پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال یازهم، شماره ۱، تابستان ۱۴۰۱
صص. ۱۸-۱

بررسی پتانسیل وقوع زمین‌لغزش در محدوده مخزن سدّ علویان مراغه

شهرام روستائی* – استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز.
هاجر حسین زاده دمریق – کارشناس ارشد رشته ژئومورفولوژی، هیدروژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز.

پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۱۰/۲۴ تائید نهایی: ۱۴۰۰/۰۱/۱۸

چکیده

بررسی پتانسیل وقوع ناپایداری در منطقه‌ای که برای ساخت و سازهای انسانی مخاطره آمیز می باشد، ضروری است. تحقیق حاضر به مطالعه و پهنه‌بندی پتانسیل وقوع ناپایداری، به ویژه زمین-لغزش در محدوده‌ی سدّ علویان پرداخته است. در این تحقیق از روش فرآیند تحلیل سلسله-مراتبی(AHP) به دلیل چند معیاره بودن که دارای کارایی بالاتری نسبت به سایر روش ها ست، جهت بررسی پتانسیل وقوع زمین‌لغزش منطقه استفاده شده است. جمعاً ۸ عامل مؤثر (شیب، جهت شیب، طبقات ارتفاعی، لیتولوژی، کاربری اراضی، پوشش گیاهی، فاصله از جاده، فاصله از آبراهه) مورد تحلیل قرار گرفت و مؤثرترین عوامل تأثیرگذار در ناپایداری منطقه شناسایی شدند. ضرائب فاکتورها نشان داد که دو عامل شیب و لیتولوژی، مؤثرترین عوامل در وقوع زمین‌لغزش در محدوده مورد مطالعه می‌باشند. در آخر از تلفیق نقشه های عامل، نقشه پهنه بندی تهیه شد و در نهایت کل منطقه از نظر خطر ناپایداری به ۵ گروه خطر بسیار زیاد، خطر زیاد، خطر متوسط، خطر کم و خطر بسیار کم پهنه بندی شد. نتایج این بررسی نشان داد که ۹ درصد مساحت منطقه مربوط به خطر زمین لغزش بسیار زیاد و ۲۰,۵ درصد مساحت منطقه، مربوط به خطر زمین‌لغزش زیاد، می‌باشد که این مساحت باتوجه به نقشه پهنه بندی بیشتر شامل ارتفاعات شرق منطقه است و این نشان داد که قسمت ارتفاعات شرق منطقه مستعد زمین لغزش می باشد. در ۱۲,۳ درصد مساحت منطقه خطر زمین لغزش بسیار کم و در ۲۸,۴ درصد مساحت منطقه خطر زمین لغزش کم است که این مساحت با توجه به نقشه در قسمت مرکزی و شمال غرب منطقه واقع شده است. و بقیه منطقه یعنی ۲۹,۸ درصد مساحت منطقه برحسب شرایط در محدوده خطر متوسط واقع شده است.

واژگان کلیدی: تحلیل سلسله‌مراتبی، زمین‌لغزش، محدوده سدّ علویان، ناپایداری دامنه‌ها.

---

* نویسنده مسئول: E-mail: roostaei@tabrizu.ac.ir

مقدمه

امروزه مطالعه علمی و جامع پدیده زمین‌لغزش، در دنیا به دلیل تحمیل خسارات جانی و مالی وارده بر اجتماعات انسانی، یکی از مسائل مهم محسوب می‌گردد. خطر زمین‌لغزش در سازه‌های آبی و سدّها به علت تأثیر مستقیم و غیرمستقیم حضور آب در وقوع زمین‌لغزش اهمیّت زیادی دارد. ساخت سدّ و ایجاد دریاچه در پشت آن، به دلیل وجود آب، باعث تغییرات ژئومورفیک در حاشیه سدّ می‌شود. یکی از مهمترین این تغییرات فعّال شدن و تشدید لغزش‌ها و ریزش‌هاست که در برخی موارد به یک بحران تبدیل می‌شود. زیرا ناپایداری‌هایی که در دامنه‌های اطراف مخزن سدّ رخ‌می‌دهد سبب پر شدن مخازن سدّها و کاهش حجم مخزن سدّ شده و در نتیجه باعث کاهش عمر مفید و شکستن سدّ می‌شود و خسارات جبران ناپذیری را در مناطق پایین دست سدّ سبب می‌شود(آذرمی‌عربشاهی و همکاران،۱۳۹۰). در این پژوهش سدّ علویان بصورت موردی انتخاب شده است. سد علویان بر روی رودخانه صوفی چای، در حوضه آبریز صوفی چای بسته شده است. وقوع زمین لغزش های زیادی که همه ساله در این حوضه آبریز اتفاق می افتد، خسارت های زیادی را به سکونگاه ها، جاده ها و زمین های زراعی اطراف وارد می سازد که در نهایت باعث پرشدن مخزن سد از رسوبات می شود(روستایی، علیزاده، ۱۳۹۱). از این رو بررسی شرایط ریخت‌شناسی و زمین شناسی محدوده‌ی اطراف سدّ، یعنی بررسی پایداری دامنه‌های مشرف به دریاچه سدّ، در زمان احداث و پس از آبگیری آن جهت جلوگیری از فاجعه ناشی از شکستن سد، حائز اهمیّت زیادی می‌باشد. از پیشنه تحقیق داخلی و خارجی در رابطه با موضوع مورد مطالعه و منطقه مورد مطالعه، جهت رسیدن به نتیجه مورد قبول کمک گرفته شده است که ازجمله آنها: حجازی، قنبری(۱۳۸۱). به پهنه‌بندی حساسیّت حوضه‌ی صوفی‌چای در وقوع زمین‌لغزش پرداخته‌اند. پس از استخراج معیارهای مورد بررسی و رقومی کردن نقشه‌ها، نتایج نهایی به صورت نقشه حساسیّت اراضی در وقوع زمین‌لغزش در ۵ طبقه کلاس بندی و مهمترین عوامل در ایجاد زمین لغزش در منطقه شناسایی شد. رنجبر(۱۳۹۱). طی مطالعه‌ای عوامل مؤثر در حرکات توده‌ای حوضه کرگانرود را با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)[1] بررسی کرد و پس از تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش و با توجه به وزن نهایی هر عامل به این نتیجه رسید که عامل سنگ‌شناسی، شیب و جهت شیب در حوضه به ترتیب مهم‌ترین عامل مؤثر در زمین‌لغزش منطقه مورد نظر می‌باشد.

روستایی، علیزاده(۱۳۹۱). در این تحقیق برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه صوفی‌چای (مراغه) نقشه پارامترهای تأثیرگذار در زمین‌لغزش(زمین‌شناسی، لیتولوژی، ارتفاع نسبی، زاویه شیب، کاربری اراضی و آب‌های زیرزمینی)، در GIS تهیه شد و در آخر از تلفیق نقشه‌های عامل، نقشه پهنه‌بندی نهایی تهیه شد با جمع‌بندی امتیازهای هر واحد، وضعیت پایداری آن مشخص گردید. با انطباق نقشه لیتولوژی و نقشه ناپایداری دامنه‌ای کنونی مشخص شد که عمده‌ترین زمین-لغزش‌ها در آبرفت های کواترنری و محل تلاقی آندزیت و مواد رسی، لاهارهای پامیسی و رسوبات تخریبی به وقوع می‌پیوندد. در نهایت کل منطقه از نظر خطر ناپایداری در ۵ گروه خطر بسیار زیاد، خطر زیاد، خطر متوسط، خطر کم و بدون خطر تهیه گردید. بر اساس نقشه پهنه‌بندی خطر، فقط ۱۹ درصد منطقه در محدوده منطقه بدون خطر قرار دارد و بقیه بر حسب شرایط در محدوده خطر متوسط تا خیلی زیاد قرار دارند.

حسینی، معزز، آقایاری(۱۳۹۴). این محققین برای انجام پژوهش خود از روش تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده کردند. بعد از تجزیه وتحلیل عوامل مشخص شد که لیتولوژی، بارندگی و ارتفاع بیشترین تأثیر را در ایجاد ناپایداری‌های منطقه دارا می‌باشند.

ایرانی, اصغری(۱۳۹۷). این دو محقق به بررسی عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش منطقه با استفاده از روش AHP پرداختند. نتیجه گرفتند که قسمت‌های جنوب و جنوب غربی استان اردبیل از بیشترین پتانسیل وقوع زمین‌لغزش برخوردار

[1]. Analytical Hierarchy process

است که در این خصوص تغییرات کاربری اراضی و جاده کشی غیر اصولی مهم‌ترین نقش را در افزایش خطر زمین‌لغزش دارد.

عمادالدین و همکاران(۱۳۹۷) در تحقیقی به ارزیابی خطر زمین لغزش در محور جاده هراز با استفاده از فرایند سلسله مراتبی، تحلیل شبکه عصبی مصنوعی و مطالعات میدانی پرداختند. آنها در این مطالعه ۲۶۱ نقطه ی حادثه خیز متأثر از لغزش و ریزش ثبت کردند. از بین این تعداد نقاط برداشت شده ۱۹۱ مورد با سطح پرخطر تشخیص داده شد. طی تحقیقات آنها، بیشترین خطر در رابطه با اشتراک مخاطرات مربوط به ریزش و رواناب بدست آ مده است. اسفندیاری و همکاران(۱۳۹۹). این محققین حساسیت زمین لغزش را در محور ارتباطی حیران با استفاده از مدلهای شبکه عصبی مصنوعی و توابع خطی،چندجمله ای، شعاعی و حلقوی الگوریتم ماشین بردار پشتیبان مورد بررسی قرار دادند. معیارهای مؤثردر شناسایی حساسیت زمین لغزش در سطح منطقه موردمطالعه شامل لایه های استخراج شده از سطوح ارتفاعی، زمین شناسی، کاربری اراضی، فاصله از گسل، شیب، جهت شیب و فاصله از جاده می باشد. لایه های اطلاعاتی بعد از آماده سازی در محیط نرم افزار SPSS Modeler اجرا شد و نقش و ارزش هرکدام از پارامترها بر اساس روشهای مختلف به دست آمد. بر اساس نتایج ارزیابی مدل به ترتیب عامل زمین شناسی، ارتفاع، جهت شیب و کاربری اراضی، بیشترین ارزش را در ناپایداری دامنه ها در این محدوده داشته اند.

ایالیو۱ یاماقیشی۲، ماریو۳، کانو۴(۲۰۰۵). از دو روش سلسله‌مراتبی و رگرسیون لجستیک برای تهیه نقشه حساسیّت زمین-لغزش در جزیره سادو۵ در ژاپن استفاده کردند و با مقایسه این دو روش برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش به این نتیجه رسیدند که مدل AHP نسبت به مدل رگرسیون لجستیک از دقت بالاتری برخوردار است.

کماک۶(۲۰۰۶). نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش را با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی و روش آماری چند متغیره در اسلونی تهیه نمود. در تحقیق کماک مناطقی که از نظر حساسیّت به زمین‌لغزش درصد بالا دارند ارتباط نزدیکی با توزیع جاده‌ها دارند.

مولی ماراپوو۷، سانکارجاکا۸ (۲۰۱۴). در تحقیقی به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در اوتارخاند هندوستان پرداختند. در این تحقیق از روش‌های کمی(AHP) و کیفی(متدهای ایستایی و شیب پایدار) استفاده شد. نتایج حاکی از آن است که برای مناطق کوچک تنها متد آنالیز شیب پایدار و برای مناطق بزرگ هر دو روش کمی و کیفی مناسب است.

لی زو[۹] و همکاران (۲۰۲۰) به مدل سازی پیش بینی حساسیت زمین لغزش با استفاده از سنجش از دور و الگوریتت تکرار آبشار موازی در شبکه عصبی در استان جیانگشی چین پرداختند و نتیجه گرفتند که مدل تکرار آبشارموازی -LSTM GRF یک مدل یادگیری عمیق مبنتی بر داده های محور است.

با مطالعه پیشینه تحقیق به نظر می رسد که در ارتباط مستقیم با این موضوع در محدوده مورد مطالعه تا به حال کار چندانی صورت نگرفته است. با مطالعه آثار محققین داخلی و خارجی در مورد موضوع مورد مطالعه و منطقه مورد مطالعه و با الهام از یافته‌های آنان نظر بر این شد که مناسب‌ترین روش برای رسیدن به هدف پژوهش، در منطقه مورد مطالعه، بکارگیری روش تحلیل سلسله‌مراتبی(AHP)، با استفاده از ۸ عامل مؤثر در وقوع ناپایداری (شیب، جهت شیب، طبقات ارتفاعی،

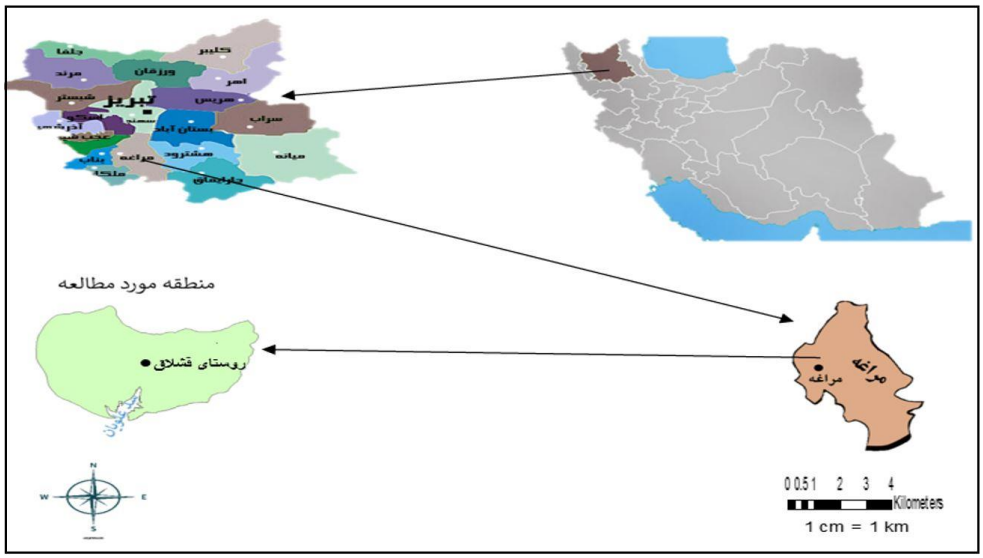
---

1. Ayalew & etal
2. Yamagishi
3. . Marui
4. Kanno
5 Sado.
6. Komac
7. Mouli Marrapu
8 . Sankar Jakka
9 . Li Zhu & etal

لیتولوژی، کاربری اراضی، پوشش گیاهی، فاصله از جاده، فاصله از آبراهه)می باشد و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS) به پهنه‌بندی خطر ناپایداری در محدوده مورد مطالعه پرداخته شود.

معرفی منطقه مورد مطالعه

سدّ علویان در حوضه‌ی‌آبریز صوفی چای قرار دارد و بر روی رودخانه صوفی‌چای، در ۳,۵ کیلومتری شمال غرب شهرستان مراغه در استان آذربایجان‌شرقی، در نزدیکی روستای علویان احداث گردیده‌است. موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه سدّ علویان در این تحقیق(از خطر الرأس دامنه‌های مشرف به سدّ تا محل سدّ که نزولات جوّی از آن دامنه‌ها به طرف سدّ سرازیر می‌شوند) به مختصات جغرافیایی بین ۴۶ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۱۹ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی و به مساحت ۵۴,۵ کیلومتر مربع می‌باشد(شکل۱). از نظر زمین شناسی تشکیلات محدوده مورد مطالعه مربوط به دوره پلیستونسن کواترنری با سازندهای آبروفتی تازه تشکیل یافته،توف و سنگ های رسی می باشد که با توجه به سن تشکیلات سست بوده و قدرت فرسایشی بالایی دارند بنابرین مستعد ناپایداری می باشند. کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه نیز بیشتر بصورت اراضی دیم و باغات می باشد. محدوه کوچک مورد مطالعه از نظر پوشش گیاهی از یک نوع پوشش گیاهی بنام اراضی کشاورزی دیم به همراه دیم زارها، با تراکم متفاوت در هر قسمت از منطقه، پوشیده شده است.



شکل۱: موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه سدّ علویان

مواد و روش‌ها

برای اجرای این پژوهش از نقشه توپوگرافی منطقه با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ ، نقشه زمین‌شناسی منطقه با مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰، دستگاه سیستم موقعیت‌یابی جهانی(GPS)، تصاویر ماهواره‌ای سنجنده OLI لندست ۸ (در تهیه نقشه پوشش گیاهی منطقه) و مدل رقومی ارتفاعی(DEM) باپیکسل سایز ۳۰ متر منطقه مورد مطالعه بهره گرفته شده است.

برای پهنه‌بندی از سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS) و نرم افزار Expert choice کمک گرفته شده است. به منظور تعیین پتانسیل وقوع زمین‌لغزش در نقاط مختلف منطقه مورد مطالعه و نشان دادن وقوع پدیده زمین‌لغزش در قالب پهنه‌بندی خطر آن از روش تحلیل سلسله مراتبی(AHP)، استفاده شده است.

روش تحلیل سلسله‌مراتبی یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مسئله را به صورت سلسله‌مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای

مختلف کمّی و کیفی را در مسئله دارد. همچنین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد که از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد(شادفر،یمانی، قدسی، ۱۳۸۶). در این روش عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوط به خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه و وزن آنها محاسبه می‌گردد و سپس با تلفیق وزن‌های مذکور که همان وزن‌های نسبی می‌باشند، وزن نهایی گزینه‌ها که آن را وزن مطلق نیز می‌نامیم مشخص می‌گردد. در واقع AHP یک مسئله چند بعدی را به یک مسئله یک بعدی تبدیل می‌کند و تصمیم‌گیری‌های پیچیده را قابل فهم و مقایسه می‌کند (سبزی، ۱۳۸۶).

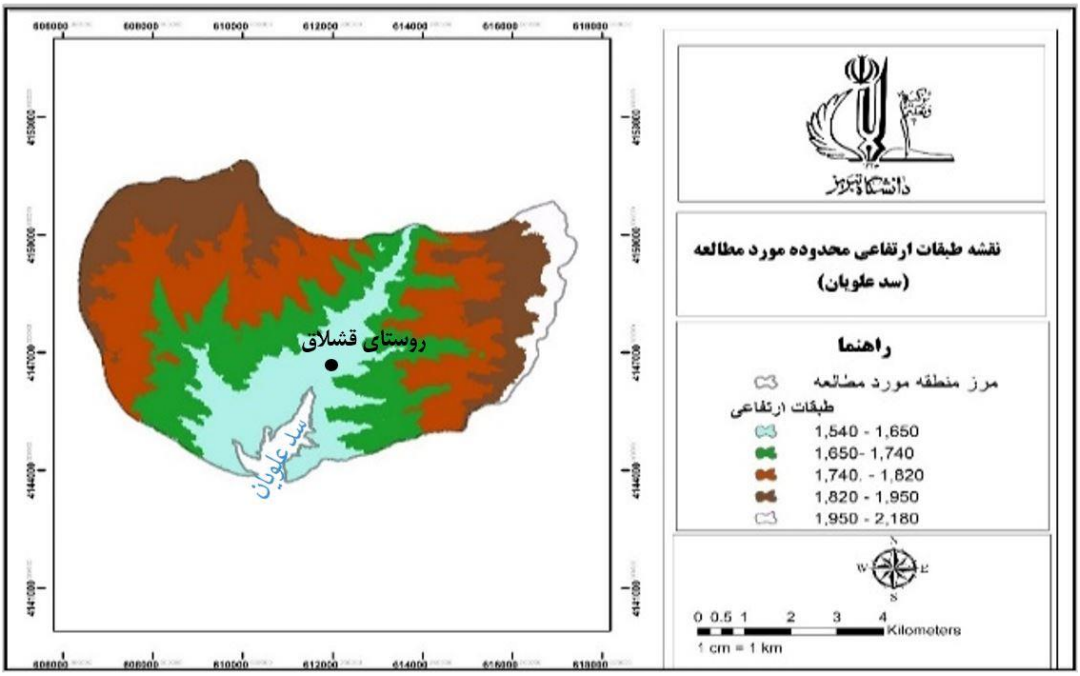
یافته‌های پژوهش

بررسی فاکتورهای تاثیرگذار در زمین لغزش منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش هشت عامل از مجموعه عوامل تأثیرگذار در ناپایداری بررسی شده است و نقش و میزان ارتباط هر عامل در رخداد زمین لغزش منطقه مورد مطالعه، به صورت مستقل مورد تحلیل و سنجش قرار گرفته است.

طبقات ارتفاعی منطقه مورد مطالعه

ارتفاع از عوامل مهم کنترل کننده ناپایداری یک دامنه می‌باشد. در دو دامنه مشابه و با مقدار شیب ثابت دامنه‌ای که مرتفع‌تر است از پتانسیل ناپایداری بیشتری برخوردار است(شریعت جعفری، ۱۳۷۵). نقشه طبقات ارتفاعی منطقه از DEM سی متری منطقه استخراج شد و در ۵ طبقه با توجه به تأثیر آن بر زمین‌لغزش طبقه‌بندی گردید(شکل۲). مساحت و درصد مساحت هر یک از کلاس‌های طبقات ارتفاعی منطقه مورد مطالعه نیز در نرم افزار GIS محاسبه شده‌اند(جدول۱). با توجه به نقشه مشخص گردید که سطوح ارتفاعی منطقه از ۱۵۴۰ متر در پایین‌ترین نقطه منطقه شروع و تا ۲۱۸۰ متر در ارتفاعات منطقه متغیر است. مرتفع ترین قسمت منطقه یعنی ارتفاعات ۲۱۸۰–۱۹۵۰ متر در شرق و شمال شرق منطقه واقع شده است. بنابراین این قسمت از مساحت منطقه در معرض خطر ناپایداری بسیار زیاد می باشد.



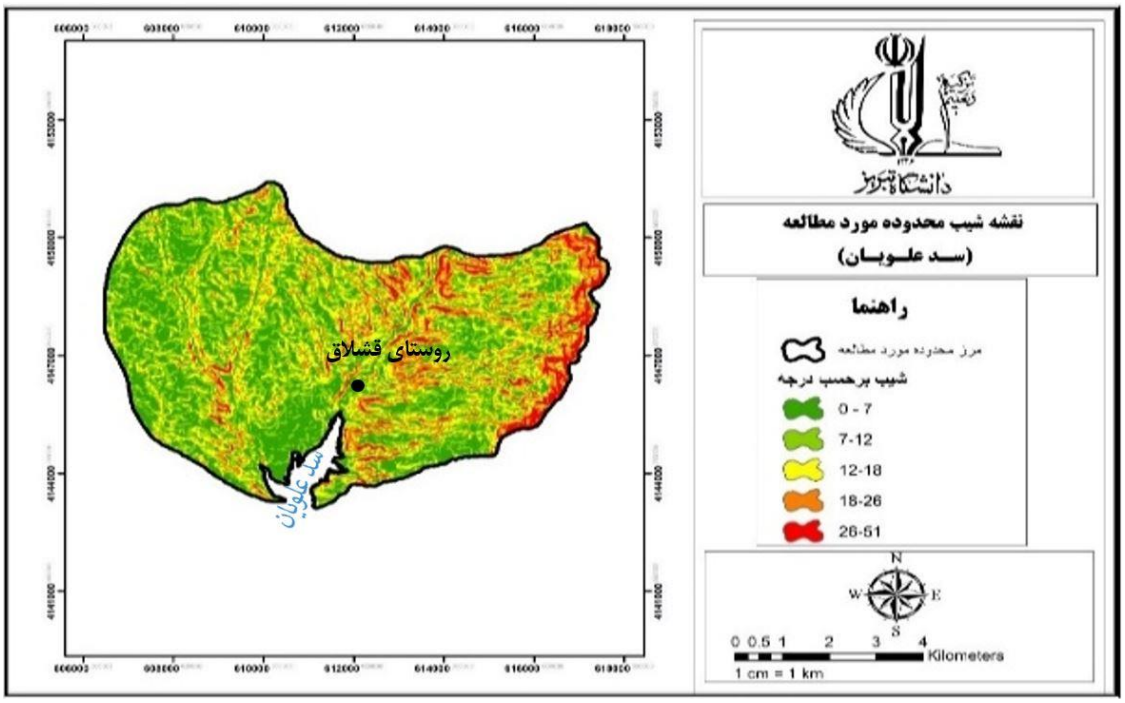
شکل۲: نقشه طبقات ارتفاعی منطقه مورد مطالعه

جدول۱: اطلاعات مربوط به طبقات ارتفاعی منطقه

ردیف	ارتفاع هر طبقه (متر)	مساحت هر طبقه (کیلومتر مربع)	درصد مساحت هر طبقه
۱	۱۵۴۰–۱۶۵۰	۹,۸۴	۱۷,۸
۲	۱۶۵۰–۱۷۴۰	۱۳,۹۴	۲۵,۲
۳	۱۷۴۰–۱۸۲۰	۱۷,۳۱	۳۱,۲
۴	۱۸۲۰–۱۹۵۰	۱۲,۰۸	۲۱,۸
۵	۱۹۵۰–۲۱۸۰	۲,۲۳	۴

شیب منطقه مورد مطالعه

میزان شیب، یکی از پارامترهای مؤثر در تحلیل ناپایداری دامنه‌ای منطقه مورد مطالعه است، ظرفیت نفوذپذیری خاک به شیب، بافت خاک و لیتولوژی منطقه بستگی دارد. هر چه نفوذپذیری خاک بیشتر باشد و منطقه از نظر پوشش گیاهی فقیر باشد، به سادگی مورد فرسایش قرار می‌گیرد، این امر تأثیر مستقیم بر ناپایداری و لغزش دارد، بنابراین در بررسی شیب یک منطقه توزیع شیب نسبت به سطح آن، در مطالعات توپوگرافی منطقه حائز اهمّیت می‌باشد، با افزایش شیب تنش برشی افزایش می‌یابد و افزایش تنش برشی سبب ناپایداری دامنه‌ها می‌گردد. برای این منظور نقشه‌ی شیب منطقه بر حسب درجه، از روی نقشه‌ی مدل رقومی ارتفاع(DEM سی متری) منطقه در محیط Arc GIS تهیه شده است. نقشه‌ی شیب در ۵ طبقه (۷–۰ ؛ ۱۲–۷؛ ۱۸–۱۲؛ ۲۶–۱۸؛ ۵۱–۲۶ درجه) با توجه به وضعیت توپوگرافی طبقه‌بندی شده است(شکل۳). مساحت مربوط به هر کدام از این طبقات در جدول زیر آمده است(جدول۲). با توجه به نقشه مشص گردید که بیشترین شیب ینی شیب ۵۱–۲۶ درجه مربوط به ارتفاعات شرق منطقه می باشد و این عامل این قسمت از منطقه را مستعد ناپایداری کرده است.



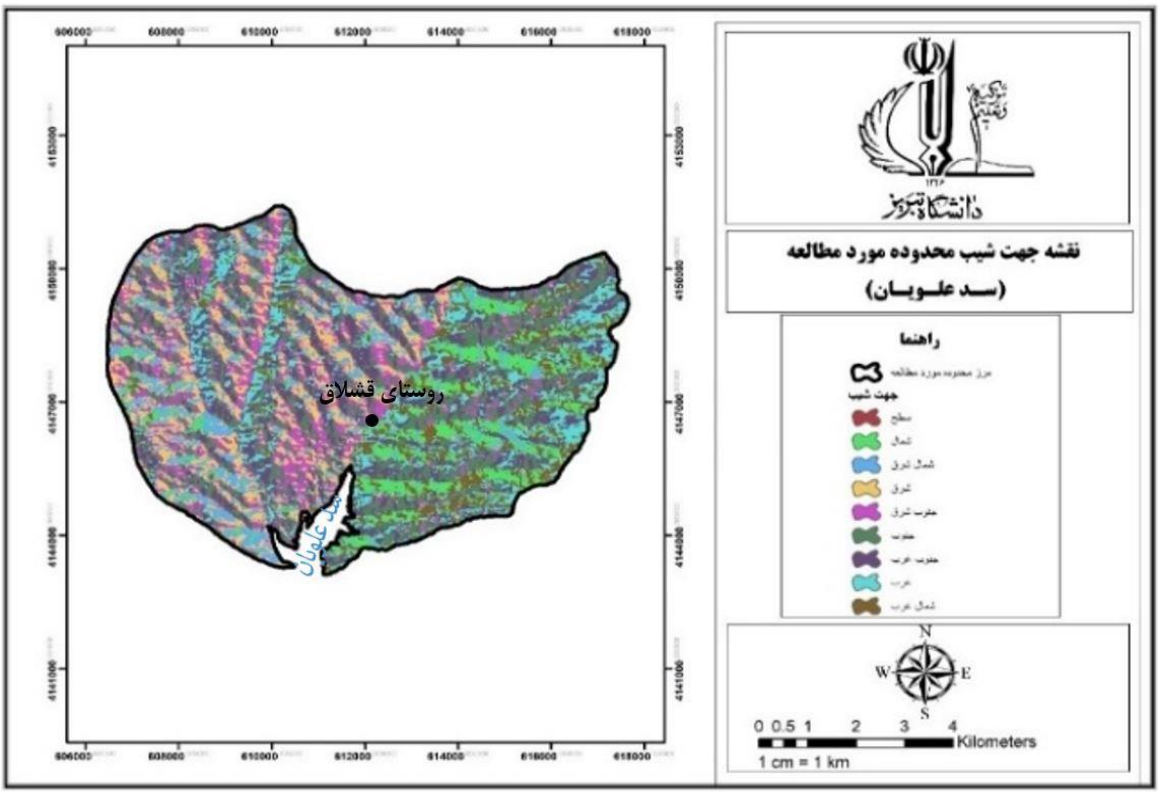
شکل۳: نقشه شیب منطقه مورد مطالعه

جدول۲: مساحت و درصد کلاس‌های شیب منطقه

ردیف	طبقه شیب (برحسب درجه)	مساحت هر طبقه (کیلومترمربع)	درصد مساحت هر طبقه
۱	۰-۷	۱۵,۵	۲۸
۲	۷-۱۲	۱۸	۳۲,۵
۳	۱۲-۱۸	۱۲,۲	۲۲
۴	۱۸-۲۶	۷,۲	۱۳
۵	۲۶-۵۱	۲,۵	۴,۵

جهت شیب منطقه مورد مطالعه

نقشه جهت شیب در این تحقیق از روی نقشه مدل رقومی ارتفاع(DEM سی متری) منطقه، در محیط GIS در هشت رده به ترتیب شمال، شمال شرقی، شمال غربی، جنوب، جنوب شرقی، جنوب غربی، شرق، غرب، تهیه شده است(شکل۴). اطلاعات مربوط به جهت‌های جغرافیایی دامنه‌های محدوده‌ی مورد مطالعه و مساحت تحت اشغال آنها در جدول آورده شده است(جدول۳).



شکل۴: نقشه جهت شیب منطقه مورد مطالعه

جدول۳: اطلاعات مربوط به جهت جغرافیایی دامنه‌ها

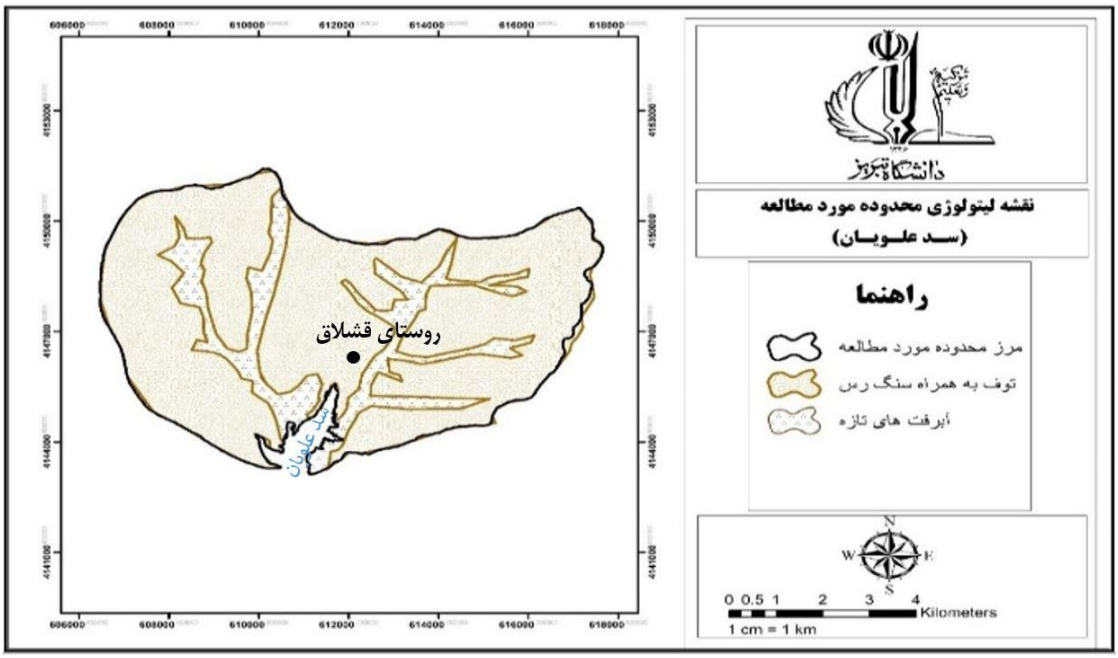
جهت جغرافیایی شیب دامنه	مساحت هر طبقه (کیلومتر مربع)	درصد مساحت هر طبقه

شمال	۴,۸۳	۸,۷۱
شما ل شرقی	۴,۷	۸,۵
شرق	۶,۹	۱۲,۴۵
جنوب شرقی	۶,۶۵	۱۲
جنوب	۹,۷۲	۱۷,۵۴
جنوب غربی	۹,۵	۱۷,۱۵
غرب	۷,۲۱	۱۳
شمال غربی	۵,۹	۱۰,۶۵

لیتولوژی منطقه مورد مطالعه

این منطقه از نظر چینه‌شناسی، با توجه به نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ مراغه، از دو نوع سازند زمین‌شناسی بنام واحد PIL شامل توف به همراه سنگ رس و واحد Qal شامل آبرفت‌های تازه تشکیل یافته، ساخته شده است که عمر زمین شناسی هر دوتای این تشکیلات مربوط به دوره‌ی پلیستوسن کواترنری، می‌باشد(جدول۴).

بررسی سازندهای زمین‌شناسی محدوده نشان می‌دهد که لیتولوژی‌های سنگی توف، رسی و آبرفتی موجود در منطقه با توجه به جوان بودن تشکیلات، سست بوده و همچنین وجود سدّ پتانسیل مناسبی را جهت رخداد انواع ناپایداری-های خاکی و سنگی مهیّا کرده است. نقشه‌ی سنگ‌شناسی (لیتولوژی) منطقه مورد مطالعه با توجه به نقشه زمین‌شناسی منطقه که از دو نوع سازد زمین‌شناسی تشکیل شده است، تهیه گردید(شکل۵).



شکل۵: نقشه لیتولوژی منطقه مورد مطالعه

جدول۴: راهنمای نقشه سنگ شناسی منطقه

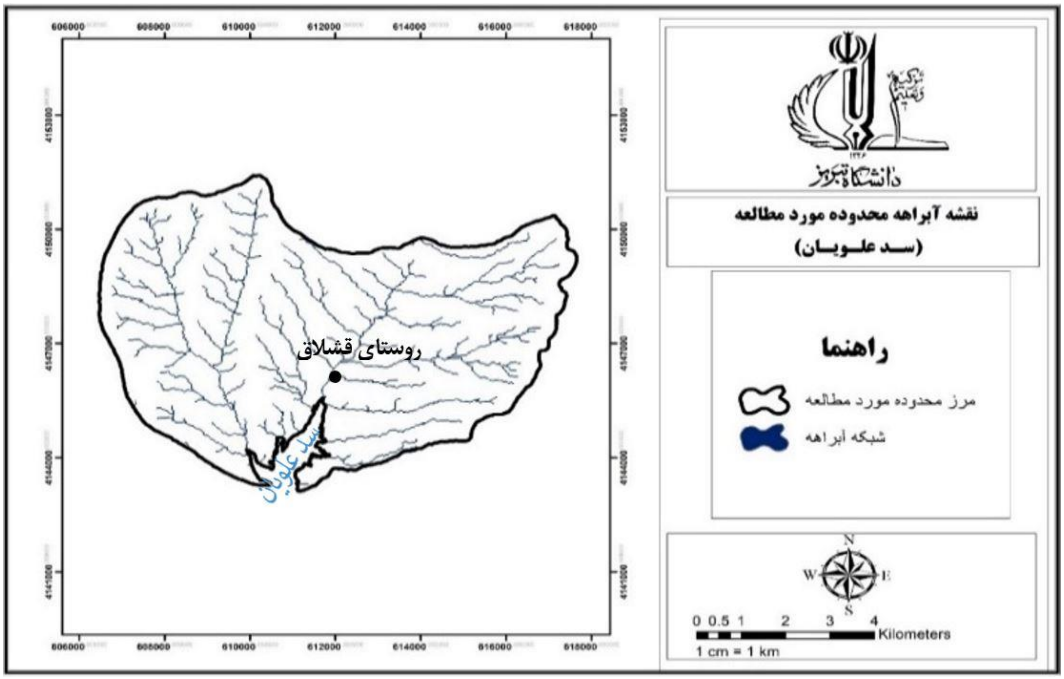
ردیف	سازند	نوع سازند
۱	PI L	توف – سنگ رس
۲	Qal	آبرفت های جدید

هیدرو گرافی آب های سطحی منطقه مورد مطالعه

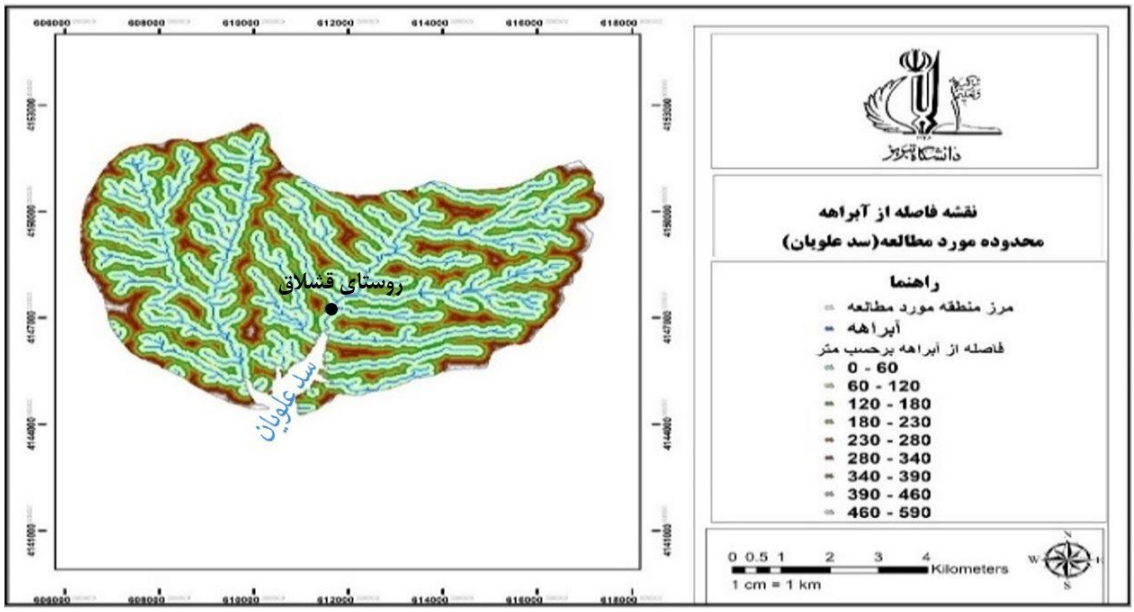
در بررسی ناپایداری دامنه‌ای و زمین‌لغزش‌ها، آب‌های جاری به عنوان عامل تغذیه کننده و یا زهکشی کننده‌ی توده‌های خاک و همچنین جزو عوامل القاء کننده ناپایداری قلمداد می‌شوند. آب‌های جاری علاوه بر شستن مصالح پای شیب‌ها در کناره رودخانه‌ها، سبب افزایش زاویه‌ی شیب دامنه‌ها شده و در نتیجه باعث ناپایداری شیب می‌شوند(مختاری اصل، ۱۳۹۵). از این رو، این عامل نیز برای تهیه‌ی نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در منطقه استفاده شده است.

در هر واحد ژئومورفولوژی، انشعابات رودها و آبراهه‌ها آرایش خاصی را به‌وجود می‌آوردند که مربوط به ساختمان و جنس طبقات زمین و جنس خاک روی آنها می‌باشد. این شکل خاص همان شبکه زهکشی منطقه است. شبکه زهکشی منطقه مورد مطالعه از نوع دندریتی یا شاخه درختی می‌باشد(شکل۶).

بعد از تهیه نقشه شبکه هیدروگرافی در محیط GIS، نقشه فاصله از آبراهه از روی آن تهیه شد(شکل۷). اطلاعات مربوط به فاصله از آبراهه و مساحت و درصد مساحت تحت اشغال آنها نیز در محیط GIS محاسبه گردید(جدول۵).



شکل۶: نقشه هیدروگرافی آبهای سطحی منطقه مورد مطالعه



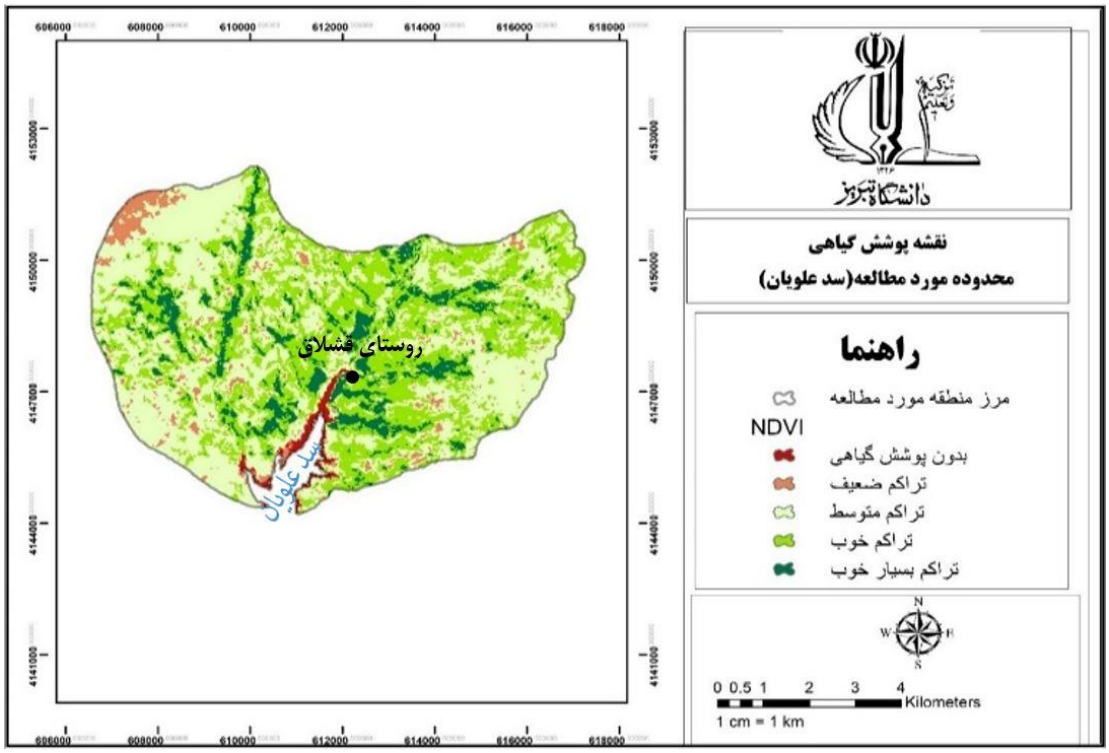
شکل۷ : نقشه فاصله از آبراهه منطقه مورد مطالعه

جدول۵: اطلاعات مربوط به فاصله از آبراهه

فاصله از آبراهه برحسب متر	مساحت هر کلاس (کیلومتر مربع)	درصد مساحت هر طبقه
۶۰–۰	۱۵,۱۵	۲۷,۴
۱۲۰–۶۰	۱۴,۱۵	۲۵,۶
۱۸۰–۱۲۰	۱۰	۱۸
۲۳۰–۱۸۰	۷,۳۸	۱۳,۳۴
۲۸۰–۲۳۰	۴,۹	۸,۹
۳۴۰–۲۸۰	۲,۱۷	۳,۹
۳۹۰–۳۴۰	۰,۹۵	۱,۷۱
۴۶۰–۳۹۰	۰,۴۸	۰,۸۵
۵۹۰–۴۶۰	۰,۱۶	۰,۳

پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه از یک نوع پوشش گیاهی بنام اراضی کشاورزی دیم به همراه دیم زارها، با تراکم متفاوت در هر قسمت از منطقه، پوشیده شده است، نقشه پوشش گیاهی مربوط به منطقه از طریق تصویر ماهواره لندست ۸ که در تاریخ ۱۳۹۸/۲/۱۸ تهیه شد، در محیط ARC GI S تهیه گردید(شکل۸). نقشه حاضر وضعیت پوشش گیاهی منطقه را در پنج طبقه، از طبقه بدون پوشش گیاهی تا طبقه تراکم بسیار خوب، نشان می‌دهد و (جدول۶) اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی و مساحت تحت اشغال آنها را نشان می‌دهد.



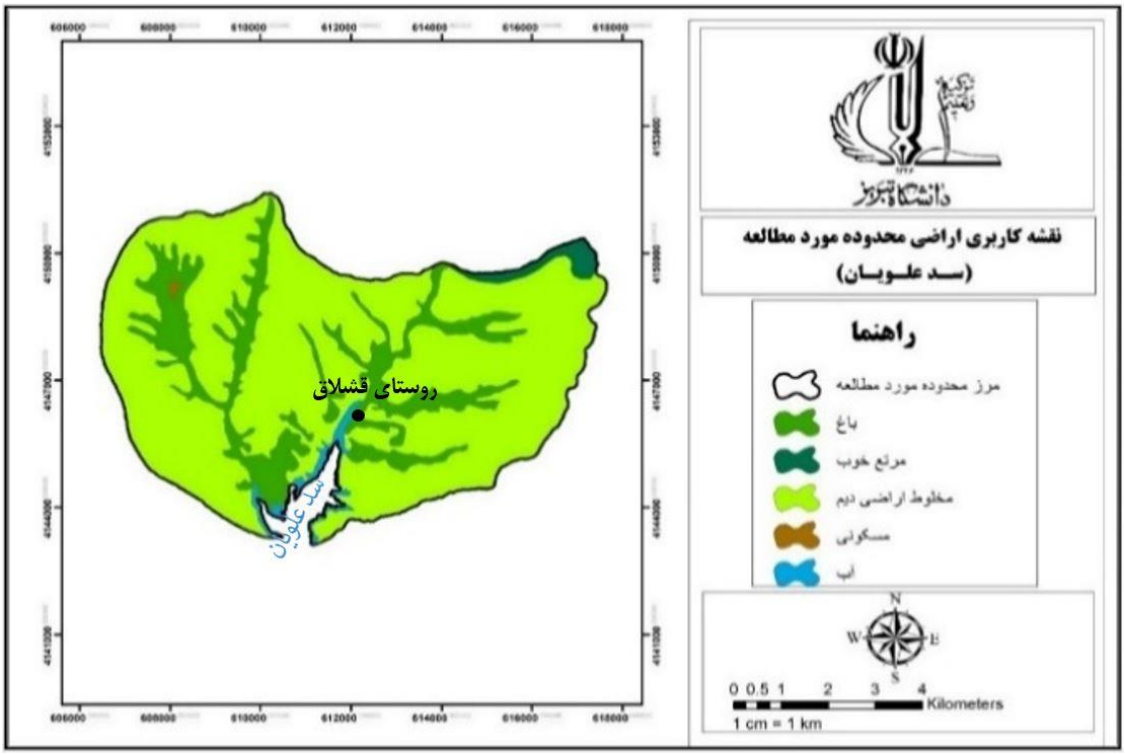
شکل۸: نقشه پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه

جدول۶: اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی منطقه

پوشش گیاهی	مساحت هر طبقه (کیلومتر مربع)	درصد مساحت هر طبقه
بدون پوشش گیاهی	۰,۶۶	۱,۲
تراکم ضعیف	۲	۳,۷
تراکم متوسط	۲۵,۸	۴۶,۹
تراکم خوب	۲۱	۳۸,۲
تراکم بسیار خوب	۵,۵	۱۰

کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه

در تپه‌های شمال شرق منطقه مورد مطالعه(روستاهای زاویه و قشلاق) و در تپه‌های شمال غرب و غرب(روستای اسفستانج) بصورت گسترده باغات توزیع یافته است. نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه، از نقشه کاربری اراضی استان آذربایجان شرقی و در قالب ۵ طبقه استخراج شده است(شکل۹). مساحت و درصد مساحت هر یک از کلاس‌های کاربری اراضی نیز در محیط GIS محاسبه گردید(جدول۷).



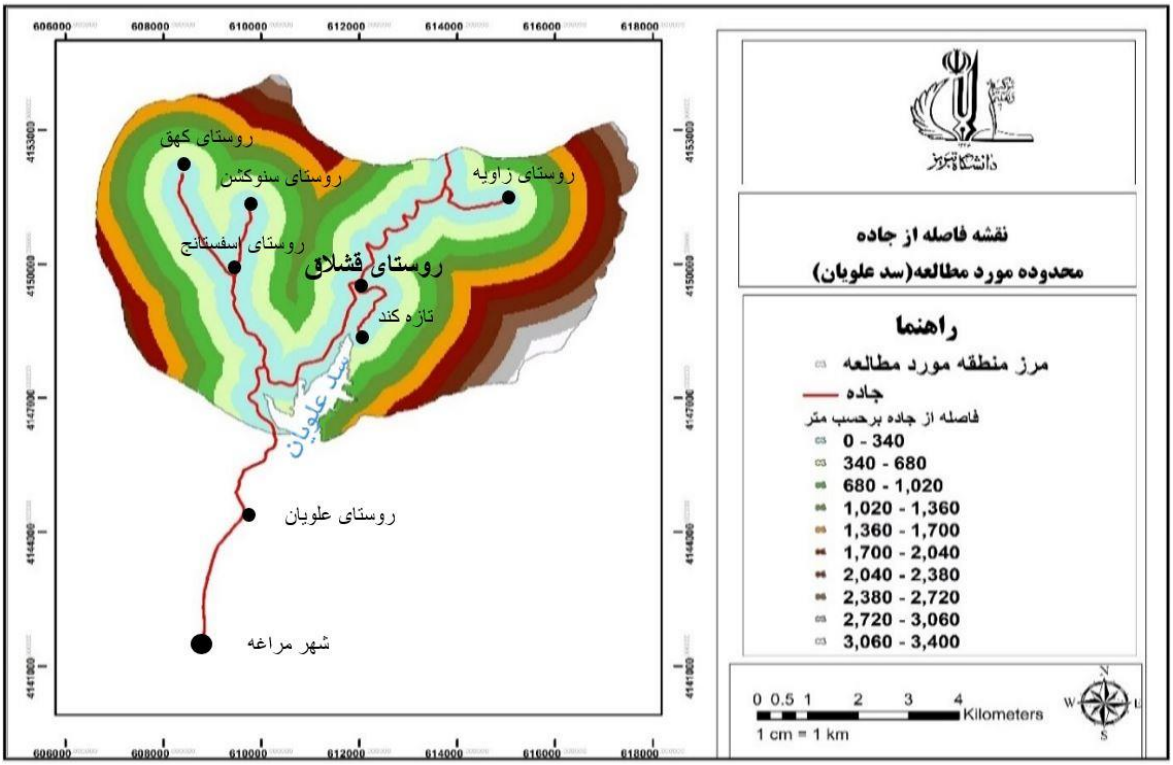
شکل۹: نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه

جدول ۷ : اطلاعات مربوط به کاربری اراضی منطقه

کاربری اراضی	مساحت هر کلاس (کیلومتر مربع)	درصد مساحت هر طبقه
مسکونی	۰,۰۵	۰,۰۹
باغات	۱۰,۰۷	۱۸,۱۸
مخلوط اراضی دیم	۴۳,۲۷	۷۸,۱۲
آب	۱,۰۳	۱,۸۶
مرتع خوب	۰,۹۷	۱,۷۵

فاصله از جاده منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه جاده اصلی، از سمت جنوب به سمت شمال کشیده شده است که فاصله چندانی با ساحل دریاچه سدّ ندارد. نقشه راه‌های منطقه از روی تصویر ماهواره‌ای در Google Earth ترسیم شد و به نرم‌افزار GIS انتقال داده شد. در GIS از روی نقشه راه‌های منطقه، نقشه فاصله از جاده و تابع تحلیلی آن تهیه شد(شکل۱۰). مساحت و درصد مساحت هر یک از کلاس های نقشه فاصله از جاده نیز در محیط GI S محاسبه گردید(جدول۸).



شکل ۱۰: نقشه فاصله از جاده منطقه مورد مطالعه

جدول۸: اطلاعات مربوط به فاصله از جاده

فاصله از جاده برحسب متر	مساحت هر کلاس (کیلومتر مربع)	درصد مساحت هر طبقه
۳۴۰–۰	۱۲,۱۲	۲۱,۹
۶۸۰–۳۴۰	۹,۳۵	۱۶,۸
۱۰۲۰–۶۸۰	۸,۷۵	۱۵,۸
۱۳۶۰–۱۰۲۰	۷,۶۵	۱۳,۸
۱۷۰۰–۱۳۶۰	۶,۴۴	۱۱,۷
۲۰۴۰–۱۷۰۰	۴,۷۲	۸,۵
۲۳۸۰–۲۰۴۰	۳,۱۲	۵,۷
۲۷۲۰–۲۳۸۰	۲	۳,۶
۳۰۶۰–۲۷۲۰	۱	۱,۸
۳۴۰۰–۳۰۶۰	۰,۳۲	۰,۵

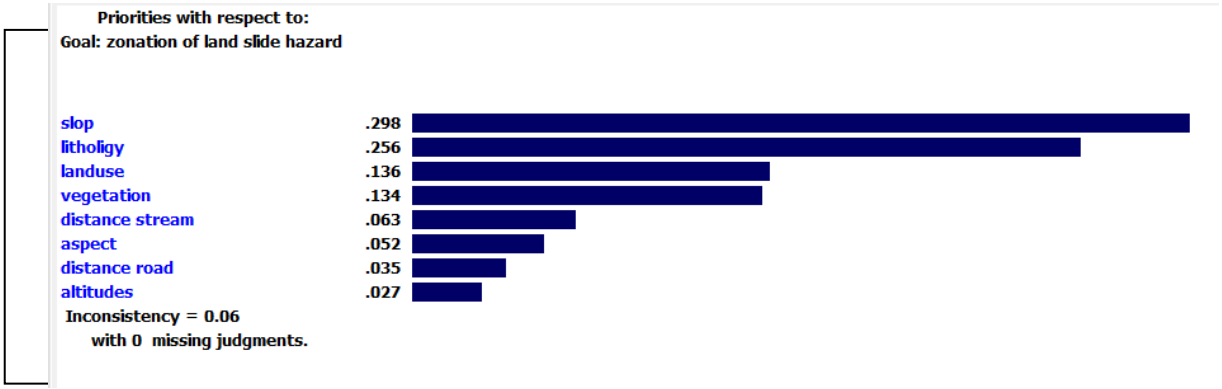
وزن دهی معیارها و تهیه نقشه نهایی

برای تهیه نقشه پهنه‌بندی زمین لغزش منطقه، ضرایب و وزن عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش در منطقه محا سبه شد(جدول۹). این کار در نرم افزار Expert choice انجام شد و وزن نهایی هر یک از عوامل م شخص گردید(جدول۱۰).

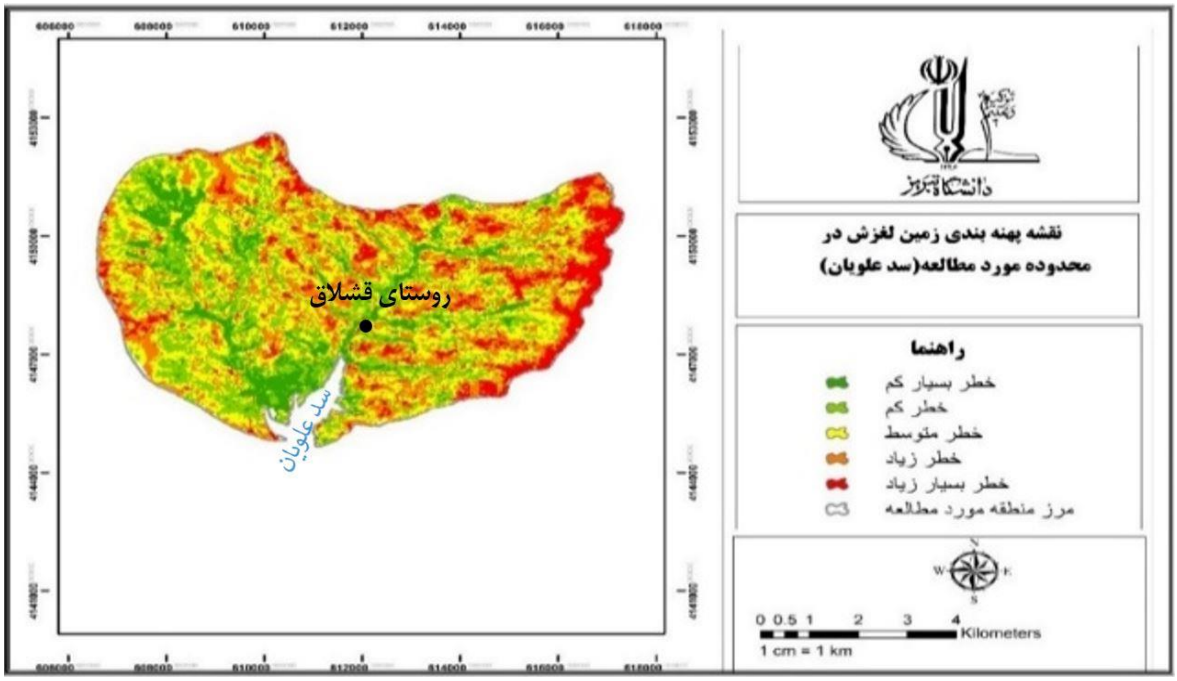
جدول۹: ماتریس مقایسات زوجی معیارهای مؤثر در زمین‌لغزش محدوده سدّ علویان

	slop	aspect	altitudes	litholigy	distance road	distance stream	landuse	vegetation
slop		7.0	5.0	2.0	5.0	4.0	5.0	4.0
aspect			2.0	5.0	2.0	1.0	2.0	3.0
altitudes				7.0	2.0	3.0	7.0	6.0
litholigy					5.0	3.0	2.0	2.0
distance road						3.0	5.0	5.0
distance stream							4.0	3.0
landuse								1.0
vegetation	Incon: 0.06							

جدول ۱۰: وزن هر یک از فاکتورهای مؤثر در زمین‌لغزش، در خروجی نرم افزار **Expert choice**



در مدل AHP ، لایه‌ای که بیشترین تأثیر را در تعیین هدف دارد بیشترین وزن را به خود احتصاص می‌دهد. بنابراین برای رسید به هدف این تحقیق، لایه‌های شیب، لیتولوژی، کاربری اراضی و پوشش گیاهی با توجه به اهمیت آنها در ناپایدار سازی دامنه‌ها و وقوع زمین‌لغزش، به ترتیب بیشترین وزن را به خود اختصاص دادند. وزن دهی سایر عوامل نسبت به کاهش تأثیرشان در ناپایداری دامنه‌ها کمتر می‌باشد. همانطور که در جدول ۱۰ مشاهده می‌شود، نرخ ناسازگاری برابر با ۰,۰۶ به دست آمده است که صحت وزن دهی معیارها را نشان میدهد.درنهایت عمل پهنه‌بندی حساسیّت زمین لغزش در محدوده‌ی مورد مطالعه سدّ علویان انجام شد و نتیجه کار به صورت نقشه پهنه‌بندی شده در پنج کلاس حساسیّتی(خطر بسیارکم، خطر کم، خطر متوسط، خطر زیاد، خطر بسیار زیاد) ارائه گردید(شکل۱۱). مساحت و درصد مساحت هر یک از کلاس‌های نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش در محیط GIS محاسبه گردید(جدول۱۱)



شکل ۱۱: نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش

جدول ۱۱: اطلاعات نقشه پهنه‌بند خطر زمین لغزش

شدت خطر	مساحت هر طبقه (کیلومتر مربع)	درصد مساحت هر طبقه
خطر بسیار کم	۶,۷	۱۲,۳
خطر کم	۱۵,۵	۲۸,۴
خطر متوسط	۱۶,۲	۲۹,۸
خطر زیاد	۱۱,۲	۲۰,۵
خطر بسیار زیاد	۴,۹	۹

بحث و نتیجه گیری

با توجه به نقشه‌های تهیه شده و درصد مساحت کلاس‌های هر نقشه مشخص شد که کمترین کلاس شیب منطقه، شیب ۱۲-۰ درجه است که مربوط به قسمت‌های غربی و مرکزی منطقه مورد مطالعه است که ۶۰ درصد مساحت منطقه را شامل می‌شود و بیشترین کلاس شیب منطقه، شیب ۲۶-۵۱ درجه است که مربوط به قسمت‌های شرق منطقه مورد مطالعه است که ۴,۵ درصد مساحت منطقه را شامل می‌شود و بیشترین کلاس ارتفاعی منطقه، ارتفاع ۲۱۸۰-۱۹۵۰ متر است که ۴ درصد مساحت منطقه را شامل می‌شود که در قسمت شرق و شمال شرق منطقه واقع شده است و کمترین کلاس ارتفاعی منطقه، ارتفاع ۱۶۵۰-۱۵۴۰ متر است که ۱۷,۸ درصد مساحت منطقه را شامل می‌شود که در قسمت مرکزی منطقه واقع شده است. این نشان می‌دهد که قسمت شرق منطقه بیشترین شیب و ارتفاع را نسبت به بقیه قسمت‌های منطقه دارد و با توجه به نقشه پوشش‌گیاهی و کاربری اراضی نیز مشخص شد که پوشش‌گیاهی و کاربری اراضی در قسمت شرق منطقه کاهش داشته که این وضعیت‌ها با توجه به لیتولوژی سست و جوان منطقه، قسمت‌های شرق منطقه مورد مطالعه را مستعد ناپایداری کرده است. بنابراین با شناسایی معیارهای اثرگذار، مقایسات زوجی، وزن دهی بین آنها و مشخص کردن وزن آنها با استفاده از نظر کارشناسان، مشخص گردید که همه‌ی معیارهای مطرح شده در تحقیق حاضر به نوبه خود در خطر وقوع زمین لغزش در منطقه‌ی مورد پژوهش مؤثر بوده است و با توجه به نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع زمین لغزش، پهنه با خطر زمین لغزش متوسط بیشترین مساحت را در منطقه به خود اختصاص داده است .

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که عوامل شیب و لیتولوژی با بیشترین وزن، بعنوان بیشترین عوامل تاثیرگذار در وقوع ناپایداری در منطقه مورد مطالعه می‌باشند و خطر زمین لغزش بسیار زیاد، با توجه به نقشه پهنه‌بندی ۹ درصد مساحت منطقهٔ مورد مطالعه را شامل می‌شود، که در دامنه‌های شرق منطقه واقع است. پس ارتفاعات شرق منطقه، به علت شرایط توپوگرافی و لیتولوژی سست و جوان و کاهش کاربری اراضی و پوشش گیاهی، مستعد زمین‌لغزش بسیار زیاد می‌باشند. در ضمن با توجه به تصاویر ماهواره‌ای و مطالعات میدانی انجام شده، ناپایداری‌هایی در ساحل دریاچه سدّ مشاهده می‌گردد که دلیل اصلی آن مربوط به تغییر سطح اساس آب دریاچه سدّ بر روی تشکیلات آبروفتی سست و جوان می‌باشد که با انجام عمل زیربری با هر بار بالا و پایین رفتن سطح آب باعث ایجاد گسیختگی-های بزرگ وکوچک می‌شود(تصویر۱). در چنین شرایطی حتی کوچک‌ترین لرزش‌ها که در اثر زمین لرزه یا حرکت وسایل نقلیه در جاده که فاصله چندانی از دریاچه سدّ ندارد، در نهایت منجر به ناپایداری از نوع ریزش و لغزش‌های کوچک درحاشیه‌های نزدیک سدّ می شود(تصویر۲). پس، جهت کاهش مخاطرات دامنه ای در اطراف مخزن سد، رعایت موارد زیر به عنوان مهمترین اقدامات عملیاتی در اجرای طرحهای عمرانی و توسعه (احداث راه و....) در شرق منطقه با توجه به توان بالقوه بالای ناپایداری دامنه ضروری به نظر می رسد.

- جلو گیری از در عملیات راه سازی و تعریض مسیر جاده های منتهی به سد.
- جلوگیری و ممانعت از افرایش شیب دامنه های اطراف سد طی فعالیت های انسانی.
- ج لوگیری از قطع درختان و از بین بردن پوشش گیاهی اطراف مخزن سد.
- نظارت مداوم بر مناطق مستعد زمین لغزش در اطراف مخزن سد، جهت جلوگیری از وقوع فاجعه ناشی از شکستن سد.

تصویر۱: زیربری آب سد

تصویر۲: زمین لغزش اتفاق افتاده در ساحل سد

منابع

- آذرمی‌عربشاهی، ر.، حافظی‌مقدس، ن.، اصغری‌کلجاهی، ا.، ولی‌زاده‌کامران، خ.، ۱۳۹۰. **پهنه‌بندی خطر لغزش دامنه‌های مخزن سد ونیار تبریز بعد از آبگیری، هفتمین کنفرانس زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، دانشگاه صنعتی شاهرود.**
- اسفندیاری، ف؛ رحیمی، م؛ نویدفر، ا؛ مهرورز، ا ؛ ۱۳۹۹. ارزیابی حساسیت زمین لغزش با استفاده از روشهای شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (مطالعه موردی: جادهی حیران- استان اردبیل). پژوهشهای ژئومورفولوژی کمّی، سال نهم، شماره ۳، ص ۳۳-۱۸.
- ایرانی, و.، اصغری، ص.، ۱۳۹۷. **پهنه‌بندی پتانسیل وقوع زمین‌لغزش در محیط GIS (مورد مطالعه: استان اردبیل)**، نهمین همایش سراسری محیط‌زیست انرژی و منابع طبیعی پایدار، تهران، موسسه آموزش عالی مهراروند و مرکز راهکارهای دست‌یابی به توسعه پایدار.
- حجازی، ا.، قنبری، م.، ۱۳۸۱. **ارزیابی حساسیت حوضه ای صوفی‌چای در وقوع زمین‌لغزش با استفاده از روش GIS و تحلیل سلسله‌مراتبی** ، پنجمین کنگره بین المللی جغرافی دانان اسلام.
- روستایی، ش.، علی زاده، ر.، ۱۳۹۱. **پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه صوفی‌چای (مراغه) با استفاده از روش آنبلاگان**، دوره ۱۲، شماره ۳۹ ، از صفحه ۱۷ تا صفحه ۳۵.
- حسینی, ز.، معزز، س.، آقایاری، ل.، ۱۳۹۴. **بررسی عوامل موثر در وقوع ناپایداری دامنه‌ای در حوضه رودخانه میمه در استان ایلام**، کنفرانس بین المللی محیط زیست و منابع طبیعی، شیراز، موسسه عالی علوم و فناوری خوارزمی.
- رنجبر، م.، ۱۳۹۱. **عوامل مؤثر در وقوع حرکات توده‌ای در حوضه کرگانرود با استفاده از مدل AHP**
- سبزی، م.، ۱۳۸۶. **فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، انتشارات دانشگاه تهران**، صص ۱ –۴۷.
- شادفر، ص.، یمانی، م.، قدوسی، ج.، ۱۳۸۶. **پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز چالکرود تنکابن)**، مجله پژوهش سازندگی در منابع طبیعی، شماره ۵۷
- شریعت جعفری، م.، ۱۳۷۵. **مبانی و اصول پایداری شیب ها (زمین‌لغزش)**، انتشارات سازه.
- عمادالدین، س؛ مرادی، آ؛ ۱۳۹۷. **ارزیابی خطر زمین لغزش با استفاده از فرایند سلسله مراتبی(AHP)، تحلیل شبکه عصبی مصنوعی(ANN) و مطالعات میدانی با رویکرد ریسک(مطالعه موردی: محور جاده هراز)**، پژوهش های ژئومورفولوژی کمی. دوره ،۶شماره ،۴صص ۱۹۰-.
- مختاری اصل، ا.، رنجبریان شادباد، م.، ۱۳۹۵. **ارزیابی و پهنه‌بندی احتمال خطر زمین‌لغزش در حوضه آبریز یایجیلو با مدل AHP، پژوهش های ژئومورفولوژی کمی**، سال چهارم، شماره ۴، بهار ۱۳۹۵ صص۱۱۹-۱۳۳ .
- وب سایت رسمی شرکت آب منطقه‌ای آذربایجان‌شرقی(wwwazarwater.ir) زمان دسترسی به سایت ۱۳۹۸/۰۱/۳۱

- Ayalew . L . Yamagishi . H . Marui . H & Kanno . T. (2005). **"Landslides in Sado Island of Japan:** Part II. GIS-based susceptibility mapping with comparisons of results from two methods and verifications." , Engineering Geology 81. (2005). 432– 445.
- Komac , M (2006) , **A landslide suscepility model using the Analytical Hierarchy process method and multivariate statistic in per alpine Slovenia ,** Geomorphology , vol . 24. pp. 17 – 28.
- Li Zhu, Lianghao Huang, Linyu Fan, Jinsong Huang, Faming Huang, Jiawu Chen, Zihe Zhang, and Yuhao Wang,(2020). **Landslide Susceptibility Prediction Modeling Based on**
  Remote Sensing and a Novel Deep Learning Algorithm of a Cascade-Parallel Recurrent
  Neural Network. Sensors (Basel).; 20(6): 1576
- Mouli Marrapu ، Balendra . ،Sankar Jakka ، Ravi . ،(2014)، **Landslide Hazard Zonation Methods ،(A critical Review)**، 5:215-220.6, A Dissertation submitted to the University College London.
- Wang, Y., LIN, Q., SHI, P., 2018. **Spatial pattern and influencing factors of landslide casualty events, Journal of Geographical Sciences,** 28(3), pp. 259-374.