

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده علوم زمین

گروه زمین شناسی زیست محیطی و آب شناسی

بررسی ناپایداری دامنه‌های مخزن سد و نیار تبریز و اثرات زیست محیطی آن

دانشجو: رباب آذرمی عربشاه

اساتید راهنما:

دکتر ناصر حافظی مقدس

دکتر ابراهیم اصغری کلجاهی

استاد مشاور:

دکتر خلیل ولیزاده کامران

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

دی ماه ۱۳۹۰

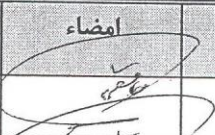
دانشگاه صنعتی شاهرود

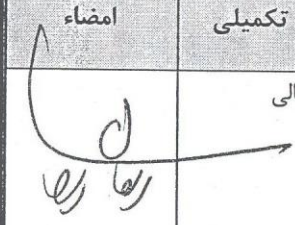
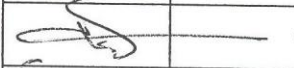
دانشکده : علوم زمین

گروه : آب شناسی و زمین شناسی زیست محیطی

پایان نامه کارشناسی ارشد خانم رباب آذرمی عربشاه تحت عنوان: بررسی ناپایداری دامنه‌های مخزن سد و نیار تبریز و اثرات زیست محیطی آن

در تاریخ ۱۳۹۰/۱۰/۲۶ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه بسیار خوب مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	دکتر خلیل ولی زاده کامران		دکتر ناصر حافظی مقدس
			دکتر ابراهیم اصغری کلجاهی

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	دکتر رمضان رمضانی اومالی		دکتر پرویز امیدی
			دکتر محمد عطائی



مدیریت تحصیلات تکمیلی
فرم شماره (۶)

بسمه تعالی

شماره: ۱۸۷۴
تاریخ: ۹۱/۱۶/۱۷
ویرایش:

فرم صورتجلسه دفاع پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم رباب آذرمی عربشاه رشته: زمین شناسی گرایش: زیست محیطی تحت عنوان: بررسی ناپایداری دامنه‌های مخزن سد و نیار تبریز و اثرات زیست محیطی آن که در تاریخ ۱۳۹۰/۱۰/۲۶ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح زیر است:

قبول (با درجه: بسیار امتیاز ۱۸,۳) ☐ دفاع مجدد ☐ مردود ☐

۱- عالی (۱۹-۲۰) ۲- بسیار خوب (۱۸-۱۸/۹۹) ✓

۳- خوب (۱۶-۱۷/۹۹) ۴- قابل قبول (۱۴-۱۵/۹۹)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	دکتر ناصر حافظی مقدس	دانشیار	
	دکتر ابراهیم اصغری کلجاهی	استادیار	
۲- استاد مشاور	دکتر خلیل ولی زاده کامران	استادیار	
۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر رمضان رمضانی اومالی	استادیار	
۴- استاد ممتحن	دکتر پرویز امیدی	استادیار	
۵- استاد ممتحن	دکتر محمد عطائی	استاد	

تأیید رئیس دانشکده:

تقدیم بہ

استوارترین پشتوانہ زندگی، پدرم

و دل انگیزترین راسخہ مهر، مادرم

ویار و پشتیبان زندگیم، ہمسرم

تقدیر و مقرر

شکرو سپاس خدای راکہ بہ بندہ توفیق آموختن علم و دانش عطا نمود و در تمام مراحل زندگی و تحصیل علم من را یاری فرمود و تمام وجود افاضہ فیض بی کران اوست۔

به رسم ادب و احترام بر خود واجب می‌دانم از رابهانی‌ها و زحمات بی‌دینغ اساتید ارجمند و بزرگوارم آقای دکتر ناصر خاظمی مقدس، آقای دکتر ابراهیم اصغری کلبجی و آقای دکتر خلیل کامران که رابهانی و

مشاوره این پایان نامه را بر عهده داشتند صمیمانه سپاسگزاری نمایم.

از جناب آقای دکتر کریمی، خانم دکتر دهرآزما، آقای دکتر فردوست، آقای دکتر نادری و آقای دکتر قشلاقی که دوره کارشناسی ارشد افتخار نگار دیشان را داشتم نهایت تشکر را دارم و از زحمات بی‌دریغ آقای

مهندس خان علیراده، سرکار خانم فارسی، سرکار خانم سعیدی صمیمانه قدردانی می‌نمایم.

از سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی و اردبیل و شرکت مشاورین قدس نیرو به دلیل مساعدت و همکاری با این جانب کمال تشکر را دارم.

از دوستان و بچه‌های عزیزم مهندس مجوبه رفیعی، خدیجه مسلمی، رویا اسکندری، زینب منصوری، طاهره امیری، آمنه آذربیکان، شیارتی، زکریه کاظمی، مریم غورانه و از سایر دوستانی که از زحماتشان بی‌نسیب

نبوده‌ام کمال تشکر را دارم. در نهایت از خانواده‌ام به ویژه پدر و مادر عزیزم و برادران و خواهرانم که با صبر و حوصله بنده را یاری نمودند تشکر می‌کنم.

تعهد نامه

اینجانب رباب آذرمی عربشاه دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی هست محیطی دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه بررسی ناپایداری دامنه های مخزن سد و نیار تبریز و اثرات زیست محیطی آن تحت راهنمایی دکتر ناصر حافظی مقدس، متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

امضای

تاریخ ۱۳۹۰/۱۱/۲۶

دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .

چکیده

در کشورمان ایران به علت شرایط خاص زمین شناسی، توپوگرافی و آب و هوایی حاکم سالانه شاهد خسارت قابل توجهی بر اثر وقوع زمین لغزش هستیم. در چند دهه اخیر، افزایش جمعیت و نیاز روز افزون به تأمین مواد غذایی و مدیریت آب، موجب سرعت گرفتن ساخت پروژه‌های بزرگ مهندسی شده است و در پی آن شاهد افزایش خسارت ناشی از ساخت آنها از جمله زمین لغزش روبه رو هستیم.

سد مخزنی و نیار بر روی رودخانه‌ی آجی‌چای با ارتفاع ۸۳ متر و عرض تاج ۱۰ متر احداث شده است. این سد از نوع سنگریزه‌ای با هسته رسی است. مساحت و حجم مخزن آن به ترتیب $34/7 \text{ Km}^2$ و $361/2 \text{ Km}^3$ می‌باشد. این سد در ۵ کیلومتری شمال شرقی شهر تبریز در پایین دست روستای و نیار قرار دارد.

احداث سد و آگیری آن در مجاورت شیب‌های ناپایدار یا دارای قابلیت ناپایداری ممکن است بر پایداری دامنه‌ها اثر گذشته و شرایط لغزش را فراهم کند. در این تحقیق ناپایداری‌های دامنه‌های مشرف به مخزن سد و نیار بعد از آگیری و اثرات زیست محیطی ناشی از آن مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور نقشه، تفکیک دامنه‌ها و زمین‌شناسی مهندسی محدوده مخزن سد تهیه شده و خصوصیات رخنمونهای سنگی و آبرفتی براساس طبقه‌بندی GSI و براساس اطلاعات گمانه‌های اکتشافی برآورد گردیده است. سپس پایداری ۷۵۰ دامنه مشرف به مخزن سد با استفاده از نرم افزار Slide 5.0 در شرایط بعد از آگیری و وقوع زمین لرزه‌های مبنا طراحی، ارزیابی گردیده و بر مبنای آن نقشه پهنه بندی خطر لغزش دامنه‌های پیرامون مخزن سد با استفاده از نرم افزار Arc GIS 9.3 تهیه شده است. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که حدود ۰.۵ درصد سطح دامنه‌ها در رده ناپایدار، حدود ۱۹.۵ درصد سطح دامنه‌ها در رده نسبتاً ناپایدار و ۸۰ درصد در رده پایدار قرار دارند. وقوع زمین لغزش در مخزن سد اثرات زیست محیطی منفی و زیان باری ایجاد می‌نماید که از جمله آنها می‌توان به از بین رفتن خاک حاصلخیز و پوشش گیاهی، تشدید فرآیند فرسایش، گل آلود شدن و کاهش کیفیت آب مخزن سد، افزایش رسوب مخزن سد و در نهایت آسیب به دیواره سد و سد می‌شود. ۱۸ زمین لغزش قدیمی را در مخزن سد و نیار مورد شناسایی قرار داده‌ایم که از بین آنها ۴ مورد جزء زمین لغزش عمیق است که می‌تواند در حدود ۱۴۰۷۰۰۰ متر مکعب خاک وارد مخزن سد نماید که همین مقدار ۰.۵ درصد از حجم مخزن سد را تشکیل می‌دهد. ناپایداری و لغزش تمامی دامنه‌های ناپایدار و نسبتاً ناپایدار و لغزش‌های قدیمی موجود در مخزن سد می‌تواند ۱۴۲۸۰۱۰۰ متر مکعب خاک وارد مخزن سد و نیار نماید که حجم نسبتاً بالایی می‌باشد.

کلمات کلیدی: زمین لغزش، سد و نیار، پهنه‌بندی خطر زمین لغزش، اثرات زیست محیطی

مقالات مستخرج از پایان نامه

- آذر می عربشاه. ر، حافظی مقدس. ن، اصغری کلجاهی. ا، ولیزاده کامران. 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
- آذر می عربشاه. ر، حافظی مقدس. ن، اصغری کلجاهی. ا، (۱۳۹۰)، "معرفی زمین لغزش‌های مخزن سد ونیار تبریز و بررسی علل وقوع آنها"، پانزدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه.....	۲
۲-۱- موقعیت و مشخصات کلی رودخانه آجی چای	۳
۳-۱- موقعیت جغرافیایی مخزن و سد و نیار	۵
۴-۱- مشخصات کلی سد و نیار.....	۷
۵-۱- اقلیم منطقه.....	۷
۶-۱- ژئومرفولوژی منطقه مورد مطالعه.....	۹
۷-۱- هدف و ضرورت مطالعه حاضر	۱۲
۸-۱- روش انجام تحقیق.....	۱۳
۹-۱- سازمان بندی پایان نامه	۱۴

فصل دوم: مروری بر مطالعات پیشین

۱-۲- مقدمه.....	۱۶
۲-۲- تعاریف زمین لغزش.....	۱۶
۳-۲- طبقه بندی حرکات توده‌ای	۱۷
۱-۳-۲- طبقه بندی وارنز	۱۷
ریزش	۱۸
واژگونی	۱۹
خزش	۱۹
لغزش	۱۹
جریان‌ها	۲۰
لغزش‌های مرکب	۲۱
۴-۲- عوامل مؤثر بر وقوع زمین لغزش	۲۲
۵-۲- لغزش‌های قدیمی	۲۲
۶-۲- امواج ناشی از زمین لغزش در مخزن سد	۲۳
۱-۶-۲- بررسی شواهد تاریخی از وقوع لغزش‌های بزرگ و ایجاد امواج.....	۲۳
۷-۲- بررسی وقوع زمین لغزش و رسوب وارده به مخازن سدها.....	۲۶
۸-۲- مطالعات انجام شده در ایران.....	۳۱
۹-۲- مطالعات انجام شده در حوضه آجی چای.....	۳۶
۱۰-۲- مبانی و مشخصات نرم افزارهای مورد استفاده.....	۳۹

فصل سوم: زمین شناسی منطقه

۴۳	۱-۳- مقدمه
۴۳	۲-۳- زمین شناسی منطقه
۴۳	۱-۲-۳- سازند قرمز فوقانی
۴۵	۲-۲-۳- واحدهای سنگی حوضه آجی چای تا محل سد از قدیم به جدید
۴۵	۱-۲-۲-۳- دوران دوم (کرتاسه)
۴۶	۲-۲-۲-۳- سنگهای دوران سوم
۴۶	۱-۲-۲-۲-۳- ترشیری در اطراف تبریز
۵۰	۳-۲-۲-۳- واحدهای سنگی - رسوبی کواترنری
۵۱	۳-۲-۳- زمین شناسی مخزن سد
۵۳	۱-۳-۲-۳- سنگهای اولترابازیک (UB)
۵۳	۲-۳-۲-۳- واحد رسوبی تبخیری میوسن (Mm)
۵۴	۳-۳-۲-۳- واحد رسوبی تخریبی میوسن (Ms)
۵۵	۴-۳-۲-۳- سنگهای آتشفشانی (pv)
۵۵	۵-۳-۲-۳- واریزه دامنه‌ای
۵۵	۱-۵-۳-۲-۳- پادگانه‌های آبرفتی (Q^t)
۵۵	۲-۵-۳-۲-۳- آبرفت‌های رودخانه‌ای (Q^{al})
۵۶	۴-۲-۳- هیدروژئولوژی و آب بندی مخزن سد
۵۶	۵-۲-۳- لرزه خیزی منطقه
۵۸	۱-۵-۲-۳- برآورد شتاب زلزله

فصل چهارم: نتایج و بحث

۶۴	۱-۴- مقدمه
۶۴	۲-۴- مواد و روش انجام کار
۶۴	۱-۲-۴- داده‌های مورد استفاده
۶۴	۲-۲-۴- نرم‌افزارهای مورد استفاده
۶۵	۳-۲-۴- روشهای گردآوری داده‌ها
۶۵	۳-۴- معرفی لغزش‌های منطقه
۷۸	۴-۴- روشهای تخمین و تعیین عمق زمین لغزش
۸۰	۵-۴- ریزش سنگی در محدوده مخزن سد
۸۱	۶-۴- خصوصیات مهندسی واحدهای سنگی
۸۶	۷-۴- پهنه‌بندی خطر لغزش
۸۸	۸-۴- تحلیل پایداری دامنه‌های مورد مطالعه

۹-۴- آنالیز برگشتی دامنه‌های لغزشی در منطقه مورد مطالعه.....	۹۱
۹-۴-۱- ضریب اطمینان دامنه‌های لغزشی.....	۹۰
۹-۴-۱۰- ارزیابی ضرایب اطمینان دامنه‌های مشرف به مخزن سد بعد از آبگیری سد.....	۹۳
۹-۴-۱۱- معرفی لغزش‌های خطر ناک و روش‌های پایدار سازی آنها.....	۹۸
۹-۴-۱۲- اثرات زیست محیطی زمین لغزش در مخزن سد ونیار.....	۱۰۰

فصل پنج: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۱-۵- مقدمه.....	۱۰۵
۲-۵- نتایج.....	۱۰۶
۳-۵- پیشنهادات.....	۱۰۷
پیوست.....	۱۰۸
منابع.....	۱۱۲

فهرست اشکال

- شکل (۱-۱) - موقعیت کلی حوضه آبی چای و مخزن سد ونیار..... ۳
- شکل (۲-۱) - موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه..... ۶
- شکل (۳-۱) - موقعیت سد ونیار و محدوده مخزن سد بر روی تصویر ماهواره‌ای..... ۷
- شکل (۱-۲) - ریزش سنگی..... ۱۸
- شکل (۲-۲) - واژگونی..... ۱۹
- شکل (۳-۲) - آثار خزش در دامنه کوه مشرف به جاده..... ۱۹
- شکل (۴-۲) - تصویر A لغزش انتقالی و تصویر B لغزش چرخشی را نشان می‌دهد..... ۲۰
- شکل (۵-۲) - لغزش جریانی..... ۲۱
- شکل (۶-۲) - طبقه بندی لغزش‌ها بر اساس درصد رطوبت و سرعت حرکت..... ۲۲
- شکل (۷-۲) - مقطع زمین‌شناسی از محل احداث سد Vajont..... ۲۵
- شکل (۸-۲) - منحنی نوسانات سطح آب مخزن سد، میزان بارندگی، و حرکات دامنه‌ای در دامنه مخزن سد Vajont..... ۲۶
- شکل (۹-۲) - مدل ۳ بعدی رقومی از زمین لغزش در مخزن سد Three Gorges..... ۲۸
- شکل (۱۰-۲) - نمایش دوبعدی از سطح لغزش..... ۲۸
- شکل (۱۱-۲) - نتایج پایداری بخش قدامی..... ۲۹
- شکل (۱۲-۲) - نقشه زمین شناسی محور سد واقع بر رودخانه بوتن، نشان دهنده زمین لغزشهای موجود در منطقه..... ۳۰
- شکل (۱۳-۲) - نقشه پهنه‌بندی زمین لغزش در مخزن سد با روش آن‌بالاگان..... ۳۹
- شکل (۱-۳) - نقشه زمین شناسی ۱/۵۰۰۰۰ حوضه آبی چای تا سد ونیار..... ۴۴
- شکل (۲-۳) - نقشه زمین شناسی مخزن سد ونیار..... ۵۲
- شکل (۳-۳) - گنبد‌های نمکی و واحد سنگی Mm، سمت راست مخزن سد (نگاه به سمت شمال)..... ۵۴
- شکل (۴-۳) - تصویری از واحد سنگی Mm، سمت راست مخزن سد (نگاه به سمت شمال غرب)..... ۵۴
- شکل (۵-۳) - دایک‌های احداث شده برای جلوگیری از نفوذ آب مخزن به واحد سنگی Mm..... ۵۴
- شکل (۶-۳) - تصویری از واحد سنگی Ms (سمت راست مخزن سد نگاه به سمت شمال)..... ۵۵
- شکل (۷-۳) - نقشه سائز مونتکتونیک محدوده ۱۵۰ کیلومتری مخزن سد ونیار..... ۵۹
- شکل (۸-۳) - منحنی خطر شتاب افقی..... ۶۲
- شکل (۹-۳) - منحنی خطر شتاب عمودی..... ۶۲
- شکل (۱-۴) - موقعیت زمین لغزش‌های موجود در تصویر ماهواره‌ای منطقه..... ۶۷
- شکل (۲-۴) - نقشه زمین لغزش‌های موجود در ابتدای مخزن، که براساس داده‌های ماهواره‌ای و بازدید صحرایی در مطالعه حاضر تهیه شده است..... ۶۸
- شکل (۳-۴) - تصویری از زمین لغزش عمیق شماره ۱، واقع در جناح راست سد..... ۷۰
- شکل (۴-۴) - زمین لغزش شماره ۱۳، پرتگاه و شگستگی‌های ناشی از زمین لغزش عمیق در جناح چپ سد..... ۷۱

- شکل (۴-۵) - زمین لغزش عمیق شماره ۱۵، واقع در جناح چپ نزدیکی مخزن سد ۷۲
- شکل (۴-۶) - زمین لغزش چرخشی شماره ۴، در اثر وقوع این زمین لغزش رودخانه به سمت جلو حرکت نموده است ۷۳
- شکل (۴-۷) - زمین لغزش شماره ۱۲، زون لغزشی حاشیه رودخانه‌ای در واحد سنگی (Mm) ۷۴
- شکل (۴-۸) - زمین لغزش شماره ۶، از نوع انتقالی، در اثر پاشویی رودخانه و جاده سازی رخ داده است ۷۵
- شکل (۴-۹) - زمین لغزش چرخشی شماره ۱۱، در مخزن سد ونیار ۷۴
- شکل (۴-۱۰) - تصویری از یک زمین لغزش سطحی رخ داده در واحد سنگی میوسن مارن دار ۷۷
- شکل (۴-۱۱) - زمین لغزش سطحی از نوع جریان خاکی در واحدهای رسوبی میوسن ۷۷
- شکل (۴-۱۲) - به هم ریختگی و لغزش در واحد سنگی رسوبی میوسن ۷۷
- شکل (۴-۱۳) - زمین لغزش سطحی در اثر ترانشه زنی و فعالیت انسانی ۷۸
- شکل (۴-۱۴) - روشهای تخمین و تعیین عمق زمین لغزش با روش هندسی ۷۸
- شکل (۴-۱۵) - وقوع ریزش سنگی در لایه رسوبی میوسن به علت شیب لایه‌بندی و شیب توپوگرافی زیاد و جنس مصالح که ماسه سنگ با میان لایه‌ای از مارن است می‌باشد ۸۱
- شکل (۴-۱۶) - واحد سنگی با $GSI=60$ سمت راست مخزن سد ۸۲
- شکل (۴-۱۷) - نمودار تعیین شاخص مقاومت زمین شناسی (GIS) با بررسی‌های صحرایی برای توده سنگی ۸۲
- شکل (۴-۱۸) - لایه‌های رسوبی ماسه سنگی با میان لایه مارنی میوسن، سمت راست مخزن سد ۸۳
- شکل (۴-۱۹) - نمودار تعیین شاخص مقاومت زمین شناسی (GIS) با بررسی‌های صحرایی برای توده سنگی ۸۳
- شکل (۴-۲۰) - واحد سنگی نزدیکی سد با $GSI=45$ سمت چپ مخزن سد ۸۴
- شکل (۴-۲۱) - نمودار تعیین شاخص مقاومت زمین شناسی (GIS) با بررسی‌های صحرایی برای توده سنگی ۸۴
- شکل (۴-۲۲) - واحد سنگی رسوبی تبخیری با شیب لایه بندی $0.47,60$ (بخش ماسه‌سنگی $GSI=60$) ۸۵
- جناح راست مخزن سد ۸۵
- شکل (۴-۲۳) - نمودار تعیین شاخص مقاومت زمین شناسی (GIS) با بررسی‌های صحرایی برای توده سنگی ۸۵
- شکل (۴-۲۴) - نقشه زمین شناسی مهندسی مخزن سد ۸۷
- شکل (۴-۲۵) - نحوه مشخص نمودن محدوده دامنه‌ها ۸۸
- شکل (۴-۲۶) - نقشه تفکیک دامنه‌های مخزن سد ونیار ۹۰
- شکل (۴-۲۷) - مقاطع مشخص شده برای رسم پروفیل در نرم افزار Slide5.0 ۸۹
- شکل (۴-۲۸) - تصویری از دامنه لغزشی بعد از لغزش با شرایط آنالیز معکوس ۹۱
- شکل (۴-۲۹) - تصویری از دامنه لغزشی قبل از لغزش با شرایط آنالیز معکوس ۹۲
- شکل (۴-۳۰) - دامنه لغزشی در شرایط آگیری سد ۹۳

- شکل (۴-۳۱) - مثالی از داده‌های ورودی و خروجی نرم افزار Slide 3.0 ۹۵
- شکل (۴-۳۲) - نقشه پهنه‌بندی خطر لغزش در دامنه‌های اطراف مخزن سد و نیاربعد از آبگیری سد ۹۷
- شکل (۴-۳۳) - آرماتوربندی برای پایدار سازی دامنه راست سد و نیار ۹۸
- شکل (۴-۳۴) - روش پلکانی و آرماتوربندی برای پایدار سازی دامنه چپ سد و نیار ۹۸

فهرست جداول

جدول (۱-۱) - آمار ایستگاه سینوپتیک تبریز.....	۱۰
جدول (۱-۲) - طبقه بندی حرکات توده‌ای از وارنز ۱۹۷۸.....	۱۸
جدول (۲-۲) - میزان ضریب اطمینان با نوسانات سطح آب مخزن سد وایونت و بارندگی.....	۲۶
جدول (۳-۲) - ضریب اطمینان با افزایش سطح آب.....	۲۸
جدول (۱-۳) - مشخصات واحدهای سنگی در سنگ‌های دوران کرتاسه.....	۴۵
جدول (۲-۳) - مشخصات واحدهای سنگی در سنگهای دوران سوم زمین شناسی.....	۴۷
ادامه جدول (۲-۳) - مشخصات واحدهای سنگی در سنگهای دوران سوم زمین شناسی.....	۴۸
ادامه جدول (۲-۳) - مشخصات واحدهای سنگی در سنگهای دوران سوم زمین شناسی.....	۴۹
ادامه جدول (۲-۳) - مشخصات واحدهای سنگی در سنگهای دوران سوم زمین شناسی.....	۵۰
جدول (۳-۳) - مشخصات واحدهای سنگی دوران کواترنری.....	۵۱
جدول (۴-۳) - جدول Gardner & Cnoppoff, 1974.....	۶۰
جدول (۵-۳) - داده‌های لازم جهت محاسبه ضریب لرزه‌خیزی.....	۶۰
جدول (۶-۳) - مشخصات گسل‌های موجود در شعاع ۱۵۰ کیلومتری ساختمان سد ونیار تبریز.....	۶۱
جدول (۱-۴) - مشخصات لغزش‌های موجود در مخزن سد ونیار.....	۶۹
جدول (۲-۴) - میزان C و ϕ دامنه‌های لغزشی، قبل از وقوع زمین لغزش.....	۹۳
جدول (۳-۴) - میزان C و ϕ واحد سنگی Ms با توجه به GSI.....	۹۴
جدول (۴-۴) - میزان C و ϕ واحد سنگی Mm با توجه به GSI.....	۹۵

فصل اول:

کلیات

۱-۱- مقدمه

زمین لغزه یکی از مخاطرات طبیعی می باشد که خسارات مستقیم (تخریب و مدفون کردن مناطق

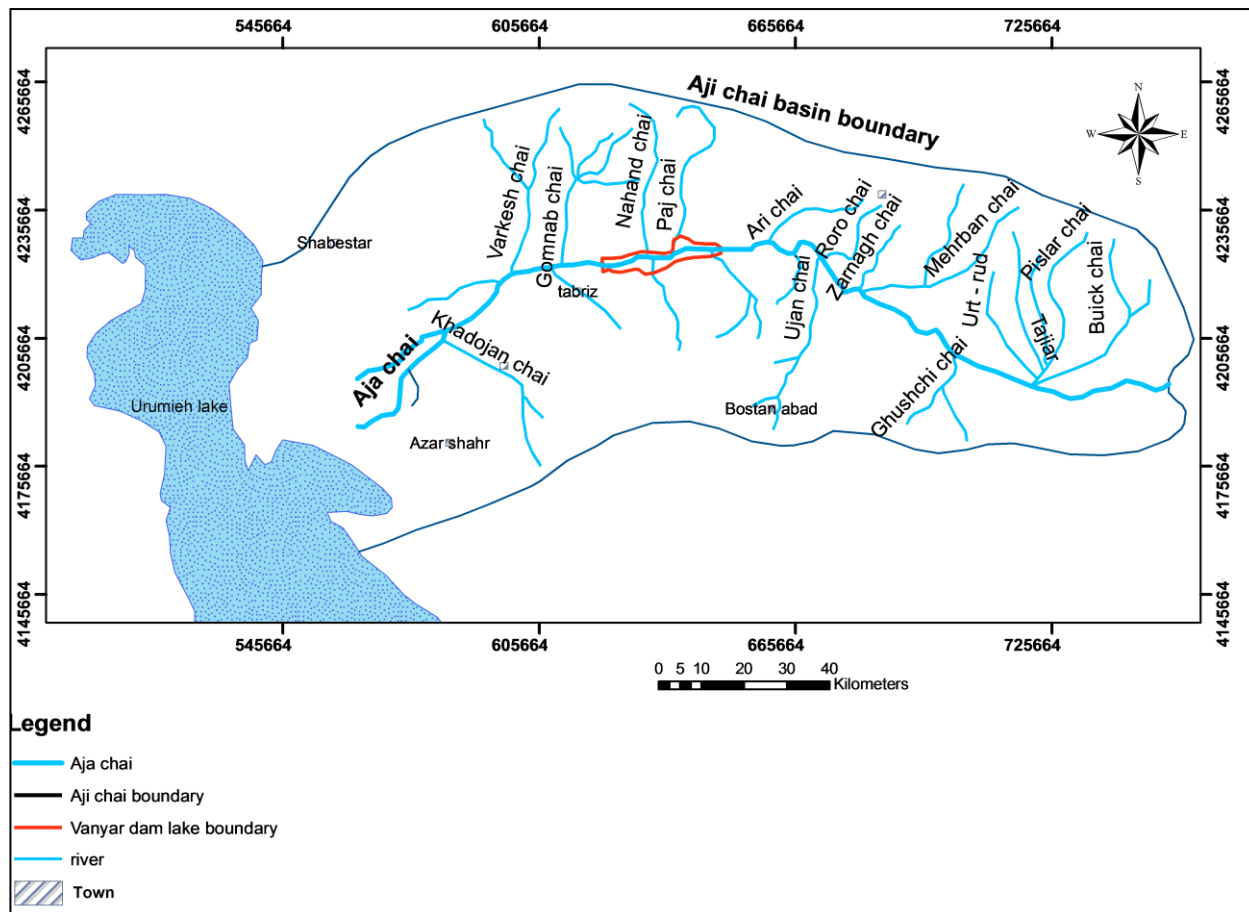
مسکونی و سازه‌ها، مسدود شدن کانال‌های آبیاری و جاده‌ها) و خسارت غیرمستقیم (هدر رفتن خاک، پر شدن مخازن سدها، افزایش بار رسوبی رودخانه‌ها و اثرات ناگوار زیست محیطی) را به همراه دارد.

ایران عمدتاً دارای توپوگرافی کوهستانی می‌باشد و با توجه به فعالیت زمین‌ساختی و لرزه‌خیزی بالا، شرایط متنوع زمین‌شناسی و اقلیمی، عمده شرایط طبیعی را برای ایجاد طیف وسیعی از زمین‌لغزش‌ها دارا است. زمین‌لغزش در ایران به‌عنوان یک بلای طبیعی می‌باشد که سالیانه خسارات جانی و مالی فراوانی به کشور وارد می‌کند. اگر احتمال وقوع سایر بلایای طبیعی را هر از چندگاهی قائل شویم، باید پتانسیل وقوع پدیده لغزش در کشور را در هر لحظه در نظر بگیریم. براساس یک برآورد اولیه، سالیانه ۵۰۰ میلیارد ریال از طریق زمین‌لغزش‌ها خسارت مالی به کشور تحمیل می‌شود و این در صورتی می‌باشد که از بین رفتن منابع طبیعی غیر قابل بازگشت را به حساب نیاوریم (کمک پناه، منتظرالقائم و جعفری چدنی، ۱۳۷۳). در اکثر فعالیت‌های عمرانی به ویژه سدسازی، یکی از مشکلات در حین اجرا و بهره‌برداری از سد زمین‌لغزش است. زمین‌لغزش‌ها با توجه به موقعیت قرارگیری نسبت به سازه قابلیت کاهش عمر مفید سد و یا حتی توانایی تخریب سد را دارا هستند. با توجه به هزینه بالای پروژه‌های عمرانی بررسی و ارزیابی‌های لازم قبل از انجام هر پروژه ضروری است تا از تحمیل خسارات ناشی از آنها جلوگیری شود. احداث سد و آگیری آن در مجاورت شیب‌های ناپایدار یا دارای قابلیت ناپایداری ممکن است بر پایداری دامنه‌ها اثر گذشته و شرایط لغزش را فراهم کند. در این تحقیق ناپایداریهای دامنه‌های مشرف به مخزن سد و نیار بعد از آگیری سد مورد بررسی قرار گرفته است. روشهای مورد استفاده در این تحقیق در فصول بعدی توضیح داده می‌شود. در این فصل برای ایجاد دید کلی از منطقه مورد مطالعه به معرفی این منطقه پرداخته شده است.

۱-۲- موقعیت و مشخصات کلی آجی‌چای

آجی‌چای از مهمترین رودخانه‌های حوضه آبخیز دریاچه ارومیه می‌باشد. حوضه آبخیز این رودخانه در

محدوده ۴۵ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۴۵ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمال گسترده شده است. موقعیت کلی منطقه در شکل (۱-۱) نشان داده شده است.



شکل (۱-۱)- موقعیت کلی حوضه آبی چای و مخزن سد ونیار (مهندسين مشاور قدس نيرو، ۱۳۷۴)

فلات آذربایجان قسمت بزرگی از فلات ایران است که به صورت مثلثی منطقه‌ای، واقع در بین جلگه بین‌النهرین تا دریای خزر و قفقاز را در بر می‌گیرد. مساحت این منطقه حدود ۱۱۰۷۶۴ کیلومتر مربع می‌باشد. حدود ۷۰ درصد آن را نواحی کوهستانی و دریاچه‌ها و اراضی غیر قابل استفاده و ۳۰ درصد آن را اراضی قابل زراعی تشکیل می‌دهد (مهندسین مشاور قدس نیرو، ۱۳۸۴).

منطقه آذربایجان دارای رودخانه‌های دائمی زیادی می‌باشد که در سه حوضه آبخیز دریای خزر (رودخانه ارس و شعبات متعدد آن و رودخانه قزل اوزن)، خلیج فارس و دریای عمان (حوضه آبخیز زاب کوچک) و دریاچه ارومیه جریان دارند.

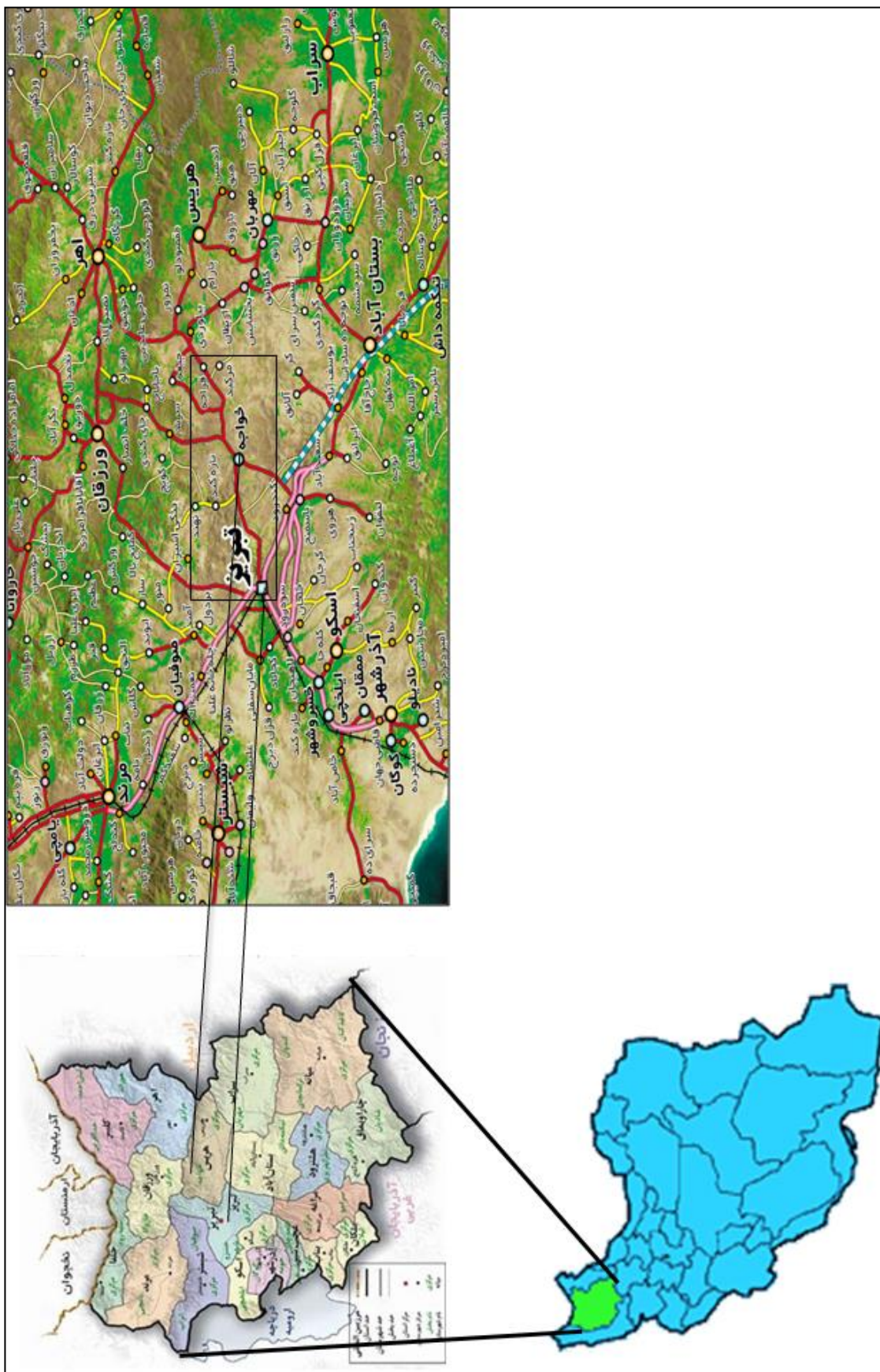
رودخانه آجی‌چای از رودخانه‌های مهم استان آذربایجان شرقی است که آب‌های منطقه‌ای نسبتاً وسیعی از این استان (شهرستان‌های تبریز، سراب و بستان‌آباد) را جمع‌آوری نموده و به دریاچه ارومیه می‌ریزد. این رودخانه در دره‌ای که مابین کوه‌های ارسباران غربی، قوشه داغ و سبلان از شمال و کوه‌های بزقوش و سهند از جنوب قرار گرفته است، در جهت عمومی شرقی - غربی جریان دارد. طول رودخانه تا دلتای دریاچه حدود ۲۷۶ کیلومتر و حوضه آبخیز آن مساحتی در حدود ۱۳۸۵۳ کیلومتر مربع دارد. شهرهای تبریز، سراب، بستان‌آباد، هریس و اسکو از نقاط مهم شهری این حوضه به شمار می‌آیند. آجی‌چای از دو قسمت علیا و سفلی آبدگیری می‌کند. در قسمت علیا از شرق به خط‌الراس کوه‌های سبلان و از شمال به کوه‌های قوشه داغ و از جنوب به کوه‌های بزقوش محدود می‌شود. در قسمت سفلی نیز از کوه‌های سهند تا حوالی آذرشهر محدود می‌شود.

بیشترین ارتفاع حوضه آجی‌چای ۳۸۸۲ متر در شمال شرقی و کمترین ارتفاع آن ۱۲۸۰ متر در سواحل دریاچه ارومیه می‌باشد. بارندگی حوضه آبخیز از حدود ۸۰۰ میلی‌متر در ارتفاعات شمال شرقی تا حدود ۲۵۰ میلی‌متر در نزدیکی سد و نیار متغیر می‌باشد. از جمله خصوصیات بارز این حوضه ضریب رواناب پایین آن می‌باشد. به طوری که با سطح ۷۷۲۳ کیلومتر مربع ضریب جریان آن در حدود ۱۴ درصد می‌باشد. علت اصلی دشت‌های وسیع و کم شیب حوضه با زهکشی بسیار ضعیف آن مرتبط می‌باشد (مهندسین مشاور قدس نیرو، ۱۳۸۴).

۳-۱- موقعیت جغرافیایی مخزن و سد ونیار

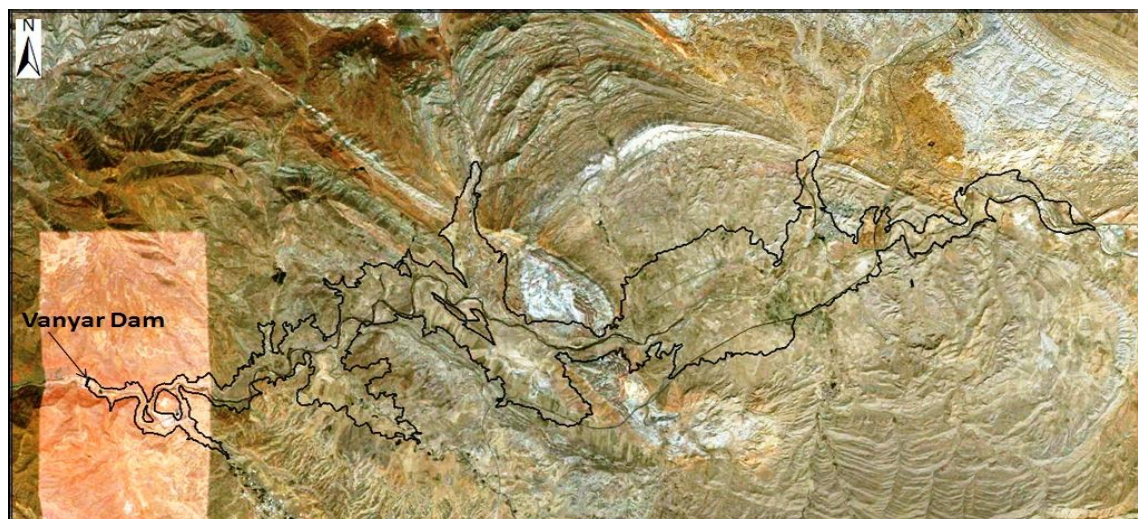
سد شهید مدنی (ونیار) در ۵ کیلومتری شمال شرقی شهر تبریز در پایین دست روستای ونیار می باشد و در مختصاتی به طول جغرافیایی $36^{\circ} 22' 30''$ و عرض جغرافیایی $38^{\circ} 29'$ قرار گرفته است. این سد بر روی حوضه آبی چای (تلخه رود)، که در شمال غرب ایران و شرق دریاچه ارومیه قرار گرفته و از شمال به کوه های قوشه، آیتخته، قصبه و از شرق به دامنه های جنوبی کوه سبلان، از جنوب به رشته کوه های بزقوش و از غرب به سد ونیار محدود می شود احداث شده است. از جمله مهمترین حوضه های آبخیزی که آب آنها وارد دریاچه سد می شود رودخانه های سرند، نهند (پایین دست سد نهند) که از بخش شمالی، و رودخانه سعیدآباد که از بخش جنوب وارد دریاچه سد می شود می توان نام برد. به جز موارد ذکر شده تعدادی از حوضه های آبخیز کوچک نیز در بخش جنوب و شمال سد قرار دارد که نام مشخصی ندارند. منطقه مورد مطالعه محدوده دریاچه سد ونیار می باشد که این محدوده از محل سد در سه کیلومتری غرب روستای ونیار تا شمال شرقی روستای شاملو امتداد دارد. مساحت دریاچه با توجه به اینکه حداکثر ارتفاع آبرگیری سد که تراز ۱۵۰۴ متر می باشد، $34/7$ کیلومتر مربع است. (مهندسین مشاور قدس نیرو، ۱۳۸۵) موقعیت جغرافیایی و راه های دسترسی به این منطقه در شکل (۱-۲) نشان داده شده است.

شکل (۱-۲) - موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه



۴-۱- مشخصات کلی سد ونیار

سد ونیار یکی از پنج پروژه سدسازی طرح حوضه آجی‌چای است (مهندسین مشاور آشناب، ۱۳۷۳). این سد از نوع سنگریزه‌ای با هسته رسی می‌باشد. ارتفاع سد از سنگ بستر حدود ۹۱ متر می‌باشد. عرض تاج سد ۱۰ متر، طول تاج سد ۲۷۷ متر، ارتفاع سد ۸۲ متر و تراز حداکثر ارتفاع آبگیری سد ۱۵۰۴ متر بالاتر از سطح دریا می‌باشد. مساحت مخزن سد ۳۴٫۷ کیلومتر مربع و حجم کلی مخزن سد ۳۶۱/۳ میلیون متر مکعب است. طول دریاچه سد ۳۵ کیلومتر می‌باشد (مهندسین مشاور قدس نیرو، ۱۳۸۵). در شکل (۱-۳) موقعیت سد ونیار و محدوده مخزن سد ونیار در تصویر ماهواره‌ای نشان داده شده است.



شکل (۱-۳) - موقعیت سد ونیار و محدوده مخزن سد بر روی تصویر ماهواره‌ای

۵-۱- اقلیم منطقه

عناصر اقلیمی مانند دما، میزان بارش، تعداد روزهای یخبندان و ... تأثیر زیادی بر تراکم و نوع پوشش گیاهی بر جای می‌گذارد، همچنین عناصر اقلیمی بر نوع تجزیه و تخریب سنگ‌هایی که می‌تواند به صورت فیزیکی یا شیمیایی باشد نیز تأثیر می‌گذارد و در پی آن نوع و عمق خاک نیز تحت تأثیر عناصر اقلیمی قرار می‌گیرد.

حوضه آجی‌چای از دیدگاه تأثیرات منطقه‌ای تحت تأثیر جریان‌های اقلیمی دریایی مدیترانه، دریایی سیاه، دریایی خزر و دریاچه ارومیه قرار دارد. به همین سبب نیز این منطقه شامل اقلیم متفاوتی می‌باشد.

چنان‌که از نظر تقسیم‌بندی اقلیمی آمبرژه این منطقه شامل اقلیم‌های خشک و سرد و نیمه خشک سرد است. از نظر تقسیم بندی اقلیمی دومارتن، ایستگاه‌های هواشناسی منطقه در محدوده نیمه خشک و مدیترانه‌ای قرار گرفته‌اند و از دیدگاه گوسن این منطقه به اقلیم‌های استپی سرد و مدیترانه ای گرم و خشک قابل تقسیم بندی می‌باشد.

متوسط ارتفاع در حوضه آبخیز و نیار ۱۹۴۲/۵ متر بالاتر از سطح دریا می‌باشد، میزان متوسط دمای روزانه در ایستگاه و نیار و در محل سد ۱۰ درجه سانتی‌گراد و برای حوضه آجی‌چای ۷/۴ درجه سانتی‌گراد برآورد شده است. متوسط حداقل و حداکثر دمای هوا در حوضه آجی‌چای به ترتیب برابر با ۲۱- و ۲۷/۸ سانتی‌گراد است که مربوط به بهمن و مرداد ماه می‌باشند. گرمترین ماه سال در ایستگاه و نیار با حداکثر دمای ۳۱/۴ درجه سانتی‌گراد تیر ماه می‌باشد (مهندسين مشاور قدس نیرو، ۱۳۷۲).

براساس اندازه‌گیری‌های ایستگاه سیتونیک تبریز (جدول ۱-۱) مشخص شده است که میزان روزهای آفتابی حداکثر تابعی از عرض جغرافیایی محل بوده است و چون تبریز و محل سد و نیار در یک عرض جغرافیایی می‌باشند می‌توان میزان ساعات آفتابی ایستگاه تبریز را به محل سد تعمیم داد. بر این اساس ملاحظه می‌شود که به‌طور متوسط در هر سال، ۷/۹ ساعت از ۱۲ ساعت روز آفتابی و بقیه ساعات روز ابری و نیمه ابری است. حداکثر ساعات آفتابی به‌طور متوسط مربوط به تیر ماه می‌باشد که برابر ۱۱/۵ ساعت در روز است و حداقل آن مربوط به دی ماه است که برابر ۴/۳ ساعت در روز می‌باشد.

براساس اطلاعات موجود از ایستگاه تبریز روزهای یخبندان از اواسط آبان ماه شروع و نهایتاً تا نیمه دوم فروردین ماه ادامه می‌یابد متوسط تعداد روزهای یخبندان در محل ایستگاه تبریز برابر با ۸۹/۷ روز است. میزان میانگین بارندگی سالانه برآورد شده برای این ایستگاه ۲۴۱ میلی‌متر برآورد شده است. و در طی سالهای مختلف حداکثر و حداقل میزان بارش در یک روز ۳۳۹ میلی‌متر و ۱۲۰ میلی‌متر می‌باشد.

درحوضه آجی‌چای رطوبت نسبی هوا به‌طور متوسط ۶۳/۸ درصد و تغییرات آن ۱۷ تا ۸۹ درصد می‌باشد. حداکثر میزان رطوبت نسبی مربوط به ماه‌های دی و بهمن ماه است که برابر ۷۲ درصد است و حداقل رطوبت نسبی هوا در شهریور و مرداد ماه برابر ۳۱ است. حداکثر میزان تبخیر سالانه برآورد شده ۴۴۸

میلی متر است که مربوط به مرداد ماه می باشد و حداقل میزان تبخیر به دی، بهمن و اسفند ماه نسبت داده می شود.

برای اندازه گیری سرعت و جهت وزش باد از داده های ایستگاه سینوپتیک تبریز استفاده شده است که براساس آن بادهای غالب منطقه شامل بادهایی است که بین جهتهای شرقی و غربی و جنوب غرب - شمال شرقی می وزد و ۳۶/۴ درصد از روزهای سال دارای هوای آرام است و بقیه روزهای سال باد در جهات مختلف و با سرعت های متفاوت گزارش شده است. از لحاظ توزیع فصلی فصل های پاییز، زمستان، بهار، تابستان به ترتیب با ۵۰، ۴۲/۶، ۲۹/۵ و ۲۲/۴ درصد باد آرامترین و متلاطم ترین فصل سال به حساب می آیند حداقل و حداکثر متوسط باد به ترتیب معادل با ۳/۴ m/s و ۱/۴ m/s است که مربوط به آذر و مرداد ماه می باشند.

۱-۶- ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه

حوضه آجی چای از شرق و جنوب شرقی شهرستان سراب، و از دامنه های جنوبی کوه آتشفشانی سبلان، و از دامنه های جنوبی کوه قوشه داغ و کوه آیتخته، از ذوب برف ها و چشمه های شیرین موجود سرچشمه می گیرد ولی به تدریج پس از عبور از رسوبات گچی نمکی میوسن، مقادیر قابل توجهی از نمک های محلول را با خود حمل و به دریاچه ارومیه تخلیه می کند.

از جمله رودخانه های مهمی که در بالا دست محل سد شهید مدنی (ونیار) به آجی چای می پیوندد آجان- چای، رازلیق چای، چکی چای (مهران رود)، تاجیارچای، نهندچای، سعیدآبادچای می باشد. از قسمت پایین دست محل سد و نیار سینخ چای، گومناپ چای و ورکش چای به آجی چای می پیوندد.

ژئومورفولوژی این منطقه شامل دامنه های جنوبی کوه سبلان، ارتفاعات متوسط کوه های قوشه، کوه آیتخته و کوه کسبه یا قصبه در شمال آجی چای (در محدوده ارتفاعات شمالی سد و نیار). رشته کوه های بزقوش واقع در جنوب آجی چای و رسوبات میوسن اطراف آجی چای است.

جدول (۱-۱) - آمار ایستگاه سینوپتیک تبریز (سازمان هوا شناسی، ۱۳۹۰)

سال شمسی	متوسط دمای سالانه °C	حداکثر دمای سالانه °C	حداقل دمای سالانه °C	تعداد روزهای یخبندان	میانگین تبخیر و تعرق mm	میانگین بارش سالانه mm
1364	12.9	37.4	-16.2	89	-	215.7
1365	13.1	38.4	-11.0	96	-	312.2
1366	12.5	38.4	-14.8	66	-	338.8
1367	11.5	36.4	-21.6	87	-	196.2
1368	13.9	39.7	-13.0	99	-	222.1
1369	12.8	38.2	-12.0	92	-	119.8
1370	12.7	39.8	-13.2	97	-	235.3
1371	11.1	38.4	-16.0	102	-	325.5
1372	12.0	36.6	-10.6	97	-	337.0
1373	13.0	36	-20.5	70	-	336.0
1374	13.0	38.4	-12.0	93	-	168.1
1375	12.9	37.8	-16.6	88	-	258.7
1376	12.5	38.1	-15.2	97	-	202.3
1377	14.7	39.6	-7.2	65	-	204.5
1378	13.5	38.4	-13.4	137	-	217.3
1379	14.2	38.5	-9.6	68	180.7	209.5
1380	15.8	41.8	-10.4	75	205.0	141.5
1381	13.0	35.6	-16	88	243.0	311.4
1382	13.8	40	-8.8	95	237.6	195.2
1383	12.5	37.6	-15	102	172.4	308.0
1384	13.9	37.8	-15.4	76	160.3	313.9
1385	13.2	40.6	-16.2	119	173.7	233.8
1386	12.6	37.8	-17.2	106	228.0	203.1
1387	14.2	41.0	-13.4	81	210.0	196.5
1388	14.0	37.6	-10.2	58	244.9	232.6
1389	14.2	39.2	-12		182.0	
میانگین	13.2	38.43	-13.8	89.72	203.4	241.4

به طور کلی حوضه آجی‌چای به علت وجود نهشته‌های رسوبی و آتشفشانی همراه با توده‌های نفوذی دارای توپوگرافی متفاوتی است. قسمت‌های میانی منطقه (محدوده آجی‌چای و اطراف آن) به علت وجود رسوبات نرم میوسن دارای توپوگرافی آرام، دره‌های کم عمق و ملایم می باشد (مهندسین مشاور قدس نیرو، ۱۳۸۵). این بخش دارای ساختمان تاقدیسی و ناودیسی بسیار مشخصی است. و جهت اکثر آبراهه-های منتهی به آجی‌چای توسط چین‌ها و گسل‌های موجود در رسوبات میوسن کنترل می‌شود (مهندسین مشاور قدس نیرو، ۱۳۷۴). ولی رشته کوه بزقوش، دامنه‌های جنوبی و غربی سبلان و رشته‌کوه قوشه، به علت وجود سنگ‌های آتشفشانی و توده‌های نفوذی سینیتی و گرانیتی مقاوم در مقابل عوامل فرساینده، دارای توپوگرافی خشن و تند، دره‌های ژرف و تنگ است (مهندسین مشاور قدس نیرو، ۱۳۸۵).

کوه آتشفشانی سبلان که در ۴۰ کیلومتری شهرستان اردبیل قرار گرفته است. بلندترین ارتفاع منطقه را تشکیل می‌دهد که دارای ارتفاع ۲۸۵۲ متر است. این کوه دارای سه قله بزرگ به نام‌های سبلان سلطان به ارتفاع ۴۸۲۰ متر، هرم داغ یا سبلان کوچک و کسری یا آقام داغ است. کوه آتشفشانی سبلان، آتشفشان مرکزی بزرگی است که بر روی یک فرازمین^۱ با روند شرقی - غربی به بلندی حدود ۲۷۰۰ متر که بیشتر از سنگ‌های آتشفشانی ائوسن به وجود آمده فوران نموده است. این کوه جوان است و به احتمال زیاد از کواترنر پیشین فعالیت خود را آغاز کرده است. در آخرین مراحل فعالیت آتشفشان سبلان دو مخروط (به نام‌های سبلان سلطان به ارتفاع ۴۸۲۰ متر و سبلان کوچک به ارتفاع ۴۶۰۰) ایجاد شده است. ناحیه نسبتاً بزرگی از اطراف سبلان را گدازه‌های بازالتی و تراکی آندزیتی پوشانده است. این ناحیه شیب مورفولوژی نسبتاً ملایمی نسبت به سبلان اصلی دارا است. رودخانه‌های منشعب از کوه سبلان عموماً رسوبات میوسن را قطع نمی‌نمایند به همین علت تا دشت سراب جریان آب این رودخانه‌ها شیرین می‌باشد.

بین رشته کوه سبلان - قوشه داغ و بزگوش بر اثر وجود گسل‌های پای دامنه‌ای، فروزمین^۲ آجی‌چای به وجود آمده است که حد شرقی آن در شرق سراب با گدازه‌های سبلان - بزقوش محدود گشته است و از

^۱ Horst

^۲ Graben

بخش غربی تا شمال تبریز و رشته مورو داغ ادامه دارد. این حوضه رسوبی از طریق بستان آباد به حوضه میانه متصل می گردد.

رشته کوه بزقوش، در جنوب دشت سراب، با امتداد شرقی - غربی تشکیل یک فرازمین را داده است سن این رشته کوه ائوسن می باشد و سنگ های آن بیشتر از گدازه های آندزیتی، داسیتی، توف های اسیدی، نفلین سینیت و ریولیت تشکیل شده است. حداکثر ارتفاع این رشته کوهها به ۳۳۰۲ متر می رسد. کوه آتشفشانی سهند در بخش جنوبی شهر تبریز قرار دارد. بخش جنوبی گسل تبریز ماسه سنگ ها و کنگلومرای میوسن را از سنگ های آذرآواری و خاکسترهای آتشفشانی سهند جدا می کند. فعالیت این کوه آتشفشانی از اواخر فاز کوه زائی آلپین (در اوائل دوره میوسن) شروع و تا اوائل دوران کواترنری ادامه داشته است. از رودخانه های مهمی که از شمال کوه سهند سرچشمه گرفته و به آچی چای می پیوندند می توان به سعیدآباد و باسمنج چای، زینجناب چای، کندوان چای و اسکوچای اشاره نمود (مهندسین مشاور قدس نیرو، ۱۳۷۴).

۷-۱- هدف و ضرورت مطالعه حاضر

رشد روز افزون جمعیت موجب استفاده بیشتر بشر از منابع طبیعی جهت رفع نیاز به تأمین مواد غذایی شده است. ایجاد سدهای مصنوعی نیز یکی از روش های تأمین آب مورد نیاز برای کشاورزی، شرب و تولید برق می باشد. با توجه به این که برای انجام پروژه های عمرانی هزینه و وقت زیادی صرف می شود. بنابراین مطالعه دقیق و بررسی منطقه جهت بهره برداری بهینه و منطقی قبل از بهره برداری از سازه ها از ضروریات پروژه های عمرانی می باشد. پژوهش حاضر مربوط به عکس العمل دامنه های مشرف به مخزن سد نسبت به آبگیری سد می باشد. با بررسی نحوه رفتار دامنه های مشرف به سد با توجه به جنس، شیب لایه بندی لایه ها، شیب و اختلاف ارتفاع موجود در منطقه و سطح آب بعد از آبگیری سد دامنه های موجود شبیه سازی می شود و ضریب اطمینان برای هر دامنه به دست می آید. با استفاده از آن نقشه پهنه بندی تهیه می گردد و با توجه به نقشه موجود مناطق مستعد لغزش شناسایی شده و راهکارهای مقابله و حفاظت از مناطق مورد تهدید به اختصار توضیح داده می شود. با اعمال این راهکارها از ورود رسوبات

ناشی از لغزش به مخزن جلوگیری می‌شود تا هم از عمر مفید سد کاسته نشود و هم از بروز مشکل برای دریچه‌های آبگیری سد جلوگیری به عمل آید.

۸-۱- روش انجام تحقیق

به منظور پهنه‌بندی خطر لغزش دامنه‌های سد و نیار بعد از آبگیری سد به ترتیب اقدامات زیر صورت گرفته است:

۱. مطالعات کتابخانه‌ای و گردآوری مطالب و داده‌های مورد نیاز
۲. انجام مطالعات تحلیل خطر لرزه‌ای و برآورد منحنی شتاب افقی و عمودی
۳. شناسایی لغزش‌های منطقه با استفاده از عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و....
۴. بازدید صحرایی برای شناسایی و تهیه شناسنامه برای لغزش‌های موجود در محدوده و ارزیابی خصوصیات رخنمون‌های سنگی که شامل شیب، جهت شیب لایه، وضعیت درزدار است. مشخص نمودن GSI هر یک از رخنمون‌های سنگی
۵. رقومی نمودن نقشه زمین شناسی محدوده مخزن سد با استفاده از نقشه ۱/۱۰۰۰۰ مخزن سد
۶. مشخص نمودن محدوده هر یک از دامنه‌های مشرف به مخزن سد با استفاده از نقشه ۱/۲۵۰۰۰ توپوگرافی و رودخانه با استفاده از نرم‌افزار GSI و تفکیک حدود ۷۵۰ دامنه
۷. تبدیل شیب حقیقی لایه‌بندی به شیب ظاهری با استفاده از نرم افزار Dips
۸. مشخص نمودن پارامترهای C و ϕ دامنه‌های لغزشی با روش آنالیز معکوس با استفاده از نرم افزار Slide 5.0
۹. مشخص نمودن C و ϕ دامنه‌های بدون لغزش با استفاده از نرم‌افزار RocData
۱۰. وارد نمودن مقاطع توپوگرافی و لیتولوژی هر دامنه و داده‌های جمع‌آوری شده از هر دامنه به نرم افزار Slide 5.0 به منظور بررسی و شبیه سازی هر دامنه
۱۱. ارزیابی ضریب اطمینان هر یک از دامنه‌ها
۱۲. تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر لغزش در منطقه مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار GIS
۱۳. بررسی اثرات زیست محیطی دامنه‌های ناپایدار

۱-۹- سازمان بندی پایان نامه

نتایج حاصل شده از این تحقیق به صورت زیر طبقه بندی شده است.

فصل اول کلیات: در این فصل به معرفی منطقه خصوصیات اقلیمی و جغرافیایی و ژئومورفولوژی منطقه پرداخته شده است.

فصل دوم مروری بر مطالعات پیشین: در این فصل به بررسی مطالعات و تحقیقات انجام شده در زمینه زمین لغزش در مخازن سدهای جهان و ایران پرداخته شده است.

فصل سوم زمین شناسی منطقه: در این فصل زمین شناسی حوضه آجی چای و مخزن سد ونیار توضیح داده شده است.

فصل چهارم ارزیابی پایداری دامنه های مشرف به مخزن سد: در این فصل زمین لغزشهای قدیمی مخزن سد، ناپایداری دامنه ها و اثرات زیست محیطی حاصل از آنها مورد بررسی قرار گرفته است.

فصل پنجم نتیجه گیری و پیشنهادات: در این فصل نتایج حاصل شده و پیشنهادهای ارائه شده است.

فصل دوم

مروری بر مطالعات پیشین

۲-۱- مقدمه

از خطرات ناشی از سیل که در اثر تغییرات کوتاه مدت آب و هوایی ایجاد می‌شود به عنوان خطر فرآیندهای سطح زمین یاد می‌شود. اما در بعضی از نقاط جهان بی‌ثباتی شیب‌ها به عنوان یک خطر

شناخته شده می‌باشد که مشکلات اساسی و پر هزینه‌ای را ایجاد می‌کند و به عنوان یکی از نگرانی‌های مهندسان ژئوتکنیک و زمین شناسی مهندسی در مناطق مستعد لغزش می‌باشد (Bromhead, 1999). زمین لغزش در برخی موارد می‌تواند بسیار مخاطره‌آمیز باشد. احداث سدهای مخزنی در مجاورت دامنه‌های ناپایدار و یا دارای قابلیت ناپایداری ممکن است بر پایداری دامنه‌ها اثر بگذارد و مقدمات لغزش را ایجاد نماید. در یک زمین لغزش سریع، امواج ناگهانی که در اثر لغزش و ورود حجم زیادی از خاک به درون آب ایجاد می‌شود، ممکن است سبب سرریز شدن سد گردد. اثرات تخریبی ممکن است فراتر از محدوده سد باشد و خسارت جانی و مالی زیاد را در پایین دست سد به بار آورد. براساس تحقیقات کمیته ICOLD (2002) حدود ۳۶ درصد از موارد زمین لغزشهای ایجاد شده در مخازن سد، عمدتاً در فاز مطالعات مقدماتی پروژه‌ها شناسایی و پیش‌بینی می‌شوند. همین آمار نشان می‌دهد که ۷۵ درصد زمین لغزشها، پیش از احداث سد وجود داشته و بیشترین مشکلات را برای سدها همین نوع زمین لغزشها ایجاد می‌کنند

یکی از نگرانی‌های همیشگی طراحان و سازندگان سدها، حرکت احتمالی توده خاک یا سنگ به درون مخزن سد است که در دو حالت این مشکلات مطرح می‌شود:

- حرکت ناگهانی توده عظیم خاک و سنگ به درون مخزن سد که سبب ایجاد امواج و احتمالاً سرریز شدن سد می‌شود.

- لغزش آرام توده خاک که می‌تواند سبب کاهش ظرفیت مخزن سد شود (Evans et al, 2006; ICOLD, 2002).

۲-۲- تعاریف زمین لغزش

برای توصیف پدیده زمین لغزش واژه‌های مختلفی مانند لغزش^۱ (رانس)، ناپایداری دامنه^۲، زمین لغزه^۳ و غیره استفاده می‌شود (حافظی مقدس و غفوری، ۱۳۸۸).

تعاریف متعددی با وجه مشترک قابل توجه و یا یکسان از نظر مفهوم با محدوده‌های کاربردی کم و بیش مشابه توسط مولفین و محققین بکار رفته است.

^۱ Slide

^۲ Slope instability

^۳ Landslide

زمین لغزش، حرکت توده سنگ، خاک و واریزه به طرف پایین شیب می‌باشد (Crudent, 1991). بنا به تعریف ترزاقی (۱۹۵۰) اصطلاح زمین لغزش عبارت است از کلیه حرکات توده‌ای در شیب‌ها که شامل افت‌ها^۱ واژگونی‌ها^۲ و جریانهای واریزه‌ای^۳ است. در این زمینه شارپ (۱۹۳۸) بیان می‌کند زمین لغزش عبارتند از کلیه حرکات توده‌ای در جهت شیب و یا سقوط یک توده سنگ و یا مخلوطی از سنگ و خاک است و شریعت جعفری (۱۳۷۵) می‌گوید زمین لغزش عبارت است از کلیه حرکات و گسیختگی‌های شیبی یا دامنه‌ای نسبتاً سریع که با کاهش ناگهانی ضریب اطمینان به سطح پایین‌تر از واحد (۱) تحت تأثیر نیروهای مخرب، محرک یا مهاجم بر نیروهای مقاوم در سطوح شیبدار بوقوع می‌پیوندند.

۲-۳- طبقه بندی حرکات توده‌ای

طبقه‌بندی ناپایداری شیب‌ها یکی از عوامل برای شناخت سازوکار گسیختگی و ارائه راهکار مقابله با لغزش می‌باشد. طبقه‌بندی‌های متعددی برای حرکات توده‌ای و لغزش ارائه شده است. مهمترین فاکتورهای مورد استفاده در طبقه بندی شامل جنس مصالح درگیر در لغزش‌ها، سرعت حرکت و ابعاد لغزش (طول، عرض و عمق) می‌باشد. در حالت کلی ناپایداری شیب‌ها در ۴ گروه قرار می‌گیرد.

۱- ریزش ۲- لغزش ۳- خزش ۴- جریان

۲-۳-۱- طبقه بندی وارنز^۴

وارنز (۱۹۸۴) طبقه بندی جامعی را برای حرکات دامنه‌ای بر مبنای مکانیسم حرکت و نوع مصالح درگیر ارائه نموده است. در این طبقه بندی حرکات توده‌ای در ۶ گروه ریزش، واژگونی، لغزش، گسترش جانبی، جریان و حرکات توده‌ای مرکب قرار می‌گیرد (جدول ۲-۱).

جدول (۲-۱) - طبقه بندی حرکات توده‌ای (وارنز ۱۹۸۴)

نوع مصالح		نوع حرکت
مصالح خاکی	مصالح سنگی	

^۱ Rock Falls

^۲ Topples

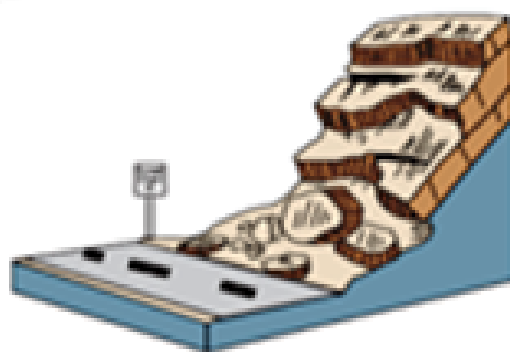
^۳ Debris flows

^۴ Varnes

ریزش‌ها		ریزش سنگی	ریزش واریزه‌ای	ریزش خاکی
واژگونی		واژگونی سنگی	واژگونی واریزه‌ای	واژگونی خاکی
لغزش‌ها	چرخشی	چرخشی سنگی	چرخشی واریزه‌ای	چرخشی خاکی
	انتقالی	بلوکی سنگی	لغزش واریزه‌ای	لغزش خاکی
		صفحه‌ای سنگی		
گسترش جانبی		-	گسترش جانبی واریزه‌ای	گسترش جانبی خاک
جریان‌ها	جریان	-	جریان واریزه‌ای	جریان خاکی
	خزش	خزش عمیق	چرخش واریزه‌ای	خزش خاکی
مرکب		ترکیب دو یا چند مکانیسم		

۱- ریزش

ریزش به سقوط کم و بیش آزاد و ناگهانی مواد خاکی یا سنگی گفته می‌شود که در شیب‌های تند اتفاق می‌افتد سازوکار شکست ممکن است به صورت سقوط آزاد، یا حرکت دامنه یا حالت واژگونی باشد (شکل ۱-۲).



شکل (۱-۲) - ریزش سنگی (Varnes, 1984)

۲- واژگونی

و شیب دامنه خلاف

در شرایطی که شیب لایه‌بندی

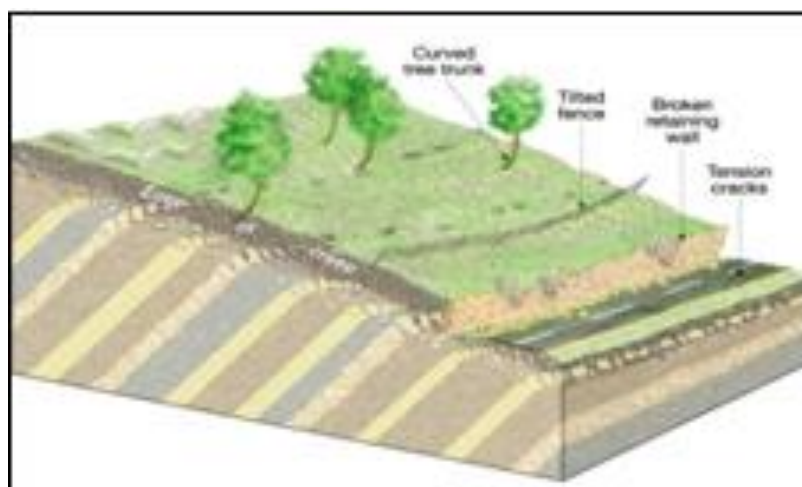


جهت هم باشد در این صورت بلوک‌هایی که آزاد شده‌اند حول نقطه ثقل چرخش نموده و سقوط می‌کنند. واژگونی معمولاً در توده‌های سنگی دیده می‌شود اما در خاک‌ها و واریزه‌ها نیز ممکن است به ندرت مشاهده شود (شکل ۲-۲).

شکل (۲-۲) - واژگونی (Varnes, 1984)

۳- خزش

به حرکات دامنه‌ای با سرعت کم اطلاق می‌شود. در این حالت گسیختگی در دامنه ایجاد نمی‌شود ولی براساس شواهد موجود می‌توان دامنه تحت خزش را مشخص نمود (شکل ۳-۲).

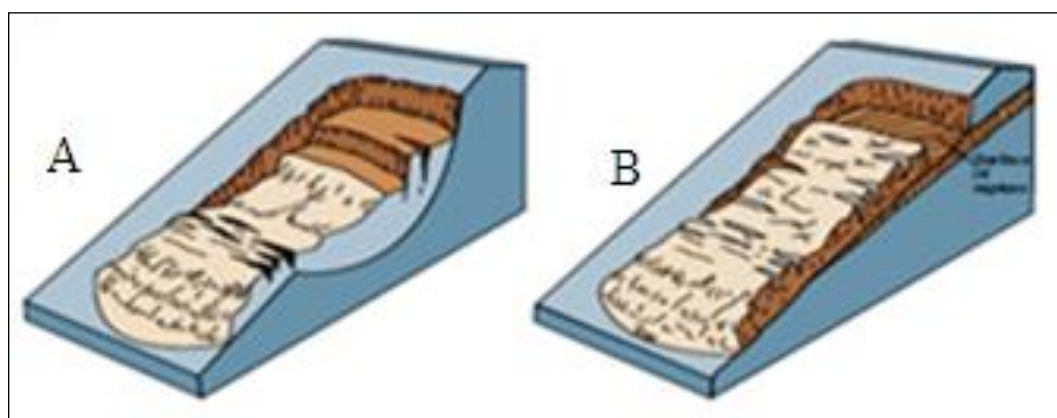


شکل (۳-۲) - آثار خزش در دامنه کوه مشرف به جاده (Varnes, 1984)

۴- لغزش

به ناپایداری‌هایی با ابعاد مشخص اطلاق می‌شود که توده خاک یا سنگ بر روی سطح گسیختگی به سمت پایین جابه‌جا می‌شود. معمولاً به هم ریختگی در این حالت زیاد نمی‌باشد. با توجه به شکل سطح لغزش آن را در دو گروه ۱- لغزش انتقالی ۲- لغزش چرخشی قرار می‌دهند (شکل ۴-۲). در لغزش

چرخشی سطح لغزش نیم استوانه‌ای است که در مقطع به صورت دایره‌ای می‌باشد. توده لغزشی نسبت به یک نقطه فرضی در فضا چرخش می‌کند. این گروه از لغزشها را به انواع منفرد و یا چندتایی تقسیم می‌کنند. لغزش چند تایی در واقع از چند لغزش منفرد تشکیل شده است. سازوکار تشکیل این گونه از لغزشها ممکن است به صورت پیشروند یا پسرونده باشد. در حالت پیشرونده یک لغزش بزرگ و چرخشی وجود دارد که بعداً سطوح گسیختگی دیگری در آن به وجود می‌آید. در حالت پسرونده لغزش چرخشی در جلوی دامنه ایجاد می‌شود و در اثر جابجای توده، بخش‌های بالای توده، ناپایدار می‌شود و لغزش به عقب حرکت می‌کند. لغزش‌های چرخشی در مصالح خاکی همگن یا شدیداً خرد شده اتفاق می‌افتد. در لغزش انتقالی توده خاک یا سنگ بر روی یک سطح گسیختگی صفحه‌ای مثل لایه‌بندی، گسل، درزه، حد بین دو توده با جنس مختلف یا حد فاصل بین بخش هوازده و سالم به سمت پایین حرکت می‌کند.



شکل (۲-۴) - تصویر A لغزش چرخشی و تصویر B لغزش انتقالی را نشان می‌دهد (Varnes, 1984)

۵- جریان‌ها

سرعت این نوع از ناپایداری‌ها متفاوت می‌باشد و می‌تواند در مصالح خاکی، واریزه‌ای و خرد شده سنگی خشک و یا اشباع تشکیل شود. از مشخصه‌های بارز این نوع از ناپایداری‌ها طول زیاد آن نسبت به عرض و عمق، همچنین به هم ریختگی خیلی زیاد توده می‌باشد. جریانها را می‌توان براساس نوع مصالح به خاک روانه، گل‌روانه^۱ یا جریان‌وایزه‌ای^۲ تقسیم بندی نمود (شکل ۲-۵).

^۱Mud flow

^۲Debrhs flow

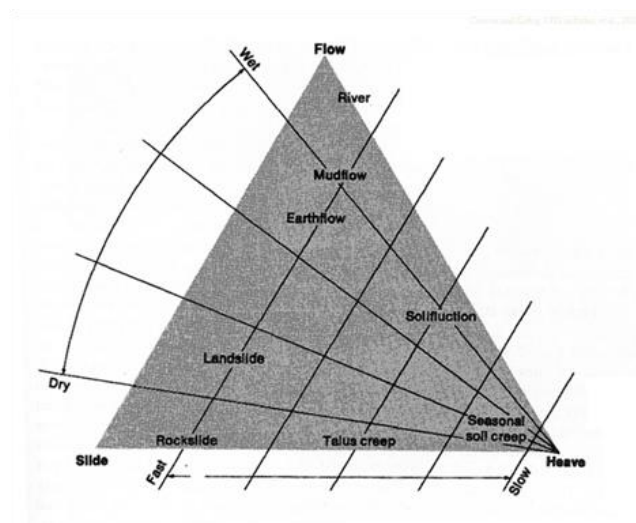


شکل (۲-۵) - لغزش جریانی (Varnes, 1984)

۶- لغزش‌های مرکب

معمولاً لغزش‌های بزرگ به صورت مرکب می‌باشند بطوری که لغزش در ابتدا به صورت چرخشی، در بخش میانی بصورت انتقالی و در بخش انتهایی بصورت جریانی نیز می‌باشند (Varnes, 1984).

تقسیم بندی‌های دیگری نیز از لغزش‌ها وجود دارد مانند تقسیم بندی (Carson & Kirby, 1972) که در آن رابطه بین حرکات دامنه‌ای براساس دو پارامتر سرعت حرکت و درصد رطوبت بیان شده است. چنانکه در شکل (۲-۶) ملاحظه می‌شود لغزش و جریان سرعت یکسان دارند و اختلاف آنها در میزان رطوبت است. از بین انواع لغزش، لغزش صفحه‌ای دارای بیشترین سرعت است و در شرایط خشک نیز می‌تواند اتفاق بیفتد و درگوشه چپ پایین مثلث شکل (۲-۶) قرار گرفته است. جریان گلی دارای سرعت بالا و شرایط اشباع است و در رأس مثلث قرار دارد. مشخصه اصلی خزش سرعت کند آن می‌باشد و در شرایط مختلفی از رطوبت اتفاق می‌افتد.



شکل (۲-۶) - طبقه بندی لغزش‌ها براساس درصد رطوبت و سرعت حرکت (Carson and Kirby, 1972)

۲-۴- عوامل مؤثر بر وقوع زمین لغزش

طبقه‌بندی‌های بی‌شماری در مورد پارامترهای مؤثر بر لغزش ارائه شده است. کامل‌ترین نوع طبقه‌بندی عوامل مؤثر، توسط وارنز (۱۹۸۴) ارائه شده است. در این طبقه‌بندی عوامل مؤثر بر لغزش در دو بخش قرار می‌گیرد.

۱- عوامل ذاتی که در ۴ گروه ۱- زمین‌شناسی ۲- ژئومورفولوژی ۳- آب وهوا ۴- پوشش گیاهی قرار می‌گیرد.

۲- عوامل مستعد کنند یا عوامل ایجاد کننده تغییرات نامطلوب در شیب‌ها. عوامل مستعد کننده به عنوان کاتالیزور عمل می‌کنند مانند آب که شیب‌ها به راحتی در حضور آن مستعد لغزش هستند (Glade et al, 2005 ; حافظی مقدس و غفوری، ۱۳۸۸).

۲-۵- لغزش‌های قدیمی

لغزش‌های قدیمی به دلیل فعالیت مجدد، کاهش خواص مقاومتی خاک در اثر از بین رفتن بافت آن، افزایش نفوذپذیری توده به دلیل خرد شدگی در لغزش‌های سنگی و... از جمله زمین‌های مسئله دار در پروژه‌های مهندسی محسوب می‌شوند.

دلایل اهمیت شناخت لغزش‌ها در پروژه‌های سدسازی عبارتند از:

۱- عملیات گسترده مهندسی شامل بارگذاری روی شیب یا تغییر هندسه شیب، تراوش آب از تکیه-

گاه‌ها، بالا آمدن سطح آب داخل مخزن و آبیگری و تخلیه مخزن و... ممکن است موجب ناپایداری

دامنه‌های لغزشی شود.

۲- وجود توده لغزشی در تکیه‌گاه‌های سد سبب نامتقارن شدن و فرار آب زیاد از سد خواهد شد

(نودهی و حافظی مقدس، ۱۳۸۰).

۲-۶- امواج ناشی از زمین لغزش در مخزن سد

زمین لغزش‌های بسیار سریعی که در دریاها، رودخانه‌ها یا دریاچه‌ها ایجاد می‌شود ممکن است باعث

ایجاد سونامی که سونامی لغزش^۱ نامیده می‌شود گردد. این امواج ممکن است اثرات فاجعه بار فراتر از محدوده زمین لغزش داشته باشد. ایجاد امواج ناشی از زمین لغزش یکی از بزرگترین بلایای زمین لغزش می‌باشد که ناشی از جابجایی آب در حین لغزش است. امواج تولید شده به دو حالت می‌توانند باشند:

۱. امواج از خط ساحلی دریاچه یا از دریاچه سد خارج شود.

۲. امواج ایجاد شده ممکن است در محدوده دریاچه سد باشد (Evans et al, 2006).

۲-۶-۱- بررسی شواهد تاریخی از وقوع لغزش‌های بزرگ و ایجاد امواج

امواج ایجاد شده از لغزش، تخریب قابل توجهی در طول خط ساحلی ایجاد می‌کند به ویژه نقاطی که به طور مستقیم در مقابل منبع لغزش باشند. از جمله آنها واقعه تاریخی است که در نروژ رخ داده و توسط Jorstad در سال ۱۹۶۸ شرح داده شده است، این حادثه در دریاچه لئون^۲ در سال ۱۹۰۵ و ۱۹۳۶ رخ داده است. در ژانویه ۱۹۰۵ ریزش سنگی حجمی در حدود ۵۰۰۰۰ متر مکعب را وارد بخش دریاچه نمود. امواج ایجاد شده ناشی از ریزش سنگی منجر به تخریب گسترده در طول خط ساحلی و مرگ ۶۱ نفر گردید. حداکثر موج ایجاد شده ۴۰ متر برآورد شد. در سال ۱۹۳۶ یکی دیگر از زمین لغزش‌ها در بخش غربی دریاچه لئون رخ داد. امواج ایجاد شده از این زمین لغزش، ارتفاعی در حدود ۷۴ متر داشت و در این حادثه ۷۳ نفر کشته شدند (Jorstad, 1968).

در مارس ۱۹۷۱ فاجعه‌ای در جانقر^۳ پروآند رخ داد. در اثر بهمن سنگی به حجم ۱۰۰۰۰۰ متر مکعب، امواجی ایجاد شد که ارتفاع آن به ۳۰ متر می‌رسید. این امواج با یک کمپ معدن واقع در ساحل دریاچه برخورد نمود و منجر به مرگ ۴۰۰ نفر گردید. در ۲۲ ژانویه سال ۱۷۹۲ در اثر لغزش و سقوط دامنه در پی فعالیت‌های ولکانیکی در جزیره کیاشو^۴ ژاپن، توده زمین لغزشی به حجم ۳۴۰ میلیون متر مکعب وارد دریای آریک^۵ شد که موجب ایجاد سونامی گردید که ارتفاع امواج آن به ۲۲/۵ متر می‌رسید (Plafker et al, 1979).

^۱ landslide tsunamis

^۲ Loen

^۳ Chungar

^۴ Kyushu

^۵ Ariake

یکی دیگر از سونامی‌های ناشی از زمین‌لغزش‌های حاصل از فعالیت‌های آتشفشانها در اقیانوس آرام، در کوماگاتوتوک^۱ ژاپن، امواجی ایجاد نمود که سبب کشته شدن ۷۰۰ نفر از روستاهای اطراف ساحل در سال ۱۶۴۰ شد (Siebert et al, 1987).

در خلیج لیتویا^۲ نروژ در سال ۱۹۵۸، در اثر زلزله رخ داده در منطقه، بهمن سنگی به حجم ۳۰ میلیون متر مکعب وارد آب شد. این بهمن سنگی یکی از باور نکردنی‌ترین فجایعی بود که باعث حرکت ۵۲۴ متری آب به سمت جلو (run-up) شد که بیشترین رکورد ثبت شده در طول تاریخ می‌باشد. امواج مخرب حاصل از آن جنگل‌هایی با بیش از ۱۰ کیلومتر مربع را از بین برد. بعد از وقوع این زلزله بیش از ۴۰ یا ۵۰ زمین‌لغزش در ۲ دهه گذشته در خلیج لیتویا رخ داده است (Miller, 1960).

در سال ۲۰۰۰ لغزش سنگی^۳ در ساحل غربی گرینلند، سونامی در امتداد سواحل کم عرض تنگه وایقت^۴ در مجاورت پاتویوت^۵ ایجاد نمود. در این حادثه کسی کشته نشد ولی ۱۰ قایق از بین رفت و معدن زغال سنگ در روستای گیولیسات^۶ به شدت آسیب دید (Pedersen et al, 2002).

سد وایونت^۷ مرتفع‌ترین سد قوسی نازک جهان است که در دره یخچالی کوههای آلپ هیمالیا واقع شده است. این سد بر روی لایه ضخیمی از سنگ‌های رسوبی به ویژه سنگ‌های آهکی همراه با لایه‌های غنی از رس که در اثر فرآیندهای ساختمانی آلپ خرد شده‌اند قرار دارد. وجود سنگ‌های آهکی سبب نفوذ راحت‌تر آب‌های جوی و آب مخزن سد در سنگ‌های آهکی شده است (شکل ۲-۷).

^۱ Komagataake

^۲ Lituya

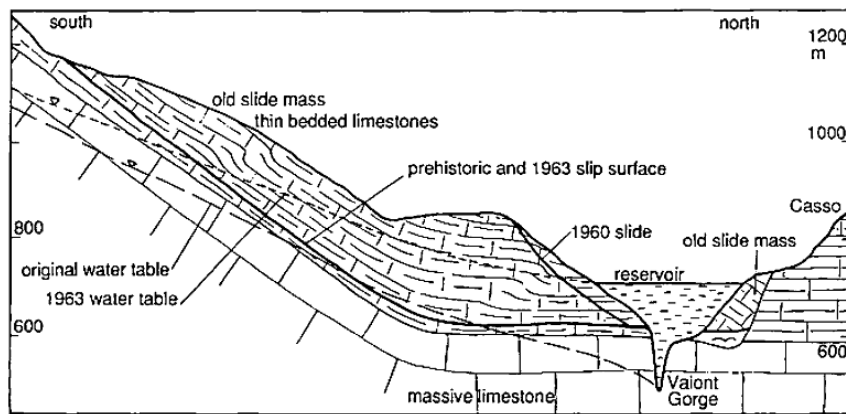
^۳ rockslide

^۴ Vaigat

^۵ Paatuut

^۶ Qullissat

^۷ Vaiont



شکل (۷-۲) - مقطع زمین‌شناسی از محل احداث سد وایونت (Panizzo et al, 2005)

اولین واقعه در مخزن سد وایونت در ۴ نوامبر سال ۱۹۶۰ رخ داد. توده لغزشی که دارای حجم ۶۰۰۰۰۰ متر مکعب بود به داخل آب فرو افتاد و امواجی با ارتفاع بیش از ۲ متر را ایجاد نمود. آنالیز نقشه‌ها نشان می‌دهد که طول این زمین لغزش ۲۵۰ متر بوده است.

واقعه دیگر این سد در سال ۱۹۶۳ به وقوع پیوست. در طی این واقعه ۲۷۰ میلیون مترمکعب توده زمین-لغزشی به درون مخزن سد وایونت فرو ریخت. این توده زمین لغزشی از کوه توس^۱ جدا شده بود. زمین لغزشهای قدیمی زیادی در کوه توس شناسایی شده بود به طوری که می‌توان گفت این کوه از زمین لغزش ساخته شده است. زمین لغزش زمانی رخ داد که مخزن سد در طی سالهای پیش پر شده بود. حضور آب در مخزن سد در مدت زمان کوتاهی در حدود ۳ سال، حرکت زمین لغزشها را شتاب داده بود. حرکات بسیار آرام زمین لغزشها نیز در کوه توس مورد شناسایی قرار گرفته بود. وقوع زمین لغزش امواج بزرگی را ایجاد کرد که منجر به سرریز شدن آب از سد و وقوع سیل شد، در اثر این حادثه شهر لانگرون^۲

تخریب شد و ۲۰۰۰ نفر کشته شدند (Panizzo et al, 2005 ; Waltham, 1994)

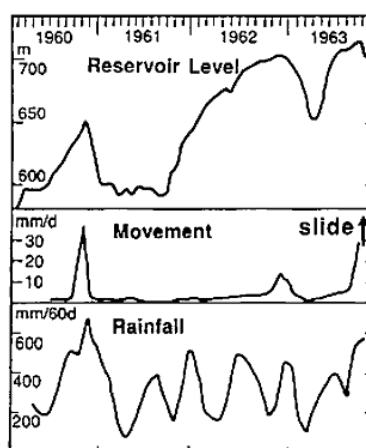
نوسانات سطح آب مخزن سد وایونت و میزان بارندگی و حرکات دامنه‌ای از سال ۱۹۶۰ تا ۱۹۶۳ اندازه-گیری شده است و اطلاعات مربوط به آن به صورت نمودار در شکل (۸-۲) نشان داده شده است و چنانکه مشاهده می‌شود پیک‌های سه منحنی حدوداً بر هم منطبق هستند که نشان دهنده این است که با

^۱ Tos

^۲ Langarone

افزایش بارندگی و در پی آن افزایش سطح آب در مخزن سد، فشار آب منفذی آبهای زیرزمینی افزایش می‌یابد، بنابراین میزان حرکات دامنه‌ای نیز در اثر آن افزایش می‌یابد. جدول (۲-۲) ضریب اطمینان توده لغزشی را در حین بارندگی و افزایش سطح آب مخزن سد نشان می‌دهد، مشاهده می‌شود که با افزایش هر یک از عوامل یعنی افزایش سطح آب مخزن سد و ایونت و یا با افزایش بارندگی، ضریب اطمینان کاهش می‌یابد و با افزایش همزمان هر دو عامل، شاهد کاهش بیشتر ضریب اطمینان توده لغزشی هستیم.

(Waltham, 1994)



شکل (۲-۸) - منحنی نوسانات سطح آب مخزن سد، میزان بارندگی، و حرکات دامنه‌ای در دامنه مخزن سد وایونت

(Waltham, 1994)

جدول (۲-۲) - میزان ضریب اطمینان با نوسانات سطح آب مخزن سد وایونت و بارندگی (Waltham, 1994)

Reservoir level = none	Rainfall = low	Fs= 1.21
" none	High	1.12
" 710 m	Low	1.01
" 710 m	High	1.00
" 722 m	Low	1.00

۲-۷- بررسی وقوع لغزش‌ها و رسوب وارد شده به مخازن سدها:

ارزیابی امواجی که به طور ناگهانی توسط زمین لغزش‌ها در مخازن سدهای مصنوعی ایجاد می‌شود در برنامه ریزی، مدیریت سدها و مخازن مصنوعی اهمیت بسیاری دارد. باید از سدهایی که در حوضه آنها خطر وقوع زمین لغزش و در پی آن احتمال سرریز شدن سد وجود دارد و یا خطهای ساحلی که پتانسیل

تولید لغزش را دارند، دوری شود.

در ۲۲ مارس سال ۱۹۵۹ در حوضه سد مخزنی پونتسی^۱ ایتالیا، در طی زمین لغزش، ۵ میلیون متر مکعب واریزه وارد مخزن سد شد. در این واقعه امواج ناگهانی آسیبی به سد نرساند اما موجب کاهش حدود ۵۰ درصد حجم مفید مخزن سد شد. قبل از زمین لغزش سال، ۱۹۵۹ ظرفیت مخزن سد در حدود ۹۱۰۹ میلیون متر مکعب بود و بعد از حادثه برابر ۵۱۸ میلیون متر مکعب شده است (Panizzo et al, 2005).

با عبور طوفان اریا^۲ از حوضه‌ای در شمال تایوان که سد شیچمین^۳ بر روی آن احداث شده است، ۱۶۰۴ میلی‌متر باران وارد حوضه شد. حداکثر شدت بارش به ۵۱٫۷ میلی متر در ساعت می‌رسید. با مقایسه تصاویر ماهواره‌ای Sport قبل و بعد از طوفان اریا مشخص شده است که ۷۰٫۳ زمین لغزش تحریک شده و بیش از ۵۰ درصد از آنها جز زمین لغزش‌های قدیمی بوده‌اند. زمین لغزش‌های موجود در منطقه مورد مطالعه جز زمین لغزش‌های سطحی و با عمق کمتر از ۲ متر می‌باشد. حجم رسوب وارده به مخزن سد، توسط لغزش‌های رخ داده در طی تحریک طوفان اریا ۲۵۵۱۰۷۰۰ متر مکعب برآورد شده است. رسوب وارده سبب آلوده شدن آب و مسدود شدن خطوط تأمین آب به مدت ۲۰ روز شد میلیون‌ها نفر و هزاران کارخانه در این حادثه دچار آسیب شدند. (Lee, 2008).

Li و همکارانش در 2008 به بررسی مکانیسم زمین لغزش موجود در دامنه مخزن سد Three Gorges با استفاده از روش سه بعدی پرداخته است (شکل ۲-۹). آنها ابتدا شرایط درونی و خارجی زمین لغزش را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند، سپس با در نظر گرفتن عوامل اصلی و مؤثر بر لغزش ضریب اطمینان را با استفاده از مدل سه بعدی برای قسمت جلویی و همچنین کل بخش زیر آب زمین لغزش در شرایط افزایش سطح آب و کاهش سریع سطح آب مخزن مورد بررسی قرار دادند. با پر شدن مخزن سد شرایط درونی و بیرونی توده لغزشی تغییر می‌کند. زیرا:

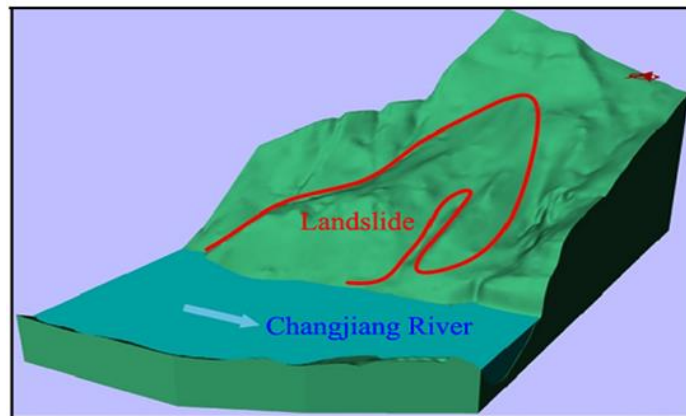
(۱) سطح آب زیرزمینی و جرم توده بالا می‌آید.

^۱ Pontesei

^۲ Aere

^۳ Shihmen

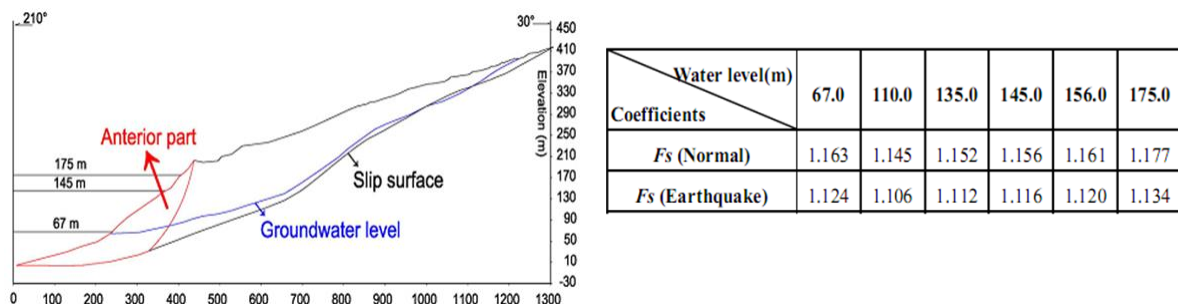
(۲) آب، مقاومت برشی سطح لغزش را پایین می‌آورد.



شکل (۲-۹) - مدل ۳ بعدی رقومی از زمین لغزش در مخزن سد Three Gorges (Li, 2008)

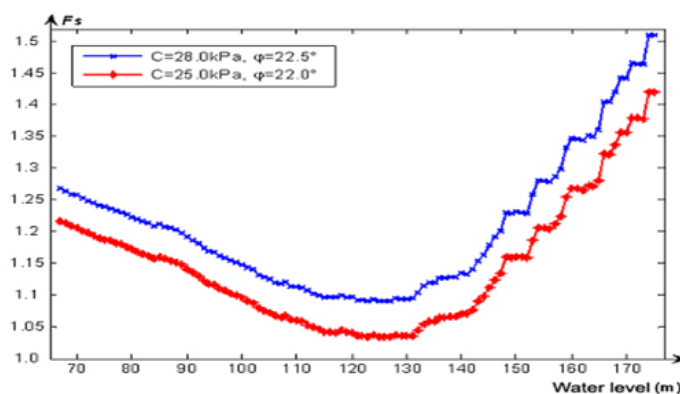
در این تحقیق آنها افزایش سطح آب را در سه مرحله مورد بررسی قرار دادند. در مرحله اول سطح آب با سرعت $3/7 \text{ m/d}$ ، از ۹۸ متر در یک جولای ۲۰۰۳ به ۱۳۵ متر در ۱۰ جولای ۲۰۰۳ رسید. در مرحله دوم سطح آب به ۱۵۶ متر و در نهایت به ۱۷۵ متر رسید (شکل ۲-۱۰). در جدول (۲-۳) شرایط عادی و شرایط همراه با زلزله با شدت VI نشان داده شده است.

جدول (۲-۳) - ضریب اطمینان با افزایش سطح آب (Li, 2008)



شکل (۲-۱۰) - نمایش دوبعدی از سطح لغزش (Li, 2008)

با توجه به شکل (۲-۱۰) مشخص می‌شود که در طی افزایش سطح آب، لغزش پایدار است حتی اگر زلزله‌ای رخ دهد. علاوه بر آن این شکل نشان دهنده افزایش پایداری بخش قدامی زمین لغزش در اثر افزایش آب مخزن بعد از سطح آب ۱۳۵ متر و بالاتر می‌باشد.



شکل (۲-۱۱) - نتایج پایداری بخش جلوی (Li, 2008)

نتایج حاصل شده در این تحقیق نشان می‌دهد که کاهش سریع آب مخزن سد سبب بی‌ثباتی زمین لغزش می‌شود. زیرا:

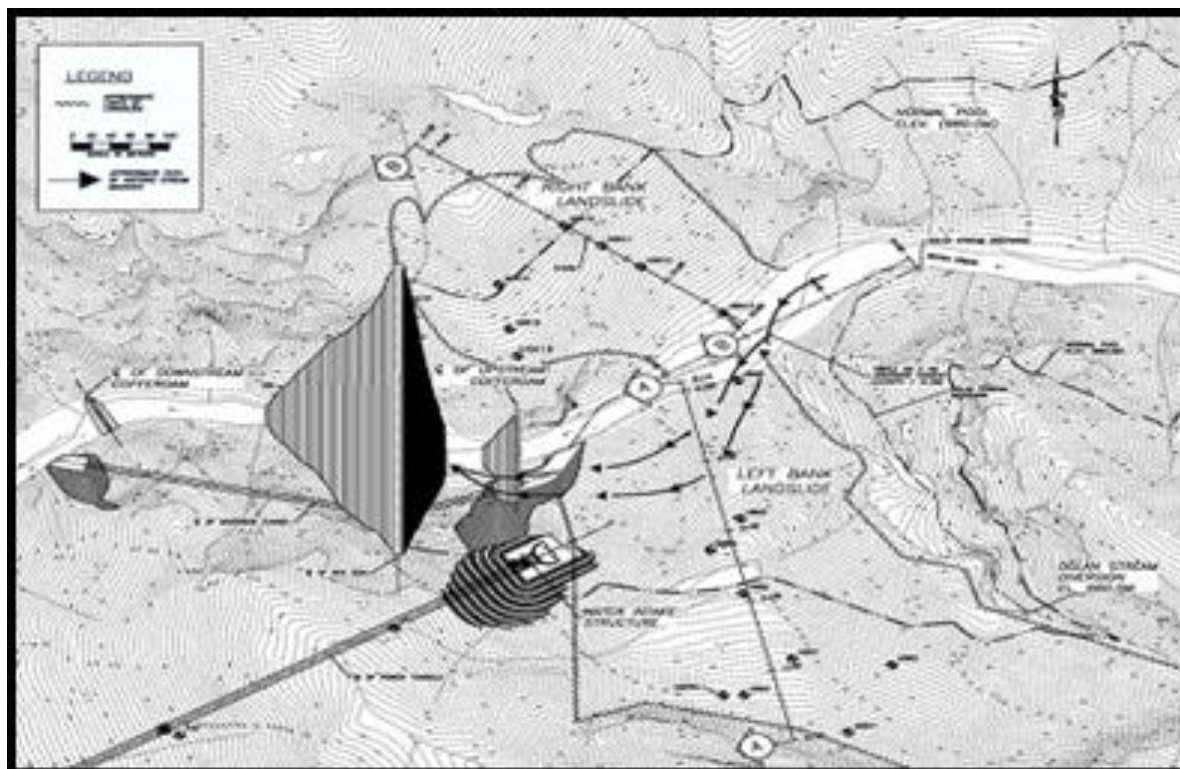
در اثر کاهش سریع آب مخزن، فشار هیدرودینامیکی افزایش می‌یابد، کاهش سریع سطح آب زیرزمینی بالاتر از سطح آب مخزن، که سبب زهکشی آب زیرزمینی می‌شود، می‌تواند فشار هیدرودینامیکی بزرگی ایجاد نماید که سبب افزایش نیروی لغزش می‌شود.

فشار آب منفذی بیش از حد که ناشی از کاهش سریع سطح آب است سبب ناپایداری توده لغزشی می‌شود.

با توجه به مطالب فوق آنها به این نتیجه رسیدند که بخش جلوی توده لغزشی تحت شرایط فعلی پایدار است اما ثبات بخشی از آن در اثر کاهش چسبندگی کاهش می‌یابد. در طی افزایش آب مخزن زمین-لغزش حتی با در نظر گرفتن زمین‌لرزه پایدار است. در شرایط کاهش سریع سطح آب مخزن ضریب اطمینان لغزش به حد آستانه (کمتر از یک) نزدیک می‌شود. که با کنترل و نظارت جدی باید تخلیه آب مخزن سد صورت گیرد.

براساس مطالعاتی که Martin & Rehwooldt در سال 2010 بر روی مخزن سد واقع بر رودخانه بوتن^۱ در جنوب شرقی ترکیه که در ناحیه فعال تکتونیکی قرار دارد، انجام داده‌اند، مشخص شده که دو زمین لغزش در سمت چپ و راست بالادست رودخانه و در محل سد وجود دارد.

^۱ Botan



شکل (۲-۱۲)- نقشه زمین شناسی محور سد واقع بر رودخانه بوتن، نشان دهنده زمین لغزشهای موجود در منطقه

(Martin & Rehwoldt, 2010)

این محل در بالاترین زون لرزه‌ای قرار دارد، فعالیت دوباره این زمین لغزش‌ها با توجه به پتانسیل لرزه‌خیزی منطقه و با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی، داده‌های شیب‌سنجی، آنالیز آزمایشگاهی و برآورد نیروهای برشی در سطح گسیختگی قدیمی دامنه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و پیشنهاداتی برای کاهش و محدود کردن طرحهایی که در آینده سبب حرکت این زمین لغزشها می‌شود ارائه شده است. پر شدن مخزن سد یا زمین لرزه بزرگ عامل بسیار مهمی برای فعالیت مجدد این دو زمین لغزش می‌باشد. تخمین زده شده است که این زمین لغزش‌ها می‌تواند در حدود ۷-۹ میلیون متر مکعب خاک یا واریزه به همراه داشته باشد. به جز این دو زمین لغزش، در طول رودخانه بوتن زمین لغزش‌های کوچکی در بالا دست و پایین دست آن وجود دارد اما توجه کمتری به آنها می‌شود زیرا خطر کمتری برای سد دارند. این دو زمین لغزش از این لحاظ که می‌توانند در طی آبرگیری مخزن و زلزله، دوباره فعال شوند و مخزن را پر کنند و بعد از پر شدن احتمال شکست سد وجود دارد و اثر فاجعه بار می‌تواند داشته باشد مورد توجه

قرار گرفته است. آنها نقشه زمین‌شناسی دقیقی را تهیه نمودند و برای برآورد مقاومت برشی سنگ‌ها از مغزه گمانه‌های عمیق استفاده کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که آبدگیری سد می‌تواند هر دو زمین لغزش را فعال نماید و پیشنهاد شده است تا برای افزایش ضریب ایمنی دامنه شیب‌ها در این محدوده شیب دامنه را کاهش دهند سپس عمل آبدگیری صورت گیرد.

Lee در سال 2008 تحلیل خطر زمین لغزش در مخزن سد Shihmen واقع در شمال تایوان که یکی از منابع مهم تأمین آب می‌باشد را انجام داده است. این حوضه ۷۶۳ کیلومتر مربع مساحت دارد. ارتفاع در محدوده حوضه از ۱۳۵ متر در شمال شرقی حوضه تا ۳۵۲۴ متر در جنوب غربی می‌رسد و به طور کلی توپوگرافی ناهمگنی دارد و بیش از ۶۰ درصد حوضه شیبی بیش از ۵۵٪ دارند. در این مطالعه از نرم‌افزار GSI برای تهیه نقشه خطر لغزش استفاده شده است. بعد از جمع‌آوری تصاویر و داده‌ها از تصویر DEM ۱۰۰×۱۰۰ برای استخراج اطلاعات مورفولوژیکی مانند نقشه شیب، جهت شیب، شاخص رطوبت، طول و ارتفاع نسبی شیب توپوگرافی و غیره استفاده شده و برای تهیه نقشه لیتولوژی و فاصله از گسل از نقشه زمین‌شناسی رقومی شده استفاده شده است. از تصویر ماهواره‌ای Sport برای تعیین فاکتور زیست محیطی شاخص پوشش گیاهی و از ۲۶ ایستگاه باران سنج در داخل و اطراف حوضه برای تهیه نقشه هم بارش استفاده نموده است. با توجه به عوامل تحریکی و مؤثر بر لغزش از مدل رگرسیون لجستیک برای تحلیل خطر استفاده شده و در نهایت موقعیت زمین لغزشها پیش‌بینی شد و مساحت و حجم آنها با استفاده از GSI محاسبه گردید و براساس برآورد انجام شده حجم زمین لغزش ۱۹۱۶۴۲۴۰ متر مکعب برآورد شده است.

۲-۸- مطالعات انجام شده در ایران

انتظاری و همکاران (۱۳۸۴) در تحقیقی با عنوان پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در محدوده حوضه آبخیز سد بالایی سیاه بیشه به پهنه‌بندی خطر زمین لغزش، در حوضه آبخیز این سد که به عنوان اولین سد و نیروگاه تلمبه - ذخیره‌ای در ایران در مسیر جاده تهران چالوس و در دامنه‌های شمالی رشته کوه البرز در حال اجرا می‌باشد پرداختند. با توجه به موقعیت ساختگاه سد و اهمیت این طرح و اثرات منفی زمین

لغزش بر عمر مفید سد و پایداری سازه‌های هیدرولیکی، پهنه بندی خطر زمین لغزش یکی از الزامات در این منطقه به شمار می‌رفت. منطقه مورد مطالعه دارای مصالح سست با شیبهای تند و دارای گسلهای فعال است که با توجه به میزان بالای بارندگی دارای پتانسیل ناپایداری است. شرایط محیطی موجود در منطقه جنس سنگها و خاکها، فاصله از گسل، میزان شیب دامنه‌ها، فاصله از محور جاده و پراکندگی آبراهه‌ها به عنوان پارامترهای مؤثر تشخیص داده شده است. لایه‌های اطلاعاتی پارامترهای مؤثر در محیط GIS تهیه شد. لایه‌های مختلف طبقه‌بندی و وزن دهی شده و با استفاده از روش کارشناسی این لایه‌ها تلفیق شدند. در نهایت نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در محدوده حوضه آبخیز سد بالایی سیاه بیشه در ۵ گروه طبقه بندی و تهیه شد. اکثر منطقه جز خطر متوسط و بالا قرار گرفته‌اند. به طور کلی مهمترین عوامل ناپایداری شیب‌ها در این محدوده وجود مصالح سست، مجاورت با گسل‌های فعال ناحیه و میزان شیب دامنه‌ها می‌باشد. عوامل دیگری مانند اثر منفی جاده‌های دسترسی به دامنه‌ها و همچنین آبشویی دامنه‌ها و شسته شدن پاشنه دامنه‌ها توسط رودخانه، به عنوان عوامل مؤثر دیگر تشخیص داده شده‌اند.

حیاتی (۱۳۸۳) به مطالعه لغزش‌های موجود در شیروانی‌های اطراف مخزن سد گلستان ۲ و ابعاد مختلف آن و روش‌های پایداری آن پرداخته است. این سد در ۳۵ کیلومتری شمال شهرستان گنبد کاووس در استان گلستان و بر حوضه رودخانه گرگانرود واقع شده است. وی با آنالیز پایداری شیروانی‌ها در دو روش بیشاپ اصلاح شده و روش تعادل حدی نشان داده است که اگرچه اکثر شیروانی‌ها بعد از آنگیری مخزن پایدار باقی می‌مانند و تنها تعداد کمی از آن‌ها که دارای شیب تند بیش از ۵۰ درجه هستند دارای ضریب اطمینان کمتر از ۱ می‌باشد. آنالیزها نشان داده است که با افت سریع آب مخزن شیروانی‌های با شیب بیش از ۴۰ درجه و ضریب استغراق (نسبت ارتفاع آب به ارتفاع شیب) بیش از ۰/۴ با ناپایداری مواجه هستند. همچنین با بررسی تعداد و پراکندگی لغزش‌های مخزن سد به این نتیجه رسیدند که با اینکه تعداد زمین لغزش‌ها زیاد است اما حجم و ابعاد آنها کوچک است. بر اساس برآوردهای انجام شده حجم کل لغزش‌ها موجود در حدود چهار درصد از حجم مفید سد را اشغال می‌کند. با توجه به این که

لغزشهای مخزن سد گلستان ۲ جز لغزشهای بالقوه خطرناک و فاجعه بار نیست راهکارهایی مانند مونیتورینگ و اعمال محدودیت باری عملکرد مخزن سد پیشنهاد شده است.

بر اساس مطالعات لشکری پور و همکاران (۱۳۷۴) نوسانات سطح آب در مخزن سد شهید پارسا واقع در استان خراسان شمالی سبب تحریک حرکت زمین لغزشهای زیادی در مخزن سد شده است. وقوع این پدیده سبب ورود حجم بالایی از نهشته‌های رسوبی به‌طور مستقیم در اثر فرسایش‌پذیری توده‌های لغزشی و حمل آنها توسط آب به مخزن سد می‌شود. برای ارزیابی و تعیین خطر لغزش مهمترین مرحله، شناسایی و بررسی زمین لغزش‌های به وقوع پیوسته در آن منطقه می‌باشد. به عبارت دیگر با شناسایی زمین لغزش‌های منطقه و بدست آوردن ارتباط آنها با ویژگیهای عمومی ناحیه می‌توان فاکتورهای مؤثر بر ایجاد یا تسریع زمین لغزش را تعیین نمود. در این تحقیق ۳ توده لغزشی شناسایی شده و عوامل مؤثر بر حرکت آنها تعیین شده است. به طور کلی عوامل تأثیرگذار و محرک در این منطقه به ترتیب جنس نهشته‌ها، نوسان آب مخزن سد، هم شیبی لایه‌بندی با شیب دامنه، دره‌های V شکل و شیب زیاد آنها، عبور رودخانه در پایین دامنه لغزشی و.... می‌باشد. با توجه به این که میزان رسوب سالانه حوضه ۷۱۵۲۴ تن تخمین زده شده است، ولی با ورود مستقیم تنها یکی از لغزشها به دریاچه سد به اندازه تمام رسوب یک سال رودخانه حجم اشغال خواهد کرد در نتیجه یک سال از عمر مفید سد کاسته می‌شود با توجه به استعداد منطقه برای تکرار زمین لغزش‌های مشابه دیگر، جدا از تشدید مشکلات ذکر شده، تخریب محیط زیست و فرسایش خاک حاصل از آن نیز موضوع قابل توجهی می‌باشد.

خالو و همکاران (۱۳۸۴) زمین لغزش تنگ تلخ در سد مخزنی ابوالفارس را مورد بررسی قرار دادند. با استفاده از نرم افزار Slide 2003 در سه حالت خشک، اشباع و پس از آبیگری و با در نظر گرفتن شتاب زلزله به میزان $g/2$. آنالیز پایدار زمین لغزش را انجام دادند و نتایج آنالیز انجام شده به شرح زیر می‌باشد.

کمترین ضریب ایمنی در حالت خشک و بدون زلزله $F=1/3$

کمترین ضریب ایمنی در حالت خشک و با زلزله $F=0/87$

کمترین ضریب ایمنی در حالت اشباع و بدون زلزله $F=0.77$

کمترین ضریب ایمنی در حالت اشباع و با زلزله $F=0.47$

کمترین ضریب ایمنی در حالت مخزن پر و بدون زلزله $F=1.2$

کمترین ضریب ایمنی در حالت مخزن پر و با زلزله $F=0.77$

بر اساس اطلاعات بالا نتیجه‌گیری شده است که زمین‌لغزش موجود در حاشیه چپ مخزن سد پس از آبدگیری مخزن به حالت پایدارتری می‌رسد اما خطر بالقوه فعالیت مجدد آن در هنگام تخلیه سریع و یا با تغییرات تراز آب مخزن بخصوص در حین زلزله بایستی مد نظر قرار گیرد. با تغییرات تراز آب در طی فصول مختلف به ویژه در هنگام تخلیه سریع مخزن، توده به حالت اشباع می‌رسد و خطر لغزش مجدد را افزایش می‌دهد.

در بررسی حرکات در محدوده مخزن سد شهید رجائی ساری، توسط نودهی و حافظی مقدس (۱۳۸۶) نشان داده شده که لغزشهای عمقی و سطحی متعددی در منطقه بخصوص در حاشیه رودخانه‌ها و جاده‌های اصلی و فرعی قابل مشاهده است و قبل از احداث سد در داخل مخزن سد ریزش‌ها و لغزشهای زیادی وجود دارد که بعد از آبدگیری برخی از لغزش‌های قدیمی دوباره فعال شده است و لغزشهای جدیدی نیز به وقوع پیوسته است. این لغزشها از جنبه‌های مختلفی مانند وارد کردن ضربه هیدرودینامیکی به بدنه سد اهمیت دارند. زمین لغزشهای محدوده مخزن سد توسط مهندسین مشاور مه‌اب در سال ۱۳۷۴ دو سال قبل از بهره‌برداری از سد شهید رجائی ساری با استفاده از عکس‌های هوایی موجود از منطقه مشخص شده بود. و در مطالعه انجام شده توسط نودهی و حافظی مقدس (۱۳۸۶) به کمک عکس هوایی و بازدید انجام شده نقشه موقعیت زمین لغزشها بعد از آبدگیری سد تهیه شده است برخی از لغزشهای ذکر شده پایدار بوده و حرکت جدیدی بعد از احداث سد نداشتند و برخی نیز مجدداً فعال شده است. عوامل مختلفی در بروز لغزش‌های فوق اثر دارد که از جمله از آنها می‌توان به وجود

۱. رخنمونهای ضعیف مارنی که با توجه به شرایط آب و هوایی ضخامت پهنه هوازده آن به چند متر

می‌رسد.

۲. افزایش فشار آب منفذی و وزن توده در اثر بارندگی و آب برگشتی کشاورزی

۳. زیرشویی دامنه‌ها توسط رودخانه

۴. تکان‌های حاصل از زمین لرزه‌ها، داده‌های تاریخی حاکی از بروز دو زمین لرزه بزرگ در نزدیکی

ساختگاه سد می‌باشد

اقتصاد و همکاران (۱۳۸۶) به بررسی پایداری زمین لغزش مخزن سد لتیان و تعیین پارامترهای محرکی آن پرداختند. این سد در محدوده بحرانی‌ترین بخش‌های البرز از لحاظ زمین‌شناختی می‌باشد به طوری که با عبور گسل رودهن و شاخه‌های فرعی آن از این ناحیه سیمای بسیار خرد شده به این منطقه داده است. زمین لغزش مخزن سد در اسفند ماه ۱۳۸۴ در فاصله ۵۰۰ متری از محور سد در دامنه‌های جنوبی مخزن سد ایجاد شد. در اثر این زمین لغزش مقداری از مصالح وارد مخزن سد شد، علاوه بر آن خسارتی به جاده لتیان - کلان و ساختمانهای روی دامنه وارد شده است. با توجه به موقعیت توده لغزشی که در نزدیکی سد قرار دارد و حجم بالای توده لغزشی شناخت ماهیت رفتار زمین لغزش و عوامل محرک مؤثر در کاهش خطرات احتمالی بر روی تأسیسات جانبی سد و وقوع سیل در پایین دست ضروری می‌باشد. مشخصات هندسی مانند مرز لایه‌های زمین شناسی و سطح لغزش، پارامترهای ژئوتکنیکی لایه‌ها مانند زاویه اصطحاک داخلی، چسبندگی و وزن مخصوص، مقدار بارگذاری خارجی (بار ساختمان‌ها) بر روی دامنه، ضریب نفوذپذیری لایه‌ها و تراز نرمال مخزن سد در زمان وقوع لغزش و مقدار متوسط بارندگی در فصل زمستان به عنوان داده ورودی به نرم‌افزار انتخاب شده است. با بررسی‌ها و تحلیل‌های انجام شده نشان داده شده است که این زمین لغزش از نوع مرکب (انتقالی - چرخشی) است. این نوع زمین لغزش انطباق کاملی با خصوصیات مصالح تشکیل دهنده دامنه (سنگی - خاکی) دارد. با توجه به مطالعات هواشناسی و هیدرولوژی انجام شده نشان داده شده است که افزایش سطح آب زیرزمینی در دامنه به عنوان عامل تحریکی زمین لغزش می‌باشد که ناشی از بالا آمدن سطح آب مخزن سد در حین وقوع لغزش و افزایش میزان بارندگی در فصل زمستان بوده است. در این تحقیق برای پایداری دامنه لغزشی از روش‌های مانند پایین نگه داشتن سطح آب مخزن سد به ویژه در زمستان، زهکشی دامنه به کمک

گمانه‌ها و چاههای موجود در منطقه، ایجاد شبکه زهکشی سطحی بر روی دامنه و مسدود کردن ترکهای سطحی بخصوص ترکهای موجود در پاشنه لغزش و ممانعت از بارگذاری بیشتر بر روی دامنه از طریق احداث ساختمان، پیشنهاد شده است

۲-۹- مطالعات انجام شده در حوضه آجی‌چای

رضائی مقدم (۱۳۷۰) در پایان‌نامه خود تحت عنوان، تحقیقی در ژئومورفولوژی دامنه شمالی توده آتشفشانی سهند، (دره سعیدآباد چای) به بررسی توپوگرافی منطقه پرداخته است. وی منطقه مورد مطالعه را به سه واحد توپوگرافی به شرح زیر تقسیم کرده است.

۱. واحد کوهستانی جنوب غرب و شمال شرق

۲. واحد فلات در اطراف ایرانق

۳. واحد دشت سعیدآباد

وی تحول ساختمانی، لیتولوژی سنگ‌های موجود در منطقه، مورفولوژی مخروط‌های آتشفشانی و گسل‌های اصلی و فرعی حوضه و تأثیرات مورفولوژیکی آن‌ها را مورد بررسی قرار داده است و به این نتیجه رسیده است که از نظر توپوگرافی واحد کوهستانی جنوب در طی فعالیت‌های آتشفشانی به وجود آمده است و واحد کوهستانی شمال شرق در اثر فعالیت‌های گسل تبریز - سلطانیه به حالت هورست بالا آمده است و دشت کوچک سعیدآباد یک دپرسیون تکتونیکی می‌باشد. تحول دره سعیدآباد با نحوه ایجاد دپرسیون سعیدآباد و تغییرات سطح اساس دریاچه ارومیه در ارتباط است.

بیانی خطیبی (۱۳۸۳) در طرح تحقیقاتی خود با عنوان بررسی و تحول دره‌ها در توده کوهستانی سهند، سعیدآبادچای را که یکی از دره‌های سهند می‌باشد و در دامنه شمالی سهند قرار دارد از نظر تکتونیکی، لیتولوژی ژئومورفولوژیکی، اشکال تراکمی و کاوشی و ویژگی‌های نیمرخ طولی و عرضی مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیده است که لیتولوژی این منطقه تنوع بسیار کمی دارد. در سرتاسر دره‌های اصلی و فرعی گسل‌های فراوانی مشاهده می‌شود که در تحول دره‌ها تأثیر گذاره می‌باشند و دره‌های معلق متعلق به آب و هوای گذشته می‌باشد که پیشروی و پسروی یخچالها در تحولات ژئومورفولوژیکی دره تأثیر گذار بوده است.

اشرف زاده و همکارانش (۱۳۸۶) در مقاله‌ای با عنوان ارزیابی زیست محیطی سد مخزنی شهید مدنی و شبکه آبیاری و زهکشی مربوطه با استفاده از روش ماتریس تلفیقی ICOLD , LEOPOLD ارزیابی زیست محیطی این طرح را انجام داده‌اند. اثرات وارده به تفکیک محیط‌های فیزیکی، بیولوژیکی و اقتصادی - اجتماعی و مراحل ساخت و بهره‌برداری پیش‌بینی شده و مورد ارزیابی قرار گرفته است. در نهایت با توجه به ارزیابی انجام گرفته به این نتیجه رسیدند که گزینه اجرای پروژه با اعمال ملاحظات زیست محیطی بر گزینه عدم اجرا ارجحیت دارد. بیشترین اثرات مثبت در محیط اقتصادی - اجتماعی و عمده اثرات منفی در محیط فیزیکی و در فاز ساختمانی می‌باشد. در ضمن تغییرات قابل توجهی در محیط طبیعی به ویژه با تشکیل دریاچه سد و بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی ایجاد می‌شود. در این تحقیق ذکر شده است که اجرای این پروژه با توجه به محیط زیست حوضه آبی‌چای با اعمال ملاحظات زیست محیطی و گزینه‌های اصلاحی تأیید می‌شود و در ارتباط با محیط زیست دریاچه ارومیه نیاز به بررسی بیشتری می‌باشد.

شفیعی مهر (۱۳۸۴) در پایان‌نامه خود با عنوان بررسی و پهنه‌بندی ناپایداری‌های دامنه‌ای و برآورد مقادیر فرسایش در محدوده دریاچه سد شهید مدنی (ونیار) با هدف شناسایی و تحلیل برخی از مسائل مورفودینامیک و مورفوزن دریاچه سد و نیار و حوضه آبخیزی که آب آنها مستقیماً وارد دریاچه سد می‌شود. در سه محور اساسی به پژوهش پرداخته است:

۱. مناطق مختلف دریاچه سد و نیار از نظر درجه استعداد به زمین لغزش با استفاده از روش آن - بالاکان و عوامل مؤثر بر زمین لغزش مورد بررسی قرار گرفته است.

۲. با استفاده از مدل تجربی E.P.M میزان فرسایش در سه حوضه سرند، سعیدآباد، و نهند برآورد شده است

۳. تأثیر آبیگری سد بر گنبدهای نمکی خواجه مورد بررسی قرار گرفته شده است.

وی ۶ فاکتور مؤثر بر لغزش (لیتولوژی، شیب، کاربری اراضی، اختلاف ارتفاع، شرایط آب زیرزمینی و وضعیت ساختاری) را بر اساس روش آن‌بالاکان مد نظر قرار داده و محدوده مخزن سد را از نظر خطر زمین‌لغزش در چهار کلاس طبقه‌بندی نموده است و نتایج آن به صورت نقشه در شکل (۲-۱۳) نشان داده شده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که:

۱. مناطق با خطر لغزش کم که اکثر قسمت‌ها در این محدوده است (۹۴ درصد)

۲. مناطق با خطر لغزش متوسط (۳ درصد)

۳. مناطق با خطر لغزش بالا (۲,۸ درصد)

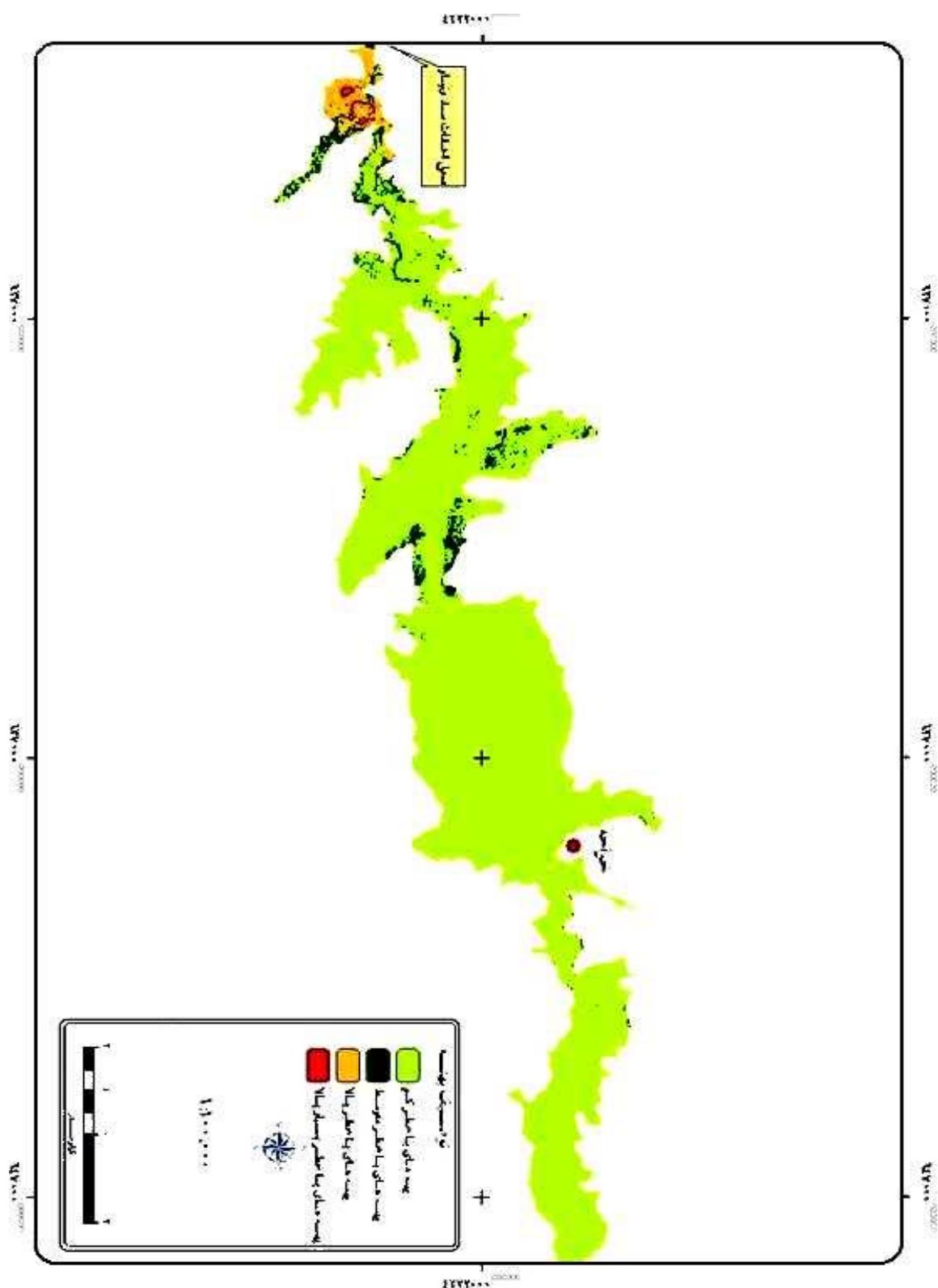
۴. مناطق با خطر لغزش بسیار بالا (۰,۲ درصد)

براین اساس مناطق بسیار کمی از مخزن سد جز مناطق دارای خطر بالای لغزش می‌باشد. اما آنچه که حائز اهمیت می‌باشد این است که ۳ درصد مناطق با ریسک بالا در نزدیکی محل احداث سد واقع شده است که علاوه بر مقدار رسوبی که در حین لغزش وارد دریاچه سد می‌کند می‌تواند امواجی را نیز در هنگام لغزش در دریاچه ایجاد نماید. از بین شش فاکتور مؤثر ذکر شده، تأثیر ناپیوستگی‌های ساختاری، شیب و جنس سنگها در معرفی منطقه با خطر بالا بعنوان ناحیه مساعد برای لغزش بیشتر بوده است.

در محدوده زون نمکی با توجه به این که قبلاً پدیده‌های انحلالی انجام گرفته و همچنین وجود گسلها در اطراف این محدوده، آبرگیری سد خطر انحلال و درون روی آب را افزایش می‌دهد.

از نظر شدت فرسایش حوضه نهند در بین حوضه‌ها دارای شدت فرسایش بیشتری است. و پس از آن حوضه سعیدآباد در رتبه دوم و حوضه سرند در رتبه سوم قرار دارد. در این حوضه‌ها شدت فرسایش بیشتر تحت تأثیر جنس سازندهای نواحی مختلف می‌باشد. (شفیعی مهر، ۱۳۸۴)

شرایط و جنس سازندهای موجود در منطقه، شیب دره‌ها و زمین ساخت از عواملی می‌باشند که با کمک آبهای زیرزمینی زمینه ناپایداری و لغزش توده‌های سنگی را فراهم می‌آورد انواع پدیده‌های ناپایداری نظیر گل‌روانه در این محدوده (مخزن سد و نیار) مشاهده می‌شود. لغزش در رسوبات که میان لایه‌های مارنی دارند و سنگ‌های که پهنه‌های خرد شده و هوازده که در لابه‌لای آنها در امتداد شیب‌های دامنه‌ای توسعه یافته‌اند اتفاق می‌افتد سطوح گسیختگی در برخی از موارد گسلها و درزه‌های بزرگ است در بالادست سد چندین نقطه لغزشی دیده می‌شود. جناح چپ رودخانه و کنار ترانشه خاک‌برداری دره کهلیک بلاغی و در جناح راست از پایین دست بطرف روستای و نیار محدوده‌های متعددی دچار لغزش شده اند (مهندسین مشاور قدس نیرو، ۱۳۸۰).



شکل (۲-۱۳)- نقشه پهنه‌بندی زمین لغزش در مخزن سد و نیار با روش آن‌بالاگان (شفیعی مهر، ۱۳۸۴)

۲-۱۰- مبانی و مشخصات نرم افزارها مورد استفاده

با ورود کامپیوتر به جامعه، در سال ۱۹۶۰ امکان انجام آنالیزهای پیچیده و دشوار ریاضی و تکرار توابع دشوار ریاضی فراهم گردید (Krahn, 2003). در این بخش به معرفی نرم افزارهای مورد استفاده در این تحقیق پرداخته شده است.

۱. نرم افزار Slide

آنالیزی پایداری عددی برای اولین بار در سال ۱۹۶۱ میلادی مطرح شده است که جهت پایداری دیواره-های سواحل گوتنبرگ سوئد مورد استفاده قرار گرفته بود و در چند دهه اخیر توسط دانشمندانی همچون Spencer 1967, Morgenstern and Price 1965, Janbu 1954, Bishop 1955, Fellenius 1936 مورد اصلاح و تغییر قرار گرفته است. امروزه نرم افزارهای متعددی برای آنالیز پایداری دامنه‌ها تهیه شده است. در این مطالعه از نرم افزار Slide 5.0 برای تحلیل پایداری دامنه‌ها استفاده شده است، این نرم افزار از سری نرم افزارهای شرکت کانادایی Rocscience است که به منظور انجام محاسبات و شبیه سازی دامنه‌های مشرف به مخزن سد مورد استفاده قرار داده شده است. این نرم افزار قابلیت شبیه سازی توده‌های سنگی و خاکی با مدل‌های رفتاری مختلف مانند مور-کولن، هوک-براون، هذلولی و را دارد. در این نرم افزار با استفاده از روش تعادل حدی، توانایی تحلیل پایداری استاتیکی و شبه استاتیکی شیب-های سنگی و خاکی دو بعدی وجود دارد.

از مزایای قابل توجه این نرم افزار می‌توان به قابلیت استفاده از تعادل حدی یا همگراییهای متفاوت در هریک از روش‌های بیشاب ساده شده، جانبو ساده شده، جانبو اصلاح شده، اسپنسر و اشاره نمود. در این نرم افزار همچنین می‌توان لایه‌بندی مصالح چند لایه را شبیه سازی نمود و خصوصیات ژئوتکنیکی هر کدام از آنها را جداگانه به هر لایه اختصاص داد. با وارد نمودن ویژگی‌های هندسه شیب و خصوصیات ژئوتکنیکی مصالح و دیگر ویژگی‌های موجود در مورد هر شیب، محل سطح بحرانی و ضریب اطمینان شیب مشخص می‌شود (Rocscience, 1989 - 2003).

۲. نرم افزار Dips

نرم افزار Dips، نرم افزار ساده‌ای از سری نرم افزارهای شرکت کانادایی Rocscience است که در پروژه‌های تکتونیکی و بررسی سیستم درزه‌ها و نیز اثرات درزه‌ها بر منطقه کاربرد دارد. داده‌های این نرم افزار شامل مجموعه‌ای از اطلاعات مرتبط با ناپیوستگی‌های می‌باشد که با فرمت قابل فهم برای نرم افزار جمع-آوری می‌شود و می‌تواند به صورت فرمت ساده یا پیشرفته به وسیله هر نرم افزار دیگری که فرمت Text را داشته باشد تهیه شود (Rocscience, 1989 - 2002).

۳. نرم افزار RocData 3.0

این نرم افزار نیز از سری نرم افزارهای شرکت کانادایی Rocscience است که به آنالیز و بررسی مقاومت سنگ و خاک می‌پردازد و برای این کار از تئوری‌های Hoek-Brown، Mohr-Coulomb، Barton-Bandis و در نهایت Power Curve Failure Criteria استفاده می‌نماید. نرم افزار RocData نتایج آزمایش‌های سه محوری، کشش مستقیم و ... را آنالیز نموده و نمودارهای مرتبط را رسم می‌کند. از قابلیت‌های این نرم افزار پاسخ‌دهی سریع آن بعد از ورود داده‌های ورودی به کاربر است که این عامل سبب تسهیل در مطالعات پارامترهای مقاومتی شده است. در این تحقیق از V.3.0 این نرم افزار استفاده شده است (Rocscience, 2004).

۴. نرم افزار Arc GIS 9.3

این نرم افزار مجموعه‌ای است که با بهره‌گیری کامل از امکانات و ابعاد علمی پیشرفته در علوم نقشه-برداری، جغرافیا باعث تسریع در روند برنامه‌ریزی، تشخیص موارد بحرانی و غیره می‌گردد. GIS یک محیط نرم افزاری نیست بلکه یک بسته نرم افزاری است که شامل محیط‌های نرم افزاری Arc Reader، Arc Globe، Arc Toolbox، Arc Catalog، Arc Map، Arc Scane می‌باشد. GIS به علت دارا بودن امکانات پیشرفته و توانایی‌های بالا دارای کاربران متفاوت است که از جمله آنها می‌توان به برنامه‌ریزی‌های شهری، منطقه‌ای، محیطی و زمین‌شناسی، معدن، کشاورزی و منابع طبیعی و تهیه داده‌های مربوط به کاربری اراضی و هواشناسی اشاره نمود (سنجری، ۱۳۸۹).

فصل سوم:

زمین شناسی منطقه

۳-۱-مقدمه

حوضه آبخیز آجی‌چای تا محل سد ونیار، دارای وسعتی در حدود ۷۲۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد که ویژگیهای زمین شناسی و سنگ شناسی مختلفی دارد. از نظر ساختاری، محدوده مورد مطالعه بخشی از ایران مرکزی می‌باشد. این حوضه از سنگ‌های رسوبی دوران دوم تا سنگ‌های آتشفشانی دوره کواترنری که از لحاظ مورفولوژی با یگدیگر متفاوت هستند تشکیل شده است (مهندسین مشاور قدس نیرو، ۱۳۷۴).

۳-۲- زمین شناسی منطقه

۳-۲-۱- سازند قرمز فوقانی

سازند قرمز فوقانی در ایران مرکزی و شمال غرب ایران گسترش وسیعی یافته است و رسوبات سازند قم را می‌پوشاند. این سازند شامل لایه‌های ضخیم قرمز رنگ و نمک‌دار است. شرکت ملی نفت ایران، رسوبات این سازند را به دو بخش تقسیم کرده است: بخش زیرین ۳۰۰ تا ۵۰۰ متر است که متشکل از نمک، انیدریت، لایه های ریگ دار، شیل قیردار و رس نمک‌دار می‌باشد. بخش فوقانی نیز دارای ضخامت زیادی (۳۰۰۰ تا ۵۰۰۰) است، که متشکل از مارنهای گچ‌دار و ماسه سنگ‌های قرمز قهوای حفره‌دار می‌باشد. حد بین این دو بخش را یک لایه کلیدی از مارن سبز از هم جدا می‌کند. ضخامت این سازند، حاکی از فرونشینی شدید کف حوضه رسوبی است.

با توجه به گسترش جغرافیایی و جانبی زیاد آن، به نظر می‌رسد که حوضه رسوبگذاری انشعابات و زبانه‌های زیاد داشته است. بنابراین در جهت قائم ضخامت و جنس رسوبات بسیار متفاوت است. با توجه به ضخامت بالای این سازند در محل کویر بزرگ ایران (ضخامت ۶۰۰۰ متر) احتمالاً مرکز این حوضه در همین ناحیه باشد. روی هم رفته این سازند در یک محیط قاره‌ای، بیابانی و کولابی و در شرایط ناآرام و فرونشینی شدید کف حوضه تشکیل شده است. سن سازند قرمز فوقانی در ناحیه قم را به میوسن میانی تا فوقانی نسبت می‌دهد در همین ناحیه در حد فوقانی این سازند کنگلومرای پلیوسن به طور ناهمشیب آن را می‌پوشاند. ولی در سایر نقاط سطح تماس آنها هم شیب است (درویش زاده، ۱۳۸۳).

۳-۲-۲- واحدهای سنگی حوضه آجی چای تا محل سد از قدیم به جدید:

همان گونه که در نقشه زمین شناسی منطقه، شکل (۳-۱) دیده می شود، در منطقه سازندهای دوران دوم به شرح زیر برونزد دارند:

۳-۲-۲-۱- دوران دوم (کرتاسه)

قدیمی ترین سنگ های موجود در حوضه آجی چای سنگ های کرتاسه فوقانی می باشد. این سنگها اغلب از گدازه های ولکانیکی همراه با مواد آذرآواری و نهشته هایی از سنگ های آواری تشکیل شده است. سنگ های مذکور در بخش شمالی شهر هریس، کوه های آیتخته، شمال سرنده چای، رودخانه نهند، و همچنین گردنه شبلی و شمال سعیدآباد رخنمون دارد که دارای واحدهای سنگی به شرح جدول (۳-۱) می باشد.

جدول (۳-۱)- مشخصات واحدهای سنگی در سنگ های دوران کرتاسه زمین شناسی (نقشه زمین شناسی تبریز و اهر: ۱/۱۰۰۰۰۰)

واحد سنگی	لیتولوژی	محل برونزد در حوضه	سن	ضخامت
K ^{v1}	سنگ های آذرآواری همراه با شیل های سیلیسی و بندرت سنگ های آتشفشانی بازیک	شمال هریس و غرب کوه قوشه داغ	کرتاسه فوقانی	چند صد متر
K ^{v2}	سنگ های آندزیت پورفیری، بازالت های اولیوین دار همراه با مواد آذرآواری	غرب کوه قوشه داغ و شمال هریس	کرتاسه فوقانی	۳۰۰ متر
K ^L	کنگلومر، ماسه سنگ کنگلومرای، آهک میکریتی، آهک ریفی سفید، آهک ماسه ای، آهک دولومیتی، ماسه سنگ، شیل های آهکی و آهک	جنوب و غرب کوه قوشه داغ، جنوب غربی هریس، گردنه شبلی و شرق رشته کوه بزقوش آیتخته	اشکوب های کونیاسین، کمپانین	۲۰۰ متر
K ^m	شیل های سیسی، مارن، آهک، آهک ماسه ای دانه ریز و دانه درشت	غرب کوه قوشه داغ، کوه آیتخته، غرب رشته کوه ارسباران و قله های مرتفع جاده اهر- تبریز تا ارسباران	کرتاسه پسین	بیش از ۳۰۰ متر
K ^{fl}	تناوبی از ماسه سنگ، شیل و مارن همراه با میان لایه های آهکی	ارتفاعات شمال نهند و جنوب مشیر آباد	کرتاسه فوقانی	۱۵۰۰ متر
K ^g	ماسه سنگ های ضخیم لایه همراه با میان لایه هایی از شیل های نازک لایه با سیمان آهکی	ارتفاعات شمال نهند	کرتاسه فوقانی	۲۵۰ تا ۶۰۰ متر
K ^b	ولکانیک های زیر دریایی بازیک تا حد واسط شامل آندزیت ها و بازالت های تیره رنگ، دیاباز، میکرو گابرو، سنگ های بازیک (مجموعه افیولیتی)	شمال- شمال غرب روستای قزلجه میدان، غرب پل و نیار	کرتاسه فوقانی	

۳-۲-۲- سنگ‌های دوران سوم^۱

۳-۲-۲-۱- ترشیاری در اطراف تبریز

در حوالی تبریز رسوبات گچ و نمکداری وجود دارد که ضخامت آن گاهی به بیش از ۱۰۰۰ متر می‌رسد و آن را معادل سازند قرمز فوقانی به سن میوسن میانی- فوقانی در نظر می‌گیرند و از نظر لیتولوژی شامل ماسه سنگ خاکستری تا قرمز، کنگلومرا و مارن همراه با نمک و گچ است.

بالاترین لایه‌های میوسن در حوالی تبریز طبقات لیگنیت داری است که در باغمیشه تبریز با لایه‌هایی از آهک مارنی آغاز می‌شود و در آن فسیل لیمنه و پلانورب قابل مشاهده است. در اطراف سهند، رسوبات رس دریاچه‌ای حاوی فسیل ماهی، همراه با خاکستر آتشفشانی به سن پلیوسن یافت می‌شود. ضخامت این لایه‌های خاکستر و وفور رسوبات لاهار و حتی اینگنیمبریت نشانه فعالیت شدید کوه سهند است که در نابودی دسته جمعی پستانداران اطراف تأثیر به سزایی داشته است. با توجه به بقایای استخوان این مهره‌داران، در چند افق مجزا فعالیت انفجاری سهند باید به دفعات زیاد انجام شده باشد. در همین زمان، در تبریز دریاچه‌های وجود داشته که با ته نشینی خاکسترهای آتشفشانی مذکور در آن، سیلیس لازم برای رشد دیاتومه‌ها فراهم شده و رسوبات دیاتومیت پلیوسن اطراف تبریز، به همراه خاکستر ته‌نشین شده است. به نظر می‌رسد فعالیت انفجاری آتشفشان سبلان در اردبیل نیز همین وضعیت را در اطراف اردبیل بخصوص در اطراف سرعین و تا حوالی نیر به وجود آورده است (درویش‌زاده، ۱۳۸۳)

سنگ‌های این دوران در حوضه آبخیز آجی‌چای شامل سنگ‌های آذرین درونی، بیرونی و رسوبی با رخنمون‌های گسترده می‌باشد که بیش از ۸۰٪ منطقه را می‌پوشاند و به واحدهای مختلف شرح داده شده در جدول (۲-۳) تقسیم می‌شود.

^۱ Tertiary

جدول (۳-۲)- مشخصات واحدهای سنگی در سنگ‌های دوران سوم زمین شناسی
(نقشه زمین شناسی تبریز و اهر: ۱/۱۰۰۰۰۰)

واحد سنگی	لیتولوژی	محل بروز در حوضه	سن	ضخامت
PE ^m	تناوبی از مارنهای گچ‌دار، ماسه سنگ آهکی و آهکهای خاکستری با لایه بندی نازک	جنوب و جنوب غربی روستای هرزه ورز و روستای مه‌رام	پالئوسن- ائوسن	متر ۳۰۰
PE ^v	آندزیت پورفیری، تراکی آندزیت، توف آگلومرا به همراه آذرین نیمه عمیق از جنس میکرودیوریت و دیاباز	شمال هریس و کوه قوشه داغ- جنوب هرزه ورز و روستای مه‌رام	پالئوسن- ائوسن	متر ۳۰۰
E ^c	کنگومرا و ماسه سنگ قرمز با درون لایه‌های سیلت و آهک ماسه‌ای	شمال هریس و شرق رشته کوه بزقوش	ائوسن پیشین	متر ۲۰۰
E ^m	مارنهای کرم رنگ با میان لایه‌های نازک آهک ماسه‌ای، مارن و سنگ آهک نومولیت‌دار	شمال رشته کوه بزقوش، جنوب روستای دانباران و شمال روستای تازه کند، شمال روستای ولی‌لو	ائوسن پائینی	متر ۷۰
E ^s	آهک ماسه‌ای با لایه‌بندی منظم و متوسط و ماسه سنگ زرد رنگ	جنوب روستای دانباران و شمال روستای تازه کند	ائوسن زیرین تا میانی	متر ۴۰
E ^L	تناوبی از توفهای اسیدی، گدازه‌های آندزیتی بازالتی با میان لایه‌هایی از سنگ آهک، توفهای ماسه‌ای - آهکهای نازک لایه و عدسی شکل	جنوب روستای دانباران، حوالی تازه کند و شمال قزلجه سادات	ائوسن زیرین تا میانی	متر ۴۰۰
E ^v	گدازه‌های پورفیری و مگاپورفیری با ترکیب آندزی بازال، لاتیت با میان لایه‌های توفی، توف ماسه‌ای- سنگهای لاتیت، توف اسیدی و بندرت گدازه آندزیتی	بخش عمده رشته کوه بزقوش و شمال حوضه، جنوب کوه اعلان داغ، کوه نرمیق و شوق کوه قوشه داغ	ائوسن فوقانی	بیش از ۱۰۰۰ متر
O ^{tc}	توف، توف برشی قرمز رنگ، توف ماسه‌ای، ماسه سنگ و کنگلومرا	جنوب روستای که‌دولان واقع در غرب رشته کوه بزقوش	الیگوسن	حدود ۱۰۰ متر
O ^{ts}	سنگهای نیمه نفوذی با ترکیب تفریتی و از نظر ژئوشیمیایی در حد تراکی آندزیت تا تراکیت	حوالی روستای عباس آباد در غرب رشته کوه بزقوش	الیگوسن	۱۰۰ متر
O ^I	ماسه سنگ، سلیت، مارنهای گچ دار با میان لایه های کنگلومرا	در بخش شرقی حوضه (شرق رشته کوه بزقوش)	الیگومیوسن	حدود ۱۰۰ متر
O ^s	ماسه سنگ، کنگلومرا و سیلیت قرمز رنگ	بخش شرقی رشته کوه بزقوش	الیگومیوسن	تا ۱۵۰ متر

ادامه جدول (۲-۳) مشخصات واحدهای سنگی در سنگ‌های دوران سوم زمین شناسی
(نقشه زمین شناسی تبریز و اهر: ۱/۱۰۰۰۰۰)

واحد سنگی	لیتولوژی	محل بروز در حوضه	سن	ضخامت
Omc	کنگلومر، ماسه‌سنگ و مارن در بعضی نقاط کنگلومر همراه با مارن گچ‌دار	غرب رشته کوه بزقوش در اطراف روستاهای کهدولان و دهدولان و غرب باش کند- شمال قزلجه سادات اطراف بخش مهربان، کوه آیتخته، حوالی اسکندر- محمودآباد و آق‌داش	الیگومیوسن	۱۰۰ متر
M ₁ ^L	آهک ریفی بلورین، آثار فراوان فسیل مرجان و دوکفه‌ایها، تناوبی از ماسه آهکی و مارن سبز قرمز- مارن‌ها با میان لایه‌های گچ - تناوبی از مارن و ماسه سنگ با میان لایه‌های کنگلومر	دامنه شمالی رشته کوه بزقوش در شرق روستای اسماعیل‌آباد و شمال روستای باش کند	میوسن پائینی	حدود ۴۰۰ متر
M ₃ ^{sc}	تناوبی از ماسه سنگ، کنگلومر، توف و مارن با میان لایه‌های سنگ آهکی	شمال غرب رشته کوه بزقوش در حوالی روستای اسماعیل‌آباد و شمال روستای دهدولان	میوسن زیرین تا میانی	چند صد متر
M ₂ ^{ms}	تناوبی از مارن، شیل و ماسه‌سنگ با میان لایه‌هایی از کنگلومر و توف	شمال رشته کوه بزقوش در حوالی روستای دانباران، جنوب ایواک و شریبان و اطراف یورتچی	میوسن زیرین تا میانی	بیش از ۱۰۰۰ متر
M ₄ ^{mg}	تناوبی از مارن‌های شیلی قرمز و سبز با میان لایه‌هایی از ماسه سنگ نازک لایه، سنگ آهک مارنی و عدسیه‌های کم ضخامت از کنگلومر به همراه لایه‌هایی از گچ و نمک شامل گنبد‌های نمکی و علت شوری آب آجی-چای	بطور گسترده در بخش‌های همواره کم ارتفاع حوضه	میوسن پیشین	بیش از ۱۲۰۰ متر
M ₅ ^{ms}	تناوبی از ماسه سنگ، لای سنگ، مارن با لایه‌هایی از آهک نازک لایه فسیل دار و میان لایه‌هایی از کنگلومر	جنوب خاتون آباد بصورت تاقدیس- در حوالی قزل گچی، جنوب ایل باغی و شمال دوزدوزان بصورت ناودیس- در محدوده اوجان‌چای و حوالی شمالی و جنوبی خواجه و جنوب کوه آیتخته بصورت ناودیس و طاقدیس	میوسن میانی	بیش از ۵۰۰ متر

ادامه جدول (۲-۳) مشخصات واحدهای سنگی در سنگ‌های دوران سوم زمین شناسی (نقشه زمین شناسی تبریز و اهر: ۱/۱۰۰۰۰۰)

واحد سنگی	لیتولوژی	محل برونزد در حوضه	سن	ضخامت
M ₄ ^{ms}	تناوبی از ماسه سنگ، شیل و مارن و در بعضی مواقع به همراه لایه‌هایی از آهک و آهک ماسه‌ای دارای ماکروفسیل‌های دوکفه‌ای و در برخی قسمت‌ها بصورت توف، تراکی آندزیت و آگلومرا	غرب رودخانه نهند- شمال و جنوب روستای ونیار و سمت راست جاده تبریز به ونیار	میوسن میانی تا بالایی	۴۵۰ متر
M ₅ ^{sc}	تناوبی از مارن، ماسه سنگ و کنگلومرای قرمز و در قسمت مارن برکه‌های نازک گچ	در دو سمت رودخانه سعیدآباد - در حوالی کمند و بخش پاکچین و در غرب کوه اوچ قارداش داغی	میوسن پسین	۱۰۰ متر
Mg ^c	کنگلومرای قرمز، ماسه سنگ کنگلومرای	جنوب غربی هریس- حوالی موسی‌لو و جنوب شرقی سراب	میوسن تا پلیوسن	۱۰۰ متر
Mg ^t	گدازه‌های آندزیتی تا تراکی آندزیتی	شرق حوضه و حوالی روستای شیرمردان، شالو، ماری قیه و شمال روستای قره‌قیه	میوسن- پلیوسن	۲۰۰ متر
M ^{da1}	آذرین از نوع هورنبلند، داسیت و آندزیت	غرب بستان‌آباد و حوالی شمال و غرب خاتون‌آباد	میوسن- پلیوسن	۵۰ متر
MP ¹	سنگ‌های آذرآواری آتشفشانی سهند	جنوب و غرب بستان‌آباد- طرفین رودخانه سعیدآباد- شمال و جنوب خاتون‌آباد	میوسن- پلیوسن	۱۰۰ متر
MP ²	خاکستر آتشفشانی همراه با سنگهای آذرآواری آتشفشان سهند	جنوب رودخانه سعیدآباد و غرب روستای خاتون‌آباد	میوسن- پلیوسن	۱۰۰ متر
Mg ^I	سنگ‌های آتشفشانی ایگنمبریت با ترکیب ریولیتی تا ریوداسیتی	شمال کوه ارسباران- جنوب و غرب رودخانه رازلیق	میوسن- پلیوسن	۷۰ متر
PLQ ^c	در بخشهایی شامل کنگاومرا به همراه لای سنگ با افق‌های ژئیس و توفهای صورتی- در بخشهایی از حوضه شامل تناوبی از کنگلومرا با اجزای آتشفشانی، ماسه سنگ، توف و پومیس	طرفین رودخانه آجی‌چای در شمال جاده سراب حوالی خاتون‌آباد، دوزدوزان، شمال غربی هریس، شمال کوه ارسباران و جنوب غربی حوضه	پلیوسن	۱۵۰ متر

ادامه جدول (۲-۳) مشخصات واحدهای سنگی در سنگ‌های دوران سوم زمین‌شناسی (نقشه زمین‌شناسی تبریز و اهر: ۱/۱۰۰۰۰۰)

واحد سنگی	لیتولوژی	محل برونزد در حوضه	سن	ضخامت
P ^t	عمدتاً شامل سنگ‌های ایگنمبریت	در ارتفاعات شمال و شمال شرقی سراب و غرب حوضه در شمال و شرق رودخانه نهند و بصورت پراکنده شمال شرق منطقه در محدوده مشکان بار و ناحیه جنوبی رودخانه سعیدآباد	پلیوسن	۶۰۰ متر
P ^v	رسوبات آواری شامل توفهای سیلیسی و ماسه سنگهای دارای چینه بندی چلیپایی بصورت میان لایه با کنگلومرای رودخانه	در شرق منطقه در کوه تریوک داغ و شمال حوضه در رشته کوه ارسباران و شمال غربی قزلجه میدان	پلیوسن	۵۰۰ متر
PQ ^L	رسهای خاکستری، میان لایه های ماسه سنگ و مقداری کنگلومرا همراه با آثار گیاهی و گچ	دشت هریس	پلیوسن فوقانی	۱۰۰ متر
g-d	گرانیت، دیوریت تا مونزونیت که در برخی مناطق در اثر هوازدگی به دانه‌های آذریتی تبدیل شده اند	شرق مهرام و حوالی روستاهای سوناجیل کندی، وانیچه، شرق قزلجه میدان و حوالی خاتون آباد	الیگوسن	بیش از ۲۰۰۰ متر
Sn	آلکانی سینیت با بافت درشت دانه که پلاژیوکلاز، پیروکسن، بیوتیت و آمفیبول فضاهای بین بلور را پر کرده اند	دامنه شمالی رشته کوه بزقوش ، جنوب روستای اسب فروشان، جنوب عباس آباد، شمال روستای رزگاه	الیگوسن	بیش از ۳۰۰۰ متر

۳-۲-۲-۳- واحدهای سنگی - رسوبی کواترنری

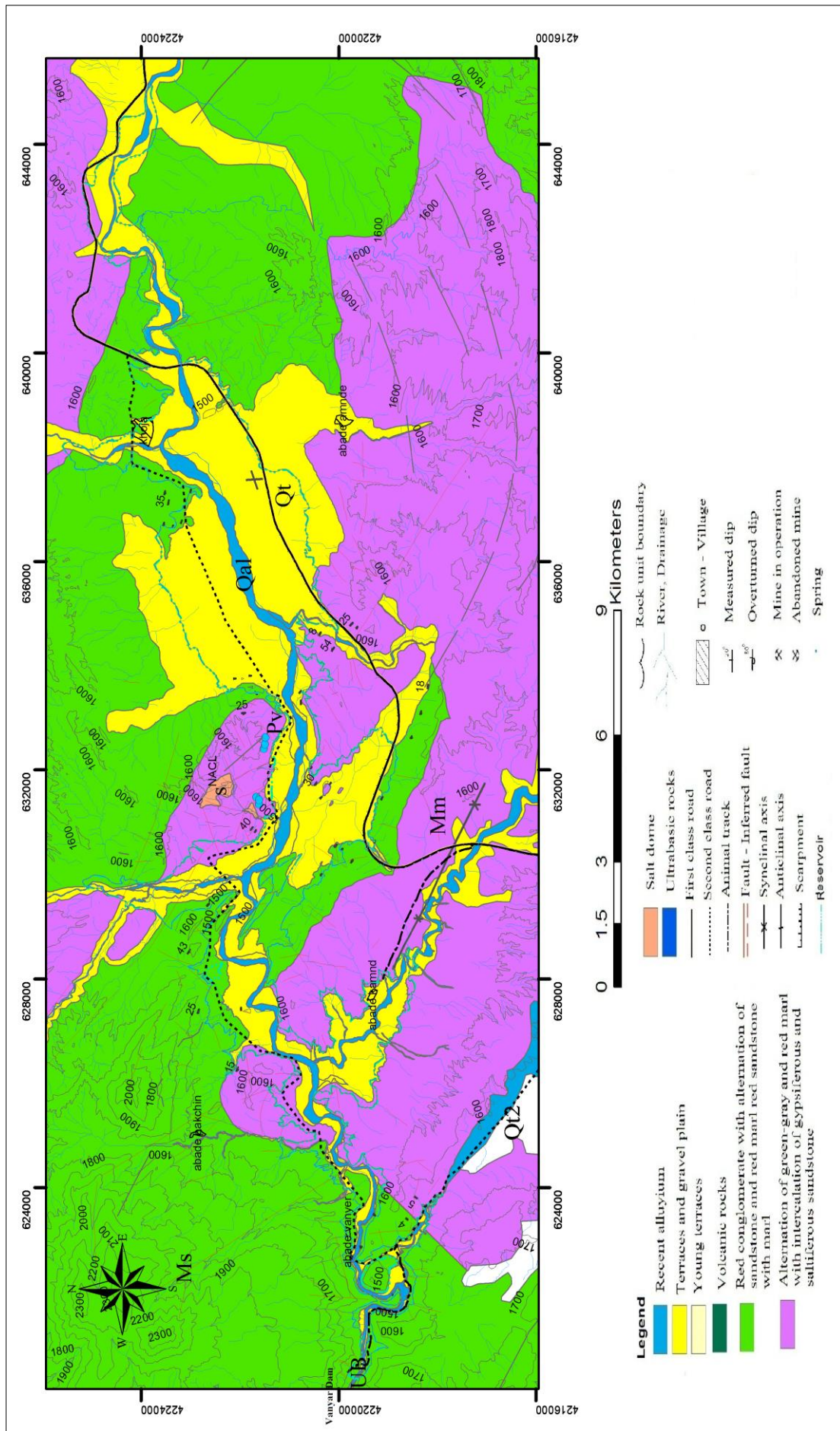
در محدوده حوضه آبخیز آجی چای ۷ واحد سنگی رسوبی قابل مشاهده است که مشخصات مربوط به آنها در جدول (۳-۳) آمده است.

جدول (۳-۳) - مشخصات واحدهای سنگی دوره کواترنری (نقشه زمین شناسی تبریز و اهر: ۱/۱۰۰۰۰۰)

واحد سنگی	لیتولوژی	محل برونزد در حوضه	سن	ضخامت
Q ^v	گدازه‌های بازالتی و آندزیتی	شرق حوضه آبخیز آجی‌چای، شمال دلان‌شاد، غرب کوه نرمیق، شمال شرقی هریس و شرق و غرب رودخانه نهند	اوائل کواترنر	بیش از ۵۰۰ متر
Q ^s	گدازه‌های تراکی آندزیتی تا آندزیتی، بافت پرفیری	بخشهای شرقی و شمالی کوه تریوک داغ	کواترنر پیشین	۲۰۰۰ متر
Q ^{t1}	کنگلومرا، ماسه و رس بدون سیمان	شمال و جنوب رودخانه آجی‌چای تا سر حوضه	کواترنر	چندین ده متر
Q ^f	رسوبات واریزه‌ای و مخروط افکنه‌ای کوهپایه‌ها شامل قلوه-سنگ، ماسه و رس	شمال رشته بزقوش، جنوب اسب فروشان، حوالی قزلجه و شربیان	کواترنر	۷۰ متر
Q ^{t2}	رس و رسهای ماسه‌دار و شن (مناطق کشاورزی)	در بخش‌های پست‌تر در شمال و جنوب رودخانه آجی‌چای در کل حوضه	کواترنر	۲۰ متر
Qa ¹	رسوبهای مسیر رودخانه‌ها و دره-های پهن که در بستر آنها در حال حاضر قلوه سنگ و شن و ماسه تشکیل می‌گردد که عموماً حاصل فرسایش هستند	بطور پراکنده	کواترنر	-

۳-۲-۳- زمین شناسی مخزن سد

قدیمی‌ترین واحد سنگی که در محدوده محور سد و اطراف آجی‌چای و نواحی بالادست آن مشاهده می‌شود مربوط به کرتاسه فوقانی می‌باشد. سنگ‌های کرتاسه فوقانی از نوع آذرین بازیک با بافت میکرولیتی به رنگ سبز تا سبز تیره است که به صورت توده‌ای با حاشیه کاملاً آتره مشاهده می‌شود. این سنگها به شدت تکتونیزه و خرد شده هستند. عوامل فرسایش و هوازگی تا عمق زیادی در آنها اثر نموده است. سنگ‌های جوانتر با یک نبود چینه‌شناسی (Gap) طولانی از کرتاسه تا نئوژن بر روی آنها قرار دارد. نقشه زمین شناسی محدوده مخزن سد و نیار در شکل (۳-۲) نشان داده شده است. با توجه به این شرایط، چینه شناسی محدوده مخزن به شرح زیر است.



شکل (۳-۲) - نقشه زمین شناسی مخزن سد وینار (تهیه شده براساس مشاورین قدس نیرو، ۱۳۸۰)

۳-۲-۱- سنگ‌های اولترابازیک (UB)

این سنگ به رنگ سبزه تیره در مجاورت محور سد و بخش‌های ابتدایی مخزن سد رویت می‌شود. در سطح هوازده آن‌ها به علت وجود اکسیدهای فرومنیزین، گاه رنگ قرمز مایل به قهوه‌ای مشاهده می‌شود. دگرسانی در امتداد درزه‌ها سبب ایجاد تغییراتی در بافت سنگ شده است ولی بلورهای کوچک کانیهای موجود در سنگ بافت میکرولیتی بوجود آورده‌اند. در اثر نیروهای زمین‌شناختی چندین سیستم درزه در آنها مشاهده می‌شود. درزه‌ها اغلب باز و گاهی از مواد رسی و قطعات خرد شده پر شده‌اند. سطح درزه‌ها ناصاف موجی و در بعضی پله‌ای هستند و به ندرت صاف و صفحه‌ای می‌باشند.

۳-۲-۲- رسوبی تبخیری میوسن (Mm)

در نواحی بالادست سد رخنمون‌هایی از مارن‌های رنگین گسترش وسیعی دارند که حاوی مقادیر زیادی رسوبات تبخیری مانند گچ و نمک هستند. مارنهای رنگین در بعضی افقها با بین لایه‌های ماسه سنگی همراه می‌باشد. رنگ مارنها از سبز - زرد خاکستری تا قرمز ارغونی تغییر می‌کند. تناوب رنگ، جنس و چین‌خوردگی این مارنها، ارتفاعات مدور و همگونی بوجود آورده است. خاصیت لغزش و دیاپیرزم بر فعالیت تکتونیکی افزون شده است و تپه ماهوری فشرده با رنگهای متنوع ایجاد نموده است. در اثر تکتونیک، نمک و گاه لایه‌های گچ و مارن طوری درهم پیچیده شده‌اند که چینهای خرد و کلان در هم آمیخته‌اند و در نتیجه حرکت نمک موقعیت چینه‌شناسی این سازند در بعضی نواحی جابجا شده و همبری آنها با سازندهای مجاور غیرعادی است. گنبدهای نمکی متعددی در امتداد دره آجی‌چای و سرشاخه‌های آن وجود دارد و گسترش این سازند نمکی در منطقه عامل اصلی شوری و کیفیت نامطلوب آب آجی‌چای می‌باشد. رخنمون وسیعی از این سازند در حاشیه جناح راست مخزن سد و نیار از اطراف نهندچای تا نزدیک روستای گوچین مشاهده می‌شود و همچنین در نواحی خواجه نیز این سنگها گسترش دارند (شکل (۳-۳) و (۴-۳)) (مهندسین مشاور قدس نیرو، ۱۳۸۰).



شکل (۳-۴) - تصویری از واحد سنگی Mm، سمت راست مخزن سد (نگاه به سمت شمال غرب)



شکل (۳-۳) - گنبدهای نمکی و واحد سنگی Mm، سمت راست مخزن سد (نگاه به سمت شمال)

با توجه به شوری بالای این واحد سنگی برای جلوگیری از ورود شوری به آب مخزن سد دایک‌های را احداث نموده‌اند تا از ورود آب مخزن به این ناحیه جلوگیری نمایند (شکل (۳-۵)).



شکل (۳-۵) - دایک‌های احداث شده برای جلوگیری از نفوذ آب مخزن به واحد سنگی Mm (سمت راست مخزن سد، نزدیک شهر خواجه)

۳-۲-۲-۳- واحد رسوبی تخریبی میوسن (Ms)

واحد رسوبی تبخیری که در اطراف سد و مخزن سد رخنمون دارد. گنگلومرای قرمز با تناوبی از ماسه سنگ و مارن قرمز، و ماسه‌سنگ قرمز همراه با مارن می‌باشد. با توجه به وضعیت چینه‌شناسی، این بخش از رسوبات به میوسن پسین نسبت داده می‌شود. این واحد سنگی نسبت به واحد سنگی Mm دارای توپوگرافی خشن‌تری می‌باشد (شکل ۳-۶).



شکل (۳-۶) - تصویری از واحد سنگی Ms (سمت راست مخزن سد نگاه به سمت شمال)

۳-۲-۴ - سنگ‌های آتشفشانی (Pv)

سنگ‌های ولکانیکی به سن پلیوسن می‌باشد که در کنار گنبد‌های نمکی خواجه رخنمون جزئی دارند.

۳-۲-۵ - واریزه دامنه‌ای

مجموعه‌ای از رسوبات تخریبی ناپیوسته دوران کواترنری، که روی سازندهای قدیمی را در محدوده مخزن سد می‌پوشاند روباره را تشکیل می‌دهد این رسوبات در مجاورت بستر رودخانه ضخیمتر از سایر نقاط است ولی در سرشیب‌های دامنه‌ها اغلب کم ضخامت هستند. تنوع این رسوبات وابسته به عوامل و محل تشکیل آنهاست. انواع رسوبات روباره به شرح زیر می‌باشد.

۳-۲-۵-۱ - پادگانه‌های آبرفتی (Q^t)

در کناره رودخانه آجی‌چای تا دامنه ارتفاعات، پهنه‌های رسوبی پادگانه‌های آبرفتی گسترش یافته است. وسعت و گسترش آنها به تناوب موقعیت رودخانه و روند ارتفاعات متغیر می‌باشد رسوبات پادگانه‌های آبرفتی از رس و سیلیت ماسه‌ای همراه با شن دانه‌ریز می‌باشد، که گاهی قطعات قلوه سنگ یا بولدر در آنها رویت می‌شود. این زمینها اغلب برای کشاورزی مساعد هستند و به کشت غلات اختصاص یافته‌اند.

۳-۲-۵-۲ - آبرفت‌های رودخانه‌ای (Q^{al})

جدیدترین رسوبات آبرفتی که در بستر رودخانه به جای گذاشته می‌شوند در محدوده‌ای از طول رودخانه

اصلی و سرشاخه‌های آن گسترش دارند. این رسوبات شامل رس، سیلیت، شن و ماسه می‌باشد. هرچند با توجه به شیب طولی رودخانه دانه‌بندی آنها نسبتاً یکنواخت است و در آنها رسوبات ناهمگون به ندرت دیده می‌شود. ولی به تناسب شرایط فصل و سیلابی شدن رودخانه در بعضی مقاطع لایه‌های نازکی از قلوه‌سنگ و بولدر نیز در آنها وجود دارد و در بعضی محدوده‌ها و مقاطع رسوبات آبرفتی از ماسه دانه‌ریز تشکیل گردیده است که وسعت قابل توجهی در طول رودخانه دارد (مهندسین مشاور قدس نیرو، ۱۳۸۰).

۳-۲-۴- هیدروژئولوژی و آب بندی مخزن سد

شرایط عمومی زمین‌شناسی و سطح آب زیرزمینی نشان می‌دهد که رودخانه آجی‌چای زهکش اصلی منطقه است. سازندهای تشکیل دهنده مخزن و سنگ‌های رسوبی منطقه که عمدتاً از رسوبات تخریبی ریزدانه می‌باشند، امکان نشت آب را به مسیرهای خارج از مخزن غیرممکن ساخته است. در محدوده مخزن رسوبات آهکی یا ماسه سنگ‌های کربناته گسترش ندارد و به همین جهت امکان توسعه پدیده‌های انحلالی که باعث فرار آب گردد وجود ندارد. سازندهای گچ و نمک که دامنه‌های جناح راست مخزن در بالادست مخزن را تشکیل می‌دهند در بستر رودخانه به عنوان خط‌القعر حوضه محدود می‌گردند و وجود سنگ‌های لای سنگی یا گل سنگی در پایین دست عامل موثری در آبندی مخزن در رابطه با حفرات احتمالی توسعه یافته درون سازندهای گچ‌دار حواشی مخزن می‌باشد (مهندسین مشاور قدس نیرو، ۱۳۸۵).

۳-۲-۵- لرزه خیزی منطقه

سطح کره زمین از تعدادی صفحات (پلیت) اصلی و فرعی تشکیل شده است. مرز بین این صفحات به نوارهای لرزه‌خیز مشهور است. از میان آنها می‌توان به محل برخورد دو صفحه اوراسیا و آفریقا اشاره نمود که به نوار آلپ مشهور می‌باشد. قسمتی از این نوار از کشورمان ایران عبور می‌کند که به صورت نوار البرز و زاگرس رخنمون یافته است (Nowroozi, 1976). بنابراین در چنین مناطقی ضروری است قبل از طراحی هر سازه‌ای به مطالعات مربوط به جنبش زمین پرداخته شود. با استفاده از آخرین استانداردها و روشهای موجود و با توجه به فعالیت لرزه‌خیزی منطقه مطالعات مهندسی زلزله انجام می‌شود.

ساختگاه سد ونیار در قسمت شمال غربی ایران مرکزی قرار دارد. ایران مرکزی به شکل یک مثلث می باشد که توسط ۳ نوار چین خورده - رانده شده زاگرس در قسمت جنوب غرب، البرز در بخش شمال و کپه داغ در شمال شرق احاطه شده است. این منطقه از مناطق رسوبی- ساختاری ایران است که از پرمین تا کواترنر چند فاز مهم کوهزایی و خشکی زائی را تحمل کرده است. با توجه به زمین لرزه های ثبت شده در این منطقه (اعم از دستگاهی و تاریخی) نشان داده شده است که تمرکز و فراوانی زلزله نسبت، به سایر مناطق به ویژه زاگرس زیاد نیست از طرفی همین زمین لرزه ها با فراوانی کم نیز در پهنه وسیعی از ایران مرکزی پراکنده می باشد.

نزدیکترین پهنه از ایران مرکزی که به ساختگاه سد نزدیک می باشد، نوار سنندج- سیرجان است که در جنوب غربی ایران مرکزی قرار دارد و تعداد کمی زمین لرزه در آن به ثبت رسیده است. با مطالعه تفصیلی رویدادهای زلزله در ایران مرکزی ثابت شده است که بیشتر زمین لرزه های این بخش، که دارای بزرگی بالا و عمق کم هستند.

از گسلهای کواترنری آذربایجان می توان به گسل شمال تبریز و گسلهای تسوج، شرفخانه، صوفیان، مزرعه، جنوب میشو، برکشلو، کنبرچای، احمدآباد، سلماس، شکریازی، میانه و گسلهای شمال و جنوب بزگوش اشاره نمود.

گسل شمال تبریز: بزرگترین و مهمترین ساختار تکتونیکی در مجاورت ساختگاه سد ونیار گسل شمال تبریز است. حداقل فاصله ای که این گسل با ساختگاه سد دارد در حدود ۳ کیلومتر می باشد. راستای این گسل شمال غربی _ جنوب شرقی (N115E) است و طول گسل شمال تبریز از بستان آباد تا صوفیان ۹۰ کیلومتر است (مهندسین مشاور قدس نیرو، ۱۳۸۵).

گسل مزرعه: این گسل در ارتباط با ساختگاه سد ونیار اهمیتی معادل با گسل تبریز را دارد و همانند گسل شمال تبریز دارای راستای شمال غربی _ جنوب شرقی است. طول آن ۳۰ کیلومتر است که از شمال روستای مزرعه تا شمال روستای ونیار امتداد دارد و حداقل فاصله این سد از ساختگاه سد ونیار تقریباً ۴ کیلومتر است.

گسل شرفخانه - صوفیان: این گسل دارای روند غالب شرق شمال شرقی - غرب جنوب غربی است و از جنوب کوههای مورو تا دریاچه ارومیه ادامه دارد و طول این گسل ۴۵ کیلومتر است. حداقل فاصله آن از ساختگاه سد ۴۴ کیلومتر می‌باشد (مهندسین مشاور قدس نیرو، ۱۳۸۲).

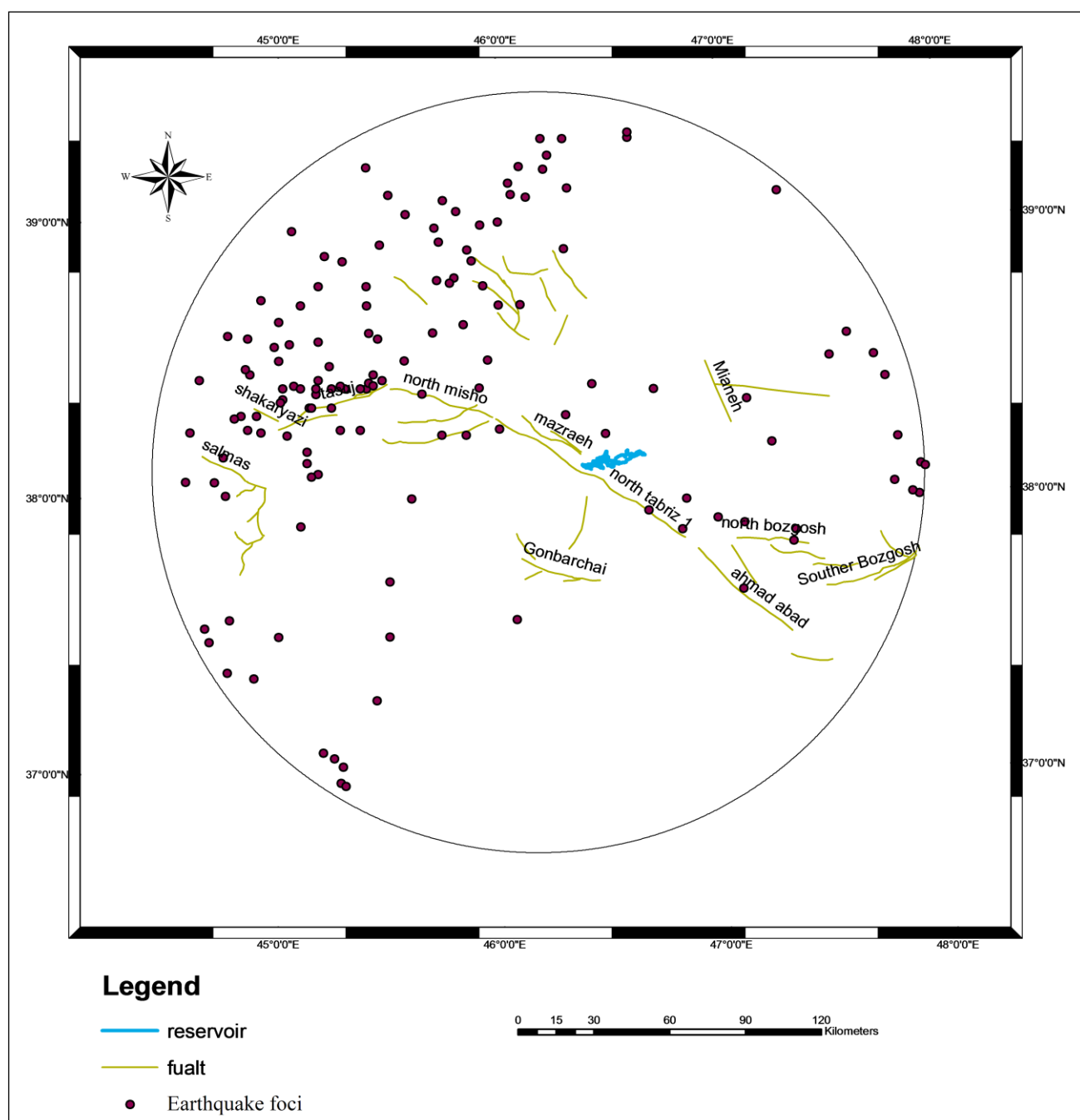
گسل شمال میشو: گسل شمال میشو در ادامه گسل شمال تبریز قرار دارد که دارای راستای شمال غرب - جنوب شرقی است. این گسل از صوفیان به طرف شمال غرب در پای کوههای میشو ادامه دارد. حداقل فاصله آن از ساختگاه سد ونیار ۴۰ کیلومتر است.

گسل جنوب میشو: طول این گسل ۳۵ کیلومتر است و در جنوب کوههای میشو دارای راستای شرقی - غربی است. فاصله آن از محل سد ونیار ۵۰ کیلومتر است. با توجه به طول کم آن بزرگی زمین لرزه‌های ناشی از فعالیت های احتمالی این گسل در محل سد ناچیز به نظر می‌رسد (مهندسین مشاور قدس نیرو، ۱۳۸۵). در شکل (۳-۷) نقشه سائزمو تکتونیک ۱۵۰ کیلومتری محدوده مخزن سد نشان داده شده است.

۳-۲-۵-۱- برآورد شتاب زلزله

برای این منظور اقدامات زیر صورت گرفته است.

- ۱- داده‌های دستگاهی ثبت شده در طی سالهای ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۰ از سایت پژوهشکده زلزله (www.iiees.ac.ir, 1390) در محدوده ۱۵۰ کیلومتری محور سد ونیار استخراج شد و زلزله‌های تاریخی ثبت شده قبل از سال ۱۹۰۰ نیز به داده‌های دستگاهی افزوده شده است. برای استخراج داده‌های تاریخی از کتاب آقای نور بخش میرزائی (۱۳۸۱) استفاده شده است داده‌های دستگاهی و تاریخی به صورت پیوست در جدول (۳-۴) در انتهای پایان‌نامه آورده است.



شکل (۷-۳) - نقشه ساینموتکتونیک محدوده ۱۵۰ کیلومتری مخزن سد و نیار (تهیه شده براساس نقشه زمین شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ سازمان زمین شناسی)

۲- حذف پس لرزه و پیش لرزه از داده های لرزه ای و رسیدن به توزیع پواسون، حائز اهمیت و ضروری می باشد. بنابراین پیش لرزه ها و پس لرزه ها بر اساس جدول Gardner& Cnopoff (1974)، با توجه به فاصله زمانی و مکانی از یکدیگر و بزرگی حذف شدند (جدول ۳-۴).

جدول (۳-۴) - جدول Gardner& Cnopoff, 1974

۴	۴,۵	۵	۵,۵	۶	۶,۵	۷	۷,۵	۸	بزرگی
۳۰	۳۵	۴۰	۴۷	۵۴	۶۱	۷۰	۸۱	۹۴	فاصله (کیلومتر)
۴۲	۸۳	۱۵۵	۲۹۰	۵۱۰	۷۹۰	۹۱۵	۹۶۰	۹۸۵	زمان (روز)

۳- برای تخمین آهنگ فعالیت و ضریب لرزه خیزی (α و β) در شعاع ۱۵۰ کیلومتری ناحیه از روش گوتنبرگ - ریشتر برای زمین لرزه های با $M_s > 4$ استفاده شده است. رابطه بدست آمده از این روش بصورت رابطه (۳-۱) تعریف شده است و داده های مورد نیاز در جدول (۳-۵) آورده شده است.

$$\ln(N_c) = 1.327 - 0.9115 M_s$$

رابطه (۳-۱)

جدول (۳-۵) - داده های لازم جهت محاسبه ضریب لرزه خیزی

دامنه بزرگی	فراوانی	فراوانی تجمعی	زمان بر حسب سال	سال/فراوانی تجمعی	$\ln(N)$	میانه
4 - 4.5	45	124	110	1.127273	0.119801	4.25
4.5 - 5	39	79	110	0.718182	-0.33103	4.75
5 - 5.5	18	40	1138	0.035149	-3.34815	5.25
5.5 - 6	5	22	1138	0.019332	-3.94599	5.75
6 - 6.5	8	17	1138	0.014938	-4.20381	6.25
6.5 - 7	5	9	1138	0.007909	-4.8398	6.75
7 - 7.5	4	4	1138	0.003515	-5.65073	7.25

۴- با استفاده از پارامترهای لرزه خیزی به دست آمده با روش گوتنبرگ - ریشتر و طول هر یک از گسلها در هر یک از زونهای لرزه ای، میزان α برای هر گسل نرمال شد. در جدول (۳-۶) مشخصات گسل های مهم محدود ۱۵۰ کیلومتری سد ونیار به اختصار آورده شده است.

جدول (۳-۶) - مشخصات گسل‌های موجود در شعاع ۱۵۰ کیلومتری ساختگاه سد ونیار تبریز

ردیف	نام گسل	فاصله (km)	طول (km)	بیشینه بزرگی	α	β
۱	شمال تبریز	۳	۹۰	۶.۹۹	۰.۲۷۳۹۲	۰.۹۱۱۵
۲	مزرعه	۴	۳۰	۶.۳۱	۰.۰۹۱۳۱	۰.۹۱۱۵
۳	شرفخانه - صوفیان	۴۴	۴۵	۶.۵۶	۰.۱۳۶۹۶	۰.۹۱۱۵
۴	گنبرچای	۵۰	۳۳	۶.۳۷	۰.۹۵۱۹۸	۰.۹۱۱۵
۵	شمال میشو	۴۰	۴۲	۶.۵۲	۰.۱۲۷۸۳	۰.۹۱۱۵
۶	احمدآباد	۵۶	۵۰	۶.۶۳	۰.۱۵۲۱۸	۰.۹۱۱۵
۷	جنوب میشو	۵۰	۳۵	۶.۴۱	۰.۱۰۶۵۳	۰.۹۱۱۵
۸	شمال بزقوش	۶۹	۳۰	۶.۳۱	۰.۲۳۴۱۸	۰.۹۱۱۵
۹	جنوب بزقوش	۱۱۳	۵۰	۶.۶۳	۰.۳۹۰۲۹	۰.۹۱۱۵
۱۰	تسوج	۸۵	۶۰	۶.۷۴	۰.۱۸۲۶۲	۰.۹۱۱۵
۱۱	برکشلو	۱۰۰	۲۵	۶.۲۰	۰.۰۷۶۰۹	۰.۹۱۱۵
۱۲	شکریاز	۱۱۲	۱۱	۵.۶۹	۰.۰۳۳۴۸	۰.۹۱۱۵
۱۳	میانه	۱۳۵	۹۰	۶.۹۹	۰.۴۸۵۹۴	۰.۹۱۱۵
۱۴	سلماس	۱۴۰	۲۰	۶.۰۶	۰.۰۶۰۸۷	۰.۹۱۱۵
۱۵	F13	۸۱	۲۳	۶.۱۴	۰.۱۷۹۵۴	۰.۹۱۱۵
۱۶	F14	۱۲۵	۲۰	۶.۰۶	۰.۱۵۶۱۲	۰.۹۱۱۵
۱۷	F22	۳۸	۱۳	۵.۷۹	۰.۳۷۵۰۲	۰.۹۱۱۵

۵- از فرمول (Ambraseys & Douglas (2000), Douglas (2001b) & Ambraseys &

Douglas(2003)) برای برآورد شتاب حاصل از فعالیت هر پهنه لرزه‌زا ضرایب زیر استفاده شده

است.

$$\log Y = b_1 + b_2 M_s + b_3 d + B_a S_a + d_s S_s$$

ضرایب برآورد شتاب افقی به صورت زیر است.

$$b_1 = -0.659, b_2 = 0.202, b_3 = -0.0238, b_A = 0.020, b_s = 0.029, \sigma = 0.214$$

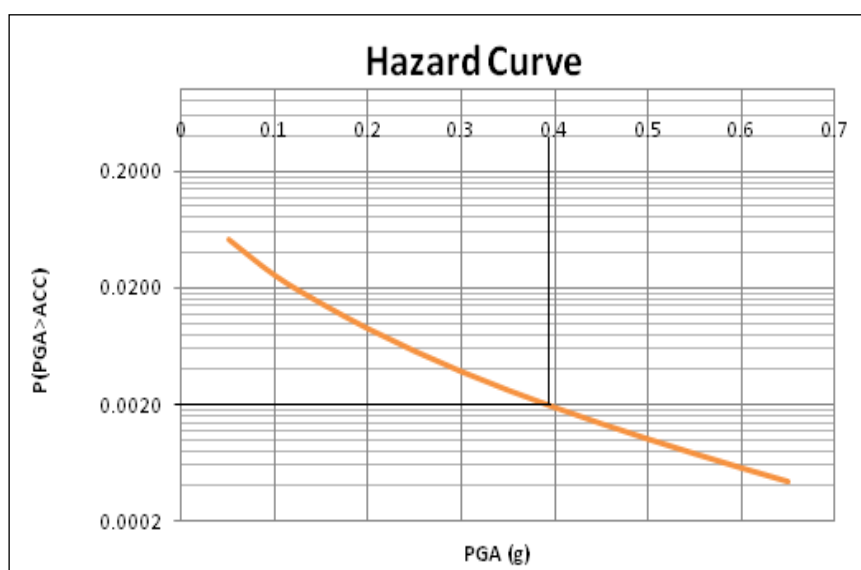
ضرایب برآورد شتاب عمودی به صورت زیر است.

$$b_1 = -0.959, b_2 = 0.226, b_3 = -0.0312, b_A = 0.024, b_s = 0.075, \sigma = 0.27$$

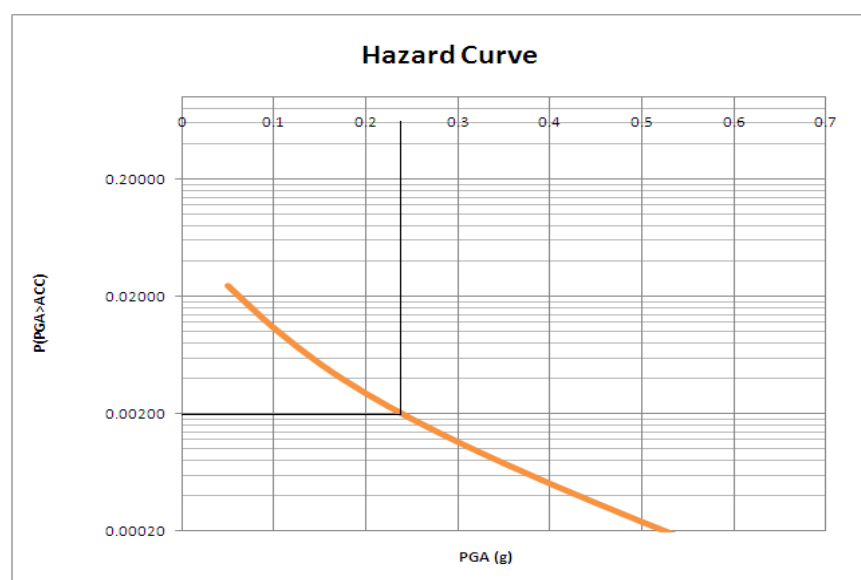
.(Douglas, 2004)

در ادامه با استفاده از رابطه کاهندگی برای کلیه حالات بزرگی- فاصله (براساس تقسیمات بزرگی و فاصله) مقادیر PGA بدست آورده شد. سپس با استفاده مقادیر PGA و با فرض اینکه توزیع شتاب بصورت لوگ نرمال باشد، مقادیر احتمال ، در بازه‌های $0.05g, 0.01g, \dots, 1g$ بدست آمد

۶- از ترکیب اطلاعات بدست آمده می‌توان منحنی خطر را برای دوره بازگشت‌های مختلف به دست آمد شتاب افقی و عمودی بدست آمده برای دوره بازگشت ۴۷۵ ساله با استفاده از این روش در شکل های (۸-۳) و (۹-۳) نشان داده شده است که به ترتیب $0.39/0$ و $0.24/0$ می‌باشد.



شکل (۸-۳)- منحنی خطر شتاب افقی



شکل (۹-۳)- منحنی خطر شتاب عمودی

فصل چهارم

ارزیابی پایداری دامنه‌های

مشرف به مخزن سد

۴-۱- مقدمه

در این فصل ابتدا به معرفی لغزش‌های موجود در منطقه توصیف شده و مشخصات هر کدام از لغزشهای شناسایی شده در جدول (۴-۱) آورده شده است. همچنین نحوه تعیین خصوصیات سنگی هر کدام از واحدهای سنگی موجود در منطقه توضیح داده شده است و در نهایت ضریب پایداری هر یک از دامنه‌های

مشرف به مخزن سد مشخص شده است و براساس آن نقشه پهنه‌بندی مخزن تهیه شده است. لغزشهای خطرناک منطقه شناسایی شده و روشهای برای پایدار سازی آنها ارائه گردیده، در کل اهدافی که در این فصل دنبال می‌شود شامل شناسایی زمین‌لغزشهای موجود در منطقه، پهنه بندی خطر زمین‌لغزش مخزن سد و نیار و برآورد میزان رسوبی است که در اثر وقوع آنها وارد مخزن سد می‌شود.

۴-۲- مواد و روش انجام کار

۴-۲-۱- داده‌های مورد استفاده

۱. نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰ مخزن سد، ۱/۵۰۰۰۰ حوضه رودخانه آجی‌چای (مشاورین قدس

نیرو، ۱۳۷۵)، ۱/۲۵۰۰۰ تبریز، ارومیه، میانه، اهر، خوی، سرو (سازمان زمین شناسی کشور)

۲. نقشه توپوگرافی سری ۱/۲۵۰۰ (سازمان نقشه برداری کشور)

۳. داده‌های اقلیمی، ایستگاه تبریز، (سازمان هواشناسی)

۴. تصویر ۲۰۰۹ سنجنده Pan ماهواره IRS

۵. دستگاه موقعیت یاب جهانی (GPS) و کمپاس

۶. داده‌های لاگ گمانه‌های اکتشافی

۷. عکسهای هوایی منطقه به مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح)

۴-۲-۲- نرم‌افزارهای مورد استفاده

از جمله نرم‌افزارهای که برای پردازش و تجزیه و تحلیل در تحقیق حاضر استفاده شده است می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

Arc GIS 9.3- Slide5.0- Dips- RocData3.0- Google Earth- Microsoft excel & Word 2007

۴-۲-۳- روشهای گردآوری داده‌ها

در این مرحله برای گردآوری داده‌ها و اطلاعات از:

۱- مطالعات کتابخانه‌ای: که شامل استفاده از کتاب‌ها و مقالات داخلی و خارجی و مجلات می‌باشد.

همچنین استفاده از عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای، جدول‌ها و نقشه‌های موجود از منطقه مورد

مطالعه است که از سازمانها و نهادهای مختلف جمع‌آوری شده است.

۲- بازدیدهای صحرایی: جهت بررسی هر چه بیشتر و دقیقتر واقعیت‌های موجود در منطقه و کنترل و تطبیق عکسهای هوایی و تصاویر ماهواره‌ای منطقه، بازدید از مخزن سد و نیار و دامنه‌های پیرامون آن به عمل آمده است. در این بازدید لغزشهای شناسایی شده با استفاده از عکسهای هوایی، تصاویر ماهواره‌ای، سایت Google Earth و لغزشهای از پیش شناخته شده توسط شرکت قدس نیرو، بررسی و اطلاعات آنها یادداشت شده است، همچنین لغزشهای دیگر موجود در مخزن سد که شناسایی نشده بودند، شناسایی و موقعیت جغرافیایی و مشخصات هر یک از آنها با یادداشت گردیده است.

همچنین در بازدیدهای صحرایی انجام شده خصوصیات رخنمون‌های سنگی که شامل شیب، جهت شیب لایه‌بندی لایه‌ها و وضعیت درزه‌داری است مشخص گردیده است در نهایت این کارها سبب دید کلی از منطقه مورد مطالعه شده است.

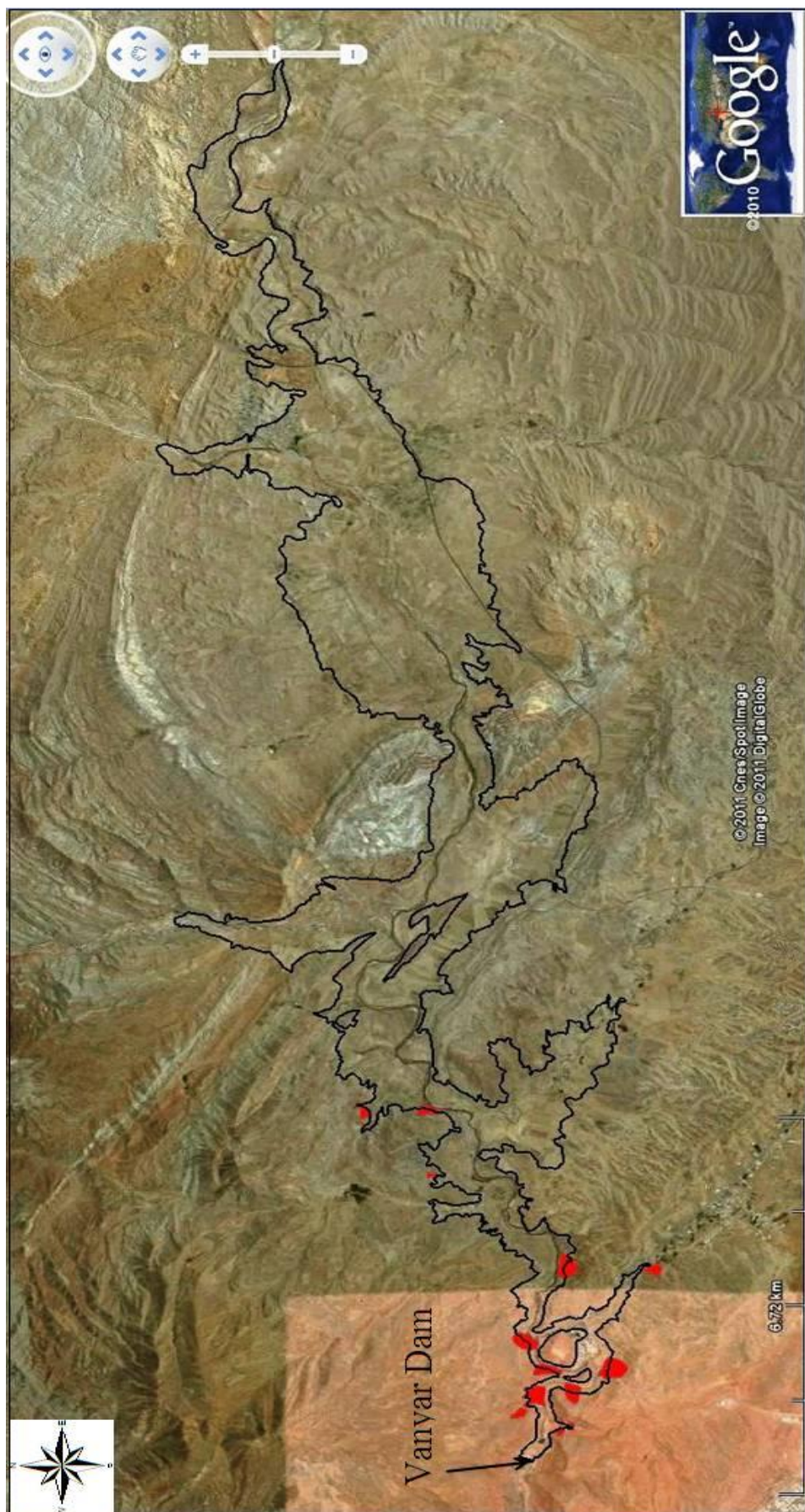
۴-۳- معرفی لغزش‌های منطقه

تحقیقات ICOLD (2002) نشان داده که در حدود ۷۵ درصد از زمین‌لغزش‌های که در مخزن سد رخ می‌دهد ناشی از فعالیت دوباره زمین‌لغزش‌های قدیمی می‌باشد. بنابرین شناسایی و کنترل تغییرات هیدرودینامیکی و تغییرات شکل زمین‌لغزش در اثر پر شدن مخزن سد برای بررسی مکانیسم فعالیت مجدد لغزش‌های قدیمی بسیار مهم می‌باشد.

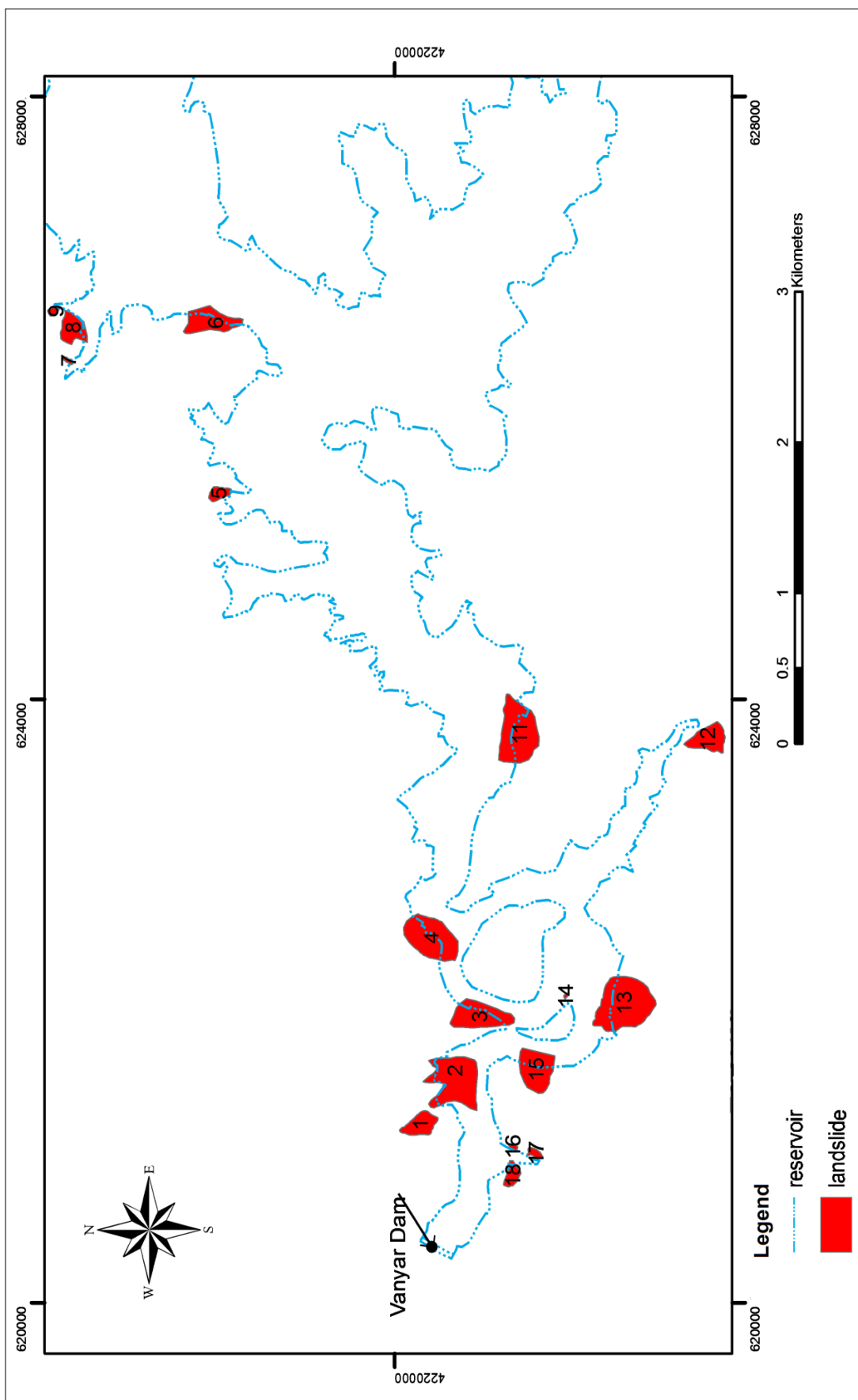
چنانکه گفته شد در این تحقیق با استفاده از عکسهای هوایی، تصاویر ماهواره‌ای، و ... لغزش‌های موجود در مخزن سد شناسایی و موقعیت جغرافیایی آنها با استفاده از GPS یادداشت و اطلاعات آنها ثبت گردید. با جمع‌آوری این اطلاعات، موقعیت همه لغزش‌ها در شکل (۴-۱) در تصویر ماهواره‌ای نشان داده شده است. به علت اینکه تقریباً تمامی زمین‌لغزش‌های شناسایی شده در مخزن سد و نیار در نزدیکی محل احداث سد واقع شده است زمین‌لغزش‌های این محدوده (نزدیک محل احداث سد) در شکل (۴-۲) نشان داده شده است. مشخصات هر یک از زمین‌لغزش‌های شناسایی شده در جدول (۴-۱) آورده شده و لازم به توضیح است که شیب دامنه قبل از لغزش براساس شیب دامنه‌های مجاور تعیین شده است.

در شکل‌های (۳-۴) تا (۱۳-۴) لغزش‌های شناسایی شده در بازید صحرایی را براساس میزان خطراتشان به ترتیب می‌توان مشاهده نمود.

شکل (۳-۴) مربوط به زمین لغزش شماره ۱ در شکل (۲-۴) است، این زمین لغزش عمیق در نزدیکی سد و نیار و در جناح راست آن قرار دارد. با توجه به برآوردهای انجام شده این زمین لغزش دارای ۲۸۲ متر طول، ۱۱۶ متر عرض، ۸۰ متر عمق است. همان طور که در این شکل مشاهده می‌شود وجود پرتگاه لغزشی، اسکارپ واضح و همچنین ناهمگنی پوشش گیاهی، که به علت زمین‌لغزش در این توده می‌باشد، سبب شناسایی این توده لغزشی ابتدا توسط تصاویر ماهواره‌ای و عکسهای هوایی شد و در بازدید به عمل آمده مورد تأیید قرار گرفت. بر اساس محاسبات انجام شده حجم این توده لغزشی حدود ۸۴۸۰۰۰ متر مکعب می‌باشد. علت ایجاد این زمین لغزش شیب تند، نزدیکی به آبراهه و جنس مصالح Ms (گنگلومرای قرمز با تناوبی از ماسه سنگ و مارن قرمز و نهشته های ماسه سنگ قرمز همراه با مارن) می‌باشد.



شکل (۴-۱) - موقعیت زمین لغزش‌های موجود در تصویر ماهواره‌ای منطقه



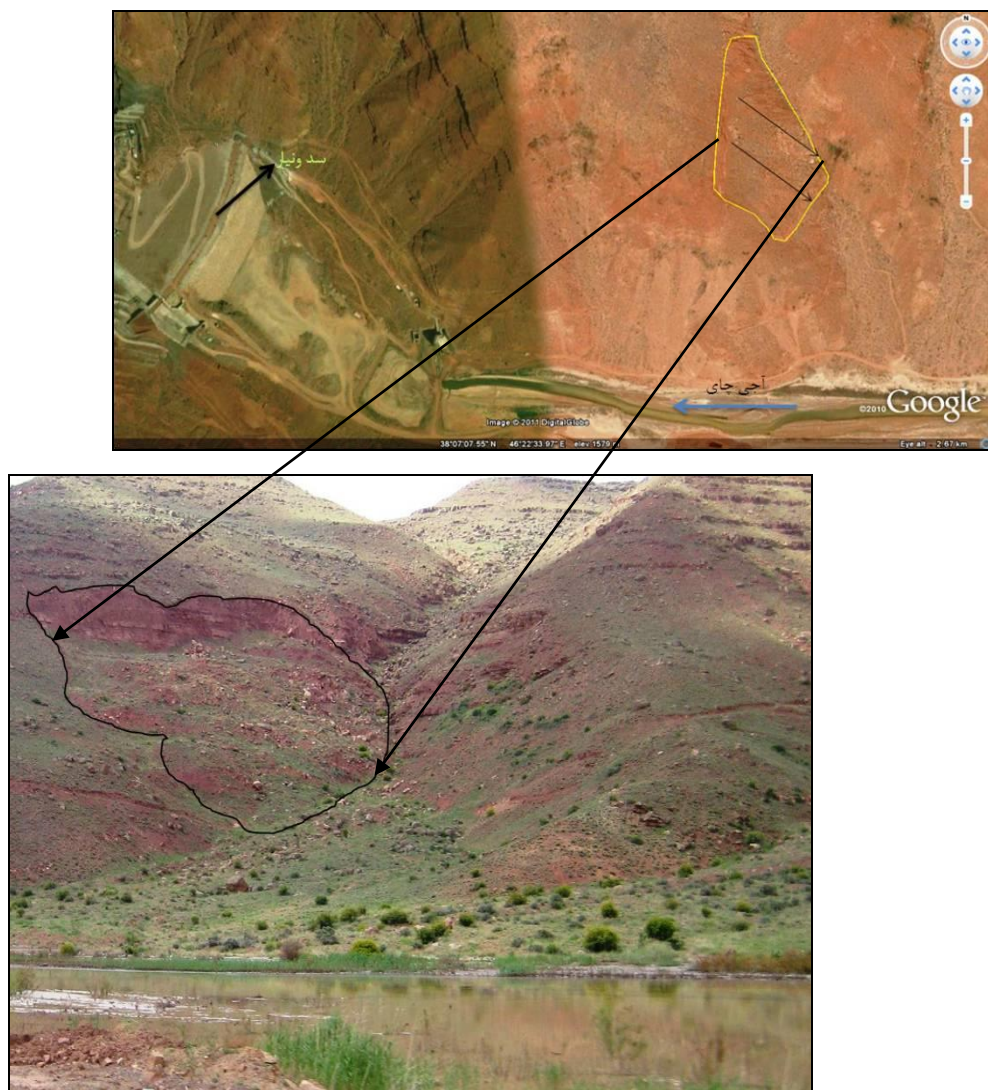
شکل (۴-۲) - نقشه زمین لغزش‌های موجود در ابتدای مخزن، که براساس داده‌های ماهواره‌ای و بازدید صحرایی در مطالعه حاضر تهیه شده است

جدول (۴-۱) - مشخصات لغزش‌های موجود در مخزن سد ونیار

شماره ردیف	طول و عرض جغرافیایی	جنس مصالح لغزش	ابعاد (متر)			نوع حرکت لغزش	شیب دامنه قبل از لغزش	شیب دامنه بعد از لغزش	جهت لغزش	دلایل حرکت لغزش
			طول	عرض	عمق					
1	46° 22' 34"E 38° 6' 41"N	*Ms	282	116	80	چرخشی	34	22	جنوب شرقی	شیب تند- نزدیک آبراهه - لیتولوژی
2	46° 23' 10"E 38° 6' 57"N	Ms	361	292	-	خاکروانه	14	14	جنوب	نزدیک درز و شکاف و آبراهه
3	46° 23' 26"E 38° 6' 53"N	Ms	237	380	-	چرخشی	38	32	جنوب شرقی	آبراهه - توپوگرافی
4	46° 23' 47"E 38° 7' 4"N	Ms	275	336		چرخشی		23	جنوب شرقی	آبراهه و عوامل انسانی
5	46°25' 49"E 38° 7' 48"N	*Mm	143	77	-	خاکروانه		18	شرق	نوع مصالح
6	46°26' 36"E 38° 7' 50"N	Mm	277	355	-	انتقالی	26	18	جنوب شرقی	پا شویی رودخانه - نوع مصالح- جاده
7	46°26' 26"E 38° 8' 22"N	Ms	77	26	-	خاکروانه		15	جنوب غربی	رودخانه
8	46°26' 35"E 38° 8' 21"N	Ms	197	222		انتقالی - گلروانه	26	15	جنوب شرقی	رودخانه - عوامل انسانی
9	46°26' 40"E 38° 8' 25"N	Ms	59	73	-	خاکروانه		17	شرق	رودخانه
10	46° 33' 56"E 38° 7' 6"N	Ms	36	111	-	خاکروانه		14	شمال غربی	رودخانه
11	46°24' 43"E 38° 6' 41"N	Ms	295	398	-	چرخشی	26	19	شمال شرقی	توپوگرافی - رودخانه
12	46° 24' 41"E 38° 5' 59"N	Mm	398	223	68	چرخشی همراه با گلروانه	20	35	جنوب شرقی	رودخانه - جنس مصالح - عوامل انسانی
13	46°23' 29"E 38° 6' 19"N	Ms	376	334	100	چرخشی	27	19	شمال شرقی	رودخانه - توپوگرافی
14	46°23' 31"E 38° 6' 32"N	Ms	19	37	-	خاکروانه		26	شمال شرقی	جاده - توپوگرافی
15	46°23' 10"E 38° 6' 40"N	Ms	270	237	75	چرخشی	34	27	شرق	توپوگرافی - رودخانه
16	46°22' 50"E 38° 6' 44"N	Ms	37	66	-	خاکروانه		27	غرب	عوامل انسانی - توپوگرافی
17	46°22' 48"E 36° 6' 40"N	Ms	48	108	-	خاکروانه		28	شمال غربی	جاده - رودخانه
18	46°22' 43"E 38° 6' 45"N	Ms	170	97	-	خاکروانه		34	شرق	توپوگرافی - رودخانه

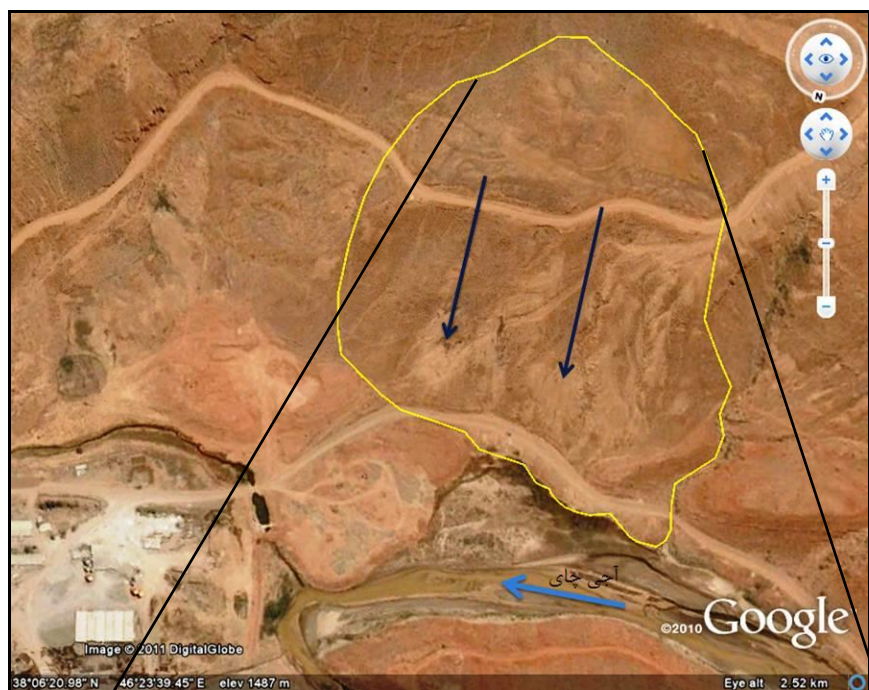
* (Ms) گنگلومرای قرمز با تناوبی از ماسه سنگ و مارن قرمز، و ماسه سنگ قرمز همراه با مارن

* (Mm) مارن‌های رنگین، حاوی مقادیر زیادی رسوبات تبخیری مانند گچ و نمک



شکل (۳-۴)- تصویری از زمین لغزش عمیق شماره ۱، واقع در جناح راست سد (نگاه به سمت شمال غرب)

شکل (۴-۴) مربوط به زمین لغزش شماره ۱۳ می‌باشد که جز یکی از بزرگترین و عمیق‌ترین زمین لغزش‌ها در مخزن سد و نیل می‌باشد. در بازدید صحرایی به عمل آمده، با توجه به وجود پرتگاه و اسکارپ واضح، جلوآمدگی توده و تغییر در مسیر رودخانه که به علت حرکت این توده به وجود آمده بود این زمین لغزش شناسایی شد. این توده لغزشی در نزدیکی تصفیه خانه واقع شده است. طول، عرض و عمق آن به ترتیب ۳۷۶، ۳۳۴ و ۱۰۰ متر است. علت اصلی وقوع این لغزش شیب تند، توپوگرافی خشن، جنس مصالح (Ms) و وجود درز و شکاف زیاد در این توده لغزشی می‌باشد. فعالیت‌های انسانی از جمله جاده سازی و تردد وسایل نقلیه جهت ساخت سد و وجود آبراهه از عوامل فرعی تحریک این توده لغزشی می‌باشد. اگر این توده لغزشی حرکت مجدد داشته باشد می‌تواند در حدود ۲۰۵۷۰۰ متر مکعب خاک وارد مخزن سد نماید.



شکل (۴-۴) - زمین لغزش شماره ۱۳، پرتگاه و شگستگی‌های ناشی از زمین لغزش عمیق در جناح چپ سد (نگاه به سمت جنوب)

زمین لغزشی که در شکل (۴-۵) مشاهده می‌شود شماره ۱۵ می‌باشد. این زمین لغزش، یکی از لغزش‌های عمیق در جناح چپ سد ونیار است. با توجه به مورفولوژی توده که به علت فعالیت آن، برآمدگی واضحی در پای دامنه مشاهده می‌شود و همچنین با توجه به تغییری که در مسیر رودخانه به وجود آورده است این توده لغزشی مورد شناسایی قرار گرفت. طول و عرض و عمق این توده لغزشی در حدود ۲۷۰ و ۲۳۷ و ۷۵ متر و جهت حرکت آن به طرف شرق است. شیب تند و جنس مصالح (Ms) علت اصلی وقوع این لغزش است. اما فعالیت‌های انسانی و آبراهه نیز از عوامل فرعی تحریک این توده به شمار می‌رود. چنانکه این لغزش دوباره فعالیت نماید می‌تواند در حدود ۱۳۲۱۰۰ متر مکعب خاک به داخل مخزن سد وارد نماید. این توده لغزشی نسبتاً به مخزن سد نزدیک است، بنابراین چنانکه دوباره فعالیت نماید می‌تواند مشکلاتی را برای دریچه آبگیری سد ایجاد کند.



شکل (۴-۵) - زمین لغزش عمیق شماره ۱۵، واقع در جناح چپ نزدیکی مخزن سد (نگاه به سمت جنوب غرب)

زمین لغزش شکل (۴-۶) که شماره ۴ در شکل (۴-۲) نشان داده شده است در نزدیکی روستای ونیار قرار دارد. با توجه به مورفولوژی توده (برآمدگی در پای دامنه)، تغییر در مسیر رودخانه و ناهمگنی پوشش گیاهی این لغزش شناسایی شده است. توپوگرافی خشن، جنس مصالح (Ms)، وجود درز و شکاف و آبراهه از عوامل تحریکی این توده به شمار می‌رود. طول و عرض این توده به ترتیب ۲۷۵ و ۳۳۶ متر است.



شکل (۴-۶) - زمین لغزش چرخشی شماره ۴، در اثر وقوع این زمین لغزش رودخانه به سمت جلو حرکت نموده است

زمین لغزشی که در شکل (۴-۷) مشاهده می‌شود در جدول (۴-۲) با شماره ۱۲ مشخص شده است. طول، عرض و عمق آن به ترتیب ۳۹۸، ۲۲۳ و ۶۸ متر برآورد شده است. این زون لغزشی حاشیه رودخانه از نوع زمین لغزش عمیق است که به سمت رودخانه و پایین ساختمانها در حال حرکت است و در نزدیکی آریادرسی واقع شده است. شیب لایه‌بندی لایه‌ها در این واحد سنگی به سمت رودخانه است که حاوی تناوبی از مارن و ماسه سنگ است. حجم این توده لغزشی ۴۲۶۱۸۰ متر مکعب برآورد شده که حجم نسبتاً بالایی دارد و به علت پتانسیل بالای آن برای لغزش (ضریب اطمینان کمتر از یک) پایدار سازی آن ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به مورفولوژی، به هم ریختگی در توده لغزشی و ناهمگنی در پوشش گیاهی وجود لغزش تأیید می‌شود. جنس مصالح سست (مارن همراه با ماسه سنگ که حاوی رسوبات تبخیری مانند گچ و نمک (Mm))، پاشویی رودخانه و عوامل انسانی مانند جاده سازی و ... از مهمترین عوامل مؤثر در وقوع این لغزش می‌باشد.



شکل (۴-۷) - زمین لغزش شماره ۱۲، زون لغزشی حاشیه رودخانه‌ای در واحد سنگی (Mm) (نگاه به سمت شمال غرب)

شکل (۴-۸) نشان دهنده زمین لغزشی است که در شکل (۴-۲) با شماره ۶ نشان داده شده است. این زمین لغزش انتقالی در کنار جاده اهر واقع شده است. پاشویی رودخانه، توپوگرافی خشن، جنس مصالح (مارن‌های رنگین همراه با مقادیر زیادی رسوبات تبخیری مانند گچ و نمک (Mm)) و جاده سازی از عوامل اصلی تحریک این توده لغزشی به شمار می‌رود. براساس برآوردهای انجام شده طول و عرض این زمین لغزش به ترتیب ۲۷۷، ۳۵۵ متر است. مورفولوژی توده لغزشی، به هم ریختگی در توده لغزشی و ناهمگنی در پوشش گیاهی عامل شناسایی آن می‌باشد.



شکل (۴-۸) - زمین لغزش شماره ۶، از نوع انتقالی، در اثر پاشویی رودخانه و جاده سازی رخ داده است (نگاه به سمت شمال غرب)

زمین لغزش شکل شماره (۴-۹) در جدول (۴-۱) با شماره ۱۱ مشخص شده است. عوامل اصلی وقوع آن شیب تند، جنس مصالح (Ms) و پاشویی رودخانه می باشد. با توجه به مورفولوژی توده لغزشی و به هم ریختگی های که در آن مشاهده می شود این لغزش قابل تشخیص است. طول و عرض این زمین لغزش به ترتیب ۲۹۵، ۳۹۸ است.



شکل (۴-۹) - زمین لغزش چرخشی شماره ۱۱، در مخزن سد ونیار

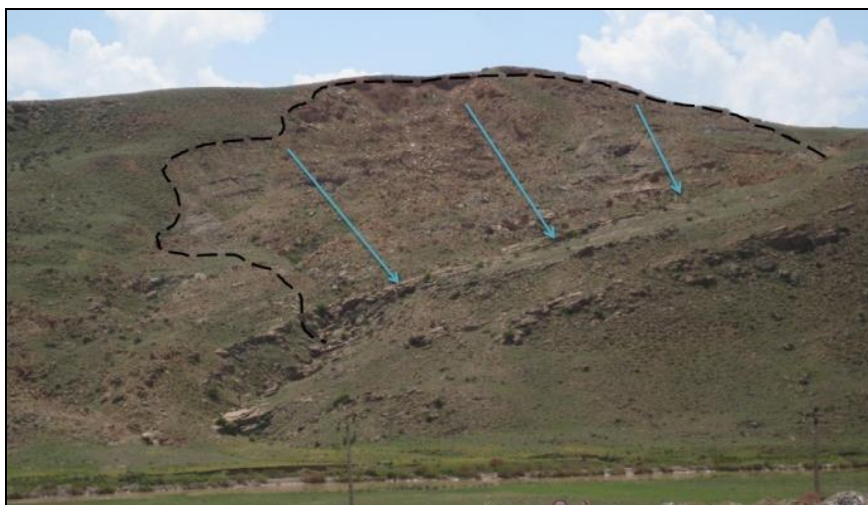
زمین لغزش‌هایی که در شکل‌های (۴-۱۰، ۴-۱۱، ۴-۱۲) مشاهده می‌شوند. از نوع سطحی هستند و حدوداً در انتهای مخزن سد واقع شده‌اند. با توجه به تغییرات پوشش گیاهی و به هم ریختگی‌هایی که در توده لغزشی مشاهده می‌شود وجود این لغزش‌ها مورد شناسایی قرار گرفته است. طول لغزش در شکل (۴-۱۰) که در شکل (۴-۲) با شماره ۱۰ مشخص شده است ۳۶ و عرض آن ۱۱۱ متر است. جهت لغزش این توده به طرف جنوب غربی (به سمت داخل مخزن سد) می‌باشد. جنس مصالح این توده‌ها از نوع مارن‌های رنگین همراه مقادیر زیادی رسوبات تبخیری مانند گچ و نمک (Mm) است. مارن‌های رنگین در بعضی افق‌ها با بین لایه‌های ماسه سنگی همراه هستند. جنس مصالح و وجود آبراهه زیاد که سبب نفوذ آب به داخل توده می‌شود علت اصلی لغزش در این توده‌ها می‌باشد. به علت سطحی بودن لغزش و حجم کم آنها، خطر چنانی را برای مخزن سد ونیار نمی‌توانند به وجود بیاورند. در کل دامنه‌هایی که در انتهای مخزن سد مشاهده می‌شود از نوع سطحی، دارای توپوگرافی ملایم و اکثراً بدون لغزش می‌باشد.



شکل (۴-۱۰) - تصویری از یک زمین لغزش سطحی رخ داده در واحد سنگی میوسن مارن دار (نگاه به سمت جنوب شرق)



شکل (۴-۱۱) - زمین لغزش سطحی از نوع جریان خاکی در واحدهای رسوبی میوسن (نگاه به سمت غرب)



شکل (۴-۱۲) - به هم ریختگی و لغزش در واحد سنگی رسوبی میوسن (نگاه به سمت جنوب غرب)

چنانکه در شکل (۴-۱۳) مشاهده می‌شود این زمین لغزش از نوع سطحی است که در نزدیک مخزن سد واقع شده است. علت وقوع این نوع زمین لغزش ترانشه زنی جهت احداث جاده و تردد وسایل نقلیه جهت ساخت سد است. در اثر آبگیری سد، این توده به زیر آب می‌رود و با نفوذ آب، حرکت این توده لغزشی تسهیل می‌یابد.



شکل (۴-۱۳)- زمین لغزش سطحی در اثر ترانشه زنی و فعالیت انسانی (نگاه به سمت جنوب شرق)

۴-۴- روشهای تخمین و تعیین عمق زمین لغزش

تخمین و تعیین عمق زمین لغزش یا پهنه گسیختگی در تحلیل پایداری شیب‌ها و پیش‌بینی حرکات آینده شیب بسیار ضروری است. در واقع بدون داشتن سطح گسیختگی نمی‌توان تحلیل واقعی و دقیقی از چگونگی رفتارهای حرکتی شیب گسیخته شده ارائه نمود. همیشه مکان و موضعی که توده گسیخته شده بر روی آن قرار دارد مشخص نیست و در بسیاری از موارد از یک پهنه با ضخامت قابل توجه تشکیل شده است. هرچه توده گسیخته ناهمگن‌تر باشد احتمال ظهور موضع گسیختگی بصورت پهنه بیشتر است. روش‌های عمده که برای تخمین و تعیین عمق زمین لغزش استفاده می‌شود عبارتند از:

۱- حفر گمانه

۲- روش‌های ژئوفیزیکی

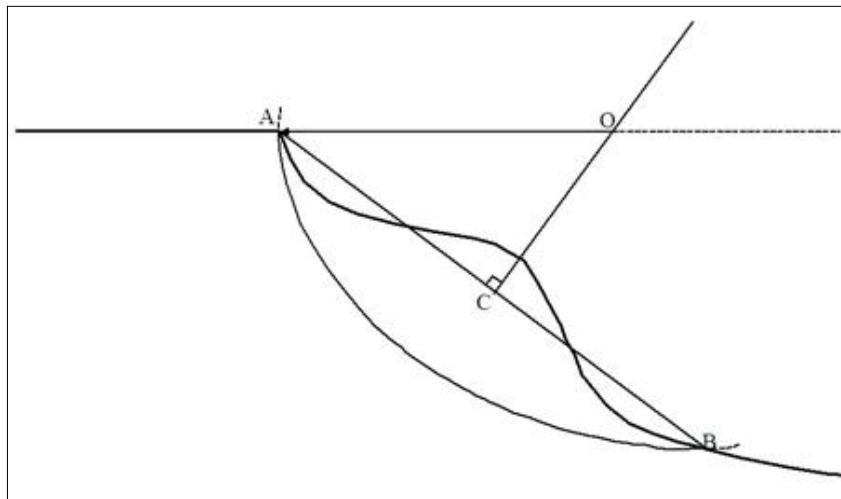
۳- روش‌های محاسباتی

۴- روش‌های تجربی و هندسی

۵- روش رفتارنگاری

هر کدام از روش‌های فوق دارای مراحل خاص خود می‌باشند. روش‌های تجربی و هندسی یک روش ساده است که در مواقع ضروری برای تخمین سریع سطح لغزش استفاده می‌شود. یکی از روش‌های تجربی و هندسی، روش دایره لغزش می‌باشد.

در این روش بلوک دوران یافته را مانند شکل (۴-۱۴) در نظر می‌گیرند و محل رأس (نقطه A) و پاشنه (نقطه B) را در بازدید صحرایی مشخص می‌کنند. سپس پروفیل سطح زمین بین آنها رسم می‌شود. البته محل پاشنه ممکن است به واسطه مصالح جمع شده در پنجه و یا در محل ترک‌های کششی طولی بلند مشخص شود. بعد از مشخص شدن نقاط A و B خط مستقیمی بین این دو نقطه رسم می‌کنند. و عمود منصف آن از نقطه C ترسیم می‌شود محل تلاقی عمود منصف خط AB با خط افقی ترسیم شده از A نقطه O را مشخص می‌کنند و دایره‌ای که به شعاع OA زده می‌شود سطح تقریبی لغزش را نشان می‌دهد. (حافظی مقدس و غفوری، ۱۳۸۸)



شکل (۴-۱۴)- روش‌های تخمین و تعیین عمق زمین لغزش با روش هندسی

با توجه به این که برای بررسی ناپایداری دامنه‌های مشرف به مخزن سد از نرم افزار Slide 5.0 استفاده شده است بنابراین برای یافتن عمق زمین لغزش‌های موجود در این منطقه نیز از این نرم افزار استفاده نموده‌ایم.

۴-۵- ریزش سنگی در محدوده مخزن سد

از لحاظ چینه‌شناسی سنگ‌هایی که در حاشیه مخزن سد برون زد دارند، متعلق به سازند قرمز فوقانی با سن میوسن و بالاتر می‌باشند که شامل تناوبی از لایه‌های قرمز و خاکستری مارن، ماسه‌سنگ، سلیتستون و گنگلومرا با رسوبات تبخیری است. با توجه به تناوب لایه‌ها به خصوص ماسه‌سنگی و مارنی که دارای اختلاف لیتولوژی در مقابل فرسایش هستند، فرسایش انتخابی در آنها رخ می‌دهد، بدین صورت که مارنها که دارای مقاومت کمتری نسبت به ماسه‌سنگ هستند سریعتر تخریب می‌شوند و فرسایش می‌یابند. بنابراین در لایه‌های که ماسه‌سنگ‌ها روی مارن‌ها قرار گرفته‌اند، با فرسایش مارن‌ها در بخش‌های زیرین سبب سقوط ماسه‌سنگ‌ها می‌شود و ریزش در ناحیه مشاهده می‌شود. در شکل (۴-۱۵) ریزش‌های موجود در منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است. همچنین ماسه‌سنگ‌های محدوده مخزن سد دارای سه سیستم درزه است که از مهم‌ترین آن‌ها درزهای بین لایه می‌باشد که تا چندین متر ادامه یافته است (مهندسین مشاور آشناب ، ۱۳۷۰). بنابراین در چنین شرایطی با آگیری سد و نوسان آن، سبب افزایش ریزش و گاه لغزش می‌گردد.



شکل (۴-۱۵)- وقوع ریزش سنگی در لایه رسوبی میوسن به علت شیب لایه‌بندی و شیب توپوگرافی زیاد و جنس مصالح که ماسه سنگ با میان لایه‌ای از مارن است می‌باشد

۴-۶- خصوصیات مهندسی واحدهای سنگی

از جمله موارد دیگری که در بازدید انجام شده مورد بررسی قرار گرفت، خصوصیات مهندسی رخنمون‌های سنگی می‌باشد که شامل اندیس مقاومت زمین شناسی (GSI) است، مقدار آن با مشاهدات صحرایی تعیین می‌شود. طبقه‌بندی (GSI) با توجه به توصیف‌های فاکتور ساختار توده سنگ و شرایط سطح درزه مشخص می‌گردد. شرایط ذکر شده براساس مشاهدات صحرایی مشخص می‌شود سپس به وسیله نمودار هوک و همکارانش (۱۹۹۴) مقادیر عددی (GSI) برآورد می‌شود. براساس GSI واحدهای سنگی، میزان C و ϕ دامنه‌های مشرف به مخزن سد با استفاده از نرم‌افزار RocData3.0 تعیین شده است. در اشکال (۴-۱۶، ۴-۱۷، ۴-۱۸، ۴-۱۹ و ۴-۲۰) مثالهایی از برآورد GSI برخی از رخنمون‌های سنگی نشان داده شده است.



شکل (۴-۱۶) - واحد سنگی با $GSI=60$ سمت راست مخزن سد (نگاه به سمت شمال غرب)

شکل (۴-۱۶) نشان دهنده واحد سنگی با تناوب ماسه‌سنگ و مارن متعلق به سازند نئوژن است. این واحد سنگی دارای شیب لایه بندی ۵۵ درجه و جهت شیب ۲۵ درجه می‌باشد. چنانکه در شکل (۴-۱۶) نیز به وضوح قابل مشاهده است این رخنمون سنگی دارای ساختار بلوکی است، توده توسط سه سیستم درزه قطع شده و بلوکهای قابل مشاهده به صورت درهم قفل می باشند. سطح درزه به حالت زبر و دارای هوازدگی کمی می‌باشند. بنابراین با قرار دادن ویژگی این توده سنگی در نمودار (GSI) عددی در حدود ۶۰ را می‌توان به آن نسبت داد (شکل ۴-۱۷).

		SURFACE CONDITIONS				
		VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
STRUCTURE		DECREASING SURFACE QUALITY →				
	INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	DECREASING INTERLOCKING OF ROCK PIECES ↓	90		N/A	N/A
	BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets		80	70		
	VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets		60	50		
	BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity		40	30		
	DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces		20	10		
	LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes		N/A	N/A		

شکل (۴-۱۷) - نمودار تعیین شاخص مقاومت زمین شناسی (GSI) با بررسی‌های صحرایی برای توده سنگی شکل (۴-۱۷)

شکل (۴-۱۸) متعلق به واحد سنگی به سن میوسن است که حاوی تناوبی از مارن، ماسه سنگ و شیل می‌باشد. شیب لایه‌بندی ۸۵ درجه و جهت شیب ۴۵ درجه است.



شکل (۴-۱۸) - لایه‌های رسوبی ماسه سنگی با میان لایه مارنی میوسن، سمت راست مخزن سد (نگاه به سمت شمال غرب) رخنمون سنگی نشان داده شده در شکل (۴-۱۸) دارای ساختار شدیداً بلوکی است، توده توسط سیستم درزه بیش از چهار دسته قطع شده و بلوکهای قابل مشاهده به صورت زاویه‌دار و درهم قفل می‌باشند. سطح درزه نسبتاً صاف است و دارای هوازدگی متوسطی می‌باشند. بنابراین با قرار دادن ویژگی‌های این توده سنگی در نمودار (GSI) دارای عددی در حدود ۳۵-۳۰ می‌باشد (شکل ۴-۱۹).

		SURFACE CONDITIONS				
		VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
STRUCTURE		DECREASING SURFACE QUALITY →				
	INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90	80	70	60	50
	BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets	80	70	60	50	40
	VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets	70	60	50	40	30
	BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity	60	50	40	30	20
	DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces	50	40	30	20	10
	LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

شکل (۴-۱۹) - نمودار تعیین شاخص مقاومت زمین شناسی (GIS) با بررسی‌های صحرایی برای توده سنگی شکل (۴-۱۸)

شکل (۴-۲۲) نشان دهند توده سنگی ماسه سنگ همراه با مارن است که در جناح راست مخزن سد قرار دارد و بخش ماسه سنگی آن دارای شیب لایه‌بندی ۰۴۷،۶۰ می‌باشد.



شکل (۴-۲۲)- واحد سنگی رسوبی تبخیری با شیب لایه بندی ۰۴۷،۶۰ (بخش ماسه سنگی $GSI=60$) جناح راست مخزن سد (نگاه به سمت شمال غرب)

شکل (۴-۲۲) نشان دهنده واحد سنگی با تناوب ماسه سنگ و مارن است. بخش ماسه سنگی این توده دارای ساختار شدیداً بلوکی است، توده توسط چهار یا تعداد بیشتری از سیستم درزه قطع شده و بلوکهای قابل مشاهده به صورت درهم قفل شده و زاویه دار می باشند. سطح درزه به حالت زبر و دارای هوازدگی کمی می‌باشند. بنابراین با قرار دادن این توده سنگی در نمودار (GSI) دارای عددی در حدود ۶۰ می‌باشد (شکل ۴-۲۳).

		SURFACE CONDITIONS				
		VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
STRUCTURE		DECREASING SURFACE QUALITY →				
	INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90	80	70	N/A	N/A
	BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets		70	60		
	VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets			50		
	BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity			40	30	
	DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces				20	
	LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes	N/A	N/A			10

شکل (۴-۲۳) - نمودار تعیین شاخص مقاومت زمین شناسی (GIS) با بررسی‌های صحرایی برای توده سنگی شکل (۴-۲۲)

با مشخص نمودن مشخصات واحدهای سنگی و محل هر یک از زمین لغزش‌های قدیمی و شیب و جهت

شیب هر یک از لایه‌های موجود نقشه زمین‌شناسی مهندسی تهیه شد است شکل (۴-۲۴).

۴-۷ - پهنه‌بندی خطر لغزش

پهنه‌بندی خطر لغزش به تقسیم بندی ناحیه مطالعاتی به محدوده‌های با خطر یکسان اطلاق می‌شود.

براساس روش تحلیل، روش‌های پهنه بندی را در دو گروه قرار می‌دهند.

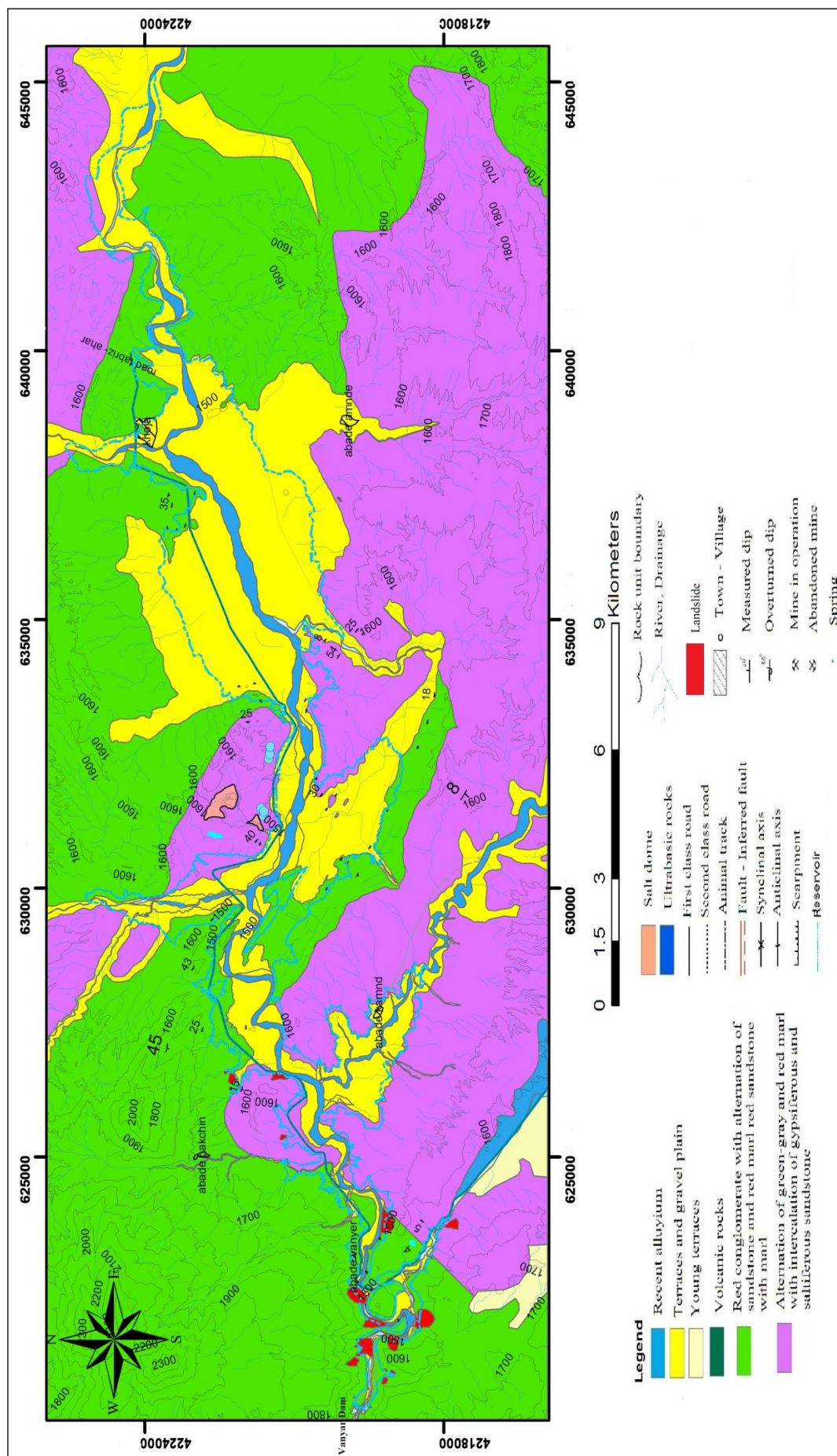
۱- ارزیابی مطلق

۲- ارزیابی خطر نسبی

در روش پهنه‌بندی مطلق، با توجه به مکانیسم گسیختگی، روش تحلیل پایداری مناسب انتخاب می‌شود

و ضریب اطمینان برای تک تک دامنه‌ها یا دامنه‌های با شرایط یکسان به طور جداگانه محاسبه شده و

نقشه خطر تهیه می‌شود. این روش در مقیاس بزرگ و در شرایطی که مصالح همگن باشد و اطلاعات



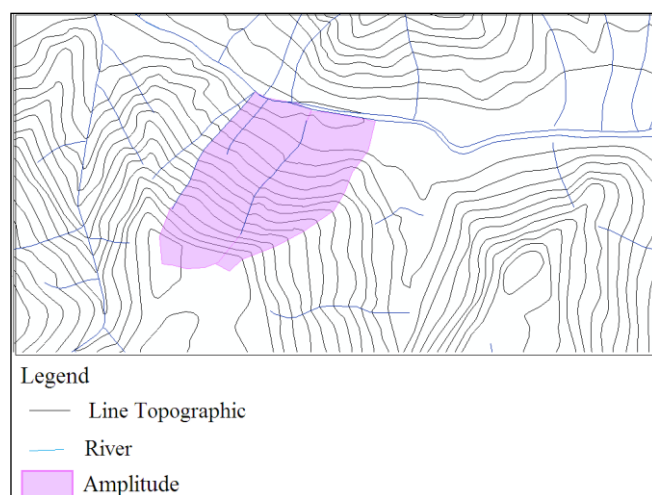
شکل (۴-۲۴) - نقشه زمین شناسی مهندسی مخزن سد (تهیه شده براساس مهندسين مشاور قدس نپرو، ۱۳۸۰)

کافی از خصوصیات ژئوتکنیکی مصالح، مورفولوژی دامنه‌ها و مکانیسم گسیختگی در اختیار باشد کاربرد دارد.

در روش پهنه‌بندی نسبی خطر، دامنه‌های موجود در محدوده مطالعاتی از نظر درجه و پتانسیل ناپایداری با هم مقایسه می‌شود. در این روش معمولاً یک یا چند عامل مهم و مؤثر در لغزش به عنوان معیار انتخاب می‌شود و براساس آن نواحی با رده‌های مختلف پایداری مشخص می‌شود. هر چه تعداد پارامترهای مورد استفاده در تحلیل خطر لغزش بیشتر باشد دقت مطالعات افزایش می‌یابد (حافظی مقدس و غفوری، ۱۳۸۸). برای تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در مخزن سد و نیار از روش ارزیابی مطلق استفاده شده و چنان‌که توضیح داده شده است تک تک دامنه‌های مشرف به مخزن سد در نرم افزار Slide5.0 شبیه سازی شده است و ضریب اطمینان دامنه‌ها با توجه به شرایط هندسه دامنه و جنس مصالح درگیر در آن و سطح آب بعد از آگیری و بدست آمده و براساس آن نقشه پهنه‌بندی خطر لغزش در منطقه مورد مطالعه تهیه شده است.

۴-۸- تحلیل پایداری دامنه‌های مورد مطالعه

در ابتدا نیاز به تهیه نقشه تفکیک دامنه‌ها بود. برای این منظور از نقشه توپوگرافی و آبراهه استفاده شده است و با وصل نمودن خط القعر هر یک از دامنه به خط الراس آنها دامنه‌ها از یکدیگر تفکیک شدند (شکل ۴-۲۵).

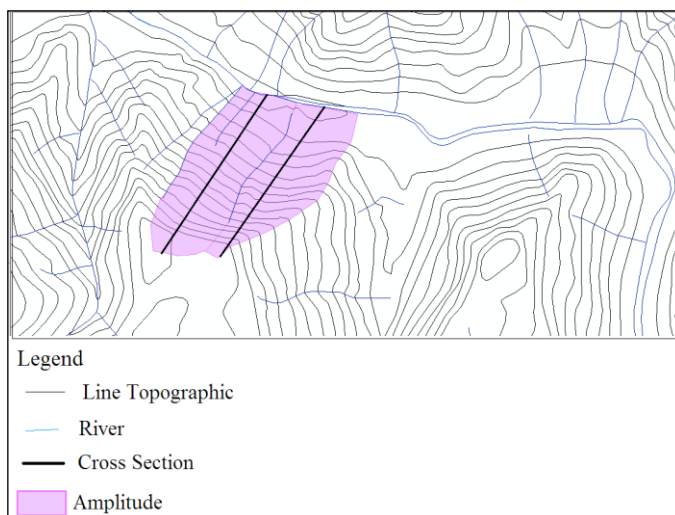


شکل (۴-۲۵) نحوه مشخص نمودن محدوده دامنه‌ها

بعد از مشخص نمودن محدوده تک تک دامنه‌های مشرف به مخزن سد و نیار نقشه تفکیک دامنه‌ها تهیه

شد که در حدود ۷۵۰ دامنه مشخص شده است (شکل ۴-۲۶).

سپس برای وارد نمودن پروفیل هر یک از دامنه‌ها در نرم افزار Slide5.0 بهترین مقطع برای هر دامنه، که شامل مقطعی می‌باشد که مشرف به رودخانه باشد و تقریباً معرف کل دامنه است، در نرم افزار GIS مشخص نمودیم (شکل ۴-۲۷).



شکل (۴-۲۷) - مقاطع مشخص شده برای رسم پروفیل در نرم افزار Slide5.0

در این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار Slide5.0 و با فرض دورانی بودن سطح لغزش و استفاده از روش بیشاپ ساده شده (۱۹۵۵) و جانبو ساده شده (۱۹۶۸) ضریب اطمینان هر یک از دامنه‌ها تعیین شده و همچنین از آنالیز برگشتی جهت تعیین خصوصیات لغزش‌های صورت گرفته شده استفاده شده است.

۴-۹- آنالیز برگشتی دامنه‌های لغزشی در منطقه مورد مطالعه

با توجه به اهداف مد نظر، تحلیل پایداری را بسته به زمان انجام آن، می‌توان به دو گروه:

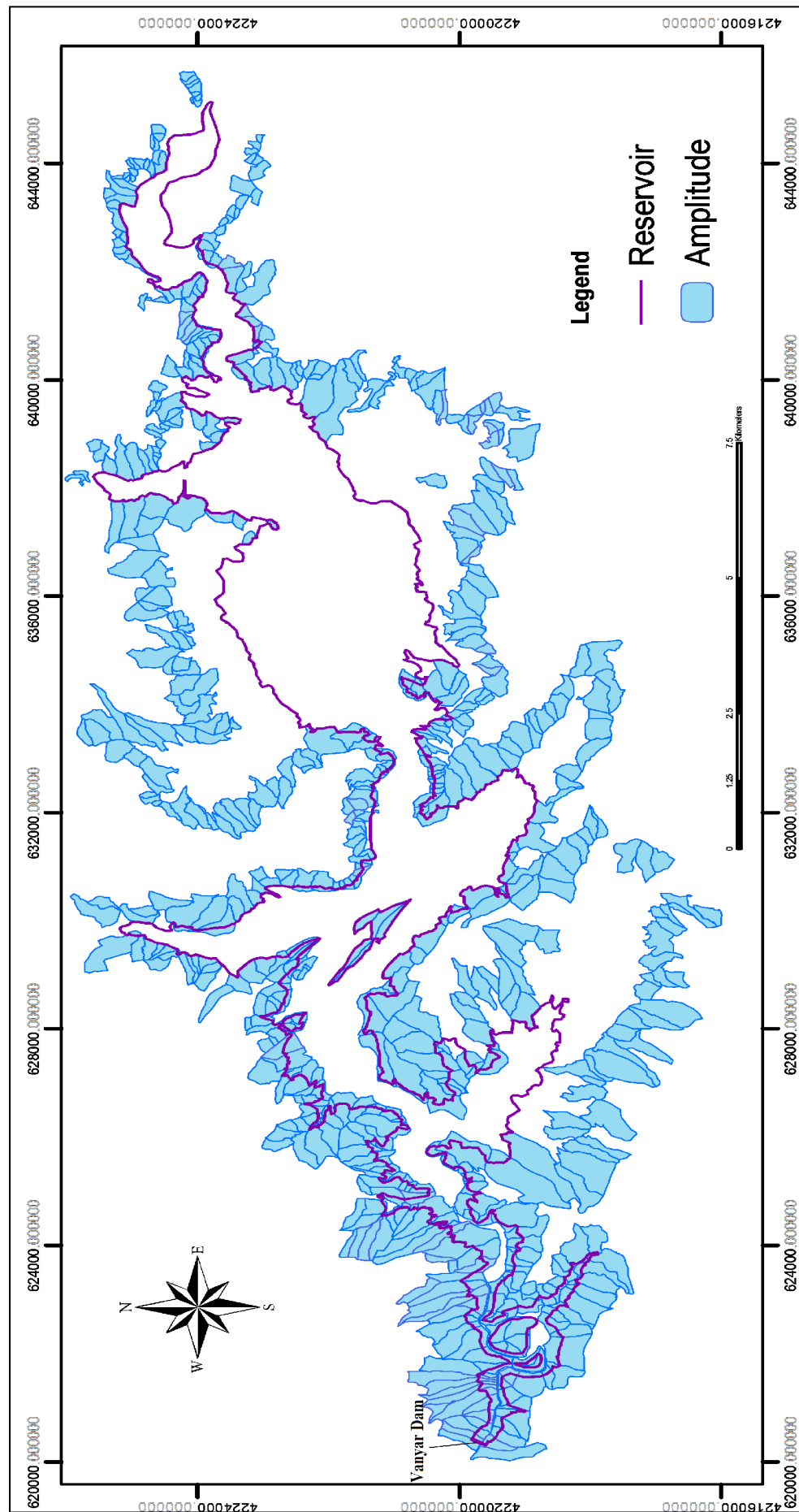
۱- شرایط قبل از گسیختگی^۱

۲- شرایط بعد از گسیختگی^۲ تقسیم بندی نمود (Morgenstern, 1992).

تحلیل‌های قبل از گسیختگی جهت اطمینان از پایداری کلی دامنه و نحوه عملکرد آن انجام می‌گردد.

¹ Pre failure

² Post failure

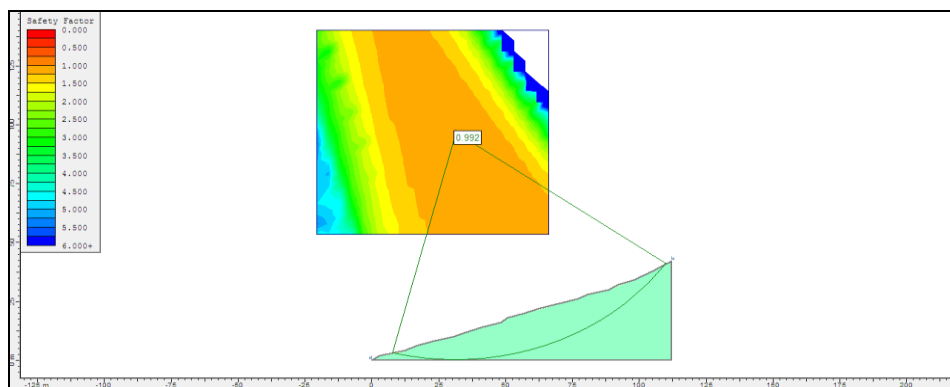


شکل (۴-۲۶) - نقشه تفکیک دامنه‌های مخزن سد ونیار

در صورتی که تحلیل‌های برگشتی، عمدتاً جهت بررسی علت گسیختگی، توضیح مکانیسم شکست و نیز یافتن اطلاعات قابل دسترسی برای فرضیات طراحی، نظیر محدوده مقاومت برشی توده انجام می‌شود. البته باید توجه داشت که این روش (آنالیز برگشتی) تنها برای محل مورد آنالیز قابل قبول می‌باشد (Filz et al, 1992). مؤلفه‌های اصلی هر تحلیل برگشتی را به صورت زیر بیان می‌کنند:

- هندسه زمین لغزش که شامل سطح لغزش، ارتفاع دامنه و موقعیت مرزی مصالح
- فشار منفذی ایجاد شده در سطح لغزش در حین گسیختگی
- بارهای خارجی اعمال شده به دامنه در حین شکست
- مقاومت مصالح و پارامترهای مقاومت برشی در طول سطح لغزش
- وزن واحد مصالح موجود در توده لغزشی (Filz et al, 1992).

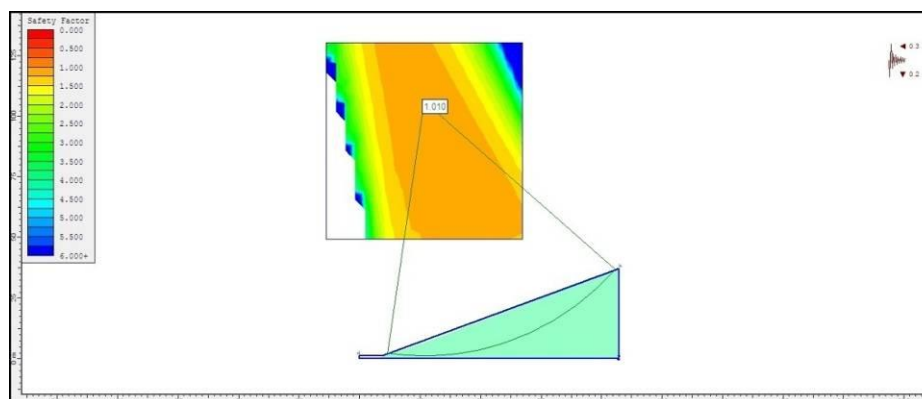
در این تحقیق با هدف ارزیابی پارامترهای مقاومتی توده‌های لغزشی و نیز کنترل پارامترهای مقاومتی رخنمونهای سنگی با استفاده از مدل ساده شده Bishop, Janbu آنالیز برگشتی صورت گرفته است. ابتدا پروفیل دامنه‌ها قبل و بعد از لغزش در نرم افزار Slide 5.0 رسم شد سپس دامنه بعد از لغزش را در حالت استاتیک (بدون شتاب زلزله)، و خشک و با فرض چسبندگی (c) برحسب KN/m^2 برابر صفر تحلیل گردید. سپس میزان ϕ برحسب درجه را به حدی تغییر می‌دهیم که ضرایب اطمینان کمتر ۱ باشد. بدین ترتیب میزان ϕ دامنه لغزشی مشخص می‌شود شکل (۴-۲۸).



شکل (۴-۲۸)- تصویری از دامنه لغزشی بعد از لغزش با شرایط آنالیز معکوس

سپس پروفیل دامنه قبل از لغزش را با اعمال ضرایب شتاب افقی و قائم آخرین زلزله تجربه (بزرگی زلزله

تاریخی ۷/۶) در منطقه که دارای شتاب افقی و عمودی به ترتیب $0.3g$ و $0.2g$ (با فرمول (Ambraseys & Douglas (2000), Douglas (2001b) & Ambraseys & Douglas (2003) برآورد شده است) و در شرایط اشباع و ϕ بدست آمده در مرحله قبل قرار داده و پارامترهای مقاومتی C بر حسب KN/m^2 را برای رسیدن به ضرایب اطمینان، میزان آستانه ناپایداری ($Fs=1$). تغییر می‌دهیم شکل (۴-۲۹).



شکل (۴-۲۹)- تصویری از دامنه لغزشی قبل از لغزش با شرایط آنالیز معکوس

بدین ترتیب پارامترهای C و ϕ تک تک دامنه‌های لغزشی مشخص شده است. در جدول (۵-۳) میزان C و ϕ دامنه‌های لغزشی نشان داده شده است.

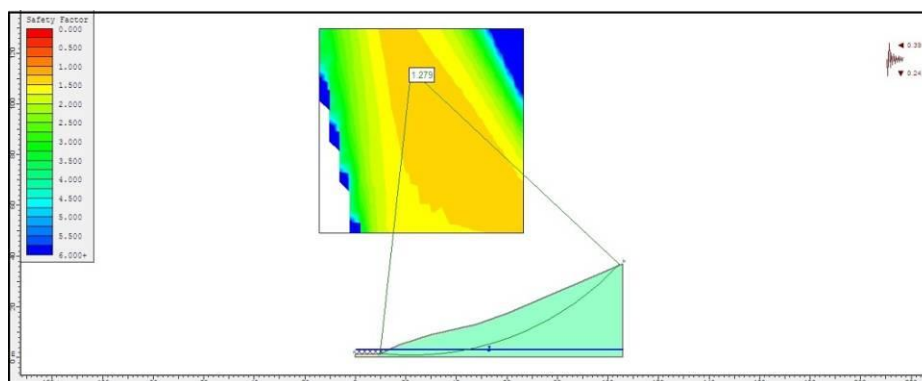
جدول (۴-۲)- میزان C و ϕ دامنه‌های لغزشی، قبل از وقوع زمین لغزش

ردیف	شماره لغزش	ϕ	C	جنس سنگ درگیر	GSI
1	1	32.5	49	*Ms	30-35
2	4	42	44	Ms	35-40
3	6	40	14	*Mm	40-45
4	11	30	27	Ms	30
5	12	26	18	Mm	45
6	13	34	40	Ms	40-45
7	15	39	26	Ms	30-35

* (Ms) گنگلومرای قرمز با تناوبی از ماسه سنگ و مارن قرمز و نهشته‌های ماسه‌سنگ قرمز همراه با مارن
* (Mm) مارن‌های رنگین، حاوی مقادیر زیادی رسوبات تبخیری مانند گچ و نمک

۴-۹-۱- ضریب اطمینان دامنه‌های لغزشی

بعد از مشخص شدن پارامترهای C و ϕ دامنه‌های لغزشی، پروفیل دامنه بعد از لغزش را در شرایط آبگیری و حداکثر شتاب زلزله ساختگاه سد قرار داده و میزان ضرایب اطمینان آنها را تعیین می‌کنیم تا براساس آن پهنه‌بندی دامنه‌ها صورت گیرد شکل (۴-۳۰).



شکل (۴-۳۰) - دامنه لغزشی در شرایط آبگیری سد

با توجه به بررسی انجام شده ضرایب اطمینان دامنه‌های لغزشی در تمامی موارد کمتر از ۱/۵ است، به جزء یک مورد که کمتر از یک می‌باشد. بنابراین با آبگیری سد احتمال فعالیت مجدد آنها بالا است.

۴-۱۰- ارزیابی ضرایب اطمینان دامنه‌های مشرف به مخزن سد بعد از آبگیری سد

به منظور مشخص نمودن ضرایب اطمینان دامنه‌های غیر لغزشی بعد از رسم پروفیل دامنه در شرایط بعد از آبگیری سد، نیاز به مشخص نمودن پارامترهای مقاومتی C و ϕ واحدهای سنگی بود که به علت کمبود اطلاعات از نرم افزار RocData3.0 برای برآورد میزان آنها استفاده شده است. امروزه استفاده از نرم افزارهای عددی در اکثر پروژه‌ها رواج گسترده‌ای یافته است. نرم افزار RocData3.0 به منظور استفاده سریع و آسان از معیار شکست هوک و براون ارائه شده و کاربر قادر است به راحتی تخمین مناسبی از خصوصیات توده سنگ را به دست آورد. داده‌های ورودی در این نرم‌افزار شامل:

- مقاومت فشاری تک محوره سنگ بکر (Sigci): با توجه به نوع جنس واحد سنگی موجود در منطقه مورد مطالعه میزان مقاومت فشاری تک محوره برای واحد سنگی Mm و Ms برابر ۵ (در گروه سنگهای هوازده) در نظر گرفته شده است.

- اندیس مقاومت زمین شناسی (GSI): با بازدیدهای صحرایی و در نظر گرفتن شرایط غالب سطح

ناپیوستگی ها در نرم افزار RocData3.0 میزان آن برای هر واحد سنگی در چندین ایستگاه مشخص شده است شکلهای (۴-۱۷ و ۴-۱۹ و ۴-۲۱ و ۴-۲۳).

- ثابت معیار هوک و براون برای سنگ بکر (mi) : بر اساس جداول تجربی موجود در برنامه RocData3.0 و نوع سنگ و بافت آن این شاخص تعیین می گردد. با توجه به نوع سنگ و بافت آن میزان این فاکتور برای واحد سنگی Ms ۲۱ و برای واحد سنگی Mm ۵ در نظر گرفته شده است.

- فاکتور آشفستگی (D): این پارامتر به درجه صدمه ناشی از آتشباری و آزاد شدن تنش بستگی دارد. مقدار این پارامتر از صفر برای توده سنگ صدمه دیده تا ۱ برای توده سنگ بسیار صدمه دیده تغییر می کند. با استفاده از این داده ها نرم افزار قادر به تعیین میزان C و ϕ واحد سنگی می باشد.

میزان C و ϕ واحد سنگی Ms (گنگلومرای قرمز با تناوبی از ماسه سنگ و مارن قرمز، و ماسه سنگ قرمز همراه با مارن) در جدول (۴-۳) و میزان C و ϕ واحد سنگی Mm (مارن های رنگین همراه با رسوبات تبخیری گچ و نمک با بین لایه های ماسه سنگی) در جدول (۴-۴) با توجه به GSI اندازه گیری شده نشان داده شده است.

جدول (۴-۳) - میزان C و ϕ واحد سنگی Ms با توجه به GSI

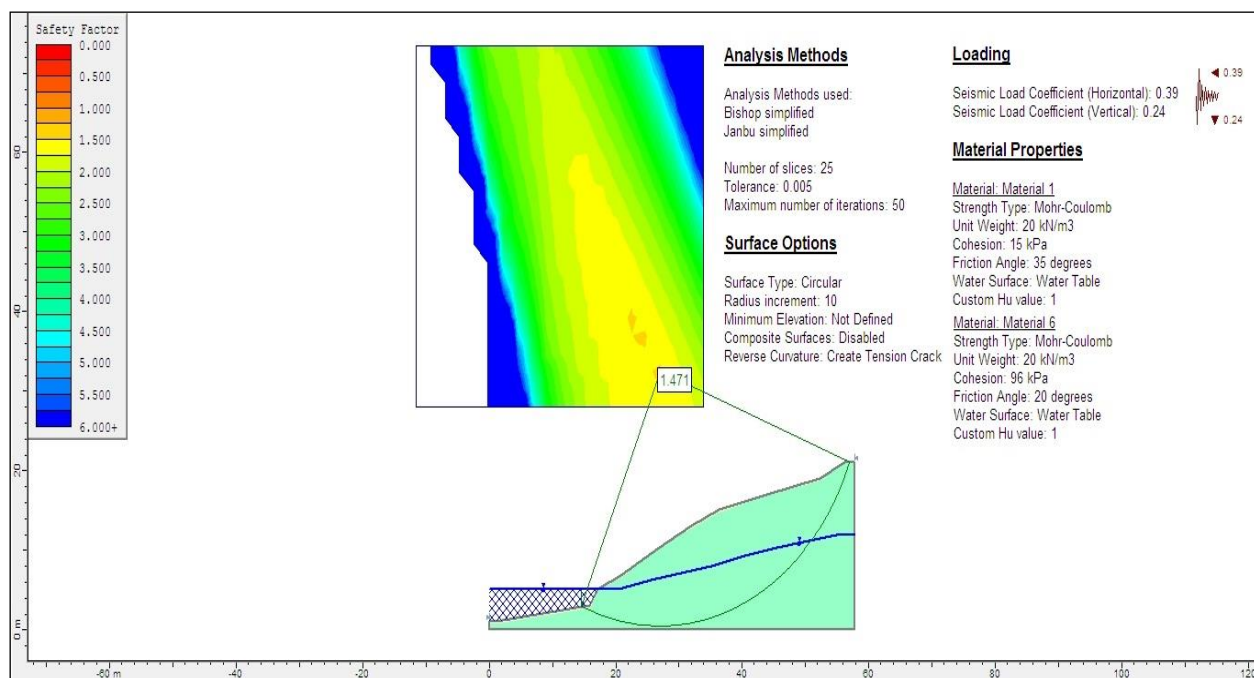
C KN/m ²	ϕ Degrees	GSI	ردیف
66	15	30	1
80	17	35	2
96	20	40	3
113	22	45	4
132	25	50	5
177	31	60	6

جدول (۴-۴) - میزان C و ϕ واحد سنگی Mm با توجه به GSI

C KN/m ²	ϕ Degrees	GSI	ردیف
------------------------	-------------------	-----	------

9	34	30	1
10	43	35	2
12	52	40	3
14	63	45	4
16	76	50	5
31	110	60	6

بنابراین با رسم پروفیل دامنه و مشخص نمودن پارامترهای مقاومتی هر یک از واحدهای سنگی و اعمال شتاب زلزله با دوره بازگشت ۴۷۵ ساله و معرفی سطح آب بعد از آبگیری سد برای هر یک از دامنه‌ها میزان ضریب اطمینان برای تک تک دامنه‌ها مشخص می‌شود مثالی از داده‌های ورودی و اطلاعات خروجی از نرم‌افزار Slide 3.0 برای تعیین ضریب اطمینان دامنه‌ها در شکل (۴-۳۱) آورده شده است.



شکل (۴-۳۱) - مثالی از داده‌های ورودی و خروجی نرم افزار Slide 3.0

بدین ترتیب ضریب اطمینان تک تک ۷۵۰ دامنه مشخص شد. ضریب اطمینان دامنه‌ها در شرایط آبگیری و با حداکثر شتاب زلزله با دوره بازگشت ۴۵۷ ساله (شتاب افقی ۰/۳۹ و شتاب عمودی ۰/۲۴) وارد نرم‌افزار Arc GIS 9.3 شد. در نهایت ضریب اطمینان به‌دست آمده را در ۳ گروه:

۱- دامنه‌های با ضریب اطمینان ≥ 1 (دامنه‌های ناپایدار)،

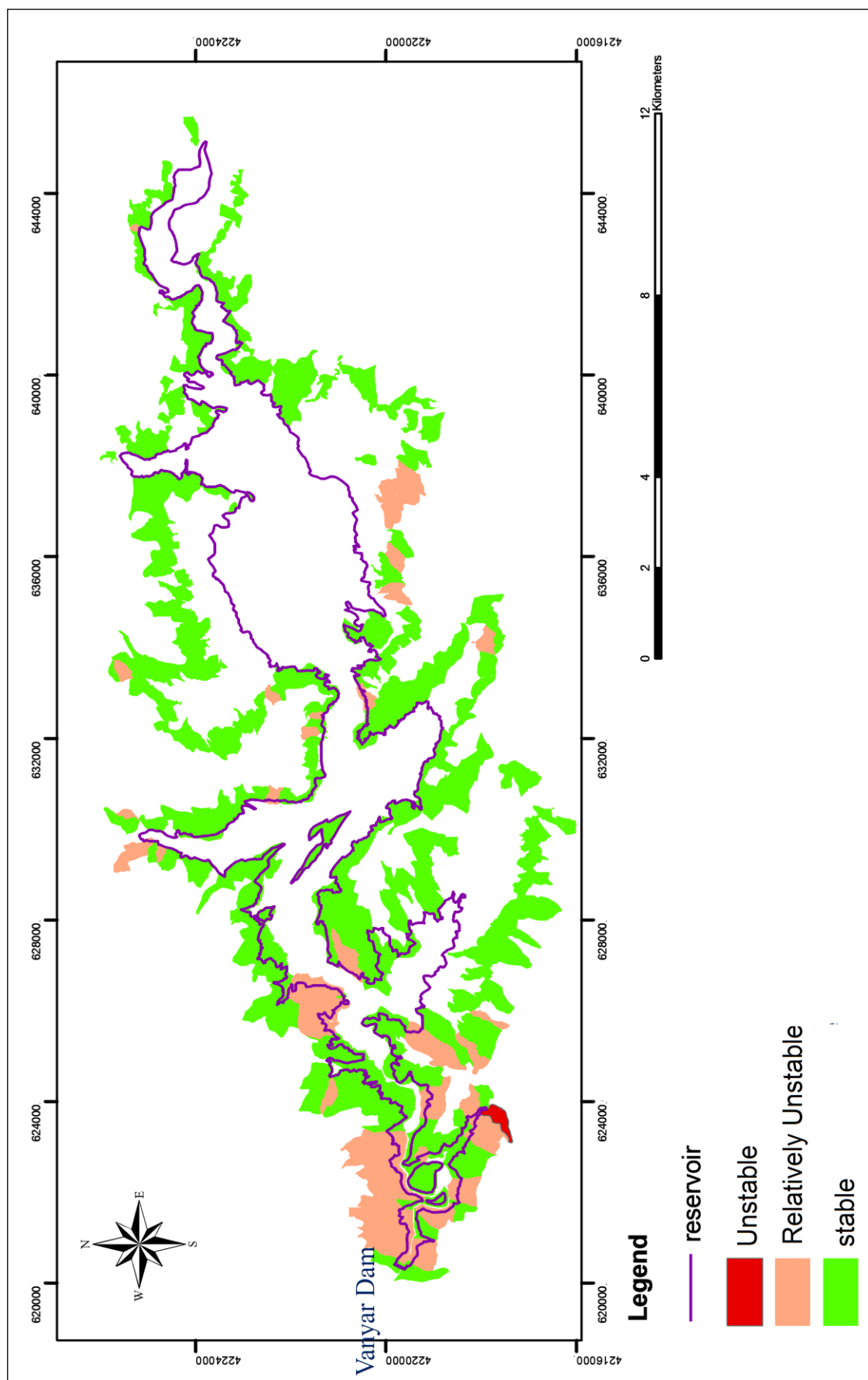
۲- دامنه‌های با ضریب اطمینان بین ۱ - ۱,۵ (دامنه‌های نسبتاً ناپایدار)،

۳- دامنه‌های با ضریب اطمینان $< 1,5$ (دامنه‌های پایدار)

طبقه‌بندی شده و بر اساس آن نقشه پهنه‌بندی خطر لغزش در اطراف مخزن سد و نیار تهیه شده است. چنانکه در شکل (۵-۳۲) نقشه پهنه‌بندی خطر لغزش مخزن سد و نیار مشاهده می‌شود دامنه‌های ناپایدار با رنگ قرمز، دامنه‌های نسبتاً پایدار با رنگ صورتی و دامنه‌های پایدار با رنگ سبز نشان داده شده است.

دامنه‌های مشرف به مخزن سد و نیار در حالت خشک و مرطوب (حالت آبگیری سد و نیار)، با شرایط بدون زلزله و حداکثر شتاب زلزله با دوره بازگشت ۴۷۵ ساله مورد بررسی قرار داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که در حالت خشک و مرطوب بدون در نظر گرفتن زلزله، تمامی دامنه‌ها مخزن سد و نیار دارای ضریب اطمینانی بیش از ۱/۵ هستند و پایدارند. با مقایسه پتانسیل ناپایداری دامنه‌های مخزن سد در حالت خشک و مرطوب با زلزله مشاهده شد که در حالت خشک میزان پایداری دامنه‌ها بیشتر از حالت مرطوب یا آبگیری سد است. اما تغییرات ضریب اطمینان در حدی نیست که در نقشه پهنه‌بندی زمین-لغزش مخزن سد اثر گذارد و نقشه در هر دو شرایط یکسان می‌باشد.

دامنه‌هایی که سد بر روی آنها قرار گرفته به علت توپوگرافی خشن و شیب تند نسبتاً ناپایدار (جناح راست) و ناپایدار (جناح چپ) می‌باشد ولی با توجه به این که بر روی آنها عملیات پایدارسازی انجام شده است پایداری آنها افزایش یافته است. در اشکال (۴-۳۳ و ۴-۳۴) سکوبندی و بتن پاشی همراه با آرماتوربندی تکیه‌گاه‌های چپ و راست سد نشان داده شده است.



شکل (۵-۳۲) - نقشه پهنه‌بندی خطر لغزش در دامنه‌های اطراف مخزن سد ونیار بعد از آگیری سد

در شکل

(۳۳-۴) مش گذاری و بتن پاشی برای پایدارسازی دامنه راست سد و نیار و در شکل (۴-۳۴) روش پلکانی (برمبندی) و بتن پاشی برای پایدارسازی دامنه چپ سد و نیار نشان داده شده است.



شکل (۴-۳۳) - مش گذاری و بتن پاشی برای پایدارسازی دامنه راست سد و نیار



شکل (۴-۳۴) - روش سکوبندی یا پلکانی کردن و مش گذاری و بتن پاشی برای پایدارسازی دامنه چپ سد و نیار

۴-۱۱- معرفی لغزش‌های خطر ناک و روش‌های پایدارسازی آنها

شناسایی و پایدارسازی زمین‌لغزش‌های موجود در محدوده مخزن سد موجب کاهش بار رسوبی رودخانه و جلوگیری از کاهش حجم مفید سد می‌شود. زمین‌لغزش‌های عمیقی که در نزدیکی محل احداث سد و نیار است، بیشترین خطر را برای مخزن سد و سد به وجود می‌آورد. از جمله این زمین‌لغزه‌ها می‌توان به زمین‌لغزش‌هایی که در شکل‌های (۳-۴)، (۴-۴)، (۵-۴) و (۶-۴) نشان داده شده است اشاره نمود. از میان آنها نیز زمین‌لغزش شکل (۳-۴) دارای حجمی در حدود ۸۴۸۰۰۰ متر مکعب است که می‌تواند در ۰/۲ درصد مخزن سد را پر نماید اما بیشترین خطر این زمین‌لغزش از این لحاظ است که به ساختگاه سد و نیار بسیار نزدیک می‌باشد و در صورت فعالیت مجدد آن، امکان ایجاد امواجی که سبب شستشوی سد و خرابی در آن شود وجود دارد و برای دریچه‌های آبگیری سد نیز مشکلات زیادی ایجاد می‌کند. یکی از عوامل ایجاد این زمین‌لغزش شیب زیاد است بنابراین کاهش شیب دامنه و ایجاد زهکش‌های سطحی و زیر سطحی از روش‌های کم هزینه پایدارسازی این توده لغزشی است. استفاده از سازه‌های نگهدارنده مانند مش‌گذاری و بتن پاشی از روش‌های دیگر پایدارسازی است که در این مورد می‌توان استفاده نمود. زمین‌لغزش شکل (۴-۵)، زمین‌لغزش بزرگی است که نسبتاً به محل احداث سد نزدیک است بنابراین فعالیت مجدد این توده لغزشی می‌تواند هم موجب کاهش حجم مخزن سد گردد و هم به دریچه‌های آبگیری سد آسیب رساند. برای پایدارسازی این توده لغزشی می‌توان از روش‌های مانند کاهش شیب و پلکانی نمودن شیب و ایجاد زهکشی سطحی و زیر سطحی در دامنه استفاده نمود. زمین‌لغزش‌های شکل-های (۵-۴) و (۶-۴) زمین‌لغزش‌های نسبتاً عمیقی هستند که حجم خاک کمتری نسبت به زمین‌لغزش-های شکل (۳-۴) و (۴-۴) در اثر فعالیت آن‌ها وارد مخزن سد می‌شود. از جمله روش‌های پایدارسازی این دامنه‌ها می‌توان به خاکبرداری از پنجه تا رسیدن به پایداری و غیر قابل نفوذ کردن دامنه و استفاده از میل مهار اشاره نمود.

۴-۱۲- اثرات زیست محیطی زمین لغزش‌ها در مخزن سد و نیار

احداث سد در یک منطقه اثرات اقتصادی و اکولوژی متفاوتی را بر حوضه ایجاد می‌کند. این اثرات به دو صورت اثرات متقابل زیست محیطی مثبت و منفی آشکار می‌شود. از اثرات مثبت احداث سد و نیار می‌توان به افزایش تولید محصولات کشاورزی، گسترش صنعت توریسم، امکان توسعه و تکثیر و پرورش ماهی، توسعه صنایع و جاده‌ها، کنترل سیلاب و غیره اشاره نمود. از اثرات منفی احداث این سد می‌توان به زیر آب رفتن محله‌های زندگی افراد بومی، چند روستا، مقدار زیادی از زمینهای کشاورزی و مراتع، افزایش بیماری‌های مرتبط با آب، افزایش فرسایش و رسوبگذاری در مخزن و لایه بندی در آب مخزن می‌توان اشاره نمود (مهندسین مشاور قدس نیرو، ۱۳۸۲).

توسعه فعالیت‌های بشری به ویژه در مناطق کوهستانی و مستعد لغزش، یکی از عوامل افزایش وقوع لغزش‌ها می‌باشد. فعالیت‌های بشری که در پی ساخت و بهره‌برداری از سد ایجاد ناپایداری در دامنه‌ها را می‌نماید به صورت زیر می‌باشد.

۱. ارتعاشات ناشی از انفجارات و ماشین‌آلات ساختمانی در حین ساخت سد و ارتعاشات ناشی از تخلیه مخازن سد و پروژه‌های تغذیه مصنوعی سد از جمله فعالیت‌های ایجاد کننده تنش‌های زودگذر در زمین می‌باشد.

۲. ایجاد دریاچه‌های مصنوعی، مخازن و کانال‌های انتقال آب و نوسانات سطح آب در آنها از جمله فعالیت‌هایی است که منجر به از بین رفتن تکیه گاه جانبی و زیرین دامنه می‌شود.

۳. کاهش مقاومت مصالح مانند رس و شیل در اثر بالا آمدن موضعی تراز آب زیرزمینی ناشی از ساخت سد و افزایش فشار آب منفذی که منجر به کاهش مقاومت برشی خاک می‌شود. از فعالیت‌های می‌باشد که منجر به کاهش مقاومت برشی خاک می‌شود.

با توجه به موارد فوق مشاهده می‌شود که با احداث سد و آبرگیری و بهره‌برداری از آن، وقوع لغزش در دامنه‌ها افزایش می‌یابد و وقوع لغزش در دامنه‌ها سبب از بین رفتن پوشش گیاهی می‌شود (حافظی مقدس، ۱۳۸۸).

بنابراین یکی از اثرات منفی زمین لغزش بر محیط زیست از بین بردن پوشش گیاهی و خاک حاصلخیز سطحی زمین است. آب بارانی که روی شیب می بارد ممکن است جذب زمین شود و یا بر روی شیب جاری گردد. وجود پوشش گیاهی جریان آب را کند می نماید و باعث افزایش نفوذ آن در زمین می شود به طوری که جریان فرسایش بر روی شیب را کاهش می دهد (ضرغامی، ۱۳۷۷). در مطالعات پایداری شیب ها، پوشش گیاهی سبب محافظت و نگهداری از تأثیر عوامل اقلیمی و کاهش اثر آن بر فرآیندهای هوازدگی و فرسایش در اعماق زیاد دارد. در حضور پوشش گیاهی مقدار قابل توجهی از نزولات جوی یا آب زیرزمینی موجود در توده تبخیر می شود بنابراین ناپایداری دامنه را کاهش می دهد. ریشه گیاه مقاومت برشی خاک را افزایش می دهد و با ایجاد فشار آب منفذی منفی بر چسبندگی می افزاید. لغزش ها به علت به هم ریختن بافت طبیعی زمین دارای رطوبت بیشتری نسبت به مناطق اطراف خود هستند بنابراین بیشتر در معرض فرسایش و آبشویی قرار می گیرند و با فرسایش و آبشویی بیشتر، رسوب بیشتری به مخزن سد حمل می شود و سبب کاهش حجم مفید سد می گردد (حافظی مقدس و غفوری، ۱۳۸۸). رابطه بین زمین لغزش و فرسایش به صورت یک رابطه متقابل است که در طی سه مرحله کلی به صورت زیر قابل تشخیص می باشد.

مرحله اول: قبل از وقوع زمین لغزش

وجود انواع معینی از فرسایش از جمله فرسایش آب زیرزمینی و فرسایش خندقی می تواند سبب تحریک ناپایداری دامنه گردد و زمین لغزه های موضعی یا حرکت های دامنه ای زیادی را به وجود آورد.

مرحله دوم: مرحله همزمان با وقوع لغزش

وقوع زمین لغزش به خودی خود می تواند منجر به جابه جایی حجم عظیمی از توده خاک از محل اولیه خود می شود و آن را به سیستم زهکش منطقه تحویل می دهد.

مرحله سوم: مرحله بعد از وقوع زمین لغزش

به هم ریختگی مصالح تشکیل دهنده دامنه و تبدیل آنها از مصالح به هم پیوسته به مصالح منفصل و سست، باعث تسهیل عملکرد عوامل فرسایش نسبت به زمان قبل از وقوع زمین لغزش و افزایش رسوب-

زایی می‌گردد.

مهمترین عامل مؤثر در میزان رسوب‌زایی ناشی از زمین‌لغزش‌ها، نحوه ارتباط دامنه لغزشی با زهکشی منطقه می‌باشد. لغزش‌هایی که در حاشیه کانال رودخانه به وقوع می‌پیوندد تأثیر بیشتری در تولید رسوب نسبت به زمین‌لغزش‌های بزرگ و دور از کانال‌های زهکشی اصلی دارند (حق شناس، ۱۳۷۵). در اثر زمین‌لغزش و در پی آن فرسایش خاک نیز مشکلات ذکر شده در زیر بروز می‌کند.

- از بین رفتن خاک حاصلخیز و کاهش سطح زیر کشت محصولات کشاورزی
- افزایش رسوب وارده به مخازن سد، کاهش عمر مفید سد و در پی آن تحمیل هزینه‌های رسوب‌زدایی

- گل‌آلود شدن و کاهش کیفیت آب
 - تأثیر بر جمعیت و گونه‌های آبرزی در رودخانه‌ها و دریاچه‌ها
- سالانه ۲۳۰ میلیون مترمکعب رسوب پشت سدهای ایران جمع می‌شود که این مقدار معادل ظرفیت آب سد کرج می‌باشد. بر اساس بررسی‌های انجام شده در سال ۱۳۸۲ از ۶۸ سد ساخته شده در کشور ۲۰ سد با مشکل رسوب مواجه بوده است. بحرانی‌ترین آمار مربوط به سد سفید رود است رسوب وارد به مخزن سد سفید رود تشکیل جزایر مستحکمی را در داخل مخزن سد داده است و عملاً رسوب‌زدایی آن غیر ممکن است. (حافظی مقدس و غفوری، ۱۳۸۸)

با توجه به برآوردهای انجام شده، در یک جمع بندی کلی می‌توان به این نتیجه رسید که زمین‌لغزش‌های قدیمی عمیق (زمین لغزش‌های شماره ۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۵) شناسایی شده در حدود ۱۴۰۷۰۰۰ متر مکعب خاک می‌توانند وارد مخزن سد ونیار نماید. با توجه به اینکه حجم کلی مخزن سد ونیار ۳۶۱/۳ میلیون متر مکعب می‌باشد در صورت وقوع زمین لغزش‌های قدیمی عمق ۰/۵ درصد از مخزن سد را می‌تواند پر کند.

حجم تک تک دامنه‌های ناپایدار و نسبتاً ناپایدار با استفاده از Slide 5.0 محاسبه شده است. با توجه به محاسبات انجام شده میزان حجم خاکی که در اثر ناپایداری دامنه‌های ناپایدار و نسبتاً ناپایدار وارد مخزن سد ونیار می‌شود

۱۴۲۸۰۱۰۰ متر مکعب خاک برآورد شده است. که حجم نسبتاً بالای می باشد و می تواند در حدود ۵٪ از حجم مخزن را پر نماید. بنابراین پایداری زمین لغزش های موجود در مخزن سد و نیار ضروری به نظر می رسد زیرا وقوع زمین لغزش باعث:

۱. افزایش رسوب وارد به مخزن سد و کاهش عمر مفید سد و ایجاد مشکل برای دریچه های آبیگری سد
۲. از بین رفتن خاک حاصلخیز سطحی و کاهش زمین های زیر کشت
۳. گل آلود شدن و کاهش کیفیت آب مخزن سد
۴. از بین بردن پوشش گیاهی در اثر زمین لغزش
۵. تشدید فرآیند فرسایش در اثر کاهش مقاومت مصالح توده و از بین بردن پوشش گیاهی در طی زمین

لغزش

۶. سرریز شدن آب مخزن سد و نیار در حین زمین لغزش و شسته شدن دیواره سد و آسیب به سد و تأسیسات موجود در اطراف سد و نیار

فصل پنجم

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱- مقدمه

در هر تحقیق با توجه به موضوع آن اهداف مشخصی دنبال می‌شود و برای نیل به این اهداف از روشهای خاصی استفاده می‌شود. در این تحقیق جهت پهنه‌بندی خطر لغزش در دامنه‌های مخزن سد، بعد از آبگیری، به مطالعه لغزش‌های موجود (قبل از آبگیری) در محدوده مخزن سد و نیار پرداخته شده است.

سپس با استفاده از روش توضیح داده شده در فصول قبل پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مشخص نمودن ضریب اطمینان برای هر دامنه در این ناحیه انجام شده است. در این فصل نتایج بدست آمده از پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش و میزان خطر زمین‌لغزش بعد از آگیری سد و اثراتی زیست محیطی که زمین‌لغزش در مخزن سد بر جای می‌گذارد بررسی شده است و در نهایت پیشنهاداتی جهت پرهیز و رفع خطر لغزش ارائه خواهد شد.

۵-۲- نتایج

پهنه‌بندی ناحیه مورد مطالعه به روش پهنه‌بندی مطلق خطر زمین‌لغزش که با استفاده از ضریب اطمینان بدست آمده صورت می‌گیرد بسیار دقیق‌تر از روش پهنه‌بندی نسبی می‌باشد که با استفاده از چندین لایه از عوامل مؤثر بر لغزش انجام می‌شود. در پهنه‌بندی مطلق خطر زمین‌لغزش خواص ژئوتکنیکی واحدهای سنگی و همچنین مورفولوژی دامنه‌ها با دقت بیشتری مورد ارزیابی قرار می‌گیرد بنابراین در این تحقیق از این روش استفاده شده است و نتایج زیر حاصل شده است.

- نتایج بررسی‌های انجام شده در این تحقیق نشان می‌دهد که حدود ۰/۵ درصد سطح دامنه‌ها در رده ناپایدار و حدود ۱۹/۵ درصد سطح دامنه‌ها در رده نسبتاً ناپایدار و ۸۰ درصد در رده پایدار قرار دارند. بخش میانی و انتهایی مخزن سد، به‌علت وجود رسوبات نرم میوسن متشکل از نهشته‌های مارن رنگین و مقادیر زیادی رسوبات تبخیری، مانند گچ و نمک و لایه‌های ماسه‌سنگی، دارای توپوگرافی پست هستند و در گروه دامنه‌های پایدار قرار گرفته‌اند. محدوده بالادست سد متشکل از گنگلومرای قرمز با تناوبی از ماسه سنگ و مارن قرمز و نهشته‌های ماسه‌سنگ قرمز همراه با مارن است و در محدوده محور سد رخنمون‌های از سنگهای آتشفشانی میوسن رخنمون یافته است. هر دو نوع این سنگها دارای شیب تندی هستند و در گروه ناپایدار و نسبتاً ناپایدار قرار دارند.

- عوامل مختلف و بی‌شماری در ناپایداری دامنه‌ها مؤثر است که غالباً بر هم تأثیر متقابل دارند و نقش هر یک از آنها در ناپایداری کاملاً پیچیده و ظریف می‌باشد. براساس بررسی‌های انجام شده، از میان عوامل مؤثر بر لغزش شیب تند، توپوگرافی خشن و جنس مصالح بیشترین تأثیر را در وقوع لغزش در

ناحیه مورد مطالعه داشته است. وجود آبراهه، عوامل انسانی و پاشویی رودخانه از عوامل فرعی هستند که به وقوع لغزش در این ناحیه کمک نموده است.

- ساختگاه سد، از گسل فعال و بزرگی مانند تبریز ۳ کیلومتر و از گسل مزرعه که از اصلی ترین گسلهای نزدیک این محدوده است ۴ کیلومتر فاصله دارد. با توجه به حداکثر شتاب زلزله در این ناحیه (شتاب افقی ۰/۳۹، شتاب عمودی ۰/۲۷) مشخص می شود که این محدوده در یک منطقه زلزله خیز واقع شده است. بنابراین از اصلی ترین عوامل ناپایداری دامنه های مخزن سد و نیار می توان به هندسه دامنه ها، لیتولوژی، شتاب زلزله و تراز سطح آب اشاره نمود.

- زمین لغزش در مخزن سد و نیار، اثرات زیست محیطی منفی و زیان باری ایجاد می نماید که از جمله آنها می توان به از بین رفتن خاک حاصلخیز و پوشش گیاهی، گل آلود شدن و کاهش کیفیت آب مخزن سد، تشدید فرآیند فرسایش، افزایش رسوب مخزن سد اشاره نمود. با توجه به نتایج بدست آمده ۸۰ درصد سطح دامنه ها در گروه پایدار قرار دارند که اکثر دامنه ها را در برمی گیرد و تنها ۰/۵ درصد دامنه ها در گروه ناپایدار و ۱۹/۵ درصد در گروه نسبتاً ناپایدار قرار دارند که درصد کمی از دامنه های مخزن سد را به خود اختصاص داده اند. اما آن چه حائز اهمیت می باشد این است که دامنه های ناپایدار، نسبتاً ناپایدار و اکثر دامنه های که لغزش های عمیق در آنها مشاهده شده در نزدیکی محل احداث سد واقع شده است. بنابراین حرکت احتمالی این لغزش ها علاوه بر کاهش حجم مفید مخزن سد می تواند مشکلات بسیاری را برای دریچه های آبگیری سد ایجاد نماید. یکی دیگر از مشکلاتی که زمین لغزش های موجود در نزدیکی مخزن سد در حین لغزش می تواند ایجاد کند، امواج ناشی از آن می باشد زیرا این سد از نوع خاکی با هسته رسی است و اگر ارتفاع امواج به حدی برسد که از دیواره سد سرریز کند می تواند دیواره سد را شسته و سبب خرابی سد شود.

علاوه این اکثر زمین لغزش های قدیمی در نزدیکی سد قرار دارند در اثر ناپایداری آنها احتمال آسیب به سد وجود دارد و در اثر فعالیت مجدد آنها ۱۴۰۷۰۰۰ متر مکعب خاک وارد مخزن سد خواهد شد که در حدود ۰/۵ درصد از کل حجم مفید مخزن سد و نیار را تشکیل می دهد. این حجم از خاک می تواند برای

دریچه‌های آبگیری سد ایجاد مشکل نماید.

۵-۳- پیشنهادات

- با آبگیری سریع سد پوسته زمین خود را با بارگذاری انجام شده مطابقت می‌دهد و امکان ایجاد زمین‌لرزه‌های کوچک وجود دارد که این رویداد سبب آغاز رانش‌های در زمین می‌شود، بنابراین پیشنهاد می‌شود آبگیری سد در چند مرحله صورت گیرد.
- کاهش سریع سطح آب مخزن سد یکی از عوامل ناپایداری دامنه‌ها در مخازن سد می‌باشد. زیرا بر فشار آب منفذی طرفین دامنه اثر می‌گذارد و سبب ایجاد زمین‌لغزش در دامنه می‌شود.
- پرهیز از بارگذاری و ساخت و ساز در بالای دامنه‌های مستعد لغزش
- پایدارسازی دامنه‌های لغزشی با تغییر هندسه یا کاهش شیب دامنه
- استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و زمین شناسی با مقیاس کوچکتر برای مطالعه دقیقتر
- تعیین دقیق پارامترهای C و ϕ با استفاده آزمایشات دقیق گمانه‌های اکتشافی برای واحدهای سنگی که این پارامترها برای آن‌ها تعیین نشده است.
- مطالعه و بررسی دقیق‌تر دامنه‌های که حاوی لغزش قدیمی هستند و تحت کنترل قرار دادن این نوع

دامنه‌ها

جدول (۳-۴) - فهرست زمین لرزه های دستگاهی و تاریخی محدوده ۱۵۰ کیلومتری سد ونیار

NO	Date(yyyy/mm/dd)	Time(UTC)	Latitude	Longitude	Depth	Magnitude
1	1900/2/24	30:00.0	38.45	44.87		Ms:5.4
2	1907/4/12	01:10.0	39.2	45.4	20	Ms:4.2
3	1907/12/23	25:00.0	38.7	46	21	Ms:4.3
4	1909/1/26	56:00.0	39.1	45.5	33	Ms:4.9
5	1909/12/30	15:00.0	38.9	46.3	15	M:4
6	1913/11/12	28:56.0	38.8	45.8	25	Ms:5
7	1914/11/1	53:26.0	38.4	45.4	33	Ms:4.4
8	1929/11/5	06:04.0	37.5	45.5	33	Ms:4.4
9	1930/5/6	03:22.0	38.15	44.75	33	mb:5.5
10	1930/5/6	34:00.0	38.24	44.6		Ms:7.2
11	1930/5/7	29:37.0	37.48	44.69		Ms:4.5
12	1930/5/7	47:48.0	37.5	45.5	33	Ms:4.9
13	1930/5/8	29:32.0	38.25	45.37	33	Ms:4.8
14	1930/5/8	23:30.0	37.7	45.5	33	Ms:5.1
15	1930/5/8	05:28.0	38.13	45.13	33	Ms:5.4
16	1930/5/8	35:28.0	38.41	45.07	33	Ms:6
17	1930/5/8	36:22.0	37.56	44.78	33	Ms:4.5
18	1930/5/9	00:00.0	37.5	45	33	Ms:4.4
19	1930/5/10	43:33.0	38.24	44.92	33	Ms:4.7
20	1930/5/23	48:23.0	38.09	45.18	33	Ms:5.2
21	1930/5/29	14:59.0	38.06	44.71	33	Ms:5.5
22	1930/6/4	28:08.0	38.17	45.13	33	Ms:5.3
23	1930/8/3	05:59.0	38.43	44.64	33	Ms:5
24	1930/8/21	55:29.0	38.4	45.02	33	Ms:4.7
25	1930/10/25	34:25.0	37.9	45.1	33	Ms:5
26	1931/5/8	06:03.0	39	46	33	Ms:4.3
27	1931/5/12	25:15.0	38.79	45.72	33	Ms:5.2
28	1931/7/4	00:50.0	38	45.6	33	Ms:4.8
29	1931/7/29	10:00.0	39	46	10	Ms:4.1
30	1931/10/7	58:00.0	39.3	46.2	15	Ms:4
31	1932/6/16	09:00.0	38.7	46.1		Ms:4.5
32	1932/8/10	00:00.0	38.3	46.3	33	Ms:4.4
33	1933/7/6	07:16.0	39.3	46.6		Ms:5.5
34	1933/9/6	00:00.0	39.3	46.6	33	Ms:5.5
35	1933/11/6	07:16.0	39.3	46.6	33	Ms:5.5
36	1934/2/22	07:15.0	38.23	45.04		mb:6.1
37	1937/3/7	10:56.0	38.77	45.4	33	Ms:4.6
38	1950/5/1	15:02.0	38.88	45.21	51	Ms:4.8
39	1952/4/18	26:03.0	38.5	45		M:4
40	1953/2/1	36:36.0	38.4	45.1	33	Ms:4.6

NO	Date(yyyy/mm/dd)	Time(UTC)	Latitude	Longitude	Depth	Magnitude
41	1953/6/21	25:09.0	37.9	47.1	20	M:4
42	1954/10/22	47:34.0	38.78	45.78	26	M:4.8
43	1955/1/11	06:18.0	38.1	47.9		M:4
44	1957/5/29	03:13.0	38.63	45.84	21	M:4.6
45	1957/7/21	08:33.0	39.14	46.05	37	M:4.2
46	1960/3/20	25:18.0	38.25	46		M:5.2
47	1960/3/20	32:30.0	38.25	46		M:4.7
48	1961/4/19	20:06.0	38.3	44.9	20	Ms:4.3
49	1962/11/24	14:26.0	38.5	47.7		M:4.5
50	1962/12/24	14:26.0	38.5	47.5	15	M:4
51	1963/12/21	18:07.0	38.7	45.4		mb:4.8
52	1963/12/31	18:08.0	38.4	45.3		mb:4.5
53	1965/2/10	09:54.0	37.66	47.09	45	mb:5
54	1965/2/13	57:08.0	38.23	45.74	88	M:4
55	1967/7/11	25:50.0	38.2	47.8	20	M:4.3
56	1968/6/9	56:30.0	39.1	46.06	5	mb:5
57	1968/6/9	38:22.0	39.24	46.23	28	mb:4.2
58	1968/7/26	22:40.0	39.2	46.1	16	M:4
59	1968/9/1	39:45.0	39.09	46.13	15	mb:5
60	1968/9/16	10:07.0	39.3	46.3	44	mb:4.4
61	1968/10/1	16:03.0	39.19	46.21	10	mb:4.6
62	1969/2/5	23:54.0	38.6	45.7	39	mb:4.4
63	1970/3/14	51:45.0	38.59	44.77	15	mb:5.2
64	1970/6/26	56:16.0	38.7	45.1	65	mb:4.5
65	1970/10/29	49:32.0	38.43	45.47	59	mb:4.5
66	1971/2/11	41:30.0	38.35	47.12	59	M:4.5
67	1971/8/10	52:33.0	38.42	47.75	33	M:4.3
68	1973/1/6	39:35.0	37.95	46.67	65	mb:4.3
69	1973/6/27	24:48.0	38.39	46.7	40	mb:4
70	1975/3/11	32:01.0	37.83	47.32	52	M:4.1
71	1975/7/18	45:02.0	38.98	45.71	62	mb:4.1
72	1978/9/16	21:34.0	38.58	47.58	33	mb:4.1
73	1979/11/21	36:05.0	38.19	47.23	41	mb:4.6
74	1980/3/25	57:30.0	39.03	45.58	55	mb:4.4
75	1980/3/25	25:25.0	38.93	45.73	72	mb:4.5
76	1980/5/16	05:38.0	38.77	45.93	33	mb:4.3
77	1980/5/16	50:14.0	38.86	45.88	15	mb:4.5
78	1980/10/10	09:53.0	38.4	45.91	47	mb:4.8
79	1980/12/29	53:07.0	38.55	44.98	66	mb:4.6
80	1981/1/4	19:45.0	38.47	44.85	15	mb:4.6
81	1981/4/29	48:49.0	37.35	44.89		mb:4.4

NO	Date(yyyy/mm/dd)	Time(UTC)	Latitude	Longitude	Depth	Magnitude
82	1981/5/24	12:23.0	38.6	45.41	15	mb:4.5
83	1981/5/24	07:06.0	38.42	45.41	10	mb:4.5
84	1981/7/23	05:30.0	37.08	45.2	15	Mw:5.9
85	1981/7/23	07:17.0	37.27	45.44	79	mb:4.6
86	1981/9/14	03:44.0	37.06	45.25	15	mb:4.6
87	1982/4/27	16:27.0	39.12	46.32	23	mb:4.2
88	1982/11/4	04:49.0	38.5	45.57	33	mb:4.2
89	1982/11/4	45:50.0	38.58	45.45	33	mb:4.1
90	1984/3/25	44:58.0	38.25	45.28	33	mb:4.6
91	1984/6/29	55:16.0	38.38	45.17	15	mb:4.6
92	1984/8/24	31:41.0	38.5	45.95	10	mb:5.1
93	1984/10/28	03:59.0	37.03	45.29	33	mb:4.6
94	1985/4/9	31:06.0	39.32	46.6	33	mb:4.2
95	1986/5/11	29:14.0	36.97	45.28	43	mb:4.7
96	1986/7/10	57:16.0	38.33	45.14	15	mb:4.6
97	1986/7/12	00:52.0	38.4	45.17	15	mb:4.8
98	1986/7/17	11:59.0	38.43	45.18	10	mb:4.3
99	1987/7/22	05:07.0	37.88	46.82	10	mb:4.2
100	1988/1/7	59:38.0	38.41	45.43	15	mb:4.8
101	1988/4/7	18:12.0	38.86	45.29	33	mb:4
102	1988/6/4	09:00.0	36.96	45.3	15	mb:5
103	1988/7/22	49:33.0	38.92	45.46	33	mb:4
104	1988/10/16	35:24.0	38.01	44.76	33	mb:4.5
105	1989/12/2	51:59.0	38.45	45.43	20	mb:4.5
106	1989/12/3	39:10.0	38.4	45.37	15	mb:4.8
107	1991/11/12	36:04.0	38.97	45.06	33	mb:4.3
108	1992/3/5	30:16.0	38.36	45.02	15	mb:4.4
109	1992/4/26	15:51.0	37.87	47.33	33	mb:4
110	1992/11/6	28:46.0	38.04	47.78	33	mb:4
111	1993/3/15	32:42.0	38.23	45.85	21	mb:4.7
112	1993/3/17	59:15.0	38.25	44.86	26	mb:4.4
113	1993/3/30	25:21.0	38.3	44.83	15	mb:4.5
114	1993/5/25	38:25.0	37.56	46.07	33	mb:4.3
115	1995/2/22	29:42.0	38.58	44.86	10	mb:4.2
116	1995/5/18	52:06.0	38.38	45.65	89	mb:4.2
117	1996/6/18	11:05.0	39.08	45.75	30	mb:4.8
118	1996/6/19	08:01.0	38.9	45.86	53	mb:4.1
119	1997/2/28	55:14.0	38.09	47.92	41	mb:4.2
120	1997/3/2	29:45.0	37.99	47.89	15	Mw:5.3
121	1997/3/21	00:42.0	38	47.86	15	mb:4.4
122	1998/11/9	36:44.0	38.08	45.15	33	mb:4

NO	Date(yyyy/mm/dd)	Time(UTC)	Latitude	Longitude	Depth	Magnitude
123	1998/11/18	37:21.0	38.41	45.28	23	mb:4.7
124	1998/11/23	11:39.0	38.33	45.15	18	mb:4.5
125	1999/8/19	33:14.0	38.41	46.42	10	mb:4.5
126	2000/2/26	18:37.0	37.37	44.77	15	mb:4.6
127	2001/6/12	46:49.0	39.1	47.28	15	mb:4.6
128	2001/6/17	22:15.0	39.04	45.81	33	mb:4.1
129	2002/3/5	54:26.0	38.33	45.24	52	mb:4.3
130	2002/4/7	50:29.0	38.4	45.24	15	mb:4.5
131	2002/6/20	55:02.0	38.64	45	10	MD:4.1
132	2003/2/20	23:06.0	38.35	45.01	65	mb:4.2
133	2003/6/5	14:05.0	38.56	45.05	69	mb:4.2
134	2003/8/11	12:06.0	38.72	44.92	8	mb:4.7
135	2004/1/24	40:42.0	38.29	44.8	4	mb:4.2
136	2005/6/7	51:16.2	37.99	46.84	18	ML:4
137	2006/5/26	59:31.5	38.57	45.18	14	ML:4
138	2006/12/2	39:40.5	38.77	45.18	15	ML:4
139	2007/11/9	08:51.3	37.53	44.67	14	ML:4.2
140	2007/12/1	45:09.7	38.23	46.48	14	ML:4.4
141	2008/2/16	04:37.8	38.48	45.23	14	ML:4
142	2008/9/2	00:51.9	38.99	45.92	18	ML:4.9
143	2008/10/3	41:52.0	38.06	44.58	18	ML:4.1
144	2010/2/2	16:29.2	37.92	46.98	14	ML:4.3
145	855-01-01		38.1	46.3		5.3
146	585-01-01		38.1	46.3		6
147	89-01-06		37.7	47.5		7.7
148	1042-11-04		38.1	46.3		7.6
149	1273-01-18		38.13	46.28		6.5
150	1304-11-07		38.5	45.5		6.7
151	1593-01-01		37.8	47.5		6.1
152	1641-02-05		37.9	46.1		6.8
153	1717-03-12		38.1	46.3		5.9
154	1721-04-26		37.9	46.7		7.7
155	1780-01-08		38.2	46		7.7
156	1786-10-00		38.3	45.6		6.3
157	1807-07-11		38.34	45.3		5.5
158	1837-06-00		38.12	44.69		6
159	1843-04-18		38.7	44.9		5.9
160	1844-05-13		37.6	47.8		6.9
161	1857-09-06		38.36	45.35		5.5
162	1862-12-19		39.3	47.8		6.1
163	1879-03-22		37.8	47.8		6.7
164	1883-05-03		37.9	47.2		6.2

منابع

- اشرفزاده م. ر، سمیعی ع. و میر باقری م، (۱۳۸۶)، "ارزیابی زیست محیطی سد مخزنی شهید مدنی و شبکه آبیاری و زهکشی مربوطه با استفاده از روش ماتریس تلفیقی، LEOPOLD ICOLD" دومین کنفرانس ملی تجربه‌های ساخت تأسیسات آبی و شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه تهران
- اقتصاد ر، بهلولی ب، داودی م، زارعی ح. ر. و حق‌شناس ا، (۱۳۸۶)، "تحلیل پایداری زمین لغزش مخزن سد لیتان و تعیین عوامل محرک آن" سومین کنفرانس مکانیک سنگ ایران
- انتظاری ا، ارومیه‌ای ع، غیومیان ج، باقری ح. و حاجی حسنی، ح. ر، (۱۳۸۴)، "پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در محدوده حوضه آبخیز سد بالایی سیاه بیشه"، نهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران دانشگاه تربیت معلم تهران
- بیانی خطیبی م، (۱۳۸۰)، "بررسی و تحلیل همگونی تحول دره‌ها در توده کوهستانی سهند"، طرح تحقیقاتی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز
- حافظی مقدس ن، (۱۳۸۸)، "زمین ریخت‌شناسی کاربردی"، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ص ۲۵۶.
- حافظی مقدس ن. و غفوری م، (۱۳۸۸)، "زمین شناسی زیست محیطی"، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ص ۲۵۵.
- حق شناس ا، (۱۳۷۵)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد: "پهنه بندی خطر زمین لغزش و تأثیر آن در تولیدرسوب سدها"، دانشگاه تربیت مدرس
- حیاتی ح، (۱۳۸۳)، پایان نامه کارشناسی ارشد: "بررسی مساله لغزش در مخازن و روشهای پایدارسازی، مطالعه موردی مخزن سد گلستان"، دانشگاه علم و صنعت،

- خالو م. ج، جواهری ن. و باقری ح، (۱۳۸۴)، "آنالیز و تحلیل پایداری زمین لغزش تنگ درسد مخزنی ابوالفارس" نهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم تهران.
- درویش زاده ع، (۱۳۸۳)، "زمین شناسی ایران، چینه شناسی، تکتونیک، دگرگونی و ماگماتیسزم"، موسسه انتشارات امیرکبیر تهران، تهران ص ۴۳۶.
- رضائی مقدم م. ح، (۱۳۷۰)، رساله دکتری: "تحقیقی در ژئومورفولوژی دامنه شمالی توده آتشفشانی سهند، (دره سعیدآبادچای)"، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.
- سازمان هواشناسی، (۱۳۹۰)، آمار ایستگاه سینوپتیک تبریز
- سنجرى س، (۱۳۸۹)، "راهنمای کاربردی Arc GIS 9.2"، انتشارات عابد، تهران، ص ۳۴۴.
- شریعت جعفری، م، (۱۳۷۵)، "زمین لغزش (مبانی و اصول پایداری شیبهای طبیعی)"، انتشارات سازه، تهران، ص ۲۱۸.
- شفیعی مهر م، (۱۳۸۴)، پایان نامه کارشناسی ارشد: "بررسی و پهنه‌بندی ناپایداری‌های دامنه‌ای و برآورد مقادیر فرسایش در محدوده دریاچه سد شهید مدنی (ونیار)"، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز
- ضرغامی ف، (۱۳۷۷)، "اثر پوشش گیاهی بر کنترل فرسایش"، دومین همایش ملی رانش زمین و راه‌های مقابله با خطرات آن، مرکز انتشارات کمیسیون ملی یونسکو در ایران
- کمک پناه ع، منتظرالقائم س. و چدنی ا. ج، (۱۳۷۳)، "پهنه‌بندی زمین لغزه در ایران، زمین لغزه و مروری بر زمین‌لغزه‌های ایران"، مؤسسه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، ص ۶۵

- لشکری پور غ. ر، غفوری م، میر محرابی ح، ترشیزی ح. و حسینی ع، (۱۳۷۴)، "لغزش‌های مخزن سد و اثرات مخرب آن در سد شهید پارسایی فردوس"، انجمن زمین شناسی ایران
- مهندسین مشاور آشناب، (۱۳۷۳)، "گزارش مطالعات هیدرولوژی حوزه آبی‌چای"، سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی و اردبیل
- مهندسین مشاور آشتاب، (۱۳۷۰)، "گزارش مطالعات مرحله شناخت حوضه آبخیز آبی‌چای"، جلد سوم، زمین شناسی و لرزه خیزی، سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی و اردبیل
- مهندسین مشاور قدس نیرو، (۱۳۷۲)، "مطالعات مرحله اول پروژه سد مخزنی شهید مدنی (ونیار)"، جلد دوم، هواشناسی، شرکت آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی و اردبیل
- مهندسین مشاور قدس نیرو، (۱۳۷۴)، "مطالعات مرحله اول پروژه سد مخزنی شهید مدنی (ونیار) جلد پنجم- زمین شناسی"، سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی و اردبیل
- مهندسین مشاور قدس نیرو، (۱۳۸۰)، "گزارش زمین شناسی مهندسی"، سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی و اردبیل
- مهندسین مشاور قدس نیرو، (۱۳۸۲)، "گزارش مطالعات تکمیلی لرزه خیزی ساختگاه سد ونیار"، سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی و اردبیل
- مهندسین مشاور قدس نیرو، (۱۳۸۴)، "مطالعات بازنگری مرحله اول گزارش هیدرولوژی"، سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی و اردبیل
- مهندسین مشاور قدس نیرو، (۱۳۸۵)، "گزارش تفضیلی ارزیابی اثرات زیست محیطی سد مخزنی شهید مدنی (ونیار)"، سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی و اردبیل

- میرزائی ن، (۱۳۸۱)، "پارامترهای مبانی زمین لرزه‌های ایران"، دانش‌نگار، تهران، ص ۱۸۴.
- نقشه توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری
- نقشه زمین‌شناسی ۱/۵۰۰۰۰ حوضه آجی‌چای، مشاورین مشاور قدس نیرو
- نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ تبریز، ارومیه، میانه، اهر، خوی، سرو، سازمان زمین‌شناسی ایران
- نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰ مخزن سد ونیار، مشاورین مشاور قدس نیرو
- نودهی س. و حافظی مقدس ن، (۱۳۸۶) "بررسی حرکات دامنه ای در محدوده مخزن سد شهید رجایی ساری"، کنفرانس زمین‌شناسی و محیط زیست ایران

منابع لاتین

- Bromhead E. N., (1999), "The Stability of Slopes" Library of Congress Cataloging in Publication Data, pp 406
- Carson M. and Kirby M., (1972), "Hillslope Form and Processes" Cambridge University Press, Cambridge
- Cruden D. M., (1991), "A Simple Definition Of A Landslide" Bulletin IAEG, 43, pp 27-29

- Douglas J., (2004), “ Ground motion estimation equations 1964–2003“ Reissue of ESEE **Report No. 01-1**: ‘A comprehensive worldwide summary of strong-motion attenuation relationships for peak ground acceleration and spectral ordinates (1969 to 2000)’ with corrections and additions. Technical Report 04-001-SM, Department of Civil and Environmental Engineering; Imperial College of Science, Technology and Medicine; London; U.K.
- Evans S. G., Scarascia mugnozza G., Storm A. L., Hermanns R. L., Ischuk A., Vinnicheko S., (2006), “Landslides form massive rock slope fallure and associated phenomena” Springer, 3–5, Printed in the Netherlands.
- Filz G. M., ,Brandon T. L. and Ducan J. M., (1992), **”Back Analysis of the Olmstead Landslide Using Anisotropic Strength“** Transportation Reserch Board, 71 th Annual Meeting, Washington D.C
- ICOLD, (2002), ”Reservoir Landslides: Investigation and Management” in Bulletin 124 of the International Commission on Large Dams, Committee on Reservoir Slope Stability
- Jorstad F., (1968), **”Waves generated by landslides in Norwegain fjords and lakes”** Norwegian Geotechnical Institiute Publication No. 69, pp 13-32
- Krahn J., (2003), ”The 2001 R. M Hardy Lecture: The Limit Equilibrium Analyses” Canadion Geotechnical Journal
- Lee C. T., (2008), “GIS Application in Landslide Hazard Analysis An Example from the Shihmen Reservoir Catchment Area in Northern Taiwan” Pacific Neighborhood Consortinm (PNC), AnnualMeeting Programs
- Li M., Liu Jie. and Zhongyao W., (2008), “3D Evaluation and Analysis of Landslide Instability Mechanism of Reservoir Banks: A Case Study in the Three Gorges Reservoir” International Symposium on Computer Science and Computational Technology
- Martin R. E. and Rehwoldt E. B., (2010), ”Evaluation of landslides in reservoir above proposed 165 M high dam, pervari, turkey” Collaborative Management of Integrated Watersheds, 30th Annual USSD Conference Sacramento, California

- Miller D. J., (1960), "**Giant waves in Lituya Bay, Alaska, United States Geol**" Surv, Prof, Paper 354-C, p **51-86**.
- Morgenstern N. R., (1992), "The role of analysis in evaluation for slope stability" 6th int.Symp on landslide, Newzealand
- Nowroozi A. A., (1976), "**Seismo-Tectonics of Iran**" , Seismol, SOC. Am. Bull, V.66, PP **641**
- Panizzo A., Girolamo P. De., Risio M. Di., Maistri A. and Petaccia A., (2005), "Great landslide events in Italian artificial reservoirs" Natural Hazards and Earth System Science (nhess), 5, 733-740
- Pedersen S. A. S., Larsen L. M., Dahl-Jensen T., Jepsen H. F., Pedersen G. K., Nielsen T., Pedersen A. K. von Platen-Hallermud F. and Weng W., (2002), "**Tsunami-generating rock fall and landslide on the south coast of Nuussuaq**" central West Greenland, Geology of Greenland Survey Bulletin, 191, **73-83**.
- Plafker G. and Eyzaguirre V. R., (1979), "**Rock avalanche and wave at Chungar, Peru**" In B. Voight (Ed) Rockslides and Avalanches, v. 2, Engineering Sites, Elsevier, Amsterdam, pp **269-279**
- Rocscience, (2004), "User's Guide "Strength analysis of rock and soil masses using, RocData
- Rocscience, (1989 – 2003), "User's Guide" 2D limit equilibrium slope stability for soil and rock slopes, Slide
- Rocscience, (1989 – 2002), "User's Guide" Plotting, Analysis and Presentation of Structural Data Using Spherical Projection Techniques, Dips
- Sharp CFS., (1938), "**Landslide and related phenomena**" Columbia university press, NewYork.
- Siebert L., Glicken H. and Ui T., (1987), "**Volcanic hazards from Bezymianny and Bandaitype eruptions**" Bull, Volcanol, 49,pp **435-459**.
- Glade T., Anderson M. and Crozierl M. J., (2005), "**Landslide Hazard and Risk**" Concepts and Approach, pp **793**

- Varnes D. J., (1984), "Landslide Hazard Zonation: a review of Principle and practice UNESCO" Paris
- Waltham A. C., (1994), "Foundation of engineering geology" London Blackie Academic, 66-67
- www.iiees.ac.ir

Abstract:

Our country, Iran due to special geological, topography and climate conditions are suffered significant economic lost due to occurrence of landslides annually. In recent decades, the growth of population and requirements to food supply and water management lead to increase constructing of new engineering projects, so we are seeing increasing intense the rate of landslides and its related damages.

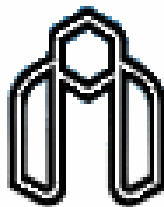
The Vanyar reservoir dam is located in 5 kilometers northeast of Tabriz in the downward of Vanyar village over the Ajechi river. The dam type is earth dam with an impervious clay core and the height and crest width of dam are 83 and 10 meters, respectively. The area and volume of reservoir are km^2 34.7 and km^3 361.2.

The construction and water reserving in the vicinity of unstable or slopes with potential of instability will be affecting the stability of hills and results to new slide. In this research, the instability of slopes in margin of Vaniyar reservoir after the dam operation and their environmental effects are investigated. For this, engineering geology map and slope

classification map are prepared. Landslide inventory map and the characteristics of rock outcrops and alluvial in reservoir area were provided based on the field survey and exploration boreholes. Then, the safety factors of 750 of slopes in margin and over the reservoir were estimated by the Slide 5.0 software in condition of dam operation and design earthquake and finally the hazard zoning map of reservoir provided.

The results shown that about 0.5% of slops are classified in unstable category, about 19.5% in partially unstable and 80% in stable group. The occurrence of landslides in dam reservoir will have negative environmental effects such as soil and plant destruction, increase rate of erosion, turbulence of water, decrease of reservoir water quality, increase of reservoir sediment and finally impair to dam and its accessory. In this study, about 18 old slides landslides have been recognized that 4 of them are deep and reactivation of these slides could be results to 1407000m^3 sediments in reservoir or which is 0.4% of reservoir volume. Unstability and slides of all unstable and partially unstable slopes and old slides can inter about 14280100m^3 sediments into dam reservoir which is relatively high volume.

Keywords: Landslide hazard zoning, Vanyar dam, Slope stability, environmental impacts



Shahrood University of Technology
Faculty of Earth Sciences

The evaluation of slope instability in reservoir of Vanyar Dam of Tabriz and its environmental impacts

Robab Azarmi Arabshah

Supervisor:

Dr.N.Hafezi Moghaddas

Dr.E.Asghari kalejahi

Adviser:

Dr Kh.Valizdeh Kamran

January 2012