

شناخت عوامل موثر زمین لغزش در حوضه آبخیز سد برنجستانک قائمشهر

دکتر بهمن رضانی*

دانشیار جغرافیای طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت

هدی ابراهیمی

مدرس دانشگاه پیام نور

چکیده

زمین لغزش یکی از خطرات طبیعی به شمار می رود که هر ساله خسارات جانی و مالی فراوانی را به همراه دارد وقوع زمین لغزش در مناطق شمالی کشور و به دلیل تبدیل اراضی جنگلی به زمین های زراعی و جاده ها در حال افزایش است و یکی از راهکار های مهم برای کاهش خسارات ناشی از وقوع زمین لغزش ها دوری جستن از این مناطق است. حوضه آبخیز سد برنجستانک با مساحتی معادل ۳۷ کیلو متر مربع در ۱۳ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان قائم شهر واقع در استان مازندران قرار دارد. با بررسی های انجام شده در حوضه مورد مطالعه شاهد دو توده لغزشی از نوع چرخشی که در فاصله ۱۰۰ متری از سد و بخش شمالی دریاچه سد برنجستانک قرار دارند بوده ایم که مساحت توده اولی ۶۰۰۰ مترمربع و مساحت توده دومی در حدود ۴۰۰۰ متر مربع بوده است. هدف مطالعه شناخت مهم ترین عوامل تاثیر گزار بر لغزش در حوضه سد برنجستانک بوده و روش کار به صورت توصیفی - تحلیلی و با استفاده از مشاهدات میدانی انجام گرفته است. نتایج مطالعه نشان داد که از عوامل مهم در ایجاد این توده های لغزشی می توان به عوامل لیتولوژیکی یا سنگ شناسی، وجود بیرون زدگی های سنگی و تراکم آن ها و تکتونیک در حوضه مورد مطالعه اشاره نمود. حضور سازند های حساس به زمین لغزش با ترکیباتی چون رس، شیل و رسوبات مارنی دوره های میوسن و یکسری از رسوبات دوران کواترنو وجود گسل های فعال در سطح حوضه می تواند از عوامل موثر در وقوع این پدیده باشد.

واژگان کلیدی: سد برنجستانک، لغزش، حوضه آبخیز، مدیریت یکپارچه محیطی

کشور ایران به علت وسعت و موقعیت جغرافیایی؛ شرایط اقلیمی و تغییرات فراوان زمین‌شناختی و ژئومورفولوژی با خطرات طبیعی و نهایتاً بلایای طبیعی فراوانی روبرو است. زمین لغزش [۱] عبارت است از حرکت کلی و عمقی تمام قشر خاک بر روی سطح زمین مادری که هر ساله موجب خسارات‌های سنگینی می‌گردند که بعضاً جبران این خسارت‌ها ممکن نیست و یا نیازمند صرف وقت و هزینه بسیاری است براساس گزارش کمیته ملی کاهش بلایای طبیعی وزارت کشور سهم خسارات ناشی از حرکت‌های توده‌ای در ایران ۵۰۰ میلیارد ریال برآورد گردیده است (خسروزاده، ۱۳۸۷، ص ۱۲۳). از این رو لزوم شناخت مناطق حساس به لغزش برای دستگاه‌های اجرایی مسئول اهمیت زیادی دارد. زمین لغزش یک معضل جهانی بوده و متداول‌ترین نوع از پدیده‌های طبیعی شکل دهنده سطح زمین می‌باشد که در تمامی دوران‌های زمین‌شناسی به وقوع پیوسته است (ثروتی، ۱۳۸۱، صص ۱۰۹-۱۲۷). حضور و نوع فراوانی زمین لغزش‌های یک منطقه به عوامل و شرایط به وجود آورنده موثر در محیط بستگی دارد شرایط محیطی که موقعیت، فراوانی و نوع زمین لغزش‌ها را کنترل می‌کنند شامل شرایط توپوگرافی، مورفولوژی، سنگ‌شناسی و حضور و فراوانی ناپیوستگی‌های سنگ‌شناسی شامل سنگ بستر، گسل‌ها، درزها و سیستم‌های رخ، نوع و عمق خاک، گسترش و نوع پوشش گیاهی و ویژگی‌های مکانیکی و هیدرولوژیکی سنگ‌های منطقه می‌باشند.

هدف از این تحقیق شناخت عوامل زمین‌شناسی و تکتونیک و نقش آن‌ها در ایجاد توده‌های لغزشی در حوضه آب‌خیز برنجستانک و هم‌چنین ارائه راهکارهای مدیریتی مناسب برای مقابله با بحران ناشی از زمین لغزش در حوضه مورد مطالعه می‌باشد. تا کنون مطالعات و بررسی‌های فراوانی به منظور شناخت حرکات توده‌ای و هم‌چنین پراکنش مکانی زمین لغزش در محدوده سالهای مشخصی صورت گرفته است که اکثر تحقیقات بر روی همبستگی‌های کلی بین وقوع زمین لغزش با درجات شیب و واحدهای سنگ‌شناسی متمرکز شده‌اند (Keefer, 2000, pp213-249, Khazai, 2003, pp79-95, Wang, 2001, pp17-28).

گروه منابع طبیعی اوهایا (Thommas, 1995, p4) ضمن بررسی عوامل ایجاد حرکت‌های توده‌ای، در شیب‌های سنگی تشکیلات ماسه سنگ و سنگ آهک را سنگ‌هایی با فراوانی بیشتر ریزش سنگ ذکر کردند و هم‌چنین آن‌ها وجود تشکیلات حساس به فرسایش از قبیل شیل و رس ضعیف را در زیر قطعات سنگی و فرسایش آن‌ها و در نتیجه حذف حمایت تحتانی را از عوامل اصلی ریزش نام بردند.

(Riedel, 2000, p18) با استفاده از نرم افزارهای سیستم سنجش از دور به ارائه مدلی در زمینه حرکت‌های توده‌ای پرداخته‌اند. نتیجه تحقیق حاکی از این است که عوامل موثر در ریزش سنگ شامل نوع سنگ (حساسیت به یخبندان و تخریب مکانیکی)، شیب، بیرون زدگی سنگی، تکتونیک، آب‌های سطحی و پوشش گیاهی می‌باشد (Anbalagan, 1997, pp 269-277) منطقه کاتکوم - ناینیتا واقع در هند را به روش امتیازدهی به عوامل ارزیابی خطر زمین لغزش (HFE) پهنه بندی کرد (Nagarjan, 2000, p5) برای پهنه بندی خطر زمین لغزش در نواحی حاره‌ای هند از روش وزن دهی به پارامترهای منطقه‌ای و اقلیمی استفاده کردند و با در نظر گرفتن فراوانی لغزش‌ها در کلاس‌های مختلف عوامل ایجاد زمین لغزشها کلاس نهایی را پس از وزن دهی کارشناسانه برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش انتخاب کردند.

(Thurston, 2000, pp1461-1472) از GIS برای تهیه نقشه پتانسیل خطر زمین لغزش منطقه در بای شیر استفاده کردند. آن‌ها از

انطباق کلاس ها عوامل مختلف با زمین لغزش های موجود برای وزن دهی و شاخص خطر زمین لغزش بهره جسته و نقشه پهنه بندی تهیه کردند .

(Remondo,2000,p58) در منطقه با وجوبا در شمال اسپانیا با استفاده از GIS رابطه بین فاکتور های مربوط به زمین و وقوع زمین لغزش را بدست آوردند و یک ارزیابی کمی از خطر زمین لغزش انجام دادند (William,1998,p241) به ارزیابی پتانسیل زمین لغزه به منظور بررسی عامل بالقوه و یا آمادگی و استعداد دامنه ها در برابر پدیده زمین لغزه برای استفاده توسعه دهندگان و برنامه ریزان آمایش انجام داده اند. و هم چنین به تهیه نقشه برنامه ریزی زمین لغزه پرداختند که بسیار با اهمیت تلقی می شود چرا که این گونه نقشه ها چیزی فراتر از شناسائی محض زمین لغزه های موجود است و می توان به کمک آن بروز خطر را در مناطقی که امکان برهم زدن تعادل دامنه ای ظاهر کنونی وجود دارد، تشخیص داد (مدلل دوست، ۱۳۷۸، ص ۷۸) اقدام به پهنه بندی زمین لغزش به روش نیلسون در محیط GIS در حوضه آبخیز نکارود در استان مازندران نموده اند و به این نتیجه دست یافتند که پهنه های تخمین زده شده، با نتایج دستی ارائه شده در این حوضه مقایسه گردیده که در نتایج آن از ضریب اطمینان بالاتری جهت پیشنهاد به دستگاه های اجرائی برخوردار می باشد .

(Zolfaghari,2000,p91) با استفاده از GIS و با در نظر گرفتن پارامترهایی مثل خصوصیات خاک ، سطح آب زیر زمینی ، زلزله و بار اضافی روی دامنه وقوع زمین لغزش را بررسی کردند ، که از یک روش تشخیصی استفاده شد و مشخص شد که وقوع زمین لغزش با احتمال پراکنش این فاکتور رابطه دارد. (امینی زاده، ۱۳۷۷، ص ۱۱۴) با امتیاز دهی به عوامل ذاتی مسبب عمده ناپایداری شیب ها مثل زمین شناسی ، شکل و میزان شیب ، پستی و بلندی ، کاربری اراضی و زمین شناسی ساختمانی و بر اساس روش آن بالاگان نقشه خطر زمین لغزش حوضه آبخیز سد جیرفت را تهیه نموده است (الماس پور، ۱۳۸۴، صص ۱۴۹-۱۵۴) زیر حوضه قزلچه از حوضه رود اهرچای را توسط GIS پهنه بندی کردند که در این روش تحقیق عوامل موثر بر وقوع زمین لغزش را نیز مشخص کردند که عوامل شیب ، جهت شیب ، کاربری اراضی ، پوشش اراضی ، فاصله از جاده و بارندگی تاثیر بیشتری بر وقوع زمین لغزش دارند .

(مشاری، ۱۳۸۷، ص ۸۹) در تحقیقی به پهنه بندی خطر زمین لغزش با روش آن بالاگان در محیط GIS در حوضه پهنه کلای ساری نموده اند و به این نتیجه رسیده اند که اکثر زمین لغزش های وقوع یافته در این حوضه در پهنه با خطر بسیار بالا (۲۸٪) و بالا (۵۵/۵٪) که توسط مدل پیشنهاد شده بود ، قرار گرفتند و ۱۶/۵٪ از لغزش ها در پهنه با خطر متوسط قرار گرفته اند .

(خسرو زاده، ۱۳۷۸، ص ۱۴۵) به مطالعه حرکت های توده ای زمین لغزش از لحاظ شکل زمین در حوضه سری ارز فون صنایع چوب و کاغذ مازندران پرداخته اند و دریافتند که کل مساحت نقاط لغزشی موجود در این منطقه برابر با ۵ هکتار می باشد که ارزش ریالی ناشی از خسارت زیست محیطی آن بطور متوسط سالانه ۱۶۰۰۰۰ تومان می باشد . لذا مدیریت اصولی و انجام عملیات عمرانی و ایجاد هرگونه تاسیسات فنی صحیح در جنگل های شمال ایران می تواند از خسارت ها و هزینه های ریالی و زیست محیطی وارده را کاهش دهد.

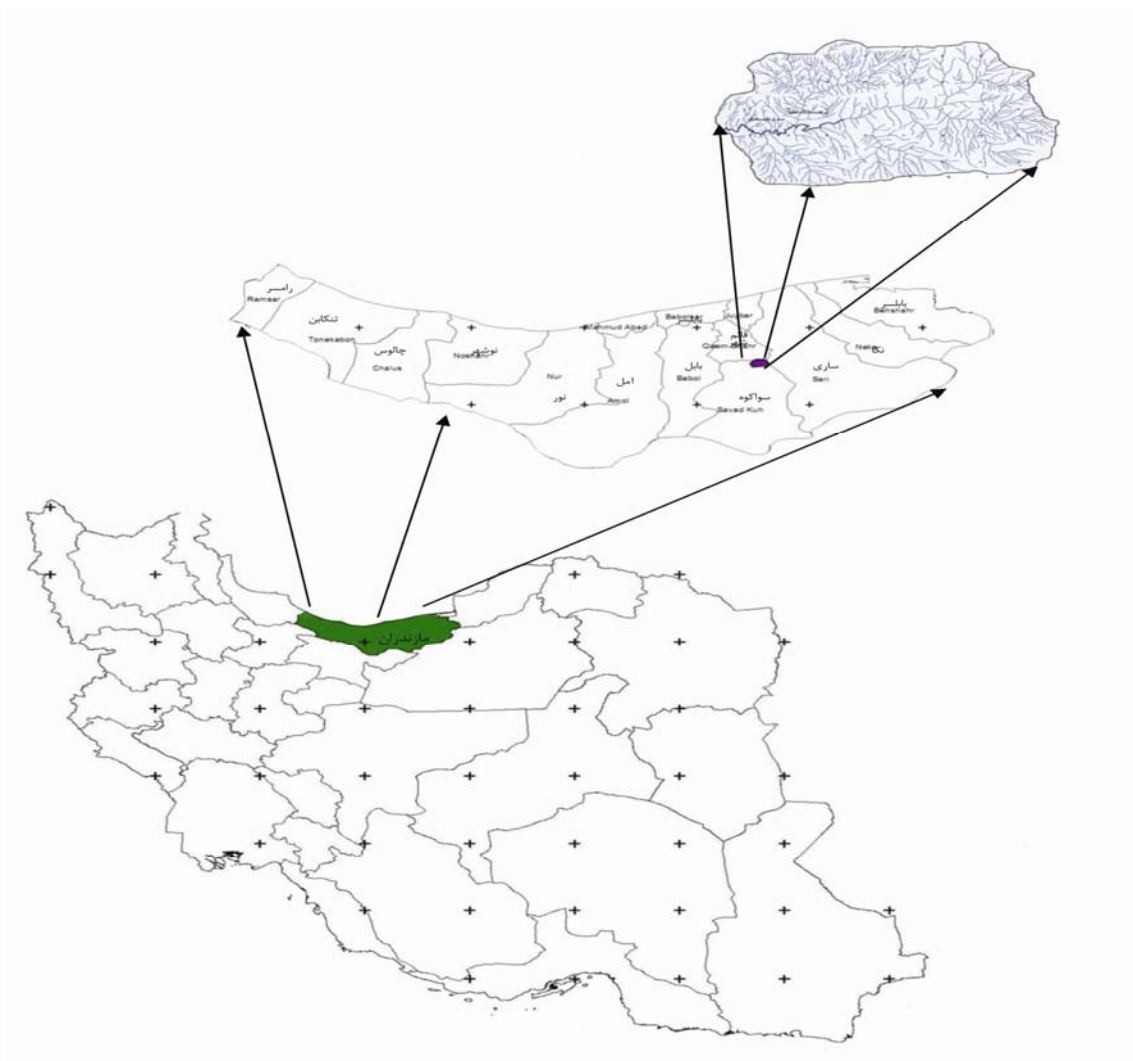
(کلارستانی، ۱۳۸۱، ص ۱۴۱) عواملی مانند دامنه و فاصله از گسل و فاصله از شبکه هیدروگرافی را دارای تاثیر کم در زمین لغزشها عنوان نمود . (دومهری، ۱۳۸۲، ص ۲۴) شرایط زمین شناسی و وضعیت توپوگرافی و آب و هوا و جهت دامنه را از

عوامل مهم لغزش دانسته است. (گرائی، ۱۳۸۵، ص ۱۲۱) عوامل موثر در لغزش را شیب و جهت دامنه و فاصله از گسل و کاربری اراضی و بارندگی بیان نموده است. (Zeze, 1999, pp925-934) مهم ترین عوامل موثر در لغزش را ساختار زمین شناسی و سنگ شناسی کاربری زمین و وجود لغزش های قدیمی و فعالیت های انسانی عنوان نموده است. (Komac, 2006, pp17-28) بافت سنگین خاک و شیب بالای دامنه ها، شیب، سنگ شناسی، نوع پوشش را عامل مهم زمین لغزش ها عنوان نموده است. (حسینی، ۱۳۷۳، ص ۹۸) عوامل موثر در ناپایداری دامنه بافت و رطوبت خاک و شیب دامنه ها را عنوان نمود. (فیض نیا، ۱۳۸۰، صص ۲۱۹-۲۷۰) جاده سازی غیر اصولی و وجود خاک های ریزدانه را از عوامل مهم لغزش می داند.

مواد و روش ها

ابتدا منابع کتابخانه ای مرتبط با موضوع تحقیق و گزارش های مطالعاتی منطقه، جمع آوری و مورد بررسی واقع گردید و از نقشه های توپوگرافی منطقه با مقیاس ۱:۵۰/۰۰۰ و نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ استفاده شده است.

روش تحقیق توصیفی-تحلیلی و با استفاده از مشاهدات میدانی و نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی بوده است. حوضه مورد مطالعه در قسمت مرکزی استان مازندران در ۱۳ کیلومتری جنوب شرقی قائم شهر قرار دارد. مساحت حوضه ۳۷۰۰ هکتار بوده، ارتفاع حداکثر آن حدود ۷۷۲/۲ متر و ارتفاع حداقل آن ۱۵۳ متر می باشد. موقعیت جغرافیایی آن حدود ۲۱° ۳۶' و ۲۳° ۳۶' عرض شمالی و حد فاصل ۵۶° ۵۲' تا ۱° ۵۳' طول شرقی می باشد متوسط دمای سالانه حوضه ۱۶ درجه سانتی گراد می باشد و طبق روش آمبرژه دارای اقلیمی معتدل و مرطوب می باشد و میانگین بارش سالیانه حوضه نیز ۹۰۵ میلیمتر بوده است. شیب حوضه شامل حداقل ۵٪ و حداکثر ۷۰٪ جهت عمودی و کشیدگی حوضه شرقی-غربی بوده است. زهکش اصلی این حوضه یکی از زیر حوضه های رودخانه تالار می باشد بنام رودخانه توجی نام گذاری شد است این رودخانه در فاصله ۱۰ کیلومتری جنوب قائم شهر و شرق جاده قائم شهر شیرگاه، فیروزکوه به رودخانه تالار ملحق می شود (شکل شماره ۱).



شکل شماره (۱) نقشه موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز سد برنجستانک

ترسیم : نگارنده

یافته ها

زمین لغزش یا لغزش توده خاک یا سنگ یا مجموعه آنها در اثر نیروی جاذبه می باشد بیشترین زمین لغزه‌ها مربوط به خاک رسی یا چسبنده است و به ندرت می توان در طبیعت شرایطی را یافت که زمین لغزه ها در خاک های غیر چسبنده رخ داده است. عوامل زیادی در وقوع زمین لغزش موثرند که مهم ترین آنها عبارتند از:

۱- اثرات تکتونیکی که شامل زلزله ، گسل های منفرد ، گسل های قابل تحریک ، گسل های فعال، چین خوردگی و نواحی خرد شده و آماده لغزش و.... که این اثر بیشتر در نواحی البرز و زاگرس سبب لغزش می شود.

۲- خواص ژئوتکتونیکی (خواص زمین ساخت)

۳- آب های زیر زمینی و سطحی

۴- فعالیت های عمرانی

طی مطالعاتی که بر روی توده لغزشی در حوضه مورد مطالعه صورت گرفت، ۲ توده لغزشی در حوضه آبخیز سد برنجستانک شناسایی گردیده که این دو توده لغزشی از نوع چرخشی در فاصله ۱۰۰ متری سد بوده که در بخش شمالی دریاچه سد قرار دارند. مساحت توده اولی ۶۰۰۰ متر مربع بوده که با حرکت در جهت شیب حجم زیادی از خاک های مارنی را به داخل آبراهه منتقل می کند و با هر بارندگی مقادیر زیادی از این خاک ها شسته شده و توسط آبراهه ها به رود خانه اصلی تیجون حمل می گردد. طی این عمل حرکت این توده مجدداً تکرار شده و به سمت آبراهه می لغزد، توده دوم به مساحت ۴۰۰۰ متر مربع که در نزدیکی محل سد قرار گرفته این توده لغزشی دارای حجم زیادی است که حجم آن در حدود ۳۰۰۰ متر مکعب و توده اولی دارای حجمی در حدود ۵۵۰۰ متر مکعب می باشد. عمل حرکت توده دوم به خاطر برداشت بی رویه خاک هایی است که در قسمت پایین دامنه قرار گرفته با این عمل شیب طبیعی (پایدار) آن توده تغییر کرده و شیب ناپایدار به وجود آمده سبب حرکت توده لغزشی، تحت تاثیر نیروی ثقل و شیب گردیده است (سازمان آب منطقه ای استان مازندران، ۱۳۷۷، ص ۴۸).

عامل موثر سنگ شناسی لغزش حوضه

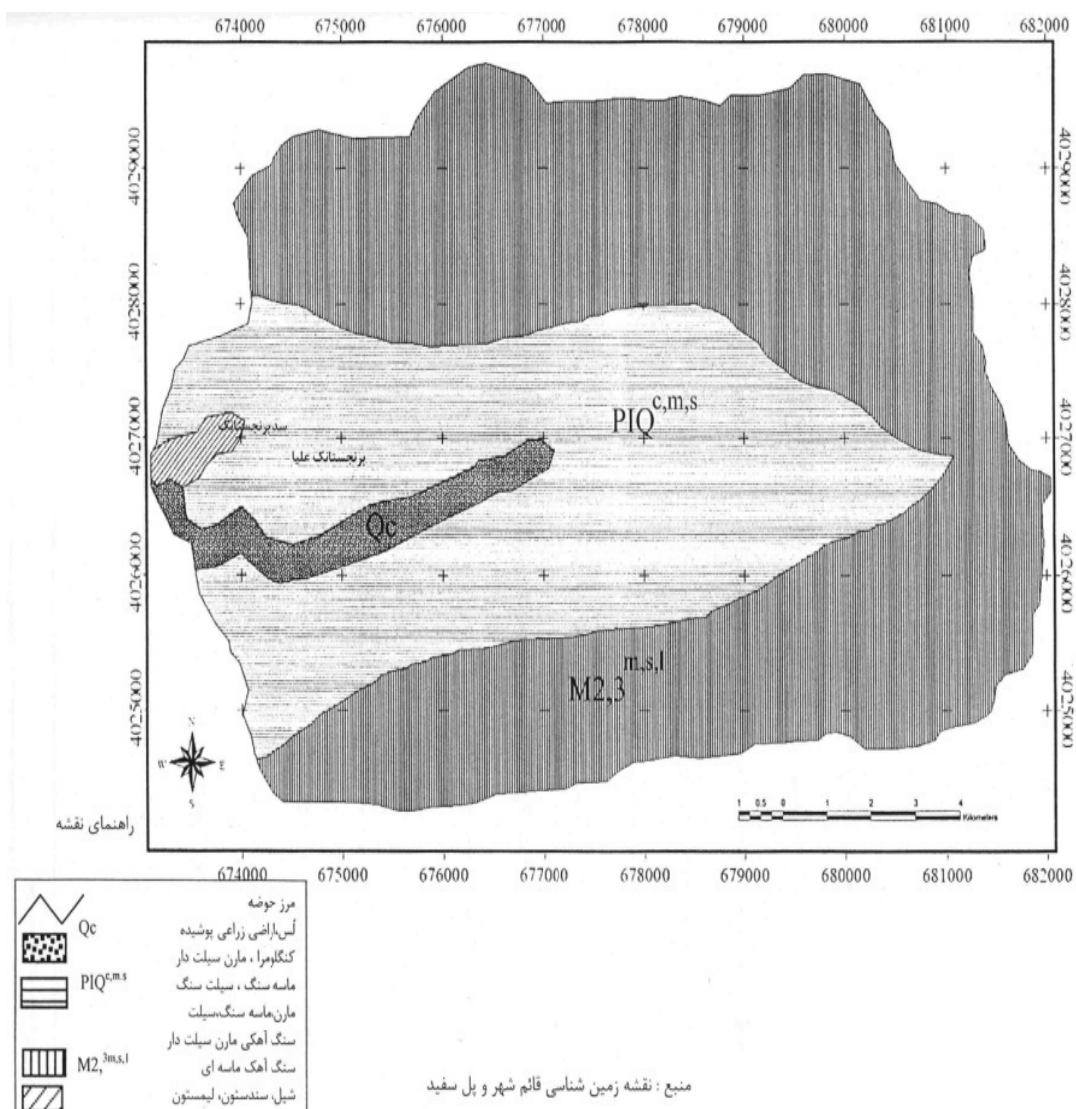
نوع سنگ و هم چنین میزان خلل و فرج سنگ ها از عوامل موثر در ریزش سنگ ها می باشد سنگ هایی باخلل و فرج زیاد سنگ هایی با فراوانی ریزش بیشتر می باشند. زیرا با نفوذ آب در این خلل و فرج، فشار آب و یا یخبندان موجب تخریب آن ها می شود. ماسه سنگ ها، شیل و آهک سنگ هایی با فراوانی ریزش بیشتر می باشند (احمدی، ۱۳۷۸، صص ۲۰۸-۲۴۴).

با توجه به شکل شماره (۲) و جدول شماره (۱) که طبقه بندی سنگ ها را در حوضه مورد مطالعه نشان می دهد مشخص شد که ماسه سنگ، سنگ آهک ماسه ای، ماسه سنگ آهکی و کنگلومرا که مربوط به عهد میوسن می باشند بیشترین درصد از مساحت حوضه را تشکیل داده اند و حساسیت متوسط تا زیاد نسبت به فرسایش دارند یعنی نسبت به سازند های دیگر فرسایش پذیرتر می باشند. هم چنین وجود رسوبات مارن و آهک های مارنی موجود در حوضه نیز به علت رطوبت زیاد حوضه مورد مطالعه باعث ایجاد حرکت های توده ای به شکل لغزش و سولیفلوکسیون می شوند به این ترتیب که رسوبات لس و رس و سیلت و مارن موجود در حوضه در دامنه های شمالی به دلیل اینکه مدت کمتری از نور خورشید بهره می گیرند دمای پایین تری دارند که این پدیده باعث کاهش تبخیر و افزایش رطوبت خاک می گردد بنابراین آب به تدریج در زمین نفوذ کرده و موجب آب گیری مارن و رس و رسیدن به حد خمیری و سیلان و افزایش نیروی ثقل و حرکت در روی دامنه خواهد شد.

جدول شماره (۱) پراکنندگی واحدهای لیتولوژیکی حوضه بر اساس مساحت (محاسبه از نقشه زمین شناسی توسط محقق)

دوران	دوره	عهد	جنس سنگ	علائم اختصاری	مساحت	درصد مساحت
عصر حاضر	کواترن	پلستوسن	لس. اراضی زراعی پوشیده	QC	۹۰ هکتار	٪ ۲/۴۵
سنوزوئیک	ترشیاری	پلیوسن	کنگلومرا، مارن و مارن سیلتی	c, m, s PIQ	۱۱۴۰ هکتار	٪ ۳۰/۸
سنوزوئیک	ترشیاری	میوسن	مارن، ماسه سنگ آهکی و سنگ آهک ماسه ای و قدری کنگلوسرا	m, s, i M2, 3	۲۴۷۰ هکتار	٪ ۶۶/۷

منبع: نگارنده



شکل شماره (۲) نقشه لیتولوژی حوضه آبخیز سد برنجستانک

عامل موثر چینه‌شناسی در لغزش حوضه

حوضه مورد مطالعه و حتی تا شعاع نسبتاً زیادی خارج از این محدوده زیر پوشش متراکم جنگلی قرار گرفته است که این پوشش سبب شده است که سازند ها و سنگ های تشکیل دهنده آنها جز در موارد کم رخنمون پیدا نکنند بنا براین بررسی دقیق چینه‌شناسی آن جز به کمک حفاری‌های متعدد امکان‌پذیر نیست با توجه به این مساله توسط آزمایشگاه مکانیک خاک استان انجام شد و نتایج حاصل نیز ثبت گردید. سازند های موجود در حوضه آبخیز سد برنجستانک متعلق به زمان های سنوزوئیک و عصر حاضر می باشد که بیشترین درصد آن مربوط به عهد میوسن است و حساس ترین سازند ها در مقابل زمین لغزش سازند باکو، آغچه گیل و آبشرون است. سنگ های تشکیل دهنده سازند باکو در حوضه مورد مطالعه از نظر درجه سختی بسیار کم سخت شده یا سخت نشده که بنا به ماهیت سنگ شناسی آنها معمولاً به آسانی تحت تاثیر فرسایش قرار می گیرند و چون لایه های بالا تناوبی از رسوبات نفوذ ناپذیر و کم نفوذ پذیرند بنابر این با توجه به میزان بارندگی های نسبتاً زیاد ناحیه یا تجمع آب در لایه های نفوذ

ناپذیر استعداد لغزش لایه های دیگر را زیاد می نماید به خصوص وقتی که لایه ها از نظر مورفولوژی دارای شیب توپوگرافی تند تر نیز باشند. سازند آغچه گیل و آبشرون نیز اهمیت حضورشان در حوضه کمتر از سازند باکو بوده و اهمیت شان بیشتر از نقطه نظر دخالت در ساختمان کلی منطقه می باشد.

عامل موثر تکتونیک در لغزش حوضه

گسل ها از عوامل تشدید کننده حرکت های توده ای می باشد (احمدی، ۱۳۷۸، صص ۲۴۴-۲۰۸) از جمله مهم ترین گسل های اصلی در حوضه ؛ گسل خزر و گسل البرز و نیز سه گسل تجون، توجی و بشل را می توان در منطقه نام برد.

الف- گسل خزر: یک گسل فعال بوده که فعالیت آن در زمان کواترنر در حدود ۲ کیلومتر جابه جایی ایجاد کرده است. پایین بودن سطح دریای خزر نسبت به دریای آزاد حدود ۲۶ متر از نتایج این حرکات است. فعالیت این گسل در زمان حاضر نیز ادامه دارد که نتایج آن به صورت وقوع زلزله های متعدد و ویرانگر تاریخی است.

ب- گسل البرز: گسل اصلی دیگر گسل البرز می باشد که در یال جنوبی کوه های البرز قرار دارد ولی مانند گسل خزر یک گسل ممتد نیست در واقع به صورت دسته ای از گسل ها که در طول یک گسل اصلی قرار گرفته اند عمل می نمایند این گسل نیز فعال بوده و زلزله های تاریخی متعددی در امتداد آن به ثبت رسیده است.

ج- گسل تجون: این گسل با طول تقریبی ۱۵ کیلومتر از قسمت های شرق و جنوب شرق حوضه وارد واز قسمت های غربی حوضه خارج می شود. در قسمت هایی از حوضه درز جدایی رسوبات میوسن و پلیوسن راتشکیل می دهد.

د- گسل توجی: گسل تجون طی زاویه (N55E) منشعب شده و با زاویه (N40E) از حوضه خارج می گردد سطح این گسل در قسمت هایی از مسیر به وسیله رسوبات پلیوسن کاملاً پوشیده و طول آن در داخل حوضه نزدیک به ۶ کیلومتر است.

و- گسل بشل: در داخل حوضه بیشتر به صورت زبانه یک گسل نمایان است این گسل با روند (N70E) فقط به طول حدود ۵۰۰ متر در داخل حوضه می باشد و سطح آن را رسوبات پلیوسن پوشانده است.

نتیجه گیری و پیشنهادات

با توجه به اینکه زمین لغزش یکی از بلاای طبیعی است که در تغییر شکل زمین نقش موثری دارد استراتژی زمین لغزش شامل فرآیند، تحلیل خطر و پیش بینی زمین لغزش در آینده برای کاهش پیشرفت و خسارات ناشی از آن می باشد. با توجه به بررسی های انجام شده در حوضه سد برنجستانک و تهیه نقشه زمین ساخت این حوضه به این نتیجه رسیده ایم که عوامل متعددی در وقوع زمین لغزش دخالت دارند، با توجه به موضوع تحقیق عوامل زمین شناسی و تکتونیک که شامل زلزله، گسل های قابل تحریک، گسل های فعال، نواحی خرده شده و آماده لغزش می باشند که این اثربیشتر در نواحی البرز و زاگرس سبب لغزش می شوند. سازندهای موجود در حوضه آبخیز سد برنجستانک متعلق به زمان های سنوزوئیک و عصر حاضر می باشند که بیشترین درصد آن مربوط به عهد میوسن است و از سازندهای حساس در مقابل زمین لغزش در حوضه مورد مطالعه نیز می توان به سازند باکو، آبشرون و آغچه گیل اشاره نمود که سنگ های مارن، ماسه سنگ و سیلت سنگ آهکی و مارن سیلت دار، رس و کنگلومرا در آن ها دستخوش این پدیده می گردند. از جمله مهم ترین گسل های اصلی در حوضه نیز می توان به گسل خزر و

البرز و نیز سه گسل تجون، توجی و بشل نام برد. کنترل زمین لغزش در حال وقوع اغلب امکان پذیر نبوده و در صورت امکان بسیار پرهزینه می باشد اما از وقوع آن در مناطق متعددی می توان پیشگیری نمود. راهکارهایی را که می توان برای کنترل توده های لغزشی موجود در حوضه مورد مطالعه ارائه داد به شرح زیر می باشند.

۱- به طور کلی برای توده های حساس که احتمال حرکت داشته و به زیر آب می روند احداث دیواره های نگه دارنده (حائل) بر روی آن ها توصیه می شود و برای مناطق حساس که در بالا دست حوضه قرار داشته و به زیر آب نمی روند باید اولاً "طوری عمل شود تا از نفوذ آب به داخل این مناطق حساس جلوگیری به عمل آمده و ثانیاً" داخل توده را زهکشی نمود. بنابراین ذکر این نکته ضروری است که در مناطق حساس چون مارن، رس و ... از هر عملی که منجر به نفوذ آب به داخل زمین می شود باید خودداری کرد.

۲- متراکم نمودن خاک و البته لازم به ذکر است که در تمام این موارد باید مسئله زهکشی مد نظر قرار گیرد چون در بالا دست منطقه لغزشی، نهر آبیاری جهت مشروب نمودن زمین های کشاورزی منطقه وجود دارد لذا در این قسمت ها انتقال آب باید از طریق کانال های سبک فلزی و یا از طریق کانال های بتونی صورت گیرد تا مشکل بالا دست منطقه لغزش یافته را تهدید نکند و بتوان در پایین دست منطقه لغزشی با تمهیدات لازم، اقداماتی را انجام داد.

۳- تثبیت توده های لغزشی، طی مطالعاتی که بر روی توده های لغزشی موجود در حوضه صورت گرفت یکی از منابع مهم تولید رسوب در حوضه وجود همین توده های لغزشی می باشند که باید از اقدامات مکانیکی و بیولوژیکی برای تثبیت این توده ها استفاده کرد.

۴- جلوگیری از تخریب پوشش گیاهی و کاشت گونه های بومی منطقه

۵- ممانعت از فعالیت های ناصحیح انسانی

۶- کاهش سطوح شیبدار در حوضه مورد مطالعه

پی نوشت

1-Landslide

منابع

- احمدی، حسن (۱۳۷۸). ژئومورفولوژی کاربردی. تهران: انتشارات دانشگاه تهران،
- الماس پور، فرهاد... [و دیگران] (۱۳۸۴). "پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از GIS داده های ماهواره ای (منطقه مورد مطالعه: حوضه قزلچه اهرچای)". مجموعه مقالات کنفرانس بین المللی مخاطرات زمین، بلایای طبیعی و راهکارهای مقابله با آن ها.
- امینی زاده، علی (۱۳۷۷). "پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبخیز سد جیرفت". پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس تهران.
- ثروتی، محمد رضا (۱۳۸۱). ژئومورفولوژی منطقه ای ایران. تهران: انتشارات نیروهای مسلح،
- حسینی، س (۱۳۷۲). "بررسی پدیده زمین لغزش در جاده های جنگلی کوهستانی. جنگل آموزشی پژوهشی خیرود کنار نوشهر". پایان نامه کارشناسی ارشد جنگل داری دانشگاه تربیت مدرس. دانشکده منابع طبیعی و علوم دریائی نور.
- خسرو زاده، ... [و دیگران] (۱۳۷۸). "مطالعه حرکت های توده ای (زمین لغزش) از لحاظ شکل زمین (مطالعه موردی: سری ارزفون، صنایع چوب و کاغذ مازندران)". اولین کنفرانس بین المللی تغییرات زیست محیطی منطقه خزر. دانشگاه مازندران، بابلسر.
- دومهری، ر (۱۳۸۲). "بررسی مناطق زمین لغزش در حوضه آبخیز سد زمزم سواد کوه".
- سازمان آب منطقه ای استان مازندران (۱۳۷۷). "گزارش زمین شناسی حوضه آبخیز سد برنجستانک".
- فیض نیا، س... [و دیگران] (۱۳۸۰). "پهنه بندی خطر زمین لغزش حوضه آبخیز شلمان رود در استان گیلان". مجله منابع طبیعی دانشگاه تهران شماره ۴.

کلارستانی، ع (۱۳۸۱). "بررسی عوامل موثر بر زمین لغزشها و پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبخیز شیرین رود ساری"، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیز داری دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی .

گرای، پ (۱۳۸۵). "بررسی حرکت های توده ای زمین (زمین لغزش) به منظور ارائه مدل منطقه ای پهنه بندی خطر در حوضه آبخیز لاجیم رود". پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه مازندران . دانشکده منابع طبیعی ساری.

مدلل دوست، سعید ... [و دیگران] (۱۳۷۸). "پهنه بندی خطر زمین لغزش به روش نیلسون در محیط GIS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز نکارود)". اولین کنفرانس بین المللی تغییرات محیطی منطقه خزری دانشگاه مازندران، بابلسر.

مشاری، سمیه ... [و دیگران] (۱۳۷۸). "پهنه بندی خطر زمین لغزش با روش آن بالاگان در محیط GIS (مطالعه موردی: حوضه پهنه کلا -تجن ساری)". اولین کنفرانس بین المللی تغییرات محیطی منطقه خزری دانشگاه مازندران، بابلسر.

Anbalagan, R(1997). **Landslide hazard evaluation and donation mapping in mountainous terrain Engineering Geology, vol 32.**

Komac, M. and F. Gerald(2006). **A Landslide suscepity model using the an Analytical hierarchy process method and multivariate statistics per alpine slovenia Geomorphology, vol 174.**

Keefer, D. K(2000). **Statistical analysis of an earth quake induced landslide distribution the 1989 Loma Prieta. California event, Eng Geol, 58.**

Khazai, B., Sitar, N(2003). **Evaluation of factors controlling earthquake induced landslides caused by Chi-Chi earthquake and comparison with the Northridge and Loma Prieta events, Eng Geol 71.**

Nagarjan, R.A...[et.al](2000). **Landslide hazards susceptibility mapping based on terrain and climatic factors for tropical monsoon region, Bull Engineering Geology Environmental .**

Remondo, J., Bonachea, J., Cendrero. A/2(2007). **Quantitative landslide risk assessment and mapping on the basis of resent occurrences, Geomorphology, Vol 8.**

Riedel, L. Harald, V .and Kalasek, R(2000). **Map models: A new approach for spatial decision support in civil cultural decision making.**

Thommas, M. Voinovich, G. and Anderson, D(1995). **Landslid in OHIO, The division of Geological Survey Geo facts Series, Geofacts.No.8.**

Thurston, N., Degg, M(2000). **Transferability and terrain reconstruction within and GIS Landslide hazard mapping method: Derby District Landslides: Proceeding of the 8th international symposium and landslide hazards.**

William, halcrow(1998). **Assessment of landslip potential. South wales, Report to Department of environment.**

Wang and R.xu(2001) **zonation of the landslide the fore servitor region engineering Geology, vol 174.**

Zeze, J(1999). **Landslide in the north of Lisbon region (Portugal): conditioning and triggering factors, phys. chem. Earth (A), Vol. 24. No 10.**

Zolfaghari, A., Heath. A. C(2000). **A GIS application for assessing landslide over a large area. Computer and Geomorphology conference.**