

ارزیابی تاثیر ژئومورفولوژی کارست بر مخاطرات ناشی از آلودگی آبخوان های کارستی (مطالعه موردی آبخوان های کارستی حوضه رودخانه الوند)

^۱سجاد باقری سیدشکری^۲ایثار نورایی صفت ،^۳احمد عباسیان، مریم جعفری اقدم^۴

^۱دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه تهران. Sbagheri.geo@gmail.com

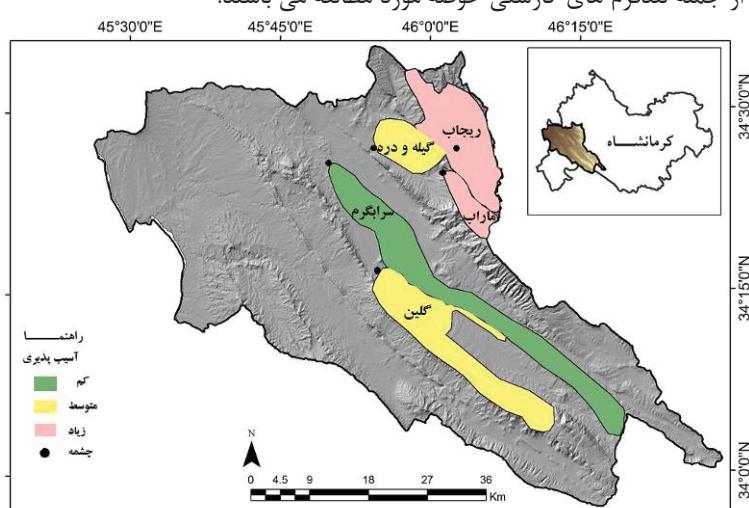
^۲دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست دانشگاه تهران. noraisefat@ut.ac.ir

^۳کارشناس ارشد ژئومورفولوژی دانشگاه تهران. Geo_ahmadi@yahoo.com

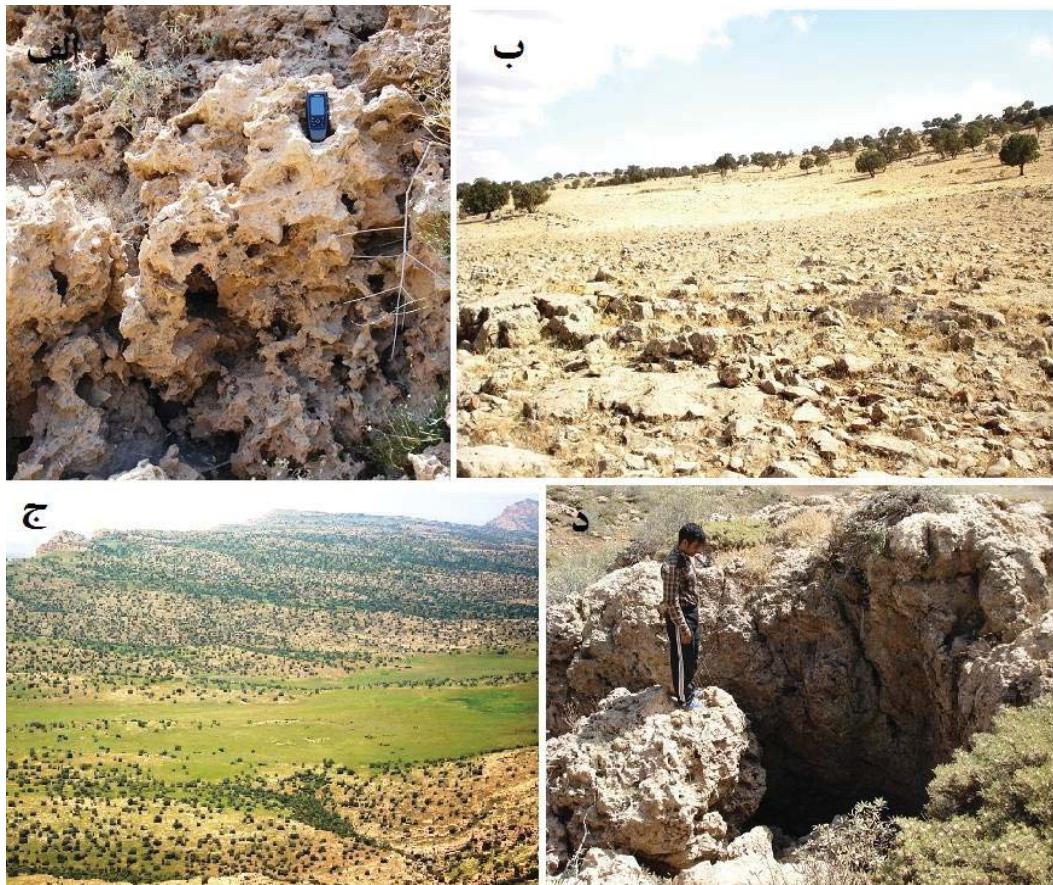
^۴دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه اصفهان. mjafari.ge@gmail.com

مقدمه و منطقه مورد مطالعه

در سال های اخیر، جامعه علمی جهانی حساسیت زیادی نسبت به آلودگی منابع آب زیر زمینی نشان داده و اقدامات زیادی در زمینه مدیریت زیست محیطی برای حفاظت از آبهای زیر زمینی انجام گرفته است(Gerth and Forstner, 2004). آبخوان های کارستی به علت درز و شکاف های زیاد و ویژگی های خاص ژئومورفولوژیکی و هیدرولوژیکی در معرض آلودگی زیست محیطی قرار دارند. مخاطرات مرتبط با آلودگی آبهای زیر زمینی بطور عمده ناشی از فعالیت های انسانی می باشد(De Ketelaere et al., 2004). ارزیابی کمی و کیفی منابع آب کارست و حفاظت از آنها در طی دو دهه گذشته در لیست اولویت های اصلی بسیاری از کشورها قرار گرفته است(Paul Novelet al, 2007). آبخوان های کارستی حوضه الوند تامین کننده ای آب شرب ۸۰ هزار خانوار بوده(Karimi et al,2005) و قسمت اعظم آب مورد نیاز بخش های کشاورزی و صنعت را تامین می کنند. با توجه افزایش تقاضای آب و نقش حیاتی آن در توسعه، ارزیابی آسیب پذیری این آبخوان ها از آلودگی جهت بهره برداری بهینه و حفظ کیفیت منابع آب کارست در حوضه رودخانه الوند یک نیاز مبرم جهت مدیریت علمی منابع آب می باشد. هدف از این پژوهش ارزیابی میزان آسیب پذیری آبخوان های کارستی حوضه الوند با استفاده از آنالیز منحنی فروکش هیدرولوگراف و استفاده از آن در ارزیابی آسیب پذیری توسط Malik(2007) ارائه گردید. تفاوت در منحنی فروکش می سازد که پیش بینی از میزان فرایندهای جذب، میرابی و خودپالایی در طی نفوذ آب های زیرزمینی از طریق محیط های سنگی بین آب نفوذی و جریان خروجی از چشممهها داشته باشیم(Malik,2007). حوضه رودخانه الوند در غرب و جنوب غربی استان کرمانشاه بین عرض های جغرافیایی ۵۷°۳۳' تا ۴۰°۳۴' و طول های جغرافیایی ۴۵°۰۵' تا ۴۶°۰۲' واقع شده است. مساحت این حوضه ۲۶۵۶ کیلومترمربع و حداقل ارتفاع آن ۲۳۵۵ متر در ارتفاعات دلاهو و قلاجه و حداقل ارتفاع آن ۲۱۲ متر در خروجی حوضه می باشد(شکل ۱). به علت فراهم بودن شرایط کارست زائی لندرم های کارستی متنوعی در حوضه مورد مطالعه شکل گرفته اما به دلیل تفاوت در متغیرهای کارست زائی از جمله تپوگرافی، تکتونیک، اقلیم، لیتو لوژی و شرایط ژئومورفولوژیکی، میزان توسعه کارست در نواحی مختلف حوضه یکسان نمی باشد. کارن ها (شکل ۲،الف)، غارها، پنهانه های کارستی (شکل ۲،ب)، پلرها (شکل ۲،ج)، دره های کارستی، کانیون های ریجاب و گلین) و سینکهول ها (شکل ۲،د) از جمله لندرم های گارستی حوضه مورد مطالعه می باشند.



شکل ۱ : نقشه موقعیت و نقشه آسیب پذیری آبخوان های مورد مطالعه در حوضه رودخانه الوند



شکل ۲ : (الف) نمایی از کارن‌های حفره‌ای، (ب) پهنه کارستی، (ج) پلزه، (د) فروچاله

مواد و روشها

این پژوهش مبتنی بر روش‌های کتابخانه‌ای، میدانی و آنالیز منحنی فرود هیدروگراف بوده و از داده‌های دبی ایستگاه‌های هیدرومتری وزارت نیرو در دوره آماری (۱۳۷۸-۱۳۸۹) استفاده شده است. مساحت آبخوان‌ها با استفاده از روش کریمی $A = Q/P.I$ تعیین گردید. با توجه به عدم توسعه یکسان ژئومورفولوژی کارست در قسمت‌های مختلف حوضه پنج آبخوان، ریجاب، ماراب، گلین، سراب گرم و گیله‌ودره جهت ارزیابی میزان تاثیر توسعه ژئومورفولوژی کارست در آسیب پذیری آبخوان‌ها انتخاب گردیدند. ابتدا با استفاده از آنالیز منحنی فرود هیدروگراف بر اساس روش میزان توسعه آبخوان‌های کارستی مورد مطالعه تعیین گردید. برای محاسبه معادله منحنی فرود هیدروگراف و زیرزیم خطی و آشفته به ترتیب از معادله ۱ و ۲ استفاده می‌شود: معادله ۱: $Q_t = Q_0 e^{-\alpha t}$ و معادله ۲: $Q_t = Q_0(1-\beta t)$. در ادامه بر اساس تقسیم بندی (Malik and Vojtкова, 2012) میزان آسیب پذیری آبخوان‌های کاستی مورد مطالعه مشخص و تاثیر توسعه ژئومورفولوژی کارست بر آسیب‌پذیری آبخوان‌های کارستی مورد مطالعه تحلیل گردید.

یافته‌ها و بحث

۱-۱- ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی و هیدرولوژیکی آبخوان‌ها

نوع شارژ آبخوان‌های مورد مطالعه به علت عدم رخمنون سازنده‌ای دیگر در سطح تاقدیس‌ها و جاری نشدن آب از سطح سازنده‌ای غیرکارستی از نوع خودزا می‌باشد. در آبخوان‌های گلین، سراب گرم و گیله‌ودره تغذیه بصورت منتشر (افشان) و از طریق کارن‌ها و درزه و شکاف‌ها صورت گرفته اما در آبخوان‌های ریجاب و ماراب تغذیه به دو صورت منتشر از طریق کارن‌ها و درزه و شکاف‌ها و متمرکز از طریق سینکهول‌ها انجام می‌گیرد. حوضه آبگیر چشمهدای ماراب، ریجاب و سراب‌گرم از سازند آسماری - شهبانو و حوضه آبگیر چشمهدای گلین و گیله و دره به ترتیب از سازنده‌ای آسماری

و ایلام پوشیده شده است. مساحت حوضه آبگیر چشمه‌های مورد مطالعه بر اساس داده‌های اقلیمی و هیدرولوژیکی دوره آماری (۱۳۸۹-۱۳۷۸) برآورد گردید(جدول ۱). چشمه‌های ریجاب و گیله و دره به ترتیب بیشترین و کمترین دبی را دارا می‌باشند.

جدول ۳: ویژگی‌های هیدرولوژیکی آبخوان‌های مورد مطالعه

چشمه	مساحت حوضه آبگیر(Km ²)	دبی میانگین(L/S)	دبی حداقل	دبی حداقل
ریجاب	۱۹۸	۲۱۵۰	۴۷۴۰	۸۱۸
سراب‌گرم	۱۷۰	۱۶۲۵	۲۴۵۸	۶۱۵
گلین	۶۴	۴۶۲	۸۹۱	۲۳۷
گیله‌ودره	۱۸	۱۷۸	۲۹۹	۵۰
ماراب	۴۰	۵۶۱	۱۷۸۷	۲۴۷

۲-۳- ارزیابی درجه توسعه کارست

معادله منحنی فروکش آبخوان ریجاب (پایه) $Qt = 2.1e^{-0.008t} + 1.25e^{-0.001t} + 510(1-0.29t)^{-0.001}$ می‌باشد. درجه توسعه شبکه کارست درونی آبخوان ریجاب ۵/۵ بوده و در آن جریان خطی(پایه) غلبه داشته اما قسمتی از آب خروجی چشمه توسط جریان آشفته (سریع) در مدت زمان کوتاهی نسبت به جریان خطی تخلیه می‌گردد. از مشخصات این گونه آبخوان‌ها فروانی درزه و شکاف‌ها با توسعه و بازشدگی زیاد وجود مجراهای کارستی می‌باشد. چشمه سراب‌گرم بر اساس معادله منحنی فروکش $Qt = 2.01e^{-0.001t} + 1.25e^{-0.003t}$ دارای دوزیرزیم خطی بوده و دارای درجه توسعه کارست ۲/۷ می‌باشد. در این آبخوان شبکه درزه‌ها و شکاف‌های متراکم و منظم بوده اما از نظر بازشدگی توسعه زیادی نیافتاند، بنابراین تغذیه منتشر در امتداد درزه‌ها صورت می‌گیرد. معادله منحنی فروکش چشمه گلین $Qt = 0.62e^{-0.009t} + 0.46e^{-0.001t}$ می‌باشد، که حاکی از وجود دوزیرزیم خطی و درجه توسعه کارست ۳/۷ و غلبه با جریان خطی (پایه) می‌باشد. این نوع آبخوان‌ها دارای شبکه درزه و شکاف‌های متراکم با توسعه نامنظم بوده و اکثربیت درزه‌ها دارای بازشدگی می‌باشند و همچنین مجراهای کوچک نیز در این نوع آبخوان‌ها وجود دارند. معادله منحنی فروکش چشمه گیله-ودره به صورت $Qt = 0.263e^{-0.009t} + 0.175e^{-0.001t}$ بوده، نشان می‌دهد که این آبخوان دارای دوزیرزیم خطی و درجه توسعه کارست آن ۳/۷ می‌باشد. در آبخوان گیله و دره غلبه با جریان پایه بوده و تغذیه از طریق درزه و شکاف‌های نامنظم و توسعه یافته بصورت منتشر می‌باشد. همچنین در این آبخوان مجراهای کوچک بصورت محدود وجود دارد. ارزیابی معادله فروکش آبخوان ماراب $Qt = 0.725e^{-0.002t} + 0.620e^{-0.008t}$ می‌باشد. در آین آبخوان دهنده‌ای وجود دوزیرزیم خطی و یک دوزیرزیم آشفته بوده و درجه توسعه کارست آن ۵/۵ بوده و در این آبخوان غلبه با جریان خطی (پایه) بوده اما جریان آشفته (سریع) نیز در آبخوان وجود دارد. جریان سریع توسط تغذیه آبخوان از طریق درزه و شکاف‌های بسیار بزرگ و سینکهول‌ها بوده و توسط مجرaha تخلیه می‌گردد. تغذیه جریان پایه عمدتاً توسط درزه و شکاف‌های کوچکتر و ماتریکس صورت می‌گیرد.

۳-۳- ارزیابی آسیب پذیری آبخوان‌ها

(Malik 2007) بر اساس درجه توسعه آبخوان‌های کارستی به طبقه بندی میزان آسیب پذیری آبخوان‌های کارستی پرداخت(جدول ۲). در این طبقه بندی هرچه میزان درجه توسعه کارست بیشتر باشد، میزان آسیب پذیری آبخوان بیشتر می‌باشد. بر این اساس آبخوان‌های ماراب و ریجاب دارای آسیب پذیری بالا، آبخوان‌های گلین و گیله‌ودره دارای آسیب پذیری متوسط و آبخوان سراب‌گرم دارای آسیب پذیری کم می‌باشد(شکل ۱).

جدول ۲: ارزیابی میزان آسیب پذیری بر اساس میزان درجه توسعه کارست

درجه توسعه کارست	میزان آسیب پذیری	کم	متواضع	بیش از ۳.۹
میزان آسیب پذیری	بسیار کم	کم	متواضع	بیش از ۳.۹

۴-۳- ارزیابی تاثیر رئومورفولوژی کارست در آسیب پذیری آبخوان‌ها

در حوضه آبگیر آبخوان‌های ریجاب و ماراب توسعه ژئومورفولوژی سطحی کارست و وجود فروچاله‌ها نقش اصلی را در بالا بودن درجه توسعه کارستی و در نتیجه بالا بودن میزان آسیب‌پذیری دارند. به علت تغذیه مرکز از طریق فروچاله‌ها و درزه و شکاف‌های بزرگ و وجود مجراهای کارستی در آبخوان جریان سریع در آبخوان برقرار بوده و در نتیجه زمینه انتقال سریع و گستردگی آلودگی را در آبخوان‌ها فراهم می‌کنند. تغذیه آبخوان سرابگرم از طریق درزه و شکاف‌های با بازشدگی کم و همچنین کارن فیلدهای کم توسعه یافته صورت می‌گیرد. همچنین در این آبخوان بر اساس معادله منحنی فرود مجراهای کارستی وجود نداشته بنابراین ورود و انتشار آلودگی کمتر امکان پذیره بوده و به قدرت بالای خودپالایی آبخوان میزان آسیب‌پذیری این آبخوان کم می‌باشد. بنابراین توسعه نیافته بودن ژئومورفولوژی سطحی کارست در حوضه آبگیر آبخوان سرابگرم باعث آسیب‌پذیری کم آن نسبت به آلودگی گردیده است. حوضه آبگیر آبخوان‌های گلین و گیله و دره دارای ژئومورفولوژی کارست سطحی نسبتاً توسعه یافته بوده و به علت تغذیه ای این آبخوان‌ها از طریق کارن فیلدهای توسعه یافته و وجود مجراهای کوچک ورود و انتشار آلودگی در آبخوان امکان پذیر است. بعلت وجود درزه و شکاف‌های با بازشدگی زیاد و مجراهای کوچک میزان خود پالایی آبخوان کم بوده و در نتیجه این آبخوان‌ها دارای میزان آسیب‌پذیری متوسط می‌باشند.

۵-۳ - نتیجه گیری

ژئومورفولوژی سطحی کارست نقش اصلی را در میزان و چگونگی تغذیه آبخوان‌ها بر عهده دارد. بنابراین هر چه تغذیه بیشتر باشد، میزان توسعه کارست شبکه درونی آبخوان به علت میزان انحلال بیشتر آب ورودی در طول زمان بیشتر می‌شود. مطابقت ژئومورفولوژی سطحی کارست با درجه توسعه کارستی آبخوان‌ها در زمان حال نیز این امر را تایید کرده و آبخوان‌های ریجاب و ماراب دارای ژئومورفولوژی سطحی توسعه یافته‌تر بوده و میزان درجه توسعه کارست آنها نیز بیشتر می‌باشد. از طرف دیگر هر چه ژئومورفولوژی سطحی کارست توسعه یافته تر باشد، میزان آسیب‌پذیری آبخوان‌ها از انتشار آلودگی بیشتر می‌باشد. به علت وجود فروچاله‌ها در حوضه آبگیر آبخوان‌ها در حوضه آبگیر آبخوان‌ها و همچنین وجود مجراهای کارستی در این آبخوان‌ها این دو آبخوان دارای آسیب‌پذیری بالای نسبت به آلودگی می‌باشند. در نهایت می‌توان گفت که ژئومورفولوژی کارست سطحی نقش اصلی را در میزان درجه توسعه کارست آبخوان‌ها و همچنین میزان آسیب‌پذیری آنها از انتشار آلودگی دارد.

۴ - مراجع

- 6- De Ketelaere, D., Hotzl, H., Neukum, C., Civita, M. and Sappa, G.(2004). Hazard analysis and mapping. In: Zwahlen F, editor. Vulnerability and risk mapping for the protection of carbonate (karst) aquifers, EUR 20912. Brussels7 European Commission, Directorate-General XII Science, Research and Development; p. 86–105.
- 7- Afrasiabian, A.(2007). The importance of protection and management of Karst water as drinking water resources in Iran. Environ Geol, 52:673–677.
- 8- Gerth, J.and Forstner, U.,(2004). Long-term forecast: key to groundwater protection. Environ Sci Pollut Res Int;11(1):49– 56.
- 9- Paul Novel, J., Dimadi, A., Zervopoulou, A. and Bakalowicz, M.(2007). The Aggitis karst system, Eastern Macedonia,Greece: Hydrologic functioning and development of the karst structure. Journal of Hydrology, 334, 477– 492.
- 10- Karimi H (2003) Hydrogeological behavior of Alvand karst aquifers, Kermanshah (in English). PhD Thesis, University of Shiraz, Iran.
- 11- Malík, P., & Vojtková, S. (2012). Use of recession-curve analysis for estimation of karstification degree and its application in assessing overflow/underflow conditions in closely spaced karstic springs. *Environmental Earth Sciences*, 65(8), 2245-2257.
- 12- Malik, P. (2007). Assessment of regional karstification degree and groundwater sensitivity to pollution using hydrograph analysis in the Velka Fatra Mountains, Slovakia. *Environmental Geology*, 51(5), 707-711.
- 13- Karimi, H., Raeisi, E., & Bakalowicz, M. (2005). Characterising the main karst aquifers of the Alvand basin, northwest of Zagros, Iran, by a hydrogeochemical approach. *Hydrogeology Journal*, 13(5-6), 787-799.

پایش تغییرات خط ساحلی با استفاده از تکنیک‌های RS و GIS (مطالعه موردی: از دهانه گرگان‌رود تا دهانه

رودخانه قره‌سو در جنوب شرق دریای مازندران)

دکتر عزت الله قنواتی،^۱ اسماعیل نجفی،^۲ عبدالجید قرنجیک،^۳ الهام رهنما^۱ دانشیار گروه زنومورفولوژی دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی^۲ دانشجوی دکتری زنومورفولوژی دانشگاه خوارزمی najafi.geo@gmail.com^۳ دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی دانشگاه خوارزمی^۴ دانشجوی کارشناسی ارشد زنومورفولوژی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی

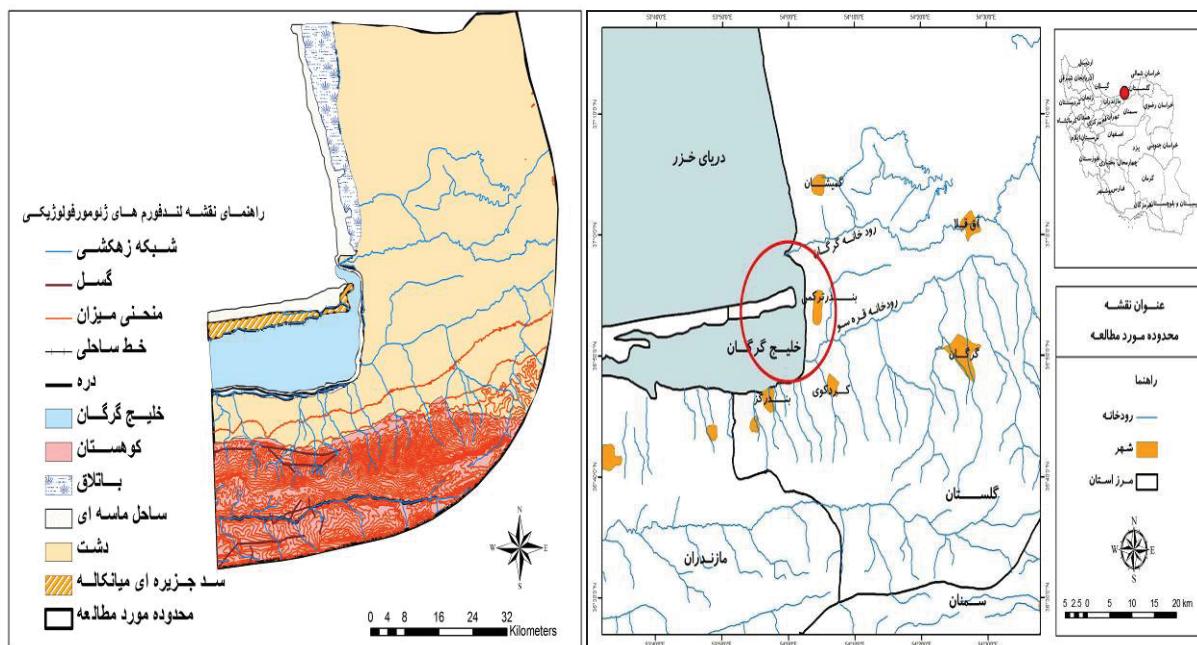
مقدمه

ساحل به عنوان یک فضای جغرافیایی دارای شرایط ویژه اقتصادی، تجاری، تفریحی و در برخی موارد استراتژیکی می‌باشد. امروزه هدف از مطالعه محیط‌های مختلف شناخت بهتر آن‌ها جهت برنامه‌ریزی‌های مختلف می‌باشد(علوی نژاد، ۱۳۸۳). یکی از فاکتورهای اساسی در مدیریت پایدار منابع طبیعی، پایش یا نظارت پیوسته خصوصیات مختلف این منابع در مقیاس‌های زمانی کوتاه مدت تا بلند مدت می‌باشد. زیرا پایش پیوسته این منابع، ضمن این که باعث آگاهی دائمی از ویژگی‌های مختلف آن‌ها می‌شود، منجر به آشکار شدن روند تغییرات آن‌ها نیز خواهد شد و در نتیجه این آگاهی و شناخت نیز می‌توان اقداماتی ارزشمند در جهت حفظ و استفاده بهینه از این منابع نمود. روش‌های فراوانی جهت پایش تغییرات خط ساحلی وجود دارند که با توجه به محدودیت‌های زمانی، اقتصادی و غیره و همچنین نیاز به نقشه‌ها و اطلاعاتی با میزان دقت مطلوب، علم و تکنولوژی سنجش از دور پیشنهاد می‌شود(قزلسلی و علوی پناه، ۱۳۸۹). پایش نواحی ساحلی نیاز به استخراج خطوط ساحلی در زمان‌های مختلف دارد. خطوط ساحلی از مهمترین پدیده‌های سطح زمین می‌باشند که از طبیعتی پویا برخوردار هستندن(Alsheikh et al., 2003). فناوری سنجش از دور روشی موثر جهت اخذ داده‌های مورد نیاز است، این روش قادر محدودیت‌های زمانی و مکانی معمول است(شایان و همکاران، ۱۳۹۱، ۳۴). استفاده از داده‌های RS و GIS در تفکیک محیط‌های رسوبی و شواهد ریخت‌شناسی سواحل در سال‌های اخیر به سرعت روبه گسترش بوده است(آل شیخ و همکاران، ۱۳۸۴، قهرودی و همکاران، ۱۳۸۴، خدابخش و همکاران، ۱۳۸۶، ضیائیان و همکاران، ۱۳۸۸). این تحقیق با رویکردی مختلف از مطالعات تجربی و تاریخی، و با روش توصیفی - تحلیلی، به پایش تغییرات خط ساحلی با استفاده از تکنیک‌های RS و GIS، از دهانه گرگان‌رود تا دهانه رودخانه قره‌سو در جنوب شرق دریای مازندران پرداخته شده است. این تغییرات باعث اثرات مستقیم و غیر مستقیم متنوعی بر روی سکونتگاه‌های شهری و روستایی، تأسیسات و امکانات زیر بنایی و به تبع آن جمعیت انسانی منطقه مورد شده است. از جمله این اثرات می‌توان به جابجایی سکونتگاه‌ها، تخریب و آسیب رسانی به راههای، شبکه‌های انتقال نیرو، آب و خطوط تلفن و تأثیر منفی بر اراضی قالبی کشت گردیده است. در زمینه پایش و آشکار سازی تغییرات خط ساحلی در سطح جهان و ایران پایان‌نامه‌ها، رساله‌ها و مقالات زیادی، طی سال‌های گذشته، با استفاده از روش‌های مختلف پردازش داده‌های ماهواره‌ای پرداخته‌اند که در ادامه به برخی از مهمترین آن‌ها اشاره می‌شود.

Zhu (۲۰۰۱)، به کمک داده‌های سنجنده‌های TM و MSS مربوط به یک دوره‌ی زمانی ۲۵ ساله(۱۹۷۳-۱۹۹۸)، و با استفاده از الگوریتم طبقه‌بندی شبکه‌های عصبی، نوسانات خط ساحلی دلتای رودخانه پرل(Pearl) در کشور چین را بررسی نمود. Makota و همکاران (۲۰۰۴)، با استفاده از عکس‌های هوایی مربوط به سال‌های ۱۹۸۱، ۱۹۹۲ و ۲۰۰۲ و با کمک GIS، به ترسیم خطوط ساحلی کاندچی(Kunduchi) پرداخته و سپس نقشه‌های مختلف تغییر را تولید نموده و به تفسیر آن‌ها پرداخته‌اند. قنواتی و همکاران (۲۰۰۸)، در مقاله‌ای به بررسی تغییرات زنومورفولوژیک دلتای رود هندیجان با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای لندست ETM+ و TM+ و با کمک GIS، به ترسیم خطوط ساحلی کاندچی(Kunduchi) پرداخته و نتایج مطالعه ایشان نشان داد که کanal رود هندیجان چندین بار جابجا شده و چندین دریاچه نعلی شکل(گردبند گاو) به عنوان نتیجه این جابجایی به جا مانده و خط ساحلی ۴ کیلومتر به داخل خلیج فارس جابه جا شده است. شایان و همکاران (۱۳۸۶)، در تحقیق خود جهت شناسایی نوسانات مرز پیرامونی و ترسیم نقشه پراکنش مواد معلق آب دریاچه ارومیه، از تصاویر سنجنده‌های ETM+ و TM+ و LISS III استفاده کرده و به روش رقومی‌سازی دستی، به ترسیم مرز ساحلی دریاچه بر روی تصاویر ماهوار ای ذکر شده که مربوط به سال‌های ۱۹۸۷، ۱۹۹۸ و ۲۰۰۲ بودند، اقدام نموده و سپس به انطباق نتایج حاصل از آن‌ها با داده‌های بارش و تبخیر ایستگاه‌های سینوپتیک موجود در منطقه پرداخته و به این نتیجه رسیدند که در این بازه‌ی زمانی ۱۵ ساله، حداقل پوشش آب دریاچه مربوط به سال ۱۹۹۸ و حداقل آن نیز مربوط به سال ۲۰۰۲ می‌باشد. تقوی و همکاران (۱۳۹۰)، با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای در محیط نرم افزار Geomatica PCI و با بهره گیری از منطق فازی، تغییرات کرانه‌های ساحلی بوشهر تا کنگان را مورد پایش و تحلیل قرار داده و سپس با استفاده از تکنیک نظارت شده، لندرم‌های زنومورفولوژیکی منطقه را شناسایی کردند.

معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه در این تحقیق، ناحیه ساحلی ما بین دهانه‌ی رودهای گرگان (به عنوان حد شمالی) و قره‌سو (به عنوان حد جنوبی) است که در بخش غربی استان گلستان واقع شده است. این محدوده شامل بخشی از قسمت ساحلی شهرستان‌های بندرترکمن و گمیشان به همراه قسمت شرقی شبه جزیره‌ی میانکاله می‌باشد. قسمت شمالی این محدوده جزء سواحل دریای خزر و قسمت جنوبی نیز جزء سواحل خلیج گرگان محسوب می‌شود. این محدوده در سالیان مختلف دچار نوسانات محسوسی شده است. این محدوده به لحاظ زمین‌شناسی، ژئومورفولوژیکی، توپوگرافی و اقلیمی دارای تنوع خاصی نبوده و تقریباً همگون محسوب می‌شود. به طور مثال از لحاظ توپوگرافی در حدود ۲۷ تا ۲۵ متر زیر سطح آب‌های آزاد ارتفاع داشته و شبی قابل ملاحظه‌ای نیز ندارد (شکل‌های ۱ و ۲). به لحاظ اقلیمی نیز جزء منطقه‌ی نیمه مرطوب ساحل دریای خزر به حساب می‌آید. مهم‌ترین نقطه مسکونی واقع شده در این منطقه، شهر بندرترکمن با جمعیتی در حدود ۵۵۰۰۰ نفر می‌باشد که دارای تأسیسات ساحلی از جمله اسکله‌ی می‌باشد.



شکل ۲: نقشه لند فرم‌های ژئومورفولوژیک جنوب شرق دریای مازندران

شکل ۱: نقشه محدوده مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

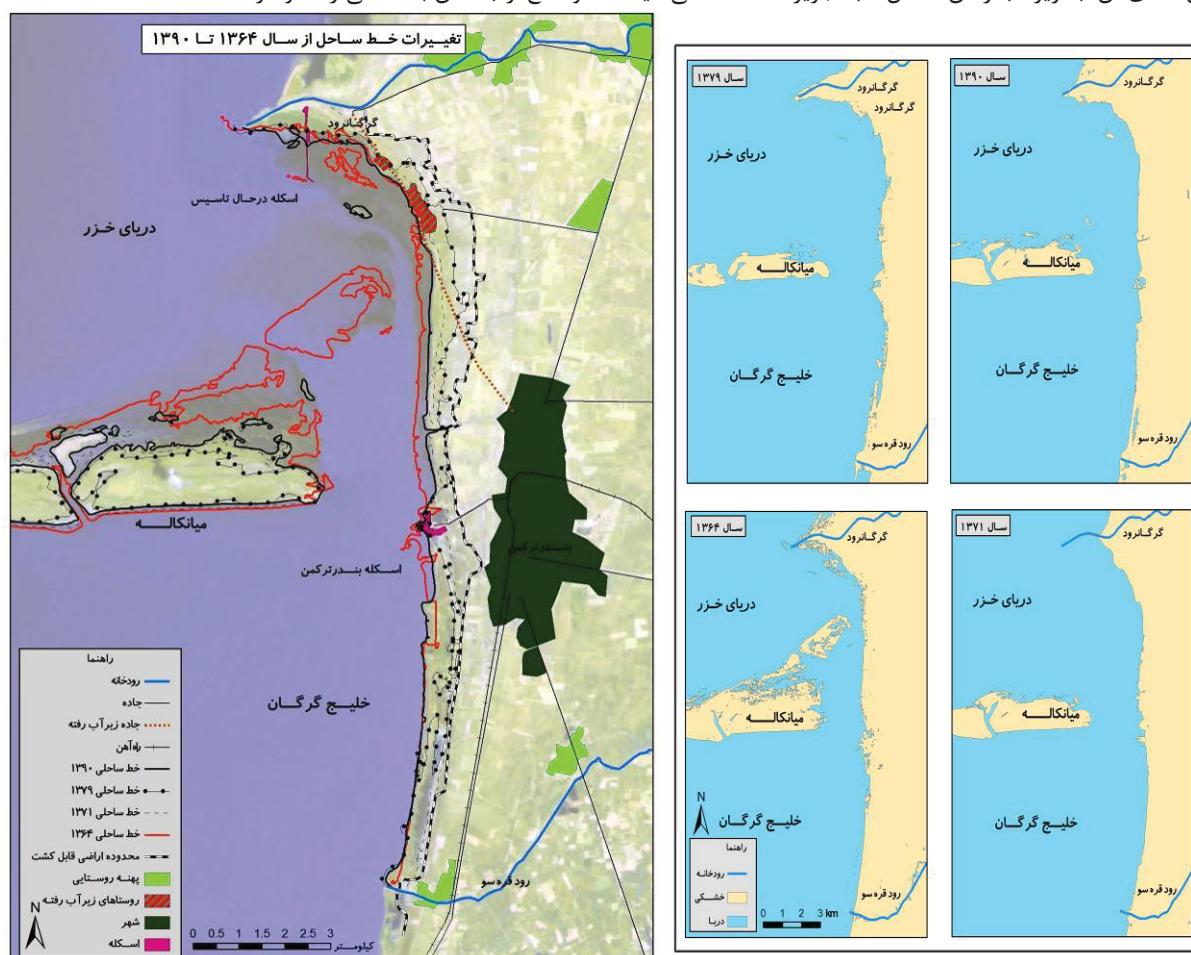
برای پایش تغییرات خط ساحل در طی دوره ۲۶ ساله، از تصاویر ماهواره‌ی لندست (ETM+) در دوره‌های مختلف استفاده شد. بر این اساس، تصاویر سال‌های ۱۳۶۴، ۱۳۶۷، ۱۳۷۹، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ تهیه و مورد تحلیل قرار گرفت. با توجه به اینکه عامل اصلی تحلیل در اینجا سطح آب و خشکی است، بنابراین نیاز بود تا ترکیب باندی مناسب برای تشخیص موز بین خشکی و دریا تعیین شود. برای این کار از باندهای ۲ و ۴ استفاده شد. با تقسیم باند ۴ بر باند ۲ و تحلیل خروجی حاصل، این امر میسر شد. خروجی حاصل که یک فایل رستری است، تبدیل به فایل‌های وکتوری شده و طی مراحل مختلف اصلاحات، محاسبات و تجزیه و تحلیل‌های مورد نیاز انجام شد تا در نهایت، پهنه‌های ساحلی و خط ساحلی در هر دوره استخراج شود.

یافته‌ها و بحث

بر اساس تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای که برای پایش تغییرات خط ساحلی در منطقه مورد مطالعه به کار رفته‌اند (شکل‌های ۳ و ۴)، نتایج مختلفی به دست آمد که هر یک از این نتایج خود گویای توضیحاتی درباره مسائل محدوده مطالعه می‌باشد. دوره‌ی زمانی در این تحقیق، یک دوره‌ی ۲۶ ساله بوده است که در طی این مدت، سواحل دریای خزر در این محدوده دچار نوسانات مختلفی شده است. بر اساس تجزیه و تحلیل تصاویر مورد نظر، مشخص شد که نوار ساحلی سال ۱۳۶۴ (اولین سال مورد مطالعه)، تا سال ۱۳۷۱ به طور قابل ملاحظه‌ای پیشروی داشته است. به طوری که خط ساحل از حدود ۳۰۰۰ متر به سمت خشکی تغییر کرده است. در جریان این تغییر و پیشروی آب دریا، مساحتی در حدود

۳۰۰۰ هکتار از اراضی مایین دهانه‌ی رود گرگان و قره سو به زیر آب رفته است. این محدوده شامل بخش ساحلی غربی دریا و نیز بخش شرقی شبه جزیره‌ی میانکاله بوده است. در سال‌های بعد نیز این پیشروی دریا ادامه داشته است. به طوری که تا سال ۱۳۷۹ حدود ۶۰۰ هکتار دیگر نیز به این محدوده اضافه شد. اما تصویر سال ۱۳۹۰ و نیز بررسی و مشاهده‌ی میدانی در طول این سال‌ها، نشان از آن دارد که خط ساحل به سمت دریا رفت و در واقع دریا پسروی داشته است. به طوری که از محدوده‌ی حدود ۳۵۰۰ هکتار پیشروی دریا تا سال ۱۳۷۹، پس از آن تا سال ۱۳۹۰، حدود ۹۰۰ هکتار از اراضی به زیر آب رفته مجدد از زیر آب درآمده و خط ساحلی را به سمت دریا پیش برد است. اما با توجه به اینکه پیشروی آب در طی سال‌های ۱۳۷۱ و ۱۳۷۲ به بیشترین حد خود رسید، بالاترین میزان اثرگذاری را در ساحل داشته است. تغییر خط ساحل در طی دوره‌های اول و دوم مورد مطالعه (فاصله‌ی زمانی تصویر سال ۱۳۶۴ با ۱۳۷۱ و ۱۳۷۱ با ۱۳۷۲) تأثیرات قابل ملاحظه‌ای را بر پدیده‌های انسانی در محدوده‌ی مورد مطالعه گذاشته است. از مهم‌ترین این تغییرات می‌توان به تخریب و جایجایی دو روستا (چپاقلی و سیدآباد) با جمعیتی در حدود ۲۵۰۰ نفر اشاره کرد. این دو روستا در طی سال‌های ۱۳۷۱ و ۱۳۷۲ مورد هجوم پیشروی دریا قرار گرفته و غیرقابل سکونت شدند. بنابراین اجباراً به نقطه‌ای دورتر از ساحل جابجا شدند. تحولات و تأثیرات ناشی از این اتفاق جای بحث فراوان دارد ولی در اینجا مجال بحث فراهم نیست.

علاوه بر این مورد، مساحت زیادی از زمین‌های قابل کشت در نواحی ساحلی با پیشروی خط ساحل به خشکی، تبدیل به اراضی غیرقابل استفاده شده‌اند. همچنین تأسیسات زیربنایی از جمله جاده‌ها و خطوط انتقال نیز دچار آسیب و تخریب شدند. از جمله جاده‌ی ارتباطی همین دو روستا که به طول تقریبی هشت کیلومتر تخریب و غیرقابل استفاده شد. در کنار این موضوعات، به علت نوسانات مکرر خط ساحلی، برخی از تأسیسات شهر بندرترکمن و اسکله‌ی آن نیز دچار آسیب‌های فیزیکی و کارکردی گردید. همچنین پسروی و پیشروی ساحل در محدوده مورد مطالعه و به تبع آن تغییرات خط ساحل از نظر زئومورفولوژی ساحلی نیز قابل بحث و بررسی می‌باشد، از جمله تغییراتی که در اثر این نوسانات صورت گرفته است می‌توان به زیر آب رفتن ساحل ماسه‌ای و گسترش ساحل در رسوبات لسی منطقه، تأثیر در پسروی و پیشروی مصب رودخانه قره سو و گرگانبرود و کم شدن دلتای آن، به زیر آب رفتن ساحل شبه جزیره (سد ساحلی) میانکاله و قطع ارتباط آن با خشکی را ذکر کرد.



شکل ۳: روند تغییرات خط ساحل در دوره‌ای مختلف بر اساس تصاویر ماهواره‌ای و استخراج نقشه نهایی

نتیجه‌گیری

برنامه‌ریزی عمران منطقه‌ای بدون انجام مطالعات ژئومورفولوژیکی باعث اتلاف سرمایه و صرف هزینه زیاد می‌شود. محیط‌هایی که در آنها زندگی می‌کنیم، دائمًا در حال تغییر و تحول می‌باشد و آگاهی از ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی سیستم‌های ساحلی و چگونگی تحول آن و آشکارسازی تغییرات و تهیه نقشه تغییرات ساحلی می‌تواند کمک شایانی به برنامه‌ریزان محیطی و منطقه‌ای کند و ژئومورفولوژی ساحلی در مورد شکل گیری عوارض ساحلی (لندفرم‌ها)، فرآیندهای موثر بر روی آن‌ها و تغییرات رخ داده به بحث و پایش می‌پردازد.

در این تحقیق به پایش تغییرات خط ساحلی با استفاده از تکنیک‌های RS و GIS، از دهانه گرگان‌رود تا دهانه رودخانه قره‌سو در جنوب شرق دریای مازندران در یک بازه زمانی ۲۶ ساله (از ۱۳۹۰ تا ۱۳۶۴) پرداخته شد. تأثیرات ناشی از تغییرات خط ساحل و پیشروی و پسروی دریا را می‌توان به دو دسته‌ی طبیعی (ژئومورفولوژیکی، پوشش گیاهی) و انسانی تقسیم کرد. از جمله تغییرات طبیعی حاصل شده، تغییرات مکرر در دلتای رود گرگان، شبکه‌جذبه‌ی میانکاله، به زیر آب رفتن سواحل ماسه‌ای، نفوذ آب شور دریا به زمین‌های لسی منطقه و مانند آنها اشاره نمود. اما در زمینه‌ی تأثیرات انسانی شاید جای تأمل بیشتری داشته باشد. به هر حال کوچکترین تغییر در پهنه‌های طبیعی منجر به تغییرات عمیق انسانی می‌شود. در اینجا نیز می‌توان از تخریب زمین‌های زراعی منطقه و جابجایی دو روستا به علت آبگرفتگی و به تبع آن جابجایی جمعیت، اقتصاد، فرهنگ، معیشت و هر آنچه وابسته به ساختار روستایی آنهاست اشاره نمود. همچنین، آسیب به زیرساخت‌ها و تأسیسات شهری و روستایی در منطقه از دیگر اثرات مهم تغییرات خط ساحل است. بنابراین لازم است تا با بررسی و پایش مداوم الگوهای تغییرات خط ساحل و شناخت آن، برنامه‌ریزی‌های سنجیده‌تری را صورت داد.

منابع

- [۱۲] آل شیخ، علی اصغر و همکاران(۱۳۸۴)، پایش خطوط ساحلی دریاچه ارومیه با استفاده از سنجش از دور، نشریه علوم جغرافیایی، جلد ۴، شماره ۵، صص ۱۶-۱.
- [۱۳] شایان، سیاوش و مهدی جنتی(۱۳۸۶)، شناسایی نوسانات مرز پیرامونی و ترسیم نقشه پراکنش مواد معلق دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای(سنجنده‌های LISS III، TM، ETM+ و ETM)، مجله پژوهه‌های جغرافیایی شماره ۶۲، زمستان ۱۳۸۶، صص ۲۵-۳۹.
- [۱۴] شایان، سیاوش و همکاران(۱۳۹۱)، آشکارسازی تغییرات خط ساحلی شمال کشور با استفاده از تکنیک‌های RS و GIS(مطالعه موردی: خلیج گرگان، اولین کنفرانس ملی ژئومورفولوژی و زیستگاه انسان، اسفندماه ۱۳۹۱، صص ۳۴-۳۶).
- [۱۵] ضاییان فیروزآبادی، پرویز و همکاران(۱۳۸۸)، تهیه نقشه لند فرم و جزر و مد ساحل شهرستان بوشهر با استفاده از RS، GIS، GPS در محدوده قانونمند ساحلی(CRZ)، فصلنامه مدرس علوم انسانی، دوره ۴، شماره ۱.
- [۱۶] علوی نژاد، سید نظام(۱۳۸۳)، آشکارسازی تغییرات ژئومورفولوژیکی و کاربری اراضی خور موسی(بند امام خمینی و ماهشهر) با استفاده از RS و GIS، پایان‌نامه کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی (تربیت معلم تهران).
- [۱۷] قزلسلی، محسن و سید‌کاظم علوی پناه(۱۳۸۹)، کاربرد تفسیر بصری داده‌های ماهواره‌ای در آشکارسازی تغییرات خط ساحلی، همایش ژئوماتیک ۸۹.
- [۱۸] قهرومدی تالی، منیژه و محمدرضا ثروتی(۱۳۸۴)، کاربرد Metadata(GIS) در مدیریت یکپارچه نواحی ساحلی، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، شماره پنجم.
- [19] Alesheikh, A.A, F. Sadeghi Naeeni, and A. Talebzadeh (2003), "Improving Classification Accuracy using External Knowledge" GIM conference of Remote Sensing, International, Aug. 2003, Vol. 17, No. 8. Pp. 12-15.
- [20] Ghanavati, E. and et al (2008), Monitoring geomorphologic changes using Landsat TM and ETM+ data in the Hendijan River delta, southwest Iran, International Journal of Remote Sensing, Volume 29 Issue 4, February 2008, Pages 945-959.
- [21] Makota, V. et al (2004), Monitoring shoreline change using remote sensing and GIS: a case study of Kunduchi area, Tanzania, western Indian ocean ,sci. vol. 3, No. 1, pp. 1-10.
- [22] Zhu, xiaoge, 2001, remote sensing monitoring of coastline change in Pearl river estuary, 22nd Asian.

تکنیکهای تداخل سنگی راداری رویکردی نو در پایش تغییرات سطحی زمین تغییرات لندفرمیک بهشت گمشده زاگرس

^۱صدیقه لایقی، ^۲سارای صارمی

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد هیدرولوژی و ژئومورفولوژی، srlayeghi2006@yahoo.com

^۲کارشناسی ارشد اقلیم، saray.saremi@yahoo.com

مقدمه و منطقه مورد مطالعه

منطقه حفاظت شده تنگ بستانک در زمرة منطقه حفاظت شده مارگون، بخشی از حوزه زاگرس میانی و حوزه آبخیز بزرگ رودخانه کر است.

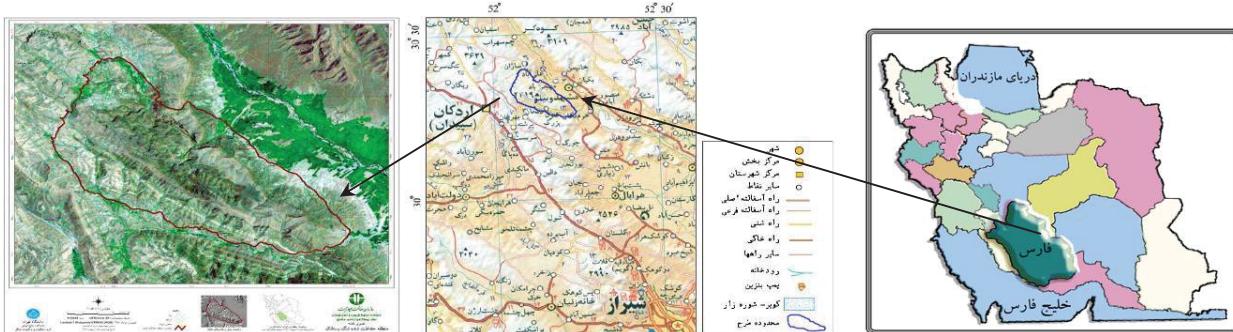
این مجموعه‌ی بی بدیل در برگیرنده‌ی پدیده‌هایی کم نظیر و گاهی منحصر به فرد طبیعی است که در شمار مناطق گردشگری ممتاز استان فارس قرار دارند. آثار زیبای طبیعی بهشت گمشده و آبشار مارگون از جمله‌ی این مناطق است.

این منطقه با دارا بودن یک زمین ریخت شناسی (ژئومورفولوژی) کوهستانی که کمترین ارتفاع آن از سطح دریا ۱۶۸۰ متر بوده و ارتفاع بلندترین قله‌ی آن (کوه رنج) به ۳۹۵۰ متر می‌رسد، یکی از پرپارامترین مناطق استان فارس و تأمین کننده‌ی عمدی منابع آب سد درودزن و دریاچه‌های بختگان و طشك و همچنین اراضی کشاورزی بیضا، کامپیروز و کربال است.

این منطقه به دلیل دارا بودن مراتع غنی، مورد استفاده چراست دام توسط روستاییان ساکن در درون و حاشیه منطقه و نیز جوامع کوچ رو عشايری قرار دارد. اما بهره برداری بی رویه از منابع طبیعی، تغییرات کاربری گسترده از جنگل و مرتاع به کشاورزی آنهم در شیب‌های تند، چراست دام، قطع درختان جنگلی، آلودگی منبع آب شرب و گردشگری بی برنامه، فقر اقتصادی و نبود دانش زیستن در کنار طبیعت و از همه مهمتر فقدان الگوی توسعه‌ی منجر به وارد آمدن صدمات جبران ناپذیر بر پیکر طبیعت منطقه گردیده و پایداری محیطی، اقتصادی و اجتماعی را در مخاطره قرار دهد.

موقعیت جغرافیایی

این منطقه بین عرض‌های شمالی $30^{\circ} 14' 40''$ تا $30^{\circ} 23' 50''$ و طول‌های شرقی جغرافیایی $52^{\circ} 15' 00''$ تا $52^{\circ} 30' 00''$ و در فاصله فضایی ۶۶ کیلومتری شمال غرب شهر شیراز قرار دارد. مسیر اصلی دسترسی به منطقه از جاده‌ی شیراز به اقلید است که دو مسیر بیضا به تنگ شول و بیضا به بهشت گمشده از دو سو منطقه را در بر می‌گیرد.

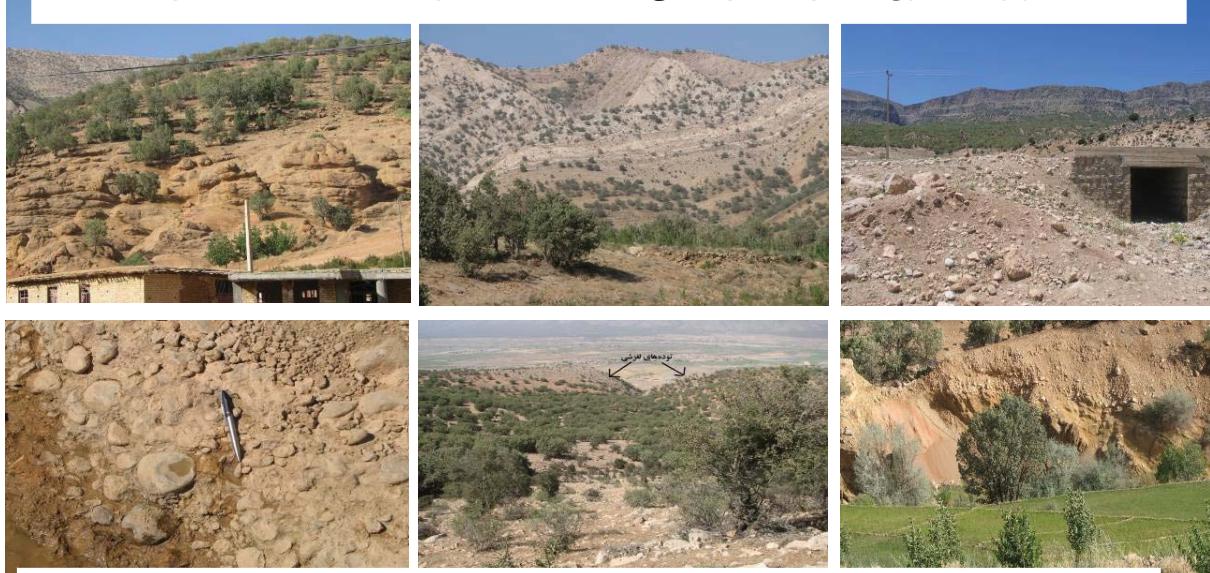


تصویر ۱: موقعیت منطقه در ایران و گوگل ارث

این منطقه در زون زاگرس چین خورده واقع شده است. روند چین‌ها در این زون که متشكل از ناودیسه‌ها و تاقدیسه‌های متوالی است، شمال غربی - جنوب شرقی است. در این واحد ساختمانی رسوبات پالئوزوئیک، میان‌کوهیک، میان‌کوهیک و ترشیاری اغلب به طور هم شیب روی یکدیگر قرار گرفته‌اند.

به علت حرکات کوهزایی اواخر کرتاسه، محیط رسوب گذاری زاگرس در زمان ترشیری با تغییراتی آغاز می‌شود، چنانکه در ابتدا رسوبات تبخیری ته نشین شده و سپس به تدریج به رسوبات کم عمق و عمیق (سازند جهرم) تبدیل می‌شود. در اواخر ائوسن در زاگرس آثار یک پسروی دریایی بصورت دگرشیبی مشاهده می‌شود (بخش فوکانی جهرم). مجدداً پیشروی دریا در الیگومیوسن سبب تهشینی آهکهای آسماری در این ناحیه می‌شود و پس از آن رسوبات ماسه سنگی، مارنی و آهکی حاوی گچ و نمک به سن میوسن پایانی تا پلیوسن زیرین بطور هم شبی بر روی آهکهای آسماری قرار می‌گیرند (گروه فارس). هیچ نوع فعالیت ماقمatisیم و دگرگونی، در این حوضه مشاهده نمی‌شود.

تصویر ۲: رخنمون لایه‌های آهکهای سیلتی سازند رازک و لایه‌های ماسه‌سنگ سازند آگاجاری



تصویر ۳: رخنمون لایه‌های کنگلومرای سازند بختیاری و نهشته‌های دامنه‌ای و رسوبات آبرفتی

در منطقه مطالعاتی آهکهای آسماری دارای درزهای فراوانی می‌باشند و زمینه را برای گسترش هوازدگی یخیندانی فراهم می‌کنند. در ضمن با توجه به گسترش درختان بلوط در بخشی از منطقه، می‌تواند در هوازدگی مکانیکی آن منطقه موثر باشد. رویش درختچه‌های کوچک در درزهای موجود در آهکهای آسماری نیز می‌تواند باعث گسترش هوازدگی گردد. واریزه‌های ثقلی در سازندآسماری- جهرم به وفور دیده می‌شود. هوازدگی فیزیکی در این منطقه غالب می‌باشد و تنها نوع هوازدگی شیمیایی قابل مشاهده، پدیده انحلال است.

نتیجه عملکرد پدیده انحلال ایجاد غارهای انحلالی (Karst) در مقیاس‌های کوچک و بزرگ می‌باشد. در سازند آسماری سیستم درز و شکاف عمودی بر لایه بندی باعث گسترش کارست در این سازند شده است.



تصویر ۴ : رویش درختچه های کوچک در درزه های سنگ های آهکی و حفره های حاصل از انحلال در سازند آهکی آسماری جهرم

سازنده های زمین شناسی در منطقه، از لحاظ نفوذ پذیری به دو دسته رسوبات عصر حاضر و واحد های سنگی تقسیم می شوند. بطور کلی رسوبات کواترنری (رسوبات ناپیوسته) به دلیل شرایط شکل گیری خود از وضعیت نفوذ پذیری بسیار بهتری نسبت به واحد های سنگی برخوردار می باشند. این رسوبات به دلیل کاهش انحرافی (در اثر کاهش شیب یا تغییر شکل بستر رودخانه) نهشته می شوند. در این فرایند ابتدا دانه های درشت و سنگین و سپس دانه های ریز و سبک نهشته می شوند. به همین دلیل است که در یک مخروط افکنه، ابعاد دانه ها از راس به قاعده کاهش می یابد و در نتیجه آبرفت های نهشته شده در راس یک بادیزن آبرفتی هم به دلیل عمق و هم به دلیل وجود فضاهای باز میان دانه ها از نفوذ پذیری بهتری برخوردار است. واحد های سنگی نسبت به رسوبات کواترنری از نفوذ پذیری کمتری برخوردار می باشند.

از واحد های سنگی موجود، سازند آسماری - جهرم دارای ترکیب کربناته می باشد. سنگهای کربناته در اثر واکنش با آبهای حاوی CO_2 دچار انحلال می شوند. هر چقدر که عمل انحلال در سنگهای کربناته و توسعه درز و شکافها بیشتر باشد، این سنگها از نفوذ پذیری برخوردار بوده و در نهایت، از منابع آب بیشتری برخوردار می باشند. همچنین پدیده انحلال موجب بوجود آمدن اشکال مورفولوژیکی در سطوح خارجی سنگهای آهکی می شود (غار Cave، پوله Polje، سینگ Sink hole) سنگهای کربناته با درز و شکاف زیاد که میزان کارست در آنها زیاد است (Holokarst) از نظر تشکیل مخازن و گذرگاه های جریان آب زیرزمینی جایگاه مهمی در زاگرس دارند.

وجود این درز و شکافها نقش یک معتبر را برای جریان آب زیرزمینی دارد. این لیتولوژی می تواند دارای چشممه هایی با آبدھی کم اما دائمی باشد. در منطقه مورد مطالعه، در رخنمون ماسه سنگی سازند آغازگاری، چشممه وجود ندارد. در مورد لیتولوژی سازند پابده و گوری به دلیل وجود لایه های مارنی و شیلی، نفوذ پذیری کم بوده و قدرت نفوذ آب از آنها کم است.

مطالعات ژئومورفولوژی بیشتر به منظور شناسایی و مقایسه اشکال ناهمواریها و نهشته های ناشی از آنها است. ژئومورفولوژی، علم بررسی تحول ناهمواری ها است. هدف اصلی از انجام مطالعات زمین ریخت شناسی، تعیین و تفکیک واحد ها، تیپ ها، رخساره های ژئومورفولوژی است.

در منطقه حفاظت شده تنگ بستانک، دو واحد اصلی ژئومورفولوژیکی وجود دارد که شامل جزئیات زیر است : **الف : واحد کوهستان (M)** شامل تیپ آهک آسماری (رخساره پرتگاهی با رخنمون توده سنگی)، رخساره دامنه ای پر شیب و بروند آهکی، رخساره دامنه منظم با پوشش جنگلی، رخساره دامنه منظم با پوشش مرتعی، بروند سنگی، رخساره فرسایش آبراهه ای با پوشش جنگلی و رخساره دامنه پرشیب سنگی)

ب : واحد تیپ ماهور (H) شامل تیپ مارنی و شیلی (رخساره بروند سنگی)، رخساره دامنه نامنظم با پوشش جنگلی و رخساره رسوبات تثبیت شده جنگلی) و تیپ مارن ها و آهک های سیلتی رازک (رخساره دامنه نامنظم با پوشش مرتعی، رخساره دامنه منظم با پوشش مرتعی)

ج : واحد دشت سر شامل تیپ دشت سر فرسایشی (رخساره فرسایش آبراهه ای و شیاری فاقد پوشش گیاهی، رخساره دشت دامنه ای، رخساره فرسایش تشدید شده مسکونی و رخساره فرسایش تشدید شده)
یافته ها و بحث

در گستره مورد مطالعه رایج ترین اشکال ژئومورفولوژیک شاخص عبارتند از: **الف - سکوهای افقی (Benches)**: از شواهد این ساختار وجود سکوهای متعدد در طول دره تنگ بستانک می باشد که به صورت متوالی وجود قسمت های افقی و شیب دار می تواند مovid این قضیه باشد و از شواهد دیگر آن نیز رشد گیاهان بر روی سکو ها است . **ب - غارهای کارستی**: در منطقه حفاظت شده تنگ بستانک، به دلیل رخنمون سازند آهکی آسماری - جهرم و بارندگی قابل توجه، غارهای آهکی در بعضی نقاط دیده می شود. **ج -**

پرتگاه (Scarp): پرتگاهها باعث بوجود آوردن چشم اندازهای می‌شود که به علت گسل‌های متعدد در منطقه و فعالیت‌های شدید زمین ساختی بوجود می‌آیند. **۵- دره‌های کاتاکلینال**: ۱: اشکال مختلف آبراهه با الگوی دندانه‌ای (سازندهای مارنی) و موازی (سازندهای آهکی) ۲: حرکات دامنه‌ای نظیر واریزه‌ها، لغزش و سولیفلکسیون و... ۳: گیلویی و پرتگاه واقع بر روی دامنه‌های مرتفع و حاشیه برخی از رودخانه‌های مستقیم و پیچانه‌دهی ۴: دره‌های روز و کلوز ۵: دره‌های سنگ و خشک ۶: سه سطح تراس آبرفتی. **۵- واریزه**: یکی از انواع بسیار رایج حرکات دامنه‌ای واریزه‌ها می‌باشد که عمدتاً بر روی دامنه‌های شیبدار مناطق کوهستانی و تپه ماهوری، در پای رخمنهای سنگی و توده سنگی بویژه مناطق برخوردار از سیمای رئومورفولوژیک گیلوئی و کواستا از توسعه و گسترش چشمگیری برخوردارند. این اشکال به میزان و شکلهای مختلف در پای اغلب ارتفاعات و رخمنهای چهره ساز حوضه، گسترش و پراکندگی دارند. **۶- گیلویی**: این اشکال عموماً بر روی واحدهای مقاوم و توده‌ای نظیر سنگهای آهکی توسعه و گسترش دارند.

نتیجه گیری

تغییرات رئومورفولوژیکی از جمله عواملی هستند که ممکن است متناسب با جایگاه و شرایط محیطی، قلمرو گسترش آنها، در ترکیب و مشارکت با سایر عوامل، نقش بسیاری در افزایش استعداد فرسایش پذیری و رسوبزایی داشته باشند. در مواردی نیز بالعکس، تغییرات رئومورفولوژیکی بعنوان نتیجه و محصول فرآیندها و رویدادهای فرسایشی اهمیتی در تشدید فرسایش نداشته و متناسب با نوع تغییرات به میزان قابل توجهی، خاستگاه و محل تجمع عناصر آواری منتقل شده از نواحی مرتفع و شیبدار از بالادست محسوب می‌شوند. مجموعه علل و عوامل موثر در شکل گیری سیمای ریخت‌شناسی حوضه و تغییرات بعدی آنها را می‌توان بشرح ذیل ارایه نمود: ۱. عوامل کوهزایی و زمین ساختی: که منشاء آنها به فعل و افعالات درونی زمین و حرکات پوسته مربوط می‌شود. ۲. انواع فرآیندهای فرسایشی: شامل پدیده‌های فرسایشی فیزیکی شیمیایی، بیوشیمیایی و زیستی ۳ نوع و جنس رخساره‌های سنگی، کیفیت ظاهر و رخمنون آنها در سطح زمین ۴. میزان و کیفیت گسترش سیستم‌های شکستگی و درز و شکاف بر روی واحدهای سنگی مختلف ۵. وضعیت و نوع ساختمانهای چین خورده ۶. شرایط اقلیمی و نوع بارش‌های جوی منطقه ۷. کیفیت پوشش گیاهی ۸. شکل عمومی حوضه

جدول شماره ۱: تقسیم‌بندی سازندهای زمین‌شناسی از نظر نفوذپذیری و حساسیت به فرسایش

نام سازند	وضعیت نفوذپذیری	حساسیت به فرسایش	لیتوژئی
آسماری جهرم As-ja	خوب (تراوا)	low	لايه‌های آهکی مقاوم
آغاری Aj	خوبی کم	Medium	تناوب لايه‌های ماسه سنگ و گل سنگ
Rz	متوسط - کم	Medium-high	تناوب لايه‌های آهکی و مارن سیلی
پابده - گوربی Pd-Gu	کم	Medium-high	لايه‌های شیلی و مارنی
بختیاری Bk	کم	Medium- low	کنگلومرا
رسوبات کواترنری Q	خوب - کم	Very high	رسوبات سخت نشده

سازند آغاری به واسطه داشتن طبقات گل سنگی و گسترش هوادگی مکانیکی از فرسایش متوسطی برخوردار می‌باشد. در سازند پابده و گوربی حساسیت از متوسط تا زیاد تغییر می‌کند و این امر بیشتر به دلیل تغییرات لیتوژئی است. در نواحی مارنی و شیلی، این سازند حساسیت زیاد تا حساسیت متوسط دارد. کنگلومراهای بختیاری نیز دارای فرسایش متوسط تا کم می‌باشند.

۵- منابع :

- نتاب (شرکت تحقیقات منابع آب). ۱۳۸۶. نقشه رقومی حوضه‌های آبریز، زیر حوضه‌ها و واحدهای هیدرولوژیک.
- نتاب (شرکت تحقیقات منابع آب). ۱۳۸۶. نقشه رقومی رودخانه‌های دائمی و فصلی کشور.
- تهرانی، خسرو. ۱۳۶۷. چنده شناسی ایران و مقاطع تیپ تشکیلات. دانشگاه تهران.



پایش حساسیت به فرسایش خندقی با استفاده از مدل رگرسیون چند متغیره و مدل تجربی ارزش داده در کیاسر

عباسعلی افضلی^۱، علی افضلی^۲

۱- کارشناس ارشد رئومورفولوژی در برنامه ریزی محیطی دانشگاه تربیت مدرس Afzali.geo@gmail.com

۲- کارشناس مرکز تحقیقات بین المللی ببابان دانشگاه تهران- ایستگاه پژوهشی سمنان

مقدمه

فرسایش خندقی از فرآیندهای مهم تخریب خاک است و یکی از مخربترین و پیچیده‌ترین انواع فرسایش آبی محسوب می‌گردد. طبق تعاریف، خندق آبراهه‌ای است نسبتاً دائمی با دیوارهای جانبی قائم که جریان‌های موقت آب در هنگام بارندگی از آن می‌گذرد. در مطالعات متعددی در ارتباط با پایش فرسایش خندقی با بهره گیری از ابزارهای گوناگون به این نتیجه دست یافته‌اند که اصولاً بسته به منطقه و شرایط محیطی، عوامل متفاوتی در وقوع این نوع از فرسایش دخالت داشته و بسته به شرایط میزان تاثیر این عوامل متغیر می‌باشد. نتایج حاصل از بررسی‌ها و تحقیقات انجام شده در ایران نیز، نشانگر متفاوت بودن عوامل و میزان تأثیر آن‌ها در ایجاد فرسایش خندقی به طور کلی و رشد و گسترش آن در نقاط مختلف ایران است.

تحقیق حاضر به ارزیابی مقایسه‌ای بین مدل آماری رگرسیون چند متغیره و روش ارزش داده پرداخته است. بدین منظور در اول قدم، با بررسی مجموع فاکتورهای اثرگذار (لیتوژوئی، کارپری زمین، خاک، شیب، جهت شیب، شاخص رطوبت توپوگرافی (TWI)، شاخص قدرت جریان^(۱) (SPI)، فاکتور طول دامنه^(۲) (LSF) در میزان حساسیت به فرسایش خندقی، اثرگذارترین فاکتورها را استخراج شد و بر اساس نتایج به دست آمده از هریک از مدل‌ها، الگوی فضایی پهنه‌های حساس به فرسایش استخراج و با استفاده از رویکرد مقایسه‌ای تفاوت نتایج حاصل از کاربرد هریک از مدل‌ها مورد بررسی پایانی قرار گرفت.

داده و روش تحقیق

منطقه کیاسر واقع در طول شرقی ۳۴ تا ۵۳ و عرض شمالی ۱۳ تا ۳۶ با وسعتی در حدود ۴۳ کیلومترمربع در شمال شرقی شهر کیاسر و در جنوب حوزه آبریز رود تجن واقع شده است و به سمت دریای خزر توسط رود تجن زه کش می‌شود. الگوی زهکش در بخش شرقی و شمالی آن به صورت شاخه درختی و در سمت غرب و جنوب به صورت داربستی بوده و تراکم زه کشی ۴.۸۶ منطقه گویای شرایط محیطی حساس به فرسایش است. مبتنی بر تقسیم بندی اقلیمی سلیمانیوف منطقه دارای اقلیمی نیمه مرطوب با تابستان‌هایی گرم و معتدل همراه با بارش‌های رگباری همرفتی است.

از نظر سن زمین شناسی قدیمی‌ترین برونزد متعلق است به سازند ڈرود مربوط به پرمین زیرین، با رخسارهای ماسه‌سنگ، شیل و سنگ آهک و اورتوکوارتزیت که ۳۳ درصد از منطقه را پوشانده و جدیدترین برونزد نیز مربوط می‌شود به آبرفت‌های کوارترنری که غالباً در آبراهه‌ها تجمع یافته و حداقل ۱۱ درصد منطقه را در بر می‌گیرد. از نقطه نظر حساسیت به فرسایش می‌توان رخمنون های مربوط به ژوراسیک میانی با رخسارهای مارن، شیل و ماسه سنگ را در شمال منطقه ذکر کرد که در مجموع این رخساره‌ها ۲۵ درصد از کل منطقه را پوشانده است.

¹ Topographic Wetness Index

² Stream Power Index

³ Length Slope Factor

عمدتاً در منطقه چندان به موروفولوژی خشن و برونزدهای صخره‌ای و سنتگی بر نمی‌خوریم و این موضوع بستر حضور انسان را در منطقه فراهم نموده. در مجموع ۱۸ درصد از کل منطقه به طور مستقیم توسط فعالیت‌های انسانی تحت تأثیر قرار گرفته که از مجموع ۱۸ درصد ، ۲ درصد مربوط می‌شود به سکونتگاه‌ها و ۱۶ درصد نیز در بردارنده اراضی زراعی و با غی است.

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از داده‌های زمین شناسی، کاربری زمین، خاک و فاکتورهای شیب، جهت شیب، شاخص قدرت جریان ، شاخص رطوبت توپوگرافیکی و فاکتور طول دامنه. که به طور مستقیم یا غیر مستقیم از مدل رقومی ارتفاع(DEM) استخراج و به عنوان متغیرهای مستقل به مدل معرفی گردید.

به منظور استخراج لایه خندق یا آبراهه به عنوان متغیر وابسته از الگوی فضایی و تراکمی آبراهه بهره گرفته شد. این فاکتور نیز با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی منطقه استخراج گردید.

استخراج پهنه‌های حساس نسبت به فرسایش خندقی

روش رگرسیون چند متغیره: جهت انجام این بخش از پژوهش و به منظور ایجاد دقت در مقادیر همبستگی بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل، و در عین حال با در نظر داشتن ویژگی حوضه‌ای بودن مطالعه، منطقه به ۲۸ زیرحوضه تقسیم بندی شد. با هدف معرفی رقم معرف برای هر یک از این زیرحوضه‌ها و با استفاده ازتابع Zonal statistics و روی هم گذاری مجازی لایه‌ی زیرحوضه‌ای با هر یک از متغیرهای مستقل و متغیر وابسته رقم میانگین پیکسل‌های موجود در زیرحوضه‌ها انتخاب و به هر یک از زیرحوضه‌ها به عنوان کوچک‌ترین واحد مطالعاتی در منطقه نسبت داده شد.

پس از استخراج مقادیر میانگین هر یک از فاکتورها در ۲۸ زیرحوضه ارقام در محیط نرم افزار SPSS مورد تحلیل آماری قرار گرفت. فاکتور تراکم آبراهه به عنوان متغیر وابسته یا فاکتور تأثیر پذیر و ۸ فاکتور (لیتوژئی، کاربری اراضی ، خاک و لایه‌های مستخرج از DEM) به عنوان متغیرهای مستقل یا فاکتور تأثیرگذار وارد شده و با انجام آماره رگرسیون چند متغیره ضرایب همبستگی متعلق به هر فاکتور به دست آمد.

با توجه به میزان همبستگی بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل در روش عقب گرد^۱ از بین ۸ متغیر مستقل در مجموع ۴ فاکتور لیتوژئی، کاربری زمین، خاک و شاخص رطوبت توپوگرافی به عنوان تأثیرگذار ترین فاکتورها شناخته شده و متغیرهای مستقل دیگر به علت همبستگی ضعیف با متغیر وابسته به طور خودکار از فرایند محاسبه حذف شدند. و در ادامه با استفاده از ضرایب استخراج شده رابطه رگرسیونی به دست آمد (رابطه ۱).

$$3.4+(2.655*Lit)+(-1.308*L_use)(-2.355*Soil)+(3.648*TWI) \quad (1)$$

نهایت با إعمال رابطه ۱ بر روی لایه‌های رقومی متغیرهای مستقل و متغیر وابسته، در محیط نرم افزار GIS نقشه پهنه بندی حساسیت به فرسایش خندقی به دست آمد.

با هدف تحلیل‌های مکانی منطقه مورد مطالعه از نظر حساسیت به فرسایش خندقی نقشه حساسیت به ۵ طبقه دسته بندی شد. مبنی بر نتایج مستخرج از تحلیل‌های مکانی، بیشترین پهنه به میزان ۲۷ درصد مربوط می‌گردد به طبقه با حساسیت کم و کمترین مساحت به طبقه با حساسیت خیلی زیاد به میزان ۹ درصد اختصاص دارد. در ارتباط با الگوی فضایی طبقات حساسیت نیز می‌توان گفت طبقات حداقلی حساسیت در بخش‌های شمالی و شرقی و تا حدودی جنوب غرب منطقه پراکنده شده است و طبقات میانی و حداقلی نیز عمدتاً در بخش‌های مرکزی و جنوبی منطقه قابل مشاهد است.

روش ارزش داده^۸: مدل ارزش داده در الگوی اجرایی، خود به طور عمده مبتنی بر مجموعه ای از داده و اطلاعات رقومی از واحدهای ارضی و انتخاب فاکتور و عوامل محوری و عوامل تاثیرگذار در ناپایداری برای هم نهاد سازی و تحلیل است. در این روش مقادیر وزنی هر یک از طبقات مربوط به فاکتورهای اثر گذار (لیتولوژی ، کاربری زمین ، شیب ، جهت شیب ، شاخص طول دامنه و شاخص رطوبت توپوگرافی) با استفاده از رابطه ۲ استخراج شد . این روش برپایه ارتباط بین هریک از فاکتورهای اثرگذار و مناطق تحت حاکمیت فرسایش خندقی استوار است و مقادیر تراکم خندق ها برای هریک از فاکتورهای اثرگذار محاسبه می گردد و ارزش وزنی برای هر کلاس با استفاده از رابطه شماره ۲ محاسبه گردید.

$$W_i = \ln \frac{DensClass}{DensMap} = \ln \frac{NpixX_i / NpixN_i}{\sum NpixX_i / \sum NpixN_i} \quad (2)$$

که In: لگاریتم طبیعی Wi: وزن یک طبقه یا کلاس معین از یک پارامتر، Densclass: تراکم مناطق خندقی در بین طبقات یک پارامتر ، Densmap: تراکم مناطق خندقی در کل حوزه ، Npix(Si): تعداد پیکسل های خندقی در یک طبقه معین از یک پارامتر ، Npix(Ni): تعداد پیکسل های یک طبقه معین از یک پارامتر. هر یک از فاکتورها مجدداً با استفاده از مقادیر وزنی جدید طبقه بندی شده و مباردت به روی هم گذاری و اعمال مدل بر روی لایه های رقومی فاکتورهای اثر گذار شد. سپس نقشه حاصله به پنج طبقه حساسیت به فرسایش خندقی طبقه بندی شد.

نتیجه گیری

نتایج پنهانه بندی مناطق حساس به فرسایش خندقی بر اساس مدل ارزش داده موید این موضوع است که طبقه حساسیت متوسط به میزان ۳۷.۱ درصد، بیشترین پنهانه را در کل منطقه در برگرفته و کمترین میزان نیز مربوط می گردد به مناطق با حساسیت بسیار شدید و تقریباً نزدیک به همین میزان مناطق با حساسیت بسیار کم؛ به ترتیب با مقادیر ۹.۸ و ۶.۱ درصد را شامل می گردد. از نقطه نظر الگوی فضایی پراکنش پنهانه بندی می باشد؛ طبقه حساسیت بسیار زیاد عمدها در مناطق غربی و تا اندازه ای مرکز منطقه قابل مشاهده بوده و طبقه حساسیت بسیار کم نیز عمدها بخش های شرقی منطقه مورد مطالعه را در برگرفته است. در حالی که در روش پنهانه بندی مبتنی بر مدل رگرسیون چند متغیره مشخص شد بیشترین سهم به طبقه با حساسیت کم به میزان ۲۷ درصد اختصاص داده شد و کمترین سهم از نظر مساحت به طبقه با حساسیت خیلی زیاد به میزان ۹ درصد و طبقه میانی حساسیت در نتایج حاصل از مدل رگرسیون چند متغیره ۱۹ درصد را شامل می گردد. و از نقطه نظر الگوی فضایی طبقات حساسیت با بررسی نقشه و درصد های به دست آمده مشخص گردید؛ طبقات حداکثری حساسیت عمدها در بر دارنده بخش های شمالی و شرقی و تا حدودی جنوب غربی منطقه می باشد و طبقات میانی و حداقلی عمدها در بخش های مرکزی و جنوبی قابل مشاهده است. در نتیجه می توان چنین گفت : مدل های آماری مورد استفاده در ارزیابی تغییرات محیطی را می بایست به صورت مقایسه ای و در عرض یکدیگر مورد استفاده قرار داد تا خلاصه موجود در یک مدل توسط مدل دیگر، تا اندازه ای پر و خططاها تا حد ممکن اصلاح شود.

تکنیکهای تداخل سنجی راداری رویکردی نو در پایش تغییرات سطحی زمین (مطالعه موردی زمین لغزش‌های منطقه‌ی قطور)

دکتر شهرام روستایی^۱، حسن احمدزاده^۲

- ۱- استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
roostaei@tabrizu.ac.ir
- ۲- عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، ایران.
h_ahmadzadeh@tabrizu.ac.ir

مقدمه و منطقه مورد مطالعه

زمین لغزش‌ها به عنوان یکی از حرکات توده‌ای، از جمله فرآیندهای طبیعی و عوامل بوجود آورندهای چشم اندازها در نواحی کوهستانی محسوب می‌شوند(Van Westen; 1993); که سبب دگرگونی هایی در مورفولوژی کوهستان می‌شوند. یکی از وظایف عملی قابل توجه دانش ژئومورفولوژی، شناسایی لندرفم‌های پایدار و مکان‌هایی با حداقل احتمال گرفتاری به پدیدهای کاتاستوفیک یا آم ناشی از فرآیندهای طبیعی یا انسانی است که به نوعی، اثر نامطلوبی به اشغال یا استفاده انسانی می‌گذارد(Rosenfeld, 2004, 423). شناسایی و پایش حرکت زمین لغزش‌ها یکی از ابزار اساسی در مدیریت مخاطرات و تصمیم سازی در محدوده محیط به ویژه در مناطق کوهستانی محسوب می‌شود (Pourghasemi et al., 2012: 71; Daha et al., 2008: 496).

مطالعه و اندازه‌گیری زمین لغزش در طول زمان جابجایی سطحی زمین، اغلب بر اساس تکنیک‌های سنتی صورت می‌گیرد. این تکنیک‌ها، علی‌رغم توانایی و قابلیت اطمینان، بسیار زمان‌بر و هزینه‌بر هستند. تداخل سنجی رادار با دهانه ترکیبی (InSAR) یک تکنولوژی سنجش از دوری است که تغییر یا تفاصل فاز، در اندازه‌گیری‌های دو فاز از یک پیکسل سطح زمین را بصورت مستقیم اندازه‌گیری می‌کند. این تصویر تفاضل فاز (اینترفروگرام) ممکن است به صورت یک الگوی فرینج ظاهر شود(Massonnet, D., Feigl, K.L. 1998).

رادار در اصل ابزاری برای اندازه‌گیری سیگنال برگشتی از یک شی یا هدف زمینی و فاصله بین آن و آتن رادار می‌باشد. هر شاخصی که بتواند بر روی فاز سیگنال برگشتی رادار تأثیر بگذارد، روی الگوی فرینج و تعداد اینترفروگرام نیز می‌تواند تأثیر بگذارد. و بنابراین می‌تواند بطرور بالقوه با استفاده از تکنیک InSAR اندازه‌گیری شود. این اندازه‌گیری‌ها می‌توانند تغییرات و جابجایی در توپوگرافی زمین، ناشی از فرونشست یا بالا آمدگی زمین، سطوح آب، تجمع بر، زمین لغزش، فرآیندهای کاوشی و انباشتی و دیگر فرآیندهای شکل دهنده یا تغییر دهنده شکل زمین را شامل شود. بنابراین InSAR در زمینه مطالعات علوم محیطی و علوم زمین کاربردهای وسیعی می‌تواند داشته باشد و به عنوان رویکردی جدید در مطالعات ژئومورفیک مطرح شود(Massonnet, D., Feigl, K.L., 1998 and Zebker, H.A., 2000).

منطقه مورد مطالعه ای از تکنیک InSAR است. حداقل ارتفاع آن ۳۶۲۲ متر و حداقل ارتفاع در خروجی آن ۱۸۰۰ متر است. حدود ۹۰ درصد از وسعت منطقه، دارای شیب ۱۵ تا ۶۰ درصد و به بالا می‌باشد. از نظر لیتوژوگرافی، قدیمی‌ترین و وسیعترین سنگهای منطقه، شامل یک سری سنگهای آتش‌شانی، همراه با مقداری شیست است که به شدت دگرسان شده‌اند. بررسی شیب و جهت شیب لایه‌های موجود در منطقه نشان می‌دهد که جهت لغزش تنها در برخی قسمت‌ها به ویژه در غرب روستای گوگرد با جهت لایه بندی مطابقت دارد.

۱- کاربردهای تداخل سنجی راداری

تداخل سنجی می‌تواند جهت طبقه بندی پوشش زمین، پهنه بندی مناطق سیلابی، آشکارسازی پارامترهای ژئوفیزیکی بکار رود. پایه و اساس اندازه‌گیری اینترفروگرام تغییرات مکانی و یا ویژگی‌های پراکنشی، بین دو تصویر است. تغییرات سطحی^۱ و یا تعییر ویژگی‌های پراکنشی ناشی از زلزله‌ها، زمین لغزش‌ها، جریان آب سطحی رودخانه‌ای یا دریاچه‌ای، حرکت آب اقیانوسی، حرکت یخچال‌ها و صفحات یخی، تجمع بر، ارتفاع تاج پوشش جنگلی، حرکت تپه‌های ماسه‌ای، تعییر رطوبت خاک، یخ‌بندان یا هوازدگی، فرونخشست زمین به علت پس روی آبهای زیرزمینی، معدنکاری زیرزمینی، استخراج مخازن هیدرولیکی، و ذوب شدن پرمافراست و غیره باشد. بنابراین کاربرد InSAR می‌تواند بسیار وسیع باشد و در علوم مهندسی، علوم محیطی و علوم زمین مورد استفاده قرار گیرد.

تداخل سنجی در تحقیقات مربوط به مخاطرات زمین لغزش و احتمال خطر اولیه‌ی آنها عملکرد جالبی داشته است. (Massonnet and Feigl, 1998, Rott et al; 1999, Hanssen; 2001, Catani et al; 2005

9- Deformation

توده‌ای پیشنهاد می‌شود که همراه با سیستم‌های اینترفرومتری SAR زمینی به کار رود (Leva et al; 2003). برای غلبه بر مشکلات عدم همبستگی نویز ناشی از تغییرات زمانی بازتاب پذیری زمینی و تأخیر اتمسفری، امکان استفاده از تکنیک PS یا پراکنده‌سازهای^{۱۰} ثابت است (Ferretti et al; 2000, 2001) که این امکان را می‌دهد تا اندازه‌گیری‌های جابجایی روی نقاط پایدار مجزا در داخل فریم را تا سطح دقیق می‌یابد. کاربردهای موفقیت آمیز تکنیک InSAR در آشکارسازی زمین‌لغزش و مطالعه‌ی ناپایداری‌های دامنه‌ای توسط روت و همکاران^{۱۱} (۱۹۹۹)، فراتی و همکاران^{۱۲} (۲۰۰۳)، برادرینو و همکاران^{۱۳} (۲۰۰۴)، استروزی و همکاران^{۱۴} (۲۰۰۵) اثبات شده است. کاتانی و همکاران^{۱۵} (۲۰۰۵) نشان دادند.

داده‌ها و روشهای

در این تحقیق از ۲۵ تصویر ستجنده ASAR رادار ENVISAT از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۰۳ با هندسه‌ی تصویر برداری نزولی در مدار ۳۶۴ با استفاده از تکنیک تداخل سنجی پراکنش کننده‌ی دائمی (PSI) و الگوریتم StaMPS و SBAS در تکنیک InSAR، برای مانیتورینگ و رفتار سنجی زمین‌لغزش‌های منطقه‌ی قطعه‌ی خوی استفاده شده است. پس از انتخاب تصاویر تحت عنوان تصاویر پیرو^{۱۶} نسبت به تصویر مرجع (تصویر ۲۰۰۷/۰۲/۱۷) مورد آنالیز قرار گرفت. اطلاعات مداری دقیق ماهواره Envisat در لحظه‌ی اخذ تصاویر نیز به منظور تعديل اثر مولفه مداری (ترم هندسی) موسوم به ODR فایل‌ها از ftp سایت دانشگاه دلف هلند تهیه شده‌اند. همچنین به منظور به حداقل رساندن ترم توپوگرافی اختلاف فاز در تصاویر تداخل سنج تولیدی، از مدل رقومی SRTM منطقه‌ی شمال غرب ایران، با دقت ۳ ثانیه قوسی استفاده شده است. جهت کاهش اثرات اتمسفری و محاسبه سری زمانی از روش خطوط مبنای عمودی کوتاه یا SBAS استفاده گردید.

$$\Delta\phi = \phi_{\text{flor}} + \phi_{\text{topo}} + \phi_{\text{orot}} + \phi_{\text{tropo}} + \phi_{\text{noise}} \quad (1)$$

در اینجا $\Delta\phi$ فاز اینترفرومتری (یا تغییر فاز بین دریافت‌های فاز در اثر جابجایی)، ϕ_{flor} فاز زمین مسطح، ϕ_{topo} فاز توپوگرافی، ϕ_{orot} خطای فاز ناشی از خطاهای اطلاعات مدار، ϕ_{tropo} سهم فاز وابسته به تغییر شکل زمین، ϕ_{noise} فاز تروپوسفر، و ϕ_{noise} نویز ترکیب شده است.

یافته‌ها و بحث

در این تحقیق برای نشان دادن بزرگی و نرخ جابجایی سطح زمین ناشی از وقوع زمین‌لغزش، از ۲۴ اینترفروگرام از ۲۵ تصویر راداری ایجاد گردید. هر یک از این اینترفروگرام‌ها تغییرات سطح زمین را در بازه‌ی زمانی آخذ تصاویر نشان می‌دهد. در نهایت میزان جابجایی ایجاد شده در کل بازه‌های زمانی استخراج و ارزیابی گردید. برای نشان دادن میزان جابجایی در بازه‌ی زمانی تصاویر مورد استفاده از تحلیل سری زمانی آنها استفاده می‌گردد. بررسی اینترفروگرام‌های حاصل از تصاویر راداری و تحلیل سری زمانی جابجایی نشان داد که حرکت روبه پایین در این توده همچنان وجود دارد و نرخ جابجایی‌ها در راستای دید ماهواره (LOS) 10 mm yr^{-1} می‌باشد (شکل شماره ۱). در این شکل که یک نمونه از اینترفروگرام‌های ایجاد شده از ۲۵ تصویر راداری آورده شده است راهنمای رنگی کنار آن قسمت‌های بالا آمده و پایین رفته را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که در طی ۷ سال اخیر مجموع سطح جابجایی و حجم مواد جابجا شده به ترتیب معادل $2 * 10^6 \text{ m}^2$ و $7.3 * 107 \text{ m}^3$ می‌باشد. استخراج اطلاعات سری زمانی جابجایی از اینترفروگرام‌ها نیز نشان می‌دهد که سالانه $2.1 * 10^4 \text{ m}^3$ مواد با سرعتی معادل 10 mm yr^{-1} جابجا می‌شود (شکل شماره ۲).

10 - permanent scatterers (PS)

11 - Rott et al; 1999

12 - Ferretti et al; 2001

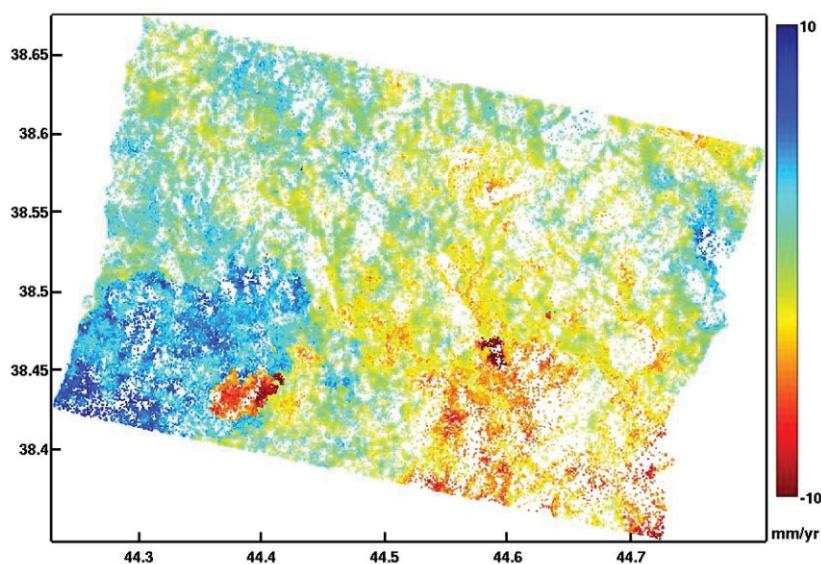
13 - Berardino et al; 2003

14 - Strozzi et al; 2005

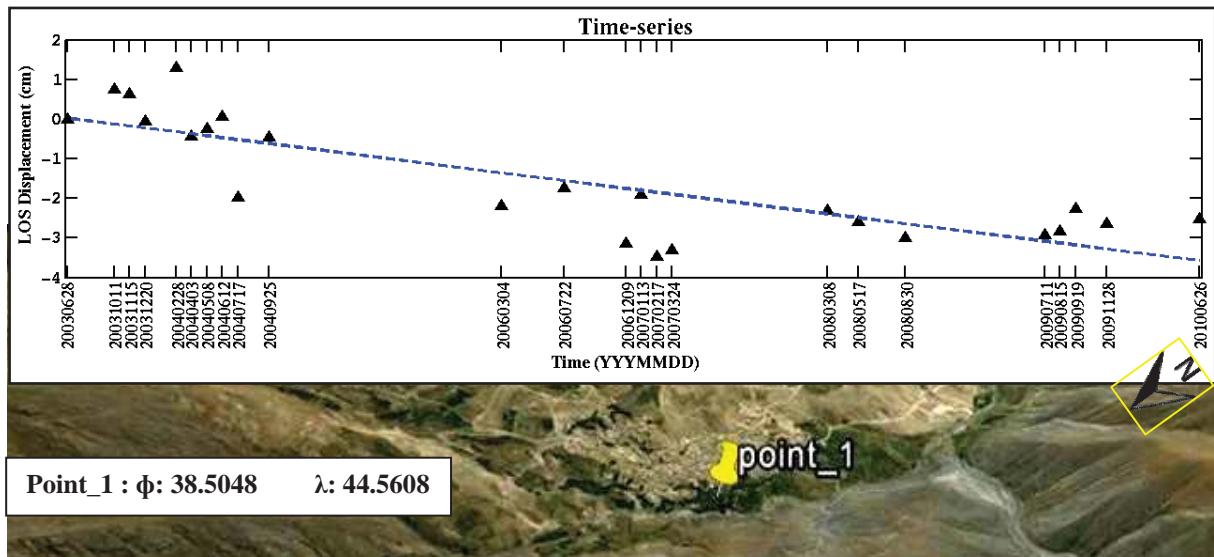
15 - Catani et al; 2005

16 - Master

17 - Slave



شکل ۱) متوسط نرخ جابجایی شیب روستای گوگرد، در راستای دید سنجنده (LOS) با روش InSAR



شکل ۲) نمایش یک نمونه از سری زمانی جابجایی واقع بر روی شیب روستای گوگرد، معرف میزان جابجایی در راستای دید سنجنده بدست آمده از روش InSAR

نتیجه گیری

زمین‌لغزش‌ها به عنوان یکی از مخاطرات ژئومورفولوژیک، از جمله فرآیندهای برهم زننده‌ی مورفولوژی کوهستان و به وجود آورنده‌ی چشم اندازهای جدید محسوب می‌شوند که ممکن است در قلمرو معین، با بزرگی و دوره‌های زمانی مشخص رخ دهنند. داده‌های سنجش از راه دور به خصوص، ماهواره‌های تداخل سنجی SAR، یک ابزار قدرتمند برای اندازه‌گیری جابجایی زمین‌لغزش‌ها و ارزیابی تغییرات در سطح زمین هستند، که می‌توانند در فواصل زمانی مختلف تکرار شده و در مقیاس‌های مختلف نیز در دسترس باشند. بکارگیری تداخل سنجی اینترفروگرام SAR در مطالعه زمین‌لغزش‌های حرکت آهسته (سرعت کمتر از ۱۳ میلی متر در ماه)، یک موضوع نسبتاً جدیدی است. روش‌های زیادی در بکارگیری تکنیک تداخل سنجی وجود دارد اما بر اساس مطالعات و تجربیات صورت گرفته در بین روش‌های مختلف، تکنیک تداخل سنجی پراکنش کننده‌ی دائمی (PSI) چند تصویر SAR نشان داده است که قابلیت‌های زیادی در ارائه اطلاعات در مورد تغییر شکل زمین بر روی مناطق گسترشده (با دقت میلی‌متری) دارد؛ لذا بکارگیری این روش برای مطالعه حرکات توده‌ای، هم در مقیاس منطقه‌ای و هم در مقیاس محلی مناسب است. لذا در این پژوهش ۲۵ تصویر سنجنده ASAR را در ENVISAT از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۰ با هندسه‌ی تصویر برداری نزولی در مدار ۳۶۴ با استفاده از تکنیک تداخل سنجی پراکنش کننده‌ی دائمی (PSI) و الگوریتم SBAS و StaMPS در تکنیک InSAR، برای مانیتورینگ و رفتار سنجی زمین‌لغزش‌های

منطقه‌ی قطور خوی استفاده شده است. نتایج نشان داد که در طی ۷ سال اخیر مجموع سطح جابجا شده به ترتیب معادل $2 * 10^6 \text{ m}^2$ و $7.3 * 107 \text{ m}^3$ می‌باشد. استخراج اطلاعات سری زمانی جابجا شده از اینترفوگرام‌ها نیز نشان می‌دهد که سالانه $2.1 * 10^4 \text{ m}^3$ مواد با سرعتی معادل 10 mm yr^{-1} جابجا می‌شود. لذا در این منطقه لغزش‌ها همچنان فعال هستند و ممکن است لغزش‌های جدیدی نیز با بزرگی قبل ملاحظه بوقوع بپیوندد.

مراجع

- 1 Brardinoni, F., Slaymaker, O., Hassan, M.A., 2003. Landslide inventory in a rugged forested watershed: a comparison between air-photo and field survey data. *Geomorphology* 54, 179–196.
- 2 Catani, F., Farinaa, P., Morettia, S., Nicob, G., Strozzi, T., 2005. On the application of SAR interferometry to geomorphological studies: Estimation of landform attributes and mass movements. *Geomorphology*, 66, 119-131.
- 3 Dahal. R. K., Hasegawa, S., Nonomura, A., Yamanaka, M., Dhakal, S., Paudyal, P., 2008, Predictive Modeling of Rainfall-induced Landslide Hazard in the Lesser Himalaya of Nepal Based on Weights-of-evidence, *Geomorphology*, Vol. 102, PP.496-510.
- 4 Ferretti, A., Prati, C., Rocca, F., 2000. Nonlinear subsidence rate estimation using Permanent Scatterers in Differential SAR Interferometry. *IEEE Trans. Geosci. Remot. Sen.* 38, 2202-2212.
- 5 Ferretti, A., Prati, C., Rocca, F., 2001. Permanent scatterers in SAR interferometry. *IEEE Trans. Remot. Sen.* 39, 8-20.
- 6 Hanssen, R.F., 2001. Radar interferometry: data interpretation and error analysis. In *Remote Sensing and Digital Image Processing*; Kluwer Academic: Dordrecht, Netherlands, 2001; Volume 2.
- 7 Leva, D., Nico, G., Tarchi, D., Fortuny-Guasch, J., Sieber, A.J., 2003. Temporal analysis of a landslide by means of a ground-based SAR interferometer. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 41, 745-752.
- 8 Marston B., (2011). Multi-Scale and Object-Oriented Analysis for Mountain Terrain Segmentation and Geomorphological Assessment, MSc thesis, University of Nebraska. PP 94
- 9 Massonnet D., Feigl K.L., 1998. Radar interferometry and its application to changes in the earth's surface, *Reviews of Geophysics*, Volume 36, Issue 4, Pages 441-500
- 10 Osmanoglu B., (2011). Application and development of new algorithm for displacement analysis using InSAR time series. PhD thesis, University of Miami.164pp.
- 11 Pourghasemi, H. R., Mohammady, M., Pradhan, B., 2012, Landslide susceptibility mapping using index of entropy and conditional probability models in GIS: Safarood Basin, Iran; Elsevier; *CATENA*, Volume 97, October 2012, Pages 71–84.
- 12 Rosenfeld, C. L., 2004, Geomorphological Hazard, *Encyclopedia of Geomorphology*, Vol. 1, P.423-426.
- 13 Rott, H., Scheuchl, B., Siegel, A., and Grasemann, B., 1999. Monitoring very slow slope motion by means of SAR interferometry: a case study from a mass waste above a reservoir in the Otzal Alps, Austria. *Geophys. Res. Lett.* 26, 1629-1632.
- 14 Strozzi, T., Farina, P., Corsini, A., Ambrosi, C., Thüring, M., Zilger, J., Wiesmann, A., Wegmüller, U., Werner, C., 2005. Survey and monitoring of landslide displacements by means of L-band satellite SAR interferometry. *Landslides*, 2, 193-201.
- 15 Van Westen, C.J., (1993). Application of Geographic Information Systems in Landslide Hazard Zonation. ITC, PP15.
- 16 Zebker, H.A., 2000. Studying the Earth with interferometric radar. *Comput. Sci. Eng.* 2, 52-60.

تحلیل فرم نیمرخ طولی یال یک دامنه به مثابه متدولوژی

محمد شریفی

استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه یزد mscharifi@yahoo.com

۱- مقدمه

دو روش اصلی در بررسیهای دامنه‌ای عبارتند از: الف) روش فرایند گرایانه، و ب) روش فرم شناسی. در روش اول، که در حال حاضر بیشترین مطالعات دامنه‌ای در علوم مختلف را به خود اختصاص داده، بیشتر بر تغییرات کنونی دامنه‌ها و عامل‌یا عوامل نایابی‌داری آنها مانند تغییر در بافت یا رطوبت خاک، ویژگیهای اقلیمی و پوشش گیاهی و غیره و همچنین همبستگی این عوامل در ارتباط با تغییر و تحول دامنه‌ها توجه می‌شود. اما، در روش فرم شناسی یا هندسی، نایابی‌داری و عوامل تغییر شکل دهنده دامنه در یک بستر و زمینه تاریخی عمل می‌کنند. از این نظر، هر دامنه دارای دو بخش هندسه سطحی یا «پهلوی دامنه»، و هندسه خطی یا «نیمرخ طولی یال دامنه» بوده و مطالعات رئومورفومتری آنها می‌تواند زمینه‌های تاریخی تغییرات کنونی دامنه‌ها را مشخص سازد.

نیمرخ طولی یک دامنه در شرایط کنونی به شکل واحدهای ۱۸ مختلف و چندگانه تبلور پیدا کرده و احتمالاً هر یک طی یک فاز جداگانه زمین‌ساختی یا فرسایشی بوجود آمده است. با این وجود، تمام بخشها در ارتباط با زمینه اصلی شکل‌گیری اولیه خود یا به عبارتی بستر خود تغییر و توسعه پیدا می‌کنند. بر این اساس، هر گونه تغییر در بخشی از دامنه به شکل طبیعی و یا آنتروپوژنیک-سبب می‌شود که بخش‌های دیگر جهت برابرسازی میزان تغییرات به تنظیم و تعدیل نیمرخ طولی خود بپردازند. در واقع، میزان این تغییرات و تنظیمات به ژنوتیپ^{۱۹} و فنوتیپ^{۲۰} پیشین دامنه از یک سو و تغییرات و نوسانات در ویژگیهای فرسایشی تخریب، حمل و رسوبگذاری کنونی از سوی دیگر بستگی دارد که سبب شکل گیری اشکال سایشی و یا انباشتی بر روی دامنه شده و اثرات عوامل رئومورفیک مانند هوازدگی فیزیکی، هوازدگی شیمیایی، بیوشیمیایی، بیوفیزیکی، و یا هوازدگی فیزیکو-شیمیایی به دو شکل مستقیم و غیر مستقیم را دخالت داده و بدین ترتیب زاویه شبیب، انحناء شکل، و به طور کلی مورفوژوئی بخش‌های دیگر را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بدین ترتیب، حوادث و رخدادهای واقع شده کنونی بر روی دامنه‌ها متأثر از یک بستر تاریخی بوده و عوامل رئومورفیک موجود بیشتر به عنوان یک عامل تحریک کننده^{۲۱} عمل می‌نمایند. بعلاوه، از آنجا که شکل کنونی دامنه‌ها طی فازهای گوناگون زمین‌ساختی و فرسایشی طولانی مدت بوجود آمده‌اند راه شناخت و تحلیل این فازها تنها از طریق مورفوژوئی و نیمرخ دامنه‌ها امکان‌پذیر می‌باشد. بنابراین، این مقاله به دنبال تحلیل مورفوژوئی دامنه برای شناخت بستر تاریخی آن از طریق تحلیل نیمرخ یال آن می‌باشد. چرا که بخش‌های پایین دست دامنه‌ها مانند لندرهای و عوارض رئومورفیکی که سکونت گاههای شهری و روستایی، زیر ساختها و تأسیسات انسانی بر روی آن قرار می‌گیرد؛ از ویژگیهای دامنه در بخش‌های بالا دست متأثر بوده و هر گونه برنامه ریزی و مدیریت این بخشها نیاز به ادراک اپیستمولوژیک و رفتارشناسی آن دارد.

۲- متدولوژی نیمرخ طولی یال دامنه

در بررسی های دامنه‌ها سه رویکرد را می‌توان دنبال نمود: رویکرد فرم شناسانه، رویکرد فرایند گرایانه و رویکرد فرم و فرایندی یا به عبارتی سیستمی.

در رویکرد فرم شناسانه، بیشتر به ویژگیهای هندسی خود فرم و اندازه گیری پارامترها و عناصر هندسی فرم پرداخته شده و در مرحله بعد فرایندهای تاریخی که فرم‌های خاص منحنی‌های دامنه‌ای را بوجود آورده اند مورد توجه قرار می‌گیرند. ویژگیهای عمدۀ مورفوژوئی دامنه‌ها را می‌توان بر حسب دو پارامتر تعریف و تعیین نمود که عبارتند از: الف) شکل نیمرخ و ب) شبیه نیمرخ. هر یک از این دو

¹⁸-Unites

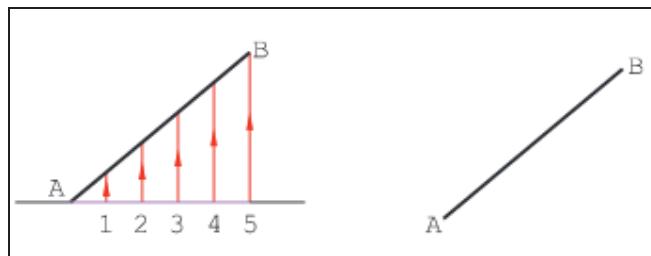
^{۱۹}- genotype، به معنی ویژگیهای ذاتی دامنه مانند لیتوژوئی و زمین‌ساخت می‌گویند. به طور کلی، فنوتیپ دامنه متأثر از ژنوتیپ و یک سری عوامل یا فرایندهای بیرونی دامنه است.

^{۲۰}- phenotype ، به معنی ریخت شناسی و یا نتیپ ظاهری دامنه شامل زاویه شبیب، انحنای شکل، طول شبیب هر بخش، لبه یا مرز بالایی و پایینی هر بخش، گره‌ها و ... می‌باشد.

²¹- Trigger

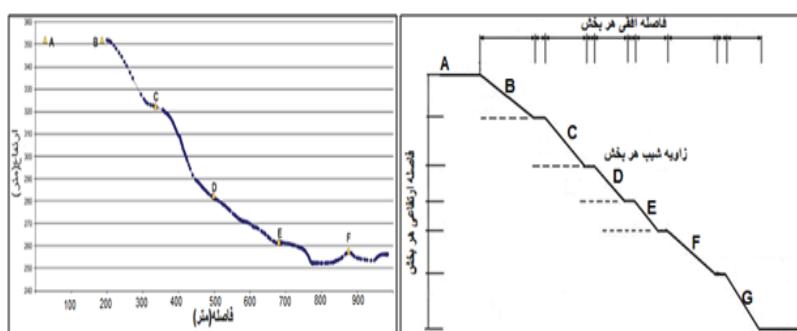
پارامتر خود بر پایه چند ویژگی یا پارامتر قابل اندازه‌گیری قرار دارند. شکل نیمروخ را می‌توان بر حسب چهار ویژگی شامل «نسبت طول دامنه به گستره ارتفاعی»، «درصد دامنه کوژ»، «درصد دامنه کاو»، و «درصد دامنه مستقیم» تعريف و توصیف می‌شود و زاویه شیب نیمروخ بر اساس هشت ویژگی شامل «کمترین» و «بیشترین» شیب، «درصد صخره‌های دامنه»، «درصد دامنه‌های ریزشی»، «درصد شیب‌های خیلی تندر»، «درصد شیب‌های تندر»، «درصد شیب‌های ملایم» و «درصد شیب‌های کم» تحلیل و بررسی می‌نمایند (Tao, 2000).

بدین ترتیب، بررسی فرم یا ریخت دامنه‌ها بر اساس روش‌های شکل‌شناسی هندسی انجام می‌گیرد که اصطلاحاً ژئومتری دامنه‌ها نیز گفته می‌شود. در گذشته هندسهٔ صرفاً اقلیدسی بود که دارای سه عنصر نقطه، خط و سطح بود. از این نظر، نیمروخ دامنه یک عنصر خطی است که از قله تا پایین دست به شکل خط مستقیمی قابل ترسیم است. اما، امروزه هندسه‌های دیگری غیر از هندسهٔ اقلیدسی مطرح شده‌اند که به صورت کلی همه آنها را هندسه‌های نااقلیدسی می‌نامند. بر حسب این نظر، نیمروخ دامنه به مثابه یک عنصر خطی در نظر گرفته می‌شود. اما، این خط تحت تأثیر احنای زمانی و مکانی تغییرات اعمال شده دارای احناء زیاد بوده و قابل تقسیم به بخش‌های مختلف است (شکل. شماره-۱).



شکل شماره-۱- نیمروخ دامنه به مثابه یک پاره خط بر مبنای احناء و شکستگی‌های طبیعی به بخش‌های مختلفی تقسیم می‌شود.

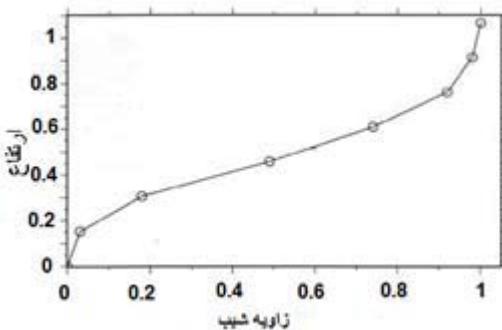
این منحنی به بخش‌های مختلف و منفک از هم قابل تقسیم بوده که هر بخش دارای عناصری چون کمان (arc)، لبه (edge)، گره (node)، طول (length)، ارتفاع (height) و زاویه شیب (slope) متفاوت است. اندازه‌گیری این عناصر و ویژگی‌های آنها می‌تواند تحولات تاریخی و علل تغییر و تحولات نیمروخ دامنه را نمایان و به درک درست تغییر و تحولات آینده کمک نماید (شکل-۲).



شکل شماره-۲، نمایش منحنی نیمروخ طولی دامنه به روش هندسی و اندازه‌گیری بخش‌های آن شامل ارتفاع، فاصله افقی، و زاویه شیب برای ترسیم این نیمروخ به دو طریق می‌توان عمل نمود: (الف) با استفاده از نقشه‌های دقیق توپوگرافی و دقیق‌تر از آن با استفاده از DEM و (ب) با استفاده از منحنی بی بعد هیپسوگرافیک^{۳۲}. در روش اول، با استفاده از داده‌های نقاط ارتفاعی خطی از بالا دست دامنه بر روی خط الرأس یا یال‌دامنه ترسیم و تا پایین دست یا کنیک امتداد و آن را بر حسب شکستهایی که در زاویه شیب منحنی بوجود آید تقسیم بندی می‌کنند. سپس، به اندازه‌گیری هندسی یا مورفومتری بخشها یا منحنی‌ها مختلف تفکیک شده از نظر زاویه شیب، ارتفاع هر بخش، طول هر منحنی، گره‌های موجود در هر منحنی، ویژگی‌های لبه‌های منحنی و درصد منحنی به نسبت منحنی کلی یال اقدام می‌گردد. در نهایت، به تحلیل فرم شناسی ژئومورفولوژیک یا ژئومورفومتری از نظر شرایط و فرایندهای ایجاد کننده پرداخته می‌شود.

^{۲۲}-Dimensionless Hypsographic Curve

منحنی هیپسوگرافیک منحنی است که تغییرات ترازهای ارتفاعی دامنه‌ها را به شکل گرافیکی بر اساس زاویه شیب بخش‌های مختلف دامنه نشان می‌دهد. این منحنی با استفاده از عامل ارتفاع و زاویه شیب در بخش‌های مختلف دامنه ترسیم می‌شود. منحنی بی بعد هیپسوگرافیک هر دو متغیر را به مقایسه یک در آورده، سپس برای ترسیم، ارتباط بین آنها را برقرار می‌کند(شکل-۳). بنابراین، در این روش بیشتر بر دو عامل زاویه شیب و ارتفاع تأکید شده و تغییرات این دو به نسبت مورد بررسی قرار می‌گیرد. اینکه در واحد ارتفاع، واحد شیب چه تغییری یافته و در ادامه به تحلیل عوامل و عناصر دخیل در این تغییر پرداخته می‌شود.



شکل شماره-۳- نمایش شماتیک منحنی بی بعد هیپسوگرافیک از نیمرخ طولی دامنه

۳- نتایج بحث

بیشتر مطالعات بر روی فرایندها و رخدادهای کنونی تمرکز پیدا نموده و از عوامل و بسترها تاریخی چنین رخدادهایی غافل مانده اند. در حالیکه، ناپایداری‌ها و رخدادهای کاتاستوفیک کنونی اغلب دارای یک زمینه و بستر تاریخی بوده و عوامل کنونی تنها عامل نهایی و تحریک کننده به شمار می‌روند. از این نظر، در این مقاله تحلیل فرم دامنه، فرم خطی یا نیمرخ طولی یا دامنه به عنوان، بستر یا زمینه تغییر و تحول دامنه مورد توجه قرار گرفته است. بر پایه این نظر، بخش‌های مختلف تشکیل دهنده نیمرخ طولی یا دامنه طی فازهای زمین ساخت و نو زمین ساخت و همچنین فرسایشی طولانی مدت شکل گرفته و این بخشها همواره در ارتباط با هم عمل می‌نمایند. بنابراین، ناپایداری در یک بخش صرفاً مربوط به عوامل و عناصر تشکیل دهنده آن بخش محدود نمی‌شود بلکه باید بخشها یا منحنی‌های دیگر را نیز از نظر هندسی و مورفومتری مطالعه نمود.علاوه، شناخت این مسئله در برنامه ریزی‌ها و استفاده از بخش‌های مختلف دامنه در توسعه پایدار نقش بسیار بارزی دارد. به سخن دیگر، به هنگام تغییر بخشی از یک دامنه برای موارد خاص مانند ساخت یک جاده ارزیابی تغییرات فرم دامنه در بخش‌های پایین دست و بالادست امکان‌پذیر می‌گردد. در غیر اینصورت، تنها به روش‌های کوتاه مدت برای تثبیت دامنه و کاهش مخاطرات بسنده می‌گردد.

۴- مراجع

- احمدی، حسن(1378) ژئومورفولوژی کاربردی، فرسایش آبی، جلد اول، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم
- پراساد، گوویند(۱۳۸۸)، روش‌ها و تکنیکها در ژئومورفولوژی، ترجمه مهران مقصودی و محمد طاهر خانی، تهران، نشر انتخاب
- شریفی، محمد(۱۳۹۲) فیدبک به مثابه روش برای سنجش مدیریت محیط، نسخین کنفرانس بین‌المللی اکولوژی سیمای سرزمین، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۸ و ۹ آبان ۱۳۹۲
- علیزاده، امین(۱۳۸۴) اصول هیدرولوژی کاربردی، مشهد، انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ هجدهم
- رامشت، محمد حسین(۱۳۸۵)، نقشه‌های ژئومورفولوژی(نمادها و مجازها)، تهران، انتشارات سمت
- للاکوست، ایو(۱۳۹۱) فرنگ جغرافیا، ترجمه دکتر سیروس سهامی، مشهد، انتشارات پژوهشکده امیرکبیر

- Huggett, Richard John(2003) Fundamental of geomorphology, Routledge, London & New York

- Katube, K., and Takashi Oguchi(2002) Altitudinal changes in slope angle and profile curvature in the Japan Alps, a hypothesis regarding characteristic slope forum

Tao,Tang (2000)Slope profile analysis and classification on limestone residual hills in Guilin, China, Middle state geographer-