخانه‌ها، علاوه بر تخریب محیط‌زیست، ارتباط مستقیمی با افزایش خسارت‌ها به علت مهار ناموفق سیلاب‌ها داشته‌اند و محیط‌زیست رودخانه به علت فرآیند تقدم زندگی مردم بر آن‌ها از بین رفته است. لذا پیشنهاد می‌گردد، جهت جلوگیری از آثار منفی و مخاطرات ناشی از دستکاری‌های انسانی در مجرای رودخانه، راهکارهای مدیریتی اتخاذ شود و بهبود اتصال جانبی در مسیرهایی که به دلیل اشغال حاشیه رودخانه توسط فعالیت‌ها و عناصر انسانی محدودیت وجود دارد، اقدامات لازم توسط سازمان‌های متولی صورت گیرد.

مراجع

ایلدرمی، علیرضا، شیخی پور، آزاده، بررسی تغییرات مورفولوژی رودخانه و نقش آن در فرسایش و رسوبگذاری با استفاده از HEC-RAS (مطالعه موردی: رودخانه خرم آباد- دواب و یسیان)، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال پنجم، شماره ۳، ۱۳۹۵.

بیاتی خطیبی، مریم، نقش تغییرات کاربری بر پویایی آبراهه اصلی و بروز تغییرات اساسی در دشتهای سیلابی نواحی کوهستانی (مطالعه موردی: دره ليقوان، واقع در دامنه شمالی توده کوهستانی سهند، نشریه دانشکده علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز، شماره ۱۷، ۹-۳۲، ۱۳۸۳).

حجازی، اسدالله، مدیری، مهدی، رحیمی، مسعود، غ مهرورز، ارسلان، بررسی تغییرات مجرای رودخانه ارس با استفاده از روش ترانسکت در طی بازه زمانی ۲۰۱۴-۱۹۸۷ و تاثیر سازه های احداثی در اصلاح مسیر رودخانه (از اصلاندوز تا پارس آباد)، جغرافیا و مخاطرات محیطی ۵ (۲۰)، ۷۳-۸۹، ۱۳۹۵.

حسین زاده، محمدحسین، اسماعیلی، رضا، ژئومورفولوژی رودخانه‌ای، مفاهیم، اشکال و فرآیندها. تهران: انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۹۴.

شایان، سیاوش، شریفی کیا، محمد، ناصری، ناهید، تحلیل عوامل مورفولوژیکی در تغییرات الگوی مکانی- فضایی رودخانه الوند، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۳۲ (۱)، ۲۴-۳۶، ۱۳۹۶.

شرفی، سیامک، آرین تبار، حبیب، کمالی، زهرا، بررسی تغییرات مکانی - زمانی مورفولوژی رودخانه سیلاخور در استان لرستان، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال هشتم، شماره ۳، ۱۱۵-۱۳۱، ۱۳۹۸.

صفاری، امیر، قنواتی، عزت اله، علیپور دزفولی اصل، حمید، بررسی تغییرات مورفولوژی رودخانه کارون و مخاطرات ناشی از آن مطالعه موردی: بندگیر تا خرمشهر، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیست و سوم، شماره ۶۸، ۱۴۰۲.

Gregory, K. J. The human role in changing river channels", Journal of Geomorphology, 79: 172

Yamani, M. The effect of human activities on river bank stability (Case Study: Atrak River), American Journal of Environmental Sciences, 7 (3): 244-247, 2001.

Dar, R. A., Mir, S. A., & Romshoo, S. A. Influence of geomorphic and anthropogenic activities on channel morphology of River Jhelum in Kashmir Valley, NW Himalayas. Quaternary International, 507, 333-341, 2019.

Mandal, B., Karmakar, S. and Bej, D. Morphological Changes on Gungata River Watershed due to Anthropogenic Interferences, a part of the Upper Rihand Basin, Chhattisgarh. International Journal of Current Science Research and Review, pp.607-616, 2022.

Kessler, A.C.; Satish, C. & Melinda, K. Assessment of River Bank Erosion in Southern Minnesota Rivers Post European Settlement, Geomorphology, 2013 .
<http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.07.006>.

-191, 2006.

بررسی نوسانات سطح آب‌های زیرزمینی دشت شوش در ارتباط با تغییرات محیطی

^۱ آزاده مقصودی، ^۲ هیوا علمیزاده*

^۱ دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، maghsoudi81@gmail.com

^۲ دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، Elmizadeh@kmsu.ac.ir

چکیده

چاه‌های اکتشافی در مطالعات و بررسی‌های زمین‌شناسی، ژئومورفیکی و آب‌های زیرزمینی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هدف اصلی این پژوهش بررسی عوامل مؤثر بر نوسانات سطح آب‌های زیرزمینی دشت شوش در ارتباط با تغییرات محیطی است. در این راستا برای انجام این پژوهش داده‌های سطح آب چاه‌های پیژومتری محدوده مطالعاتی دشت شوش تهیه گردید و جهت بررسی تغییرات سطح ایستابی از چاه‌هایی که داده کامل‌تری داشت، استفاده گردید و افت سطح ایستابی و تغییرات با استفاده از لوگ چاه‌ها بررسی شدند. در ادامه نوسانات سطح آب زیرزمینی، بر اساس داده‌های اقلیمی، زمین‌شناسی، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و داده‌های تراز آب‌های زیرزمینی چاه‌های بهره‌برداری و چاه‌های مشاهداتی (پیژومترها) دشت شوش مقایسه و ارزیابی گردید. در این پژوهش از نرم‌افزارهای Arc GIS، SPSS، Dic استفاده شده‌است و با بررسی نقشه‌های به‌دست‌آمده در نرم‌افزار Arc GIS به تحلیل چاه‌ها پرداخته شد. مطابق نتایج چاه‌هایی که در رسوبات آبرفتی حفر شده، دارای سطح آب مختلفی هستند و چاه‌هایی که در سازند بختیاری قرار دارند، خشک و یا دارای سطح آب پایینی می‌باشند. قسمت‌های حاشیه‌ای دشت شوش شرقی و غربی که دارای رسوبات رسی می‌باشد، دارای سطح آب زیرزمینی بالا و کیفیت شیمیایی نامناسب‌تر از دیگر مناطق است و از نظر آبدهی نیز ضعیف‌تر از آن نواحی است. در حاشیه شمالی دشت (اطراف شهر دزفول - اندیمشک) عمدتاً رسوبات دانه درشت بوده و حاصل فرسایش کنگلومرای بختیاری می‌باشند. در لوگ حاصل از این چاه‌ها رسوبات دانه درشت در حد گراول تا قلوله سنگ و ماسه ریز و درشت مشاهده می‌گردد. در بخش‌های میانی و شمالی دشت شوش شرقی نیز همین وضعیت مشاهده می‌گردد. با توجه به اینکه بیشتر محدوده مطالعاتی به بخش کشاورزی تعلق دارد، در این مناطق با افت سطح ایستابی مواجه هستیم؛ بنابراین اگر در استفاده از آب‌های زیرزمینی مدیریت اصولی صورت نگیرد، در معرض خطر جدی بحران آب قرار می‌گیرد.

کلمات کلیدی: تغییرات محیطی، سطح ایستابی، لوگ چاه‌ها، پیژومتری، دشت شوش.

توسعه شهرها، خشکسالی‌های پی‌درپی، آلودگی‌های گسترده آب‌های زیرزمینی و بارش‌های ناکافی و به هنگام در چند دهه اخیر، رشد آگاهی‌های فکری و توجه جوامع بشری را در رابطه با اهمیت منابع آب زیرزمینی به دنبال داشته است. در نتیجه این آگاهی و توجه به حفظ منابع آب زیرزمینی موجود، تحقیقات ژئومورفیکی در کنار سایر مطالعات هیدروژئولوژی در رابطه با شناخت منابع آب زیرزمینی مناطق مختلف بسیار حائز اهمیت می‌باشد. در این میان بروز خشکسالی‌های اخیر و توزیع ناهمگون زمانی و مکانی بارش سبب بروز مشکلات جدی در تامین منابع آب مورد نیاز، افت سطح آب زیرزمینی، محدودیت اراضی قابل کشت، کمبود آب شیرین و مخاطراتی از جمله فرونشست زمین، ایجاد شکاف و ترک در اراضی کشاورزی و ساختمان‌ها و غیره را در پی داشته‌است (اژدری و حسینی، ۱۳۹۷). به همین دلیل نیز این ماده حیاتی یکی از مهم‌ترین ارکان در توسعه کشور می‌باشد که توسعه سایر بخش‌ها در گروی بهره‌برداری پایدار از آن است (جغتایی و همکاران، ۱۳۹۴). در این رابطه رشد جمعیت، افت شدید سطح آب‌های زیرزمینی در دشت‌ها و توزیع نامتعادل زمانی و مکانی آب‌های سطحی، موجب استخراج و استفاده بیشتر از منابع آب‌های زیرزمینی از طریق چاه‌های عمیق شده است. نیاز و برداشت بیش از حد از آب‌های زیرزمینی و تغییر ساختار آرایش نهشته‌های آبخوان و به تبع آن، کاهش ضریب ذخیره در آبخوان‌های تحت فشار در دهه‌های اخیر منجر به توسعه استراتژی‌های گوناگون برای مدیریت منابع آب و استفاده مناسب از آب‌های زیرزمینی شده است. امروزه بحران آب با رشد شتابان جمعیت و تغییر اقلیم و بهره‌برداری بیش از حد از منابع محیط زیست و همچنین نیاز بشر به غذای بیشتر، بیش از گذشته مشهود است. در دهه‌های اخیر افزایش تقاضای آب، کاهش سرانه منابع تجدیدشونده و چگونگی استفاده از این منابع به شکل مطلوب‌تر، نگرانی‌های زیادی ایجاد نموده و جهت تضمین توسعه پایدار یکی از مهم‌ترین موضوعات روز می‌باشد (Ganesh et al., 2018; Siebers et al., 2015). در این میان چاه‌های اکتشافی و پی‌زومتری در مطالعات ژئومورفیکی، زمین‌شناسی و ژئوهیدرولوژی از اهمیت خاصی برخوردار است. زیرا به وسیله این عامل دسترسی مستقیم به درون زمین ممکن شده و فرضیات را می‌توان به اطلاعات عینی و زنده تبدیل نمود. در مطالعه آب‌های زیرزمینی علاوه بر آنکه از طریق حفاری به وجود لایه‌ها و تشکیلات زمین‌شناسی می‌توان پی برد، وضعیت آب‌های درون آن را از نظر کیفی به وسیله نمونه برداری آب از اعماق مختلف و مقادیر کمی را به وسیله پمپاژ چاه‌های مذکور می‌توان به دست آورد. از این رو اطلاعات مربوط به حفاری‌ها در بررسی دقیق‌تر و شناخت وضعیت آبخوان آب زیرزمینی از نظر تعداد، نوع لایه‌های آب‌دار، ضخامت آبرفت در مناطق مختلف آبخوان، جنس سنگ کف، اندازه‌گیری نوسان سطح آب زیرزمینی و تعیین جهت حرکت آب زیرزمینی و اطلاع از ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان، مشخص ساختن وضعیت ژئومورفیکی و هیدروژئولوژیکی و تحقیق درمورد نوسانات سطح ایستابی و موقعیت فضایی آنها نقش مهمی را ایفا

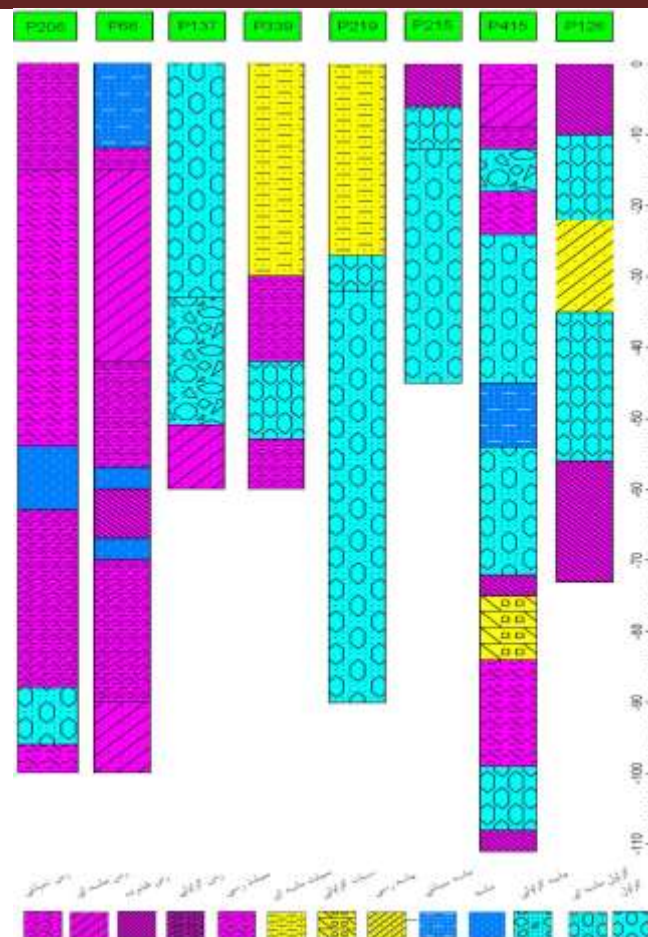
می‌کنند (Springer et al., 2023; Jacob, 2020). از این رو در این پژوهش چاه‌های اکتشافی و نوسانات سطح آب‌های زیر زمینی دشت شوش مورد بررسی قرار گرفته‌است.

مواد و روشها

دشت شوش در جنوب غربی کشور و در قسمت میانی تا بخش انتهایی حوضه آبریز رودخانه دز با وسعتی بالغ بر ۱۹۹۳ کیلومتر مربع واقع شده است. مهم‌ترین رودخانه‌های جاری در دشت شوش شامل رودخانه‌های دز، بالارود، کهنک، گلال و شاوور است که نقش عمده‌ای در آبیاری زمین‌های منطقه ایفا می‌کنند و به‌طور گسترده‌ای از آب این زهکش‌ها بخصوص در بخش کشاورزی استفاده می‌گردد. میزان بارش متوسط سالانه در سطح محدوده دشت برابر ۳۲۵ میلی‌متر محاسبه شده که حجم بارندگی با توجه به مساحت محدوده مورد مطالعه برابر ۸۰۵ میلیون مترمکعب می‌باشد. همچنین میزان رواناب سطح زهکشی شده از سطح محدوده برابر ۱۲۶ میلی‌متر و معادل ۳۱۲ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد. بیلان هیدرولوژی در مقیاس ماهانه میزان نفوذ را طی ماه‌های پرباران سال یعنی آذر، دی، بهمن و اسفند برابر ۱۲۴ میلی‌متر سالانه معادل ۳۰۷ میلیون متر مکعب نشان می‌دهد (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۷). استفاده از نقشه‌های توپوگرافی منطقه با مقیاس‌های ۱:۵۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰ و زمین‌شناسی منطقه با مقیاس‌های ۱:۱۰۰۰۰۰، همچنین گزارش‌های موجود منطقه، بازدید میدانی منطقه مورد مطالعه از نظر زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی و لیتولوژی و همچنین تصویر ماهواره ای منطقه Landsat8، نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ شرکت ملی نفت ایران، نقشه‌های توپوگرافی سازمان نقشه برداری کشور به صورت نقشه‌های رقومی شده مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ آمار چاه‌های بهره برداری و چاه‌های مشاهداتی (پیزومترها)، جزو مراحل پژوهش به شمار می‌آیند. جمع‌آوری داده‌های چاه‌های مشاهداتی در دشت شوش، برای به دست آوردن تصویر کلی از منطقه مورد مطالعه با وارد کردن اطلاعات و نقشه‌های پایه است که به‌طور مقدماتی به وسیله نرم‌افزارهای DIC و Arc GIS انجام گرفتند. همچنین در این پژوهش از اطلاعات مربوط به حفاری‌ها در بررسی دقیق‌تر و شناخت وضعیت آبخوان آب زیرزمینی از نظر تعداد، نوع لایه‌های آبدار، ضخامت آبرفت در مناطق مختلف آبخوان، جنس سنگ کف و اطلاع از ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان (از طریق پمپاژ چاه‌های اکتشافی) استفاده شده است. در محدوده شوش ۱۴ حلقه چاه اکتشافی حفر گردیده است که از این تعداد ۲ حلقه به سنگ کف برخورد کرده‌اند و بقیه به دلیل مختلف تا سنگ کف حفاری نشده‌اند. در طول تحقیق با استفاده از لوگ چاه‌ها با اهداف مقایسه تغییرات انجام گرفته در محدوده مطالعاتی به صورت دوره‌ای مقایسه شده و تغییرات و نوسانات ارزیابی گردید.

نتایج

رسوبات آبرفتی در دشت لور واقع در شمال شرقی محدوده مطالعاتی که یکی از مناطق مورد بهره‌برداری وسیع منطقه است، به علت واقع بودن بین ارتفاعات کنگلومرای شمال و جنوب خود از واریزه‌ها و مواد تخریبی این رسوبات انباشته گردیده است؛ بنابراین از نظر دانه بندی از رسوبات درشت دانه (قلوه و شن و ماسه) تشکیل شده و تنها در ناحیه مرکز دشت آبرفت‌ها دانه ریز شده و به صورت رس و سیلت دیده شده اند. از شمال به جنوب به طرف تاقدیس شیرین آب رسوبات قلوه سنگ و شن و ماسه فشرده‌تر شده از ضخامت آن کاسته می‌گردد تا در حوالی تاقدیس شیرین آب رسوبات از کنگلومرای ضعیف که قبلاً شرح داده شده مشاهده می‌شود. در دشت سبیلی نیز تقریباً وضعیت به همین ترتیب می‌باشد. در زیر این رسوبات کنگلومرای آبدار در تمام قسمت تاقدیس یک لایه رسی که احتمالاً سنگ کف دشت را نیز تشکیل داده نمایان می‌گردد. این لایه در اکثر چاه‌های حفر شده دیده شده است. عمق برخورد به این لایه رسی در مرکز تاقدیس شیرین آب در حدود ۹۰ متر و در اندیمشک و تیپ ۲ زرهی در حدود ۱۰۰ تا ۱۱۰ متری دیده شده است (شکل ۱). به نظر می‌رسد رس مربوط به رسوبات لهری و آجاجاری باشد. تاقدیس شیرین آب در قسمت جنوب خود به وسیله یک گسل سراسری شرقی غربی از دشت دز جدا می‌گردد. رسوبات آبرفتی قسمت‌های شمال دشت‌های دز باز هم از عناصر تخریبی کنگلومرای می‌باشد که ضخامت زیادی را در این قسمت‌ها تشکیل می‌دهد.



شکل ۱: مقاطع چاه‌های پیزومتری در محدوده دشت شوش

از اواسط دشت دز واقع در مرکز محدوده مطالعاتی بعد از تقاطع بالارود با رودخانه دز رسوبات دانه درشت جای خود را به رسوبات رسی قهوه‌ای رنگ داده است که البته ضخامت چندانی ندارند و در زیر آن رسوبات دانه درشت قهوه‌ای و شن و ماسه‌ای وجود دارد که بر روی هم آبرفتها در این ناحیه کم ضخامت بوده و در حدود ۶۰ متر ضخامت دارد (شکل ۱). در اعماق پایین‌تر در سرتاسر دشت دز بین قسمت‌های شمالی و جنوبی یک تغییر فاسیس (رخساره‌ای) شدید و ناگهانی دیده می‌شود؛ به‌طوری‌که قسمت‌های شمالی دشت تا اعماق بیش از ۱۰۰ تا ۱۵۰ متر رسوبات عموماً دانه درشت و از عناصر کنگلومرایی بختیاری است ولی در قسمت جنوبی دشت بلافاصله بعد از بستر رودخانه دز تمام چاه‌های عمیق حفر شده به رسوبات متناوب رسی و سیلتی و ماسه‌ای و شنی یعنی همان رسوباتی که در تشکیل رسوبات لهبری موجودند دیده می‌شود که به احتمال یقین این ناحیه بدون آبرفت قابل توجهی بوده و رسوبات آن کلاً رسوبات لهبری می‌باشد. علت وجود این تغییر فاسیس سریع و شدید را می‌توان در وجود یک تاقدیس مدفون (با توجه

به طول موج چین خوردگی های موجود در منطقه احتمال می رود یک تاقدیس مدفون در حوالی محل تقاطع رودخانه- های بالارود و دز وجود داشته باشد) یا چند شکستگی به موازات تاقدیس ها دانست که ایجاد فروافتادگی قسمت شمال دشت را باعث شده است. این وضعیت در تمام لوگ های حفاری موجود از چاه ها تایید می شود. در جنوب غربی این محدوده پایان رسوبات دشت در ساحل کرخه تشکیلات بختیاری- لهبری با یک سری گسل پدیدار می گردند که این گسل ها احتمالاً در بوجود آوردن بستر رودخانه کرخه و ایجاد شرایط آبخوانهای تحت فشار شوش واقع بین محدوده شاوور و کرخه نقش داشته اند. سنگ کف سفره های آبدار دشت به احتمال زیاد از رسوبات بختیاری یا لهبری تشکیل شده، اما هیچکدام از این تشکیلات نتوانسته اند نقش اساسی خود را در ایجاد یک سنگ کف مقاوم و نفوذناپذیر ایفا نمایند. زیرا از یک طرف سازند بختیاری در قسمت های شمال دشت شوش به علت عدم چسبندگی کافی بین دانه های در قسمت های فوقانی، دارای نفوذناپذیری تحت تاثیر حرکات کوهزایی ملایم اواخر دوران سوم در این نوع رسوبات بیشتر گردیده به طوری که مقداری آب در خود جریان داده و تعدادی چاه در آنها حفر گردیده است.

بحث و نتیجه گیری

نتایج مطالعات ژئوفیزیک و بررسی لاگ چاه ها در دشت شوش نمایانگر آن است که مناطق دشت لور و قسمتی از دشت سبیلی و بخش های شمالی دشت دز شرقی و غربی علاوه بر آنکه دارای وضعیت دانه بندی آبرفتی بسیار مناسبی می باشد و از نظر وضعیت شیمیایی نیز کلاً دارای آب های شیرین و مناسب می باشند. همچنین قسمت های حاشیه ای دشت دز شرقی و غربی که دارای رسوبات رس دار می باشد، دارای سطح آب زیرزمینی بالا و کیفیت شیمیایی نامناسب تر از مناطق یاد شده قبلی است و از نظر آبدی نیز ضعیف تر از آن نواحی است. با توجه به مقایسه لاگ چاه ها از نظر عمق و لایه های تشکیل دهنده مشاهده گردید که عمق و جنس لایه ها در چاه های مورد مطالعه باهم تفاوت دارد. در قسمت های شمالی دشت شوش در عمق حفاری به رسوبات سخت کنگلومرایی برخورد می شود. در چاه های بخش مرکزی دشت به رسوبات ریگی و شن و ماسه و در چاه های جنوبی به رسوبات ماسه ای ختم می شود که به علت خاصیت ارتجاعی حفاری در آنها امکان پذیر نبوده است. در بعضی چاه ها رسوبات دانه درشت جای خود را به رسوبات رسی قهوه ای رنگ داده است که البته ضخامت چندانی ندارند و در زیر آن رسوبات دانه درشت قهوه ای و شن و ماسه ای وجود دارد که بر روی هم آبرفت ها در این ناحیه کم ضخامت بوده است. پمپاژ بیش از حد از آبخوان دشت شوش در مجاور رودخانه دز، می تواند سبب خشک شدن رودخانه شود. طی دوره ای که بارش بیش از میانگین است، انتظار می رود قسمتی از بارش سبب افزایش ذخیره آب زیرزمینی و بالا رفتن تراز سطح ایستابی شود. برعکس طی دوره های کم آبی، منابع آب سطحی با پمپاژ از آب زیرزمینی جبران شود. به طور کلی بارش و جریان رودخانه و رژیم برداشت و بهره برداری از آب های زیرزمینی از مهم ترین پارامترهای تاثیرگذار بر نوسانات سطح آب زیرزمینی دشت شوش می باشد.

توجه به اینکه بیشتر محدوده مطالعاتی به بخش کشاورزی تعلق دارد، در این مناطق با افت سطح ایستابی مواجه هستیم؛ بنابراین اگر در استفاده از آب‌های زیرزمینی مدیریت اصولی صورت نگیرد، در معرض خطر جدی بحران آب قرار می‌گیرد.

مراجع

اژدری، زهرا، حسینی، سید زین‌العابدین. تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های کیفی آب‌های زیرزمینی با استفاده از زمین آمار (مطالعه موردی: دشت سگری، اصفهان). فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۳۹۷؛ ۲۰(۳): ۶۳-۸۰.

جغتایی، حجت اله، دبیری، رحیم، مسلم پور، محمد الیاس، اطاری، مجید، شریفیان عطار، رضا. بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی با استفاده از شاخص کیفیت آب‌های زیرزمینی (GQI) و (GIS) در دشت جغتای، شمال شرق ایران. انسان و محیط زیست ۱۳۹۴؛ ۱۳(۴): ۱۷-۲۵.

Ganesh, K., Jai Sankar, G., Jagannadha Rao, M., & C.S.V. Prasad, A. (2018). Multi criterion Analysis for Groundwater Potential Zones along River Gostani and surroundings of Visakhapatnam, Andhra Pradesh, India. International Journal of Engineering & Technology, 7(3.31), 186. doi:10.14419/ijet.v7i3.31.18295.

Siebers, A. R., Pettit, N. E., Skrzypek, G., Fellman, J. B., Dogramaci, S., & Grierson, P. F. (2015). Alluvial ground water influences dissolved organic matter biogeochemistry of pools within intermittent dryland streams. Freshwater Biology, 61(8), 1228–1241. doi:10.1111/fwb.12656.

Springer, A., Lopez, T., Owor, M. The Role of Space-Based Observations for Groundwater Resource Monitoring over Africa. Surveys in Geophysics 44, 123–172 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10712-022-09759-4>

Jacob, N. (2018). Radon isotope assessment of Submarine Groundwater Discharge (SGD) in Coleroon River Estuary, Tamil Nadu, India. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 317(3), 1495–1495. doi:10.1007/s10967-018-5999-6.

بررسی و تحلیل مخاطرات ژئومورفولوژیکی چابهار در راستای آمایش سرزمین

عبدالمجید احمدی

استادیار گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی a.ahmadi@razi.ac.ir

چکیده

وقوع بلایای طبیعی، نظیر سیل، زلزله، توفان، گردباد و سونامی در اغلب موارد تأثیرات مخربی بر سکونتگاههای انسانی باقی گذاشته و تلفات سنگینی بر ساکنان آنها وارد ساخته است. ساختمانها و زیرساختهای این گونه مناطق را نابود کرده و عوارض اقتصادی و اجتماعی پدیده ای بر جوامع بشری و کشورهای جهان تحمیل کرده است. شهرها به عنوان یک مکان تجمع برای جمعیت انسانی از وقوع این بلایای طبیعی مستثنی نبوده و لازم است چاره اندیشی های جدی جهت کاهش آسیب پذیری این سکونتگاهها در برابر بلایای طبیعی صورت پذیرد. در چنین شرایطی شناخت کافی از ویژگی ها و شرایط گروه های انسانی و مکان های در معرض خطر می تواند مجال برنامه ریزی و آمایش محیطی فضا را در جهت تعدیل خطر پذیری و به دنبال آن دوری از بحران فراهم کند. موضوعی که بی توجهی یا کم توجهی به آن می تواند رویداد یک پدیده طبیعی مانند زمین لرزه در بستر محیطی خود را به تهدید و ناامنی تبدیل کرده و در مواد زیادی فاجعه بار شود. لذا توجه به مخاطرات و بلایا و بررسی آنها در راستای کاهش زیان های مخرب و افزایش تعادل و تاب آوری از ضروریات برنامه ریزی و آمایش سرزمین می باشد. این مقاله با استفاده از روش های توصیفی تحلیلی و بررسی های میدانی باهدف بررسی مخاطرات طبیعی چابهار گردآوری شده است و نتایج بررسی ها باتوجه به شرایط اقلیمی و توپوگرافیکی منطقه نشان داد که مهمترین مخاطرات در این پهنه محیطی زلزله؛ سیل و بحران آب می باشند که در راستای آمایش محیط باید مورد توجه برنامه ریزان و مدیران قرار گرفته و در جهت کنترل یا کاهش اثرات مخرب و افزایش میزان مقاومت محیط گام های موثری برداشته شود.

کلید واژگان : مخاطرات؛ ژئومورفولوژی؛ برنامه ریزی؛ آمایش محیط؛ چابهار

مخاطرات محیطی همواره از مهمترین موضوعات مطرح در جوامع به شمار آمده و برنامه ریزی برای مقابله و پیشگیری از آثار زیانبار آنها در زمره اهداف بلند مدت جوامع مذکور بوده است (پورطاهری و همکاران، ۳۱، ۱۳۹۰). این مخاطرات می تواند در نتیجه تاثیر عوامل طبیعی یا انسانی ایجاد گردند که مجموعه عوامل و شرایط محیطی و طبیعی مانند ویژگی های توپولوژیکی، ژئومورفولوژی، اقلیمی و هیدرولوژیکی در کنار عوامل انسانی، به طور کلی نقاط قوت، ضعف و نیز فرصت ها و تهدید هایی را بر پهنه زیستی محیط طبیعی به وجود می آورد (حاجی علیزاده و همکاران، ۲ : ۱۳۹۰).

مخاطرات طبیعی بخش جدا نشدنی از زندگی بشر بوده و پیوسته از زمان خلقت تا کنون وجود داشته است. اثرات مخرب و منفی این مخاطرات در زندگی انسان همواره منجر به خسارتهای مالی، جانی و محیطی گسترده ای شده است. مخاطرات طبیعی منابع درآمدی را از بین می برد و با تخریب فعالیتهای جامعه و محیط زیست منطقه، موجب آسیب های اقتصادی و اجتماعی و فیزیکی می شود (رکن الدین افتخاری و همکاران، ۱۳۸۶، ص ۶۴). امروزه شمار رخداد مخاطرات طبیعی در جهان رو به افزایش نهاده است، بطوریکه نتایج حاصل از مطالعات دانشمندان، نشان می دهد تعداد مخاطرات طبیعی با منشا آب و هوایی در کل سیاره زمین در حال افزایش است (جهانگیری، ۱۳۸۸، ص ۲۲ و ۲۱). اگر چه مخاطرات اقلیمی افراد معدودی را با مرگ مواجه می سازد اما جمعیت زیادی را تحت تاثیر خود قرار می دهد (اسمیت، ۱۳۸۲، ص ۱۵). استقرار کشور ایران بر روی پهنه پرحادثه کره زمین، از جمله کمر بند زلزله آلپ هیمالیا (ساسان پور و همکاران ۱، ۱۳۸۹) برخورداری از تنوع اقلیمی، تنوع توپوگرافی و شرایط طبیعی ناهمگون، مجموعه شرایطی را به وجود آورده است که وقوع انواع مخاطرات طبیعی در آن اجتناب ناپذیر است. وجود گسل های سرتاسری بر روی این فلات همواره باعث زلزله های ویرانگر در همه مناطق شده است (مرکز مطالعات و خدمات تخصصی شهری و روستایی، ۳، ۱۳۸۵). همچنین ورود توده ی هوای سرد از شمال شرق و شمال غرب و توده ی هوای گرم و خشک از جنوب غرب و جنوب شرق و بهره گیری از رطوبت خلیج فارس و دریای عمان در جنوب و دریای خزر در شمال کشور باعث شده تا در مناطق مختلف شاهد آب و هوای مختلف و بحران های جوی متفاوت باشیم. این سرزمین با توجه به موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی خود از جمله ده کشور سانحه خیز جهان به شمار می آید و همواره بر اثر بروز سوانحی چون سیل، زلزله، خشکسالی، طوفان و غیره خسارات جانی و مالی قابل توجهی به کشور وارد آمده است دست کم ۸۶ درصد خاک ایران در منطقه زلزله خیز قرار دارد (عسگری زاده و همکاران، ۵، ۱۳۸۹). این پژوهش با هدف بررسی مخاطرات طبیعی شهر چابهار در راستای بهره گیری از پتانسیل های آن و جلوگیری از زیان ها احتمالی در راستای آمایش محیط گرد آوری شده است

پیشینه پژوهش

بلادیس (۱۳۹۰) در پژوهشی با عنوان «تحلیلی در مخاطرات محیطی و ژئومورفولوژیکی سکونتگاه های روستایی شمال مرنده» به مطالعات میدانی پرداخته است. مخاطرات محیطی و ژئومورفولوژیکی در دو گروه درون زاد (آندوژنیک) و برون زاد (اگزوژنیک) مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج نشان میدهد منطقه از نظر فعالیتهای درون زاد به ویژه زلزله مورد تهدید جدی قرار دارد و به عنوان پرخطرترین عامل به حساب می آید و از جهت مخاطرات برون زاد، ناپایداری دامنه ها و سیل روستاها را تهدید می کند.

کاوینی راد (۱۳۸۹)، در پژوهشی تحت عنوان «تحلیل فضایی مخاطرات محیطی و بحران های بوم شناسی در ایران» نشان داد که روند تخریب محیط زیست در طول چند دهه اخیر افزایش بی سابقه ای یافته است. بیشتر این آمارها محصول برآیند موقعیت جغرافیایی و توپوگرافی سرزمین ایران، کم توجهی به نقش جستار پایداری محیط در طراحی و اجرای سازه ها و فضاها، ناآگاهی عمومی و کم توجهی سازمانهای دولتی است و تداوم این وضعیت دست کم در دو دهه آینده، کشور را با چالش های امنیتی محیط محور پرهزینه و زمان بر رویارو خواهد کرد.

نجف آبادی و همکاران (۱۳۸۹)، در پژوهشی تحت عنوان «بررسی و شناسایی مخاطرات محیطی در بندرعباس» به بررسی و رتبه بندی مخاطرات طبیعی مرتبط با مشخصه های ژئومرفیک شهر بندرعباس با فن Topsis پرداختند، نتایج نشان داد که اولویت اولین مخاطره زلزله است و گسترش شهری در پرمخاطره ترین ناحیه شهری صورت گرفته است.

زهتابیان و همکاران در سال ۱۳۸۱ برای تعیین مناطق مستعد پخش سیلاب در حوضه طغرود قم از نقشه های شیب، ژئومورفولوژی و گروههای هیدرولوژیکی خاک در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده نمودند. بدین منظور لایه های اطلاعاتی مورد نظر در قالب منطقهای بولین، فازی و شاخص هم پوشانی نقشه ها تلفیق یافتند و نقشه های خروجی با عرصه های کنترل مقایسه و مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج حاصل بیانگر آن است که مدل فازی بهترین مدل برای تعیین مکانهای پخش سیلاب در منطقه مورد مطالعه می باشد.

موقعیت منطقه مورد مطالعه

شهرستان چابهار با مساحتی حدود ۱۳۱۶۲ کیلومتر مربع در منتهی الیه جنوب شرقی ایران در کنار آبهای گرم دریای عمان و اقیانوس هند قرار گرفته است. این شهرستان شامل سه بخش است که شهر چابهار در منتهی الیه جنوب غربی بخش مرکزی آن قرار گرفته است از نظر موقعیت مختصات جغرافیایی، شهر چابهار در ۲۵ درجه و ۱۷

دقیقه عرض شمالی و ۶۰ درجه و ۳۷ دقیقه طول شرقی واقع شده است. این شهر از طرف غرب به خلیج چابهار و از جنوب به دریای عمان ختم می شود به طوری که ۱۸.۵ کیلومتر خط ساحلی با دریای عمان دارد. به این ترتیب امکان دسترسی به آبهای آزاد از این طریق برای بندر چابهار جایگاه ویژه ای را به وجود آورده است. مساحت شهر چابهار ۲۳۰۰ هکتار است (مهندسین مشاور پیراوش معمار، ۱۳۸۹).

تجزیه و تحلیل

بررسی برخی شاخص های طبیعی (اقلیمی توپوگرافیکی)

بادهای باران آور موسمی در فصل تابستان و بادهای غربی در فصل زمستان در این منطقه موجب ریزش پراکنده باران میشوند که ۴۰ تا ۶۰ درصد بارندگی منطقه را شامل می شود. قرار گرفتن در مسیر بادهای موسمی شبه قاره هند (فصل مونسون) چابهار را به خنک ترین بندر جنوبی کشور در تابستان و گرمترین نقطه کشور در زمستان تبدیل کرده است. وضعیت توزیع ماهانه، عوامل بارندگی در ایستگاه چابهار، بیانگر این مطلب است که عمده ترین منابع تأثیر بر بارش این ناحیه در درجه اول از سیکلون های مدیترانه ای و در مراتب بعدی از بارش های همرفتی ناشی می شود. به همین دلیل، فصل زمستان در این ایستگاه از مقادیر بارش قابل توجهی برخوردار است، علاوه بر این، فصل تابستان بخصوص تیرماه نیز دارای بارش قابل توجهی در منطقه می باشد. پرباران ترین ماه سال در چابهار دی ماه می باشد که میزان بارش این ماه ۲۸.۷ میلی متر و کم باران ترین ماه سال اردیبهشت ماه می باشد که میزان آن ۰.۰۴ میلی متر است.

متوسط بارندگی ماهانه شهر چابهار (۱۳۸۶-۱۳۹۵)

فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
۳.۷	۰.۰۴	۰.۴	۵.	۱.	۰.۶۹	۳.	۵.	۱	۲۸	۲۴	۱۵.
متوسط			۰.۶	۷		۸۹	۸	۸	۷.	۵.	۰.۴
بارندگی											

در چابهار رطوبت نسبی مانند بقیه سواحل بالاست ولی با توجه به وزش بادهای موسمی در فصل تابستان از همه جا خنک تر و زمستان آن گرم تر می باشد.

جدول ۲-۴ وضعیت رطوبت شهر چابهار (دوره آماری ۱۳۸۶-۱۳۹۵)

رطوبت	میانگین حداکثر رطوبت (درصد)	میانگین حداقل رطوبت (درصد)	میانگین رطوبت (درصد)
فروردین	۸۹.۲۵	۶۱.۴	۷۵.۵۵
اردیبهشت	۹۰.۴۵	۶۶	۷۸.۵۵
خرداد	۹۲.۵۵	۶۵	۸۲.۶
تیر	۹۱.۱	۷۵.۷۵	۸۳.۶۵
مرداد	۸۹.۹۵	۷۶.۳	۸۳.۲۵
شهریور	۸۹.۵۵	۷۴.۷۵	۸۲.۴
مهر	۹۱.۴۵	۶۵.۴	۷۸.۶۵
آبان	۸۹.۸	۵۹.۹۵	۷۵.۱
آذر	۸۵	۵۲.۹	۶۹.۶۵
دی	۸۱.۵۵	۴۹.۹۵	۶۵.۹۵
بهمن	۸۳.۷	۵۴.۴	۶۹.۲۵
اسفند	۸۹.۳	۶۰.۹	۷۵.۳

ماخذ : هواشناسی شهر چابهار

حداکثر مطلق دمای به ثبت رسیده در ایستگاه مورد مطالعه حدود ۳۸ درجه سانتیگراد است که در اردیبهشت ماه رخ داده است. این مقدار همزمان با اوج دوره گرما است. هم چنین حداقل مطلق دمای هوا که در دوره سرد سال اتفاق می افتد در حدود ۱۱.۳ درجه سانتیگراد است، که مربوط به دی ماه بوده که همزمان با ورود توده سرد به منطقه می باشد. میانگین حداکثر دمای هوا ۳۴.۶ درجه سانتی گراد می باشد که در خرداد ماه اتفاق افتاده و میانگین حداقل دمای هوا در آن ۱۵.۳ درجه سانتیگراد است که مربوط به ماه دی می باشد. نکته جالب این است که چابهار کمترین تغییر دما در فصول مختلف را دارا می باشد.

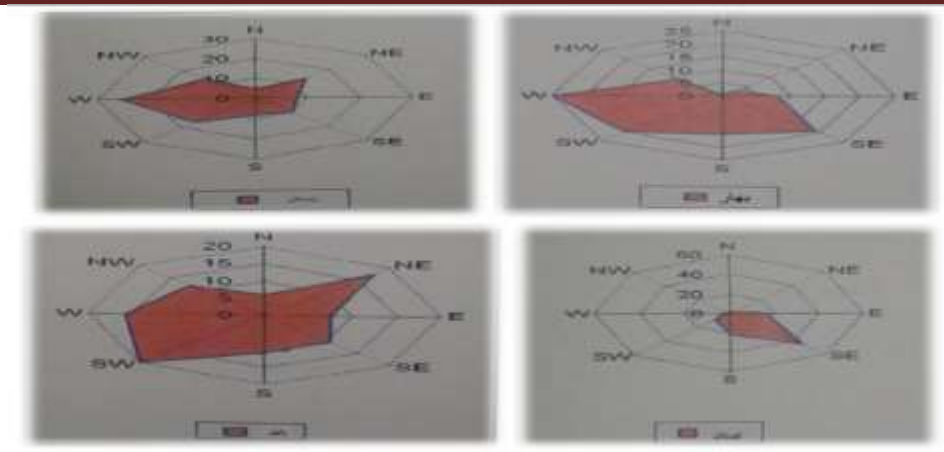
جدول ۳-۴ وضعیت دمای هوای شهر چابهار (دوره آماری ۱۳۸۶-۱۳۹۵)

شاخص ها	آذر	آبان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی
میانگین روزانه دما	۲۱.۷	۳۴.۲	۲۷.۵	۲۸.۷	۲۹.۴	۳۰.۸	۳۱.۴	۲۹.۶	۲۶.۶	۲۳.۴	۲۰.۷	۱۹.۷
میانگین بیشینه دما	۲۶.۳	۲۹.۳	۳۱.۹	۳۱.۷	۳۱.۹	۳۳.۳	۳۴.۶	۳۳.۵	۳۰.۶	۲۷.۶	۲۵.۳	۲۴.۳
میانگین کمینه دما	۱۶.۴	۱۹.۲	۲۳.۳	۲۵.۵	۲۶.۹	۲۸.۱	۲۸.۱	۲۵.۴	۲۲.۵	۱۹.۲	۱۶.۴	۱۵.۳
حداقل مطلق دما	۱۱.۶	۱۴.۵	۱۸.۹	۲۵.۸	۲۷.۸	۲۹	۲۸.۲	۲۴.۳	۱۸.۳	۱۴.۴	۱۲.۵	۱۱.۳
حداکثر مطلق دما	۲۹.۴	۳۲.۱	۳۴.۷	۳۴.۴	۳۳.۲	۳۴.۴	۳۷.۵	۳۸	۳۶	۳۴	۲۸.۷	۲۳.۳

به طور کلی باد غالب سالانه در چابهار در درجه اول باد جنوب شرق و در درجه بعدی باد غربی است. که سرعت متوسط آن زیاد است. سرعت متوسط باد زمستان بیشتر و بهمن ماه در زمستان بیشترین سرعت را دارا می باشد. سرعت متوسط باد غالب در این ماه ۵.۱۶ نات (حدود ۹.۵ کیلومتر در ساعت) است. سرعت متوسط مجموع باد ها ۳.۷۸ نات (حدود ۷.۴ کیلومتر در ساعت) میباشد.

جدول ۴-۴ درصد جهات باد غالب سالانه و فصلی شهر چابهار (دوره آماری ۱۳۸۶-۱۳۹۵)

	NW	W	SW	S	SE	E	NE	N
بهار	۸.۹۹	۲۴.۹۵	۲۰.۰۹	۱۴.۹۷	۱۹.۲۸	۸.۱	۳.۰۴	۰.۵۸
تابستان	۰.۷	۳.۱	۹.۴۵	۲۲.۰۶	۴۵.۳۴	۱۶.۲۹	۲.۸۲	۰.۲۴
پاییز	۱۱.۸۸	۱۵.۹۲	۲۰	۱۰.۸۲	۱۰.۵	۷.۴۷	۱۷.۵	۵.۹۱
زمستان	۱۳.۸	۲۵.۴	۱۶.۱۷	۸.۰۳	۹.۹۸	۷.۹۲	۱۳.۸	۴.۹
سالانه	۸.۷	۱۷	۱۶.۲	۱۴.۱	۲۱.۷۷	۱۰.۱	۹.۲۳	۲.۹



شکل ۱-۴ جهت باد غالب شهر چابهار

در شرایط عادی یعنی موقعی که اثرات هیچ یک از اثرات فوق الذکر وجود نداشته باشد. در روزها نسیم دریا به خشکی و در طول شب نسیم خشکی به دریا در جریان است که رطوبت را به داخل شهر می آورد.

چابهار برخی از گسل های طویل و بنیادی ایران زمین در راستای شمالی - جنوبی، شمال غرب، جنوب شرقی و شرقی و غربی را در برمی گیرد. این ناحیه که در منتهی الیه جنوب شرقی ایران قرار دارد، از دیدگاه رسوبی و ساختاری در زون مکران واقع شده است و به لحاظ قرار گرفتن در بالای یک زون فرو رانش پوسته ای، از دیدگاه تکنو نیکی بسیار فعال است. زمان شروع فعالیت گسل ها به دوره کرتاسه - پالئوسن بر میگردد به همین دلیل در امتداد این گسل ها افیولیت ملانژهای شمال مکران بیرون زدگی دارد.

لرزه خیزی این منطقه با بررسی زمین لرزه های تاریخی و مطالعه زمین لرزه های ثبت شده دستگاهی ارزیابی شده است. بررسی زمین لرزه های تاریخی مهم مانند زمین لرزه سالهای ۷۳۶ میلادی سیستان، ۸۱۵ میلادی سیستان، ۱۹۸۳ میلادی مکران، ۱۷۹۵ میلادی مکران و ۱۹۶۵ میلادی مکران به خوبی نشان می دهد که گسل مورد بررسی از دیدگاه زمین شناسی در مقایسه با دیگر مناطق ایران از آرامش نسبی برخوردار است.

مهم ترین گسل آن بشاگرد است که انتهای شرقی آن قسرقند و گسل میناب بر اثر عملکرد بشاگرد جابجا شده است. (درویش زاده، ۱۳۸۳، ۱۳۲) گسل ها نیز به عنوان عامل موثر و قطعی در تکتونیک منطقه از اهمیت ویژه ای برخوردارند.

بررسی عکس های هوایی، نقشه های زمین شناسی منطقه و نقشه تکتونیک خاورمیانه نشان می دهد که ناحیه مکران و از جمله منطقه چابهار تحت تاثیر گسل های فراوان قرار گرفته اند. هماهنگی گسل های موجود منطقه با

شرایط فعالیت نیروهای تکتونیکی عامل گسل ها، نشان می دهد که گسل های ناحیه اغلب فعال و جابجا می شوند. گسل های ناحیه در چارچوب سه گروه گسل های اصلی بزرگ، گسل های پنهان بزرگ و گسل های کوچک و پراکنده تقسیم بندی می شوند. (طرح مطالعاتی گردشگری منطقه آزاد، ۱۳۸۷، ۱۰)



شکل ۲-۴ نقشه گسل های چابهار

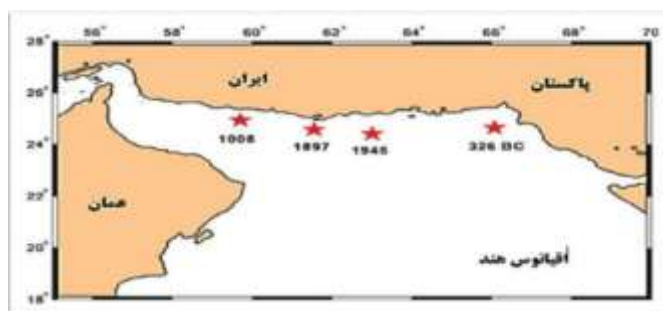
با توجه به مسئله ی فرورانش باید مقدار لرزه خیزی بالا باشد ولی به دو دلیل این مسئله ضعیف عمل می کند: ۱- فرورانش کم شیب ۲- مجموعه ی بر افزایشی در آب زیرا وجود آب در منافذ سنگها سبب کاهش تنفس و افزایش رفتار خمیری و کاهش رفتار ترد و شکننده می شود و نشانه ی پویایی این منطقه را می توان گل فشانه ها و پادگانه ها دانست. (مقیم، ۱۳۸۹، ۵۰). وجود گسل های طولی به موازات ساحل موجب بالا آمدگی تکتونیکی خط ساحلی می شود که بیشتر در بندر گناوه و چابهار به چشم میخورد.

می توان خطر سونامی در منطقه را به سه سطح تقسیم کرد:

۱- خطر نسبی کم برای تولید سونامی با درجه زلزله ۷-۷/۵ درجه ریشتر

۲- خطر نسبی کم تا متوسط برای تولید سونامی با درجه زلزله ۷-۷/۵ درجه ریشتر

۳- خطر نسبی بالا برای تولید سونامی با درجه زلزله ۷-۷/۵ درجه ریشتر



شکل ۳-۴ نقشه محل رخداد سونامی های تاریخی مکران

بررسی تاریخچه رخداد سونامی در منطقه با توجه به رخداد های سونامی در منطقه لازم به نظر می رسد و مطالعه آن ضروری است. (حیدرزاده، ۱۳۸۷، ۱۵۱). در منطقه اقیانوسی تا بحال ۹۰ سونامی گزارش شده است که فعالترین نواحی که بیشترین سونامی را ایجاد کرده اند نواحی فرو رانش مکران است. شکل شماره (۳-۶) نقشه آخرین سونامی ثبت شده در مکران در ۲۸ نوامبر ۱۹۶۵ با ۶۰۰۰ کشته که در جه آن ۸ / ۱ ریشتر بوده است. جدول شماره (۳-۱) ناحیه ی فرو رانش مکران با طول ۹۰۰ کیلومتر در امتداد غربی- شرقی امتداد یافته است در مناطق فرو رانش مهم ترین ویژگی وجود گودالها یا تراشه های ژرف به ژرفای ۲ تا ۴ کیلومتر است که در آن تجمع رسوبات و فعالیت های آتشفشانی وجود دارد در منطقه مکران این گودال به ۷ متر می رسد.

از نظر زمین ساختی انباشته شدن حجم عظیمی از رسوبات می تواند رفتار صفحه های درگیر در فرو رانش را و نحوه ی لغزش صفحه ها را تحت تاثیر قرار دهد. حیدرزاده، ۱۳۸۵، ۱۵۳) ویژگی دیگر ناحیه نبود گودال اقیانوسی در این ناحیه است. افزایش شیب ناحیه ی فرو رانش موجب افزایش مقدار دگر شکلی بستر اقیانوس می شود و افزایش ژرفای کانونی زمین لرزه موجب کاهش دگر شکلی بستر میگردد.

جدول ۴-۵ مشخصات سونامی های رخ داده منطقه مکران

ردیف	سال	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	بزرگای گشتاور زلزله	علت رخداد سونامی	تلفات
۱	۳۲۶ پیش از میلاد		در نزدیکی دهانه رودخانه ایندوس	-	زمین لرزه	-
۲	۱۰۰۸	۶۰ درجه خاوری	۲۵ درجه شمال	-	زمین لرزه	-
۳	۱۸۹۷		نزدیک گوادر	-	آتشفشان	-
۴	۱۹۴۵	۶۳ درجه خاوری	۲۴.۵ درجه خاوری	۸/۱	زمین لرزه	۴۰۰۰

میزان دگر شکلی بستر اقیانوس در اثر رخداد زمین لرزه هایی با بزرگای تا حدود ۷ تنها به حدود ۱۵ سانتیمتر می رسد و چنین زمین لرزه هایی هر چند اگر در خشکی اتفاق بیفتد بسیار خطرناک است ولی در اقیانوس چون قادر به جابجایی حجم قابل توجهی از آب اقیانوس نیست لذا پتانسیل کمی برای تولید سونامی دارد و برای حفاظت از مردم در این نواحی نصب سامانه های هشدار سونامی الزامی است.

نتیجه گیری و پیشنهادات

در تقسیمات اقلیمی ایران توسط گوسن ناحیه چابهار در قلمرو اقلیم نیمه بیابانی شدید قرار دارد. بر اساس روش آمبرژه این ناحیه در قلمرو بیابانی گرم و شدید قرار می گیرد، در تقسیمات اقلیمی دومارتن، این ناحیه در قلمرو اقلیمی مناطق خشک می باشد. در تقسیم بندی کلی آب و هوایی ناحیه چابهار می توان گفت، این ناحیه دارای آب و هوای گرم و مرطوب با زمستان های معتدل و مرطوب و تابستان های گرم با رطوبت زیاد است. همان طور که مشاهده میشود دو عامل اقلیمی دما و رطوبت در کنار دیگر عوامل، نقش تعیین کننده در وضعیت اقلیمی ناحیه دارند و می توانند مخاطرات اقلیمی ناشی از سرما و گرما را در چابهار کنترل کنند.

از نظر بارش ناحیه جزء مناطق خشک ایران به شمار می رود و میزان بارندگی سالیانه آن به حدود ۱۲۲ میلیمتر می رسد. بارندگی سواحل چابهار به خلاف سواحل دریای خزر چندان متأثر از تبخیر شدید آب نمیشد گرچه رطوبت قابل ملاحظه ای که در طول سال و به ویژه ماه های تابستان حاکم است، زمینه ایجاد هوای شرجی شدید را فراهم می کند با این حال وزش بادهای که غالبا از خشکی به دریا جریان دارد از یک سوء و فقدان جریان های انتقالی کافی از سوی دیگر، تکوین، تراکم و ایجاد ابر و بارندگی را با اشکال مواجه می سازد. بنابراین از سیستم های بارشی نیز می توان برخی از مخاطرات این منطقه را برآورد نمود. از نگاه توپوگرافیکی و ژئومورفولوژیکی با توجه به بررسی های به عمل آمده می توان نتیجه گرفت که این منطقه می تواند مخاطرات طبیعی زلزله سونامی و سیل را (با توجه به گسل های موجود و به خصوص فرورانش صفحه اقیانوسی به زیر صفحه قاره ای همراه با نوع اقلیم منطقه) تجربه نماید.

پیشنهادهات

- توجه بیشتر مسئولین به مناطق با آسیب پذیری زیاد و جلوگیری از احداث واحدهای مسکونی در حریم مسیل ها و گسل ها

- تعیین دوره بازگشت مخاطرات به ویژه سیلاب و زلزله های مخرب و آگاه سازی مردم نسبت به میزان آسیب پذیری و احتمال وقوع مجدد آنها

منابع

«اوزی، رمضان (۱۳۹۰)، جغرافیای مخاطرات (مخاطرات انسانی و طبیعی)، ترجمه محمد ظاهری، انتشارات، دانشگاه تبریز، چاپ اول.

پورطاهری، مهدی، عینالی، جمشید و رکن الدین افتخاری، عبدالرضا. ۱۳۸۹. نقش ظرفیت سازی در کاهش تأثیرات مخاطرات طبیعی (زلزله در مناطق روستایی با تأکید بر روشهای کمی (مطالعه موردی: مناطق زلزله زده

شهرستان خدابنده، پژوهش های جغرافیای انسانی، شماره ۷۴، ۲۳-۳۹.

عسکریزاده، سیدمحمد، سهراب محمدنیاقرائی و مجتبی ظهور (۱۳۸۹)، برنامه ریزی مدیریت بلایا و مخاطرات محیطی در راستای توسعه پایدار، چهارمین کنگره بین المللی جغرافیدانان جهان اسلام، ایران، زاهدان

باقری سیرابی، ابوالقاسم (۱۳۹۰)، آگاهی و آمادگی در مقابل زلزله و زمین لغزش، سازمان مدیریت کشور، اداره کل مدیریت بحران استان البرز

قائدرحمتی، صفر، احمد خادم الحسینی و طاهره سیاوشی تحلیل میزان ریسک پذیری سکونتگاه های شهری استان لرستان از خطر زلزله، جغرافیا و آمایش شهری- منطقه ای، شماره ۹، صص ۱۴-۱

کاویانی، مراد (۱۳۸۹)، تحلیل فضایی مخاطرات محیطی و بحران های بوم شناسی در ایران، فصلنامه مطالعات راهبردی، سال سیزدهم، شماره ۲

مرکز آمار ایران، نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵-۱۳۳۵

مقیم، ابراهیم (۱۳۸۵)، آموزش مهندسی در بستر مخاطره شناسی در قرن ۲۱، کنفرانس "آموزش مهندسی در ۱۴۰۴، فرهنگستان علوم، دانشکده فنی، صص ۶-۱

مهدوی نجف آبادی، رسول و محمد حسین رامشت (۱۳۸۹)، ایران غازی، سید جمال الدین خواجه الدین، عبدالله سیف، احمد نوحه گر و مرضیه رضایی، بررسی و شناسایی مخاطرات محیطی در بندر عباس، نشریه مرتع و آبخیز داری، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۳، شماره ۲، تابستان ۱۳۸۹، از صص ۲۶۱ تا ۲۷۶.

«یمانی، مجتبی و فاطمه مرادی پور (۱۳۹۲)، رتبه بندی پتانسیل سه مخاطره زلزله، سیل و لغزش در غرب کشور با استفاده از آنالیز تاکسونومی، فصلنامه ی ژئومورفولوژی کاربردی ایران، سال اول،

« کریمی ج، ناصری شوشتری ع، بررسی نقشه های برآوردخطر سیلاب ساحلی تهیه شده بامدل رقومی ارتفاع (dem) و سامانه اطلاعاتی جغرافیا (gis) منطقه مورد مطالعه سواحل جنوب شرقی ایران استان سیستان و بلوچستان، اولین همایش ملی توسعه سواحل مکران و اقتدار دریایی جمهوری اسلامی ۱۳۹۱

اسمیت کیت (۱۳۸۲)، مخاطرات محیطی، ترجمه ابراهیم مقیمی شاپور گودرزی نژاد انتشارات سمت، چاپ اول بهار ۱۳۸۲

«عسکریزاده، سیدمحمد، سهراب محمد نیاقرائی و مجتبی ظهور (۱۳۸۹)، برنامه ریزی مدیریت بلایا و مخاطرات محیطی

در راستای توسعه پایدار، چهارمین کنگره بین المللی جغرافی دانان جهان اسلام، ایران-زاهدان-۲۷-۲۵، فروردین ۱۳۸۹
«کاویانی مراد (۱۳۸۹)، تحلیل فضایی مخاطرات محیطی و بحران های بوم شناسی در ایران، فصلنامه راهبردی سال
سیزدهم، شماره دوم، صص ۳۴-۵۷

«نگارش، حسین، خسروی، محمودی (۱۳۷۷)» کلیات، ژئومورفولوژی ایران «انتشارات دانشگاه سیستان و بلوچستان
«ذوالفقاری حسن، فاطمه حیدری (۱۳۹۰)» «تحلیلی بر اقلیم توریستی سواحل جنوبی ایران» نشریه علمی پژوهش
جغرافیا و برنامه ریزی شهری (دانشگاه تبریز) سال ۱۶ شماره ۳۵ صص ۱۱۲-۷۹.
«نگارش، حسین، ۱۳۸۲، کاربرد ژئومورفولوژی در مکان گزینی شهرها و پیامد ان، جغرافیا و توسعه ۱۳۳-۱۵۰.

بررسی وضعیت کارستی آبخوان بیستون با استفاده از آنالیز هیدروژئوشیمی (Evaluation of bisetun aquifer karstic condition with hydro geochemistry analyze)

^۱ ساسان زنگنه تبار*، ^۲ مجتبی یمانی

۱- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران zangenegeo154@gmail.com

۲- استاد ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

چکیده

این تحقیق با هدف مشخص کردن مهم‌ترین فاکتورهای شیمیایی تاثیرگذار بر روی سیستم آب‌های کارستی انجام شده است. هدف از این تحقیق، مطالعه وضعیت شیمیایی منابع آب چشمه کارستی بیستون با استفاده از داده‌های هیدروشیمیایی است که میزان کارستی شدن را در سازندهای آهکی با درصد متفاوت آهک و منیزیم نشان می‌دهد. برای این منظور از اطلاعات شیمیایی نمونه آب چشمه اقدام به رسم نمودار پایپر و استیف با استفاده از نرم‌افزار AqQa و تعیین تیپ و رخساره آب چشمه شد. هم‌چنین با استفاده از نسبت غلظت کلسیم به منیزیم، نوع سفره کارستی چشمه مشخص گردید. مطابق نتایج حاصل از این تحقیق، میزان مواد جامد محلول (TDS) در آب چشمه، ۳۰۵ppm و هدایت الکتریکی چشمه بیستون $477\mu\text{S}/\text{cm}$ است که نشان‌دهنده عدم دخالت ناخالصی‌های محلی در کیفیت آب این چشمه است. چشمه مورد مطالعه در ناحیه چپ نمودار پایپر قرار می‌گیرد که حاکی از تیپ بی‌کربناته و بالا بودن قلیایی‌های دوظرفیتی کلسیم - منیزیم در آب چشمه است، هم‌چنین طبق نمودار استیف چشمه بیستون، آنیون غالب، بی‌کربنات و کاتیون غالب، کلسیم است که همگی این موارد، تأییدکننده منشأ کارستی چشمه بیستون و تأمین آب آنها از ارتفاعات کربناته منطقه مورد مطالعه می‌باشد. میانگین نسبت یون کلسیم به منیزیم برای چشمه بیستون، برابر ۲/۰۷ است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که زمان ماندگاری آب در آبخوان، کم و جنس سفره آب زیرزمینی در حوضه آبخیز چشمه بیستون، آهکی است.

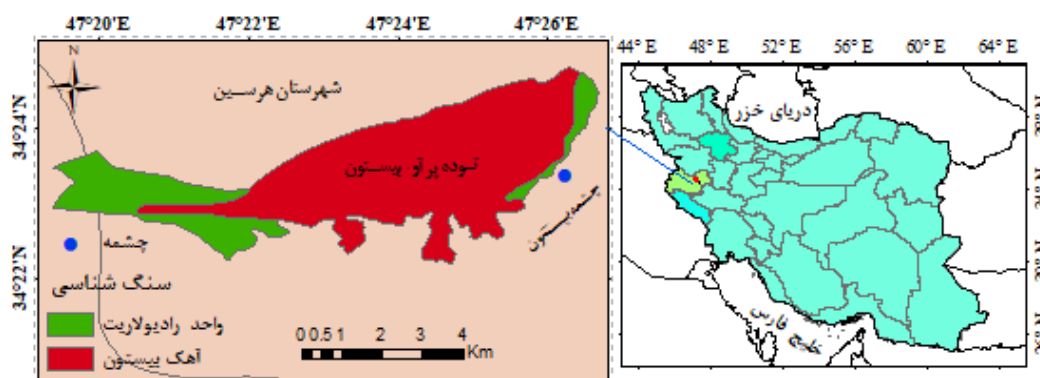
کلمات کلیدی: کارست، هیدروژئوشیمی، بیستون.

امروزه در دنیا کارست را یک منبع ارزشمند به شمار می آورند و اعتقاد عمومی بر این است که هر نوع دخل و تصرف به منظور بهره برداری از منابع آن باید با مطالعه و برنامه ریزی دقیق همراه باشد. در واقع کارست منبعی منحصر به فرد و تجدیدنپذیر با ارزش های مهم بیولوژیکی، هیدرولوژیکی، معدنی، علمی، فرهنگی، تفریحی و اقتصادی می باشد. آب شرب ۱۰ درصد جمعیت جهان از منابع آبی کارست تامین می گردد (گیلیسون، ۲۰۰۱). در ایران حدود ۱۱ درصد (بر اساس نظر احمدی پور حدود ۱۳ درصد) از سطح کل کشور و حدود ۹۰ درصد از ارتفاعات زاگرس از سازندهای کارستی تشکیل شده است (افراسیابیان، ۱۳۷۷). جنبه هیدرولوژیکی کارست های زاگرس از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. منابع آبی کارست های زاگرس علاوه بر تامین آب شرب و کشاورزی ساکنان زاگرس، نقش بسیار مهمی در تغذیه رودخانه های زاگرس و به تبع، سدهای احداث شده روی آنها دارند. در واقع سرچشمه بسیاری از این رودخانه ها چشمه های پرآب کارستی هستند (قربانی، ۱۳۸۸). رفتار آبخوان کارستی به دو نوع پارامترهای کیفی مهم بستگی دارد: نوع جریان؛ درجه کارستی شدن. تجزیه و تحلیل هیدروگراف های چشمه روش مناسبی برای بررسی نوع جریان است (Padilla و Pulido-Bosch، ۱۹۹۵). درجه کارستی شدن درونی از روش های زیادی استنباط شدنی است، هرچند هیدروژئوشیمی اطلاعات قابل قبول تری نسبت به سایر پارامترها به دست می دهد (Lastennet و Mudry، ۱۹۹۷). کارستی شدن در آبخوان های کربناته مشروط به ترکیبات شیمیایی و معدنی، لیتولوژی، فرآیندهای ژئوشیمیایی مهم، زمان ماندگاری آب، و دیگر فاکتورهای اصلی است که وظیفه هیدروژئولوژیکی سیستم را تعیین می کند (Ford و Williams، ۲۰۰۷). کیفیت آب زیرزمینی در آبخوان های کارستی نتیجه کلیه فرآیندها و واکنش هایی است که از لحظه ورود آب جوی تا زمان خروج آن از چشمه بر روی آب زیرزمینی تأثیر می گذارد. تشخیص مجموعه ای از شرایط هیدروژئولوژیکی و فرآیندهای هیدروژئوشیمیایی، که در آبخوان کارستی کیفیت آب های زیرزمینی و چشمه ها را تحت تأثیر قرار می دهد، دشوار است (کریمی وردنجانی، ۱۳۸۹). هنگامی که آب در امتداد خطوط جریان از منطقه تغذیه به سمت منطقه تخلیه حرکت می کند، شیمی آن توسط انواع گوناگونی از فرآیندهای ژئوشیمیایی تحت تأثیر قرار می گیرد؛ این فرآیندها عبارتند از: شیمی آب نفوذی، که عمدتاً به وسیله درجه حرارت هوا و درجه حرارت نزولات جوی کنترل می شود (که هر دو کنترل کننده تبخیر آب ورودی به سازندهای نفوذپذیر هستند)، تناوب، میزان و مدت زمان بارش، کانی شناسی، پوشش گیاهی، خاک، و میزان تولید گاز خاک. عوامل دیگری که بر روی شیمی آب های زیرزمینی تأثیر گذارند عبارتند از: ضخامت سازندهای زمین شناسی، نوع تخلخل، و وضعیت توپوگرافی. در حقیقت، این عوامل میزان تغذیه، مسیر جریان، و زمان ماندگاری آب چشمه ها را کنترل می نمایند (کریمی وردنجانی، ۱۳۸۹). میزان انحلال کانی های کربناته به چند فاکتور وابسته است. این فاکتورها عبارتند از: ۱. میزان جدایش یونها از سطح کانی؛ ۲. فرآیندهای انتقال در مجاورت سطح؛ ۳. میزان اسید کربنیک که در اثر واکنش بین CO_2 و آب به

وجود می آید (La Moreaux, ۱۹۹۱). آپلو و پوستما تخمین زده اند که در شرایط یکسان، برای رسیدن به شرایط اشباع ۹۵ درصد از دولومیت، ۱۰۰ برابر زمان بیشتر نسبت به کلسیت لازم است (Jones و Decampo, ۲۰۰۳). به دلیل مقدار کم انحلال دولومیت، از مقادیر بالای غلظت Mg^{+2} به عنوان شاخصی جهت زمان تأخیر طولانی آب زیرزمینی استفاده می شود. رسوب کلسیت همزمان با انحلال دولومیت می تواند در طول مسیر جریان، به دلیل بالابودن سرعت انحلال کلسیت در مقایسه با انحلال دولومیت در محیط های کارستی، اتفاق بیفتد (بیات و مجنونیان، ۱۳۶۷). معمولاً در مناطق کارستی، کل آب سیستم توسط چند چشمه معدود خارج می شود. همین امر باعث می شود که مطالعه خصوصیات مختلف چشمه ها نقش مهمی در شناسایی ویژگی های درونی کارست داشته باشد. تکنیک های هیدروشیمیایی اطلاعات مهمی درباره سیستم های کارستی در اختیار ما قرار می دهد. این تحقیق با هدف مشخص کردن مهم ترین فاکتورهای شیمیایی تاثیرگذار بر روی سیستم آب های کارستی انجام شده است. هدف از این تحقیق، مطالعه وضعیت شیمیایی منابع آب چشمه کارستی بیستون با استفاده از داده های هیدروشیمیایی است که میزان کارستی شدن را در سازندهای آهکی با درصد متفاوت آهک و منیزیم نشان می دهد.

۱-۱- منطقه مورد مطالعه

چشمه بیستون در دامنه کوه بیستون و در پای کتیبه تاریخی در شمال شهر بیستون قرار دارد. محدوده تغذیه کننده چشمه مورد نظر کوه های توده پرآو-بیستون در محدوده شهرستان هرسین هستند. حداکثر ارتفاع کوه بیستون ۲۷۳۰ متر و حداقل ارتفاع آن ۱۳۵۰ متر می باشد. شکل ۱، موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد. مساحت عمده منطقه مورد مطالعه را سازند ضخیم لایه آهک بیستون در برمی گیرد. واحد دوم که بیشتر شامل قسمت های شرقی و غربی محدوده مورد مطالعه می شود، رادیولاریت های کرمانشاه شامل آهک با ترکیبی از مارن و سیلیس است.



شکل ۱. موقعیت چشمه بیستون.

۲- مواد و روشها

این کار یک پژوهش توسعه ای-کاربردی است که بر روش های میدانی، ابزاری و کتابخانه ای متکی است. برای تعیین محدوده مورد مطالعه از نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ کرمانشاه و برای اطلاع از وضعیت سنگ شناسی آن، از نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ کرمانشاه استفاده شد. هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی هیدروژئوشیمیایی چشمه کارستی طاق بستان است. برای این منظور از اطلاعات شیمیایی نمونه آب چشمه استفاده شد. با توجه به میزان کاتیون ها (Na, K, Ca, Mg) و آنیون های (HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl) موجود در نمونه آب، اقدام به رسم نمودار پایپر و استیف با استفاده از نرم افزار AqQa و تعیین تیپ و رخساره آب چشمه شد. هم چنین با استفاده از نسبت غلظت کلسیم به منیزیم، نوع سفره کارستی چشمه مشخص گردید.

۳- بحث و نتایج

نتایج حاصل از تحلیل کمی داده های هیدروشیمیایی آب، کمک فراوانی به تشریح ویژگی های کارستی منطقه می کند. به طور کلی ویژگی های هیدروشیمیایی آب همراه با ترکیبات سازندهای زمین شناسی، بازگوکننده میزان انحلال ترکیبات آهکی و میزان توسعه کارست در منطقه است. برای ارزیابی هیدروشیمیایی چشمه کارستی بیستون از اطلاعات نمونه آب این چشمه استفاده شد که در جدول ۱ به نمایش گذاشته شده است.

جدول ۱. اطلاعات هیدروشیمیایی چشمه بیستون

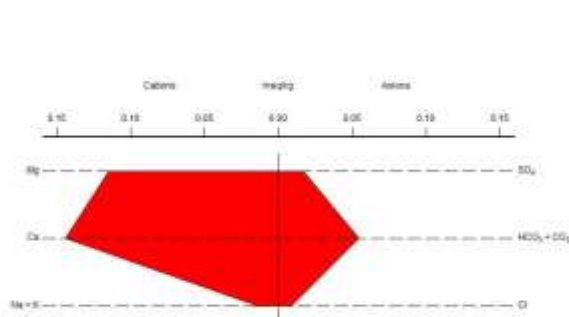
نام چشمه	EC	T DS	P H	Q	HC O ₃	So ₄	Cl	C O ₃	Na	K	Ca	Ma	ca mg
	μs/ cm	p pm		l/s	mEq/l								
بیستون	47 7	3 05	7 .63	48 1	3.5	0 .8	0 .3	۰	0 .32	0	2 .9	1 .4	2. 07

۳-۱- کل مواد جامد محلول در آب (TDS)

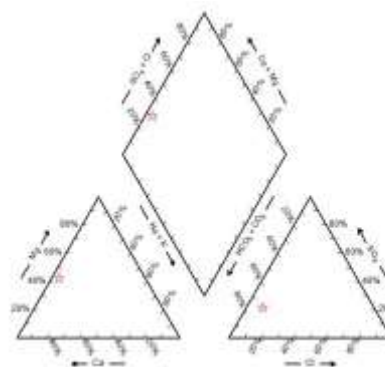
بین میزان املاح موجود در آب و هدایت الکتریکی آن رابطه مستقیم وجود دارد و هر تغییری در میزان املاح جامد محلول در آب، هدایت الکتریکی آن را نیز تغییر می دهد. مقدار املاح جامد محلول و هدایت الکتریکی آب می توانند بیانگر میزان توسعه یافتگی آبخوان های کارستی باشند (Sauter, ۱۹۹۳). معمولاً مقدار هدایت الکتریکی (EC) چشمه های کارستی کمتر از $(500 \mu\text{S}/\text{cm})$ به دست می آید. میزان EC چشمه بیستون حدود $477 \mu\text{S}/\text{cm}$ می باشد. میزان مواد جامد محلول (TDS) در آب چشمه، 305 ppm است که نشان دهنده عدم دخالت ناخالصی های محلی در کیفیت آب این چشمه است. این امر بیانگر کاهش زمان ماندگاری آب در سیستم کارستی و توسعه کارست در آبخوان چشمه بیستون است.

۳-۲- بررسی نمودار پایپر و استیف

بررسی اطلاعات هیدروشیمیایی چشمه بیستون بیانگر این است که از دید آنیونی، یون بی کربنات (HCO_3) در این چشمه غالب و تیپ آب آن، کربناته است. به لحاظ کاتیونی، کاتیون غالب کلسیم و بعد از آن منیزیم بوده و آب چشمه، رخساره کلسیک دارد. چشمه مورد مطالعه در ناحیه چپ نمودار پایپر (شکل ۲) قرار می گیرد که حاکی از تیپ بی کربناته و بالا بودن قلیایی های دوظرفیتی کلسیم - منیزیم در آب چشمه است، این امر تأیید کننده منشأ کارستی چشمه بیستون و تأمین آب آنها از ارتفاعات کربناته منطقه مورد مطالعه می باشد. شکل ۳، نمودار استیف چشمه بیستون را نشان می دهد. همان طور که در شکل مشخص است آنیون غالب، بی کربنات و کاتیون غالب، کلسیم است.



شکل ۳. نمودار استیف چشمه بیستون



شکل ۲. نمودار پایپر چشمه بیستون

۳-۳- نسبت کلسیم به منیزیم (نسبت مولار)

افزایش غلظت Mg یا کاهش نسبت مولار Ca/Mg نشان دهنده زمان ماندگاری بیشتر آب در آبخوان و معرف جنس سازند تغذیه کننده چشمه است (کریمی وردنجان، ۱۳۸۹). به طور کلی، نسبت های نزدیک به ۱ مربوط به سفره های کارستی دولومیتی و نسبت های بین ۲ تا ۱۰ مربوط به سفره های کارستی آهکی است (Hounslow, ۱۹۹۵). در صورتی که نسبت های بالای ۱۰ در آب های کارستی مشاهده شود، نشان دهنده درصد خلوص بالاتر آهک و یا وجود کانی های ژپس و انیدرید در تشکیلات آهکی است. معمولاً نسبت های کمتر از ۱ در تشکیلات کربناته مشاهده نمی شود، به استثنای مواردی که فرار گاز دی اکسید کربن از آب زیرزمینی در لایه آبدار دولومیتی موجب رسوب آراگونیت یا کلسیت شود و بدین ترتیب غلظت یون منیزیم در آب بالا می رود. برای محاسبه این پارامتر، غلظت های دو کاتیون کلسیم و منیزیم بر حسب میلی اکی والان در لیتر در نظر گرفته می شود. با توجه به اطلاعات مندرج در جدول ۱، ملاحظه می شود که میانگین نسبت یون کلسیم به منیزیم، برابر ۲/۰۷ است. بنابراین، می توان نتیجه گرفت که جنس سفره آب زیرزمینی در حوضه آبخیز چشمه طاق بستان، آهکی است.

۴- نتیجه گیری

نتایج حاصل از این تحقیق وابستگی زیاد انحلال بر روی لیتولوژی سازندها را نشان می دهد. همچنین، تحلیل کمی داده های هیدروشیمیایی آب کمک فراوانی به تشریح ویژگی های کارستی منطقه می کند. به طور کلی، ویژگی های هیدروشیمیایی آب همراه با ترکیبات سازندهای زمین شناسی بازگوکننده میزان انحلال ترکیبات آهکی است. میزان مواد جامد محلول (TDS) در آب چشمه، ۳۰۵ppm و هدایت الکتریکی چشمه بیستون ۴۷۷µs/cm است که نشان دهنده عدم دخالت ناخالصی های محلی در کیفیت آب این چشمه است. چشمه مورد مطالعه در ناحیه چپ نمودار پایپر قرار می گیرد که حاکی از تیپ بی کربناته و بالا بودن قلیایی های دوظرفیتی کلسیم - منیزیم در آب چشمه است، هم چنین طبق نمودار استیف چشمه بیستون، آنیون غالب، بی کربنات و کاتیون غالب، کلسیم است که همگی این موارد، تأیید کننده منشأ کارستی چشمه بیستون و تأمین آب آنها از ارتفاعات کربناته منطقه مورد مطالعه می باشد. میانگین نسبت یون کلسیم به منیزیم برای چشمه بیستون، برابر ۲/۰۷ است. بنابراین، می توان نتیجه گرفت که زمان ماندگاری آب در آبخوان، کم و جنس سفره آب زیرزمینی در حوضه آبخیز چشمه بیستون، آهکی است.

مراجع

افراسیابیان، احمد، اهمیت مطالعات و تحقیقات منابع آب کارست در ایران، مجموعه مقالات دومین همایش جهانی منابع آب در سازندهای کارستی، تهران-کرمانشاه، صص ۱۲۶-۱۳۷، ۱۳۷۷.

بیات، ح.م. و مجنونیان، ح.، منطقه حفاظت شده اشترانکوه، سازمان حفاظت محیط زیست، دفتر مطالعات محیطی، صص ۲۵-۳۷، ۱۳۶۷.

قربانی، محمدصدیق، مقایسه سیستمهای کارستی شاهو و سپیدان و اهمیت مدیریت آنها، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تعداد صفحه ۲۱۹، ۱۳۸۸.

Ford, D.C. and Williams, P.W. (2007). Karst Hydrogeology and Geomorphology. Wiley, Chichester, p. 562.

Gillieson, David, 2001, Caves, processes development management Black well. Pu.UK.

Hounslow, A.W. (1995). Water Quality Data: Analysis and interpretation, CRC Press LLC, Lewis publishers, 2, 346-357.

Jones, b.F. and Decampo, D.M. (2003). Geochemistry of saline lakes, In Treatise on Geochemistry: Elsevier, v.5 (Drever, J.I.), 6, 393-424.

La Moreaux, P.E. (1991). History of Karst Hydrological studies: Proceeding of the national Conference on Environmental Changes in Karst Areas Padova Italy.

Lastennet, R., Mudry, J. (1997). Role of rainfall and karstification in the behavior of a heterogeneous karst system. Environ Geol, 32, 114-123.

Padilla, A. and Pulido-Bosch, A. (1995). Study of hydrographs of karst aquifers by means of correlation and cross-spectral analysis. J. Hydrology, 168, 73-89.

Sauter, M. (1992). Quantification and forecasting o f regional groundwater flow and transport in a karst aquifer. (Gallusquelle, Malm, SW, Germany). Report, Tubinger Geowissenschaftliche Arbeiten (TGA), TGA. C13, 1993.

بررسی ویژگی‌های فیزیوگرافی حوضه آبریز رودخانه تجن

قاسم علیزاده

^۱ دانشجوی کارشناسی جغرافیا، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران Ghasem.alizadeh@ut.ac.ir

چکیده

ویژگی‌های فیزیوگرافی هر حوضه بیانگر شکل و حالتی است که ناشی از خصوصیات ژئومورفیک حوضه آبخیز می‌باشد. شکل و موقعیت حوضه می‌تواند در پاسخ هیدرولوژیک حوضه موثر واقع شود لذا برای پیش‌بینی مخاطرات احتمالی و همچنین مدیریت بحران‌های احتمالی، آگاهی از وضعیت فیزیوگرافی و شکل حوضه آبخیز امری واجب است. به همین جهت این تحقیق با محاسبه ویژگی‌های فیزیوگرافی حوضه آبخیز رودخانه تجن بر اساس استانداردهای تعریف شده توسط وزارت نیرو سعی دارد تا ارقام کاربردی و مورد نیاز محققین را بر اساس روش‌های علمی و ابزارهای موجود محاسبه کند. بر این اساس مطابق با تحلیل‌های صورت گرفته با نرم افزار کاربردی ArcGIS 10.5 استنباط می‌شود که حوضه رودخانه تجن دارای شکل تقریباً مثلثی است و دارای ضریب فشردگی ۱.۹۲ می‌باشد که حاکی از کشیدگی نسبی حوضه است. همچنین منطقه مورد مطالعه در دامنه شمالی ارتفاعات البرز واقع شده و جهت غالب شمال شرقی می‌باشد که مطابق با بررسی‌های صورت گرفته، منطقه پتانسیل وقوع مخاطرات طبیعی را دارد.

کلمات کلیدی: حوضه آبخیز، ویژگی‌های فیزیوگرافی، رودخانه تجن، ArcGIS

۱- مقدمه

سیلاب معمولی‌ترین خسارت محیطی است و هر ساله بر ۷۵ میلیون نفر از جمعیت مردم جهان اثرگذاری دارد و این مورد بیشتر بدین علت است که به لحاظ جغرافیایی دشت‌های سیلابی رودخانه‌ها و اراضی پست ساحلی از دیرباز با وجود استعداد بالا برای مخاطره سیلاب، به جهت اسکان برای بشر بسیار جذاب است (حسین محمدی، ۱۳۸۹). در این راستا لازم به ذکر است که عوامل مختلفی در پاسخ هیدرولوژیکی حوضه آبخیز دخالت دارند که حداقل به هشت گروه شامل خصوصیات هندسی، خصوصیات خاک‌ها، خصوصیات آب‌شناسی، اقلیم، بار رسوبی، مشخصات زمین‌شناسی، پوشش گیاهی و عوامل انسانی می‌توان اشاره داشت (امین علیزاده، ۱۳۹۳).

روند افزایش سیل در دهه‌های گذشته نشان می‌دهد که این پدیده با شیب تندی در حال افزایش است و این مهم درحالی رخ می‌دهد که بسیاری از کشورها مجوزهای ساخت و ساز در دشت‌های سیلابی را صادر کرده و حتی از آن‌ها حمایت نیز کرده‌اند (محمد رستمی فتح آبادی و همکاران، ۱۳۹۹). در بررسی‌های صورت گرفته، مشخص گردید که در ایران سالیانه به‌طور متوسط ۶۰ مخاطره سیلاب رخ داده که میانگین تلفات جانی ناشی از آن به ۱۴۱ نفر در سال می‌رسد (قباد ذبیح زاده، ۱۳۸۸). مخاطره‌ی سیل در ایران، دوبرابر کل مخاطرات دیگر فراوانی دارد که بیشترین تمرکز آن به لحاظ فراوانی، تراکم و خسارت متوجه مناطق شمالی کشور است (منوچهر فرج زاده، ۱۳۹۲).

خصوصیات فیزیوگرافیک حوضه شامل مجموعه‌ای از اعداد مختص به حوضه آبخیز است که مقادیر آن معمولاً در طول زمان ثابت است و بیانگر وضعیت ظاهری و مورفولوژیک حوضه آبخیز می‌باشد. اطلاع از شاخص‌های فیزیوگرافی نظیر مساحت، محیط، طول آبراهه اصلی، شیب، شکل، ارتفاع، پستی و بلندی، مستعطیل معادل و زمان تمرکز می‌تواند تصویر نسبتاً دقیقی از عملکرد کمی و کیفی سیستم هیدرولوژی آن حوضه ارائه کند (Ziegler et al. 2016).

همان‌طور که عنوان شد، ویژگی‌های ژئومورفیک حوضه‌های آبخیز که عمده‌تاً متوجه شکل حوضه است می‌توانند بعنوان عوامل تشدید کننده‌ی سیل ایفای نقش کنند (Smith and ward. 1998) لذا بررسی و مطالعه‌ی این عوامل

و آگاهی از آن‌ها می‌تواند در بحث مدیریت بحران و کاهش خسارات ناشی از سیل با رویکرد پیشگراانه بسیار مفید باشد و برای مدیران مربوطه وضعیت قابل درکی از شرایط و امکان وقوع سیل‌های خطرناک در حوضه تحت مدیریت را گزارش کند.

اسماعیل پاریزی و همکار در سال ۱۴۰۱ طی پژوهشی کلان، عوامل تاثیرگذار بر سیلاب‌هایی با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله را در ۲۰۶ حوضه آبخیز مورد بررسی قرار دادند و استنباط نمودند که پارامترهای کنترل کننده دبی پیک سیلاب در حوضه‌های آبخیز شامل مساحت، محیط، ارتفاع متوسط، شیب متوسط، بارش‌های سنگین، پوشش گیاهی، طول رودخانه اصلی و شیب رودخانه اصلی می‌شود.

کریم سلطانی و همکار در سال ۱۴۰۰ با بررسی حوضه آبخیز وازرود نتیجه گرفتند که پیش‌بینی خطر سیلاب بستگی به ویژگی‌های ژئومورفیک منطقه دارد و محاسبه‌ی این ویژگی‌ها می‌تواند به‌عنوان یکی از ابزارهای مدیریت غیر سازه‌ای سیلاب و مکمل روش‌های سازه‌ای، نقش مهمی را در کنترل سیلاب و کاهش خسارات محتمل ایفا کند.

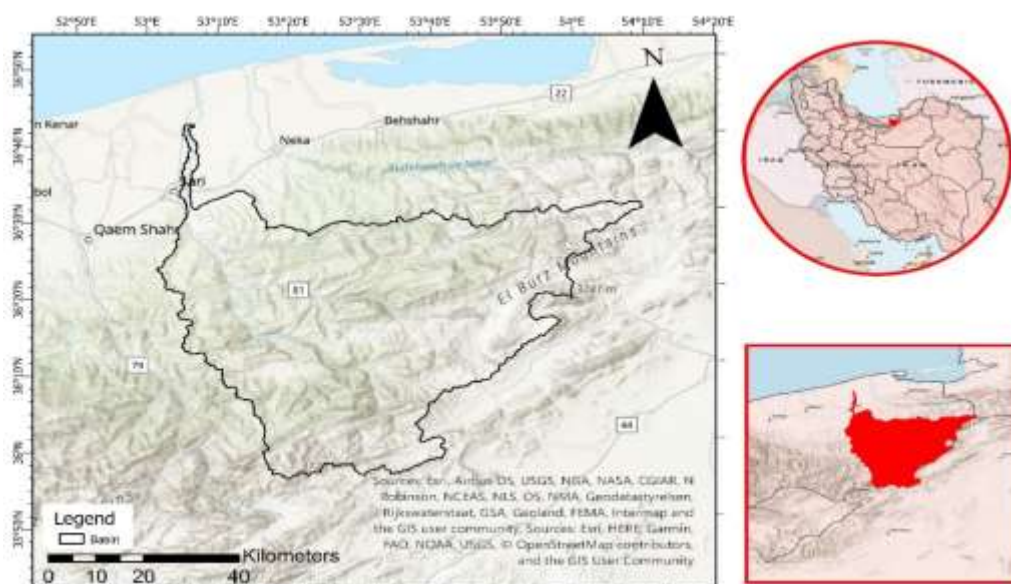
منصور پروین در سال ۱۳۹۹ اذعان می‌دارد که ویژگی‌های ژئومورفیک حوضه‌های آبخیز با پارامترهای هیدرولوژیکی همبستگی دارد بطوری که با بررسی آن‌ها می‌توان به رفتار هیدرولوژیکی حوضه پی‌برد و در اجرای استراتژی‌های کنترل موفق بود.

پریسا سحرخیز و همکار در سال ۱۳۹۸ به بررسی عوامل مختلف که بر وقوع سیلاب اثرگذارند پرداخت و این عوامل را به سه دسته‌ی عوامل انسانی، عوامل اقلیمی و عوامل مربوط به خصوصیات فیزیوگرافی حوضه تقسیم نمود و ویژگی‌هایی نظیر مساحت حوضه، محیط حوضه، طول آبراهه، عامل شکل و فرم حوضه، ضریب فشردگی، نسبت دایره‌ای، نسبت کشیدگی، ارتفاع متوسط حوضه، طول و عرض مستطیل معادل، تراکم شبکه زهکشی، زمان تمرکز و نسبت انشعاب را در زمره خصوصیات مورفومتری موثر بر وقوع سیلاب محاسبه نمود.

همچنین مهرباب زالی و همکاران (۱۴۰۱)، اسماعیل نجفی و همکار (۱۳۹۹)، نورالدین رستمی و همکار (۱۳۹۸)، محمدکریمی فیروزجایی و همکار (۱۳۹۷)، حسن محمودزاده و همکار (۱۳۹۷)، عزت‌الله قنواتی و همکاران (۱۳۹۱) و عزت‌الله قنواتی (۱۳۹۲) در پژوهش‌هایشان ویژگی‌های فیزیوگرافی را بعنوان یک عامل اثرگذار بر مخاطره سیلاب در نظر گرفتند.

۲- محدوده مورد مطالعه

برای تعیین محدوده طرح ابتدا حدود طبیعی حوزه آبخیز بر روی نقشه توپوگرافی ترسیم و سپس محدوده جغرافیایی حوزه تعیین می گردد (امین علیزاده، ۱۳۹۳)، بر این اساس محدوده مورد مطالعه حدفاصل دریای مازندران و ارتفاعات البرز بین طول شرقی ۵۳ درجه و ۱۸ دقیقه و ۲۰ ثانیه الی ۵۳ درجه و ۴ دقیقه و ۵۷ ثانیه و عرض شمالی ۳۶ درجه و ۹ دقیقه و ۱۷ ثانیه الی ۳۹ درجه و ۲۹ دقیقه و ۸۰ ثانیه واقع شده است که در شکل ۱ قابل ماحظه است.

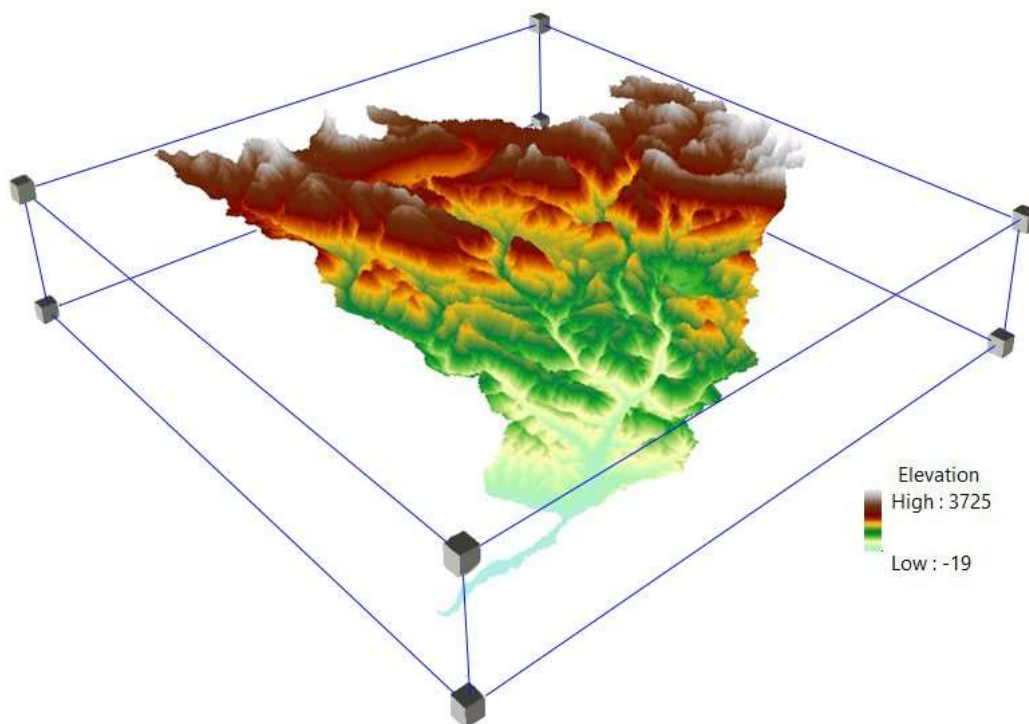


شکل ۱: منطقه مورد مطالعه (نگارندگان)

شناخت منطقه مورد مطالعه

سرچشمه رودخانه تجن از دامنه کوه های علی خانی و سرکوه در فاصله تقریباً ۸۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر ساری و تقریباً ۳۰ کیلومتری شرق کیاسر نشات می گیرد همچنین دو شاخه دیگر به اسامی دودانگه و چهاردانگه نیز از ارتفاعات شرق منطقه بنام های کورچشمه و بادله سرچشمه می گیرند که در نهایت در محل تلاقی ریگ چشمه، شاخه اصلی رودخانه تجن را تشکیل می دهند و به سمت دریای مازندران در شمال پیش می روند. همچنین در ناحیه جنوبی رودخانه تجن، دو رودخانه به نام های سفیدرود و شیرین رود آب مناطق حجردشت و فریم صحرا را زهکشی می نمایند و در نهایت به سد ذخیره ای شهید رجایی در منطقه سلیمان تنگه ملحق می گردند. گفتنی است که شاخه دیگری نیز از سمت غرب به مخزن سد اضافه می گردد که به نام لاجیم دره شناخته می شود. شاخه دیگری که پس از ایستگاه ریگ چشمه به شاخه اصلی تجن می پیوندد، رودخانه زارم رود یا ظالم رود است که در ادامه، جریان آب با عبور از کانالی

در جوار شهر ساری، نهایتا به دریای مازندران می پیوندد.



شکل ۲ : مدل سه بعدی منطقه مورد مطالعه

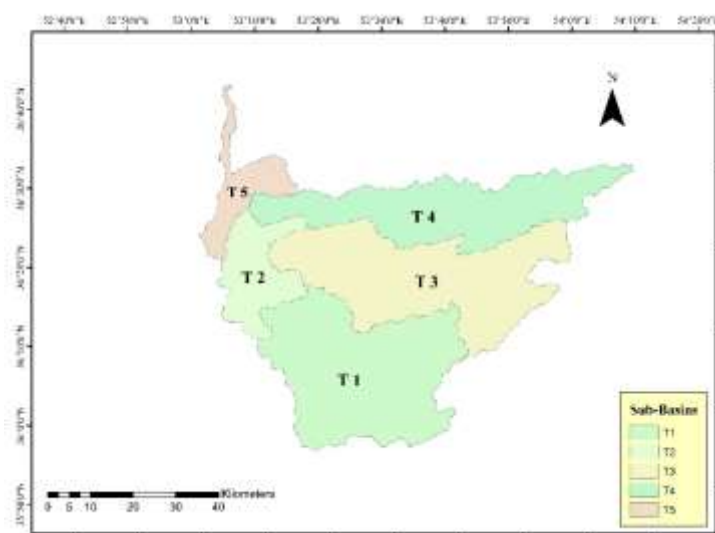
۳- روش تحقیق

به منظور تعیین محدوده حوضه آبریز مورد مطالعه و بررسی ویژگی ها ژئومورفیک آن، با استفاده از نرم افزار ArcGIS لایه های اطلاعاتی مورد نیاز با استفاده از نقشه ی مدل دیجیتالی ارتفاع که از درگاه earthexplorer.usgs.gov استخراج شد، مورد تحلیل قرار گرفت و با سیستم تصویر UTM بر مبنای WGS1984 رقومی گردید. سپس با بکارگیری امکانات فوق البیان در جهت هدف پژوهش مقادیر مورد نیاز محاسبه و ارائه گردید.

مقادیر محاسبه شده

۱- مساحت و محیط : از مهم ترین ویژگی های فیزیوگرافیک حوضه که در تعیین حجم رواناب و همچنین دبی لحظه ای سیلاب مورد استفاده قرار می گیرد، مساحت حوضه می باشد. حوضه ها از نظر مساحت به سه دسته تقسیم می گردند که شامل حوضه های کوچک، حوضه های متوسط و حوضه های بزرگ می شوند و به ترتیب مساحتی کمتر از

۱۰۰ کیلومتر مربع، بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلومتر مربع و بیش از ۱۰۰۰ کیلومتر مربع دارند (امین علیزاده، ۱۳۹۳) در این پژوهش مساحت و پارامترهای مرتبط با آن که شامل محیط و طول حوضه نیز می گردند، با استفاده از نرم افزار ArcGIS محاسبه شد و بر مبنای محل ایستگاه های هیدرومتری، زیرحوضه ها تعیین گردیدند که نتیجه آن در شکل ۳ ارائه گردید.



شکل ۳: زیرحوضه های منطقه مورد مطالعه (نگارندگان)

۲- شکل حوضه: شکلی که از تصویر یک حوضه بر روی یک صفحه افقی حاصل گردد شکل حوضه آبریز نامیده میشود که این شکل را می توان با استفاده از نقشه توپوگرافی ترسیم نمود. گفتنی است که حوضه ها از نظر شکل بسیار متنوع هستند اما به طور کلی می توان آنها را به سه شکل شناخت: حوضه های کشیده، پهن و بادبزی (امین علیزاده، ۱۳۹۳). این اشکال تحت تاثیر ساختمان زمین شناسی ایجاد شدند که تاثیر زیادی بر رواناب و هیدروگراف سیل در حوضه دارد بطوریکه در حوضه های قیفی شکل و یا نزدیک به دایره به این دلیل که تمام شاخه ها تقریباً در یک زمان به خروجی می رسند، در مقایسه با حوضه های کشیده و طویل دبی پیک بیشتری تولید میکنند (منصور خیری زاده ده اروق، ۱۳۹۰).

برای اینکه بتوان شکل حوضه ها را با یکدیگر مقایسه نمود، از ضرائب یا شاخصهای مربوط به شکل استفاده می شود که به منظور تعیین شکل حوضه ها، پس از محاسبه مشخصات مورد نیاز شامل مساحت، محیط و طول حوضه، با استفاده از روش های گراولپوس، میلر، هورتون و ضریب کشیدگی شیوم مقادیر متناسب به شکل حوضه ها به

شرح جدول شماره ۱ محاسبه گردید (استاندارد مهندسی آب، ۱۳۷۵).

نام روش	منبع	فرمول	پارامترها
ضریب کشیدگی	Schum 1961	$E = 2\sqrt{(A/\pi)}/L$	
ضریب فشردگی	Gravellious et al. 1914	$R = \frac{0.28 \times P}{\sqrt{A}}$	L = طول حوزه آبخیز بر حسب کیلومتر
هورتون	Horton 1924	$R = A/L^2$	A = مساحت حوزه آبخیز بر حسب کیلومترمربع
میلر	Miller 1953	$R = 12/5 A/P^2$	P = محیط حوزه به کیلومتر

جدول شماره ۱ (منبع: استاندارد مهندسی آب، ۱۳۷۵)

۳- زمان تمرکز: زمان تمرکز عبارت است از مدت زمانی که لازم است جریان سطحی از دورترین و غیرقابل دسترس ترین نقطه یک حوزه به دهانه خروجی آن برسد (سجاد میرزایی و همکار، ۱۳۹۳). زمان تمرکز از یک سو به خصوصیات فیزیوگرافی حوزه نظیر سطح، شکل حوضه، طول و شیب آبراهه، ناهمواری های سطحی، نوع و تراکم پوشش گیاهی، نوع و عمق خاک بستگی دارد و از سوی دیگر شدت بارندگی و توزیع زمانی و مکانی آن نیز می تواند بر طول زمان تمرکز اثرگذار باشد، بدین ترتیب که هر قدر شدت بارندگی بیشتر باشد زمان تمرکز کوتاه تر می شود. برای برآورد زمان تمرکز روشهای مختلفی وجود دارد که به ترتیب در جدول شماره ۲ به آن اشاره می شود.

نام روش	منبع	فرمول	پارامترها
چاو	Chow 1964	$T_c = \frac{L^{10/5}}{3080 \times H^{0.385}}$	Tc = زمان تمرکز بر حسب ساعت L = مسیر آبراهه بر حسب متر
کریچ	Kirpich 1940	$T_c = 0.949 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$	H = اختلاف ارتفاع ابتدا و انتهای آبراهه اصلی A = مساحت واحد هیدرولوژی

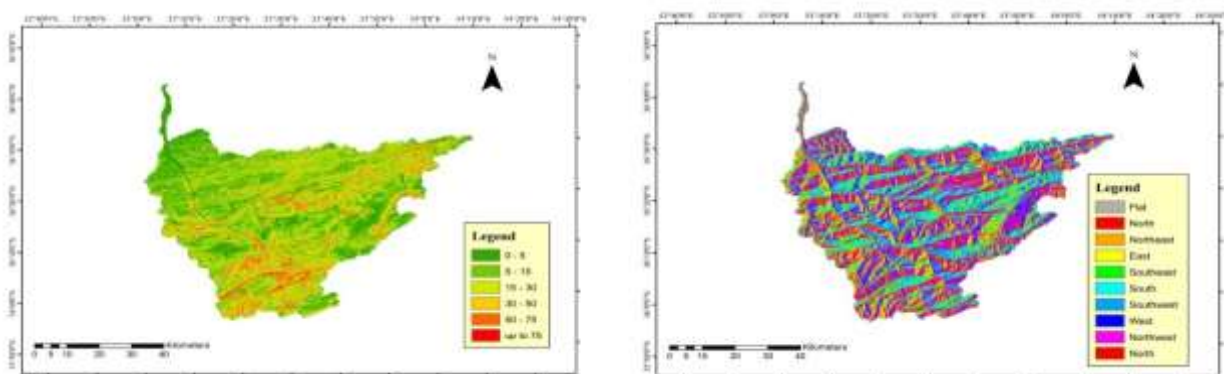
$$T_c = \frac{0.96L^{1/2}}{H^{0.2} \times A^{0.1}}$$

Bransboy et al. 1971

برانسی ویلیامز

جدول شماره ۲ (منبع : استاندارد مهندسی آب، ۱۳۷۵)

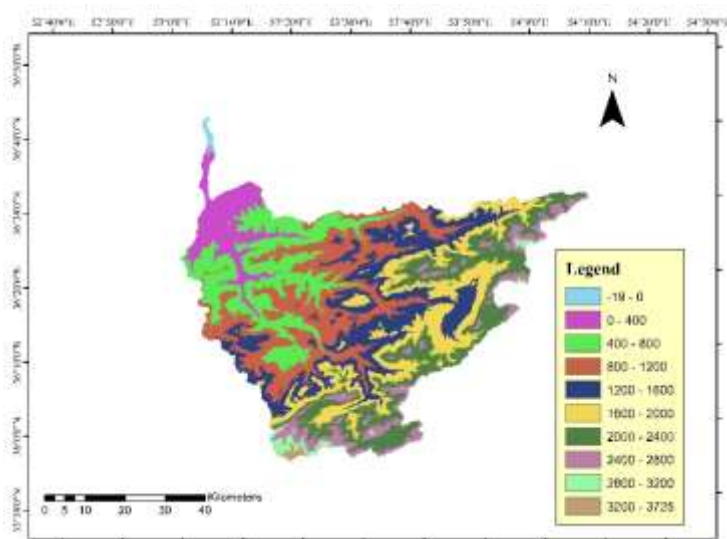
۴- شیب و جهت شیب : شیب عبارتست از تانژانت زاویه‌ای که سطح زمین با سطح افق می‌سازد و با (درصد) بیان می‌شود (استاندارد مهندسی آب، ۱۳۷۵). بدیهی است که شیب حوزه آبخیز اثر مستقیمی بر واکنش هیدرولوژیکی حوزه‌ها دارد. بطور کلی سرعت جریان‌های سطحی مستقیماً به شیب بستگی دارد. با افزایش شیب، میزان نفوذ آب در خاک کاهش یافته در نتیجه حجم جریانهای سطحی و سیلاب افزایش می‌یابد که با افزایش شدت جریان آب، نیروی جنبشی و در نتیجه قدرت تخریب و حمل جریان آب را افزایش می‌دهد. به همین جهت شیب از جمله ویژگی‌های بسیار مهمی است که در بحث سیل‌خیزی حوزه آبخیز مورد توجه قرار می‌گیرد و مربوط به خصوصیات فیزیوگرافیک می‌باشد.



شکل ۴ (نگارنده)

۵- توزیع سطح نسبت به ارتفاع (هیپسومتری) : یکی از مشخصات قابل ملاحظه هر حوزه نحوه توزیع مساحت آن در ارتفاعات مختلف است چراکه عوامل اقلیماتولوژی و هیدرولوژی نظیر بارندگی، درجه حرارت، تبخیر و خصوصیات نوع ریزش جوی نسبت به ارتفاع تغییر میکنند. از این‌رو، بررسی تغییرات سطح حوزه آبخیز برحسب ارتفاع می‌تواند در برآورد مقادیر متوسط عوامل اقلیماتولوژی و به دنبال آن پاسخ هیدرولوژیک حوزه، نقش ایفا نماید.

نقشه هیپسومتری حوضه آبخیز رودخانه تجن با طبقه بندی نقشه DEM تهیه گردید که در شکل (۵) ارائه شده است و با استفاده از این نقشه، منحنی هیپسومتریک نیز ترسیم شد. برای ترسیم این منحنی لازم است که جدول هیپسومتریک حوضه تهیه شود. برای تهیه جدول هیپسومتریک ابتدا باید مساحت مربوط به هر طبقه ارتفاعی محاسبه شود.



شکل ۵ (نگارنده)

همچنین برای تشریح وضعیت ارتفاعی حوضه آبخیز مقادیر دیگری نظیر ارتفاع میانه، ارتفاع متوسط، ارتفاع حداقل و حداکثر نیز از روی منحنی هیپسومتری محاسبه می گردد (حسینی و همکاران ۱۴۰۰). همچنین، ارتفاع میانه ارتفاعی است که ۵۰ درصد از سطح حوضه، بالای آن ارتفاع و ۵۰ درصد از سطح حوضه پائین آن ارتفاع واقع شده باشد. ارتفاع متوسط نیز از فرمول زیر محاسبه می گردد (استاندارد مهندسی آب، ۱۳۷۵).

$$H = \frac{\sum h_i . a_i}{A}$$

H = ارتفاع متوسط حوزه (m)، a_i = مساحت خروجی بین دو طبقه ارتفاعی (km^2)، h_i = ارتفاع متوسط بین دو طبقه ارتفاعی (m) و A = مساحت کل حوزه (km^2)

۶- شبکه هیدروگراف حوضه آبخیز : شبکه هیدروگرافی به مجموعه آبراهه هایی گفته می شود که در سطح حوضه عمل تخلیه رواناب را به عهده دارند. گفتنی است، آبراهه ای که تمامی رواناب زیرحوضه ها به آن می ریزد آبراهه اصلی

نامیده می شود. بدین ترتیب هر چه از ابتدای رود سرچشمه به طرف نقطه تمرکز (خروجی حوضه) جلو بریم آبراهه های دیگری که زه آب واحدهای هیدرولوژیکی را تخلیه میکنند بدان میپیوندند و بر وسعت حوضه افزوده میگردد (علیزاده ۱۳۹۳).

برخی از این آبراهه ها به صورت دائمی، برخی بصورت فصلی و بعضی دیگر مسیل هایی هستند که فقط هنگام بارندگی ممکن است فعال شوند. در این راستا سرشاخه ی هر آبراهه را که از ارتفاعات نشات می گیرد را رودخانه رده یک گویند و از به هم پیوستن ۲ رودخانه ی رده ی ۱، رودخانه رده ۲ حاصل می گردد و به همین ترتیب رده آبراهه ها به سمت خروجی افزایش می یابد (Strahler 1964).

۴- یافته ها

به منظور انجام مطالعات، حوضه آبخیز رودخانه تجن بر حسب موقعیت ایستگاه های هیدرومتری به ۵ واحد هیدرولیک تقسیم گشت. بدین ترتیب کل حوضه مساحتی بالغ بر ۳۹۷۵ کیلومترمربع دارد و محیط حوضه نیز ۴۳۲ کیلومتر می باشد. حوضه آبخیز تجن مجموعاً دارای ۶ رده بر اساس تقسیم بندی آبراهه ها به روش استالر می باشد که طول بلندترین آبراهه، ۱۲۸ کیلومتر می باشد و آبراهه رده آخر نیز طول ۳۵ کیلومتری دارد و بزرگترین آبراهه حوضه شیب ۲.۲ درصدی دارد. همچنین زمان تمرکز حوزه های کوچک و پرشیب کوتاه تر از زمان تمرکز حوزه های بزرگ و کم شیب محاسبه شد و حوزه های دایره ای شکل زمان تمرکز کوتاه تری نسبت به حوزه های کشیده داشتند.

در بررسی شکل حوضه آبخیز، ضریب گراولیوس، عدد ۱.۹۲ محاسبه گشت و همچنین شاخص هورتون و شیوم نیز به ترتیب، ۰.۴۴ و ۰.۷۵ حاصل شدند که با توجه به اینکه در تمامی زیرحوضه ها ضریب گراولیلیوس بزرگتر از ۱/۱۲ می باشد، می توان از روش مستطیل معادل نیز در بررسی شکل حوضه ها استفاده کرد. گفتنی است که نتایج تفصیلی نیز در جدول ۳ ارائه می گردد.

ردی ف	پارامترها	زیرحوضه ۱	۲	زیرحوضه ۳	۴	زیرحوضه ۵	کل حوضه
۱	واحد هیدرولوژیکی	T1	T2	T3	T4	T5	T
۲	ضریب هورتون	0.52	0.38	0.24	0.11	0.17	0.44
۳	ضریب شیوم	0.81	0.69	0.55	0.37	0.46	0.74

۴	ضریب گراولیوس	1.67	1.86	2.01	2.32	2.16	1.92
۵	ضریب میلر	0.35	0.28	0.24	0.18	0.21	0.27
۶	عرض مستطیل معادل	13.54	6.38	10.6	7.74	4.51	20.26
۷	طول مستطیل معادل	91.2	56.86	114.14	116.54	57.9	195.98
۸	طول بلندترین آبراهه (Km)	68.31	25.28	82.98	97.72	35.17	128.75
۹	ارتفاع حداکثر آبراهه (m)	2787.91	420.61	2178.32	2287.21	192.5	2787.91
۱۰	ارتفاع حداقل آبراهه (m)	420.61	192.5	274.69	192.5	-13.52	-13.52
۱۱	اختلاف ارتفاع آبراهه (m)	2367.31	228.11	1903.63	2094.71	206.02	2801.43
۱۲	مساحت (Km ²)	1235.02	362.81	1209.49	901.51	261.35	3970.18
۱۳	مساحت (Ha)	123501.9	36280.	120949.0	90151.2	26134.9	397017.9
۱۴	محیط (Km)	209.48	126.49	249.47	248.55	124.83	432.48
۱۵	طول حوضه (Km)	48.7	31	71.6	91	39.4	95.5
۱۶	ارتفاع میانه (m)	1730	692	1481	1364	209	1337
۱۷	روش کرپیچ	6.27	4.89	8.53	9.93	7.45	12.21
۱۸	روش چاو	5.83	4.57	7.93	9.23	6.96	11.33
۱۹	روش برانسی ویلیامز	15.83	8.67	20.93	25.73	13.59	29.15

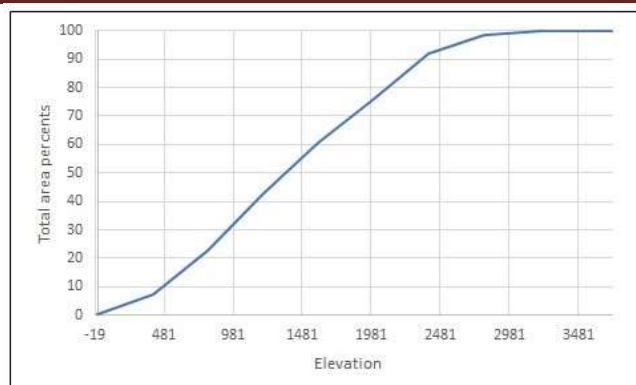
جدول ۳ (نگارنده)

همچنین مرتفع ترین نقطه در حوضه آبخیز تجن، از سطح دریا ۳۷۲۵ متر ارتفاع دارد که در واحد هیدرولوژیکی T1 قرار دارد و همچنین پست ترین نقطه نیز ۱۹ متر زیر سطح ژئوئیدی می باشد. بیشترین سطح حوضه نیز ارتفاعی

بین ۸۰۰ تا ۱۲۰۰ متری دارد. ارتفاع میانه حوضه نیز عدد ۱۳۳۷ می باشد. نتایج مطالعات به تفصیل در جدول ۴ ارائه می گردد و نمودار ۱ نیز منحنی هیپسومتریک حوضه آبخیز تجن را بر اساس موارد محاسبه شده نشان می دهد.

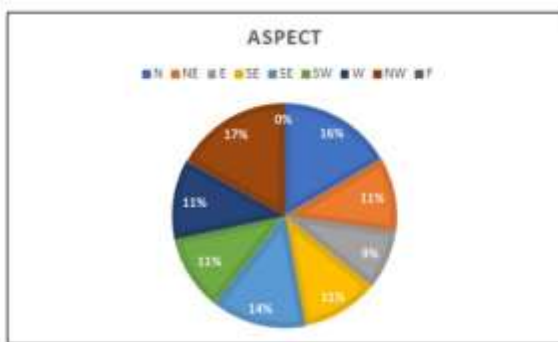
ردیف	طبقات	مساحت (Km ²)	تراکمی	مساحت (Km ²)	درصد مساحت جزئی	درصد تراکمی	مساحت
۱	0- 19	13.13		13.13	0.33	0.3	
۲	0 - 400	276.59		289.72	6.99	7.3	
۳	400 - 800	616.105		905.83	15.57	22.9	
۴	800 - 1200	786.541		1692.37	19.88	42.8	
۵	1200 - 1600	708.378		2400.74	17.90	60.7	
۶	1600 - 2000	615.069		3015.81	15.54	76.2	
۷	2000 - 2400	616.788		3632.60	15.59	91.8	
۸	2400 - 2800	261.515		3894.12	6.61	98.4	
۹	2800 - 3200	50.061		3944.18	1.27	99.7	
۱۰	3200 - 3725	13.598		3957.78	0.34	100	

جدول ۴ (نگارنده)

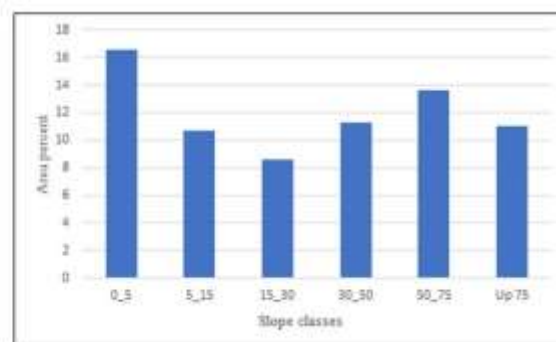


نمودار ۱ (نگارنده)

حوضه آبخیز رودخانه تجن منطقه مورد مطالعه را زهکشی کرده و در نهایت به دریای مازندران که در موقعیت شمال آن قرار دارد ملحق می‌شود و از همین رو مطابق با انتظار، مساحت بیشتری از حوضه به سمت شمال شرقی، شمال و شمال غربی می‌باشد. همچنین شیب غالب منطقه مورد مطالعه نیز کمتر از ۵ درصد است که سهم ۱۶ درصدی دارد و با توجه به وسعت حوضه آبخیز، اختلاف ناهمواری بین منطقه بسیار بالا بوده که به دنبال آن شیب کوهستانی نیز در میان مقادیر محاسبه شده جلب توجه می‌کند. نمودارهای ۲ و ۳ به طور تفصیلی وضعیت جهت شیب و شدت شیب حوضه آبخیز تجن را نمایش می‌دهند.



نمودار ۳ (نگارنده)



نمودار ۲ (نگارنده)

۵- بحث و نتیجه‌گیری

در رابطه با مطالعات مرتبط با حوضه‌های آبخیز، عوامل گوناگونی در مقیاس‌های گوناگون باید مورد بررسی قرار گیرند که عمده‌تاً این عوامل با فرآیندهای سطح زمین ارتباط مستقیم دارند. به همین جهت آگاهی از مقادیر این عوامل

در هر مقیاسی برای تصمیم‌گیران امری ضروری است و در همین راستا این تحقیق ویژگی‌های فیزیکی حوضه آبخیز تجن را مورد بررسی قرار داد.

همانطور که ذکر شد حوضه آبخیز تجن مساحتی قریب به ۴ هزار کیلومتر مربع دارد که بر اساس طبقه‌بندی‌های مورد تایید صاحب‌نظران جزو حوضه‌های بزرگ مقیاس دسته‌بندی می‌گردد. همچنین براساس مقادیر شکلی، ضریب هورتون در زیر حوضه T4 کمترین مقدار را نشان می‌دهد که می‌تواند بیانگر شدت بیشتر فعالیت‌های زمین‌ساخت در زیرحوضه مذکور باشد و در مقابل زیرحوضه T1 نیز بیشترین عدد ضریب هورتون را نشان می‌دهد که بدیهی است از کشیدگی کمتری نیز برخوردار باشد.

ارتفاع محدوده مورد مطالعه نیز می‌تواند در بحث تخلیه رطوبت توده‌های ابری، دما و پوشش گیاهی موثر باشد که در این راستا عمده مساحت محدوده مورد مطالعه در طبقه ۸۰۰ تا ۱۲۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا قرار دارد و همچنین اختلاف ارتفاع بالا نیز در حوضه آبخیز تجن جالب توجه است که به‌دنبال آن فعالیت شدیدتر سیستم‌های فرسایش آبراهه‌ای مورد انتظار است.

همچنین جهت غالب محدوده مورد مطالعه شمال، شمال غربی و شمال شرقی است که مجموعاً سهم ۴۴ درصدی دارند و با توجه به موقعیت محدوده مورد مطالعه که در نیمکره شمالی قرار دارد، مورد انتظار است که محدوده بلحاظ پوشش گیاهی غنی باشد و توده‌های برف نیز به‌دنبال سایه‌گیر بودن دامنه‌های شمالی، با شدت کمتری ذوب گردند اما بدیهی است که بروز مخاطره حرکات دامنه‌ای در منطقه مورد انتظار است. گفتنی است که شیب غالب منطقه نیز بین ۰ تا ۵ درصد است.

در نهایت نیز این نکته حائز اهمیت است که استفاده از نرم‌افزار کاربردی ArcGIS در انجام محاسبه مقادیر مورد مطالعه به نسبت روش‌های دستی از مزیت بالاتر بودن دقت و سرعت برخوردار است و توضیه می‌گردد تا در مطالعات مشابه برای تصمیم‌گیری‌های دقیق‌تر در بخش مدیریت حوضه‌های آبخیز از نرم‌افزارهای کاربردی استفاده گردد.

۶- منابع

- پاریزی اسماعیل، حسینی سید موسی (۱۴۰۱)، تحلیل فراوانی سیلاب ۱۰۰ ساله در حوضه‌های آبریز ایران و بررسی عوامل تاثیرگذار بر آن، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دوره ۳۳، شماره ۲، ص ۳۶-۱۷.

- زالی مهرباب، سلیمانی کریم، حبیب نژاد روشن محمود، میر یعقوب زاده میر حسین (۱۴۰۱)، مقایسه و اولویت بندی سیل خیزی زیر حوضه های نکارود با استفاده از روش مورفومتریک در سامانه اطلاعات جغرافیایی، مجله سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، سال سیزدهم، شماره ۲، ص ۴۰-۲۰.
- سلیمانی کریم، شکریان فاطمه (۱۴۰۰)، بررسی خطر پذیری سیل در حوضه های فاقد آمار با استفاده از ویژگی های ژئومورفیک، پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، سال دوازدهم، شماره ۲۴، ص ۱۳۲-۱۲۰.
- نجفی اسماعیل، کریمی کردآبادی مرتضی (۱۳۹۹)، ارزیابی و پهنه بندی خطر سیلاب با استفاده از مدل ترکیبی AHP-FUZZY با تاکید بر امنیت شهری، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۳۴، تابستان، ص ۶۰-۴۳.
- رستمی فتح آبادی محمد، جعفر بیگلر منصور، مقیمی ابراهیم (۱۳۹۹)، تحلیل فضایی مناطق سیل زده و سیل خیز شهر نورآباد لرستان و مخاطرات آن، مجله مدیریت مخاطرات محیطی، دوره ۷، شماره ۳، ص ۳۲۹-۳۱۳.
- پروین منصور (۱۳۹۹)، ارزیابی و پهنه بندی خطر سیلاب های ناگهانی بر اساس عوامل فیزیوگرافی و شاخص های مورفومتریک (منطقه مورد مطالعه: حوضه قصر شیرین)، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دوره ۳۱، شماره ۲، ص ۸۹-۱۰۴.
- رستمی نورالدین، کاظمی یونس (۱۳۹۸)، پهنه بندی خطر سیلاب در محدوده شهر ایلام با استفاده از روش AHP و GIS، نشریه تحلیل فضایی و مخاطرات محیطی، سال ششم شماره ۱، بهار، ص ۱۹۳-۱۷۹.
- سحر خیز پریسا، کاویان پور محمدرضا (۱۳۹۸)، بررسی عوامل موثر بر سیلاب در سه اقلیم متفاوت کشور ایران، ششمین کنفرانس ملی فناوری های نوین در مهندسی عمران، معماری و شهرسازی، تهران.
- کریمی فیروزجایی محمد، نیسانی سامانی نجمه (۱۳۹۷)، پهنه بندی ریسک پذیری سیل با استفاده از روش تصمیم گیری چند معیاره مبتنی بر استدلال شهودی دمپستر - شافر، مجله پژوهش های جغرافیای طبیعی، دوره ۵۰، شماره ۱، ص ۱۹۷-۱۷۷.
- محمود زاده حسن، باکویی مائده (۱۳۹۷)، پهنه بندی سیلاب با استفاده از منطق فازی، مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۷، شماره ۱۸، ص ۶۸-۵۱.
- میرزایی سجاد، رئوف مجید (۱۳۹۳)، گزارش فنی مقایسه معادلات تجربی و روش تجزیه هیدروگراف سیلاب در

برآورد زمان تمرکز، نشریه علمی پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز، جلد ۶، شماره ۴، ص ۴۱۴-۴۰۷.

- قنواتی عزت الله (۱۳۹۲)، پهنه بندی خطر سیلاب شهر کرج با استفاده از منطق فازی، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره هشتم، زمستان، ص ۱۳۱-۱۱۳.

- قنواتی عزت الله، کرم امیر، آقا علیخانی مرضیه (۱۳۹۱)، ارزیابی و پهنه بندی خطر رخداد سیلاب در حوضه فرحزاد تهران با استفاده از مدل فازی، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دوره ۲۳، شماره ۴، ص ۱۳۸-۱۲۱.

- خیری زاده اروق منصور (۱۳۹۰)، مقایسه ویژگی های مورفومتری حوضه های زهکشی در سیل خیزی آنها، به راهنمایی ابراهیم مقیمی، پایان نامه کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا.

- ذبیح زاده قباد (۱۳۸۸). مستند سازی و تحلیل فضایی مخاطرات اقلیمی در ایران، به راهنمایی منوچهر فرخ زاده، پایان نامه کارشناسی ارشد اقلیم شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم انسانی.

- فرج زاده منوچهر (۱۳۹۲)، مخاطرات اقلیمی ایران، انتشارات سمت

- علیزاده امین (۱۳۹۳)، اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه امام رضا

- محمدی حسین (۱۳۸۹)، مخاطرات جوی، انتشارات دانشگاه تهران

- مهدوی محمد (۱۳۷۸)، هیدرولوژی کاربردی، جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران

- دفتر تحقیقات و معیارهای فنی وزارت نیرو (۱۳۷۵)، دستورالعمل مطالعات فیزیوگرافی در حوضه های آبخیز، انتشارات سازمان برنامه و بودجه

- Bransboy – Williams Norman, Hudson, (edit 1971) soil conservation. Batsford, London.

- Chow, V.T. (1964) Handbook of Applied Hydrology. McGraw

- Gravelius, H. (1914) Rivers. G.J. göschen Publishing, Berlin, 179 p.

- Hadley, R.F. and Schumm, S.A. (1961) Sediment Sources and Drainage Basin Characteristics in Upper Cheyenne River Basin. US Geological Survey Water-Supply Paper 1531-B, 198.

-Hill Book Company, New York.- Smith, K. and Ward, R. (1998) Flood: Physical Processes

and Human Impacts. Chichester and New York: John Wiley

- Horton, R.E. (1945) Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins: Hydro-Physical Approach to Quantitative Morphology. Geological Society of American Bulletin, 56, 275-370.

- Horton, R. E. (1924), Determination of the mean precipitation on a drainage basin, Journal New England Water Works Association, 38, 1-47.

- Kirpich, Z.P. (1940) time of concentration of small agricultural watersheds. Civil Eng. Vol. 10.

-Miller, V.C. (1953) A Quantitative Geomorphic Study of Drainage Basin Characteristics in the Clinch Mountain Area, Virginia and Tennessee, Project NR 389-042. Tech. Rept. 3, Columbia University, Department of Geology, ONR, Geography Branch, New York.

- Strahler, A.N. (1964) Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks. In: Chow, V.T., Ed., Handbook of Applied Hydrology, McGraw-Hill, New York, Section 4-II

- Ziegler, A.D. Benner, G. and Tantasirin, C. (2014) Turbidity-based sediment monitoring in northern Thailand: hysteresis, variability and uncertainty. J Hydro, 519: 2020-2039

پایش تغییرات خط ساحلی خلیج گرگان در نیم قرن گذشته با استفاده از تصاویر ماهواره ای

Monitoring the coastal changes of Gorgan Bay in the last half century using satellite images

سمیه عمادالدین^۱، مسعود محمد قاسمی^۲، دانیال قریشی^۳، سعید پنجه کوبی^۴

۱-استادیار گروه جغرافیا دانشگاه گلستان، گرگان ایران s.emadodin@gu.ac.ir

۲-دانشجو دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه فردوسی مشهد mohammadghasemi@mail.um.ac.ir

۳-دانشجو کارشناسی ارشد مخاطرات محیطی دانشگاه گلستان gh.dan75@gmail.com

۴- کارشناس اداره کل هواشناسی استان گلستان 1325ssp@gmail.com

چکیده

محیط های ساحلی از حساس ترین سامانه های محیطی به شمار می روند که تحت تاثیر فرآیند های هیدرودینامیکی حاکم، تغییر و تحول در آن ها نسبتا سریع است. خلیج گرگان در غرب استان گلستان قرار گرفته است. طول آن حدود ۶۰ کیلومتر و بیشترین پهنای آن ۱۲ کیلومتر می باشد. خلیج از شرق به غرب کشیده شده و رأس آن در غرب قرار داشته و حاشیه باریک و دراز میانکاله آن را از دریا جدا می سازد. برای پایش خطوط ساحلی خلیج گرگان تصاویر ماهواره لندست، از سال ۱۹۷۵ تا ۲۰۲۱ مورد بررسی قرار گرفت، که نتایج نشان داد افزایش تراز آب خزر مساحت خلیج گرگان را از ۳۲۶.۷۴ کیلومتر مربع در سال ۱۹۷۵ به ۴۹۳.۴۸ کیلومتر در سال ۲۰۰۰ رسانده است و باعث پیشروی خطوط ساحلی خلیج شده است، و با افت تراز آب دریای خزر مساحت خلیج در سال ۲۰۲۱ با کاهش ۱۵۹.۰۹ کیلومتر مربعی مساحت خلیج به ۳۳۴.۳۹ کیلومتر رسیده است و باعث پسروی خطوط ساحلی شده است. این تغییرات نشان دهنده وجود رابطه مستقیم مساحت خلیج با تراز آب دریای خزر می باشد.

کلید واژه: خطوط ساحل، خزر، خلیج گرگان.

مقدمه

خطوط ساحلی به عنوان خط تماس زمین و بدنه آب تعریف می شود. (کلین و لیچیر، ۲۰۰۶) و از لحاظ طبیعی، اجتماعی و اقتصادی اهمیت استراتژیکی دارد. یکی از مهمترین ویژگی های مناطق ساحلی، پویایی آن است. (وینارسو و بودهیم، ۲۰۰۱). تالاب ها و خلیج ها، اکوسیستم های منحصربه فردی هستند، متأسفانه در سال های اخیر بیشتر تالاب های کشور دستخوش تغییرات منفی زیادی شده اند و سطح و عمق آن ها کاهش چشم گیری داشته است. این تغییرات متأثر از عوامل مهمی مانند تغییر اقلیم، کاهش بارش و افزایش تبخیر، فعالیت های انسانی مانند سدسازی بوده اند و در خصوص تالاب های ساحلی، می توانند تحت تاثیر تغییرات تراز آب دریاها باشند (حمزه و همکاران، ۲۰۱۷ و عطایی و همکاران، ۲۰۱۸). خلیج گرگان تنها خلیج ایران در سواحل جنوبی دریای خزر می باشد که در کنوانسیون رامسر به عنوان ذخیره گاه زیست کره به ثبت رسیده است (گودوین و همکاران، ۲۰۱۷). تنها راه ارتباطی مستمر خلیج گرگان با آب های دریای خزر، در سال های افزایش تراز سطح آب دریای خزر دهانه آشوراده-بندرترکمن با عرض تقریبی ۲۵۰۰ متر و حداکثر عمق ۳/۳ متر در شمال شرقی خلیج می باشد (یاری نسب و همکاران، ۱۳۹۲).

در خصوص تغییرات خطوط ساحلی تحقیقات زیادی در داخل و خارج از کشور انجام شده است که از جمله این تحقیقات: آلبوکوئرکیو و همکاران (۲۰۱۳) به ارزیابی دو روش، سیستم آنالیز رقومی خط ساحلی و پلیگون تغییرات در سواحل شنی جنوب برزیل پرداختند. نتایج این پژوهش نشان دهنده مزایای روش پلیگون تغییرات نسبت به سیستم آنالیز رقومی خط ساحلی در برآورد میزان تغییرات خط ساحلی است. همچنین تسوکس و همکاران (۲۰۱۸) از سه تکنیک سنجش از دور به منظور تعیین میزان جابه جایی خطوط ساحلی در طول بخشی از خلیج کورینس یونان استفاده کردند. بایگ و همکاران (۲۰۲۰) به کمک تصاویر ماهواره ای در بازه های زمانی ۱۹۹۱، ۲۰۰۱، و ۲۰۱۸ میلادی و با استفاده از افزونه DSAS، تغییرات خطوط ساحلی را در امتداد شهرهای ساحلی آندرا پرادش بررسی کردند. آن ها خط ساحلی فرسایش یافته را به ۵ منطقه از زیاد به کم تقسیم بندی کردند و نتایج نشان داد که در این منطقه، حدود ۴۶.۵ کیلومتر پسروی ثبت شده است.

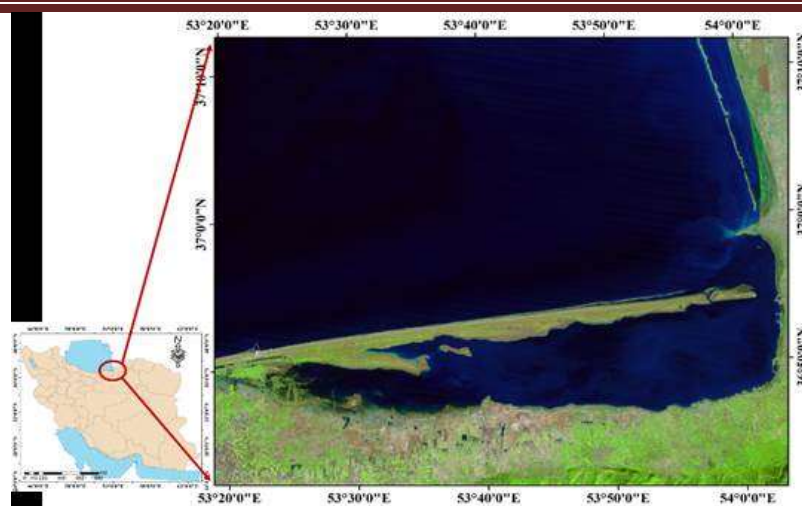
حمزه و ترابی (۱۴۰۰) تغییرات پهنه آبی خلیج گرگان و ارتباط آن با تغییرات بارش و تراز آب دریای خزر را با استفاده از داده های سنجش از دور مورد بررسی قرار دادند، که نتایج نشان داد سطح آب خلیج گرگان طی بازه زمانی بررسی شده کاهش چشمگیری داشته است و این روند همچنان ادامه دارد. این تغییرات در سواحل کم شیب و نواحی غربی تالاب میانکاله بیشتر مشهود است. نتایج تحقیقات جعفری و همکاران (۱۴۰۰) در بررسی الگوی جریان در خلیج

گرگان با در نظر گرفتن تغییرات سطح آب دریای خزر با استفاده از مدل عددی نشان دادند، جریان کلی خزر در غالب مواقع به صورت پادساعت گرد است. نتایج مدل سازی ها نشان می دهد که با توجه به جهت وزش باد و هندسه دریای خزر، جهت جریان ناشی از باد در مرز غربی به صورت شمال به جنوب، و در سواحل جنوب خزر، جریان موازی ساحل از غرب به شرق و در مرز شرقی از جنوب به شمال است. از مقدار سرعت جریان در لایه های پایین کاسته شده و جهت جریان نیز به سمت راست متمایل می گردد که در نتیجه گیری تغییر ایجاد شده به دلیل اثر اکمن می باشد. با توجه به الگوی کلی جریان در دریای خزر، به طور کلی می توان بیان داشت جریان ناشی از باد در مرز شرقی و جریان ایجاد شده به موازات ساحل جنوبی اثر قابل توجهی بر الگوی جریان در خلیج گرگان دارد.

مواد و روش ها

خلیج گرگان بین عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۷ دقیقه و ۴۵ ثانیه و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۵ دقیقه و ۵۴ ثانیه واقع شده است. مساحت کلی آن ۴۰۰ کیلومتر مربع می باشد، شکل آن سه گوش بوده و طول آن حدود ۶۰ کیلومتر و بیشترین پهنای آن ۱۲ کیلومتر است. خلیج از شرق به غرب کشیده شده و رأس آن در غرب قرار داشته و حاشیه باریک و دراز میانکاله آن را از دریا جدا می سازد. (شکل ۱) بیشترین عمق آن در حوالی جنوب شرقی ۵ متر و کمترین آن در ناحیه غربی در حدود ۱ متر می باشد. بستر خلیج در قسمت های شرقی-جنوبی و غربی باتلاقی است و رودخانه های کوچک زیادی که از کوه های جنوبی سرچشمه می گیرند به آن می ریزد. (جعفری و همکاران، ۱۴۰۰). خلیج گرگان در سال ۱۳۵۴ به همراه تالاب میانکاله به عنوان نخستین مجموعه تالاب بین المللی جهان در فهرست تالاب های کنوانسیون رامسر به ثبت رسیده است. خلیج گرگان و نواحی اطراف آن شامل شبه جزیره میانکاله و تالاب بین المللی گُمیشان، مجموعه ای ارزشمند محیط زیستی می باشد. همچنین خلیج گرگان بخشی از پناهگاه حیات وحش میانکاله محسوب می شود (گودوین و همکاران، ۲۰۱۷).

در این تحقیق با مطالعه تحقیقات افراد مختلف در زمینه خلیج گرگان و استفاده از تصاویر لندست و سنجنده های MSS, TM, OLI از سال ۱۹۷۵ تا سال ۲۰۲۱ و از ترکیب رنگی کاذب برای وضوح بهتر پهنه های آبی استفاده شد. نرم افزار مورد استفاده در این پژوهش ENVI 5.3 بوده که نرم افزار قدرتمندی برای پردازش تصاویر ماهواره ای می باشد.



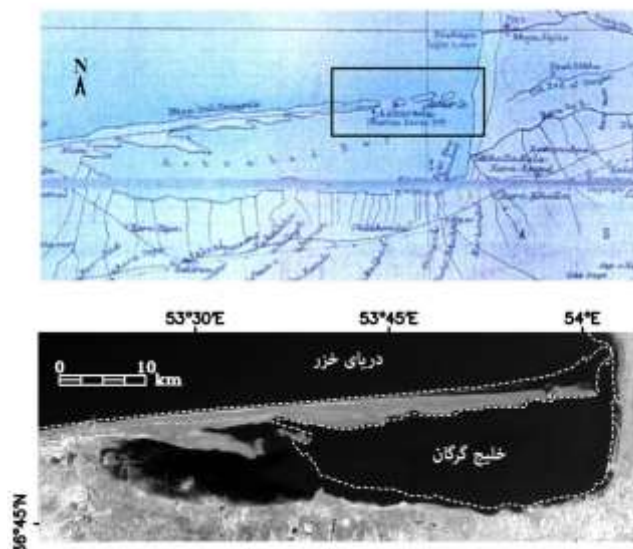
شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه. ماخذ: نگارنده

یافته های تحقیق

بررسی نقشه های قدیمی سال ۱۸۹۰ نشان می دهد که اسپیت^{۱۴۴} میانکاله تحت تاثیر نوسانات سطح آب دریای خزر قرار داشت. اسپیت میانکاله در زمانی که تراز دریای خزر حدود ۲۵ - متر قرار داشت، از چندین جزیره مجزا تشکیل شده بود. به گفته دیگر، زمانی که تراز دریای خزر در سطح بالا قرار داشت، اسپیت به صورت بخش های مجزا، کشیده و متشکل از چند شبه جزیره بود (شکل ۲) (عبداللهی کاکرودی، ۱۳۹۲). همزمان با رشد اسپیت و عریض شدن آن، به دلیل غلبه انتقال رسوب از غرب به شرق در زمان کاهش تراز آب و جدا شدن خلیج از دریا، وسعت خلیج دو برابر کاهش یافت. (شکل ۲). در سال ۱۹۷۷ تراز دریا به پایین ترین سطح خود، یعنی حدود ۲۹- متر می رسد. افزایش ناگهانی تراز آب از سال ۱۹۷۷ مورفولوژی اسپیت را تغییر داد. بخش عمده ای از اسپیت، به دلیل فرسایش شدید حاصل از افزایش ناگهانی تراز آب از بین رفت و پس از آنکه جریان آب اسپیت را شکافت، اولین جزیره در انتهای شرقی آن شکل گرفت. ارتباط آبی خلیج با دریا در گوشه شرقی آن دوباره برقرار شد و خلیج تقریباً به دو برابر وسعت قبلی خود گسترش یافت (شکل ۲). بسیاری از مناطق مسکونی روی اسپیت به زیر آب رفت و بسیاری از ساکنان منطقه را ترک

Spit است (متصل خشکی به دیگر طرف از و دریا به طرف يك از كه دانه درشت ماسه عمدتاً ژئومورفولوژیکی، عارضه^{۱۴۴}

کردند. (عبدالهی کاکرودی، ۱۳۹۲) جدول ۱ و شکل ۳ نوسانات دریای خزر از ابتدای قرن ۱۹ تا سال ۲۰۱۵ را نشان می دهد.

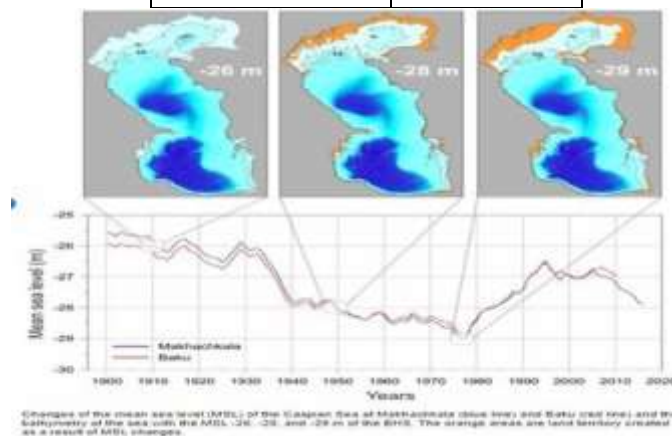


شکل ۲. پاسخ اسپیت میانکاله نسبت به تغییرات تراز آب در زمانی که سطح آب در سال ۱۸۹۰ بالا بوده و نیز زمانی که تراز آب ابتدا پایین (۱۹۷۷) و دوباره در سطح بالا (۱۹۹۵) قرار گرفت. خطوط نقطه چین مربوط به سال ۱۹۷۷ است. (ماخذ: عبدالهی کاکرودی، ۱۳۹۲)

جدول ۱- نوسانات دریای خزر در قرن ۱۹ (Brückner, 1890)

سال	سطح آب دریای خزر
۱۸۰۵	-۲۲/۷
۱۸۱۶	-۲۳/۸
۱۸۳۰	-۲۵/۸
۱۸۴۳ تا ۱۸۴۶	-۲۶/۷
۱۸۴۷	-۲۶
۱۸۵۱ تا ۱۸۵۵	-۲۶/۴
۱۸۵۶ تا ۱۸۶۰	-۲۶/۴۷

۱۸۶۱ تا ۱۸۶۵	-۲۶/۳۹
۱۸۶۶ تا ۱۸۷۰	-۲۶/۰۱
۱۸۷۱ تا ۱۸۷۵	-۲۶

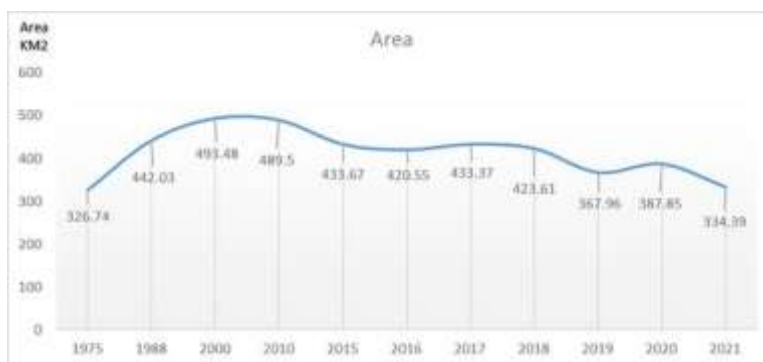


شکل ۳- نمودار نوسانات دریای خزر از ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۵. مآخذ: سازمان نقشه برداری کشور

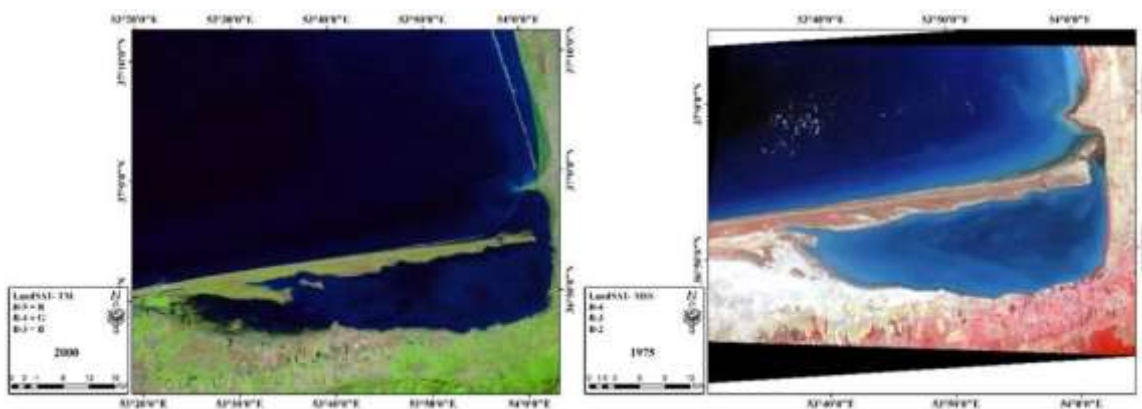
بر اساس نمودار نوسانات، با توجه به افت آب و قرار داشتن سطح آب دریای خزر در پائین ترین حد در اوایل دهه ۷۰ میلادی، تصویر سال ۱۹۷۵ نیز کمترین میزان سطح آب را نشان می دهد، که مساحت کل خلیج در این دوره برابر است با ۳۲۶.۷۴ کیلومتر مربع، که با توجه به روند افزایشی سطح آب دریا همانطور که در تصویر سال ۱۹۸۸ قابل مشاهده است آب خلیج نیز رو به افزایش است و مساحت آن به ۴۴۲.۰۳ کیلومتر مربع رسیده است.

با اینکه افزایش سطح تراز آب دریای خزر تا سال ۱۹۹۵ رو به افزایش بوده و پس از آن روند نزولی را طی می کرده است، خلیج در سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ مساحت بیشتری را شامل می شود، و از سال ۲۰۱۰ افت سطح آب و کاهش مساحت خلیج گرگان آغاز می شود. سال های ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۰ سال های پیشروی آب و گسترده تر شدن خطوط ساحلی خلیج گرگان در امتداد شهرستان بندر گز تا انتهای شهرستان بهشهر می باشد. پس از سال ۲۰۱۰ تا سال ۲۰۲۱ روند سطح آب خلیج گرگان افت شدید داشته و پسروی شدیدی را در سواحل خلیج شاهد هستیم به طوری که ساحل از سمت شهرستان بهشهر با حدود ۱۹ کیلومتر پسروی به سمت شرق به نزدیکی شهرستان گلوگاه رسیده است.

خطوط ساحلی خلیج گرگان با پیشروی خود در طی ۳۵ سال، مساحت خلیج را از ۳۲۶.۷۴۳ کیلومتر مربع در سال ۱۹۷۵ به ۴۹۳.۴۸۳ کیلومتر مربع در سال ۲۰۰۰ رسانیده است و تا سال ۲۰۱۰ با تغییرات جزئی خود در حدود ۳.۹۷۴ کیلومتر پسروی کرده و در سال ۲۰۲۱ مساحت خلیج به ۳۳۴.۳۹۱ کیلومتر مربع رسیده که این مساحت فقط ۷.۶۴ کیلومتر با مساحت سال ۱۹۷۵ اختلاف دارد و این در صورتی است که این تغییرات در طی ۱۱ سال رخ داده است. (شکل ۴ و ۵)



شکل ۴- نمودار تغییرات مساحت خلیج گرگان از سال ۱۹۷۵ تا ۲۰۲۱ مآخذ: نگارنده



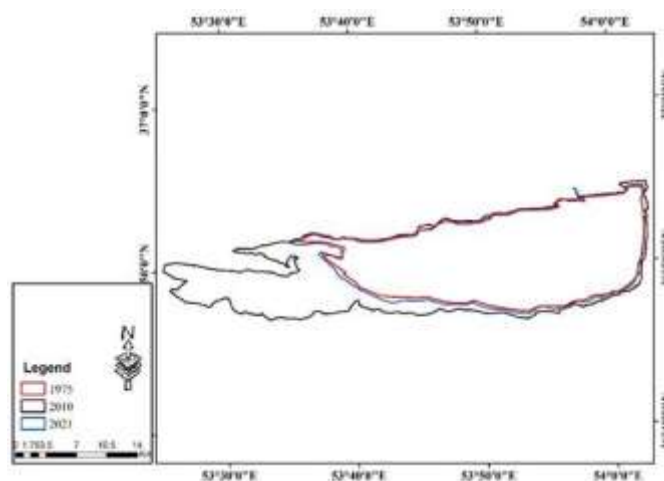
شکل (ب)

شکل (الف)



شکل (ج)

شکل ۵- تغییرات خلیج گرگان. شکل (الف) تصویر سال ۱۹۷۵. شکل (ب) تصویر سال ۲۰۰۰. شکل (ج) تصویر سال ۲۰۲۱. مآخذ نگارنده



شکل ۶- تغییرات خطوط ساحلی خلیج گرگان در سال ها ۱۹۷۵، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۱ مآخذ: نگارنده

در بازدید میدانی انجام شده از خلیج گرگان و همچنین بازدید از ایستگاه دریایی اداره کل هواشناسی گلستان در مرز ترکمنستان تغییرات محسوسی به خصوص در سواحل دیده می شود. شکل ۷ ساحل بندر ترکمن می باشد که در تصویر (الف) ساحل قدیمی سنگی و فاصله آن تا مزر ساحل را نشان می دهد.

شکل ۷ تصویر (ب) اسکله قدیمی بندر ترکمن می باشد که در گذشته مورد استفاده قرار می گرفته است. اما در

ساحل بندر گز این تغییرات آب بسیار مشهود تر است. شکل ۸ (الف) که در آبان ۲۰۰۹ از اسکله بندرگز گرفته شده، در مقایسه با شکل ۸ (ب) که تصویر زمان حال آن منطقه را نشان می دهد، شاهد آن هستیم که تمامی آب های موجود در منطقه خشک شده و خط ساحلی به طور کل عقب نشینی داشته است. در شکل ۹ نیز مکان ایستگاه دریایی اداره کل هواشناسی استان گلستان نشان داده شده که خارج از محدوده خلیج قرار دارد. اما تحت تاثیر مستقیم تراز آب دریای خزر می باشد و افت آب دریای خزر باعث پسروی خطوط ساحلی منطقه شده است.



شکل (ب)



شکل (الف)

شکل ۷- شکل (الف) فاصله خط ساحلی جدید تا خط ساحلی صخره سنگی بندر ترکمن، شکل (ب) اسکله قدیمی بندر ترکمن که در زمان خشک بودن خلیج مورد استفاده بوده. مآخذ: نگارنده



تصویر (ب)



تصویر (الف)

شکل ۸- شکل (الف) اسکله بندرگز در سال ۲۰۰۹. شکل (ب) اسکله بندرگز در زمان حال. مآخذ: نگارنده



شکل ۹- ایستگاه دریایی اداره کل هواشناسی استان گلستان. مآخذ: نگارنده

نتیجه گیری

با توجه به پردازش تصاویر ماهواره لندست که از سال ۱۹۷۵ تا ۲۰۲۱ صورت گرفته است، ابتدا در یک دوره ۲۵ ساله که از سال ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۰ را شامل می شود شاهد آن هستیم که مساحت خلیج بیشتر شده و خطوط ساحلی خلیج گرگان در حال پیشروی بوده، به طوری که از ۳۲۶ کیلومتر مربع به ۴۹۳ کیلومتر مربع در سال ۲۰۰۰ رسیده است. این پیشروی همزمان با افزایش سطح تراز آب دریای خزر بوده و تا سال ۲۰۱۰ از پایداری نسبی برخوردار بوده است. با کاهش تراز آب دریا، خطوط ساحلی خلیج گرگان شروع به پسروی کرده و از سال ۲۰۱۰ تا سال ۲۰۲۱ که یک دوره ۱۱ ساله را شامل می شود، مساحت خلیج از ۴۹۳ کیلومتر مربع به ۳۳۴ کیلومتر مربع در سال ۲۰۲۱ کاهش داشته است. نتایج تحقیقات نشان دهنده آن است که پیشروی و پسروی خطوط ساحلی خلیج گرگان رابطه مستقیم با تغییرات تراز آب دریای خزر دارد به گونه ای که با افزایش تراز آب دریا ساحل خلیج پیشروی و با کاهش تراز آب خطوط ساحلی پسروی کرده است.

منابع:

- جعفری، ع.، نیک سخن، م.، مجدزاده طباطبایی، م. (۱۴۰۰). بررسی الگوی جریان در خلیج گرگان با در نظر گرفتن تغییرات تراز سطح آب دریای خزر با استفاده از مدل عددی. محیط شناسی، دوره ۴۷، شماره ۳، ۲۹۵-۳۰۸
- حمزه، س.، ترابی، ا.، (۱۴۰۰). بررسی تغییرات پهنه آبی خلیج گرگان و ارتباط آن با تغییرات بارش و تراز آب دریای خزر با استفاده از داده های سنجش از دور، اکوهیدرولوژی، دوره ۸، شماره ۲، ۴۷۵-۴۸۴
- عبدالهی کاکرودی، ع. (۱۳۹۲). نوسانات دریای خزر و تاثیر آن بر سواحل جنوب شرقی دریای خزر. پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، سال ۲، شماره ۳، ۳۳-۴۴

یاری نسب، آ؛ طاهری، ح؛ محمدخانی، ح؛ پورصوفی، ط؛ منصوری، ب، (۱۳۹۲). مدل‌سازی هیدرودینامیکی و شوری خلیج گرگان به منظور استخراج فاصله اطمینان بین مزارع پرورش ماهی تحت بار آلودگی لحظه ای. نشریه شیلات، مجله منابع طبیعی ایران، سال ۴، شماره ۶۶، ۵۰۵-۵۱۷

Albuquerque, M., Espinoza, J., Teixeira, P., Oliveira, A., Corrêa, I. and Calliari, L. 2013. Erosion or Coastal Variability: An Evaluation of the DSAS and the Change Polygon Methods for the Determination of Erosive processes on Sandy Beaches. Journal of Coastal Research, Special Issue. 65.

Brückner, E., 1890- Klima- Schwankungen Seit 1700. nebst Bemerkungen über die Klimaschwankungen der Dilvialzeit , E. Holzel.

Ataei, H., Jabari, A., Khakpour, A.M., Adjami, M., & Neshaei, S.A. (2018). Investigation of Caspian Sea Level Fluctuations Based on ECMWF Satellite Imaging Models and Rivers Discharge. International Journal of Coastal and Offshore Engineering, 2(2), 21-30.

Goodwin, E.J. (2017). Convention on Wetlands of International Importance, Especially as Waterfowl Habitat 1971 (Ramsar). In M. Faure (Ed.), Elgar Encyclopedia of Environmental Law. (pp. 101- 108). Edward Elgar Publishing Limited.

Hamzeh, S., Akbari, E., Kakroodi, A.A., & Jeihooni, M. (2017). Investigation the dynamic response of the Anzali lagoon to sea-level changes using multisources remotely sensed data. The 38th Asian Conference on Remote Sensing. New Delhi.

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

11. Tsokos, A.; Kotsi, E.; Petrakis, S.; & E. Vassilakis, 2018. Combining series of multi-source high spatial resolution remote sensing datasets for the detection of shoreline displacement rates and the effectiveness of coastal zone protection measures, Journal of Coastal Conservation, 22(2), 431-441.

Winarso, G., & S. Budhiman., (2001). The potential application of remote sensing data for coastal study. In Proc 2nd. Asian Conference on Remote Sensing, Singapore (pp. 1-5).

پایش فعالیت زمین لغزش‌های قدیمی حوضه کالپوش با استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری

Monitoring the activity of old landslides in the Kalpoosh catchment based on InSAR

*^۱ مهدیه غیور بلورفروشان، ^۲ سیدرضا حسین زاده، ^۳ غلامرضا لشکری پور، ^۴ مسعود مینائی، ^۵ حکیمه مربی هروی

^۱ گروه جغرافیا، دانشگاه فردوسی مشهد Ma.ghayoor@gmail.com

^۲ گروه جغرافیا، دانشگاه فردوسی مشهد srhosseinzadeh@um.ac.ir

^۳ گروه زمین‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد lashkaripour@um.ac.ir

^۴ گروه جغرافیا، دانشگاه فردوسی مشهد m.minaei@um.ac.ir

^۵ گروه آمار، دانشگاه بجنورد h.Morabi@ub.ac.ir

چکیده

زمین لغزش یکی از قدرتمندترین فرایندهای فرسایشی در کمربند کوهزایی البرز می‌باشد، با توجه به وجود بارش‌های سنگین و گسترش شهرها و روستاها در دامنه رشته کوه البرز خطر لغزش در این منطقه افزایش یافته است. زمین لغزش اغلب در جایی اتفاق می‌افتد که در گذشته رخ داده باشد، بنابراین برای پیش‌بینی خطرات احتمالی لغزش در آینده، شناسایی لغزش‌های قدیمی و دامنه‌های ناپایدار بسیار مهم می‌باشد. هدف از این پژوهش شناسایی زمین لغزش‌های قدیمی حوضه کالپوش و پایش فعالیت مجدد آنها در زمان حال در برابر عامل محرکی چون بارش سنگین با استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری می‌باشد. داده‌های تحقیق شامل عکس‌های هوایی، تصاویر گوگل ارث، بازدید میدانی و ^۴ تصویر راداری سنتینل A ^۱ می‌باشد. ابتدا نقشه پراکندگی زمین لغزش براساس قدمت تهیه شد و سپس با استفاده از روش تداخل سنجی تفضیلی راداری میزان فعالیت لغزش‌های قدیمی در برابر بارش سنگین اواخر سال ۱۳۹۷ مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از تهیه نقشه جابه‌جایی برای ماه‌های پربارش، نرخ جابه‌جایی قائم از ۳۵ سانتی‌متر تا ۱۳- سانتی‌متر در حالت گذر بالا و ۵/۶ تا ۴۰- سانتی‌متر در حالت گذر پایین در ۶۰ روز مشهود است و بالآمدگی‌ها در زون انباشت باعث تخریب منازل زیادی در روستای حسین آباد کالپوش شده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که، ۸۰ درصد توده‌های لغزشی جدید منطقه، بر روی پهنه‌های لغزشی قدیمی رخ داده و لغزش‌های قدیمی برای چندمین بار فعال گشته‌اند و عامل ماشه‌ای بارش تاثیر زیادی بر فعال شدن مجدد توده‌های لغزشی قدیمی در حوضه کالپوش دارد.

کلمات کلیدی: زمین لغزش قدیمی، کالپوش، سنتینل

۱- مقدمه

زمین لغزش تهدیدی بزرگ برای زندگی بشر، زیرساخت‌ها و محیط‌های طبیعی در مناطق مختلف جهان است. اصطلاح زمین لغزش در حوزه‌های عمومی و تخصصی، مفاهیم و کاربردهای متنوعی دارد. شانموگام (۲۰۱۵) زمین لغزش را حرکات توده ای رو به پایین یا شکست شیب، معرفی می‌کند. وانگ و همکاران ۲۰۱۱ نیز، زمین لغزش‌ها را براساس زمان رخداد به چهار گروه باستانی (قبل از هولوسن)، قدیمی (اوایل هولوسن)، اخیر (اواخر هولوسن) و امروزی طبقه‌بندی نموده‌اند. لغزش‌های باستانی و قدیمی اغلب عواقب فاجعه باری دارند و باعث مدفون شدن روستاها می‌شوند. این لغزش‌ها معمولاً حین یا پس از زلزله یا بارندگی شدید فعال می‌شوند. بنابراین، مطالعه این لغزش‌ها با هدف نظارت بر جابجایی‌های سطح زمین و درک شرایطی که احتمال فعالیت مجدد لغزش‌های قدیمی در آنها بیشتر است، بسیار حائز اهمیت است.

یکی از بارزترین نمونه‌های فعالیت لغزش‌های قدیمی در ایران مربوط به حوضه کالپوش در دامنه‌های البرز می‌باشد که پس از بارش سنگین اسفندماه ۱۳۹۷، پهنه لغزشی واقع در روستا جابه جا شده و به ۳۰۰ خانه خسارت شدید وارد نموده است. در دهه گذشته با گسترش علم سنجش از دور راداری و تکنیک تداخل سنجی راداری، امکان پایش تغییرات سطح زمین در دشت‌ها و دامنه‌ها برای بررسی فرونشست و لغزش فراهم شده است. اسپچلوگل و همکاران (۲۰۱۵)، لازکی و همکاران (۲۰۱۵)، لی یو و همکاران (۲۰۲۰)، اکبر و آیدین (۲۰۲۱)، شیرانی (۱۳۹۷) و ... با استفاده از تصاویر مختلف راداری مانند انویست، سنتینل ۱ و ... به مطالعه لغزش‌ها با سری زمانی PS و روش DinSAR پرداخته‌اند.

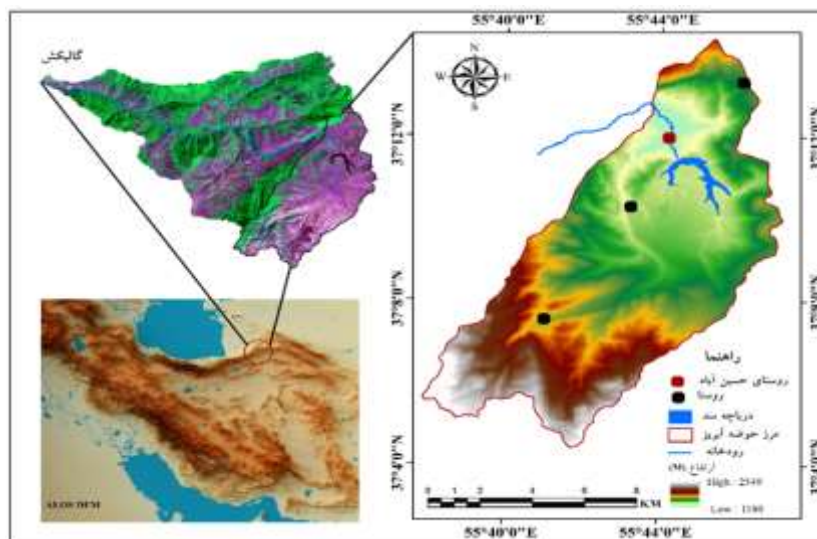
این پژوهش با توجه به زمان بارش شدید و فعالیت مجدد لغزش‌های قدیمی به پایش جابه‌جایی‌های پهنه‌های لغزشی در حوضه کالپوش پرداخته و نرخ جابه‌جایی آنها را با استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری و تصاویر سنتینل ۱A مورد ارزیابی قرار می‌دهد.

۲- مواد و روشها

۲-۱ موقعیت منطقه مورد پژوهش

حوضه آبخیز کالپوش، زیرحوضه اوغان گرگان رود با مساحت ۱۱۳ کیلومترمربع در شمال استان سمنان واقع شده است. ۴ روستا در این حوضه واقع شده‌اند که، حسین‌آباد کالپوش از توابع شهر رضوان بزرگترین روستای آن می‌باشد. بلندی‌های نام نیک در جنوب حوضه با ۲۵۵۷ متر ارتفاع از سطح دریا، مرتفع‌ترین و حسین‌آباد با ۱۱۸۸ متر در خروجی حوضه، پست‌ترین منطقه در حوضه می‌باشند (شکل ۱). این حوضه در زون زمین شناسی کپه داغ واقع شده

است و سنگ آهک‌های توده ای مزدوران، چمن بید و دشت‌های آبرفتی کواترنر بیشترین پراکندگی را در منطقه دارند. متوسط بارش سالانه در ایستگاه باران سنجی حسین‌آباد ۶۸۰ میلی‌متر است. فروردین و اسفندماه بیشترین روزهای بارندگی را در بین ماه‌های سال دارا می‌باشد. متوسط دمای سالانه ۱۰ درجه سانتیگراد و بهمن ماه و تیرماه سردترین و گرمترین ماه‌های سال در این منطقه می‌باشند.



شکل ۱: نقشه منطقه مورد مطالعه، حوضه کالپوش زیرحوضه اوغان گرگان‌رود

۲-۲ روش پژوهش

برای انجام این پژوهش نخست با استفاده از عکس‌های هوایی سال ۱۳۴۷، مرز لغزش‌های قدیمی ترسیم گردید. سپس حدود لغزش‌ها و لغزش‌های جدید در محیط گوگل ارث شناسایی و تدقیق شد و با بازدید میدانی لغزش‌های فعال شده پس از بارش سنگین شناسایی شد. در نهایت نقشه آن تهیه گردید. سپس با استفاده از تصاویر راداری سنتینل ۱ فعالیت آنها در زمان بارش سنگین سال ۱۳۹۷ مورد ارزیابی قرار گرفت. نقشه‌های زمین شناسی، ارتفاع، شیب، جهت دامنه و شبکه زهکشی نیز در نرم افزار ARC GIS تهیه شد.

تکنیک تداخل سنجی راداری یک روش قدرتمند و قابل اعتماد برای ارزیابی جابه‌جایی سطح زمین است (دای و همکاران، ۲۰۱۹). در روش DinSAR با بدست آوردن اختلاف فاز پیسکل‌های دو تصویر راداری در قبل و بعد از وقوع لغزش می‌توان تغییرات قائم سطح زمین را بدست آورد. باتوجه به اینکه عمده بارش‌های حوضه کالپوش در فروردین ماه و اسفندماه می‌باشد، می‌توان با تمرکز بر زمان مذکور تغییرات سطح زمین را مشاهده نمود. بنابراین تصاویر مورد نیاز در این ماه‌ها مورد بررسی قرار گرفتند. برای محاسبه نرخ جابه‌جایی و فعالیت مجدد زمین لغزش‌های قدیمی، دو

تصویر سنتینل ۱ یکی قبل و یکی بعد از وقوع بارش سنگین با فرمت تصویر SLC، فرمت تصویربرداری IW و پلاریزاسیون VV تهیه شد، و در مجموع برای منطقه، ۴ تصویر اخذ گردید، که اطلاعات آنها در جدول شماره ۱ آورده شده است. همچنین از نرم افزار SNAP جهت تهیه اینترفروگرام ها و در نهایت نقشه جابه جایی استفاده شده است.

جدول ۱: اطلاعات تصاویر سنتینل 1A اخذ شده از سایت کوپرنیکوس

شماره زوج	تاریخ تصویر قبل از شکست	تاریخ تصویر بعد از شکست	مقدار کوهرنسی	حالت مداری
۱	۲۰۱۹/۰۲/۲۲	۲۰۱۹/۰۴/۲۳	۰/۹۳	گذر پایین
۲	۲۰۱۹/۰۲/۲۱	۲۰۱۹/۰۴/۲۲	۰/۹۵	گذر بالا

۳- بحث

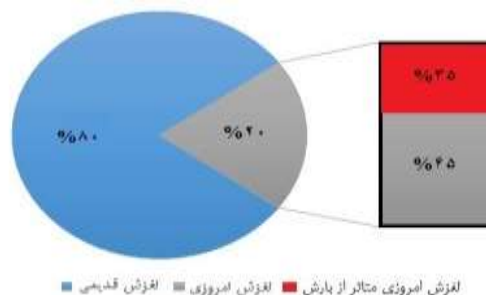
۳-۱ بررسی پراکندگی لغزش های قدیمی

در حوضه کالپوش با بررسی عکس های هوایی، تصاویر ماهواره ای و بازدیدهای میدانی، ۳۶۴ پهنه لغزشی با مساحت ۱۵/۲۵ کیلومتر مربع شناسایی شد که، ۱۳/۵ درصد از مساحت کل حوضه را تشکیل داده اند و از این تعداد، ۷۸ زمین لغزش با مساحت ۱۲/۱۹ کیلومتر مربع و ۸۰ درصد پوشش، از نوع قدیمی هستند (جدول شماره ۲ و شکل ۲). غالب لغزش های قدیمی در شمال و شمال غرب حوضه کالپوش واقع شده اند و ۱۵ پهنه لغزشی بزرگ قدیمی، بیشترین وسعت این لغزش ها را تشکیل می دهند. لغزش قدیمی گسترده ای، در شمال منطقه با طول ۲ کیلومتر و پهنای ۶۳۰ متر بزرگترین و پس از آن زمین لغزشی با ۱/۴۵ کیلومتر طول و پهنای ۹۰۰ متر دومین لغزش قدیمی بزرگ منطقه می باشد. لغزش روستای حسین آباد پنجمین لغزش در منطقه از نظر وسعت می باشد. براساس نقشه توپوگرافی، اکثر لغزش ها در ارتفاع ۱۵۹۱-۱۱۸۸ متر و با شیب کمتر از ۱۶ درجه به وقوع پیوسته اند. در فاصله کمتر از ۱۰۰ متر از رودخانه ها به دلیل جذب رطوبت و عامل زیرشویی تمامی لغزش ها به وقوع پیوسته اند و ۴۰ لغزش منفرد جدید نیز در حاشیه دریاچه سد حسین آباد کالپوش رخ داده اند. ۴۰ درصد لغزش های منطقه در آبرفت و ۵۸ درصد در سنگ های آهکی و آهک مارن دار منطقه به وقوع پیوسته اند. همچنین لغزش های جدید در اراضی زراعی کشت دیم حبوبات و لغزش های قدیمی در جنگل های ممرز و برخی در مناطقی که این جنگل ها پاک تراشی شده اند به وقوع پیوسته اند (شکل ۳).

جدول شماره ۲: مقدار عددی پراکنش لغزش های حوضه کالپوش

نوع لغزش	تعداد	مساحت (Km ²)	درصد پوشش	روش تشخیص

لغزش قدیمی	۷۸	۱۲/۱۹	۸۰	تفسیر عکس هوایی، بازدید میدانی
لغزش جدید	۱۴۱	۲	۱۳	تفسیر تصاویر ماهواره‌ای، بازدید میدانی
لغزش جدید بعد از بارش	۱۴۵	۱/۰۵۵	۷	بازدید میدانی



شکل ۲: نمودار وسعت پوشش مساحت لغزش‌های حوزه کالپوش

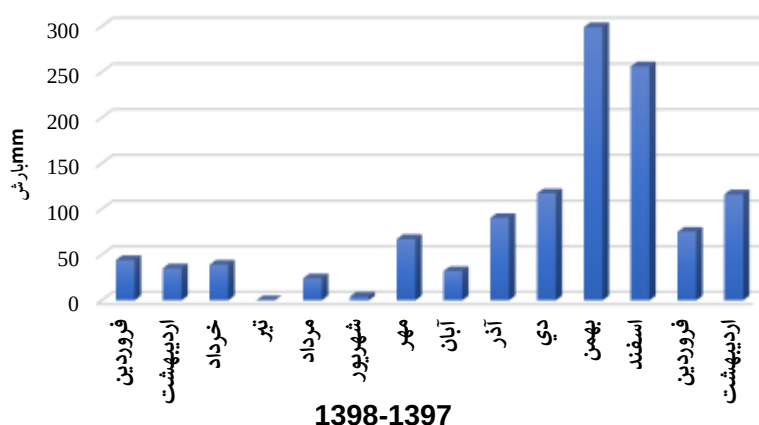


شکل ۳: تصویر دو لغزش قدیمی در منطقه کالپوش

۲-۳ ارزیابی بارش منطقه

نقش بارندگی عمدتاً در سه بخش منعکس می‌شود. در بخش اول با نفوذ قطرات باران در خاک، فشار منفذی افزایش و مقاومت برشی خاک کاهش می‌یابد و سبب از دست دادن ثبات شیب می‌شود، در این مرحله زمین لغزش ممکن است شروع شود. در مرحله دوم با تشکیل جریان سطحی در دامنه و نفوذ در حفرات خاک، مقاومت اسکلت خاک کاهش یافته و با آب مخلوط می‌شوند و حالت خمیری به خود می‌گیرد و در مرحله نهایی با خمیری شدن سطح گسیختگی، حجم مواد بالایی در جهت دامنه به سمت پایین حرکت می‌کنند (گائو و همکاران، ۲۰۲۰). با توجه به

هیستوگرام شکل ۴، در ایستگاه باران سنجی حسین آباد، ماه‌های بهمن و اسفند در مجموع ۵۵۵ میلیمتر بارش داشته و مجموع بارش روزانه در ۳ روز آخر سال ۱۳۹۷، ۲۴۰ میلیمتر گزارش شده است، این بارش‌ها به عنوان عامل ماشه‌ای شرایط را برای وقوع لغزش‌های جدید و فعالیت مجدد لغزش‌های قدیمی به ویژه در روستای حسین آباد فراهم نمود (شکل ۵).



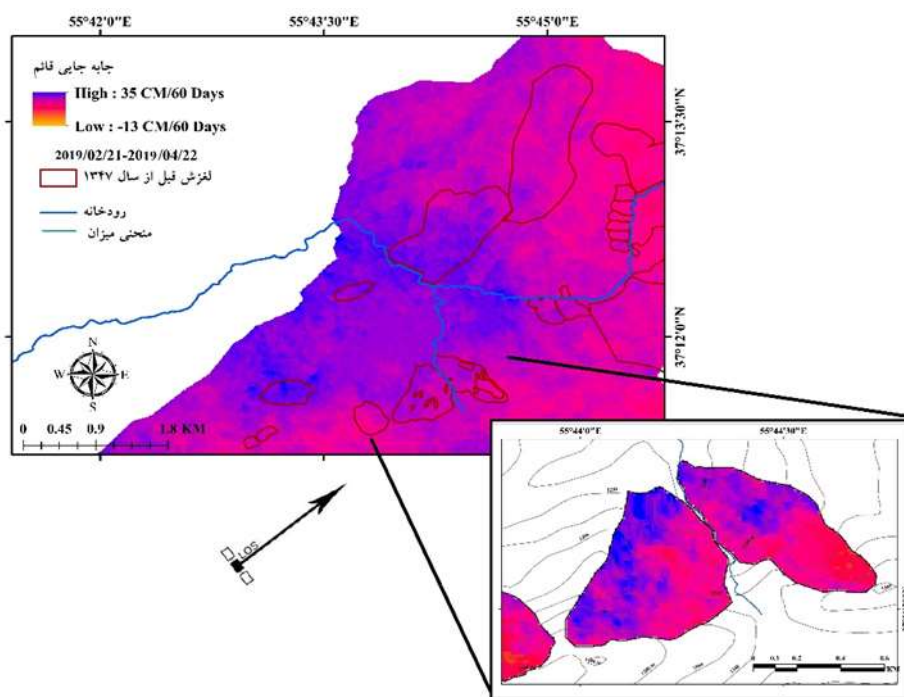
شکل ۴: هیستوگرام توزیع بارش در سال ۱۳۹۷-۱۳۹۸ در حوضه کالپوش



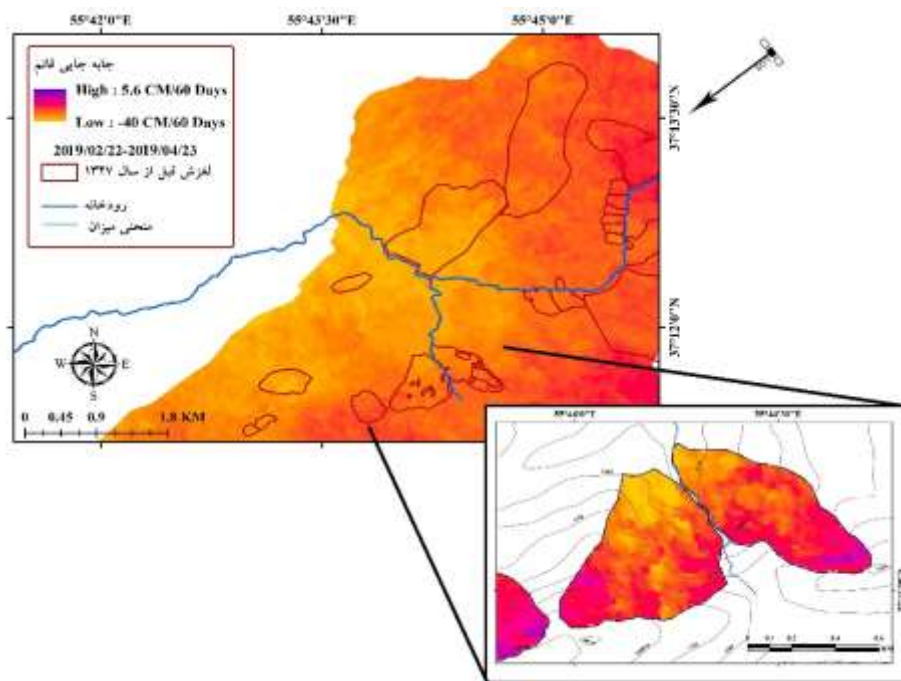
شکل ۵: لغزش‌های روستای حسین آباد، رنگ بنفش لغزش قدیمی ۱۳۴۷، قرمز لغزش جدید و سبز لغزش جدید متأثر از بارش

۳-۳ بررسی نقشه های جابه جایی لغزش های قدیمی پس از بارش

باتوجه به اینکه غالب لغزش های قدیمی و جدید منطقه از نوع چرخشی می باشند در نتیجه میزان جابه جایی اعم از بالا آمدگی و پایین افتادگی در این لغزش ها در قسمت های مختلف لغزش متفاوت بوده و مناطق پرتگاه اصلی و فرعی، برداشت، بدنه اصلی و پنجه به صورت پایین افتادگی و منطقه انباشت و پاشنه به طور تدریجی به صورت بالا آمدگی می باشد. در شکل ۶، در حالت مدار بالاگذر، ۳۵ سانتی متر جابه جایی قائم به صورت بالا آمدگی در منطقه مسکونی روستای حسین آباد بر روی لغزش قدیمی رخ داده است و این منطقه زون انباشت لغزش را شامل می شود و بیشترین خرابی را متحمل شده و منازل به طور کامل تخریب شده اند. در نقشه مذکور، پایین افتادگی در منطقه برداشت و پرتگاه اصلی رخ داده است و نیز در تصویر گذر پایین شکل ۷، ۴۰، ۷ سانتی متر افتادگی در قسمت شکاف های عرضی، پرتگاه های متعدد و پنجه لغزش مشهود است. همچنین در لغزش شمال غربی روستا نیز، افتادگی رخ داده که سبب آسیب دیدگی نسبی به منازل شده است و این امر در هردو نقشه قابل مشاهده است.



شکل ۶: نقشه جابه جایی زمین لغزش های قدیمی تحت تاثیر بارش سال ۱۳۹۷، در حالت مداری گذربالا



شکل ۷: نقشه جابه جایی زمین لغزش های قدیمی تحت تاثیر بارش سال ۱۳۹۷، در حالت مداری گذرپایین

۴- نتیجه گیری

پژوهش حاضر به بررسی فعالیت زمین لغزش های قدیمی در برابر عامل محرک بارش سنگین اسفندماه ۱۳۹۷ و فروردین ماه ۱۳۹۸ می پردازد. براساس مطالعات انجام شده، در حوضه کالپوش زمین لغزش ها براساس زمان وقوع به دو گروه قدیمی و جدید طبقه بندی شدند. پهنه های لغزشی قدیمی بیشترین پوشش در منطقه را دارند. با استفاده از تصاویر راداری سنتیل ۱ و تکنیک تداخل سنجی راداری DinSAR، فعالیت مجدد زمین لغزش های قدیمی منطقه در فواصل زمانی ماه های پربارش پایش شد. در این ارزیابی بیشترین تاثیر بارش در دو ماه بهمن و اسفند سال ۱۳۹۷ با ۵۵۵ میلیمتر بر توده لغزشی قدیمی حسین آباد وارد شده است و نرخ جابه جایی قائم از ۳۵ سانتی متر تا ۱۳- سانتی متر در ۶۰ روز مشهود است، به گونه ای که بالا آمدگی ها در زون انباشت باعث تخریب منازل زیادی شده است. همچنین پنجه توده لغزشی قوشه دگرمان نیز به دلیل بارش زیاد و زیربری رودخانه دوباره فعالیت داشته است. نتایج این تحقیق نشان می دهد که، ۸۰ درصد توده های لغزشی جدید منطقه، بر روی پهنه های لغزشی قدیمی رخ داده و لغزش های قدیمی برای چندمین بار فعال گشته اند و عامل ماشه ای بارش تاثیر زیادی بر فعال شدن مجدد توده های لغزشی قدیمی در حوضه کالپوش دارد.

مراجع

شیرانی، کوروش، شناسایی، پایش و بررسی سازوکار زمین لغزش با استفاده از روش تداخل سنجی پراکنش کننده-های دائمی تصاویر ماهواره ای رادار با روزنه ترکیبی، علوم آب و خاک، شماره ۳، صص ۲۱۳-۲۳۴، ۱۳۹۷.

Dai,K., Xu,Q., Li,Z.,Tomas,R., Fan, X., Dong,X., Li, W., Zhou, Z., Gou,J. and Ran,P.,Post-disaster assessment of 2017 catastrophic Xinmo landslide (China) by spaceborne SAR interferometry: Landslide,V.16,P.1189-1199,2019.

Eker,R. and Aydın, A. Long-term retrospective investigation of a large, deep-seated, and slow moving landslide using InSAR time series, historical aerial photographs, and UAV data: The case of Devrek landslide (NW Turkey): Catena,V.196, 104895,2021.

Guo,J.,Yi, S.,Yin, Y.,Cui,Y., Qin,M., Li,T. and Wang.The effect of topography on landslide kinematics: a case study of the Jichang town landslide in Guizhou, China: Landslide, V.17, P.959-973,2020.

Lazeckt, M., Canaslan,C, F., Hiavacoca, I. and Gurboga, S.Practical application of satellite-based SAR interferometry for the Detection of landslide activity: Procedia Earth and Planetary Science, V.15 ,P. 613 – 618,2015.

Liu,S., Segoni ,S.,Raspini F.,Yin,K., Zhou ,C ., Zhang, Y. and Casaglim,N. Satellite InSAR as a New Tool for the Verification of Landslide Engineering Remedial Works at the Regional Scale: A Case Study in the Three Gorges Reservoir Area, China: Applied sciences,V.10,6435,2020.

Wang, G.L., Zhang, M.S., Su, T.M. and Zeng, Q.M.Collapse failure modes and DEM numerical simulation for loess slopes: Engineering Geology,V. 19 (4), P. 541 –549,2011.

Schlogel, R., Doubre, C., Malet, J. & Masson, F. Landslide deformation monitoring with ALOS/PALSAR imagery: A DInSAR geomorphological interpretation method. Geomorphology, 231, 314 – 330, 2015.

پهنه بندی خطر سیلاب در محدوده شهر پلدختر با استفاده از مدل AHP

Flood risk zoning in Poldakhter city using AHP model

^۱ رقیه نژادحسینی، ^۲ دکتر رضا ذاکری نژاد، ^۳ فرزانه غلامی، ^۴ سعیده امیری نژاد

^۱ دانشجوی دکترا دانشگاه تهران nejadhoseyni@ut.ac.ir

^۲ استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی، دانشگاه اصفهان r.zakerinejad@geo.ui.ac.ir

^۳ دانشجو دکترا دانشگاه اصفهان gholami.f@ut.ac.ir

^۴ کارشناسی ارشد دانشگاه تهران amiri.saide@ut.ac.ir

چکیده

سیل یکی از پدیده های طبیعی است که هر سال خسارت فراوانی در نقاط مختلف ایران و جهان به بار می آورد و برای مقابله با آن اقدامات مختلفی انجام می گیرد که بعضی از این عوامل مقابله با خود سیل است مثل ایجاد سد و احداث دیوار در حاشیه رودخانه می باشد و دسته ای دیگر از این اقدامات مربوط به مدیریت در حوضه آبخیز است که شناسایی و پیش بینی عوامل موثر در ایجاد و تشدید سیلاب را در بر می گیرد. به منظور پیش بینی دامنه خسارات ناشی از سیل برای کنترل و مهار آن، پهنه بندی خطر سیل، امری ضروری است که هدف از این تحقیق بررسی و میزان خطر پذیری سیلاب و ارزیابی خسارات وارده به شهر پلدختر می باشد. پارامترهای خاص این تحقیق: کاربری اراضی، طبقات شیب، ارتفاع، زمین شناسی، خاک شناسی و فاصله از رودخانه و سپس با تهیه لایه های مورد نیاز به تعیین وزن هر لایه براساس اهمیت آن در بروز سیلاب اقدام می کنیم. نتایج نشان داد پرخطر ترین پهنه محدوده به لحاظ سیل خیزی در غرب شهرستان پلدختر قرار دارند دلایلی چون مجاورت با رودخانه اصلی کشکان، زهکشی نهایی آبراهه ها، شیب کم منطقه و جنس خاک از عمده عوامل پرخطر تر نمودن این پهنه می باشند.

کلمات کلیدی: مدیریت سیلاب، شهر پلدختر، مدل AHP، نرم افزار Expert Choice

مقدمه

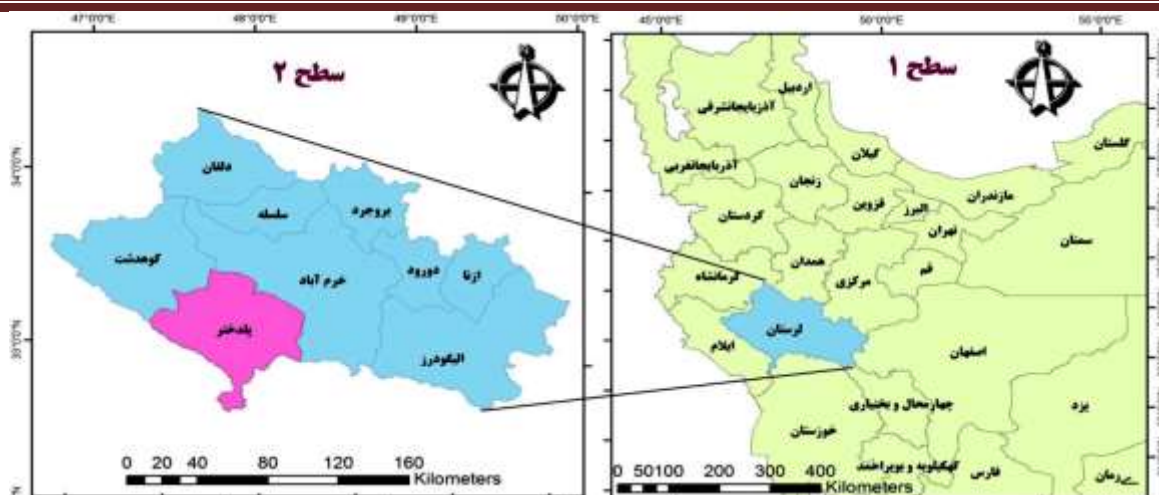
هر اتفاق طبیعی غیر مترقبه و در موارد ناگهانی که موجبات تضعیف و نابودی توانمندی های اقتصادی، اجتماعی و فیزیکی، مانند خسارات جانی و مالی، تخریب تاسیسات زیر بنایی، منابع اقتصادی و زمینه های اشتغال جامعه را فراهم آورد به عنوان بلایای طبیعی تعریف می شود که از مصادیق بارز آن می توان خشکسالی، زلزله، سیل، پیشروی آب دریا، آتشفشان، لغزش لایه های زمین، رانش و طوفان را نام برد. سیل یکی از جدی ترین خطرات طبیعی جهان است. که از نظر ضرر انسانی و اقتصادی مشهودترین و مخرب ترین پدیده های هیدرولوژیکی هستند. بیش از ۷۵٪ از بلایای طبیعی که در سرتاسر جهان رخ می دهد، شامل جاری شدن سیل است. سیل ها در مدت زمان کوتاه و بارندگی شدید، در اثر مقادیر زیادی رواناب ایجاد می شوند. پارامترهای مورفومتریک حوضه نقش مهمی در فرآیندهای هیدرولوژیکی ایفا می کنند، زیرا آنها تا حد زیادی پاسخ هیدرولوژیکی یک حوضه را کنترل می کنند. شیب و هندسه حوضه، سرعت و غلظت رواناب را تعیین می کند. درک پاسخ حوضه به بارندگی شدید بر اساس شاخص های ژئومورفولوژیکی می تواند در هنگام مطالعه خطر سیلاب در حوضه غیرمترقبه با ارزش باشد. یکی از روش های کاهش خطرات سیل، پهنه بندی سیل می باشد که اطلاعات ارزشمندی را در رابطه با طبیعت سیلاب ها و اثرات آن بر اراضی دشت سیلابی و تعیین حریم رودخانه ها ارائه می دهد. در نتیجه امکان ارسال هشدارهای مناسب در مواقع خطر سیل و تسهیل عملیات امداد و نجات را فراهم می سازد. نقشه های پهنه بندی سیلاب در مدیریت سیلاب دشت ها کاربرد وسیعی دارند. امروزه این نقشه ها یکی از اطلاعات طرح های عمرانی در دنیا محسوب شده و قبل از هرگونه سرمایه گذاری و یا اجرای طرح های توسعه، بررسی آن در دستور کار سازمان های ذیربط قرار می گیرد (۲). امروزه به دلیل دخالت های بی رویه در بسیاری از نقاط که قبلا سیل نمی آمده، طغیان های بزرگی مشاهده می شود. فعالیت انسان به چند صورت احتمال وقوع سیل را افزایش می دهند. از جمله می توان به ساختمان سازی در دشت سیلابی رودخانه که مستلزم اشتغال بخش هایی از آن است و باعث کاهش ظرفیت رود می شود، اشاره کرد.

پژوهش های مختلفی در جهان و ایران در ارتباط با این موضوع صورت پذیرفته که می توان به مواردی چند اشاره کرد جیمز و همکاران (۱۹۸۰) ضمن برشمردن نیازهای مدیریتی به ویژه در اقلیم خشک، به پهنه بندی خطر سیل در ایالت یوتای آمریکا اقدام کردند و بیان داشتند که به علت تغییرات مناطق سیل گیر از سیلی به سیلی دیگر باید توجه داشت که در مناطق نقشه بندی شده، خطرهای خیلی زیاد یا خیلی کم نشان داده نشود. هوانگ (۲۰۱۴) در پژوهشی به بررسی مدیریت سیلاب و طراحی شبکه های زهکش و مسیل های شهری در شهر اسناکوالمی در ایالت واشنگتن در ایالت متحده آمریکا پرداخته است. طراحی مدیریت جامع سیلاب بعد از سیلاب نقشه های تاریخی، نقشه های منطقه بندی، داده های مربوط به خطر سیل و داده ای هیدرولوژیکی از جمله پیشنهاد های این تحقیق بود.

وحید امامی کیا و همکاران (۹۳) به پهنه بندی خطر سیلاب در محدوده شهر تبریز با استفاده از روش ahp اقدام کردند و نتیجه گرفتند که حدود ۳.۳۴ درصد از محدوده نقشه در پهنه بندی خطر خیلی زیاد، ۱۵.۸۷ درصد در پهنه بندی خطر زیاد، ۷۰.۸۴ درصد در پهنه خطر متوسط و ۹.۹۵ درصد در پهنه کم خطر از لحاظ سیل گیری قرار دارد. و محمد غلامی و مهدی احمدی (۱۳۹۶) در پژوهشی به پهنه بندی خطر سیلاب در شهر لامرد با استفاده از Ahp، GIS و منطق فازی پرداخته و براساس نتایج حاصل از این پژوهش، پهنه مستعد خطر سیل به صورت نواری وسیع در امتداد شمال غربی- جنوب شرقی کشیده شده و بخش عمده ای از محدوده شهری لامرد را در بر می گیرد. فتحی و همکاران () در تحقیقی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تحلیل سلسله مراتبی از تعدادی پارامترهای تاثیر گذار در سیل مانند شیب، حریم راه گسل، خطوط ارتفاعی، جهت شیب و زمین شناسی پهنه بندی سیلاب دشت اردبیل مورد بررسی قرار گرفته است. موسوی و همکاران (۱۳۹۵)، در پژوهشی با استفاده از منطق فازی TOPSIS در محیط GIS خطر سیل خیزی در حوضه آبخیز شهر باغملک را مورد ارزیابی و پهنه بندی قرار داده اند. در این تحقیق عوامل موثر در ایجاد سیلاب شامل بارش، ارتفاع، شیب، سازند، فاصله از آبراهه و کاربری اراضی مورد تحلیل قرار گرفته اند. نتایج نشان می دهد که ۸۶/۱۷ درصد از محدوده در طبقه با خطر بسیار بالا و ۱۵/۲۴ درصد در پهنه با خطر بالا قرار دارد. و در این مقاله پهنه بندی خطر سیلاب در محدوده شهر پلدختر با تاکید بر تحلیل سلسله مراتبی AHP در محیط GIS مورد نظر است.

محدوده مورد مطالعه

حوضه آبریز رودخانه کشکان با مساحت ۶۶/۹۲۷۵ کیومتر مربع در ناحیه جنوب غرب ایران واقع شده است. این حوضه آبخیز از سمت شمال غرب، غرب و جنوب غربی به حوضه آبریز رودخانه های گاماسیاب و سیمره و از شرق به سرشاخه های فرعی رودخانه کشکان و از جنوب به زیر حوضه های مشرف به رودخانه کرخه محدود می شود. شیب ناخالص رودخانه از ارتفاع ۲۴۰۰ متری در شمال استان تا ۵۰۰ متری جنوب شهرستان پلدختر در طول کانالی معادل ۳۷۴ کیلومتر معادل ۵ در هزار محاسبه شده است. این رودخانه که از سرشاخه های اصلی رودخانه کرخه می باشد در ۲۵ کیلومتری جنوب پلدختر و پایین تر از روستای چم مهر پس از تلاقی با رودخانه سیمره و زال به رودخانه کرخه می ریزد. حوضه آبخیز رودخانه کشکان در تقسیم بندی هیدرولوژی ایران جزئی از حوضه آبریز خلیج فارس به حساب می آید. (شکل، ۱)



شکل (۱) محدوده مورد مطالعه (شهرستان پلدختر)

مواد و روشها

روش تحقیق به کار گرفته شده در این پژوهش، توصیفی تحلیلی خواهد بود. برای پهنه بندی محدوده خطر سیلاب از مدل AHP که از بهترین روش ها در تصمیم گیری چند معیاره مکانی است استفاده شده است. محدوده مورد مطالعه، شهرستان پل دختر واقع در استان لرستان می باشد. سه منبع اصلی اطلاعاتی در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت. نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ که از سازمان نقشه برداری کشور تهیه شد، نقشه خاک شناسی که از سازمان جنگل ها و مراتع تهیه شد و نقشه بارش از اطلاعات سازمان هواشناسی شناسی تهیه گردید.

در این تحقیق پهنه بندی خطر سیلاب با استفاده از پارامترهای فاصله از رودخانه، شیب، ارتفاع، جنس خاک، فرسایش و بارش ارزیابی گردید. خطوط توپوگرافی و آبراهه ها از نقشه ۱:۲۵۰۰۰ استان لرستان استخراج و با استفاده از آن ها نقشه های طبقات ارتفاعی و شیب تهیه گردید. همچنین با استفاده از نقشه زمین شناسی، سازندهای زمین شناسی محدوده استخراج گردید. لایه بارش منطقه با استفاده از داده ای هواشناسی منطقه در محیط GIS تهیه گردید.

در این پژوهش جهت وزن دهی پارامترها از مدل تصمیمگیری چند معیاره AHP استفاده شد. ترکیب این مدل با نرم افزار GIS ابزار قدرتمندی برای پهنه بندی خطر سیلاب فراهم می کند (محمود زاده و همکاران، ۱۳۹۴).

مدل AHP برای تعیین وزن پارامترها از ماتریس مقایسه و رابطه دو به دو فاکتورها بهره می برد که این عملیات در نرم افزار، Expert Choice صورت گرفت. مبنای کار این نرم افزار تعیین هدف تحقیق، مشخص نمودن پارامترهای دخیل در آن وزندهی پارامترها و در نهایت رسیدن به نتیجه (تعیین وزن هر یک از پارامترها) می باشد. سپس، ماتریس مقایسات زوجی پارامترهای مختلف تهیه و نتایج حاصل در خصوص عوامل مؤثر در سیل خیزی وارد نرم افزار Expert

Choice گردید. و مقدار نهایی وزن هر کدام از پارامترها از طریق میانگین هندسی نیز محاسبه گردید.

سپس برای هر ماتریس، نرخ ناسازگاری که معیار مناسبی برای قضاوت در مورد آن می باشد محاسبه گردید و چنانچه این عدد کوچکتر یا مساوی ۰.۱ باشد، سازگاری سیستم قابل قبول است وگرنه باید در قضاوتها تجدیدنظر نمود. با توجه به اینکه در این تحقیق هر پارامتر به زیر پارامترهایی طبقه بندی شده بود، برای رسیدن به نتایج مطلوب تر وزن دهی زیر پارامترها نیز صورت گرفت و در نهایت وزن نهایی هر یک از طبقات مشخص گردید. در پایان، از ترکیب لایه های اطلاعاتی با استفاده از کلاس های طبقه بندی، نقشه پهنه بندی خطر سیلاب در شهرستان پل دختر تهیه گردید.

جدول (۱) وزن نهایی معیارها و زیر معیارها

معیار	وزن	نرخ سازگاری	طبقات	کلاس	وزن نهایی
ارتفاع	۰.۱۳	۰.۰۵	۵۰۰-۱۹۵	۵	۰.۳۸۲
			۱۰۰۰-۵۰۰	۴	۰.۲۵
			۱۵۰۰-۱۰۰۰	۳	۰.۱۶
			۲۰۰۰-۱۵۰۰	۲	۰.۱۲
			۲۰۰۰<	۱	۰.۸۷
فاصله از رودخانه	۰.۲۵	۰.۰۶	۱۰۰۰-۰	۵	۰.۳۲
			۵۰۰۰-۱۰۰۰	۴	۰.۲۵
			۱۰۰۰۰-۵۰۰۰	۳	۰.۱۸
			۱۵۰۰۰-۱۰۰۰۰	۲	۰.۱۵
			۱۵۰۰۰<	۱	۰.۱
شیب	۰.۱۹	۰.۰۴	-۰	۵	۰.۳۵
			۱۰-۵	۴	۰.۲
			۱۵-۱۰	۳	۰.۱۸
			۲۰-۱۵	۲	۰.۱۵

۰.۱۲	۱	۲۰ <			
۰.۵۵	۵	Outcrops-Rock_ _Bad Lands	۰.۰۷	۰.۱۲	خاک
۰.۴۵	۱	Inceptisols/Vertisols			
۰.۲۵	۱	خیلی کم	۰.۰۵	۰.۱۰	فرسایش
۰.۲۳	۲	کم			
۰.۲	۳	متوسط			
۰.۱۵	۴	زیاد			
۰.۱۷	۵	خیلی زیاد			
۰.۸	۱	۴۰۳-۳۹۰	۰.۰۹	۰.۲۱	بارش
۰.۹	۲	۴۱۵-۴۰۳			
۰.۲۳	۳	۴۲۷-۴۱۵			
۰.۲۷	۴	۴۳۸-۴۲۷			
۰.۳۳	۵	۴۵۰-۴۳۸			

نتایج

فاصله از رودخانه

فاصله از رودخانه به عنوان یک فاکتور مهم در تهیه نقشه خطرپذیری سیلاب مطرح است. اکثر مناطق مستعد سیلابی در نزدیکی رودخانه ها واقع شده اند که دلیل آن نیز ناشی از سرریز جریان از این کانال ها می باشد. این لایه از طریق عملیات بافر زدن که شامل تمامی مناطقی است که در فاصله مشخصی از رودخانه ها قرار دارند، تهیه می شود. سپس این لایه به کلاسهای مختلف براساس فاصله از رودخانه تقسیم بندی شده و براساس این تقسیم بندی، رتبه بندی آن صورت میگیرد. در مورد رتبه بندی انجام شده باید اشاره شود که هر چه فاصله از رودخانه بیشتر باشد کلاس مربوط ارجحیت کمتری در میزان خطرپذیری سیلاب پیدا میکند.

اطلاعات ارتفاعی

این پارامتر نقش مهمی را در کنترل سیلاب‌ها ایفا می‌کند. ارتفاع حرکت جریان آب را کنترل می‌کند به این معنی که حرکت جریان آب به سمت مناطق با ارتفاع کمتر می‌باشد. همانند فاصله از رودخانه‌ها این لایه نیز براساس مقادیر ارتفاعی به کلاس‌های مختلف تقسیم شده و سپس رتبه‌بندی این کلاس‌ها صورت گرفت. طبقات ارتفاعی در ۵ کلاس تقسیم‌بندی شد. واضح است که مناطق با ارتفاع بیشتر حساسیت کمتری نسبت به سیل‌گیری دارند.

مقدار شیب

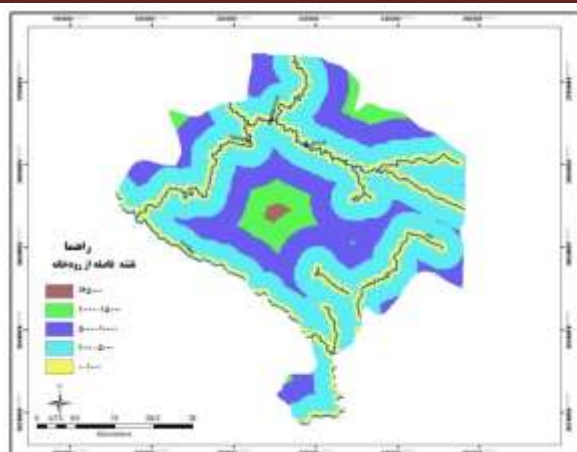
مقدار شیب مناطق مختلف به عنوان یک فاکتور مهم در تعیین مناطق مستعد سیلابی مطرح می‌باشد. شیب زمین در حوزه‌های آبخیز مهم‌ترین عامل در تعیین سرعت جریان می‌باشد از این رو در شیب‌های مسطح که ماندابی اتفاق می‌افتد، حجم قابل توجهی از رواناب سطحی به عنوان ذخیره موقت باقی می‌ماند. نقشه شیب در محدوده مطالعاتی برحسب درصد با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی تهیه شد. این لایه نیز به کلاس‌های مختلف تقسیم شده و سپس رتبه‌بندی آن صورت گرفت. کلاس‌های با شیب کمتر از مطلوبیت بیشتری در میزان خطرپذیری سیلاب برخوردار هستند.

خاک

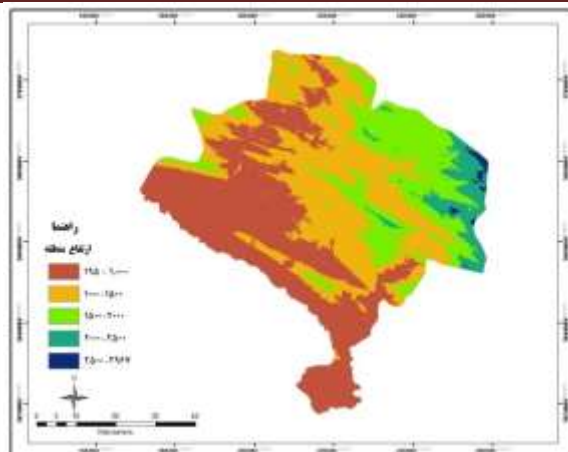
جنس خاک در سیل‌خیزی موثر است به طوری که در زمین‌های سخت و نفوذناپذیر میزان نفوذپذیری خاک کاهش و رواناب زیاد می‌شود.

فرسایش

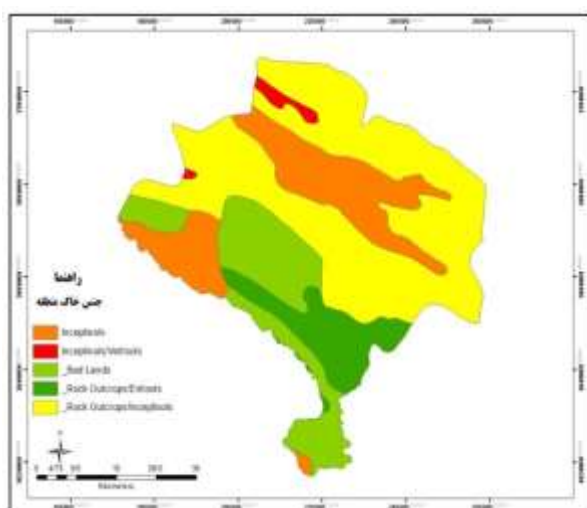
یکی از مهم‌ترین پیامدهای فرسایش خاک بروز سیلاب‌ها است با فرسایش خاک، بافت و ساختمان خاک بهم خورده، عمق خاک کم شده و گیاهان قادر به استقرار و ادامه حیات نخواهند بود و سیل‌خیزی منطقه تشدید می‌گردد.



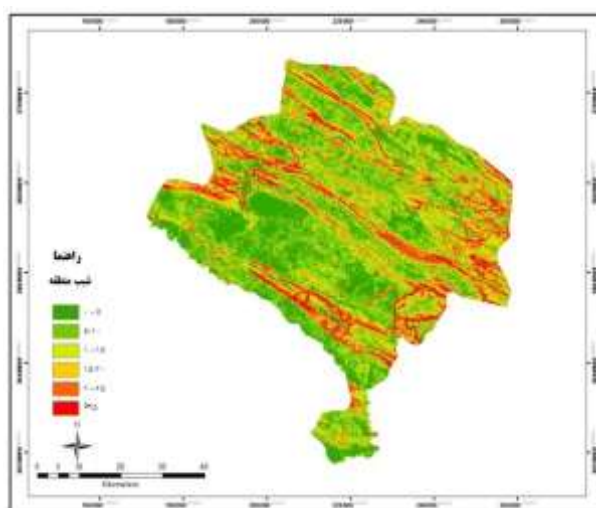
شکل (۷) نقشه پهنه بندی ارتفاع منطقه



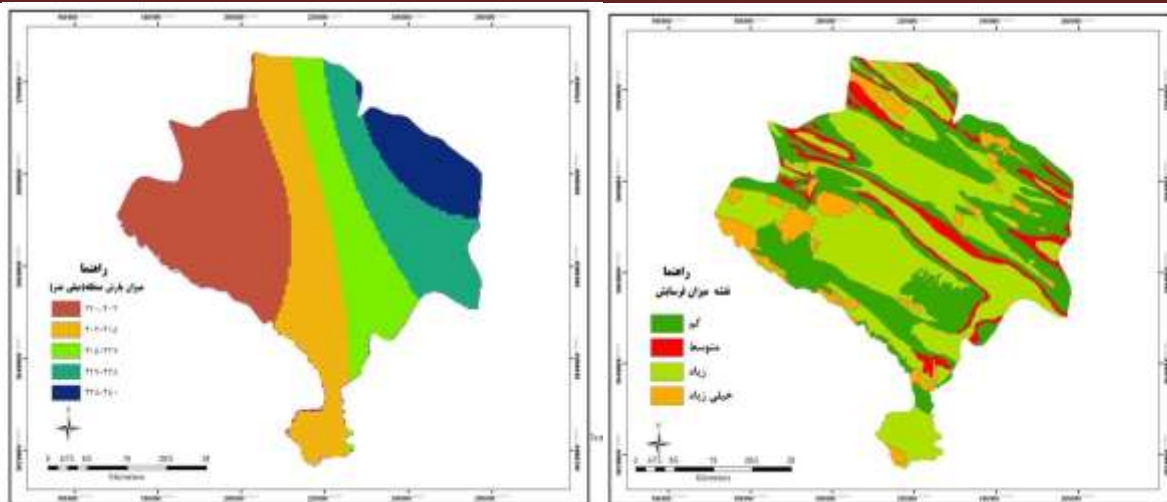
شکل (۶) پهنه بندی فاصله از رودخانه



شکل (۴) پهنه بندی شیب منطقه



شکل (۲) پهنه بندی خاک منطقه



شکل (۵) پهنه بندی فرسایش منطقه

شکل (۳) پهنه بندی بارش منطقه

بعد از تهیه نقشه ها در محیط GIS مرحله بعد، دادن وزن و ارزش های رتبه بندی به لایه ها با استفاده از نرم افزار Export choice است برای همپوشانی لایه ها از نرم افزار GIS و دستور Fuzzy overlay استفاده شد و در آخر از همپوشانی لایه ها، نقشه پهنه بندی خطر سیلاب در شهرستان پل دختر تهیه شد.

بحث و نتیجه گیری

نتایج نشان داد پرخطر ترین پهنه محدوده به لحاظ سیل خیزی در غرب شهرستان پلدختر قرار دارند دلایلی چون مجاورت با رودخانه اصلی کشکان، زهکشی نهایی آبراهه ها، شیب کم منطقه و جنس خاک از عمده عوامل پرخطر تر نمودن این پهنه می باشند. به سمت شرق محدوده مورد مطالعه از میزان خطر خیزی منطقه کاسته می شود.



شکل (۸) طبقه بندی خطر سیلاب در شهرستان پلدختر

مراجع

بخش مراجع در انتهای مقاله قرار می‌گیرد و عنوان آن دارای شماره باشد. در نوشتن مراجع ابتدا مراجع فارسی و بعد مراجع انگلیسی را ذکر کنید و آنها را به ترتیب حروف الفباء نام خانوادگی نویسنده اول ذکر نمایید. در مقاله باید به همه مراجع اشاره شود. مشخصات هر مرجع به صورت کامل و در قالب استاندارد زیر ذکر شوند. مراجع فارسی با قلم نازنین نازک اندازه ۱۰ و مراجع انگلیسی با قلم Times New Roman اندازه ۹ ذکر شوند.

امامی کیا، وحید، رسولی، علی اکبر و محمود زاده، حسن، (۱۳۹۳)، ریز پهنه بندی خطر سیلاب در محدوده شهر تبریز با استفاده از روش AHP، فصلنامه تحقیقات جغرافیای، شماره ۱.

امجدی، الف، (۱۳۸۸)، پهنه بندی خطر سیل خیزی حوضه آبخیز قلعه پای (عجبشیر) با استفاده از GIS، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته ژئومورفولوژی، دانشگاه تربیت معلم سبزوار.

غلامی، محمد و احمدی، مهدی، (۱۳۹۷)، ریز پهنه بندی خطر سیلاب در شهر لامرد با استفاده از AHP، GIS و منطق فازی، مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هشتم، شماره بیستم.

فتحی، مهدی، راثی نظامی، سعید، بنی خدمت، اشکان، ()، پهنه بندی سیلاب دشت اردبیل با استفاده از روش تحلیل سلسه مراتبی AHP و سیستم اطلاعات جغرافیای (GIS)، کنفرانس بین المللی آب، محیط زیست و توسعه پایدار، دانشکده عمران، دانشگاه محقق اردبیلی.

موسوی، فاطمه، نگهبان، سعید، رخشانی مقدم، حیدر، حسین زاده (مطالعه موردی: حوضه آبخیز شهر باغملک)، مجله مخاطرات محیط طبیعی.

Huang, P.H. (2014), Sustainable Urban Community Development: A case study of flood design in Snoqualmie, WA, USA, A Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Urban Planning, University of Washington, Department of Urban Design and Planning.

James, Douglas. Larsen, Dean. And Glover, Terrence., (1980). Floodplain Management Needs peculiar to Arid Climates. Water Resources Bulletin 16 (6). Pp.1020-1029.

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)

^۱ سارا کیانی، ^۲ سمیه موسویان، ^۳ سجاد رمضانپور

^۱ دانشگاه خوارزمی kiani@khu.ac.ir

^۲ دانشگاه خوارزمی mousaviyan.somaye@yahoo.com

^۳ دانشگاه خوارزمی sajjadramezanpour@gmail.com

چکیده

امروزه عوامل مختلفی همچون رشد بی رویه جمعیت، تسطیح زمین، تغییر کاربری ها و اشغال حریم رودخانه ها در کنار عوامل اقلیمی سبب گسترش سیلابهای شهری شده است. اهداف این پژوهش، پهنه بندی خطر سیلاب در حوضه آبریز کل و مهران و جزایر با استفاده از مدل فازی و معرفی مهمترین عوامل در وقوع سیلاب می باشد. برای ارزیابی و شناسایی مناطق پرخطر با استفاده ویژگیهای طبیعی و مورفولوژیکی از نه فاکتور موثر در وقوع سیلاب تراکم آبراهه، فاصله از آبراهه، زمین شناسی، نفوذپذیری، شیب، طبقات ارتفاعی، بارندگی، کاربری اراضی و پوشش گیاهی استفاده گردیده است. از سیستم اطلاعات مکانی و تصاویر ماهواره ای برای تولید لایه های معیارها استفاده شد. سپس با استفاده از نظرهای کارشناسی و شناخت منطقه، وزن دهی نهایی لایه ها به روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی به وسیله نرم افزار Expert choice انجام گردید و نقشه پهنه بندی سیلاب در محدوده حوضه آبریز کل و مهران و جزایر ارائه شد. نتایج نشان داد که بارندگی، شیب، و فاصله از آبراهه به ترتیب با وزن ۰/۱۴۸، ۰/۱۴۰، ۰/۱۳۳ بیشترین، کاربری اراضی و نفوذپذیری کمترین ضریب تأثیر را در وقوع سیلاب، در این حوضه دارند. با بررسی نقشه ی پهنه بندی پتانسیل سیلاب در محدوده ی مورد مطالعه مناطق پرخطر و بسیار پرخطر عمدتاً در مناطق پرشیب در امتداد آبراهه های اصلی و کوهستانی قرار گرفته است که به دلیل شیب زیاد و ارتفاع منطقه و پوشش گیاهی کم بیشترین نقش را در تولید رواناب دارد. البته در این مناطق نوع واحد زمین شناسی، کاربری اراضی، نفوذپذیری نیز این امر را تشدید می کند. همانطور که نقشه و بررسی ها نشان می دهد بیشترین مساحت منطقه را نواحی بسیار کم خطر در برابر پدیده سیل خیزی تشکیل داده است؛ اما نواحی بسیار پر خطر و پر خطر هم مساحت قابل توجهی از منطقه را تشکیل داده اند.

کلمات کلیدی: پهنه بندی خطر سیل، تحلیل سلسله مراتبی، منطق فازی، کل و مهران و جزایر

مقدمه

سیل به عنوان یکی از مخاطراتی محسوب می شود که هرساله خسارات زیادی بر جای میگذارد. با توجه به اینکه سیلاب پدیده ایست که دلیل اصلی آن عوامل طبیعی بوده اما دخالت های بشر از قبیل تغییر کاربری زمین، تخریب پوشش گیاهی و خاک، تجاوز در حریم رودخانه ها بدون شناخت و توجه به شرایط هیدرولوژیکی و دینامیکی رودخانه موجب افزایش خسارت جانی و مالی و زیر بنایی می شود (قلی زاده و همکاران، ۱۳۹۶). ایران به عنوان یکی از چند کشور حادثه خیز جهان، هرساله شاهد وقوع سیلابهای متعددی در مناطق مختلف کشور است. در چندین سال اخیر بسیاری از هموطنان در نقاط شهری و روستایی جان خود را در اثر این واقعه طبیعی از دست دادند. تهیه نقشه های پهنه بندی سیلاب به منظور تدوین طرح مقابله اضطراری با سیل، مشخص کردن اراضی سیل گیر در سامانه های هشدار سیلاب، کمک رسانی و تخلیه مناطق در خطر سیلاب، تعیین نرخ بیمه سیلاب با پهنه بندی با خطرهای متفاوت، تحلیل اقتصادی طرح های مهار سیلاب جهت حوضه آبریز مورد مطالعه از اهداف این پژوهش می باشد. بنابراین پهنه بندی سیلاب و شناسایی روستاهای در معرض سیل، به عنوان یک ابزار اساسی در مهندسی آمایش روستاهای حاشیه ی رودخانه ها، برنامه ریزان و مدیران روستایی را در زمینه ی ارائه الگوهای مناسب فعالیتی و زیستی با کمترین میزان خطر یاری میرساند، زیرا برنامه ریزی برای نقاط روستایی که در فاصله نزدیک به رودخانه ها قرار دارند و در دوره های کوتاه بازگشت سیل، دائماً در معرض خطر هستند، متفاوت از سکونتگاههای روستایی می باشند که در موقعیتی دورتر از بستر اصلی رود واقع شده اند (افتخاری، ۱۳۸۹: ۱۶۰).

در خصوص پهنه بندی و شناسایی نواحی سیل خیز، مطالعاتی در سطح جهان و ایران صورت پذیرفته است: از جمله پژوهش ها در جهان: یوسف و

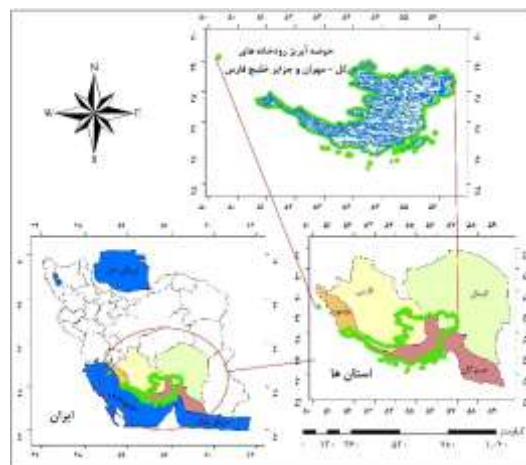
هگاب (۲۰۱۹) در مطالعه خود با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی نقشه حساسیت سیل برای منطقه راس غریب در مصر را تهیه کردند. داس (۲۰۱۹) نقشه حساسیت سیل را برای حوضه اولهاس تهیه نمود. چن گوانگ لی و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از الگوریتم کلونی مورچه به پهنه بندی خطر سیل در حوضه ی رودخانه دانگ جینگ در جنوب چین پرداختند. کلانتری و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از ویژگی های فیزیوگرافی حوضه ها مناطق سیل خیز غرب سوئد را مشخص کردند. ناپرادین و همکاران (۲۰۰۶) در راستای شناسایی مناطق در معرض سیل در حوضه های آبریز نزدیک دریای بایا در دره آستو ترکیب دو برنامه WetSpa و RAS- HEC را مورد استفاده قرار داده اند؛

در ایران آرخی و همکاران (۱۴۰۰) پژوهشی با هدف پهنه بندی خطر سیلاب در محدوده گرگانرود و معرفی مهمترین عوامل در وقوع سیلاب با روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی به وسیله نرم افزار Expert choice انجام دادند. رحمانی و همکاران (۱۳۹۸) برای تعیین پتانسیل سیل خیزی حوضه های مازندران از دیدگاه توزیعی مبتنی بر GIS

استفاده کردند. زیاری و همکاران (۱۳۹۹) پژوهشی با هدف ارزیابی و پهنه بندی محدوده های سیل خیز شهر ایلام با روش تحلیل سلسله مراتبی انجام دادند. حجازی و همکاران (۱۳۹۶) روستاهایی که در معرض وقوع سیلاب در حوضه ی آبریز ورکش چای با دوره های بازگشت ۲۵ و ۵۰ ساله قرار داشتند را شناسایی کردند. قلی زاده و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی خطر سیل در حوضه زنگمار در شهرستان ماکو را ارزیابی و پهنه بندی کردند.

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز رودخانه های کل، مهران، مسیل های جنوبی و جزایر با نام اختصاری کل-مهران-جزایر یکی از حوضه های باز ایران با مساحت $62895/74$ کیلومترمربع در نیمه ی غربی استان هرمزگان و بخش هایی از استان های فارس، بوشهر و کرمان قرار دارد. مساحت کل دشت های حوضه آبریز، $17767/78$ کیلومترمربع و مساحت کل ارتفاعات، $96/45127$ کیلومترمربع است. مهم ترین رود آن، رود کل است که رود شور لار و رود گودر به آن میریزند و رود مهم دیگر حوضه رود مهران است (شکل ۱).



شکل ۱: نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

مواد و روشها

روش تحقیق بر اساس هدف از نوع کاربردی و از نظر ماهیت توصیفی و تحلیلی است. روش گردآوری اطلاعات بر اساس مطالعات کتابخانه ای و داده های فضایی محدوده مورد مطالعه و پرسشنامه هاست. ابتدا محدوده مورد مطالعه مشخص شده و وضعیت عوامل مورد توجه قرار میگیرد. در پهنه بندی سیلاب عوامل زیادی باید در نظر گرفته شود که هر کدام با درجه هایی دارای اهمیت متفاوتی هستند، اما با توجه به محدودیت هایی که در تهیه برخی

از لایه ها وجود داشت و محدودیت هایی که به خاطر طولانی بودن فرآیند مدل وجود دارد، استفاده از لایه های اطلاعاتی فراوان باعث پیچیدگی بیش از اندازه مدل، هزینه و زمان طولانی در تحلیل و پردازش مدل می شود (موسوی و همکاران، ۱۳۹۵). در این پژوهش ۹ پارامتر مؤثر در پهنه بندی سیلاب شامل شیب، طبقات ارتفاعی، زمین شناسی، بارش، فاصله از آبراهه و رودخانه، شاخص کاربری اراضی، بافت خاک، تراکم آبراهه و پوشش گیاهی استفاده شده است. با استفاده از نقشه کاربری اراضی و نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه همچنین از DEM منطقه با قدرت تفکیک ۳۰ متر در محیط Arc GIS لایه های اطلاعاتی تهیه گردید.

تعریف معیارها

اولین قدم در ارزیابی چندمعیاری، تعریف معیارها و ایجاد ماتریس ارزیابی است. انتخاب معیارها بر اساس تجارب مطالعات قبلی شرح زیر صورت گرفته است: معیار شیب نقش زیادی در هدایت و سکون آبهای سطحی دارد. بدین ترتیب با افزایش و کاهش مقدار شیب در یک محل میتوان محل جمع شدن یا حرکت روانابها را تعیین کرد. عامل شیب با پدیده سیلاب رابطه معکوس دارد؛ به شکلی که با کاهش مقدار شیب خطر سیلاب افزایش می یابد و بالعکس. سازندهای زمین شناسی و پهنه های خاک با توجه به نفوذپذیر بودن یا نبودنشان در هدایت یا جذب آبهای سطحی نقشی اساسی دارند. از سوی دیگر، سیل تأثیر اساسی در فرسایش پذیری سازندها دارد. عامل ارتفاع با تأثیر روی مقدار و نوع بارندگی، میزان تبخیر، تفرق و وضعیت پوشش گیاهی بر روی رواناب تأثیرگذار است. آبراهه ها به عنوان بستر عبور آبهای ناشی از بارندگی عامل مهمی هستند که شناسایی تراکم و میزان فاصله آنها از ساخت وساز در پیش بینی و کاهش خسارات سیلابها مؤثر است. معیار کاربری اراضی که بیانگر نوع استفاده از سطح زمین است، میتواند عاملی تأثیرگذار در کند یا تند کردن شدت سیلاب باشد.

یافته های تحقیق

شیب: شیب حوضه ی آبریز اثری محسوس و قابل توجه در جریان سطحی آن دارد. تأثیر شیب روی مقدار رواناب، ناشی از اثر آن بر عمق و ظرفیت نگهداری آب و خاک و همچنین فرصت نفوذ آب در آن و میزان نفوذ آب در خاک است. چنانچه مقدار شیب افزایش یابد، نقش عوامل افزاینده نفوذ کاهش یافته و میزان رواناب زیاد می شود، زیرا تجمع آب در ناهمواری های سطحی رابطه ی نزدیک با شیب آبریز داشته و با افزایش آن تقلیل می یابد. در شرایط مساوی سرعت جریان در حوضه های با شیب تند نسبت به حوضه های با شیب ملایم سریع تر است. این نقشه با تکیه بر مدل رقومی ارتفاع DEM با قدرت تفکیک ۳۰ متر و نرم افزار ArcGIS 10.8 تهیه و طبقه بندی شد. در حوضه ی مورد مطالعه

مقدار شیب بین صفر تا ۱۹۱ درصد متغیر است (شکل ۲).

طبقات ارتفاعی: توپوگرافی حوضه عاملی است که نقش مهمی در مقدار و نوع ویژگی های جوی، تبخیر و تعرق، پوشش گیاهی، جهت رواناب و میزان تراکم زهکشی دارد و در میزان رطوبت خاک، شیب دامنه ها تأثیر به سزایی دارد و نقش بسیار مهمی در میزان رواناب و در نهایت ایجاد سیلاب دارد بطوریکه هر چه از ارتفاعات به سمت زمینهای پست و کم ارتفاع پیش میرویم، میزان پتانسیل سیل خیزی افزایش پیدا میکند. دلیل آنرا میتوان چنین بیان کرد که میزان تمرکز آب در ارتفاعات کمتر میباشد، در نتیجه رواناب سطحی به سمت زمینهای با شیب کمتر هدایت می شود. ارتفاع حوضه بین ۲۰۰ تا ۳۷۹۶ متر متغیر است و ۴۰ درصد حوضه ارتفاعی بالاتر از ۱۰۰۰ متر دارد (شکل ۳).

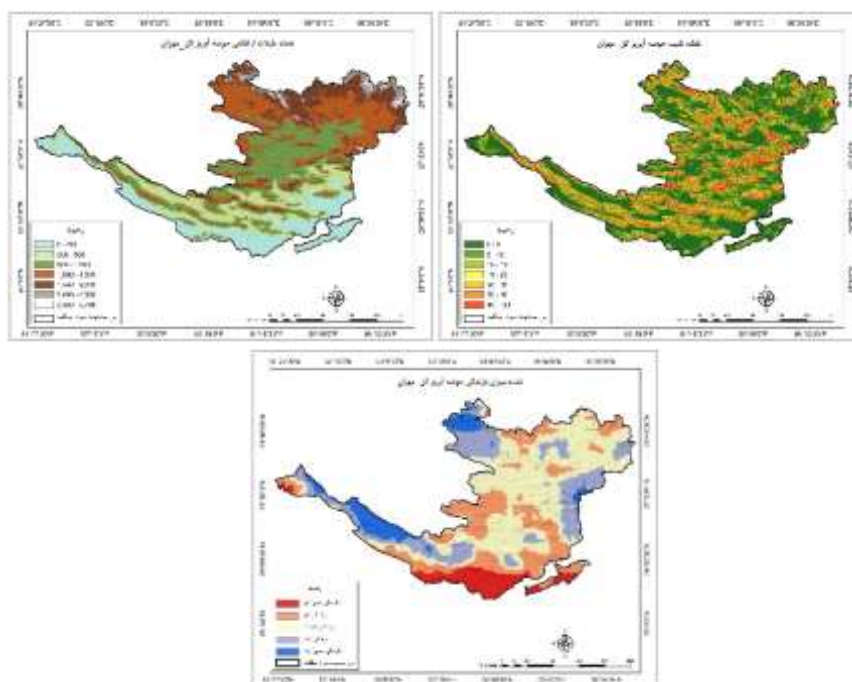
بارندگی: بارندگی سالانه از عوامل اقلیمی مؤثر و انکارناپذیر در بروز و ظهور هر روان آبی در حوزه آبریز است و مقدار و شدت آن در بروز سیلاب، زمان تمرکز، هیدروگراف سیل مؤثر است. بدین منظور از روی تصاویر ماهواره ای Chrips میانگین بارندگی برای سال ۱۴۰۰ استخراج شد (شکل ۴).

نفوذپذیری: با معرفی و شناسایی پهنه های خاکی موجود در منطقه مورد مطالعه می توان از میزان نفوذپذیری آب در مواقع سیلابی آگاهی یافت. پهنه های موجود در منطقه شامل خاک های رسوبی بافت درشت و ریز، خاک های شور و قلیایی، خاک های رسوبی و خاک های لیتوسل است. بیشتر محدوده مورد مطالعه از خاک های حاوی لیتوسل نیمه مرطوب تشکیل شده که نفوذپذیری کمتری دارند و خاک های رسوبی بافت درشت نفوذپذیری بیشتری دارند (شکل ۵). زمین شناسی: ویژگی های سنگ و اثرپذیری آن در رخنمون سطحی زمین تغییرات زیادی را به وجود می آورد. میزان نفوذپذیری که هر دسته از

سنگ ها در برابر سیل نشان می دهند با یکدیگر متفاوت است. حوضه ی آبریز کل-مهران از نظر زمین شناسی شامل سازند میشان و گچساران که از سنگ نمک، سنگ آهک و مارن تشکیل شده که به خاطر نفوذپذیری کم و شیب زیاد منطقه نقش مهمی در وقوع سیلاب ایفا میکند. سازندهای بختیاری و آغاچاری متشکل از کنگلومرا و ماسه سنگ میزان نفوذپذیری خوب و رسوبات کواترنری میزان نفوذپذیری عالی در رواناب دارند (شکل ۶).

پوشش گیاهی: وجود پوشش گیاهی در سطح حوضه به دلیل اثراتی که در اجزای سیکل هیدرولوژی در مقیاس حوضه دارد، از عوامل کاهش دهنده ی سیل خیزی یک حوضه است. در نواحی که تراکم پوشش گیاهی بالاست و یا مناطق جنگلی، آب حاصل از بارش زمان کافی برای نفوذ دارد ولی در مناطق فاقد پوشش گیاهی آب حاصل از بارش، بلافاصله بر روی زمین جاری شده و رواناب شکل میگیرد. بنابراین شاخص پوشش گیاهی یک فاکتور مهم در سیل خیزی حوزه آبریز می باشد. بدین منظور از روی تصاویر ماهواره ای مادیس از سال ۱۴۰۰ شاخص پوشش گیاهی استخراج شد.

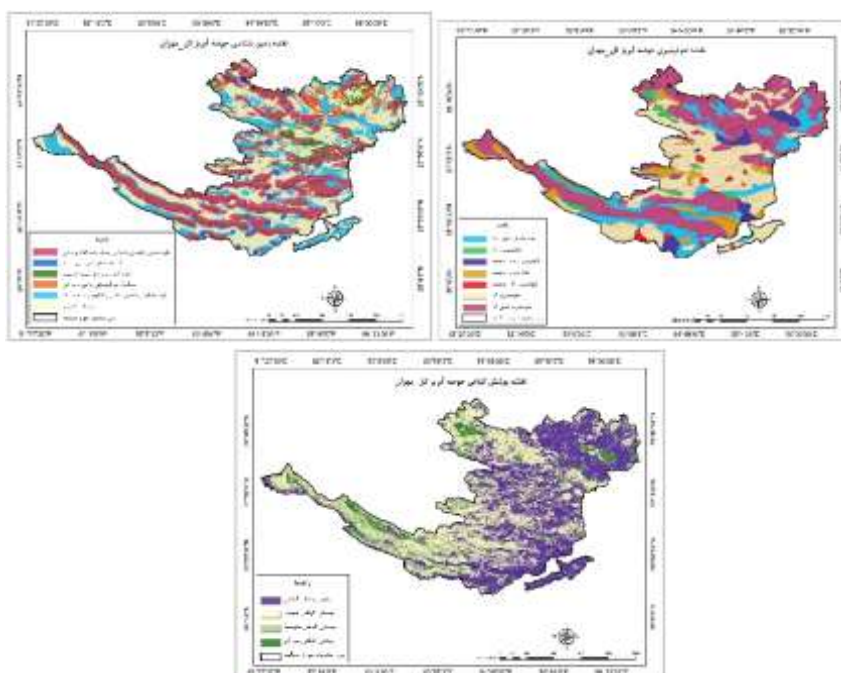
حوضه مورد مطالعه از لحاظ پوشش گیاهی غنی نبوده از کل مساحت حوضه که ۶۲۸۳۳ کیلومتر مربع می باشد تنها ۳۴۲۵ کیلومتر مربع از حوضه دارای پوشش گیاهی متراکم می باشد (شکل ۷).



شکل ۲: نقشه شیب حوضه

شکل ۳: نقشه طبقات ارتفاعی حوضه

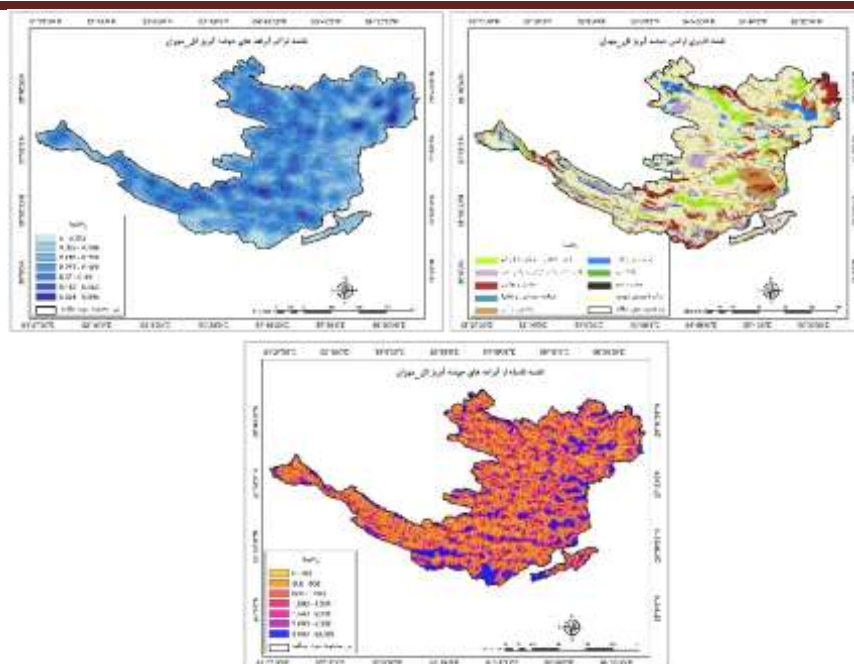
شکل ۴: نقشه بارندگی حوضه



شکل ۵: نقشه نفوذپذیری حوضه

شکل ۶: نقشه زمین شناسی حوضه

شکل ۷: نقشه پوشش گیاهی حوضه



شکل ۱۰: نقشه فاصله از آبراهه

شکل ۹: نقشه تراکم آبراهه

شکل ۸: نقشه کاربری اراضی

کاربری اراضی: کاربری اراضی روی جریان رودخانه و وقوع سیلاب به روش های مختلفی تأثیر می گذارد. از بین بردن پوشش گیاهی و یا تغییر در نوع و نحوه کشت و کار گیاهانی که تلفات برگ آبی زیادی ندارند سبب افزایش حجم جریان می گردد. هرگونه عملیاتی در حوضه که سبب کاهش ذخیره رطوبت خاک و یا کاهش نفوذپذیری گردد موجب افزایش دبی جریان می گردد. نوع کاربری اراضی در منطقه ی مورد مطالعه به ۹ کلاس

تقسیم می گردد ۶۱ درصد حوضه را اراضی مراتع با پوشش گیاهی متوسط تشکیل می دهد که نقش مهمی در وقوع سیلاب دارد (شکل ۸).

تراکم آبراهه: میزان تراکم آبراهه ها یا تراکم زهکشی در حوضه ی آبریز عبارت است از نسبت طول کلیه ی آبراهه ها به مساحت کل حوضه که بر حسب km/km^2 بیان می گردد. تراکم زهکشی به میزان قابل توجهی مبین وضعیت فرسایش در بخش های مختلف حوضه می باشد. در این حوضه تراکم زهکشی بیشتر است بنابراین عکس العمل حوضه در برابر بارندگی نیز سریع تر بوده و جریان های سطحی با سرعت بیشتری تشکیل می شوند لذا سیلاب بیشتری را به دنبال خواهند داشت (شکل ۹).

فاصله از آبراهه: آبراهه های موجود در حوزه آبریز، به طور کلی عمل تخلیه جریان های سطحی را انجام می دهند و با فاصله گرفتن از آبراهه ها، خطر ایجاد سیلاب و سیل خیزی کاهش می یابد در این منطقه فاصله از آبراهه در فواصل صفر تا ۲۲۳۲۹ متر می باشد بنابراین فواصل نزدیک به آبراهه ها عمدتاً در معرض خطر سیلاب قرار دارند (شکل ۱۰).

پهنه‌بندی نهایی سیلاب در حوضه آبریز کل-مهران

پس از تهیه نقشه‌ی عوامل موثر در پهنه‌بندی سیلاب حوضه‌ی آبریز کل-مهران، با دستور Reclassify طبقه‌بندی مجدد انجام شد و به هر طبقه بر اساس درجه‌ی اهمیت آنها در وقوع سیل، امتیازی داده شده است. در این خصوص به متغیری که نقش بیشتری در وقوع سیل داشته امتیاز بیشتری تعلق گرفته است و بالعکس. و سپس با دستور Fuzzy Membership استانداردسازی معیارها بر مبنای درجه عضویت فازی در حدفاصل صفر و یک انجام شد. در اینجا هر چه به دامنه‌ی ارزشی یک نزدیک می‌شویم، پتانسیل سیل‌خیزی نیز بیشتر می‌باشد و برعکس هر چه ارزش یک پیکسل به سمت صفر میل می‌نماید، نشانگر پتانسیل کم آن پیکسل از لحاظ پتانسیل خطر سیلاب می‌باشد. پس از تهیه نقشه‌های استاندارد شده در رابطه با هریک از معیارهای مطرح در پهنه‌بندی سیلاب حوضه‌ی آبریز کل-مهران با بهره‌گیری از نظر کارشناسان متخصص و با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی AHP وزن معیارها محاسبه و نتایج آن به صورت جدول نشان داده شده است (جدول ۱).

جدول ۱: وزن حاصل از مقایسه‌ی زوجی معیارهای اصلی در حوضه‌ی آبریز کل-مهران

معیار	بارندگی	شیب	فاصله از آبراهه	تراکم آبراهه	طبقات ارتفاعی	زمین شناسی	پوشش گیاهی	نفوذپذیری اراضی	کاربری
وزن	۰.۱۴۸	۰.۱۴۰	۰.۱۳۳	۰.۱۳۱	۰.۱۲۴	۰.۰۹۴	۰.۰۷۸	۰.۰۷۷	۰.۰۷۴

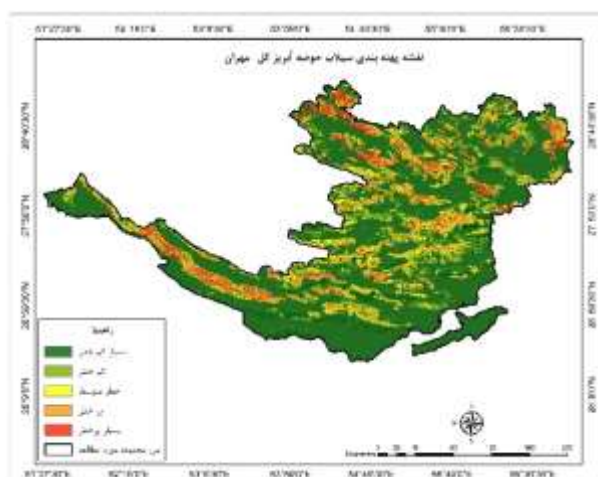
سپس هر یک از نقشه‌ها در وزن‌های مربوط به خود ضرب شدند و سپس با دستور Fuzzy Overlay و از طریق عملگر گاما با هم ترکیب و ادغام شدند و بدین ترتیب نقشه پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی به دست آمد. در نهایت نقشه نهایی در پنج کلاس بسیار پرخطر تا بسیار کم خطر طبقه‌بندی مجدد شد. همچنین طبق نتایج به دست آمده از نقشه طبقه‌بندی سیلاب در حوضه‌ی آبریز کل-مهران از کل مساحت منطقه ۹.۷ درصد مساحت منطقه در طبقه بسیار پرخطر، ۴.۴ درصد مساحت منطقه در طبقه پرخطر، ۱۱.۱ درصد مساحت منطقه در طبقه با خطر متوسط، ۶.۴ درصد مساحت منطقه در طبقه کم خطر و ۶۸.۲ درصد مساحت منطقه در طبقه بسیار کم خطر هستند (جدول ۲؛ شکل ۱۱).

نتیجه‌گیری

سیل یکی از بلایای طبیعی است که اغلب مناطق کشور را تحت تأثیر قرار داده و موجب وارد آمدن خسارات جانی و مالی می‌شود؛ بنابراین شناسایی

مناطق با ظرفیت سیل‌خیزی از جمله اقدامات بسیار مهم در کاهش خسارات است. بدین منظور در این مقاله با

استفاده از تحلیل سلسله مراتبی و مدل فازی و به کارگیری سامانه اطلاعات جغرافیایی به بررسی و ارزیابی پهنه‌های سیل خیزی و طبقات آسیب‌پذیری محدوده مورد بررسی پرداخته شد. برای ارزیابی و شناسایی مناطق پرخطر با استفاده ویژگی‌های طبیعی و مورفولوژیکی از نه فاکتور موثر در وقوع سیلاب تراکم آبراهه، فاصله از آبراهه، زمین شناسی، نفوذپذیری، شیب، طبقات ارتفاعی، بارندگی، کاربری اراضی و پوشش گیاهی استفاده گردیده است.



شکل ۱۱: نقشه‌ی پهنه‌بندی سیلاب حوضه آبریز کل-مهران

جدول (۲): مساحت هر یک از کلاس‌های در سیل خیزی

کلاس خطرپذیری	مساحت (کیلومتر مربع)	مساحت (درصد)
بسیار پر خطر	۶۰۶۴.۴۵	۹.۷
پر خطر	۲۷۹۷.۰۶	۴.۴
خطر متوسط	۶۹۵۳.۸۷	۱۱.۱
کم خطر	۴۰۰۸.۲۹	۶.۴
بسیار کم خطر	۴۲۵۷۳.۸۵	۶۸.۲

نتایج نشان داد که بارندگی، شیب، و فاصله از آبراهه به ترتیب با وزن ۰/۱۴۸، ۰/۱۴۰، ۰/۱۳۳ بیشترین، کاربری

اراضی و نفوذپذیری کمترین ضریب تأثیر را در وقوع سیلاب، در این حوضه دارند. با بررسی نقشه‌ی پهنه‌بندی پتانسیل سیلاب در محدوده‌ی مورد مطالعه مناطق پرخطر و بسیار پرخطر عمدتاً در مناطق پرشیب در امتداد آبراهه‌های اصلی و کوهستانی قرار گرفته است که به دلیل شیب زیاد و ارتفاع منطقه و پوشش گیاهی کم بیشترین نقش را در تولید رواناب دارد. البته در این مناطق نوع واحد زمین‌شناسی، کاربری اراضی، نفوذپذیری نیز این امر را تشدید می‌کند. همانطور که نقشه و بررسی‌ها نشان می‌دهد بیشترین مساحت منطقه را نواحی بسیار کم خطر در برابر پدیده سیل‌خیزی تشکیل داده است؛ اما نواحی بسیار پر خطر و پر خطر هم مساحت قابل توجهی از منطقه را تشکیل داده‌اند (جدول ۲؛ شکل ۱۱)

برای کاهش خطر سیلاب در مناطق بسیار پرخطر، پرخطر و مناطق با خطر متوسط لازم است اقدامات آبخیزداری و حفاظتی مانند کاهش سرعت و شدت جریان رواناب، ایجاد شیب شکن‌ها موجب کاهش سرعت آب و افزایش نفوذپذیری خواهد شد. از تغییر کاربری و تخریب مراتع در این مناطق باید جلوگیری شود؛ زیرا باعث افزایش حجم رواناب خواهد شد. و کشت گیاهان مناسب نسبت به شرایط جغرافیایی منطقه و احیاء مراتع در اولویت قرار بگیرد.

مراجع

آرخی، صالح؛ یاری بیگی، حدیث؛ عمادالدین، سمیه (۱۴۰۰) پهنه بندی خطر سیلاب با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز گرگانرود) پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال دهم، شماره ۳، ص ۸۶-۱۱۰.
 افتخاری، رکن الدین؛ صادقلو، عبدالرضا؛ احمدآبادی، طاهره. (۱۳۸۸) ارزیابی پهنه بندی روستاهای در معرض خطر سیلاب با استفاده از مدل HEC-RAS_GEO در محیط GIS مطالعه موردی: روستاهای حوضه گرگانرود، نشریه توسعه محلی (توسعه روستائی-شهری) ۱۵۷-۱۸۲.

امامی، کامران، «روشهای غیرسازه ای مدیریت سیلاب»، کارگاه فنی روشهای غیرسازه ای سیلاب

حجازی، اسدالله؛ خدایی قشلاق، فاطمه؛ خدایی قشلاق، لیلا (۱۳۹۶) پهنه بندی خطر وقوع سیلاب در حوضه ی آبریز ورکش چای با ، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال نوزدهم، شماره ۵۳، تابستان ۹۸-HEC-GEO-RASوالحاقیه HEC-RAS زمدل استفاده ا

رحمانی، شیماء؛ عزیزیان، اصغر؛ صمدی، امیر (۱۳۹۸) روشی نوین برای پهنه‌بندی خطر سیل‌خیزی در بستر GIS (مطالعه موردی: حوضه های آبریز استان مازندران) تحقیقات منابع آب ایران، سال پانزدهم، شماره ۳ ص ۳۳۰-۳۳۰

زیاری، کرامت الله؛ رجائی، سید عباس؛ داراب خانی، رسول؛ (۱۳۹۸) پهنه بندی پتانسیل سیل خیزی با استفاده از تحلیل سلسه مراتبی و منطق فازی در محیط GIS نمونه موردی: شهر ایلام، فصلنامه پژوهشی مدیریت بحران، شماره ۱۹

شرافت، سیده سعیده، قنبری، فریبا، حسینی، سید احمد، (۱۳۹۳) ریسک و مدیریت آب، نشریه آب و توسعه پایدار سال اول، شماره ۲، صفحات ۱۵ تا ۲۱

قلی زاده، آیلا؛ قنواتی، عزت الله؛ افشار منش حمیده؛ امان اله پور، حجت (۱۳۹۵) کارایی مدل فازی در پتانسیل سیل خیزی حوضه زنگمار، فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی، سال هفدهم، شماره ۶۰، ص ۲۴۵-۲۲۷

موسوی، سیده معصومه، نگهبان، سعید،، رخشانی مقدم، حیدر، و حسین زاده، سید محسن (۱۳۹۵). ارزیابی و پهنه مطالعه موردی: حوضه آبخیز شهر باغ ملک. RS در محیط Topsis بندی خطر سیل خیزی با استفاده از منطق فازی مجله مخاطرات محیط طبیعی، سال پنجم، شماره دهم، صص ۷۹-۹۸.

Chengguang Lai.; Shao, Q.; Chen , X.; Wang , Zh.; Zhou , X.; Yang , B. and Zhang , L . (2016). Flood risk zoning using a rule mining based on ant colony algorithm, Journal of Hydrology , 542: 268 -280.

Das, S., 2019. Geospatial mapping of flood susceptibility and hydro-geomorphic response to the floods in Ulhas basin, India. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 14, 60-74.

Kalantari, Z.; Nickman, A.; Lyon, S.W.; Olofsson, B. and Folkeson, L. (2014). A method for mapping flood hazard along roads, Environmental Management, 133: 69 -77

Napraden , I .Chira, R. (2006), the hydrological modeling of the Usturoi Valley – Using modeling programs-Wetspa and HecRas. CARPATHIAN JOURNAL OF EARTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCES, (Vol 1).

Youssef, A.M., & Hegab, M.A., 2019. Flood-Hazard Assessment Modeling Using Multicriteria Analysis and GIS: A Case Study—Ras Gharib Area, Egypt. In Spatial Modeling in GIS and R for Earth and Environmental Sciences (pp. 229-257): Elsevier

پهنه بندی حساسیت والویت بندی عوامل موثر بر وقوع زمین لغزش با استفاده از مدل

بهترین و بدترین (مطالعه موردی: حوضه آبریز لنبران)

Zoning of sensitivity and valving of factors affecting the occurrence of landslides using the best and worst model (case study: Lanbaran watershed)

^۱عبداله بهبودی، ^۲حسن احمدزاده، ^۳وجیهه قلی زاده، ^۴افسانه پناهی ترکمبور

^۱ دانشگاه تبریز، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، گروه ژئومورفولوژی behboodi_1354@yahoo.com

^۲ استادیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز h_ahmadzadeh@iaut.ac.ir

^۳ دانشگاه خوارزمی، دانشکده علوم جغرافیایی، گروه ژئومورفولوژی vajihe_gholizade@yahoo.com

^۴ دانشگاه تبریز، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، گروه ریاضی Mshafieimehr@yahoo.com

چکیده

پدیده زمین لغزش همانند زمین لرزه، سیل و آتشفشان از بلایای طبیعی مهم به شمار می رود که هر ساله وقوع آن در مناطق مستعد خسارات و صدمات قابل ملاحظه ای به بار می آورد. لغزش عبارت است از پایین افتادن یا حرکت یکپارچه و اغلب سریع حجمی از مواد رسوبی در امتداد دامنه ها می باشد. حوضه آبریز لنبران یکی از زیر حوضه های کوهستانی کشور می باشد که در آن لغزش های زیادی صورت می گیرد. بنابراین به منظور ارزیابی و پهنه بندی مناطق حساس به زمین لغزش از مدل BWM استفاده گردید. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که مناطق با پهنه بسیار پرخطر در اطراف رودخانه اصلی قرار دارد هم چنین ۳۰ درصد از سطح حوضه در پهنه پرخطر و بسیار پرخطر، ۴۲ درصد در پهنه خیلی کم و کم خطر و ۲۸ درصد حوضه در پهنه با خطر متوسط قرار دارد.

کلمات کلیدی: لغزش، پهنه بندی، BWM، لنبران

مقدمه

تخریب سرزمین یکی از مشکلات عمده کشورهای در حال توسعه است که عمدتاً به علت سوء استفاده از منابع خاک و به تبع آن فرسایش اتفاق می افتد (سیمئوناکیس و همکاران^{۱۴۵}، ۲۰۱۶). حرکات توده ای از جمله زمین لغزش از مهم ترین مباحث در زمینه مخاطرات طبیعی است زیرا وقوع آن می تواند خسارت انسانی و اقتصادی فراوانی را به ویژه در مناطق کوهستانی در پی داشته باشد (ژانک و همکاران، ۲۰۱۹؛ امیر احمدی و همکاران، ۲۰۱۷؛ محمد زاده و همکاران، ۲۰۱۷ و تیموری و اسدی، ۲۰۲۰). از میان حرکات دامنه ای زمین لغزش ها، تلفات فاجعه آمیز و گسترده ای دارند که در بسیار از مناطق جهان آسیب های قابل توجهی به بار می آورند (هاک و همکاران^{۱۴۶}، ۲۰۱۹؛ روسی و همکاران^{۱۴۷}، ۲۰۱۹) هم چنین موجب خسارات به انواع سازه های مهندسی، خطوط انتقال نیرو، جنگل ها، مراتع، مناطق مسکونی و زمین های کشاورزی می شوند و نتیجه آن ایجاد رسوب و سیلاب های گل آلود است که باعث پر شدن مخازن سدها می شود (وانک و همکاران^{۱۴۸}، ۲۰۱۸؛ لیو و همکاران^{۱۴۹}، ۲۰۱۸). بخش وسیعی از کشور ایران را مناطق کوهستانی تشکیل می دهد و به همین دلیل زمین لغزش یکی از حوادث طبیعی است که سالانه خسارات جانی و مالی فراوانی به کشور وارد می کند (رضوی و همکاران، ۲۰۱۹، کورنژادی و همکاران، ۲۰۱۷). طبق آمار در سال های اخیر، وقوع ۲۵۹۰ زمین لغزش در کشور موجب مرگ ۱۶۲ نفر، تخریب ۱۷۶ خانه، ایجاد خسارات مالی به میزان ۱۸۶۶ میلیارد ریال، تخریب ۶۷۶۳ هکتار جنگل، تخریب ۱۷۰ کیلومتر راه ارتباطی و ایجاد رسوب سالانه به حجم ۹۶۳۷۰۸ مترمکعب شده است (سپهر و همکاران، ۲۰۱۳). با توجه به تأثیرات مخرب وقوع زمین لغزشها بر روی منابع طبیعی و سکونتگاه های انسانی و فرسایش حجم قابل توجه خاک های با ارزش، شناسایی مناطق مستعد و پهنه بندی پتانسیل وقوع یا حساسیت زمین لغزش بسیار ضروری و مهم می باشد. حساسیت زمین لغزش به بررسی و ارزیابی زمین لغزش های موجود و یا مناطق دارای پتانسیل وقوع زمین لغزش، بدون توجه به زمان رویداد آن می پردازد (چن و همکاران^{۱۵۰}، ۲۰۱۸). در سال های اخیر بهره گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور همراه با مدل های تصمیم گیری گامی نو در پهنه بندی وقوع زمین لغزش ایجاد کرده است و نقشه های حساسیت وقوع زمین لغزش با دقت مناسب و قابل قبولی تهیه می شوند. منطقه مورد مطالعه از حوضه های کوهستانی می باشد که سالانه لغزش های متعددی در اطراف رودخانه اصلی اتفاق می افتد که باعث تلفات و کاهش عمر مفید سد های پایین دست می گردد. هدف اصلی از پژوهش حاضر ارزیابی مناطق مستعد زمین لغزش و تهیه نقشه پهنه بندی لغزش در این حوضه می باشد.

145 - Symeonakis et al

146 - Haque et al

147 - Rossi et al

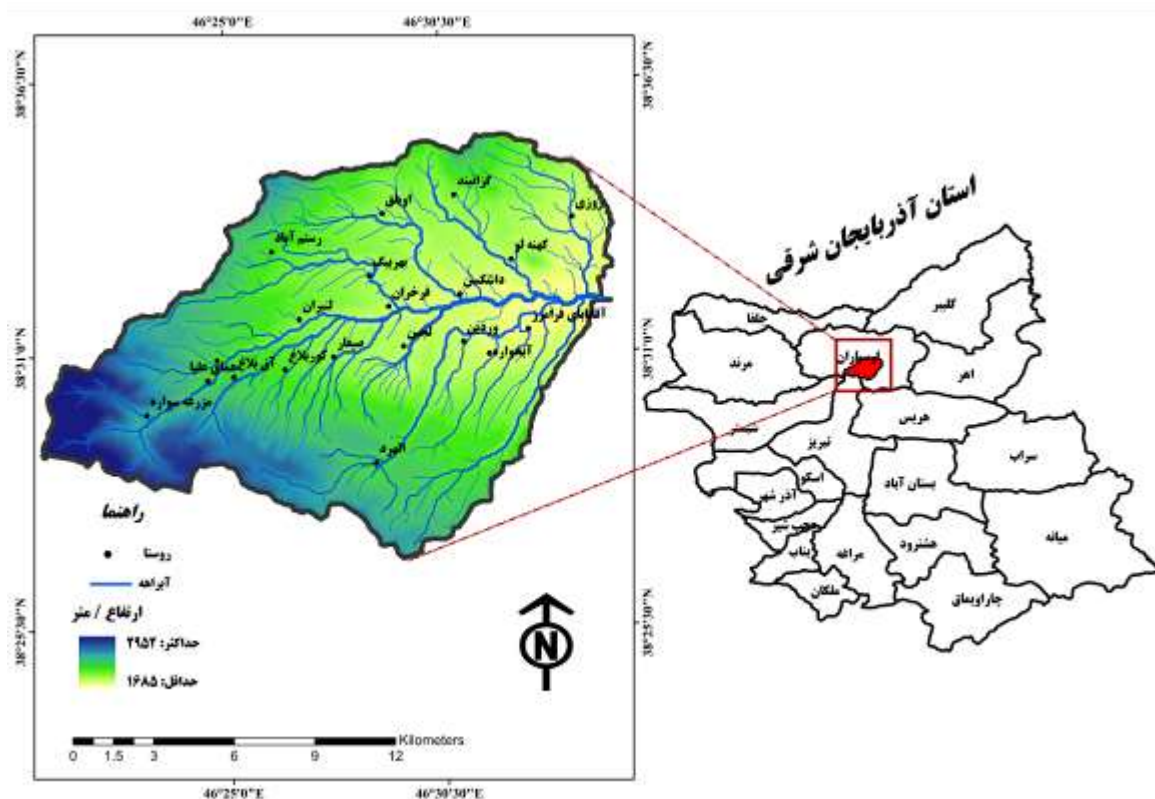
148 - Wang et al

149 - Liu et al

150 - Chen et al

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز لنبران در سمت ضلع شرقی رودخانه اهرچای واقع شده است. مساحت این حوضه ۸۲۲۶ هکتار می باشد. محدوده حوضه لنبران در بین مختصات جغرافیایی ۰۷° و ۲۰° و ۴۶° تا ۳۰° و ۴۶° طول های شرقی و ۱۷° و ۲۸° و ۳۸° تا ۵۲° و ۳۳° عرض های شمالی قرار گرفته است. این حوضه از نظر تقسیمات کشوری در دهستان سینا از بخش مرکزی شهرستان ورزقان از توابع استان آذربایجان شرقی واقع شده است (شکل ۱).



شکل شماره (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه.

مواد و روش

در این پژوهش ابتدا با استفاده از مطالعات کتابخانه ای عوامل موثر جهت ارزیابی مناطق مستعد در زمین لغزش مشخص گردید و معیارهای شیب، جهت شیب، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، تراکم آبراهه، بارش، لیتولوژی و کاربری اراضی انتخاب گردید و با استفاده از مدل BWM^{151} پهنه بندی انجام شد.

مدل BWM

151 - Best Worst Method

روش بهترین بدترین یک روش تصمیم گیری چند معیاره می باشد که بر اساس سیستم مقایسات زوجی بنا شده است. بکارگیری یک چنین رویکرد سیستماتیک مقایسات زوجی، باعث افزایش سازگاری و قابلیت اطمینان نتایج می شود. این روش زمانی که دو یا سه معیار داریم و یا زمانی که سازگاری کامل برقرار است برای هر تعداد معیار، همواره جواب منحصر بفردی را ارائه می کند.

گام های روش بهترین بدترین

گام ۱: تعیین مجموعه معیارهای تصمیم گیری.

در این گام، مجموعه معیارها به صورت $\{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ تعریف می شود که برای گرفتن یک تصمیم مورد نیاز است.

گام ۲: تعیین بهترین (مطلوب ترین، مهم ترین) و بدترین (نامطلوب ترین و کم اهمیت ترین) معیار.

در این گام تصمیم گیرنده بهترین و بدترین معیار را به طور کلی تعریف می کند، هیچ مقایسه ای در این مرحله صورت نمی گیرد.

گام ۳: تعیین ارجحیت بهترین معیار نسبت به سایر معیارها با استفاده از اعداد ۱ تا ۹.

بردار ارجحیت بهترین معیار نسبت به دیگر معیارها به صورت $(A_B = a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn})$ نمایش داده می شود. در بردار ذکر شده، a_{Bj} نشان دهنده ارجحیت بهترین معیار (B) نسبت به معیار (j) می باشد، واضح است که $a_{BB} = 1$ است.

گام ۴: تعیین ارجحیت همه معیارها نسبت به بدترین معیار با استفاده از اعداد ۱ تا ۹.

بردار ارجحیت سایر معیارها نسبت به بدترین معیار به صورت $A_W = (a_{1W}, a_{2W}, \dots, a_{nW})^T$ نمایش داده می شود. در بردار ذکر شده، a_{jW} نشان دهنده ارجحیت معیار (j) نسبت به بدترین معیار (W) می باشد، واضح است که $a_{WW} = 1$ است.

گام ۵: یافتن وزن های بهینه $(W_1^*, W_2^*, \dots, W_n^*)$

برای تعیین وزن بهینه هر یک از شاخص ها، زوج های $a_{jW} = \frac{W_j}{W_W}$ و $a_{Bj} = \frac{W_B}{W_j}$ تشکیل شده، سپس برای برآورده کردن این شرایط در همه j ها، باید راه حلی پیدا شود تا عبارات $\left| \frac{W_j}{W_W} = a_{jW} \right|$ و $\left| \frac{W_B}{W_j} = a_{Bj} \right|$ را برای همه j هایی

که حداقل شده است، حداکثر نماید. با توجه به غیر منفی بودن وزن ها و مجموع اوزان می توان مدل را به صورت زیر فرموله نمود (رضایی، ۲۰۱۵).

(۱)

$$\min \max_j \left\{ \left| \frac{W_B}{W_j} = a_{Bj} \right|, \left| \frac{W_j}{W_W} = a_{jW} \right| \right\}$$

s.t.

$$\sum_j W_j = 1$$

$$W_j \geq 0, \text{ for all } j$$

همچنین می توان مدل فوق را به مدل زیر تبدیل نمود (رضایی، ۲۰۱۵a).

(۲)

$$\min \epsilon$$

s.t.

$$\left| \frac{W_B}{W_j} = a_{Bj} \right| \leq \epsilon, \text{ for all } j$$

$$\left| \frac{W_j}{W_W} = a_{jW} \right| \leq \epsilon, \text{ for all } j$$

$$\sum_j W_j = 1$$

$$W_j \geq 0, \text{ for all } j$$

البته مدل فوق نیز به صورت رابطه زیر ارائه شده است (۲۰۱۵b).

(۳)

$$\min \varepsilon$$

s.t.

$$|W_B - a_{Bj}W_j| \leq \varepsilon, \text{ for all } j$$

$$|W_j - a_{jW}W_w| \leq \varepsilon, \text{ for all } j$$

$$\sum_j W_j = 1$$

$$W_j \geq 0, \text{ for all } j$$

با حل مدل بالا، مقدار بهینه $(W_1^*, W_2^*, \dots, W_n^*)$ و ε^* به دست می آید.

بحث و نتیجه گیری

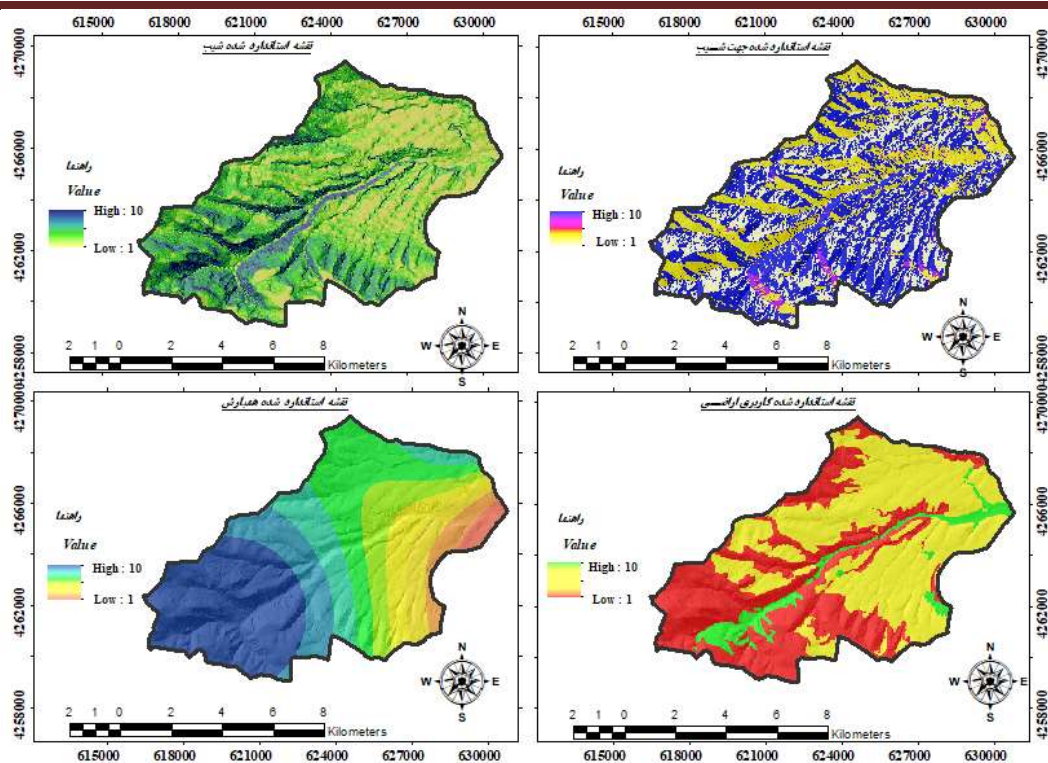
به منظور پهنه بندی زمین لغزش در حوضه آبریز لنبران ابتدا بازدید های میدانی از منطقه مورد مطالعه صورت گرفت و محل لغزش های اتفاق افتاده مشخص گردید شکل (۲). سپس نقشه های معیار های موثر در زمین لغزش ترسیم گردید. که بر اساس نقشه، شیب منطقه مورد مطالعه بین ۶۵-۰ درجه متغیر می باشد بیشترین مساحت حوضه در طبقه شیب ۶-۰ قرار دارد. از نظر کاربری اراضی هشت نوع کاربری در این منطقه مشاهده می شود که عبارتند از باغ، زراعت آبی، زراعت دیم، مرتع خوب، مرتع متوسط، مرتع ضعیف، رخنمون سنگی و سکونتگاه های روستایی. همچنین نقشه لیتولوژی نشان می دهد که در این حوضه سنگ های بازالت، توف های اسیدی، گنگلومرا، ماسه سنگ، مارن و سیلت رخنمون دارند.



شکل (۲) تصاویری از لغزش های منطقه مورد مطالعه

استاندار نمودن نقشه ها

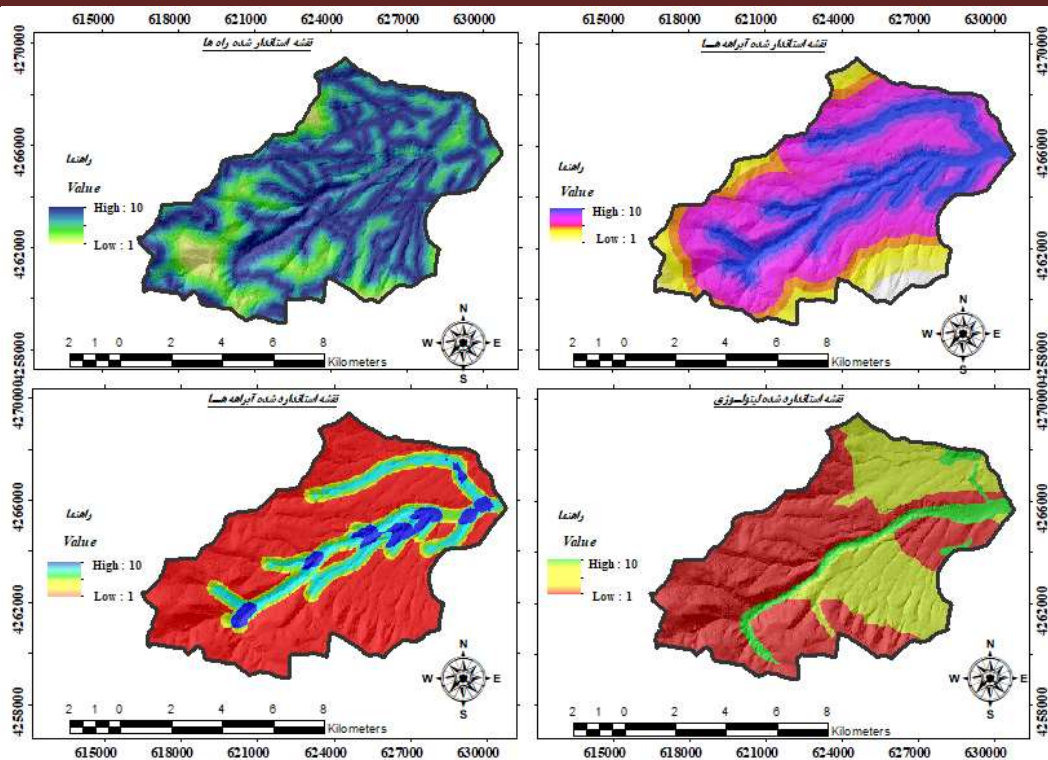
جهت انجام عملیات پهنه بندی و پیش ادغام نمودن نقشه ها باید لایه های موثر در پهنه بندی استاندارد سازی شوند یعنی اینکه داده های پیوسته تبدیل به داده های گسسته شوند. این عملیات لازمه استفاده از قواعد تصمیم گیری می باشد. یعنی لایه ها با استفاده از قواعد تصمیم گیری به مقیاس تبدیل می شود که بتوان آنها را با یکدیگر ادغام نمود اشکال (۳) و (۴). سپس براساس وزن های بدست آمده از مدل بهترین و بدترین مقادیر وزن ها در هریک از لایه های مربوطه اعمال گردید و نقشه نهایی پهنه بندی لغزش ترسیم گردید جدول (۱) و شکل (۵).



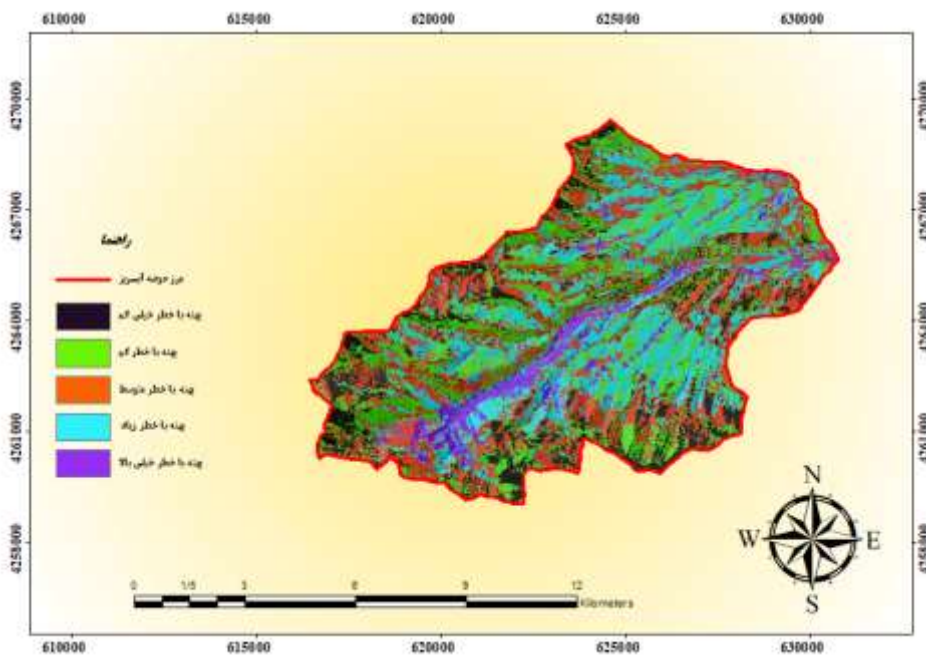
شکل (۳) نقشه‌های استاندارد شده شیب، جهت شیب، همبارش و کاربری اراضی حوضه آبریز لنبران

براساس نقشه پهنه بندی ۳۰ درصد از مساحت حوضه در پهنه با خطر زیاد و خیلی زیاد و ۴۲ درصد از حوضه در پهنه با خطر کم و خیلی کم واقع شده است و حدود ۲۸ درصد از مساحت حوضه در پهنه با خطر متوسط قرار دارد

شکل (۴)



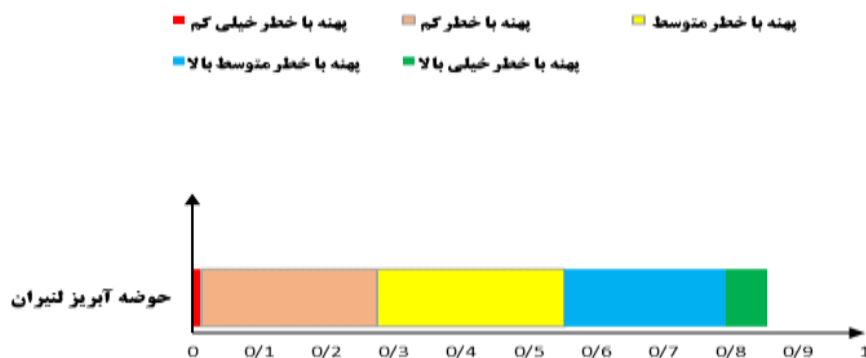
شکل (۴) نقشه استاندارد شده فاصله از جاده، فاصله از آبراهه، تراکم آبراهه و لیتولوژی حوضه آبریز لنبران



شکل (۵) نقشه نهایی پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبریز لنبران

تراکم آبراهه	جهت شیب	شیب	کاربری اراضی	لیتولوژی	فاصله رودخانه از	فاصله جاده از	همبارش
۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۱۱	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۰۵	۰/۰۵

جدول (۱) مقادیر وزن های بدست آمده برای هر یک از معیارها از مدل بهترین و بدترین



شکل (۶) میزان هریک از بهنه های خطر زمین لغزش در حوضه آبریز لنبران

نتیجه گیری

این پژوهش به منظور ارزیابی و مشخص نمودن مناطق حساس به زمین لغزش در حوضه آبریز لنبران با استفاده از مدل بهترین و بدترین انجام شد. نتایج نشان می دهد که مناطق با خطر خیلی زیاد در اطراف رودخانه اصلی واقع شده است. بازدید های میدانی صحت نقشه بهنه بندی را نشان می دهد زیرا اکثر لغزش های صورت گرفته در این حوضه بر روی سازندها آبرفتی عهد حاضر و کواترنری که رودخانه اصلی هم بر روی این سازندها جریان دارد صورت گرفته است. هم چنین حدود ۲۵ کیلومتر مربع از مساحت حوضه در بهنه با خطر زیاد و خیلی زیاد و ۳۴ کیلومتر مربع هم در بهنه با خطر کم و خیلی کم قرار گرفته است.

منابع

امیر احمدی، ابوالقاسم، ناعمی تبار، مهناز و گلکار استادید بهار، ۱۳۹۶، الویت بندی و پهنه بندی عوامل موثر بر وقوع زمین لغزش با استفاده از مدل آنتروپی (مطالعه موردی : منطقه باجگیران، قوچان)، نشریه هیدروژئومورفولوژی،

دوره ۳، شماره ۱۳، صص ۲۲-۱.

تیموری، مهدی و اسدی نلیوان، امید، ۱۳۹۸، پهنه بندی حساسیت و اولویت بندی عوامل موثر بر وقوع زمین لغزش با استفاده از مدل حداکثر آنتروپی مطالعه موردی: استان لرستان، نشریه هیدروژئومورفولوژی، دوره ۶، شماره ۲۱، صص ۱۷۹-۱۵۵.

سپهر، عادل، بهنیافر، ابوالفضل، محمدیان، عباسعلی و عبداللهی، ابوالفضل، ۱۳۹۲، تهیه نقشه حساسیت پذیری زمین لغزش دامنه های شمالی بینالود بر پایه الگوریتم بهینه سازی توافقی ویکور، نشریه پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، دوره ۲، شماره ۱، صص ۳۶-۱۹.

سید وحید، رضوی، ترمه و شیروانی، کوروش، ۱۳۹۷، پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش با استفاده از روش های نسبت فراوانی، آنتروپی و روش تصمیم گیری تاپسیس (مطالعه موردی: حوزه فهلان، فارس) نشریه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی)، دوره ۹، شماره ۴، (پیاپی ۳۳) ف صص ۱۳۸-۱۱۹.

محمدزاده، کیوان، بهمنیف سیروان و فتحی، محمدحسین، ۱۳۹۶، ارزیابی روش رگرسیون لجستیک در بررسی پتانسیل وقوع زمین لغزش مطالعه موردی: کرانه جنوبی حوضه آبریز اهر چای از روستای نصیرآباد تا سد ستارخان، نشریه هیدروژئومورفولوژی، دوره ۳، شماره ۱۱، صص ۱۴۸-۱۲۷.

[6] Chen, W., Zhang, S., Li, R., & Shahabi, H. (2018). Performance evaluation of the GIS-based data mining techniques of best-first decision tree, random forest, and naïve Bayes tree for landslide susceptibility modeling. *Science of the total environment*, 644, 1006-1018.

[7] Haque, U., Da Silva, P. F., Devoli, G., Pilz, J., Zhao, B., Khaloua, A., ... & Glass, G. E. (2019). The human cost of global warming: Deadly landslides and their triggers (1995–2014). *Science of the Total Environment*, 682, 673-684.

[8] Kornejady, A., Ownegh, M., Bahremand, A. (2017). Landslide susceptibility assessment using maximum entropy model with two different data sampling methods. *Catena*. 152, 144-162.

[9] Liu, J., & Duan, Z. (2018). Quantitative assessment of landslide susceptibility comparing statistical index, index of entropy, and weights of evidence in the Shangnan area, China. *Entropy*, 20(11), 868.

-
- [10] Rezaei, J. (2015a). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, 53, 49-57.
- [11] Rezaei, J. (2015b). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, 53, 49-57.
- [12] Rossi, M., Guzzetti, F., Salvati, P., Donnini, M., Napolitano, E., & Bianchi, C. (2019). A predictive model of societal landslide risk in Italy. *Earth-Science Reviews*, 196, 102849.
- [13] Symeonakis, E., Karathanasis, N., Koukoulas, S., & Panagopoulos, G. (2016). Monitoring sensitivity to land degradation and desertification with the environmentally sensitive area index: The case of lesvos island. *Land Degradation & Development*, 27(6), 1562-1573.
- [14] Wang, P., Bai, X., Wu, X., Yu, H., Hao, Y., & Hu, B. X. (2018). GIS-based random forest weight for rainfall-induced landslide susceptibility assessment at a humid region in Southern China. *Water*, 10(8), 1019.
- [15] Zhang, T., Han, L., Han, J., Li, X., Zhang, H., & Wang, H. (2019). Assessment of landslide susceptibility using integrated ensemble fractal dimension with kernel logistic regression model. *Entropy*, 21(2), 218.

پهنه بندی خطر سیلاب در حوضه آبریز شهر چای میانه با استفاده از مدل بهترین - بدترین

^۱مجید شفیعی مهر، ^۲عبداله طالشی، ^۳افسانه پناهی ترکمبور، ^۴عبداله بهبودی

^۱ دانشگاه تبریز، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، گروه ژئومورفولوژی shafieimehr@yahoo.com

^۲ دانشگاه تبریز، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، گروه کلیماتولوژی taleshigeo@gmail.com

^۳ دانشگاه تبریز، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، گروه ریاضی Mshafieimehr@yahoo.com

^۴ دانشگاه تبریز، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، گروه ژئومورفولوژی behboodi_1354@yahoo.com

چکیده

سیلاب ها در زمره ی مهم ترین بلایای طبیعی قرار می گیرند که خسارات مالی، جانی و اجتماعی فراوانی را به مردم تحمیل می کنند. بنابراین با توجه به قرار گرفتن سکونتگاههای انسانی، جاده بستان آباد- میانه و راه آهن تهران- تبریز و سایر ابنیه های انسانی در مجاورت رودخانه شهر چای لازم است میزان و چگونگی این تغییرات مورد بررسی قرار گیرد. تا در برنامه ریزی ها و همچنین در طراحی و اجرای برنامه های مدیریتی و عمرانی در حوضه آبریز شهر چای میانه مورد استفاده قرار گیرد. این پژوهش به منظور ارزیابی و مشخص نمودن مناطق حساس به سیلاب در حوضه آبریز شهر چای با استفاده از مدل بهترین و بدترین انجام شد. برای پهنه بندی سیل در این حوضه از لایه های ارتفاع، شیب، جهت شیب، شاخص پوشش گیاهی (NDVI)، خاک، بارش، کاربری زمین، زمین شناسی، تراکم شبکه آبراهه ای، شاخص رطوبت توپوگرافیک (TWI)، شاخص قدرت آبراهه استفاده گردید. نتایج نشان می دهد حدود ۲۵ درصد از مناطق حوضه در پهنه زیاد و خیلی زیاد قرار دارد که این مناطق در بستر آبراهه اصلی و پایین دست حوضه مشاهده می شود که با واقعیت مطابقت دارد.

کلمات کلیدی: پهنه بندی سیلاب، مدل بهترین - بدترین، شهر چای

مقدمه

سیل پدیده ای طبیعی است که جوامع بشری آن را به عنوان واقعه ای اجتناب ناپذیر پذیرفته اند، اما رویداد، اندازه و تکرار سیل ناشی از عوامل متعددی است که بسته به شرایط اقلیمی، طبیعی و جغرافیایی هر منطقه تغییر می کند (امیدوار و همکاران، ۱۳۸۹؛ عابدینی و بهشتی جاوید، ۱۳۹۵). طبق گزارش جهانی برنامه عمران سازمان ملل در مورد خطر بلایای طبیعی، سیلاب به همراه زلزله و خشکسالی، بالاترین رتبه را از لحاظ خسارت مالی و جانی به همراه دارد (قنواتی، ۱۳۹۳؛ محمودزاده و همکاران، ۱۳۹۶). سیلاب ها در طبقه بندی جهانی در زمره ی مهم ترین بلایای طبیعی قرار می گیرند که خسارات مالی، جانی و اجتماعی فراوانی را به مردم تحمیل می کنند، در دهه های اخیر، به دلیل دخالت های نابجا و مدیریت نادرست انسان در استفاده از سرزمین، شدت و تواتر وقوع بلایای طبیعی افزایش یافته است (عباس زاده و همکاران، ۱۳۸۹). گرمایش جهانی و توسعه در پنج دهه اخیر سبب تغییرات بزرگ در الگوی بارش و افزایش خطرات سیل در بسیاری از مناطق شده است (کوهارتاکورجا و همکاران^{۱۵۲}، ۲۰۱۱؛ فرامرزی و همکاران، ۱۳۹۸). همچنین پنجاه و پنج درصد از سطح کشور در تولید رواناب مستقیم و سریع نقش داشته که حدود ۴۲ میلیون هکتار آن دارای شدت سیل خیزی متوسط تا خیلی زیاد هستند (ایلخچی و همکاران، ۱۳۸۱؛ شعبانلو و همکاران، ۱۳۸۷؛ رضایی مقدم و بهبودی، ۱۳۹۷). این امر موجب صدمات بزرگی به جوامع کشاورزی و ساخت و سازهای انسانی می شود. تخریب شدید عرصه های طبیعی چه به صورت بهره برداری بی رویه از جنگل ها و چه به شکل تغییر کاربری اراضی و تبدیل آنها به زمین های کشاورزی نامناسب و یا ساخت مناطق مسکونی بی رویه موجب شده است سیلاب ها از نظر تعداد وقوع و شدت خسارت افزایش یابند (تودا و همکاران^{۱۵۳}، ۲۰۱۷؛ فرامرزی و همکاران، ۱۳۹۸). در مناطق مختلف جهان برای کاهش خطرات ناشی از سیلاب تحقیقات زیادی صورت گرفته است که می توان به مطالعات لاول و همکاران^{۱۵۴}، ۲۰۱۴؛ ینان و همکاران^{۱۵۵}، ۲۰۱۵؛ دی ریزی و همکاران^{۱۵۶}، ۲۰۱۵؛ لای و همکاران^{۱۵۷}، ۲۰۱۶؛ وی تک و وی تکوا^{۱۵۸}، ۲۰۱۹؛ اشاره نمود. بنابراین با توجه به قرار گرفتن سکونتگاههای انسانی، جاده بستان آباد- میانه و راه آهن تهران- تبریز و سایر ابنیه های انسانی در مجاورت رودخانه شهر چای لازم است میزان و چگونگی این تغییرات مورد بررسی قرار گیرد. تا در برنامه ریزی ها و همچنین در طراحی و اجرای برنامه های مدیریتی و عمرانی در حوضه آبریز شهر چای میانه مورد استفاده قرار گیرد.

¹⁵² - Guhathakurta et al

¹⁵³ - Toda et al

¹⁵⁴ - Lawal et al

¹⁵⁵ - Yen an

¹⁵⁶ - De Risi et al

¹⁵⁷ - Lai et al

¹⁵⁸ - Vojtek & Vojteková

مواد و روشها

در انجام این پژوهش از مواد زیر با توجه به موضوع و ماهیت تحقیق و روش های بکار رفته، استفاده شده است.

۳-۱ - مطالعه و بررسی مبانی نظری موضوع تحقیق از طریق مطالعه اسناد و مدارک کتابخانه ای، جهت شناسایی عوامل موثر سیل

۳-۲ - تهیه لایه های اطلاعاتی شامل ارتفاع، شیب، جهت شیب، شاخص پوشش گیاهی (NDVI)، خاک، بارش، کاربری زمین، زمین شناسی، تراکم شبکه آبراهه ای، شاخص رطوبت توپوگرافیک (TWI)، شاخص قدرت آبراهه.

۳-۳ - وارد کردن لایه ها به محیط Arc map و ارزش گذاری و استاندارد سازی نقشه های معیار.

۳-۴ - در نهایت، پهنه بندی پتانسیل سیل خیزی در حوضه آبریز شهرچای، مدل سازی نهایی، با استفاده از مدل بهترین - بدترین

۳-۵ - مدل BWM

روش بهترین بدترین یک روش تصمیم گیری چند معیاره می باشد که بر اساس سیستم مقایسات زوجی بنا شده است. گام های روش بهترین بدترین عبارتند از:

گام های روش بهترین بدترین

گام ۱: تعیین مجموعه معیارهای تصمیم گیری.

در این گام، مجموعه معیارها به صورت $\{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ تعریف می شود که برای گرفتن یک تصمیم مورد نیاز است.

گام ۲: تعیین بهترین (مطلوب ترین، مهم ترین) و بدترین (نامطلوب ترین و کم اهمیت ترین) معیار.

در این گام تصمیم گیرنده بهترین و بدترین معیار را به طور کلی تعریف می کند، هیچ مقایسه ای در این مرحله صورت نمی گیرد.

گام ۳: تعیین ارجحیت بهترین معیار نسبت به سایر معیارها با استفاده از اعداد ۱ تا ۹.

بردار ارجحیت بهترین معیار نسبت به دیگر معیارها به صورت $(A_B = a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn})$ نمایش داده می‌شود. در بردار ذکر شده، a_{Bj} نشان‌دهنده ارجحیت بهترین معیار (B) نسبت به معیار (j) می‌باشد، واضح است که $a_{BB} = 1$ است.

گام ۴: تعیین ارجحیت همه معیارها نسبت به بدترین معیار با استفاده از اعداد ۱ تا ۹.

بردار ارجحیت سایر معیارها نسبت به بدترین معیار به صورت $A_W = (a_{1W}, a_{2W}, \dots, a_{nW})^T$ نمایش داده می‌شود. در بردار ذکر شده، a_{jW} نشان‌دهنده ارجحیت معیار (j) نسبت به بدترین معیار (W) می‌باشد، واضح است که $a_{WW} = 1$ است.

گام ۵: یافتن وزن‌های بهینه $(W_1^*, W_2^*, \dots, W_n^*)$

برای تعیین وزن بهینه هر یک از شاخص‌ها، زوج‌های $\frac{W_j}{W_W} = a_{jW}$ و $\frac{W_B}{W_j} = a_{Bj}$ تشکیل شده، سپس برای برآورده کردن این شرایط در همه jها، باید راه‌حلی پیدا شود تا عبارات $\left| \frac{W_B}{W_j} = a_{Bj} \right|$ و $\left| \frac{W_j}{W_W} = a_{jW} \right|$ را برای همه jهایی که حداقل شده است، حداکثر نماید. با توجه به غیر منفی بودن وزن‌ها و مجموع اوزان می‌توان مدل را به صورت زیر فرموله نمود (رضایی، ۲۰۱۵).

$$\min \max_j \left\{ \left| \frac{W_B}{W_j} = a_{Bj} \right|, \left| \frac{W_j}{W_W} = a_{jW} \right| \right\}$$

s.t.

$$\sum_j W_j = 1$$

$$W_j \geq 0, \text{ for all } j$$

همچنین می‌توان مدل فوق را به مدل زیر تبدیل نمود (رضایی، ۲۰۱۵a).

$$\min \varepsilon$$

s.t.

$$\left| \frac{W_B}{W_j} - a_{Bj} \right| \leq \varepsilon, \text{ for all } j$$

$$\left| \frac{W_j}{W_w} - a_{jw} \right| \leq \varepsilon, \text{ for all } j$$

$$\sum_j W_j = 1$$

$$W_j \geq 0, \text{ for all } j$$

البته مدل فوق نیز به صورت رابطه زیر ارائه شده است (۲۰۱۵b).

$$\min \varepsilon$$

s.t.

$$|W_B - a_{Bj}W_j| \leq \varepsilon, \text{ for all } j$$

$$|W_j - a_{jw}W_w| \leq \varepsilon, \text{ for all } j$$

$$\sum_j W_j = 1$$

$$W_j \geq 0, \text{ for all } j$$

با حل مدل بالا، مقدار بهینه $(W_1^*, W_2^*, \dots, W_n^*)$ و ε^* به دست می آید.

بحث و نتیجه گیری

برای پهنه بندی سیل در این حوضه از لایه های ارتفاع، شیب، جهت شیب، شاخص پوشش گیاهی (NDVI)، خاک، بارش، کاربری زمین، زمین شناسی، تراکم شبکه آبراهه ای، شاخص رطوبت توپوگرافیک (TWI)، شاخص قدرت آبراهه استفاده گردید. با توجه به وزن های بدست آمده از مدل BWM، در محیط Arc map هر یک از وزن های محاسبه شده در لایه های مورد نظر اعمال گردید و نقشه نهایی بدست آمد شکل (۲). با توجه به این نقشه حوضه آبریز شهر چای از نظر پتانسیل سیل خیزی به پنج طبق تقسیم گردید. با توجه به نقشه پهنه بندی به ترتیب ۱۶۶/۳، ۲۲۸/۰۱، ۴۲۲/۰۵، ۱۰۶۰/۲ و ۲۸۴/۳ کیلومتر مربع از مساحت منطقه مورد مطالعه در طبقه خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم، و خیلی کم قرار گرفت. بنابراین حدود ۲۵ درصد از حوضه در پهنه زیاد و خیلی زیاد قرار دارد که این مناطق در بستر آبراهه اصلی و پایین دست حوضه مشاهده می شود که با واقعیت مطابقت دارد.

نتایج

هر پژوهش با توجه به موضوع مورد تحقیق اهداف مشخصی را دنبال می کند و در پی آن هست که به اهداف مورد نظر دست یابد. این پژوهش به منظور ارزیابی و مشخص نمودن مناطق حساس به سیلاب در حوضه آبریز شهر چای با استفاده از مدل بهترین و بدترین انجام شد. نتایج نشان می دهد حدود ۲۵ درصد از مناطق حوضه در پهنه زیاد و خیلی زیاد قرار دارد که این مناطق در بستر آبراهه اصلی و پایین دست حوضه مشاهده می شود که با واقعیت مطابقت دارد. پیشنهاد می گردد برای رسیدن به نتایج مطلوب از مدل های متعددی که در این زمینه وجود دارد استفاده گردد و با نتایج پژوهش حاضرمقایسه گردد تا کارایی مدل بیشتر مشخص گردد.



شکل شماره (۲). نقشه پهنه بندی سیلاب در حوضه آبریز شهر چای.

مراجع.

- امیدوار، کمال، کیانفر، آمنه، عسگری، شمس اله، ۱۳۸۹؛ پهنه بندی پتانسیل سیل خیزی حوضه آبریز کنجانچم، پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۲، صص ۷۳-۹۰.
- ایلخچی، عباس، حاج عباسی، محمدعلی، جلالیان، احمد، ۱۳۸۱؛ اثر تغییر کاربری زمین های مرتعی به دیم کاری بر تولید رواناب، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، دوره ۶، شماره ۴، صص ۲۵-۳۶.
- رضایی مقدم، محمد حسین و بهبودی، عبدالله، ۱۳۹۷؛ پهنه بندی سیلاب در حوضه آبریز سرند چای با استفاده از GIS، همایش ملی مخاطرات طبیعی ایران، روش های پیش یابی و هشدار سریع، ۲۲ آذر ۱۳۹۷.
- شعبانلو، سعید، صدقی، حسین، ثقفیان، بهرام و موسوی جهرمی، حبیب، ۱۳۸۷؛ پهنه بندی سیلاب در شبکه رودخانه های استان گلستان با استفاده از GIS، نشریه پژوهش آب ایران، دوره ۲، شماره ۳، صص ۱۱-۲۲.
- عابدینی، موسی و بهشتی جاوید، ابراهیم، ۱۳۹۵؛ پهنه بندی خطر وقوع سیلاب حوضه آبخیز ليقوان چای با استفاده

از مدل فرآیند تحلیل شبکه و سیستم اطلاعات جغرافیایی، فصلنامه علمی - پژوهشی فضای جغرافیایی، سال شانزدهم، شماره ۵۵، صص ۳۱۲-۲۹۳.

عباس زاده تهرانی، نادیا، مخدوم، مجید و مهدوی، محمد، ۱۳۸۹؛ بررسی تاثیر تغییرات کاربری اراضی بر میزان دبی سیلاب ها با کاربرد فناوری سنجش از دور و سامانه ی اطلاعات جغرافیایی منطقه ی مورد مطالعه : حوضه ی آبریز رودخانه ی مادرسو، نشریه پژوهش های محیط زیست، سال اول، شماره ۲، صص ۱۴-۱.

فرامرزی، حسن، حسینی، سید محسن، پورقاسمی، حمیدرضا و فرنقی، مهدی، ۱۳۹۸؛ ارزیابی و پهنه بندی وقوع مخاطره سیلاب در پارک ملی گلستان، نشریه اکوهیدرولوژی، دوره ۶، شماره ۴، صص ۱۰۶۸-۱۰۵۵.

قنواتی، عزت الله، کرم، امیر و آقاعلیخانی، مرضیه، ۱۳۹۱؛ ارزیابی و پهنه بندی خطر رخداد سیلاب در حوضه فرحزاد (تهران) با استفاده از مدل فازی، نشریه جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۳، پیاپی ۴۸، شماره ۴، صص ۱۳۸-۱۲۱.

محمودزاده، حسن، یاری، فاطمه، واحدی، علی، ۱۳۹۶؛ کاربرد تکنیک های دورسنجی و GIS برای ژهنه بندی خطر سیلاب در شهر ارومیه با رویکرد تحلیل چند معیاره، پژوهش های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۹، شماره ۳، زمستان ۹۸، صص ۷۳۰-۷۱۹.

De Risi, R., Jalayer, F., De Paola, F. 2015. Meso-scale hazard zoning of potentially flood prone areas. Journal of Hydrology, 527: 316–325.

Guhathakurta, P., Sreejith, O.P., Menon, P.A. Impact of climate change on extreme rainfall event and flood risk in India. J. Earth Syst. Sci. 2011; 120: 359–373.

Lai, C., Shao, Q., Xiaohong Chen, X., Wang, Z., Zhou, X., Yang, B. 2016. Flood risk zoning using a rule mining based on ant colony algorithm. Journal of Hydrology, 542: 268–280.

Lawal, D. U., Matori, A. N., Yusuf, K.W., Hashim, A.M., Balogun, A.L. 2014. Analysis of the flood extent extraction model and natural flood influencing factors: A GIS-based and remote sensing analysis. 8th International symposium of the Digital Earth (ISDE8). Earth and Environment Science 18.

Rezaei, J. (2015a). Best-worst multi-criteria decision-making method. Omega, 53, 49-57.

Rezaei, J. (2015b). Best-worst multi-criteria decision-making method. Omega, 53, 49-57.

Toda, L. L., Yokingco, J. C. E., Paringit, E. C., & Lasco, R. D. A LiDAR-based flood

modeling approach for mapping rice cultivation areas in Apalit, Pampanga. *Applied Geography*, 2017; 80: 34-47.

Vojtek, M., & Vojteková, J. (2019). Flood susceptibility mapping on a national scale in Slovakia using the analytical hierarchy process. *Water*, 11(2), 364.

Yen an Wu, Ping-an Zhong, Yu Zhang, Biao Ma, Kun Yan, 2015, Integrated flood risk assessment and zonation method: a case study in Huaihe River basin, China, *Natural Hazards*, Issue 1, pp 635-651.

پهنه بندی فرایندهای هوازدگی استان ایلام بر اساس مدل‌های پلتیر Zoning of weathering processes in Ilam province based on Peltier models

^۱فرزانه غلامی ، ^۲رقیه نژاد حسینی

^۱ دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی، دانشگاه اصفهان، اصفهان ، ghoami.f@ut.ac.ir

^۲ دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی ، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران

چکیده

مطالعه منطقه ای هر پدیده جغرافیایی یا ژئومورفیک در جنبه های مختلف مانند شناخت منطقه، مدیریت منابع و کاربرد دانش برای توسعه منطقه ضروری است. درک ساختار فیزیکی این مناطق اساس چنین ارزیابی منطقه ای است. در همین زمینه، شناسایی منطقه(های) مورفوننتیک مورد توجه زمین شناسان، کارشناسان ژئوتکنیک و برنامه ریزان است. ساختار منطقه ای با توجه به مناطق مورفوننتیک در بسیاری از نقاط جهان به خوبی مطالعه نشده است. پژوهش حاضر به منظور شناخت مناطق مورفوننتیک استان ایلام در ایران، شناخت ویژگی های هر منطقه مورفوننتیک با توجه به شرایط اقلیمی حاکم در طول زمان طولانی و فرآیندهای انجام شده در منطقه انجام شده است. به منظور درک شرایط اقلیمی، داده های آب و هوایی در قالب شبکه برای تجزیه و تحلیل انتخاب شده اند. داده های ارتفاعی با استفاده از مدل دیجیتال ارتفاعی (SRTM (DEM) با وضوح مکانی ۳۰ متر استخراج شده است. با استفاده از این مجموعه داده ها در بستر GIS، مناطق مورفوننتیک اولیه برای استان ایلام شناسایی شده است. این مناطق بیشتر با کمک فرآیندهای برهنه ای مانند هوازدگی و انواع آنها، فرسایش و حرکت توده ای که نقش غالب در آن مناطق مورفوننتیک ایفا می کنند، مشخص می شوند. بر اساس تجزیه و تحلیل های انجام شده، سه منطقه مورفوننتیک به عنوان مناطق ساوانا، خشک و نیمه خشک شناسایی می شوند که کل استان ایلام را در بر می گیرند. در بخش های جنوب غربی استان ایلام دارای اقلیم خشک با هوازدگی کم است و قسمت های شمالی استان اقلیم نیمه خشک و ساوانا شیمیایی ضعیف تا متوسط می باشد.

کلمات کلیدی: پلتیر، مناطق مورفوننتیک، قلمروهای هوازدگی، استان ایلام.

هوازدگی، شکستن و خورد شدن سنگ مادر در وضعیت اصلی خود در مجاورت سطح زمین که با فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی رخ می دهد یا به وسیله باد، آب و اقلیم تغییر می کند. تعریف شده است. (ریچه^{۱۵۹}، ۱۳۹۵۰) سرعت هوازدگی با عواملی همچون میزان آب وارد شده به توده هوازده و آبی که از آن خارج می گردد، ترکیب شیمیایی آب، مواد آلی یا ارگانیک تنظیم می گردد. افزایش درجه حرارت به میزان 10 درجه سرعت واکنش های شیمیایی را دو برابر می کند (قریب، ۲۰۰۳). هوازدگی شیمیایی در مکان هایی رخ می دهد که آب و دمای بالایی دارند. نمودار به گونه های طراحی شده است که مرطوب ترین و گرم ترین مناطق، دارای حداکثر هوازدگی شیمیایی و خشک ترین و سردترین مناطق، دارای حداقل هوازدگی شیمیایی هستند (مقصودی و همکاران، ۱۳۸۹).

در رابطه با اجرای مدل پلتیر در مناطق مختلف جهان تحقیقاتی انجام شده است که حسینی و همکاران (۱۴۰۰) با استفاده از دو مدل مناطق موفوژنتیک و قلمرو هوازدگی پلتیر، اقدام به پهنه بندی قلمروهای هوازدگی استان کرمانشاه نمودند. که ۷۶ درصد در نیمه خشک و ۲۶ درصد در مساحت آن در اقلیم ساوان واقع شد. و هوازدگی شیمیایی متوسط (۵۰ درصد)، هوازدگی خیلی ملایم (۴۷ درصد) و هوازدگی مکانیکی ملایم (۲ درصد) در استان رخ داد. وهاب زاده کبریا و صابری (۱۴۰۰) در پژوهشی به بررسی هوازدگی سنگ های در جنوب غرب استان آذربایجان غربی با شرایط کوهستانی با استفاده از مدل لويس پلتیر پرداختند. با توجه به مقادیر دما و بارش و نمودار تقسیم بندی پلتیر دارای وضعیت هوازدگی کم و از نظر شرایط مورفولوژیکی در وضعیت نیمه خشک واقع شده است. و سه نوع هوازدگی با شدت های ضعیف و متوسط و شدید در محدوده مطالعه ایجاد شد. دوک^{۱۶۰} و همکاران (۲۰۱۸) مطالعه برای درک مناطق مورفوزنتیک ایالت ماهاراشترا در هند^{۱۶۱} انجام دادند. با استفاده از داده ها در نرم افزار GIS، مناطق مورفوزنتیک اولیه برای ایالت ماهاراشترا شناسایی شد. بر اساس تجزیه و تحلیل انجام شده، پنج منطقه مورفوزنتیک به عنوان مناطق سلوا، دریایی، متوسط، ساوانا و نیمه خشک شناسایی شد که کل ایالت ماهاراشترا را پوشش داد. در این پژوهش دو مدل مربوط به رژیم های هوازدگی و رژیم های مورفوزنتیکی در مورد کرمانشاه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که اکثر مناطق مورد مطالعه در منطقه نیمه خشک قرار گرفت که مهمترین ویژگی ژئومورفودینامیکی آن اثرات بادهای متوسط تا شدید و فعالیت آب روان است. (فرهمند^{۱۶۲} و همکاران، ۲۰۱۶). حسین زاده و همکاران (۱۳۹۴)، اقدام به پهنه بندی و واکاوی فرایندهای هوازدگی در حوضه قره سو گرگان با استفاده از مدل های پلتیر (مناطق مورفوزنتیکی و شدت و تیپ هوازدگی) نمودند. نتایج مدل مناطق مورفوزنتیکی نشان داد که از 9 وضعیت مورفوزنتیکی

¹⁵⁹ Reiche

¹⁶⁰ Doke

¹⁶¹ Maharashtra State in India

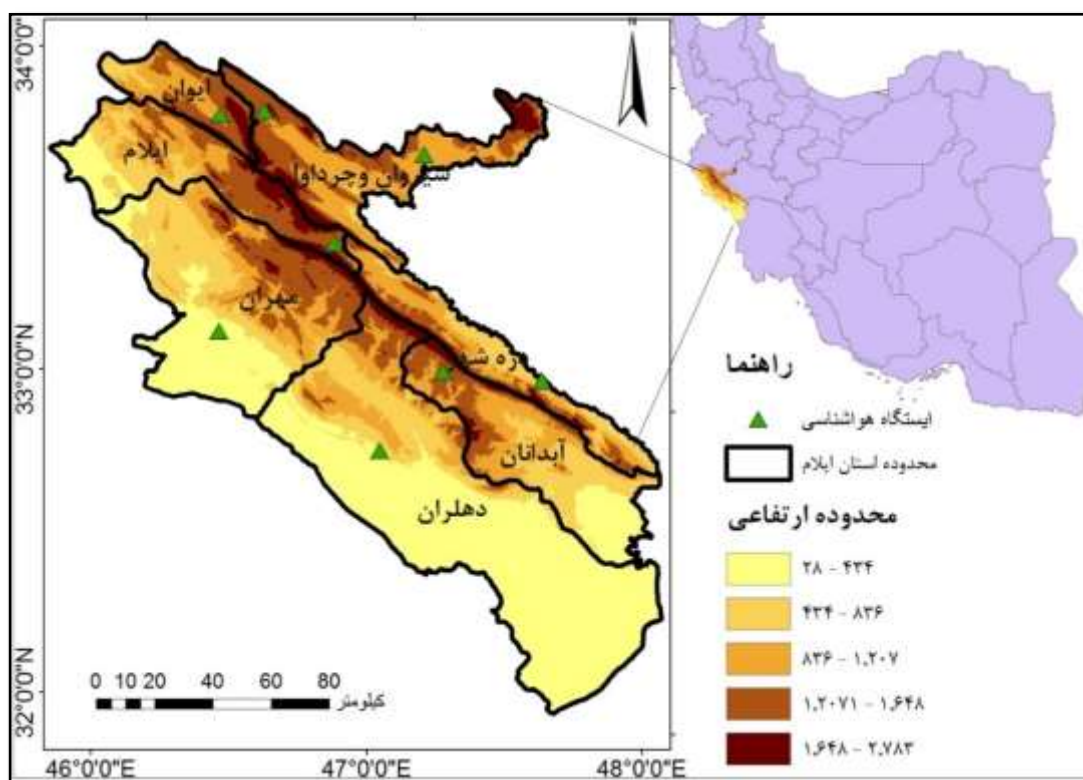
¹⁶² Farahmand

موجود در مدل پلتیر، 3 وضعیت در شرایط اقلیمی منطقه اتفاق افتد. قسمت های شمالی جزء مناطق ساوان و قسمتهای جنوبی جزء منطقه خشک محسوب می شود. همچنین از هفت رژیم هواز دگی موجود در مدل پلتیر، سه وضعیت در شرایط اقلیمی منطقه اتفاق افتد، به طوری که در مناطق کوهستانی منطقه، هواز دگی از نوع مکانیکی ملایم رخ داد، در صورتی که در مناطق شمالی به علت دما و بارش های زیاد، بیشتر هواز دگی ها از نوع شیمیایی متوسط است. عمادالدین و همکاران (۱۳۹۳) برای شناسایی وضعیت هواز دگی در سطح استان تهران و البرز از مدل پلتیر استفاده نمودند. نتایج نشان داد در مناطق کوهستانی، هواز دگی از نوع مکانیکی ملایم، و بیشترین بخش های منطقه ی مورد مطالعه را هواز دگی خیلی ملایم تشکیل داد. خوش اخلاق و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیق به بررسی وضعیت هواز دگی در بخش هایی از رشته کوه های زاگرس و غرب دشت مرکزی ایران پرداختند. نتایج نشان داد غرب دشت مرکزی جزو مناطق مورفوکلیماتیک خشک و نیمه خشک است که هواز دگی شیمیایی ضعیفی در آن حاکم بود و کوه های زاگرس اغلب جزو مناطق ساوان و معتدل که دارای هواز دگی شیمیایی متوسط می باشد. جعفری اقدم و همکاران (۱۳۹۱) پژوهشی به منظور شناخت فرایندهای هواز دگی فعال در حوضه جاجرود انجام دادند. از عناصر اقلیمی دما و بارش سالانه ایستگاه های هواشناسی استفاده شد. تجزیه و تحلیل ها در محیط نرم افزار ArcGIS با استفاده از مدل پلتیر و مدل ارتفاع رقومی DEM و داده های هواشناسی انجام گردید. نتایج آن نشان داد ۹۹٪ وسعت حوضه در قلمرو مناطق پلویوال با فعالیت شدید قرار گرفت. هواز دگی شیمیایی، مکانیکی، حرکات توده ای، یخبندان و فرایندهای بادی در حوضه با توجه به عامل ارتفاع بصورت ضعیف تا متوسط صورت گرفت. مقصودی و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از مدل پلتیر، رژیم هواز دگی و مورفوتنیتیکی در منطقه شمال غرب ایران بررسی نمودند. که نتایج آن نشان داد که بیشتر بخش های شمال غربی در ناحیه نیمه خشک واقع شد. و بیشتر ویژگی مناطق کوهستانی از نوع هواز دگی مکانیکی ضعیف و متوسط بود. در سواحل جنوب غربی دریای خزر و دامنه غربی زاگرس در استان کردستان هواز دگی شیمیایی اتفاق افتاد. در این پژوهش، جهت شناخت شرایط هواز دگی و تحلیل آن، استان ایلام مورد بررسی قرار گرفت و سعی بر آن است ضمن در نظر گرفتن متغیرهای موثر بر هواز دگی سنگ های منطقه مورد مطالعه با استفاده از این متغیرها، پهنه بندی مناطق مختلف هواز دگی صورت گیرد.

۲- محدوده مورد مطالعه

استان ایلام با مساحتی در حدود ۲۰۱۵۰ کیلومتر مربع که حدود ۱/۴ درصد مساحت کل کشور را تشکیل می دهد، در غرب و جنوب غربی کشور، بین ۳۱ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی نسبت به نصف النهار گرینویچ قرار دارد. این استان از شمال به استان

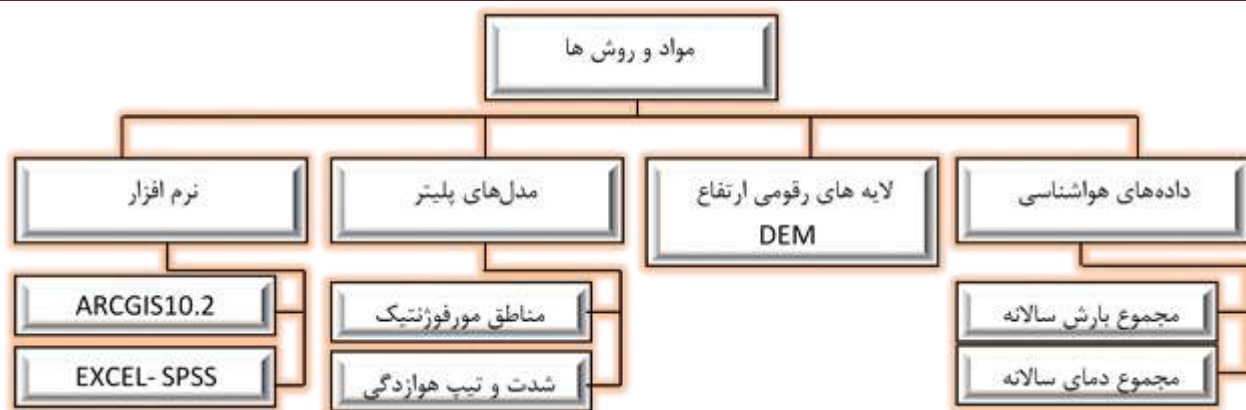
کرمانشاه، از غرب به کشور عراق، از جنوب به استان خوزستان و عراق، از شرق به استان لرستان محدود است (سازمان جغرافیایی، ۱۳۸۶) (شکل ۱)



شکل ۱: توپوگرافی و موقعیت جغرافیایی ایستگاه های هواشناسی استان ایلام

۳- مواد و روشها

اساس این روش بر مدل های پلتیر (مدل مناطق مورفوزنتیکی و مدل شدت و تیپ هوازدگی) می باشد. به این منظور اقدام به جمع آوری و طبقه بندی داده های اولیه مورد نیاز (مطابق شکل ۲) و تحلیل و در نهایت تهیه نقشه های مورد نیاز در محیط نرم افزار ARC GIS10.2 شده است.



شکل ۲: مواد و روش های مورد استفاده

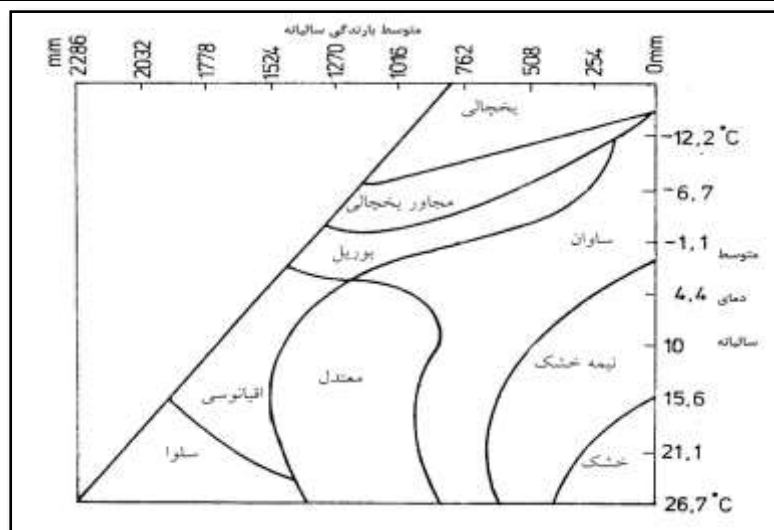
۳-۱- مناطق مورفونتیکی

مدل رژیم های مورفونتیکی، که بیشتر شبیه طبقه بندی اقلیمی و گیاهی است تا مدل هواز دگی، در شکل ۳ نشان داده شده است. در این مدل نیز از دو متغیر متوسط دما و بارش سالانه استفاده شد و مناطق مورفونتیکی به ۹ طبقه مختلف تقسیم شدند. مناطق دارای دماهای پایین عمدتاً جزو مناطق یخچالی، و مناطق با دماهای بالا و بارش کم جزء مناطق خشک و نیمه خشک، و مناطق دارای بارش ها و دماهای بالا جزو مناطق معتدل و سلوا محسوب می شوند. جدول ۱ مناطق مورفونتیکی را براساس تقسی مبندی پلیر به همراه ویژگی های مورفولوژیکی آنها نشان می دهد.

جدول ۱: مناطق مورفونتیکی براساس تقسیم بندی پلیر

مناطق مورفونتیکی	میانگین دمای سالانه	میانگین بارش سالانه	ویژگی های مورفونتیکی
یخچالی	-۷ تا -۱۸	۰-۱۴۰۰	فرسایش یخچالی، نیواسیون
مجاور یخچالی	-۱ تا -۱۵	۱۳۰-۱۴۰۰	تأثیر باد، حرکات تود های شدید، فعالیت آب جاری ضعیف
بوریل	+۳ تا +۹	۲۵۰-۱۵۲۰	تأثیر یخبندان متوسط، تأثیر آب و باد متوسط تا ضعیف
اقیانوسی	+۲۱ تا +۳	۱۲۷۰-۱۹۰۰	حرکات توده ای شدید، فعالیت آب جاری متوسط تا ضعیف

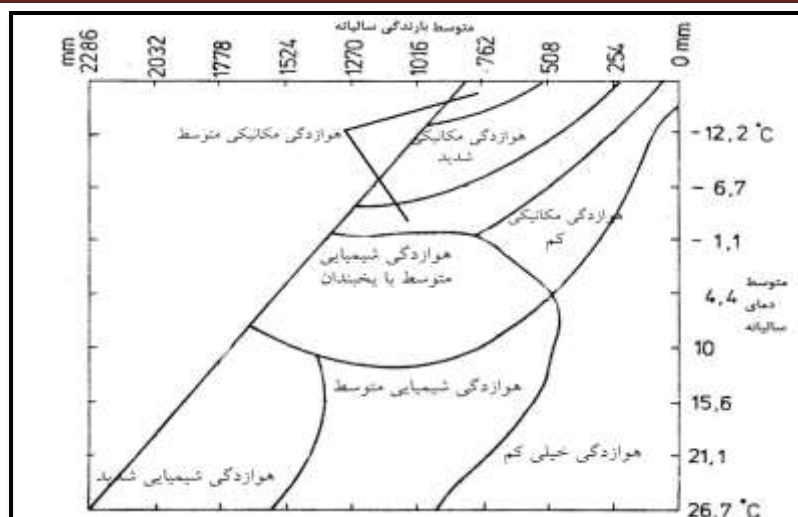
حرکات توده ای شدید، شست و شوی دامنه ها در حد کم	۱۴۰۰-۲۲۹۰	+۲۹ تا +۱۶	سلوا
فعالیت آب جاری حداکثر، تأثیر یخبندان و باد در حد کم	۸۹۰-۱۵۲۰	+۲۹ تا +۳	معتدل
فعالیت آب جاری شدید تا ضعیف، تأثیر باد متوسط	۶۴۰-۱۲۷۰	+۲۹ تا -۱۲	سلاوان
تأثیر باد شدید، فعالیت آب جاری متوسط تا شدید	۲۵۰-۶۴۰	+۲۹ تا +۲	نیمه خشک
تأثیر باد شدید، فعالیت آب جاری و حرکات توده ای ضعیف	۰-۳۸۰	+۲۹ تا +۱۳	خشک



شکل ۳: مناطق مورفونتیکی براساس تقسیم بندی پلتیر

۳-۲- رژیم های هوازدگی

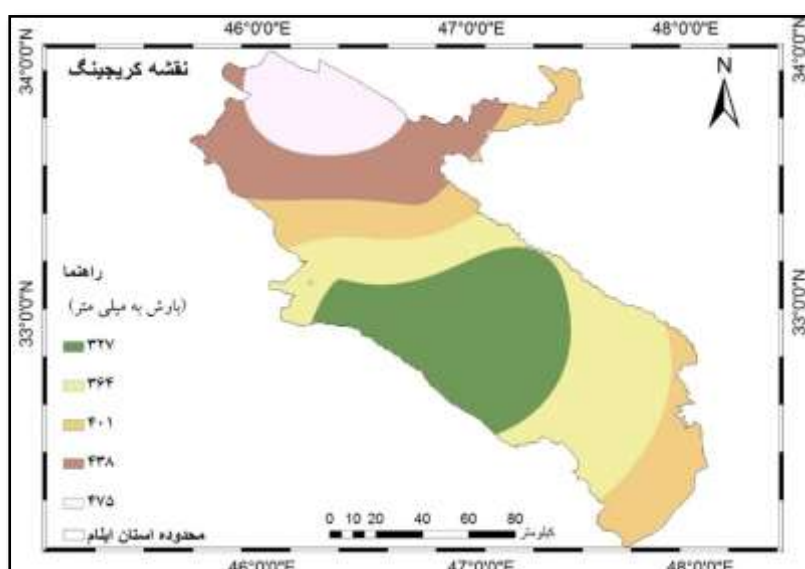
شکل ۴ تقسیم بندی رژیم های هوازدگی را در گراف پلتیر نشان داده است . در این مدل از دو متغیر متوسط دما و بارش سالانه استفاده شده و رژیم های هوازدگی در هفت طبقه تقسیم بندی گردیده است ، که هر ناحیه نشان دهنده یک نوع شرایط هوازدگی است . این مدل به نحوی طراحی شده است که مرطوب ترین و گرم ترین مناطق دارای حداکثر هوازدگی شیمیایی و خشک ترین و سردترین مناطق دارای حداقل هوازدگی شیمیایی اند . فعالیت یخبندان (یا همان هوازدگی فیزیکی) در مناطق دارای دماهای بسیار پائین که در آنها هوازدگی مکانیکی بر هوازدگی شیمیایی ارجحیت دارد، رخ می دهد.



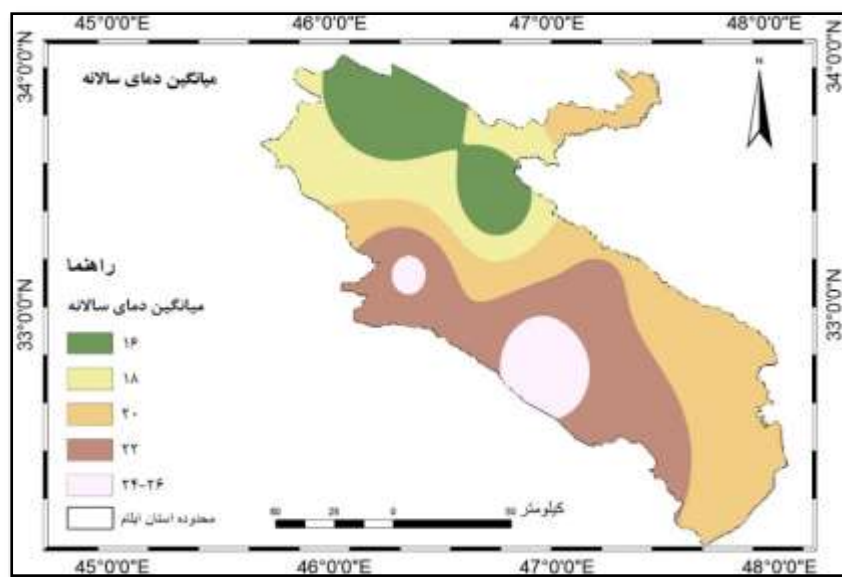
شکل تقسیم بندی رژیم های هوازدگی در گراف پلتیر (۱۹۵۰)

۴- یافته ها

با توجه به اینکه اساس مدل های مناطق مورفوزنتیکی و شدت و تیپ هوازدگی پلتیر براساس داده های بارش و دما است. به همین منظور از داده های بارش و دمای ایستگاه های باران سنجی و سینوپتیک سطح استان استفاده شد و با استفاده از روش درونیابی (کریجینگ)، اقدام به تهیه نقشه های مجموع بارش سالانه (شکل ۵) میانگین دمای سالانه (شکل ۶) شد. با توجه به نقشه های بدست آمده، پهنه بندی قلمروهای مورفوزنتیک و هوازدگی سطح استان به دست آمد.



شکل ۵: پهنه بندی میانگین بارش سالانه ایستگاه های



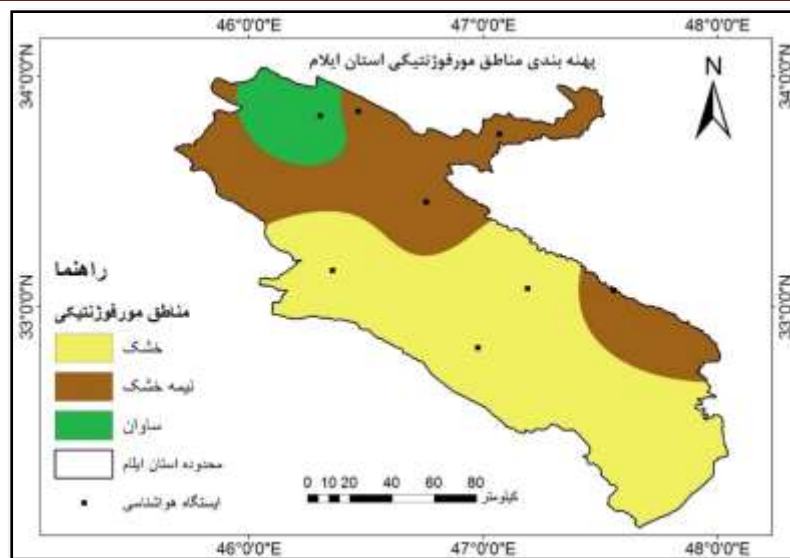
شکل ۶: پهنه‌بندی میانگین دمای ایستگاه‌های استان ایلام

۴-۱- پهنه‌بندی استان ایلام بر اساس مدل مناطق مورفوزنتیک

از ۹ وضعیت مورفوزنتیکی در مدل پلتیر، ۳ وضعیت در شرایط اقلیمی استان ایلام مشاهده می‌شود. بر اساس این مدل، بیش از ۹۲ درصد از مساحت استان ایلام در دو طبقه خشک و نیمه خشک قرار می‌گیرد (شکل ۷، جدول ۲). بخش کوچکی از شمال استان در محدوده ساوان (۷.۵ درصد) قرار می‌گیرد که قابل درصد کمی از استان ایلام می‌باشد. پهنه خشک و نیمه خشک شامل دامنه‌ها و دشت‌های واقع در استان و پهنه ساوان بیشتر شامل مناطق مرتفع استان می‌باشد.

جدول ۲: مساحت مناطق مورفوزنتیک استان ایلام

ردیف	مناطق مورفوزنتیک	مساحت به کیلومتر مربع	مساحت به درصد
۱	خشک	۱۱۵۴۷	۵۷.۱۴
۲	نیمه خشک	۷۰۸۷	۳۵.۳۱
۳	ساوان	۱۵۱۶	۷.۵۵



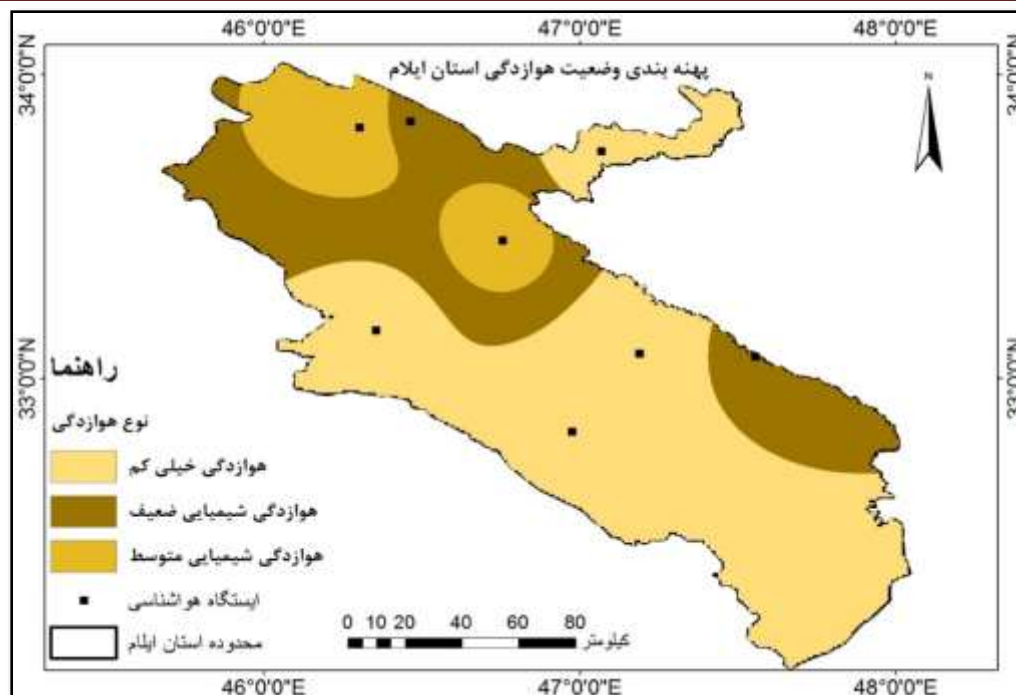
شکل ۷: مناطق مورفوتکتیکی براساس تقسیم بندی پلتیر در استان ایلام

۴-۲- پهنه‌بندی استان ایلام بر اساس مدل قلمروهای هوازدگی

نتایج نشان می‌دهد که از ۷ تیپ هوازدگی مدل پلتیر، ۳ تیپ آن در استان ایلام وجود داشت (شکل ۸، جدول ۳) هوازدگی خیلی کم با حدود ۵۷.۵۷ درصد از مساحت، شامل دشتهای هموار با نزولات جوی کم می‌شود که دارای بیشترین مساحت دما در سطح استان هستند. مناطق شمالی و غالب ارتفاعات استان در محدوده هوازدگی شیمیایی متوسط تا ضعیف قرار می‌گیرند.

جدول ۳: مساحت قلمروهای هوازدگی استان ایلام

ردیف	قلمرو هوازدگی	مساحت به کیلومتر مربع	مساحت به درصد
۱	هوازدگی خیلی کم	۱۱۰۶۵	۵۷.۵۷
۲	شیمیایی متوسط	۲۷۸۴	۱۳.۳۵
۳	شیمیایی ضعیف	۶۳۰۱	۲۹.۰۸



شکل ۸: طبقه بندی نوع و شدت هوازگی، براساس مدل پلتیر در استان ایلام

۵- بحث و نتیجه گیری

حدود ۹۲.۴۵ درصد از مساحت استان ایلام دارای اقلیم نیمه خشک و خشک و ۷.۵ درصد از مساحت آن دارای اقلیم ساوان می باشد. که اقلیم خشک بیشتر بر مناطق هموار و دشت ها منطبق می باشد. و اقلیم در قسمت شمالی استان و مناطق مرتفع تر انطباق دارد. در سطح استان سه نوع هوازگی شیمیایی ضعیف و متوسط (با ۴۲.۴۳ درصد از مساحت استان)، هوازگی خیلی کم (با ۵۷.۵ درصد از مساحت) رخ می دهد. در کل می توان نتیجه گرفت که اقلیم خشک با هوازگی کم در بخش های جنوب غربی استان ایلام مشاهده شد و با توجه به ارتفاع بیشتر در مناطق شمالی استان ایلام هوازگی شیمیایی در این قسمت مشاهده شد.

مراجع

- جعفری اقدام، مریم، جهانفر، علی، صادقی، منصور، پهنه بندی فرایندهای هوازدگی حوضه رودخانه جاجرود با استفاده از مدل اقلیمی پلتیر، چهارمین همایش علمی سراسری دانشجویی جغرافیا، ۱۳۹۴.
- حسین زاده، محمد مهدی، عمادالدین، سمیه و فخرالدین نامجو، پهنه بندی و واکاوی فرایندهای هوازدگی در حوضه قره سو گرگان، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال هشتم، شماره ۹۲، ۱۳۹۴.
- حسینی، مینا، یمانی، مجتبی، زنگنه تبار، ساسان، پهنه بندی فرایندهای هوازدگی استان کرمانشاه با استفاده از روش پلتیر، هشتمین همایش ملی انجمن ایرانی ژئومورفولوژی (ژئومورولوژی، کارکردها و ضرورت‌ها)، ۱۴۰۰.
- خوش اخلاق، فرامرز، شمسی پور، علی اکبر، مقصودی، مهران، مرادی مقدم، محمد امین، (۱۳۹۳). پهنه بندی و واکاوی فرایندهای هوازدگی در غرب دشت مرکزی - زاگرس، جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره ۳، شماره ۱۱، صص ۳۹-۲۱، ۱۳۹۳.
- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح کشور، فرهنگ آبادیهای استان ایلام (شهرستانهای مهران و دهلران)، ۱۳۸۶.
- عمادالدین، نامجو، فخرالدین، محمدی، شهرام، ولوی، روزبه، پهنه بندی قلمرو هوازدگی سنگ‌ها در استان تهران و البرز، دو فصلنامه‌ی ژئومورفولوژی کاربردی ایران، سال دوم، شماره چهارم، صص ۷۷-۵۹، ۱۳۹۳.
- مهران، مقصودی، خوش اخلاق، فرامرز، علی، حنفی، ایمان، روستا، پهنه بندی فرایندهای هوازدگی سنگ‌ها بر اساس مدل های پلتیر در شمال غرب ایران، پژوهشهای جغرافیای طبیعی (پژوهش های جغرافیایی)، دوره ۴۲، شماره ۷۴، صص ۴۶-۳۵، ۱۳۸۹.
- وهاب زاده کبریا، قربان، صابری، عارف، تأثیر پارامترهای اقلیمی بر روی هوازدگی سنگ‌های با استفاده از مدل لویس پلتیر مطالعه موردی: جنوب غرب استان آذربایجان غربی، فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، دوره ۳۰، شماره ۱۱۸، ۱۴۰۰.

Doke, Arjun, Pardeshi, Sudhakar D. Pardeshi, Suchitra S. Das, Sumit, Identification of morphogenetic regions and respective geomorphic processes: a GIS approach Arabian Journal of Geosciences, 2018.

Farahmand, H. Arian, M. A. Khakzad, A. Afshar, M, EVALUATING THE EFFECTS OF CLIMATE ON WEATHERING PROCESSES OF ROCKS BASED ON PELTIER MODELS

IN KERMANSHAH PROVINCE, Journal of Fundamental and Applied Sciences, 2016.

Gharib, A, Stone Recognition with a Especial Glimpse to Iran Stones, Tehran, Elmi va Farhangi Publication, 2003.

Reiche, I. A Survey of Weathering Processes and Products, Revised Edition, University of New Mexico Publishers, 1950.

پهنه بندی میزان هدر رفت خاک با استفاده از سنجش ازدور و سیستم های اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: بالا دست حوضه آبخیز جگین: مکران شمالی)

جعفر جعفری

استان هرمزگان، آموزش و پرورش شهرستان بشاگرد jafarjafari1689@gmail.com

چکیده

خاک یکی از منابع طبیعی و شاید مهم ترین زیربنای تمدن هر کشور است و درواقع مسیر پیشرفت یا مسیر قهقرای هر جامعه را، اصول و چگونگی بهره برداری از خاک تعیین می کند. یکی از راهکارهای اساسی در جهت مقابله با مخاطرات ازجمله خطر فرسایش مطالعه در جهت شناخت ابعاد و جوانب آن است. پژوهش حاضر باهدف فوق بالادست حوضه آبخیز جگین در استان هرمزگان و شهرستان بشاگرد را مورد مطالعه قرار داده است. در این راستا جهت همپوشانی و تلفیق داده ها از معادله جهانی هدر رفت خاک (USLE) استفاده شد. در این زمینه لایه های مورد نیاز جهت پیاده سازی مدل مربوطه، با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی و داده های سنجش ازدور آماده سازی و تولید شد. نتایج پژوهش نشان داد که در محدوده مورد مطالعه میزان فرسایش خاک بین ۰/۰۳۹ تا ۳۵۳۵۲ هکتار در سال در سطح پیکسل متغیر است. بر اساس نقشه پهنه بندی به دست آمده خطر فرسایش متوسط، زیاد و خیلی زیاد حدود ۳۱/۵ درصد و پهنه خطر کم و خیلی کم 68.5 درصد از محدوده را تحت نفوذ خود دارند. از نظر پراکندگی جغرافیایی پهنه خطر خیلی زیاد فرسایش با اختصاص ۳ درصد از مساحت کل حوضه در ناحیه شمال، شمال غرب و شمال شرق قرار دارد.

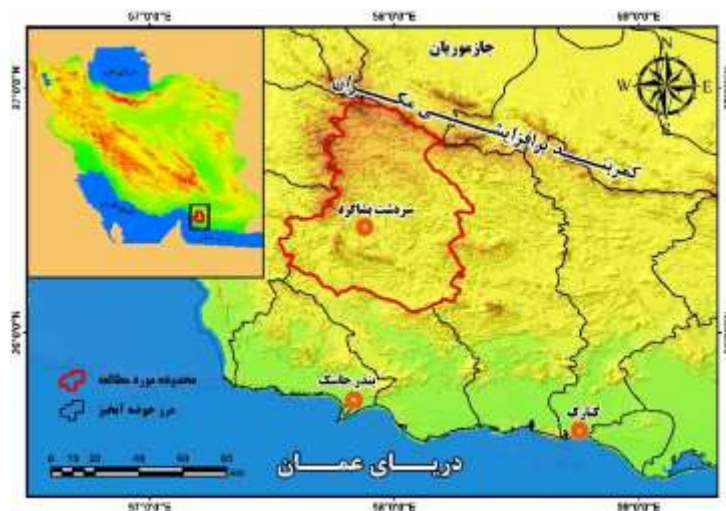
کلمات کلیدی: حوضه آبخیز جگین، هدر رفت خاک، مدل USLE، سیستم اطلاعات جغرافیایی، سنجش ازدور

مقدمه

خاک در زندگی انسان و موجودات دیگر به قدری اهمیت دارد که می‌توان آن را گوهر گران‌بهای طبیعت دانست و فرسایش آن به‌ویژه در مناطق کوهستانی یک پدیده خطرناک به حساب می‌آید. (حبی گرگری، ۱۳۹۳) بنابراین حفاظت از منابع خاکی بسیار لازم و ضروری بوده و تلاشی در جهت حفظ حیات و بقای محیط‌زیست است در این زمینه بررسی تخریب و فرسایش خاک و نهشته‌های سطحی و عوامل مؤثر در آن از اهمیت والایی برخوردار است. سالیانه نزدیک دو میلیارد تن از خاک‌های بارزش کشور به هدر می‌رود و خسارت هنگفتی بر کشور وارد می‌شود. اهمیت این موضوع با مقایسه مدت‌زمان لازم برای تولید خاک نسبت مدت‌زمان فرسایش آن بیشتر مشخص می‌شود به‌طوری‌که در مناطق خشک و نیمه‌خشک مدت‌زمان تقریبی لازم برای تولید خاک به ضخامت یک سانتی‌متر حدود ۵۰۰ الی ۸۰۰ سال برآورده شده پدیده فرسایش خاک و تولید رسوب برای جامعه بشری مشکلات زیادی را به وجود آورده است. (انصاری لاری و انصاری، ۱۳۹۵) یکی از عوامل مهم نابودی و هدر رفت خاک فرسایش رودخانه‌ای است که بر اساس آن سالانه مقادیر زیادی از خاک‌های بارزش کشور در حوضه‌های آبخیز تخریب، حمل و در مناطق دیگر رسوب داده می‌شود. این موضوع زمانی پراهمیت است که دانست در کشور ما بسیاری از حوضه‌ها همچون محدوده مورد مطالعه از نوع رودهای خارجی می‌باشند، یعنی مقادیر آب‌و خاک را از کشور خارج و در دریا‌های کناری تخلیه می‌کنند. در پژوهش حاضر با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور حوضه آبخیز جگین مورد مطالعه قرار گرفته است تا از داده‌های دورکاوی جهت شناسایی مکان‌های پرخطر نابودی خاک استفاده کرده و همچنین کار آیی تکنیک‌های سنجش‌ازدور در این زمینه ارزیابی شود. تکنیک‌های سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی از مهم‌ترین ابزاری هستند که به‌واسطه آن می‌توان به مطالعات محیطی پرداخت، چراکه با صرف کمترین وقت و هزینه می‌توان به نتایج قابل قبولی در زمینه مدیریت محیط دست‌یافت. حوضه آبخیز جگین با وسعتی بیش از شش هزار کیلومتر مربع قسمت اعظم منطقه مکران شمالی را زهکش کرده و در نهایت به دریای عمان تخلیه می‌شود. بر اساس داده‌های موجود میزان بار رسوب سالانه آن نزدیک به ۵۰۰۰۰۰ تن در سال است این رقم حاکی از فرسایش و هدر رفت بالای خاک در این منطقه است به‌طوری‌که می‌توان گفت در اثر نابودی خاک، پوشش گیاهی منطقه از بین رفته و امکان رشد و نمو نداشته و به تعبیری طبیعت محدوده در حال احتضار است و کوه‌های سرسبز و پرطراوت آن به بیابان‌های بدون خاک و عاری از پوشش گیاهی تبدیل شده است (جوانشیر: ۱۳۷۸) بنابراین پهنه‌بندی و شناسایی مناطق فرسایش پذیر در این محدوده جهت برنامه‌ریزی در جهت کنترل آن امری بسیار مهم و ضروری است. در پژوهش حاضر بالادست حوضه آبخیز که مکان اصلی تولید رسوب است با وسعتی معادل ۴۵۱۴ کیلومتر مربع با توجه به اهداف فوق و با بهره‌گیری از معادله جهانی هدر رفت خاک (USLE) مورد مطالعه قرار خواهد گرفت.

مواد و روش ها

حوضه آبخیز جگین یکی از حوضه های مهم دریای عمان و خلیج فارس در شرق استان هرمزگان است که در مختصات جغرافیایی ۲۵ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۲۷ درجه عرض شمال و ۵۷ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۱۶ دقیقه گسترده شده است. این حوضه مساحتی بیش از ۶۲۰۰ کیلومترمربع رادار است که کوههای مکران داخلی را به سمت دریای عمان (جلگه ساحلی مکران) زهکشی می کند. طول آبراهه اصلی ۳۴۴ کیلومتر است که در شرق بندر جاسک به دریای عمان می ریزد. در پژوهش حاضر بالادست حوضه رودخانه جگین در محل شهرستان بشاگرد با وسعتی معادل ۴۵۱۳ کیلومترمربع موردبررسی قرارگرفته است (شکل ۱)



شکل ۱: موقعیت محدوده مورد مطالعه در جنوب شرق کشور

داده های مورد استفاده در پژوهش حاضر عبارت اند از:

- تصویر ماهواره LANDSAT سنجنده OLI (WRS Path 158-WRS Row 042)
- نقشه های توپوگرافی، ۱:۲۵۰۰۰۰ سازمان نقشه برداری
- نقشه های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین شناسی
- DEM با قدرت تفکیک ۳۰ متر از محدوده مورد بررسی
- اطلاعات مربوط به دانه سنجی و ویژگی های خاک شناسی محدوده مور بررسی اخذ شده از اداره منابع طبیعی

شهرستان بشاگرد

-اطلاعات مربوط به ایستگاه های هواشناسی و هیدرومتری منطقه اخذ شده از اداره کل هواشناسی استان هرمزگان و شرکت آب منطقه ای

پس از تهیه لایه ها مورد نیاز، جهت تهیه نقشه پهنه بندی فرسایش خاک معیارها با یکدیگر تلفیق و همپوشانی خواهند شد. برای رسیدن به این منظور از معادله جهانی هدر رفت خاک (USLE) استفاده می شود. از لحاظ ریاضیاتی مدل USLE پنج عامل را که در زیر بیان می شوند، در برمی گیرد (رابطه ۱)

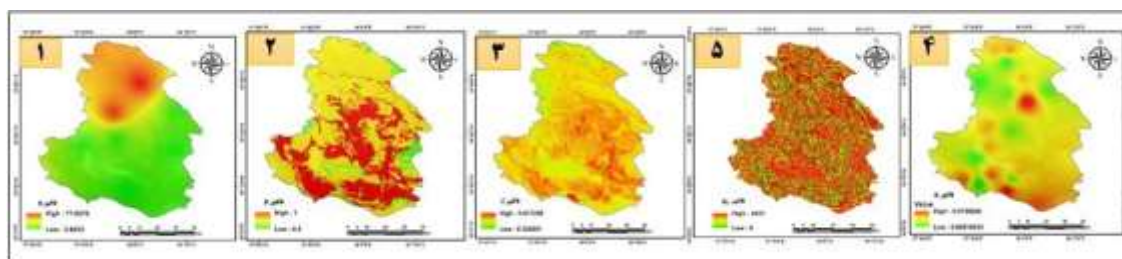
$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

رابطه (۱) - مأخذ: احمدی (۱۳۸۸)

که در آن، A متوسط اتلاف خاک سالانه (تن در یک هکتار در یک سال $(\text{ton h}^{-1} \text{ year}^{-1})$)، R عامل فرساینده گی بارش/روان آب $(\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ year}^{-1})$ ، K عامل فرسایش پذیری خاک $(\text{ton h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1})$ ، LS عامل طول شیب و سراسیمی (بدون بعد)، C عامل پوشش (بدون بعد) و P عامل شیوه پستی بانی (بدون بعد) هستند؛ که این داده به صورت لایه های مجزا که روش تولید هر یک از آنها در ادامه ذکر شده است، تهیه و با تلفیق آنان باهم نقشه پهنه بندی خطر فرسایش خاک به دست خواهد آمد.

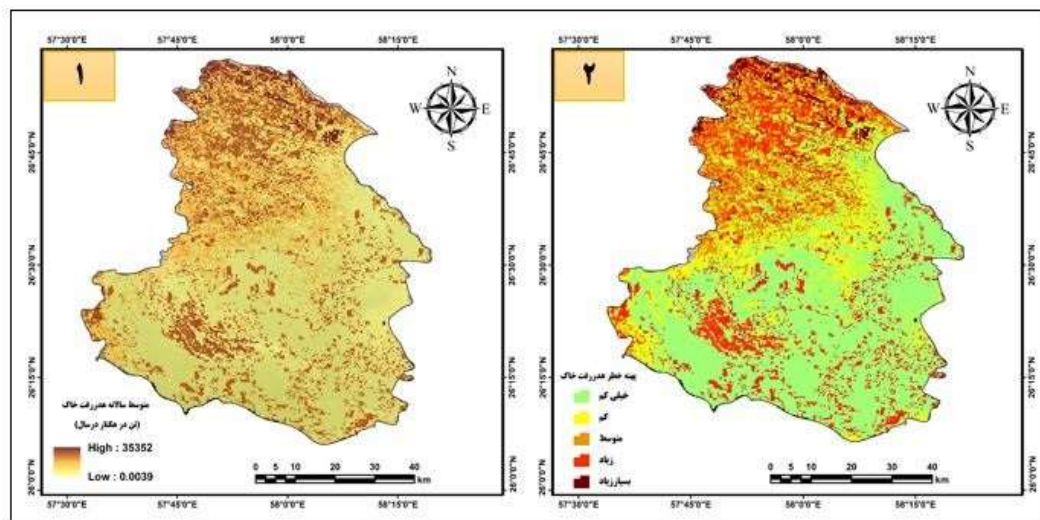
بحث و نتایج

جهت تجزیه و تحلیل در گام نخست با بهره گیری از داده های موجود و با کمک تکنیک های سنجش از دور و قابلیت های سیستم اطلاعات جغرافیایی برای هر یک از پارامتر های پنج گانه موثر در معادله جهانی هدر رفت خاک یک لایه وزندار تولید شد. (شکل ۲)



شکل ۲: نقشه وزن دار فاکتور های موثر: تصویر ۱: عامل فرساینده گی باران، تصویر ۲: عامل حفاظتی خاک، تصویر ۳: عامل مدیریت پوشش زمین، تصویر ۴: عامل توپوگرافی، تصویر ۵: عامل فرسایش پذیری خاک

پس از آماده‌سازی فاکتورهای مؤثر در معادله فرسایش جهانی خاک با استفاده از معادله (۱) و در محیط نرم‌افزار Arc GIS و با استفاده از ابزار RasterCalculator در یکدیگر همپوشانی شدند؛ و نقشه فرسایش سالانه خاک برحسب تن در هکتار در سال به دست آمد؛ بر اساس نقشه به‌دست‌آمده در حوضه بالادست رودخانه جگین فرسایش بین ۰/۰۳۹ تا ۳۵۳۵۲ تن در هکتار در سال در سطح پیکسل متغیر می‌باشد. این عدد نشان‌دهنده بالا بودن میزان فرآیند فرسایش در محدوده مورد مطالعه است. تقسیم‌بندی نقشه خطر فرسایش برای محدوده مورد مطالعه به ۵ کلاس فرسایش بسیار کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد حاکی از آن است که مساحتی بالغ بر ۱۰۴۰۵ کیلومترمربع معادل با ۳۱/۵ درصد از کل وسعت محدوده در پهنه خطر فرسایشی متوسط تا بسیار زیاد قرار دارد. در مقابل وسعتی برابر با ۳۱۰۹ معادل با ۶۸/۵ درصد از مساحت کل محدوده مورد بررسی در پهنه فرسایشی کم تا بسیار کم واقع شده‌اند (شکل ۳ و جدول ۱)



شکل ۳: تصویر ۱: نقشه میزان فرسایش محدوده، تصویر ۲: نقشه پهنه بندی فرسایش محدوده

جدول ۱: مساحت پهنه‌های خطر فرسایش

بهنه فرسایشی	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
وسعت	2311	۷۹۸	۴۷۴	802	۱۲۹
درصد	۵۱	۱۷.۵	۱۰.۵	۱۸	۳

نتیجه‌گیری

نتایج حاکی از این است که در حوضه مورد بررسی فرسایش معادل ۳۸۵۳۲ تن در هکتار در سال ۳ در این حوضه فرسایش وجود دارد؛ که این عدد نشان دهنده فرسایش پذیری بالا در محدوده مورد مطالعه می باشد. بر اساس نقشه پهنه بندی به دست آمده از محدوده پهنه خطر خیلی زیاد و زیاد حدود ۳ درصد از محدوده را در اختیار دارند که از نظر پراکندگی جغرافیایی در منتهی الیه بخش های شمالی حوضه واقع شده اند. پهنه های بسیار کوچکی از این طبقه فرسایشی در سمت جنوب غرب، مرکز و جنوب شرق محدوده نیز دیده می شود. پهنه خطر فرسایشی کم و بسیار کم قسمت اعظم محدوده را در اختیار داشته و نواحی جنوبی حوضه را تحت کنترل خود دارند با توجه به مطالب ذکر شده که حاصل از مدل می باشند می توان گفت که در محدوده پهنه های فرسایشی زیاد پرخطر از نظر وسعت کم ولی از نظر شدت حجم بالایی دارد.

مراجع

- [۱] جوانشیر، کریم (۱۳۷۸) رستنی های منطقه بشاگرد، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران
- [۲] احمدی، حسن (۱۳۸۸). ژئومورفولوژی کاربردی (فرسایش آبی)، چاپ ششم، انتشارات دانشگاه تهران
- [۳] آرخی، صالح؛ نیازی، یعقوب (۱۳۸۹). بررسی کاربرد GIS و RS برای تخمین فرسایش خاک و بار رسوب با استفاده از مدل RUSLE (مطالعه موردی: حوضه بالادست سد ایلام) مجله پژوهش های آب و خاک
- [۴] اسدزاده، فرخ؛ میرزایی، سلمان؛ طیبی، محبوبه (۱۳۹۳) تعیین مناسب ترین ابعاد سلولی مدل رقومی ارتفاع برای محاسبه عامل توپوگرافی در مدل RUSLE، تحقیقات آب و خاک ایران، شماره ۳، ۳۳۲-۳۲۵
- [۵] اسمعلی، اباذر؛ عبداللهی، خدایار (۱۳۸۹) آبخیزداری و حفاظت خاک، انتشارات محقق اردبیلی، چاپ دوم
- [۶] بیاتی خطیبی، مریم؛ کرمی، فریبا؛ رجبی، معصومه؛ نیکجو، محمدرضا (۱۳۸۹) ارزیابی پهنه های تحت تاثیر فرسایش خاک در حوضه سراسکندرچای دامنه های شرقی کوهستان سهند با استفاده از مدل USLE و GIS
- [۷] بابایی، مهناز؛ حسینی، زین العابدین؛ نظری سامانی، علی اکبر؛ المدرسی، علی (۱۳۹۵) پهنه بندی فرسایش خاک با استفاده از مدل RUSLE 3D مطالعه موردی: حوضه آبخیزکن، شماره ۲، صص ۱۸۱-۱۶۵

- [۸] حبیبی گرگری، حسین (۱۳۹۳) کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در ارزیابی فرسایش و تولید رسوب حوضه آبریز گلرچ؛ پایان نامه دوره کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز، پردیس کرج
- [۹] دلاور، محمود رضا و همکاران (۱۳۹۲) راهنمای کاربرد سیستم اطلاعات مکانی (GIS) و سنجش از دور (RS) در استخراج پارامترهای موثر مطالعات هیدرولوژیکی حوضه های آبریز، وزارت نیرو، نشریه شماره ۶۴۶
- [۱۰] رستگار، حسین؛ حبیبی، مهدی (۱۳۸۹) ارزیابی پنج روش برآورد رسوب در رودخانه جگین در استان هرمزگان، مجله مهندسی و مدیریت آبخیز، شماره ۱، صص ۲۰-۱۲
- [۱۱] سازمان آب منطقه ای استان هرمزگان (۱۳۹۵). دفتر مطالعات منابع آب، آمار رودخانه جگین
- [۱۲] سازمان هواشناسی استان هرمزگان. (۱۳۹۶). داده های ایستگاه محدوده مورد مطالعه
- [۱۳] قهرمان نژاد، اسلام، نظر نژاد، حبیب؛ میر یعقوب زاده، میر حسین (۱۳۹۶) تأثیر سناریوهای مختلف مدیریت کاربری اراضی بر میزان فرسایش خاک با مدل USLE در حوضه کلیبرچای، نشریه حفاظت منابع آب و خاک، شماره ۲، صص ۹۲-۱۰۳
- [۱۴] لاری انصاری، احمد؛ انصاری، مریم (۱۳۹۵) بررسی کاربرد GIS برای تخمین فرسایش خاک و بار رسوب با استفاده از مدل RUSLE (مطالعه موردی: حوضه قلعه چای)، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه ای، شماره ۲، صص ۱۷۳-۱۵۵
- [۱۵] نوحه گر، احمد و همکاران. (۱۳۹۳). برآورد میزان فرسایش و تولید رسوب در حوضه آبخیز تورفین (استان هرمزگان) با استفاده از سنجش از دور RS، سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS و مدل تجربی RUSLE، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، صص ۸۹-۱۰۴

[۱۶] وزارت نیرو، داده های ایستگاه هیدرو متری رودخانه جگین

[۱۷] Bonilla, C. José, A. Reyes, L. & Magri, A. (2010). Water erosion prediction using the revised universal soil loss equation (RUSLE) in a GIS framework, central chile. Chilean Journal of Agricultural Research, 70(1), 159-169.

[۱۸] Saavedra, D. 2005. Estimating spatial patterns of soil erosion and deposition in the Andean region using geo-information techniques: a case study in Cochabamba, Bolivia. PhD

Thesis, Wageningen University, the Netherlands

[۱۹] Wachal, D.J. and Banks, K.E. (2007). Integrating GIS and erosion modeling: A tool for watershed management. Esri International User Conference. No.UC1038. 11p.

[۲۰] Wang, G., Gertner, G. Fang, S. & Anderson, A.B. (2003). Mapping multiple variables for predicting soil loss by geostatistical methods with TM images and a slope map. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing,

پهنه‌بندی توسعه کارست سطحی از دیدگاه ژئومورفولوژی با استفاده از مدل منطق فازی (مطالعه موردی توده‌های کارستی پیرغار و دیمه در استان چهارمحال و بختیاری)

فاطمه گراوند،^۲ مهران مقصودی،^۳ سید موسی حسینی،^۴ مجتبی یمانی،^۵ راضیه لک

^۱ کاندیدای دکتری ژئومورفولوژی دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران f_gervand@ut.ac.ir

^۲ دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران maghsoud@ut.ac.ir

^۳ دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران smhosseini@ut.ac.ir

^۴ استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران myamani@ut.ac.ir

^۵ پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌سناسی کشور lak_ir@yahoo.com

چکیده

پهنه‌های کارستی نقش مهمی در تغذیه آبخوانهای کارستی دارند، بنابراین شناخت عوامل مؤثر در تحول کارست و پهنه‌بندی آن در زمینه مطالعات مربوط به منابع آب کارست دارای جایگاه ویژه‌ای هستند. نتایج حاصل از این مطالعات می‌تواند جهت مدیریت کمی و کیفی و حفاظت از این منابع مورد استفاده قرار گیرد. در این پژوهش، پهنه‌بندی توده‌های کارستی دیمه و پیرغار در استان چهارمحال و بختیاری واقع در زون مرتفع زاگرس می‌باشد. توده مورد نظر به دلیل رخمون سنگ‌های کربناته و وجود دیگر متغیرهای تأثیرگذار، مستعد پدیده کارست زایی بوده و در آن چشمه‌های زیادی به عنوان خروجی آبخوان کارستی وجود دارد. در این پژوهش لیتولوژی، فاصله از گسل، ارتفاع، شیب، جهت شیب، بارش، دما، کاربری اراضی، طبقات اقلیمی گذشته و خاک با توجه به تابع مورد نیاز هر کدام، فازی سازی شده و با استفاده از عملگر گامای $0/8$ تلفیق شدند در پایان نقشه پهنه‌بندی توسعه کارست سطحی منطقه تهیه شد. این نقشه در چهار طبقه فاقد کارست، کارست با توسعه کم، کارست با توسعه متوسط و کارست با توسعه زیاد با استفاده از روش شکستگی‌های طبیعی طبقه‌بندی شد. با توجه به نیاز به لایه‌ی فروچاله‌ها برای بررسی صحت پهنه‌بندی توسعه کارست منطقه مورد مطالعه، با استفاده از روش موسوم به CCLs اقدام به شناسایی فروچاله‌های کارستی و تهیه نقشه توزیع فضایی آنها گردید. نتایج تحقیق حاکی از این است که فروچاله‌ها در طبقات کارست سه‌گانه قرار گرفته‌اند و کارایی مدل منطق فازی برای پهنه‌بندی کارست سطحی در این منطقه را تأیید می‌کند.

کلمات کلیدی: توده کارستی، مدل منطق فازی، مدل‌سازی فروچاله‌های کارستی، چهارمحال و بختیاری.

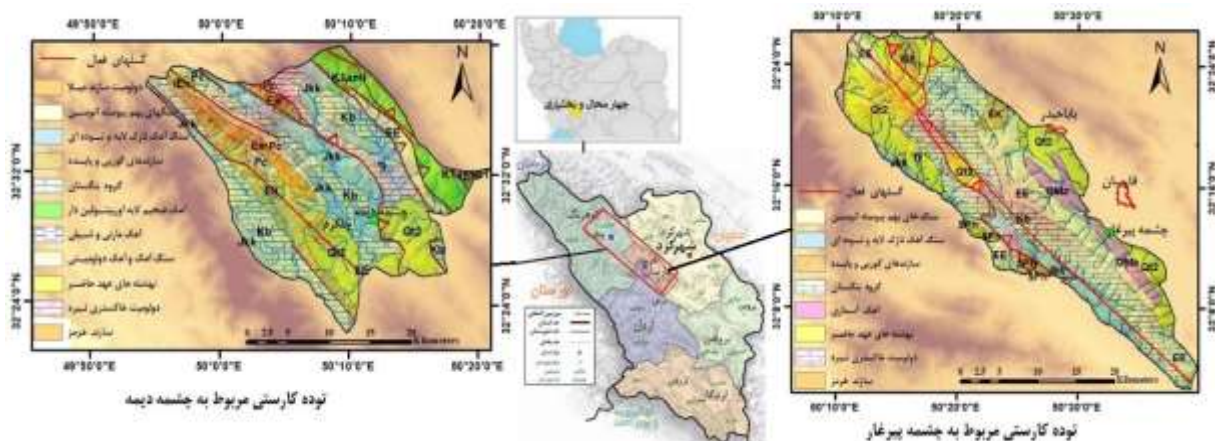
مقدمه

واژه‌ی کارست به مناطقی (عمدتاً مناطق آهکی) اطلاق می‌شود که در آنها آب زیرزمینی باعث توسعه‌ی بازشدگی‌ها گردیده و در نتیجه یک سیستم زهکشی زیرسطحی ایجاد نموده است (Ford & Williams, 2007). در سال ۲۰۱۹، برآورد شده است که حدود ۱/۳ میلیارد از جمعیت جهان در مناطق کارستی زندگی می‌کنند (Goldscheider et al, 2020). در ایران زمین‌های کارستی حدود ۱۳ درصد از مساحت کل کشور را در بر می‌گیرد (رئیزی و کوثر، ۱۹۹۷). زاگرس مهمترین ناحیه حضور و رخنمون سازندهای کربناته در کشور بوده که آبخوان‌های کارستی یکی از برجسته‌ترین ویژگی سازندهای کربناته زاگرس می‌باشند که حدود ۵۶ درصد از چشمه‌ها و بیشتر رودخانه‌های بزرگ ایران از این پهنه سرچشمه می‌گیرند (احمدی‌پور، ۱۹۹۹) که برای توسعه اقتصادی و بویژه توسعه بهره‌برداری زاگرس نشینان نقش بسیار مهمی دارند. از آنجایی که کیفیت منابع آب کارست بهتر از کیفیت آب‌های آبرفتی است و چون منابع آب کارستی در ارتفاعات و کوهستان‌ها قرار دارند، همچنین نسبت به منابع آبرفتی که در معرض آلودگی‌های انسانی و آبرفتی هستند، کمتر در معرض آلودگی می‌باشند، منابع با ارزشی محسوب می‌شوند و مدیریت صحیح این منابع می‌توانند نقش مهمی در بهره‌برداری بهینه و مدیریت پایدار منابع آب ایفا کنند. توسعه‌یافتگی نقش اصلی در نفوذ و انتقال آب بارش به آبخوان‌ها را بر عهده دارد. رفتار هیدرودینامیکی و هیدرو شیمیایی، نحوه و میزان انتقال آب به آبخوان، واکنش سفره آب به نوسانات بارش و همچنین میزان آلودگی منابع آب بواسطه توسعه یافتگی کارست کنترل می‌شود. لذا مطالعه میزان توسعه‌یافتگی کارست می‌تواند جهت بهره‌برداری و مدیریت پایدار این منابع با ارزش مورد استفاده قرار گیرد. هدف از این پژوهش، پهنه‌بندی توسعه یافتگی توده‌های کارستی از دیدگاه ژئومورفولوژی می‌باشد با استفاده از مدل ریاضی و همچنین دستیابی به میزان کارایی مدل در مطالعات مربوط به موضوع کارست است.

منطقه مورد مطالعه

توده کارستی پیرغار به لحاظ موقعیت جغرافیایی در جنوب و غرب شهرستان فارس و در دامنه‌ی شمالی تاق‌دیس سالدوران با مساحت حوضه‌ی آبرگیر ۹۲ کیلومتر مربع، میانگین بارندگی ۵۴۲ میلی‌متر (در ایستگاه فارس) و در ارتفاع ۲۱۰۰ متر از سطح دریا واقع شده است. آهک‌های سفید، آهک مارنی و آهک دولومیتی معادل سازند آسماری - جهرم و شهبازان با سن ائوسن - الیگوسن همراه با آهک‌های کرم رنگ ضخیم لایه بخش فوقانی سازند آسماری آبخوان اصلی کارستی چشمه پیرغار (شکل ۱) را تشکیل می‌دهد. چشمه دیمه سرچشمه اصلی زاینده رود در ۱۲ کیلومتری چلگرد

در مجاورت روستای دیمه واقع شده است و ارتفاع قرار گیری این چشمه ۲۱۹۶ متر از سطح دریا می باشد، مساحت حوضه ی آبرگیر آن ۱۴۰ کیلومتر مربع و میانگین بارندگی ۱۳۲۹ میلیمتر (در ایستگاه چلگرد) می باشد. آهک های سفید، آهک های مارنی و آهک های دولومیتی معادل سازند آسماری-چهرم و شهبازان با سن ائوسن- الیگوسن همراه با آهک های کرم رنگ ضخیم لایه بخش فوقانی سازند آسماری به سن الیگوسن و آهک نازک لایه رسی و آهک خاکستری همراه با فسیل اربیتولین و شیل، مارن و ماسه سنگ به سن کرتاسه می توانند در تأمین آب چشمه دیمه مؤثر باشند (شکل ۱) (مالی و همکار، ۱۳۹۳).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی و نقشه زمین شناسی توده های کارستی مورد بررسی که بر روی آن سنگ های آهکی کارستی مشخص شده است (بر گرفته از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ شهرکرد تهیه شده سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور).

مواد و روشها

توسعه کارست یک فرایند پیچیده می باشد، که تحت تاثیر عوامل مختلف مؤثر در کارست زایی می باشد. تاثیر عوامل مؤثر در توسعه کارست در مکان های مختلف یکسان نبوده و اغلب تحت تاثیر عوامل مؤثر دیگر قرار می گیرند. در واقع تاثیر هر یک از عوامل مؤثر در توسعه کارست قطعی و صددرصدی نیست. برای مطالعه ای چنین شرایط پیچیده و مبهم مدل فازی مناسب می باشد. زیرا با استفاده از نظریه فازی می توان متغیرهای نادقیق و مبهم را به شکل ریاضی درآورد (مومنی؛ ۱۳۸۷، ۱۸۷). مدل فازی بر منطق فازی استوار است و در شرایط ابهام کارائی دارد. 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 به عبارتی دانش فرد خبره و با هدف ساده سازی و کارآمد شدن طراحی سیستم، جایگزین و یا تا حد زیادی تکمیل می شود. این تئوری در الگو کردن پدیده های فیزیکی، نقشه برداری و طبقه بندی بطور گسترده استفاده شده است. نظریه فازی از زمان ابداع تا به امروز بطور روز افزونی در حال گسترش بوده و کاربرد های گوناگونی

پیدا کرده و در ژئومورفولوژی در مطالعات سیل، حرکات دامنه‌ای و فرسایش رسوب مورد استفاده قرار گرفته است. در مدل فازی هر فرد همزمان در مجموعه‌های مختلف اما به درجات متفاوت عضویت دارد. درجات عضویت مقادیر بین صفر و یک و یا خود این دو حد را می‌پذیرد (Van Alphen and Stoorvogel, 2000). در تئوری مجموعه‌های دقیق اگر یک مجموعه را در نظر بگیریم، هر عضو مجموعه مرجع یا در مجموعه هست و یا نیست و می‌توان برای هر مجموعه A تابع زیر را تعریف کرد (مومنی، ۱۳۸۷: ۱۹۷).

رابطه (۱):

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & , \text{If } x \in A \\ 0 & , \text{If } x \notin A \end{cases}$$

این تابع به هر عضو مجموعه A عدد (۱) و به هر عضو خارج از مجموعه A عدد (۰) نسبت می‌دهد. در این پژوهش جهت پهنه‌بندی توسعه کارست سطحی، با توجه به مبانی نظری پارامترهای موثر لیتولوژی، فاصله از گسل، ارتفاع، شیب، جهت شیب، بارش، دما، کاربری اراضی، طبقات اقلیمی گذشته و خاک به عنوان پارامترهای موثر انتخاب گردیدند. هر یک از پارامترهای موثر انتخابی به عنوان یک مجموعه فازی توسط تابع عضویتی بیان می‌شوند، که این تابع عضویت درجه تعلق اعضای مجموعه را با یک عدد حقیقی بین $[0, 1]$ نشان می‌دهد. بنابراین اگر عضویت عنصری در مجموعه A در بازه ای از $[0, 1]$ قرار گیرد، به هر x از X عددی در بازه $[0, 1]$ نسبت داده می‌شود، که تابع عضویت نامیده می‌شود. تابع عضویت بصورت $\mu_A(x)$ نشان داده می‌شود که درجه عضویت بین (۰) و (۱) خواهد داشت. تابع عضویت برابر (۱) نشان دهنده عضویت کامل در مجموعه و مقدار (۰) نشان دهنده عدم عضویت کامل عنصر در مجموعه است. برای پهنه بندی توسعه کارست ابتدا لازم است، که تک تک لایه‌ها با توجه به هدف مورد نظر بر اساس توابع عضویت فازی سازی شوند. پارامترهای فاصله از گسل، ارتفاع، شیب، بارش و دما با توجه به ماهیت رستری آنها با استفاده از توابع موجود در نسخه ۱۰.۸ نرم افزار ArcGIS و یا کدنویسی در تحلیلگر Raster Calculator فازی‌سازی گردیدند. تابع عضویت لایه‌های رستری بر اساس نوع رابطه‌ای که هر پارامتر با پدیده کارست‌زایی دارد، تعیین گردیده است. روش فازی با پنج عملگر (اجتماع)، AND (اشتراک)، Product (ضرب جبری)، SUM (جمع جبری) و Gama (گاما) در محیط نرم افزار GIS قابل اجرا می‌باشد. هر یک از این عملگرها به نحوه خاصی عمل می‌کنند. عملگر OR عملگر اجتماع مجموعه‌ها است، که حداکثر درجه عضویت اعضا را استخراج می‌کند و از دقت بالایی در پهنه‌بندی برخوردار نمی‌باشد. عملگر AND اشتراک مجموعه‌ها است و حداقل درجه عضویت اعضا را استخراج می‌کند. به عبارت دیگر در بین کلیه لایه‌های اطلاعاتی حداقل ارزش (وزن) هر پیکسل را استخراج کرده و در نقشه نهایی منظور می‌کند و این امر باعث عدم دقت لازم این عملگر در پهنه‌بندی می‌شود. در عملگر Product تمام لایه‌های اطلاعاتی در هم ضرب می‌شوند و به دلیل اینکه ماهیت اعداد بین صفر و یک می‌باشد، این عملگر باعث می‌شود، تا در نقشه خروجی

اعداد کوچکتر شده و به سمت صفر میل کنند. به این دلیل تعداد پیکسل کمتری در کلاس خیلی خوب قرار گرفته و عملگر Product حساسیت بالایی در مکانیابی اعمال می کند. در عملگر SUM ارزش پیکسل ها به سمت یک میل می کند. در نتیجه تعداد پیکسل بیشتری در کلاس خیلی خوب قرار می گیرد. مقادیر در نقشه ای نهایی بزرگ تر شده و به عبارتی عوامل یکدیگر را تقویت کرده و ترکیب نقشه ها دارای اثر افزایشی می باشد، به همین دلیل این عملگر حساسیت خیلی کمتری در مکانیابی و پهنه بندی دارد. عملگر گاما نقش تعدیلی نسبت به نتیجه جمع و ضرب فازی دارد و حساسیت خیلی بالای عملگر ضرب فازی و حساسیت خیلی کم عملگر جمع فازی را تعدیل کرده و به واقعیت نزدیکتر می کند. با توجه به ماهیت این پژوهش از عملگر گامای فازی با ضرایب مختلف استفاده شده است. این عملگر بر حسب حاصل ضرب جبری فازی و حاصل جمع جبری فازی بر اساس رابطه (۲) تعریف می شود.

رابطه (۲) :

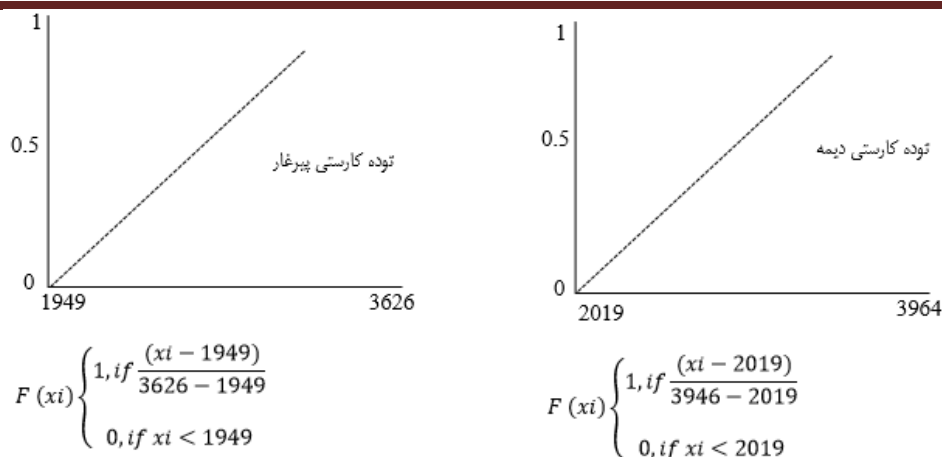
$$\mu_{\text{combination}} = ((\text{Fuzzy Algebraic Sum})(\text{Fuzzy Algebraic Product}))^{1-\gamma}$$

در این رابطه $\mu_{\text{combination}}$ لایه حاصل از گامای فازی و γ پارامتر تعیین شده در محدوده صفر و یک است. زمانی که γ را برابر ۱ قرار دهیم ترکیبی که اعمال می شود، همان جمع جبری فازی و زمانی که γ برابر صفر باشد ترکیب، برابر با ضرب جبری فازی است. مقدار در نظر گرفته شده برای γ مقادیری در خروجی ایجاد می کند، که با اثر افزایشی جمع جبری و اثر کاهشی ضرب جبری فازی سازگاری دارد.

نتایج

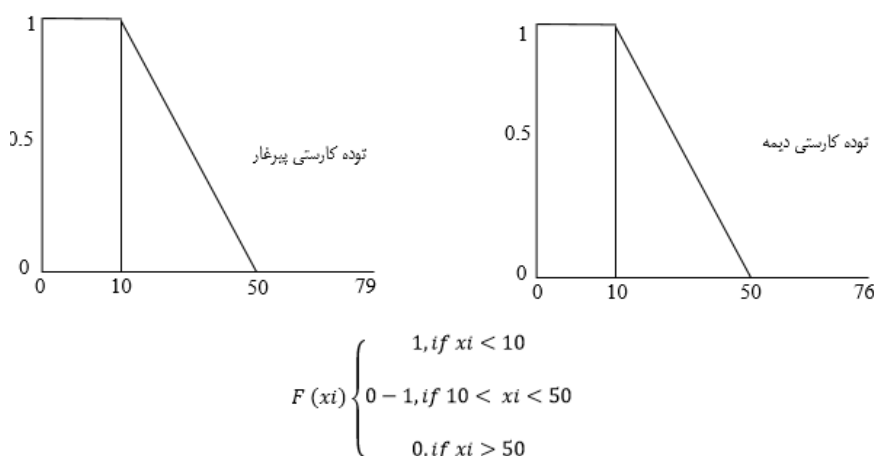
در ادامه هریک از لایه ها با توجه به هدف مورد نظر براساس توابع عضویت، فازی سازی گردیدند. پارامترهای فاصله از گسل، ارتفاع، شیب، بارش و دما با توجه به ماهیت رستری آن ها با استفاده از توابع موجود در در نسخه ۱۰.۸ نرم افزار ArcGIS و با کدنویسی در تحلیل گر Raster Calculator فازی سازی شده و تابع عضویت لایه های رستری براساس نوع رابطه ای که هر پارامتر با پدیده کارستزایی دارد، تعیین گردیده است. در ادامه تابع عضویت این لایه ها به شرح زیر معرفی می گردد:

الف) ارتفاع: پارامتر ارتفاع رابطه مستقیمی با توسعه کارست دارد، چرا که با افزایش ارتفاع، شرایط مساعد جهت توسعه کارت به علت کاهش دما و افزایش بارش فراهم شده و در نتیجه فرایند کارستزایی فعال است. از این رو از یک رابطه خطی افزایشی جهت تعیین عضویت این لایه در مناطق مورد مطالعه استفاده شده است (شکل ۲). این پارامتر با استفاده از تابع Linear فازی سازی شده است.



شکل ۲- تابع عضویت عامل ارتفاع در مدل منطق فازی برای توده‌های کارستی پیرغار و دیمه

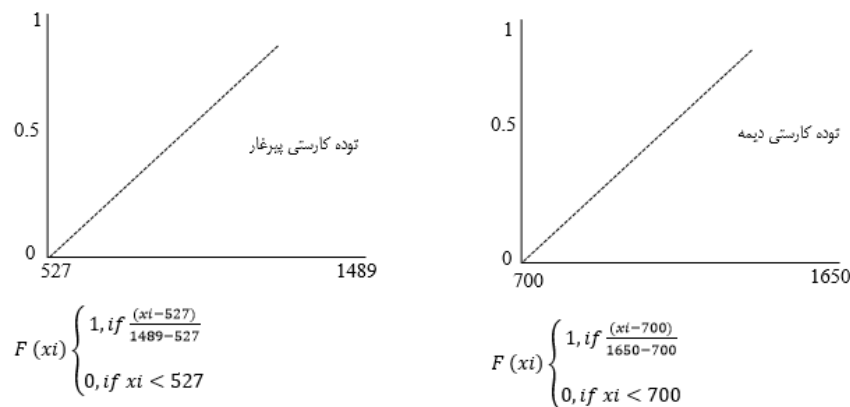
ب) شیب: با توجه به مبانی نظری پژوهش پارامتر شیب رابطه معکوسی با توسعه کارست دارد. در شیب‌های کمتر از ۱۰ درجه بیشترین میزان توسعه کارست ایجاد می‌شود. با افزایش شیب میزان کارست‌زایی و شرایط توسعه کارست کاهش می‌یابد. از شیب ۵۰ درجه به بالا توسعه کارست به ندرت انجام می‌گیرد. بنابراین تابع عضویت شیب در کارست‌زایی از یک رابطه خطی کاهنده شکسته پیروی می‌کند. شکل (۳) تابع عضویت پارامتر شیب را در مناطق کارستی پیرغار و دیمه نشان می‌دهد. این پارامتر به صورت فرمول‌نویسی در تحلیل‌گر Raster Calculator فازی‌سازی شده است.



شکل ۳- تابع عضویت عامل شیب در مدل منطق فازی برای توده‌های کارستی پیرغار و دیمه

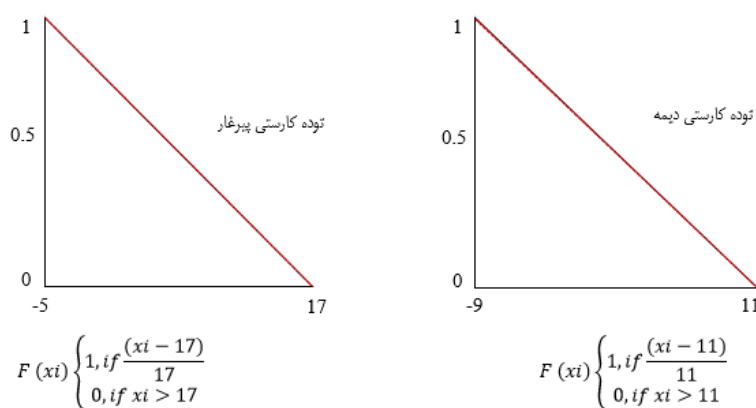
ج) بارش: براساس مبانی نظری پارامتر بارش رابطه مستقیمی را با توسعه کارست دارا است؛ زیرا با افزایش میزان بارش شرایط توسعه کارست فراهم شده و در نهایت کارست‌زایی افزایش می‌یابد. از این رو یک رابطه خطی فزاینده جهت تعیین عضویت این لایه استفاده شده است. شکل (۴) تابع عضویت پارامتر بارش را برای توده‌های کارستی پیرغار

و دیمه نشان داده و این پارامتر با استفاده از تابع Linear فازی سازی شده است.



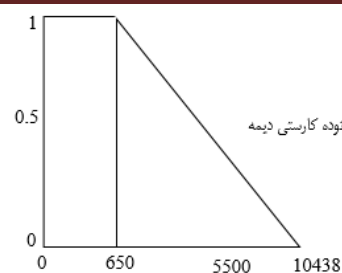
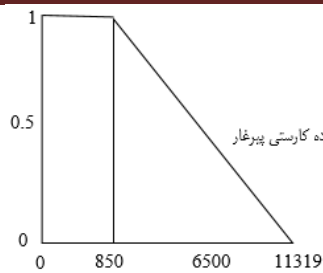
شکل ۴- تابع عضویت عامل بارش در مدل منطق فازی برای توده‌های کارستی پیرغار و دیمه

دما: این پارامتر ارتباط معکوسی با توسعه کارست دارد؛ زیرا با کاهش میزان دما قدرت انحلالی آب افزایش یافته و در نتیجه شرایط توسعه کارست مهیا شده و در نهایت میزان کارست‌زایی افزایش می‌یابد، از این‌رو یک رابطه خطی کاهنده جهت تعیین عضویت این لایه در مناطق مورد مطالعه استفاده شده است (شکل ۵). این پارامتر با استفاده از تابع Linear فازی سازی شده است.



شکل ۵- تابع عضویت لایه دما در مدل منطق فازی برای توده‌های کارستی پیرغار و دیمه

فاصله از گسل: با توجه به مبانی نظری تحقیق پارامتر فاصله از گسل رابطه معکوس با توسعه کارست دارد. زیرا در مناطق نزدیک به گسل به علت تکتونیزه بودن و وجود درزه و شکاف، میزان نفوذپذیری سنگ‌ها بیشتر می‌باشد. با افزایش فاصله از گسل، میزان درزه و شکاف کاهش یافته و در نتیجه میزان نفوذ کاهش می‌یابد. در نتیجه میزان کارست‌زایی کاهش می‌یابد. بنابراین از یک رابطه خطی کاهنده جهت تعیین عضویت این لایه در مناطق مورد مطالعه استفاده شده است (شکل ۶).



$$F(x_i) = \begin{cases} 1, & \text{if } x_i < 850 \\ 0 - 1, & \text{if } 6500 < x_i < 11319 \end{cases} \frac{(6500 - x_i)}{6500}$$

$$F(x_i) = \begin{cases} 1, & \text{if } x_i < 650 \\ 0 - 1, & \text{if } 5500 < x_i < 10438 \end{cases} \frac{(5500 - x_i)}{5500}$$

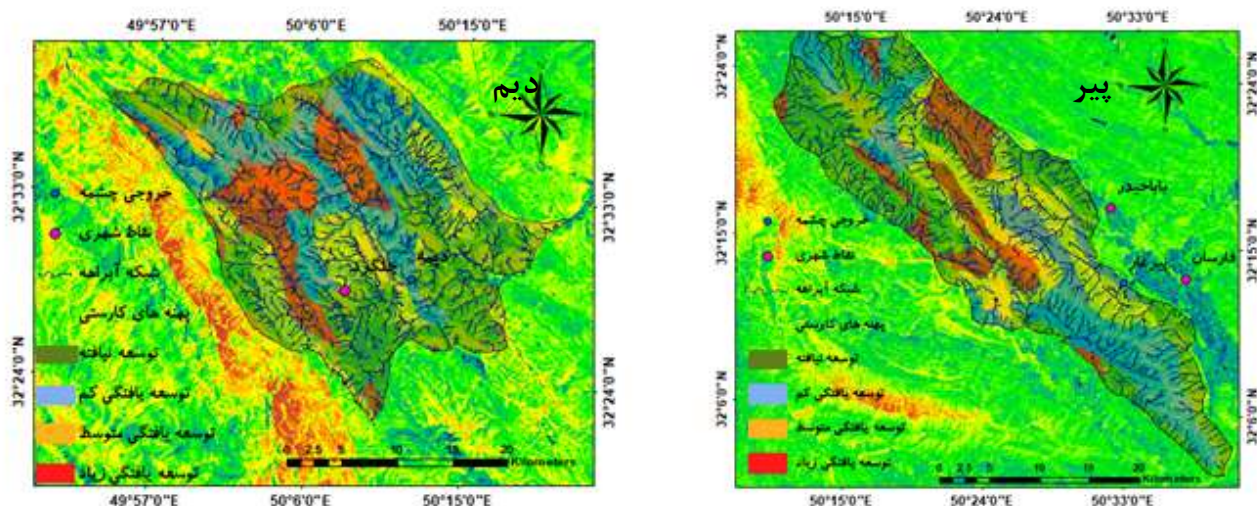
شکل ۶- تابع عضویت لایه فاصله از گسل در مدل منطق فازی برای توده‌های کارستی پیرغار و دیمه

ه) پارامترهای کیفی: برای فازی‌سازی لایه‌های کیفی مانند لیتولوژی، کاربری اراضی و خاک و جهت شیب ابتدا با توجه به طبقات مختلف آن‌ها و عملکردشان در توسعه کارست به آن‌ها امتیاز بین ۰ تا ۲۵۵ داده شد، سپس با استفاده از رابطه (۳) مقادیر اختصاص داده شده نرمال‌سازی فازی می‌شوند.

$$\left\{ \left(\frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \right) \right\} \quad \text{معادله (۳)}$$

بحث و نتیجه گیری

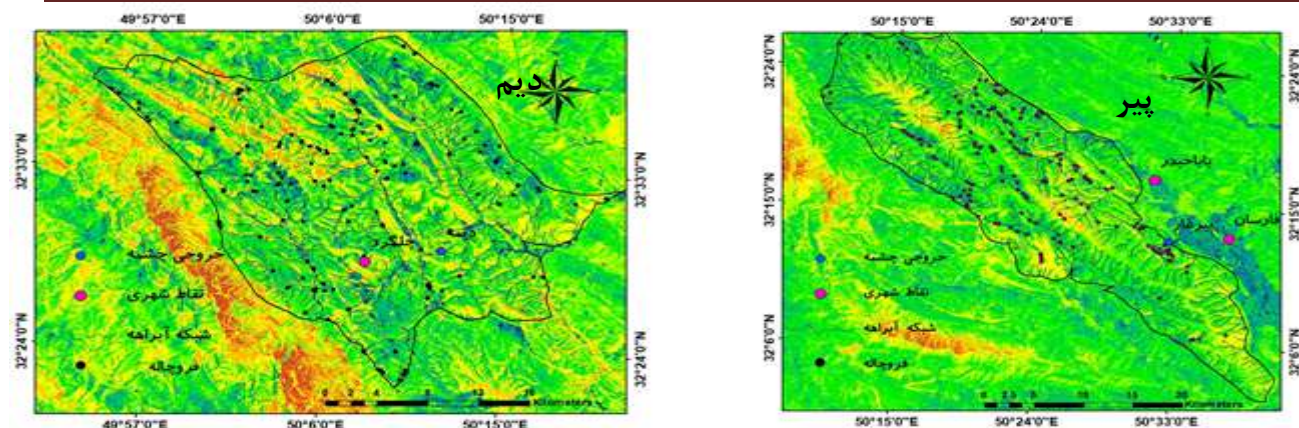
تلفیق لایه‌ها و تعیین پهنه‌های کارست: پارامترهای در نظر گرفته شده در مدل با استفاده از عملگر گاما ۰/۸ به عنوان بهترین ضریب تلفیق، همپوشانی شده و نقشه پهنه‌بندی توسعه کارست مناطق مورد مطالعه تهیه گردید (شکل ۷). نقشه پهنه‌بندی توسعه‌یافتگی کارست سطحی توده‌های پیرغار و دیمه را نشان می‌دهد. این نقشه‌ها با استفاده از روش شکستگی‌های طبیعی به چهار کلاس فاقد کارست (۰-۰.۱۷۱)، کارست با توسعه کم (۰.۱۷۱-۰.۴۱۳)، کارست با توسعه متوسط (۰.۴۱۳-۰.۵۷۴) و کارست توسعه‌یافته (۰.۵۷۴-۰.۹۴۷) طبقه‌بندی شده است. شکل (۴-۲۴) درصد هریک از پهنه‌ها را نشان می‌دهد که بر این اساس مناطق با توسعه خیلی کم کارست عمدتاً منطبق بر حواشی ارتفاعات، دشت‌های میانکوهی و کوهپایه‌ای گسترده شده‌اند و مساحت این پهنه برابر با ۲۳۶.۵۶ در توده کارستی پیرغار و ۲۲۸.۵۱ کیلومتر مربع در توده کارستی دیمه می‌باشد، که بیشترین مساحت در بین طبقات کارست متعلق به این طبقه کارست بوده است. لازم به ذکر است که این طبقه عمدتاً منطبق بر سازندهای رادیولاریتی و نهشته‌های کواترنری می‌باشد. طبقه کارست توسعه‌یافته عمدتاً منطبق بر رأس تاقدیس‌ها و در محدوده پلیه‌های کارستی است. بیشتر فروچاله‌های کارستی در این طبقه جای گرفته‌اند. طبقات دارای کارست با توسعه متوسط و کارست توسعه‌یافته منطبق بر سازند آهک آسماری و سروک می‌باشد. در این پهنه‌ها گسل‌ها از تراکم نسبتاً زیادی برخوردار می‌باشند.



شکل ۷- نقشه پهنه‌بندی توسعه کارست سطحی مدل فازی در توده‌های کارستی پیرغار و دیمه

مدل‌سازی فروچاله‌های کارستی در توده‌های کارستی دیمه و پیرغار به منظور ارزیابی مدل منطق فازی در پهنه‌بندی توسعه کارست

در این بخش از پژوهش به منظور مدل‌سازی فروچاله‌های کارستی در محدوده مورد مطالعه توده‌های کارستی دیمه و پیرغار، ابتدا و در مرحله اول با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی با قدرت تفکیک ۱۲/۵ متر مربوط به ماهواره ALOS-PALSAR و روش موسوم $^{163}\text{CCLs}$ به شناسایی و تعیین فروچاله‌های موجود در مناطق مورد مطالعه اقدام گردید. در این راستا خطوط منحنی میزان با فاصله مناسب ۲ متری در هر یک از توده‌های کارستی با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی در محیط نرم‌افزارهای Arc GIS و Surfer تهیه گردید. سپس برای مشخص نمودن فروچاله‌ها خطوط منحنی میزان بسته از سایر منحنی‌های میزان جدا گردید. با توجه به اینکه این منحنی‌های بسته هم نشان‌دهنده قله‌ها و تپه‌ها و هم چاله‌ها موجود می‌باشند، بنابراین در مرحله دوم مدل‌سازی، نمیرخ این منحنی‌های بسته در محیط نرم‌افزار Surfer تهیه شد، بنابراین قله‌ها و تپه‌ها از چاله‌ها جداسازی شدند (شکل ۸). در نتیجه این مرحله، تعداد ۱۸۵ دولین در محدوده توده کارستی پیرغار و همچنین تعداد ۱۴۰ دولین در محدوده مطالعاتی توده کارستی دیمه شناسایی و نقشه پراکندگی آنها تهیه گردید (شکل‌های ۸).

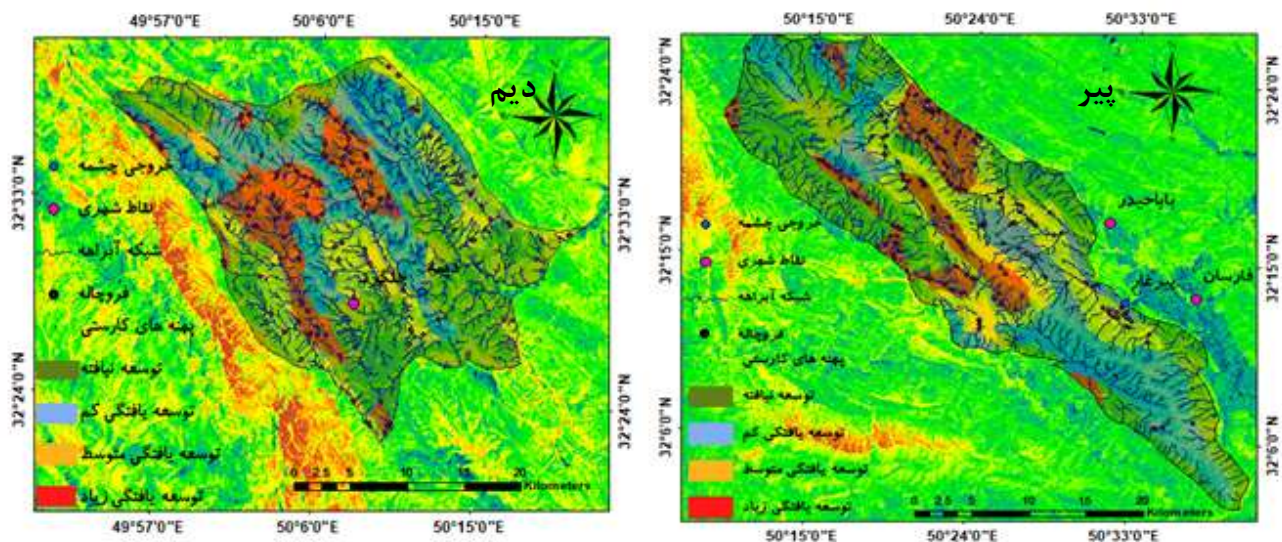


شکل ۸- نقشه پهنه‌بندی توسعه کارست سطحی مدل فازی و دولین‌های استخراج شده توده‌های کارستی پیرغار و دیمه

ارزیابی نقشه پهنه‌بندی کارست سطحی در مناطق مورد مطالعه با دولین‌های کارستی (شکل ۹) حاکی از دقت بالای این مدل در ارزیابی توسعه کارست سطحی است. از ۱۸۵ دولین شناسایی شده در توده کارستی پیرغار تعداد ۱۰۲ دولین در پهنه با توسعه زیاد کارست و در توده کارستی دیمه نیز از ۱۴۰ دولین شناسایی شده ۸۳ دولین در پهنه با توسعه زیاد کارست واقع شده است (جدول ۱). با توجه به این واقعیت که بیشترین میزان تراکم دولین‌ها در طبقات کارست با توسعه زیاد و متوسط قرار گرفته است، این امر کارایی مطلوب مدل فازی را در پهنه‌بندی توسعه کارست سطحی در این مناطق را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مساحت پهنه‌های توسعه کارست مدل فازی و تعداد دولین‌های مدل‌سازی شده در توده‌های کارستی پیرغار و دیمه

تعداد دولین		مساحت (کیلومتر مربع)		طبقات توسعه یافتگی
دیمه	پیرغار	دیمه	پیرغار	
-	-	۲۲۸/۵۱	۲۳۶/۵۶	خیلی کم
۹	۲۵	۱۷۸/۶۵	۱۹۳/۵۷	کم
۴۷	۵۸	۱۳۷/۷۹	۱۷۶/۰۹	متوسط
۸۳	۱۰۲	۱۰۳/۱۲	۱۰۶/۶۰	زیاد
۱۴۰	۱۸۵	۶۴۸/۰۷	۷۱۲/۸۲	مجموع



شکل ۱۰- نقشه پهنه بندی توسعه کارست سطحی مدل فازی و دولین های استخراج شده توده های کارستی پیرغار و دیمه

تلفیق و تحلیل نقشه های موضوعی و تصاویر ماهواره ای مختلف ابزاری مفید در شناسایی مناطق کارستی و پهنه بندی آنها از نظر میزان توسعه یافتگی است. با توجه به ارتباط منابع آب کارست با مناطق توسعه یافته کارستی، شناخت ژئومورفولوژی و میزان توسعه یافتگی کارست هر منطقه می تواند به ما در مدیریت بهینه منابع آب آن کمک کند.

مراجع

- مالی س. محمدی ض. ۱۳۹۳. ارزیابی روش های برآورد جریان پایه در چشمه های کارستی، مطالعه ای موردی چشمه های پیرغار و دیمه. مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته، شماره ۱۴، زمستان ۱۳۹۳، صص ۲۲-۳۷.
- مومنی، منصور؛ (۱۳۸۷)، مسائل جدید در تحقیق عملیات، انتشارات دانشگاه تهران.

Ahmadipour MR (1999) Karst terraines in Iran - Examples from Lorestan. Acta carsologica, 28/2(13): 213-224.

Ford, D. Williams, P., (2007), Karst Hydrogeology and Geomorphology. John & Sons, Ltd.

Goldscheider N, Chen Z, Auler AS, Bakalowicz M, Broda S, Drew D, Hartmann J, Jiang G, Moosdorf N, Stevanovic Z, Veni G (2020) Global distribution of carbonate rocks and karst water resources. Hydrogeology Journal 28:1661-1677.

Raeisi E, Kowsar N (1997) Development of Shahpour Cave, Southern Iran- Cave and KarstScience 24(1): 27-34, Nottingham.

Van Alphen B.J., Stoorvogel, J. J., 2000, a functional approach to soil characterization in support of precision agriculture, Soil Sci. Soc. Amer. J, 64:1706-1713.

پهنه‌بندی خطر سیل در رودخانه چشمه‌کیله Flood risk zoning in Cheshmeh kileh river

^۱ سارا محمدی، ^۲ رضا اسماعیلی

^۱ دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه خوارزمی

^۲ رضا اسماعیلی، گروه جغرافیا، دانشگاه بابل

چکیده

سیل یکی از پدیده‌ها و بلایای طبیعی است که امکان وقوع آن در هر مکان و زمانی وجود دارد. بررسی مسئله وقوع سیلاب و خسارات مالی و تلفات جانی ناشی از آن در کشور اهمیت خاصی دارد. لذا در این مناطق تعیین میزان پیشروی سیلاب با توجه به دبی سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف، تحت عنوان پهنه‌بندی سیلاب حایز اهمیت است. در این راستا، رودخانه چشمه‌کیله با توجه به شرایط طغیانی و سیل‌های اتفاق افتاده، برای پهنه‌بندی خطر سیلاب انتخاب شد. در این پژوهش ابتدا رودخانه اصلی، ساحل چپ و راست و مقاطع عرضی ساخته شد. سپس خروجی‌های حاصل از HEC-GeoRAS به نرم‌افزار هیدرولیکی HEC-RAS وارد شد. در مدل HEC-RAS، با وارد کردن ضرایب زبری مانینگ، دبی سیل با ۳ دوره بازگشت ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله اجرا شد. نهایتاً با استفاده از اطلاعات خروجی این نرم‌افزار پهنه سیل‌گیر برای دوره بازگشت‌های مختلف در GIS ترسیم شد. نتایج نشان می‌دهد که هر چه دوره بازگشت طولانی‌تر باشد سطح بیشتری از اراضی تحت‌تاثیر سیلاب قرار می‌گیرند.

کلمات کلیدی: سیلاب، HEC-RAS، چشمه‌کیله

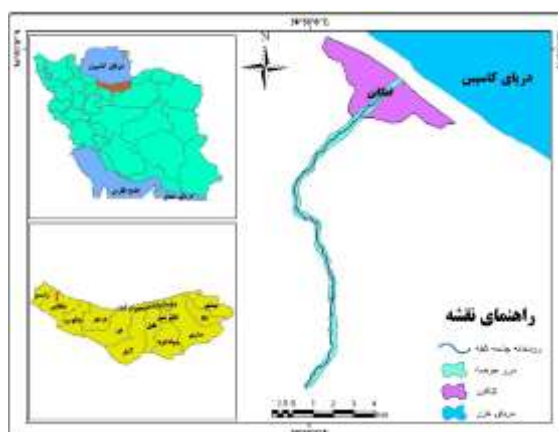
۱-مقدمه

بسیاری از مطالعات نشان می‌دهد که تغییرات آب و هوایی ممکن است منجر به خطرات مکرر و شدید سیل شود (دیاکونو و همکاران، ۲۰۲۱). سیل یکی از مهمترین خطرات طبیعی است که اغلب با تأثیرات عظیم سالانه ۱۷۰ میلیون نفر در سراسر جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (پاتاک و اولمو، ۲۰۲۱). بنابراین اولین قدم جهت مدیریت بهینه و تدوین استراتژی‌های مقابله با این خطر طبیعی و کاهش خسارات ناشی از آن تشخیص مناطق حساس و تهیه نقشه خطر سیل می‌باشد (یانگ و همکاران ۲۰۰۶، ۱۶۴). وقوع سیل پدیده بسیار پیچیده‌ای است که همواره محققان را از نقاط مختلف جهان برای درک و بررسی مکانیسم‌های پیشگیری و مدیریت آن جذب می‌کند. امروزه استفاده از علوم جدید به ویژه تکنیک‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل‌های آماری به برنامه‌ریزان کمک می‌نماید تا ارزیابی سریعی از پتانسیل خطرات طبیعی از جمله سیل را در حداقل زمان داشته باشند. مدلسازی هیدرولیک امروزه یکی از پرکاربردترین ابزارها برای نقشه‌برداری خطر سیل است. می‌توان چندین ابزار مدل‌سازی هیدرولیک مانند) MIKE، TUFLOW، FLORA-2D، HEC-RAS، LISFLOOD-FP، IBER، SRH-2D، FLO-2D، FLOOD، XP-SWMM، River-Flow2D، Telemac) در مطالعات مختلف برای تجزیه و تحلیل سیل نام برد (چومبا و همکاران، ۲۰۲۱). در طول چند دهه گذشته، روش‌های متعددی برای بررسی خطرات سیل و ارزیابی ریسک توسعه یافته است. با این حال، هر گونه پیش‌بینی دقیق مناطق مستعد سیل، عمدتاً به دلیل ماهیت پیچیده و پویای سیل، کار دشواری است (هونگ و همکاران، ۲۰۱۸). در این پژوهش از مدل HEC-RAS و الحاقی-HEC GeoRAS برای پهنه‌بندی خطر سیلاب در حوضه رودخانه چشمه‌کیله استفاده شده است.

۲-مواد و روشها

۱-۱-منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز رودخانه چشمه‌کیله در غرب استان مازندران واقع در شهرستان تنکابن و در بخش شمالی رشته کوه البرز مرکزی قرار دارد (شکل شماره ۱). این محدوده در حد فاصل طول جغرافیایی 50° و 35° دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی 36° و 21° قرار دارد. چشمه‌کیله رودخانه نسبتاً پرآبی است که حوضه آبریز آن تا ارتفاع ۴۶۰۰ متری معروف به کوه تخت سلیمان گسترش دارد. رودخانه مرکب از دو شاخه اصلی به نام دو هزار و سه هزار می‌باشد که در ارتفاع ۲۰۰۰ متری از سطح دریا به هم رسیده و تشکیل رودخانه چشمه‌کیله را می‌دهند.



شکل شماره ۱: نقشه منطقه مورد مطالعه

در نرم افزار HEC-RAS پروفیل سطح آب به روش گام به گام استاندارد، با استفاده از معادله انرژی شبیه سازی می شود. HEC-GeoRAS یکی از الحاقیه های سامانه اطلاعات جغرافیایی (ArcGIS) است که برای پردازش داده های زمینی در HEC-RAS طراحی شده و به کاربران امکان تهیه لایه های ورودی به HEC-RAS در محیط ArcGIS را می دهد. این لایه شامل اطلاعات استخراج شده از لایه شبکه نامنظم مثلثی (TIN)، مانند مشخصات رودخانه، بازه ها، خطوط مقاطع عرضی و طول بازه پایین دست برای ساحل چپ، کانال اصلی و ساحل راست است (مرکز مهندسی هیدرولوژی، ۲۰۰۲). بنابراین اولین گام در بررسی سیلاب دشت هر رودخانه، تهیه نقشه مدل رقومی ارتفاع منطقه با مقیاس مناسب، برای شبیه سازی رودخانه است سپس با استفاده از این مدل رقومی ارتفاع TIN رودخانه تهیه می شود. دومین گام شبیه سازی هندسی رودخانه توسط الحاقیه HEC-GeoRAS و ایجاد لایه های RAS در محیط ArcGIS است. این لایه ها به ترتیب عبارتند از: خط مرکزی جریان، سواحل کانال اصلی، خطوط تمرکز سیلاب، خطوط برش مقاطع عرضی که با ترسیم خطوط از ساحل چپ به ساحل راست و عمود بر جهت جریان تعیین می شوند. گام سوم در این پروژه، انتقال اطلاعات تولید شده در محیط ArcGIS، به HEC-RAS است. گام چهارم، باز کردن و تکمیل مشخصات هندسی رودخانه در محیط HEC-RAS است. در این مرحله مشخصات هیدرولیکی و هیدرولوژیکی جریان رودخانه مانند شرایط مرزی محدوده مورد بررسی، نوع رژیم جریان، دبی رودخانه با دوره های برگشت مختلف و ضرایب مانینگ به مدل هیدرولیکی HEC-RAS وارد می شود که بدین منظور بعد از جمع آوری داده های مربوط به دبی حداکثر روزانه و لحظه ای در ایستگاه های مورد نظر، با انتخاب ۲۰ سال دوره آماری مشترک اقدام به کنترل و تصحیح داده ها شد (هوگان، ۱۹۹۷). (جدول شماره ۱، منابع داده های مورد استفاده را نشان می دهد). در مرحله بعد دبی حداکثر لحظه ای با دوره بازگشت ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله به مدل معرفی شد (جدول شماره ۲، دبی با دوره بازگشت های مختلف را

برای ایستگاه قلعه گردن نشان می‌دهد). برای تعیین ضریب مانینگ که یکی از مهمترین پارامترهای هیدرولیکی در رودخانه‌ها است و نقش موثری در تراز آب و سرعت جریان در هر مقطع دارد با از روش کاون استفاده شد (مرکز مهندسی هیدرولوژی، ۲۰۰۲)، سپس کل منطقه به ۲۰۹ مقطع تقسیم شد. در هر یک از مقاطع سه ضریب زبری متفاوت برای بستر رودخانه، ساحل راست و چپ تعیین و به مدل معرفی می‌شود. گام پنجم انتقال نتایج نرم افزار HEC-RAS به سامانه ArcGIS و نمایش پهنه‌های سیلاب با دوره‌های برگشت مختلف است. در مرحله پایانی این پژوهش نیز، سطح سیلابی در کاربری‌های اراضی مختلف در دوره‌های برگشت متعدد محاسبه می‌شود (شکل شماره ۲، فلوچارت مراحل پژوهش را نشان می‌دهد).



شکل شماره ۲: فلوچارت پژوهش

جدول شماره ۱: منبع داده‌های مورد استفاده

داده	مرجع	مقیاس
نقشه توپوگرافی	سازمان کشور	۱/۱۰۰۰
نقشه زمین‌شناسی	سازمان زمین شناسی	۱/۵۰۰۰۰
داده‌های بارش	سازمان هواشناسی کشور و شرکت آب منطقه‌ای استان مازندران	میلی متر
مدل رقومی ارتفاعی	نقشه توپوگرافی	۰/۵ متر

۳- نتایج

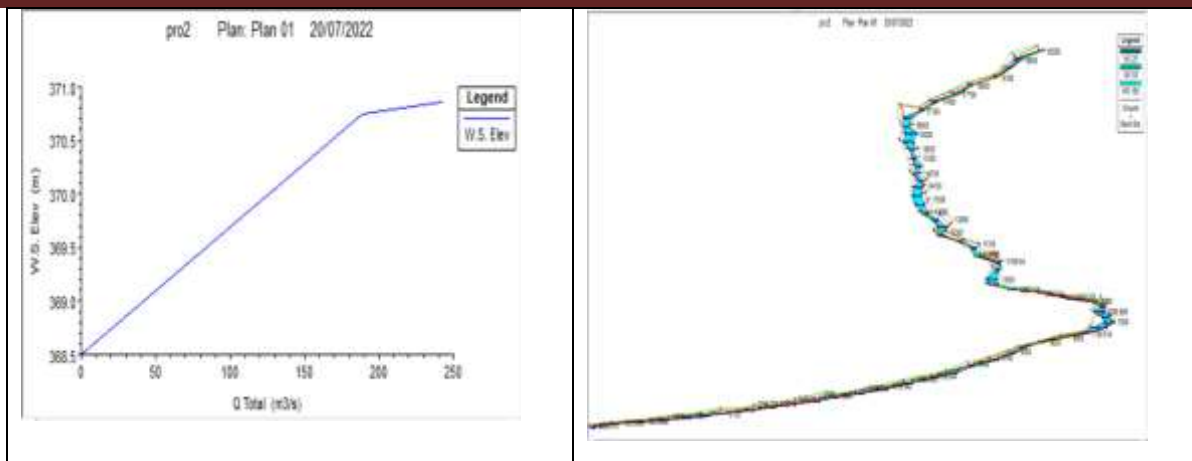
لایه TIN مبنای استخراج خطوط تراز و لایه مورد نیاز RAS است و هرچه مدل رقومی ارتفاعی رودخانه دقیقتر باشد، مدل سه بعدی حاصل، بیشتر به واقعیت نزدیک خواهد بود. در این تحقیق برای پهنه بندی سیلاب، از مدل رقومی ارتفاعی نیم متری استفاده شده است و دبی در دوره بازگشت ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله برای ایستگاه قلعه گردن محاسبه شد و ضرایب زبری ساحل چپ، راست و بستر رودخانه طبق نظر کارشناسی و جدول کاون محاسبه شد (شکل شماره ۴). پهنه سیل رودخانه در دوره بازگشت های مختلف و پروفیل سطح آب در بازه مورد مطالعه را نشان می دهد. به طور کلی نتایج نشان می دهد هرچه دبی سیلاب بزرگتر باشد، سطح بیشتری به زیر آب خواهد رفت. یعنی با افزایش دوره بازگشت، سرعت آب افزایش یافته و سطح وسیعتری از اراضی تحت تاثیر سیلاب قرار خواهد گرفت.

جدول شماره ۲: دبی با دوره بازگشت های مختلف

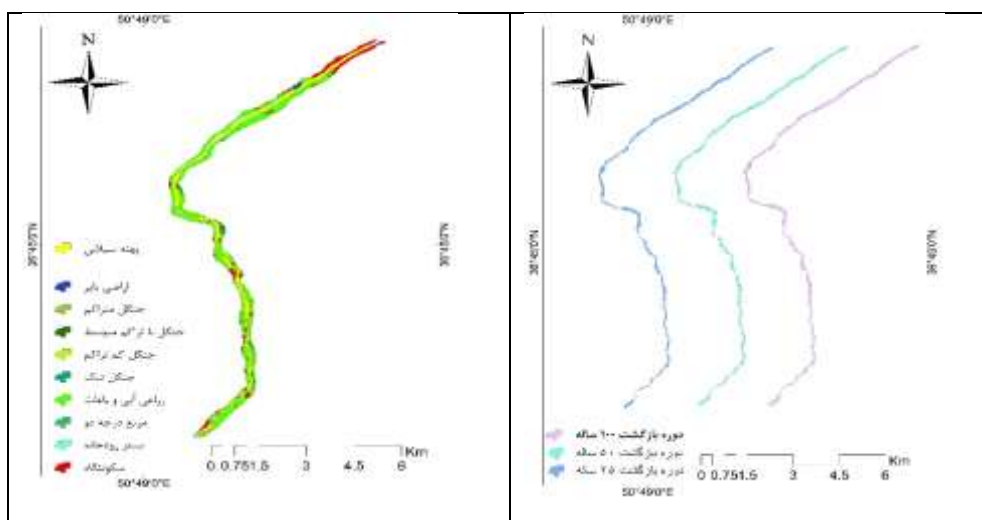
ایستگاه دوره بازگشت (سال)			
رودخانه	۱۰۰	۵۰	۲۵
قلعه گردن	۱۰۴۶	۲/۹۷	۶۹
چشمه کیله	۲۴۳	۱۵	۱۸۸

جدول شماره ۳: ضرایب زبری رودخانه چشمه کیله

ضریب زبری		
ساحل چپ	بستر	ساحل راست
۰/۰۴	۰/۰۳۵	۰/۰۴



شکل شماره ۴: پهنه سیل رودخانه در دوره بازگشت‌های مختلف و پروفیل سطح آب در بازه مورد مطالعه



شکل شماره ۵: نقشه سمت راست پهنه‌های سیلابی با دوره بازگشت مختلف و نقشه سمت چپ تلفیق نقشه کاربری اراضی با پهنه‌بندی سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله

جدول شماره ۴: مساحت پهنه‌های سیلابی

مساحت پهنه‌های سیلابی (km ²)			
بازگشت	دوره	دوره بازگشت ۵۰	دوره بازگشت ۲۵
	۱۰۰		
	۱/۲۷۴	۱/۲۲۳	۱/۱۷۹

۴- بحث و نتیجه گیری

در سالهای اخیر به دلیل وقوع سیلابهای مکرر در حوضه آبخیز رودخانه چشمه کیله و متعاقب آن ایجاد خسارات ناشی از سیل، لزوم توجه به پهنه‌بندی خطر سیل‌خیزی به ویژه در زمینهای حاشیه رودخانه‌های اصلی حوضه مورد بررسی بیش از پیش نمایان میشود. در این پژوهش با به کار بردن مدل HEC-RAS، اقدام به پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی گردید. نتایج نشان می‌دهند در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله ۱/۲۷۴ کیلومترمربع از حوضه تحت تاثیر سیلاب قرار خواهد گرفت که نشان می‌دهد هر چه دوره بازگشت طولانی باشد سطح بیشتری از اراضی تحت‌تاثیر سیلاب قرار می‌گیرند.

۵- مراجع

Yang J; R D Townsend and B. Danshfar, (2006). Applying the HEC-RAS model and GIS techniques in river network floodplain delineation, can. J. Civ. Eng. NO: 33, pp: 19-28.

Hoggan, D. H., (1997), Computer Assisted, Floodplain Hydrology and Hydraulics, Second Edition, McGraw-Hill, p323-344.

Hydrology Engineering Center, (2002), HEC-GeoRAS, User's Manual, Ver.3.1.1, U.S. Army Corps of Engineers.

Chomba, I.C.; Banda, K.E.; Winsemius, H.C.; Chomba, M.J.; Mataa, M.; Ngwenya, V.; Sichingabula, H.M.; Nyambe, I.A.; Ellender, B. (2021). A Review of Coupled Hydrologic-Hydraulic Models for Floodplain Assessments in Africa: Opportunities and Challenges for Floodplain Wetland Management. Hydrology, 8, 44.

Pathak, S., & Olmo, J. C. (2021). Analysing spatial interdependence among the 2011 Thailand flood-affected small and medium enterprises for reduction of disaster recovery time period. Geoenvirom Disasters, 8, 8. <https://doi.org/10.1186/s40677-021-00180-4>

Hong, H., Tsangaratos, P., Ilia, I., Liu, J., Zhu, A.-X., & Chen, W. (2018). Application of fuzzy weight of evidence and data mining techniques in construction of flood susceptibility map of Poyang County, China. Science of the Total Environment, 625, 575–588. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.256>

پهنه‌بندی خطر سیل در شهرستان همدان با استفاده از مدل AHP-FUZZY

Flood risk zoning in Hamedan County using AHP-FUZZY model

*^۱ اسماعیل نجفی، ^۲ امیرحسین حلبیان، ^۳ محمد فتح اله زاده

*^۱ استادیار دانشکده علوم زمین گروه ژئومورفولوژی دانشگاه دامغان najafi.geo@gmail.com

^۲ دانشیار گروه جغرافیا دانشگاه پیام نور halabian_a@yahoo.com

^۳ دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه تهران fathallahzadeh.m@ut.ac.ir

چکیده

سیل یکی از مخرب‌ترین بلایای طبیعی است که همه ساله خسارت‌های زیان‌باری را در سراسر جهان و از جمله ایران به جوامع انسانی تحمیل می‌کند. این پژوهش با هدف شناسایی و پهنه‌بندی خطر سیل در شهرستان همدان و بر پایه تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره (مدل AHP-FUZZY) با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام شده است. براساس نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر سیل‌گیری، پهنه‌های با خطر بسیار زیاد سیلاب در بخش جنوب شرقی، جنوب و به صورت پراکنده در قسمت‌هایی از بخش شرقی و شمال غربی منطقه مورد مطالعه واقع شده است. با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش توجه به مناطق با خطر سیل‌گیری بالا در ساخت و ساز و توسعه زمین باید مورد توجه قرار گیرد و برای جلوگیری از خسارت ناشی از سیل از توسعه شهر در این مناطق جلوگیری به عمل آید. همچنین در صورتی که بناها و مراکز مهمی از قبل در این مناطق ساخته شده‌اند باید نسبت به مقاوم سازی آنها در برابر سیل اقدام شود و با توجه به این که زیربنای مدیریت بحران بر پیشگیری است، بنابراین شناسایی پهنه‌های سیل‌گیر می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های شهری و منطقه‌ای مؤثر باشد. نتایج پژوهش حاضر برای اعمال برنامه‌های مدیریت ریسک سیلاب در پیش از رخداد بحران نیز اهمیت وافری دارد.

کلمات کلیدی: پهنه‌بندی، سیلاب، مدل AHP-FUZZY، شهرستان همدان.

مقدمه

سیل هر جریان سطحی آب، صرف نظر از عامل ایجاد کننده آن است که جریان آب در مقطع خاصی از رودخانه بیش از جریان عادی باشد؛ تداوم زمانی آن محدود باشد، جریان آب از بستر طبیعی خود تجاوز و اراضی پست و حاشیه رودخانه را فرا گیرد و خسارت های مالی و جانی به همراه داشته باشد (امیدوار و همکاران، ۱۳۸۹). سیل یکی از حوادث طبیعی است که سالانه خسارات زیادی را به جوامع انسانی وارد می آورد. در این میان شهرها و مراکز جمعیتی، بیشترین ریسک و احتمال خسارت فیزیکی قابل لمس ناشی از وقوع سیل را دارا هستند (خالدی و همکاران، ۱۳۹۶). بدون شک می توان از سیلاب به عنوان یک بلای طبیعی نام برد؛ چرا که در عمل سیلاب هم از نظر تلفات جانی و هم از نظر خسارات مالی مهیب ترین بلای طبیعی در جهان محسوب می شود. در این رابطه نکته نگران کننده، روند افزایشی تلفات و خسارات ناشی از سیلاب در دهه های اخیر بوده است که افزایش جمعیت و سکونت در سیلاب دشت ها، تغییرات هیدروسیستم ها و اثرات مخرب فعالیت های انسانی از دلایل عمده این روند افزایشی بوده است. در سال های اخیر رشد شهرها در دشت های سیلابی، به خصوص در حاشیه رودخانه ها موجب شده تا ساکنان و سازه ها و بناهای این مناطق، در معرض خطر سیل باشند. از این رو آگاهی از میزان خطرپذیری مناطق مختلف شهر و توجه به موضوع مدیریت سیلاب های شهری به منزله یکی از محورهای مهم در پرداختن به مسائل شهری با تأکید بر حفظ محیط زیست شهری حائز اهمیت و توجه است (خسروانجم و همکاران، ۱۳۹۰).

ایران به دلیل شرایط اقلیمی و جغرافیایی خاص به عنوان یکی از کشورهای سیل خیز جهان هر ساله شاهد چنین حوادثی در برخی از مناطق خود می باشد. اولین قدم برای ایجاد یک برنامه مؤثر به منظور جلوگیری از خسارات سیل، تشخیص مناطق حساس به سیل و دارای پتانسیل سیل خیزی و تهیه نقشه سیل خیزی است. نقشه پهنه بندی خطر سیلاب می تواند به منزله ابزاری مؤثر در برنامه ریزی مسیر توسعه آینده شهر، همچنین شناخت نواحی که برای توسعه زیرساخت های تخلیه و زهکشی سیلاب مورد نیاز است استفاده شود (صالحی و همکاران، ۱۳۹۲). از مهمترین مطالعاتی که در زمینه پهنه بندی پتانسیل سیل خیزی در سطح جهان و ایران انجام شده است می توان به موارد زیر اشاره نمود. چانگ^{۱۶۵} (۱۹۹۶) برای پهنه بندی مناطق در معرض سیلاب شدید در یاماگوچی ژاپن از روش AHP استفاده کرده است. ساه و همکاران^{۱۶۶} (۱۹۹۶)، کوریا و ریگو^{۱۶۷} (۱۹۹۸)، اسنید^{۱۶۸} (۲۰۰۰)، (محمدپور، ۱۳۸۶)، (عالم تبریز و

165 - Chang
 166 - Shah et al
 3 - Correia & Rego
 4- Snead

باقرزاده آذر، (۱۳۸۸)، (مومنی، ۱۳۹۰)، (ملکیان، ۱۳۹۱) و (عطایی، ۱۳۹۵). هوندشا و همکاران^{۱۶۹} (۲۰۰۱)، دونکر^{۱۷۰} (۲۰۰۱) و بوچله و همکاران^{۱۷۱} (۲۰۰۶)، از ARCGIS به عنوان یک ابزار قدرتمند برای تکمیل و تحلیل داده های منابع مختلف به منظور مدیریت دشت های سیلابی استفاده کرده اند و با اجرای مدل های هیدرولوژیک و هیدرولیک در محیط ARCGIS، مناطق تحت تأثیر سیل را طبقه بندی و به نقشه تبدیل کرده و نتایج رضایت بخشی به دست آورده اند. سینها و همکاران^{۱۷۲} (۲۰۰۸) با استفاده از مدل AHP در رودخانه کوزی واقع در شرق هندوستان به تهیه نقشه خطر سیلاب با استفاده از لایه های اطلاعاتی ژئومورفولوژی، کاربری اراضی، توپوگرافی و تراکم زهکشی اقدام کردند. مانتی و مارکو^{۱۷۳} (۲۰۰۹) نیویورک را از نظر زمان برگشت سیلاب های مختلف در یک مقیاس زمانی پهنه بندی کردند. فرناندز و لوتز^{۱۷۴} (۲۰۱۰) شهر یربا بوانا آرژانتین را از نظر خطر سیل با استفاده از GIS و سیستم تصمیم گیری چندمعیاره (AHP) پهنه بندی کردند.

کین و همکاران^{۱۷۵} (۲۰۱۱) در بزرگراه های منطقه فیولینگ چین با توجه به معیارهای زمین شناسی، شدت بارش، فراوانی سیلاب، ژئومورفولوژی و پوشش گیاهی، به پهنه بندی خطر سیلاب با استفاده از مدل AHP پرداختند. بختیاری کیا و همکاران^{۱۷۶} (۲۰۱۱) با روش شبکه عصبی مصنوعی (ANN) و با در نظر گرفتن معیارهای بارش، شیب، ارتفاع، زمان تمرکز، خاک شناسی، کاربری اراضی و زمین شناسی، به شبیه سازی شرایط سیلابی در حوضه رودخانه جوهور مالزی اقدام کردند. الغمدی و همکاران^{۱۷۷} (۲۰۱۲) مکه را با استفاده از تحلیل های مکانی در GIS از نظر خطر سیل گرفتگی بر پایه دو سیل مهم سال های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۰ پهنه بندی کردند و نقشه پتانسیل سیلاب شهری را در مناطق مختلف آن به دست آوردند. جیا و همکاران^{۱۷۸} (۲۰۱۹)، پژوهشی را با عنوان پهنه بندی خطر سیل بر اساس فرایند تحلیلی سلسله مراتبی و مجموعه متغیرهای فازی انجام داده اند و در نهایت مناطق در معرض بیشترین خطر سیل را نام برده اند. رحمتی و همکاران^{۱۷۹} (۲۰۱۹) در مقاله ای به بررسی پهنه بندی خطر سیل در منطقه یاسوج، ایران،

5- Hundedcha et al

6 - Donker

7- Buchele et al

8- Maantay& Maroko,

9 Maantay & Maroko

10- Fernández & Lutz

11- Qin et al

12- Bakhtyari Kia et al

13- Al-ghamdi and et al

14- Jia and et al

15- Rahmati and et al

با استفاده از GIS و تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاری پرداخته است، نتایج نشان داد که تکنیک AHP برای پیش‌بینی دقیق و قابل اعتماد برای میزان سیل نویدبخش است. بنابراین استفاده از AHP و GIS برای ارزیابی پتانسیل خطر سیل، به ویژه در مناطق بدون داده مناسب است.

در ایران، امیدوار و همکاران (۱۳۸۹) با به‌کارگیری روش تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای، به پهنه بندی پتانسیل سیل خیزی در حوضه آبریز کنجانچم اقدام کردند. نسرین‌نژاد و همکاران (۱۳۹۳) نسبت به پهنه بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه آبریز باغان با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) اقدام نمودند. نتایج حاصل نشان داد که کلاس‌های یک، دو و سه، بیشتر در نواحی کوهستانی واقع هستند و پهنه‌های سیل‌خیز خطرپذیر زیاد تا خیلی زیاد در بر گرفته و بیشترین نقش را در تولید رواناب دارند. خالدی و همکاران (۱۳۹۶)، ریز پهنه‌بندی و مقایسه ریسک سیلاب شهری با استفاده از مدل‌های تلفیقی عملگرهای فازی ARCGIS و تحلیل سلسله مراتبی فازی (مطالعه موردی: شهر ارومیه) پرداخته‌اند؛ بر اساس نتایج مدل Fuzzy AHP به کار رفته این در پژوهش، از کل مساحت شهر حدود ۱۱ درصد دارای پتانسیل بالای سیل‌خیزی است و این مساحت به طور دقیق‌تر و مشخص شده در سایر مناطق شهری گسترده شده است. قاسمیان و نجفی (۱۳۹۸) در مقاله‌ای به پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب در شهرستان کوهدشت با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی و فازی پرداختند. نتایج نشان داد، عمده فضای مورد مطالعه در پهنه سیل‌خیزی متوسط قرار دارد، فضاهای با خطر زیاد در قسمت شمال شرقی شهرستان کوهدشت در معرض خطر بالای سیلاب قرار دارند. نجفی و کریمی‌کردآبادی (۱۳۹۹) در مقاله‌ای به ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از مدل ترکیبی AHP-FUZZY با تأکید بر امنیت شهری (مطالعه موردی: منطقه یک کلان‌شهر تهران) پرداختند. نتایج نشان تحقیق ایشان نشان داد؛ پهنه‌های خطر خیلی کم، خطر کم و متوسط در شمال و مرکز محدوده مورد مطالعه قرار دارند و پهنه‌های خطر خیلی زیاد و زیاد، منطبق بر نقاط خروجی حوضه‌ها و در محدوده شهری منطقه قرار دارند. با توجه به نقشه‌نهایی به دست آمده از پهنه‌بندی سیلاب و در راستای توسعه و امنیت شهری باید از ساخت‌وساز در محدوده‌های با خطر بسیار زیاد و زیاد و حریم مسیل‌ها و رود-دره‌های متعدد در منطقه یک تهران ممانعت به عمل آید.

شهرستان همدان به سبب شرایط ویژه ژئومورفولوژیکی از جمله شهرستان‌هایی است که همواره با خطر سیلاب مواجه است از این رو شناسایی مناطق پرخطر و اولویت دار در مواجهه با چنین پدیده‌ای و به عبارت دیگر پهنه‌بندی شهرستان از نظر میزان خطر سیلاب ضرورتی انکارناپذیر است. در سال‌های اخیر تعدادی منزل مسکونی غیرمجاز در حاشیه رودخانه قاسم آباد و برخی از رودخانه‌های همدان احداث شده که در هنگام بارندگی با آبگرفتگی مواجه شده‌اند. بنابر گفته‌های فرماندار شهر همدان در جریان رخداد سیل در اوایل فروردین ۱۳۹۸، ۲۱ منزل مسکونی در سطح شهر همدان دچار آبگرفتگی شدند که ۵ واحد از این منازل در روستای قاسم آباد بودند و سه منطقه منوچهری، قاسم آباد

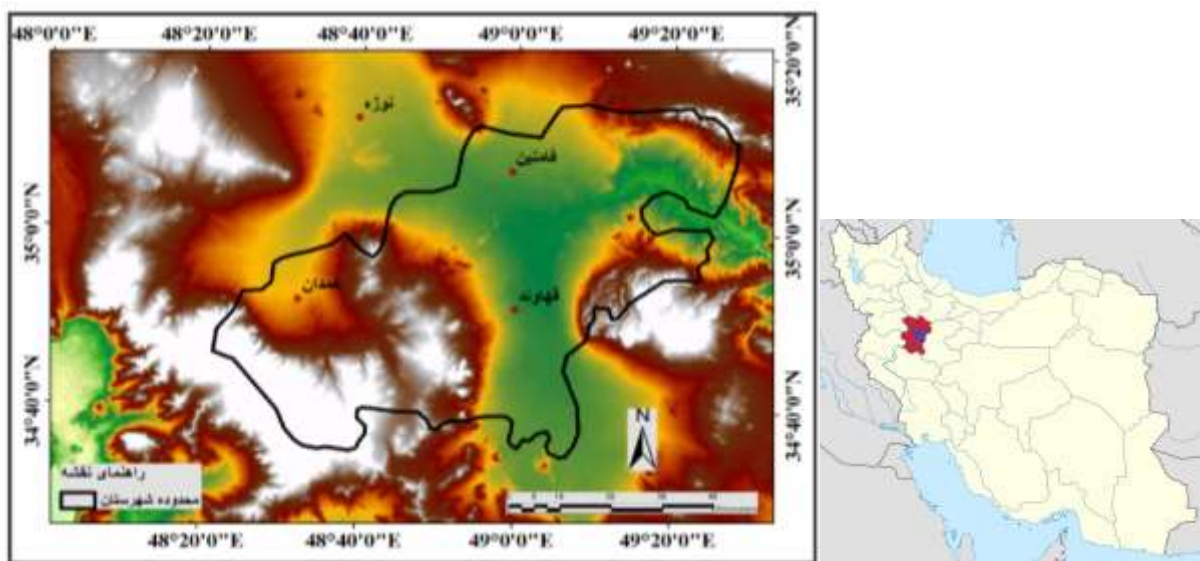
و مزدقینه (محدوده تپه امام گل) جزو نقاط حادثه خیز شهر شناسایی شده و اطلاع رسانی و هشدارهای لازم به آنها نیز داده شده است (فردا نیوز، ۱۳۹۸). با توجه به اختلاف ارتفاع بین بالاترین و پایین ترین سطح شهر همدان و شیب دار بودن این شهر، مهار آب های سطحی با توجه به سرعتی که دارند کار بسیار سختی است و این شرایط مهم ترین چالش این شهر در مهار سیلاب ها است (خبرگزاری ایمن، ۱۳۹۸).

در این پژوهش سعی شده است براساس عوامل موثر بر وقوع سیل و با استفاده از مدل AHP-FUZZY، پهنه های خطر سیل شهرستان همدان مشخص گردد. در این منطقه، رخداد سیل، سالانه خسارات زیادی به مناطق مسکونی و کشاورزی تحمیل نموده که پهنه بندی آن به لحاظ پتانسیل تولید رواناب می تواند در کاهش خسارات ناشی از این بلای طبیعی کمک و افری نماید. در عین حال، این پژوهش می تواند پایه و اساسی برای اقدامات بعدی و برنامه ریزی های آتی توسعه و عمران در مقیاس منطقه ای باشد.

معرفی محدوده مورد مطالعه

شهرستان همدان در ناحیه میانی استان و در گستره ای به مساحت ۴۰۸۴ کیلومتر مربع معادل ۲۱ درصد از مساحت استان را تشکیل می دهد. این شهرستان در محدوده مدار ۴۸ درجه و ۳۵ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۵۲ دقیقه عرض شمالی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است. بر اساس آخرین تقسیمات کشوری، مشتمل بر دو بخش (مرکزی و شراء)، ۹ دهستان و ۴ شهر (همدان، مریانج، قهاوند و جورقان) و ۱۱۸ روستا است. با ۶۵۱۸۲۱ نفر جمعیت ۳۷ درصد جمعیت استان را به خود اختصاص داده است. شهرستان همدان از نظر طبیعی در یک منطقه کوهستانی واقع شده است. سلسله جبال الوند در جنوب این شهرستان قرار گرفته و ارتفاع بلندترین قله آن از سطح دریا ۳۵۷۴ متر است. از رودخانه های آن می توان به رودخانه های قره چای، یلفان، دره مرادییک و عباس آباد اشاره نمود. با توجه به پستی و بلندیهای زیاد، دشتهای، مناطق کوهستانی، قله های مرتفع، رودخانه ها، چشمه سارها، مزارع، اشجار و سرآبهای متعدد، آب و هوای استان همدان متغیر است و معمولاً دارای زمستانهای سرد و پر برف و تابستانهای معتدل و ییلاقی است و به طور کلی در دره های شمالی کوه الوند و شمال استان سردتر و جنوب استان ملایم تر است (فرمانداری شهرستان همدان، ۱۳۹۱)، (شکل ۱). اقلیم شهرستان همدان متأثر از توده های هوایی مدیترانه ای است که از غرب وارد کشور می شود. موقعیت آن و ارتفاع به نسبت زیاد آن سبب می شود که توده هایی از هوای مرطوب و باران زا که به ویژه از سوی غرب وارد کشور می شوند، قسمت اعظم رطوبت خود را در آن ریزش نمایند. اقلیم این پهنه که تحت تأثیر عرض جغرافیایی، ارتفاع، امتداد کوه ها و فاصله از دریا، متغیر است و معمولاً دارای زمستانهای سرد و پر برف و تابستانهای معتدل و ییلاقی است. میانگین بارش سالانه همدان در دوره چهل ساله ۱۳۹۵-۱۳۵۵، ۳۱۱ میلی متر

اندازه گیری شده است. حد متوسط برف سالانه آن نیز بین ۱۵۵ تا ۲۴۵ میلی متر است. میانگین دمای سالانه همدان ۱۱/۳ درجه سانتی گراد و گرم ترین دمای همدان ۴۰+ و سردترین دمای آن ۳۲/۸- درجه سانتی گراد ثبت شده است.



شکل ۱: نقشه موقعیت شهرستان همدان

مواد و روشها

پژوهش حاضر از نوع کاربردی و روش تحقیق توصیفی-تحلیلی است. مراحل اجرای این پژوهش که شامل فراهم آوری داده های اولیه، آماده کردن آنها در محیط GIS، مدل AHP-FUZZY و تهیه نقشه پهنه بندی خطر سیل می شود. نخست عوامل مؤثر در پهنه بندی سیل خیزی، از طریق مطالعات کتابخانه ای با توجه به اهداف پژوهش، شناسایی و با نظرات کارشناسان تکمیل و متناسب با معیارها، داده های مکانی سطح منطقه گردآوری گردید. وزن هر کدام از معیارها پس از تکمیل پرسشنامه مقایسه زوجی از سوی کارشناسان، توسط نرم افزار Expert Choice مشخص و اقدام به فازی سازی لایه ها، بر اساس میزان عضویت فازی هر کدام از عوامل گردید. سرانجام ضمن پهنه بندی منطقه مطالعاتی از لحاظ پتانسیل سیل خیزی با بهره گیری از نرم افزار ARCGIS 10.6، مناطق در معرض خطر سیلاب شناسایی گردید.

پهنه بندی از جمله تحلیل های مکانی است که تأثیر فراوانی در کاهش هزینه های ایجاد و راه اندازی فعالیت های مختلف دارد به همین دلیل یکی از مراحل مهم و اثر گذار در پروژه های اجرایی به شمار می رود. برای اجرای یک پهنه بندی موفق، لازم است کلیه عوامل مؤثر در سطح منطقه مطالعاتی بررسی شود و پهنه های مناسب در قالب خروجی فرآیند پهنه بندی در اختیار مدیران و تصمیم گیرندگان نهایی قرار گیرد تا این افراد نیز بر اساس سیاست های موجود

و اولویت های هریک از نتایج، گزینه های مناسب را انتخاب می کنند. تئوری مجموعه های فازی و منطق فازی به عنوان نظریه ای ریاضی برای مدل سازی و صورت بندی ریاضی ابهام و عدم دقت موجود در فرآیندهای شناختی انسانی ابزارهای بسیار کارآمد و مفیدی برای این منظور به شمار می رود (نجفی و کریمی کردآبادی، ۱۳۹۹: ۴۹) به نقل از (لوتسما^{۱۶}، ۲۰۰۵، ۶۶). این نظریه که نخستین بار توسط پرفسور لطفی زاده دانشمند ایرانی الاصل دانشگاه کالیفرنیا در سال ۱۹۶۵ مطرح شد، حوزه های بسیار از علوم مختلف و به ویژه دانش برنامه ریزی شهری و شهرسازی را فرا گرفته است (امینی فسخودی، ۱۳۸۴: ۴۱). فرایند تحلیل سلسله مراتبی^{۱۷} (AHP) یکی از جامع ترین سیستم های طراحی شده برای تصمیم گیری چندگانه است. چرا که این تکنیک امکان فرموله کردن مساله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مساله دارد (قدسی پور، ۱۳۸۵: ۵). فرایند تحلیل سلسله مراتبی یکی از روش های ارزیابی و تحلیل تصمیم گیری چند معیاری است که کاربرد وسیعی در علوم زمین و برنامه ریزی فضا و محیط دارد. فرایند تحلیل سلسله مراتبی در دهه ی ۷۰ میلادی به وسیله ساتی^{۱۸} ابداع شد (ساتی، ۱۹۸۰: ۱-۲۰) و بعدها به وسیله سایر محققین در ارزیابی ها و برنامه ریزی ها مورد استفاده قرار گرفت (نجفی و کریمی کردآبادی، ۱۳۹۹: ۵۰) به نقل از (کرم و محمدی، ۱۳۸۸: ۶۰)

واژه (فازی) در فرهنگ لغت آکسفورد به صورت (مبهم گنگ نادقیق گیج مغشوش درهم و نامشخص) تعریف شده است. تئوری مجموعه های فازی و منطق فازی را اولین بار پرفسور لطفی زاده در رساله ای به نام (مجموعه های فازی - اطلاعات و کنترل) در سال ۱۹۶۵ معرفی نمود (زاده^{۱۹}، ۱۹۶۵). در تئوری کلاسیک مجموعه ها، یک عنصر، یا عضو مجموعه است یا نیست. در حقیقت عضویت عناصر از یک الگوی صفر و یک تبعیت می کند. اما تئوری مجموعه های فازی این مفهوم را بسط می دهد و عضویت درجه بندی شده را مطرح می کند. به این ترتیب که یک عنصر می تواند تا درجاتی، و نه کاملاً، عضو یک مجموعه باشد. در مدل سازی فازی از عملگرهای (AND, OR, Product, Sum, Gamma) استفاده می شود. با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (ARCGIS10.6) و مدل فازی می توان به پهنه بندی اقدام نمود.

در این پژوهش، بررسی و شناسایی عوامل مؤثر بر پهنه های مخاطره آمیز و انتخاب روشی مناسب و مبتنی بر یافته ها و ابزار علمی، مورد توجه قرار گرفته و از سیستم اطلاعات جغرافیایی به عنوان ابزاری توانمند در مدیریت و تجزیه و تحلیل داده های مکانی استفاده شده است. بنابراین ضمن انتخاب و شناسایی معیارهای مناسب برای ارزیابی خطر سیل

16- Lootsma
 17-Analytic Hierarchy Process
 18-Saaty
 19 - Zadeh

در شهرستان همدان از ترکیب دو مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و منطق فازی استفاده شده است. مراحل این دو مدل به شرح زیر است:

۱- تعیین معیارها و زیر معیارهای پهنه بندی خطر سیل در شهرستان همدان ؛

۲- انجام مقایسات زوجی و تعیین وزن نهایی

۴- بهینه سازی (استاندارد سازی یا فازی سازی) لایه های اطلاعاتی بر اساس منطق فازی؛

۵- اعمال وزن نهایی به معیارها و ترکیب با لایه های فازی شده؛

۶- پهنه بندی نهایی خطر سیل در شهرستان همدان

براساس مطالعات و پژوهش های صورت گرفته در مورد سیلاب، عوامل بسیاری در رخداد سیل تأثیر دارند. بر اساس نظر کارشناسان این مخاطره و با توجه ویژگی های شهرستان همدان مهمترین عواملی که زمینه بروز سیل در این منطقه را فراهم می کنند شامل؛ شیب، کاربری اراضی، بارش، فاصله از آبراهه ها و زمین شناسی هستند. با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) با استفاده از مقایسه های زوجی و تحلیل آن به کمک نرم افزار Expert Choice (انتخاب خبره) وزن نهایی هر یک از اجزای عناصر موثر در پهنه بندی خطر سیل در شهرستان همدان شناسایی گردید، که در ادامه آمده اند (جدول ۱). استفاده از مدل فازی در کارهای پهنه بندی چون بر مبنای تحلیل های رستری (شبکه ای) است، لذا می بایست هر پیکسل در هر معیار با توجه تابع ایده آل ارزش عضویتی از صفر تا یک را به خود بگیرد. برای معیار های پهنه بندی خطر سیل در شهرستان همدان از تابع فازی خطی (Linear) استفاده شده است. فازی سازی لایه های پهنه بندی خطر سیل، با استفاده از نرم افزار Arc GIS و از مسیر زیر در محیط این نرم افزار انجام شده است:

Arc Map>Spatial analyst>overly> fuzzy membership> linear

یافته های تحقیق

مراحل زیر به منظور انجام این پژوهش اجرا شد:

مقایسه اهمیت معیارها با استفاده از پرسشنامه انجام شده و پاسخ هایی که از پرسش نامه ها جمع آوری می شوند ورودی مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی هستند. پس از تعیین معیارهای مؤثر در وقوع سیلاب با استفاده از روش AHP و با در نظر گرفتن اهمیت هر معیار نسبت به دیگر پارامترها به صورت دو به دو در محیط نرم افزار Expert

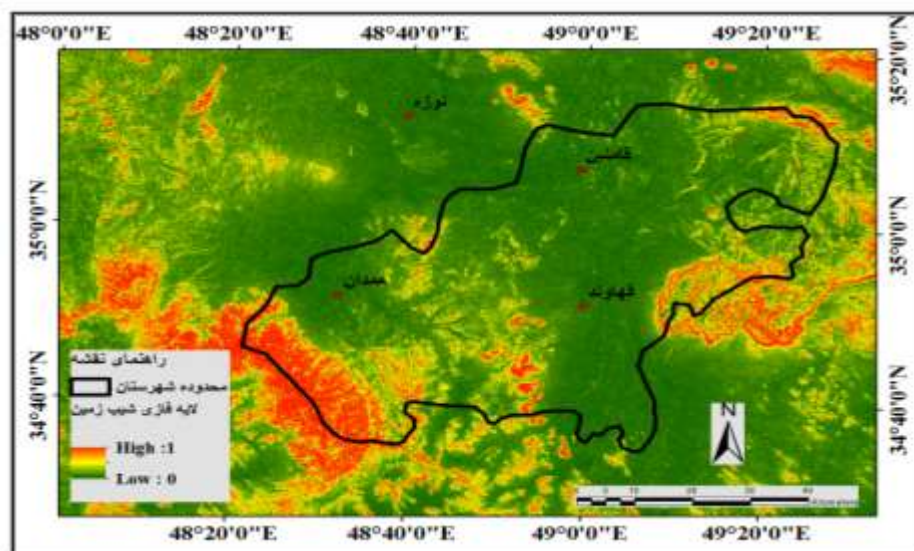
Choice، وزن هر معیار به ترتیب زیر مشخص شد.

جدول ۱- مقایسه زوجی معیارهای اصلی مدل و وزن نهایی معیارها

معیارها	شیب زمین	بارش	فاصله از آبراهه	سنگ شناسی	کاربری زمین	وزن معیار
شیب زمین	۱	۱/۱۸۸	۱/۶۱۲	۱/۹۷۱	۲/۵۵۱	۰/۲۹۷
بارش	۰/۸۴۱	۱	۱/۳۵۶	۱/۶۵۸	۲/۱۴۶	۰/۳۵۰
فاصله از آبراهه	۰/۶۲۰	۰/۷۳۷	۱	۱/۲۲۲	۱/۵۸۲	۰/۱۸۵
زمین شناسی	۰/۵۰۷	۰/۶۰۳	۰/۸۱۸	۱	۱/۲۹۴	۰/۱۵۱
کاربری زمین	۰/۳۹۱	۰/۴۶۶	۰/۶۳۲	۰/۷۷۲	۱	۰/۱۱۷

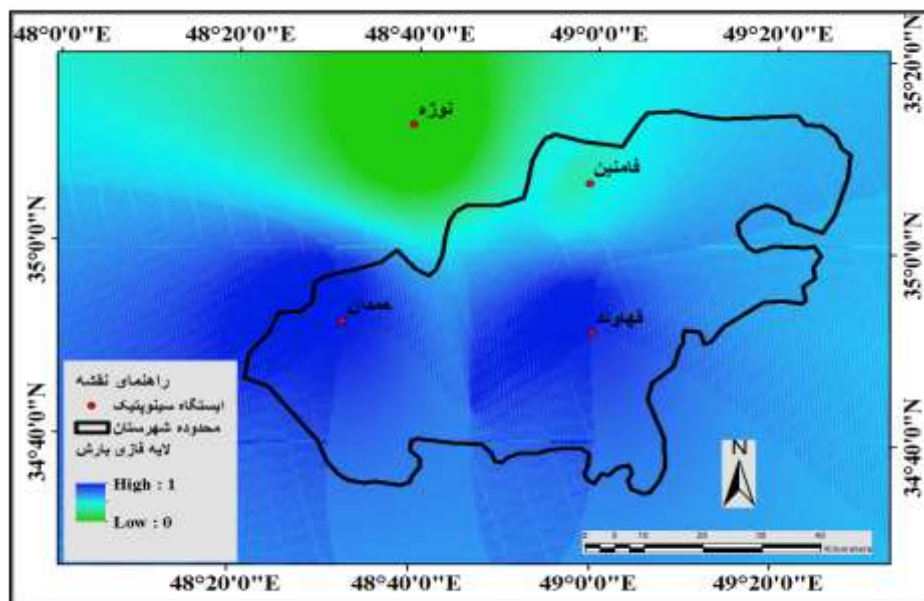
در ادامه، نقشه فازی هر یک از پارامترها آورده شده است:

شیب: شیب منطقه به سبب ارتباط مستقیم و پیچیده‌ای که با میزان نفوذپذیری و جریان سطحی دارد؛ می‌تواند تأثیر قابل ملاحظه‌ای در وقوع جریان‌های شدید و سیلابی ایفا نماید. در واقع، این پارامتر با سیل‌خیزی در منطقه رابطه مستقیم دارد و افزایش شیب موجب افزایش سرعت حرکت آب همچنین کاهش میزان نفوذ آب به داخل زمین می‌شود که این عوامل سیل‌خیزی منطقه با شیب بیشتر را افزایش می‌دهد. بنابراین در مدل از یک رابطه خطی فزاینده جهت تعیین عضویت لایه شیب استفاده شد (شکل ۵). همان طور که در شکل زیر نمایش داده شده بیشترین شیب در حواشی محدود مورد مطالعه و به صورت پراکنده در غرب و شرق شهرستان همدان مشاهده می‌شود.



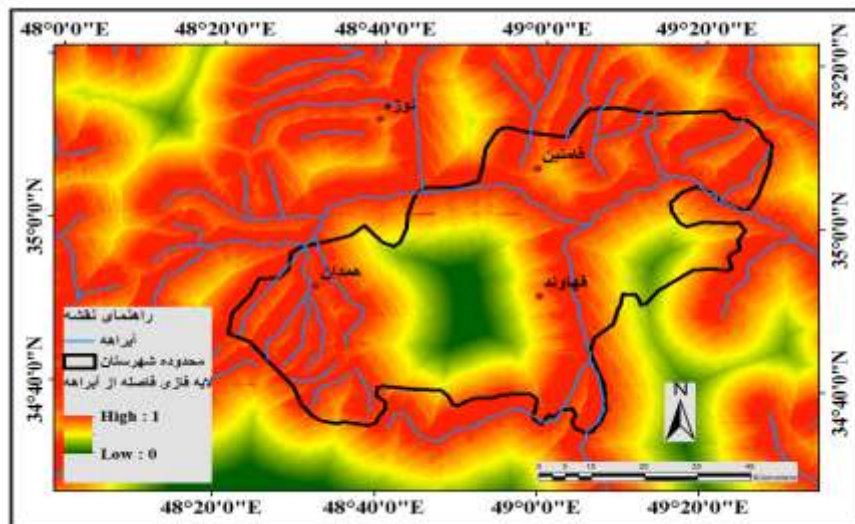
شکل ۵: نقشه فازی عامل شیب

بارش: در هنگام بارش باران و برف مقداری از آب جذب خاک و گیاهان می شود، درصدی تبخیر می شود و باقیمانده بر روی زمین جاری شده و تولید رواناب می کند. سیلاب زمانی روی می دهد که خاک و گیاهان نتوانند بارش را جذب نموده و در نتیجه کانال طبیعی رودخانه کشتش گذردهی رواناب ایجاد شده را نداشته باشد. بطور متوسط تقریباً ۳۰ درصد بارش ها به رواناب تبدیل می شوند که این میزان با ذوب ناگهانی برف در مناطق کوهستانی افزایش می یابد. ارتباط بارش با سیل خیزی رابطه ای مستقیم است و هرچه میزان بارش در مدت زمان معین در یک منطقه افزایش یابد احتمال وقوع سیل نیز افزایش خواهد یافت. بنابراین از رابطه خطی فزاینده برای پارامتر بارش استفاده می شود (شکل ۶). با توجه به شکل مذکور در بیشتر پهنه شهرستان همدان بارش نسبتاً زیادی ایجاد می شود که می تواند منجر به سیلاب شود.



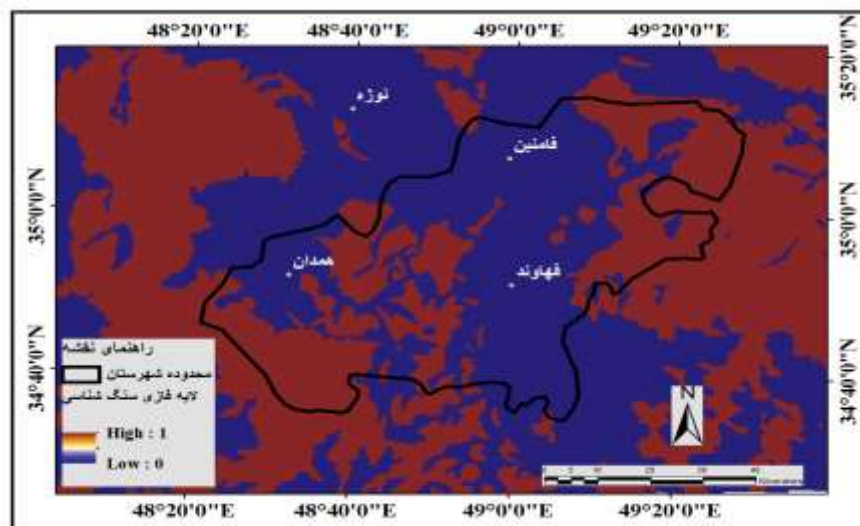
شکل ۶: نقشه فازی عامل بارش

فاصله از آبراهه‌ها: آبراهه‌ها در منطقه عمل تخلیه جریان‌های سطحی را انجام می‌دهند. در هنگام بارندگی یا ذوب ناگهانی برف‌های کوهستانی اولین مناطقی که دستخوش تغییر می‌شوند، رودخانه‌ها اعم از دائمی و فصلی می‌باشند که به علت افزایش آب ورودی به آنها سیلابی شده و طغیان می‌کنند که نتیجه این امر به زیر آب رفتن حاشیه کناری رودخانه‌ها است. بنابراین با افزایش فاصله از رود و شبکه زهکشی، خطر سیل‌گیری در منطقه کاهش می‌یابد و هرچه به رودخانه نزدیک‌تر شویم احتمال طغیان و وقوع سیل نیز افزایش می‌یابد. جهت تعیین عضویت لایه فاصله از آبراهه‌ها، از تابع فازی خطی فزاینده استفاده می‌شود (شکل ۷). همان طور که در شکل مشاهده می‌شود اکثر محدوده (به جز مناطق مرکزی و حاشیه جنوب شرقی شهرستان) متأثر از شبکه‌های زهکشی و خطر سیلاب هستند و برای آن نوع تابع فازی خطی افزایشی استفاده شده است.



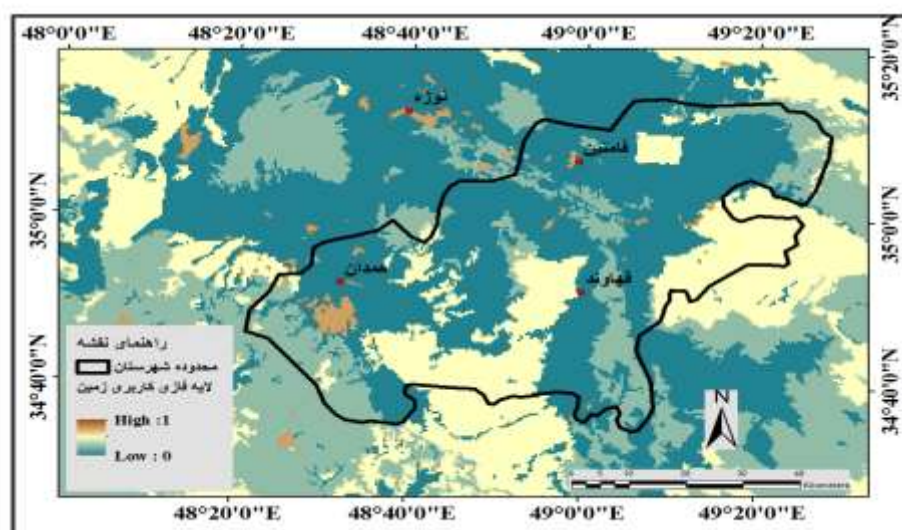
شکل ۷: نقشه فازی عامل فاصله از آبراهه

زمین شناسی: جنس و بافت سازندهای یک منطقه در وقوع رواناب در هنگام بارندگی از اهمیت بالایی برخوردار است؛ به طوری که هر چه نفوذپذیری یک زمین بیشتر باشد؛ میزان آبی که به داخل زمین راه می یابد بیشتر بوده؛ در نتیجه مقدار رواناب تولید شده بر روی زمین کمتر و احتمال وقوع سیلاب کمتر خواهد بود. این لایه با توجه به خصوصیات زمین شناسی منطقه به دو طبقه زمین های نفوذپذیر و زمین های با نفوذپذیری کم تقسیم بندی شد. امتیاز دهی به واحدهای زمین شناسی بر اساس چگونگی نفوذپذیری آنها انجام شد؛ به گونه ای که به واحدهای با نفوذپذیری بیشتر امتیاز کمتر و واحدهای با نفوذپذیری کمتر امتیاز بیشتر اختصاص داده شد (شکل ۸). همان طور که در شکل مذکور مشاهده می شود اکثر محدوده ها در اطراف شهرهای همدان، فامنین و قهاوند دارای نفوذپذیری بیشتر و در نتیجه سیل خیزی کمتری هستند ولی در حواشی منطقه مورد مطالعه نفوذ پذیری کمتر و سیل خیزی بیشتر است و برای آن نوع تابع فازی خطی افزایشی استفاده شده است.



شکل ۸: نقشه فازی عامل زمین شناسی

کاربری اراضی: در منطقه مطالعاتی طبقه بندی زمین از نظر کاربری براساس خصوصیات هر طبقه در نوع کاربری صورت گرفت؛ به نحوی که به کاربری هایی که مرتبط با ساخت و سازهای شهری در منطقه بوده و به علت نفوذپذیری کمتر، نقش بیشتری در تولید رواناب و در نتیجه سیل گیری دارند، امتیاز بیشتری تعلق گرفت و برای آن نوع تابع فازی خطی افزایشی استفاده شده است و به کاربری هایی که پوشش گیاهی بیشتر داشته یا به صورت باغات و زمین های بایر هستند و به علت نفوذپذیری بیشتر، رواناب کمتری تولید می نمایند و در سیل گیری نقش کمتری دارند، امتیاز کمتری تعلق گرفت (شکل ۹).



شکل ۹: نقشه فازی عامل کاربری اراضی

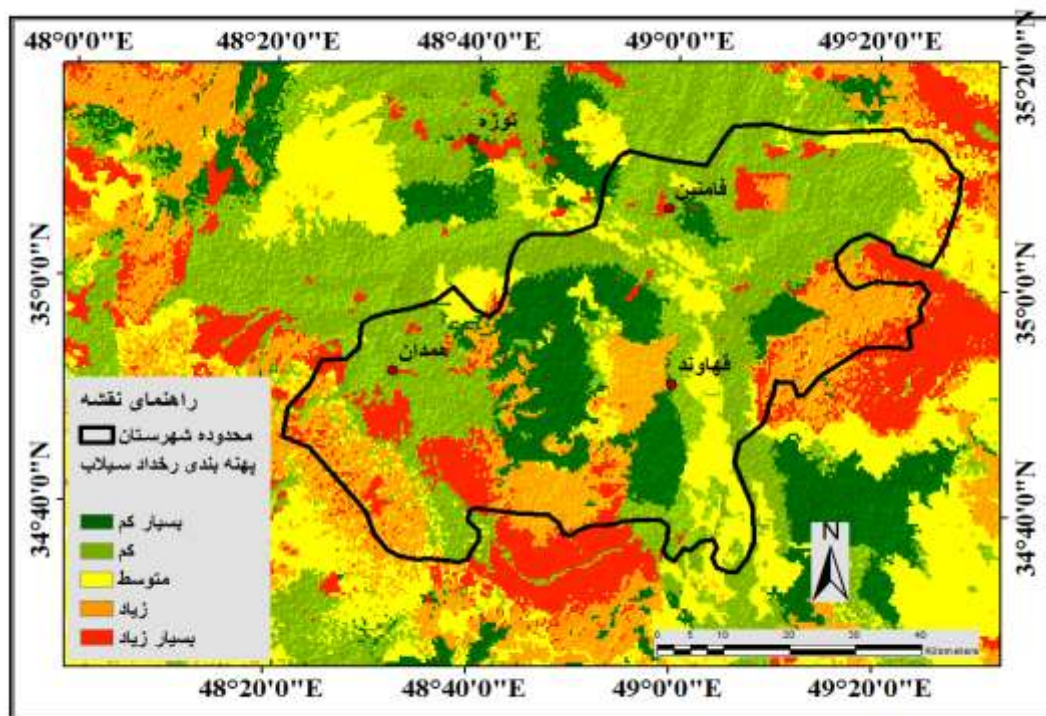
در این پژوهش پس به دست آوردن وزن لایه ها در نرم افزار Expert Choice و فازی سازی آنها، با استفاده از دستور spatial analyst و raster calculator نتایج را محاسبه می کنیم و سپس Re class می کنیم، در نهایت این لایه را به پنج طبقه تقسیم می کنیم و به این ترتیب نقشه پهنه بندی خطر سیل به دست می آید.

$$([FRain] * 0.250) + ([FGeolog] * 0.151) + ([FSlope] * 0.297) + ([Flanduse] * 0.117) + ([FRiver] * 0.185)$$

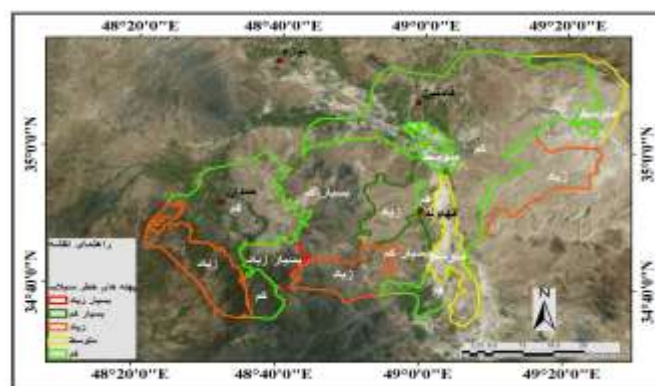
سرانجام، نقشه پهنه بندی خطر سیل شهرستان همدان در محیط ARCGIS تهیه گردید (شکل های ۱۰ و ۱۱). در این نقشه ها بر اساس خصوصیات طبیعی منطقه، پهنه بندی در پنج سطح طبقه بندی شده است. بر اساس نقشه نهایی، سطوح با خطر بسیار زیاد (سطوح سیل خیز) بیشتر در بخش شرقی، جنوب غربی و به صورت پراکنده در قسمت هایی از بخش غربی منطقه مورد مطالعه واقع گردیده است. این نواحی بیشتر منطبق بر مناطق کوهستانی بوده و شیب زیادی دارند. نواحی با خطر کم (نواحی سیل گیر) نیز اغلب در دشت ها، دره ها و خط القعرها که شیب کمتر و کاربری با پوشش گیاهی بیشتر دارند، واقع شده اند.

با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش لزوم توجه به مناطق با خطر سیل پذیری بالا در ساخت و ساز در این قسمت ها باید مورد توجه قرار گیرد و برای جلوگیری از خسارت ناشی از سیل، از توسعه شهر در این مناطق جلوگیری به عمل آید. همچنین در صورتی که بناها و مراکز مهمی از قبل در این قسمت ها ساخته شده نسبت به مقاوم سازی آنها در برابر سیل اقدام شود. از روش های دیگری که می توان در مهار سیلاب به کار گرفته شود نیز می توان به احیاء جنگل ها و درختکاری در مناطق سیل گیر شهرستان جهت کاهش سرعت حرکت رواناب، احداث سیل بندها، سدهای مخزنی و نهایتاً کانال های سیلاب بر، به انجام رساندن پروژه سیل برگردان غربی شهر همدان و لایروبی رودخانه های شهرستان همدان اشاره کرد.

در نهایت می توان گفت، نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش های (صالحی و همکاران، ۱۳۹۲)، (نسرین نژاد و همکاران، ۱۳۹۳)، (خالدی و همکاران، ۱۳۹۶)، (جیا و همکاران، ۲۰۱۹) و (رحمتی و همکاران، ۲۰۱۹) هم راستا است. همچنین در شکل های ۱۲ و ۱۳، تصاویری از محدوده های مستعد خطر سیل و آبگرفتگی خیابان ها در شهر همدان نمایش داده شده است.



شکل ۱۰: نقشه نهایی پهنه بندی خطر سیل شهرستان همدان



شکل ۱۱: روی هم اندازی پهنه های خطر سیل شهرستان همدان بر تصاویر ماهواره های Google Earth



شکل ۱۲: محدوده های مستعد خطر سیل در شهر همدان

شکل ۱۳: نمایی از آبگرفتگی خیابان ها در شهر همدان

نتیجه گیری

این پژوهش ضمن شناسایی عوامل موثر بر رخداد خطر سیلاب در شهرستان همدان و با بهره گیری از فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی، پهنه بندی سیل گیری شهرستان همدان را ارائه نموده است. نقشه خطر سیل ابزار جدیدی است که می تواند برنامه ریزان و تصمیم گیران شهری را برای مثال در ارزیابی کارآمدی زیرساخت های شبکه زهکشی و اقدامات توسعه ای مورد نیاز آنها به منظور کاهش خطرپذیری جمعیت و تأسیسات شهری از زیان های سیلاب یاری نماید. با مدل ارائه شده در این پژوهش منطقه همدان از نظر خطر سیلاب در ۵ طبقه پهنه بندی شد.

نقشه نهایی نشانگر این است که پهنه های با خطر بسیار زیاد سیلاب در بخش شرقی، جنوب غربی و به صورت پراکنده در قسمت هایی از بخش غربی منطقه مورد مطالعه واقع گردیده اند. بررسی ها نشان می دهد این مناطق دارای شیب نسبتاً زیاد بوده و از نظر کاربری نیز بر زمین های نفوذناپذیر منطبق شده اند. با وجود چنین شرایطی، پهنه های مذکور نیازمند مطالعات آبخیزداری جامع و سامانه های مهار سیلاب و در عین حال تأسیس و تجهیز ایستگاه های امدادی برای زمان وقوع مخاطره سیل هستند. نواحی با خطر بسیار کم نیز اغلب در دشت ها و مناطقی که شیب کمتری دارند و غالباً دارای پوشش گیاهی متراکم هستند، واقع شده اند. با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش لزوم توجه به مناطق با خطر سیل پذیری بالا در ساخت و ساز در این قسمت ها باید مورد توجه قرار گیرد و برای جلوگیری از خسارت ناشی از سیل، از توسعه شهری و سکونتگاهی در این مناطق جلوگیری به عمل آید و یا قبل از بهره برداری از این اراضی اقدامات مقاوم سازی در برابر سیلاب در آنها انجام شود. همچنین در صورتی که بناها و مراکز مهمی از قبل در این بخش ها ساخته شده نسبت به مقاوم سازی آنها در برابر سیل مبادرت شود. در عین حال، احداث کانال های جمع آوری آب سطحی در شهرها و همچنین کانال های زهکش حائل با ظرفیت مناسب در مبادی ورودی مسیل ها به شهر برای کنترل و جلوگیری از ورود جریان های سیلابی به شهرها (به ویژه شهر همدان) باید مورد توجه قرار گیرد.

این بدان معنا است که آگاهی از شرایط جغرافیایی و اقلیمی هر پهنه برای تصمیم گیری ها و تعیین برنامه های بلند مدت منطقه ای ضرورتی انکارناپذیر است. در پایان پیشنهاد می شود به هنگام تغییر کاربری اراضی در محدوده مورد مطالعه، مدل ارائه شده در این پژوهش مورد توجه جدی قرار گیرد. نتایج تحقیق حاضر می تواند سازمان های مدیریت بحران، جمعیت هلال احمر و سازمان امداد و نجات را برای مقابله و رویارویی با رویداد سیلاب در پهنه مطالعاتی یاری نماید.

مراجع

- امیدوار، کمال، کیانفر، آمنه؛ عسگری، شمس الله، پهنه بندی پتانسیل سیل خیزی حوضه کنجانچم، پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۲، صص ۹۰-۷۳، ۱۳۸۹.
- امینی فسخودی، عباس، کاربرد استنتاج منطق فازی در مطالعات برنامه ریزی و توسعه منطقه ای؛ مجله دانش و توسعه، شماره ۱۷، نیمه دوم سال ۱۳۸۴.
- خالدی، شهریار؛ ملکی، سعید؛ فرهنگ، قاسم، ریز پهنه بندی و مقایسه ریسک سیلاب شهری با استفاده از مدل های تلفیقی عملگرهای فازی ARC GIS و تحلیل سلسله مراتبی فازی (مطالعه موردی: شهر ارومیه)، فصلنامه مطالعات عمران شهری، دور اول، شماره سوم، زمستان ۱۳۹۶، صص ۶۵-۷۷، ۱۳۹۶.
- خبرگزاری ایمننا، چالش های پیش روی همدان در هنگام بروز سیلاب چیست؟ کد خبر ۳۷۲۵۹۷، ۲۱ فروردین ۱۳۹۸.
- خسروانجم، داود، الهی، شعبان، چاوشینی، رسول، شایان، علی، نقش فناوری اطلاعات در طراحی و پیاده سازی در مدیریت دانش در مخابرات با تکنیک AHP فازی، مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی دانشگاه آزاد اسلامی سنندج، شماره ۱۷، صص ۷۱-۵۹، ۱۳۹۰.
- صالحی، اسماعیل، رفیعی، یوسف، فرزاد بهتاش، محمدرضا، آقابابایی، محمدتقی، پهنه بندی خطر سیلاب شهری با استفاده از GIS و فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (مطالعه موردی: تهران)، محیط شناسی، شماره ۳، صص ۱۸۸-۱۷۹، ۱۳۹۲.
- عالم تبریز، اکبر، محمداقرازاده، تلفیق ANP فازی و TOPSIS تعدیل شده برای گزینش تامین کننده راهبردی، پژوهش های مدیریت، شماره ۳، صص ۱۸۱-۱۴۹، ۱۳۸۸.

عطایی، محمد، تصمیم گیری چندمعیاره فازی، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۳۹۵.

فردا نیوز، جزئیات سیل در همدان/ روستای نصرت آباد زیر آب رفت، لینک کوتاه خبر. farda.fr/003up, ۱۳۹۸.
 قاسمیان، هما؛ نجفی، اسماعیل، پهنه بندی خطر وقوع سیلاب در شهرستان کوهدشت با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی و فازی، جغرافیا و روابط انسانی، ۲(۳)، ۴۰۳-۴۱۷، ۱۳۹۸.

قدسی پور، سیدحسن، مباحثی در تصمیم گیری چند معیاره: فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، انتشارات دانشگاه علم و صنعت، ۱۳۸۱.

کرم، امیر؛ محمدی، اعظم، ارزیابی و پهنه بندی تناسب زمین برای توسعه فیزیکی شهر کرج و اراضی پیرامونی بر پایه فاکتورهای طبیعی و روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال اول، شماره ۴، ص ۵۹-۷۴، ۱۳۸۸.

محمدپور، رضا، پهنه بندی سیلاب با استفاده از سیستم ساماندهی جغرافیایی GIS (طرح مطالعاتی: قسمتی از رودخانه قره آغاج در استان فارس)، مجموعه مقالات اولین همایش GIS شهری، آمل، صص ۱-۱۰، ۱۳۸۶.

ملکیان، آرش، افتادگان خوزانی، اصغر، عشورنژاد، غدیر، پهنه بندی پتانسیل سیل خیزی حوضه آبخیز اخترباد با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتب فازی، پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره ۴۴، صص ۱۵۲-۱۳۱، ۱۳۹۱.

مومنی، منصور، مباحث نوین تحقیق در عملیات، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۹۰.

نجفی، اسماعیل؛ کریمی کردآبادی، مرتضی، ارزیابی و پهنه بندی خطر سیلاب با استفاده از مدل ترکیبی AHP-FUZZY با تأکید بر امنیت شهری (مطالعه موردی: منطقه یک کلان شهر تهران)، جغرافیا و مخاطرات محیطی ۹(۲)، صص ۴۳-۶۰، ۱۳۹۹.

نسرین نژاد، نعمت اله، رنگزن، کاظم، کلانتری، نصرالله، صابری، عظیم، پهنه بندی پتانسیل سیل خیزی حوضه آبریز باغان با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)، سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، شماره ۴، صص ۳۴-۱۵، ۱۳۹۳.

Al-Ghamdi, K., Mirza, M, El Zahrany, R. 2012. GIS evaluation of urban growth and flood hazards: a case study of Makkah city, Saudi Arabia, TS07D-GIS Applications, 5479, FIG Working Week, knowing to manage the territory, protect the environment, evaluate the cultural heritage, Rome, Italy, 24 p.

Bakhtyari Kia, M., Pirasteh, S., Pradhan, B. 2011. An artificial neural network model for flood simulation using GIS: Johor River basin, Malaysia, *Journal of Environ Earth Sciences*, 1, 251-264.

Buchele, B., Kreibich, H., Kron, A., .2006 .Flood-risk mapping: contributions towards an enhanced assessment of extreme events and associated risks, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 6, 485–503.

Correia, F. N., Rego, F. C.1998. Coupling GIS with hydrologic and hydraulic flood modeling, *Water resources management*, 12, 229-249.

Donker, N. H .2001 .A simple rainfall-runoff model based on hydrological units applied to the Teba catchment (south-east Spain), *Hydrological processes*, 115, 135-149.

Fernández, D.S., Lutz, M.A. 2010 .Urban flood hazard zoning in Tucumán Province Argentina, using GIS and multicriteria decision analysis, *Engineering Geology*, 111, 90–98.

Hundecha, Y., Bardossy, A., Theisen, H. 2001 .Development of a fuzzy logic-based rainfall-runoff model, *Hydrological Sci J*.46(3), 363-376.

Jia, J , Xinyi. W, Naima A. M. Hersi; W. Zh. 2019. Flood-Risk Zoning Based on Analytic Hierarchy Process and Fuzzy Variable Set Theory , *Natural Hazards Review* ,Vol. 20, Issue 3 (August 2019).

Lootsma, F.A. 2005. *Fuzzy Logic for Planning and Decision Making*. Dordrecht, kluwer Academic Publisher.

Maantay, J., , Maroko, A. 2009. Mapping urban risk: flood hazards, race, and environmental justice in New York, *Applied Geography*, 29, 111–124.

Qin, Q., Tang, H., Chen, H. 2011. Zoning of highway flood-triggering environment for highway in fuling district, Chongqing, *Journal of the International Society for Optical Engineering*, 8205, 820530-8.

Rahmati, O, Zeinivand. H, Besharat. M. 2015. Flood hazard zoning in Yasooj region, Iran, using GIS and multi-criteria decision analysis, *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, DOI: 10.1080/19475705.2015.1045043.

Saaty. T, 1980.The analytical hierarchical process: planning, priority setting resource allocation . NEW YORK. Mc Graw-Hill, pages 1-20.

Shah, S.M.S., O'Connell, P.E., Hosking, J.R.M.1996. Modelling the effects of spatial variability in rainfall on catchment response. 2. Experiments with distributed and lumped models, J. Hydrol, 175, 89–111.

Sinha, R., Bapalu, G., Singh, L.2008. Flood risk analysis in the Kosi river basin, north Bihar using multi-parametric approach of analytical hierarchy process (AHP), Journal of Indian Soc. Remote Sens., 36, 335-349.

Snead, D. B., 2000. Development and application of unsteady flood models using geographic information systems. M.A thesis, Department of Civil Engineering, The university of Texas at Austin.

Zadeh, L. A..1965. Fuzzy sets. IEEE Information and Control, 8(3), 338–353.