

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



## دانشگاه آزاد اسلامی

واحد شاهرود

دانشکده علوم پایه، گروه زمین شناسی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد «M.sc»

گرایش: تکتونیک

عنوان:

تاثیر رویداد زمین لرزه های نیرومند بر ناپایداری های دامنه‌ای در محدوده مخزن سد

زاوین

استاد راهنما:

دکتر عباس کنگی

استاد مشاور:

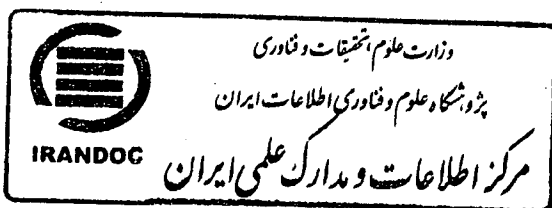
دکتر حسن منصوریان

نگارش:

الیاس قصابیان

تابستان ۱۳۸۹

ب



۱۵۸۰۷۷

۱۳۹۰/۳/۱





## دانشگاه آزاد اسلامی

واحد شاهرود

دانشکده علوم پایه ، گروه زمین شناسی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد « M.Sc. »

گرایش : تکتونیک

عنوان :

تأثیر رویداد زمین لرزه های نیرومند بر ناپایداری های دامنه ای در محدوده مخزن سد زاوین

نگارش :

الیاس قصابیان

تابستان ۱۳۸۹

۱. دکتر عباس کنگی

۲. دکتر حسن منصوریان

۳. دکتر محمد علی گنجویان

۴. دکتر رمضان رضانی اومالی

هیأت داوران :



بسمه تعالی

تعهد نامه اصالت رساله پایان نامه

اینجانب علیرضا محمدی دانش آموخته مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته / دکتری حرفه ای ادبیات فارسی تخصصی در رشته ادبیات فارسی که در تاریخ ۱۳۹۴/۰۶/۰۸ از پایان نامه خود تحت عنوان "سبک‌های ادبی در سبک‌های ادبی" با کسب نمره ۱۸ و درجه ب دفاع نموده ام بدین وسیله متعهد می شوم:

- ۱) این پایان نامه رساله حاصل تحقیق و پژوهش انجام شده توسط اینجانب بوده و در مواردی که از دستاوردهای علمی و پژوهشی دیگران (اعم از پایان نامه، کتاب، مقاله و...) استفاده نموده ام، مطابق ضوابط و رویه موجود، نام منبع مورد استفاده و سایر مشخصات آن را در فهرست مربوطه ذکر و درج کرده ام.
- ۲) این پایان نامه رساله قبلاً برای دریافت هیچ مدرک تحصیلی (هم سطح، پایین تر یا بالاتر) در سایر دانشگاه ها و موسسات آموزش عالی ارائه نشده است.
- ۳) چنانچه بعد از فراغت تحصیل، قصد استفاده و هر گونه بهره برداری اعم از چاپ کتاب، ثبت اختراع و... از این پایان نامه داشته باشم، از حوزه معاونت پژوهشی واحد مجوزهای مربوطه را اخذ نمایم.
- ۴) چنانچه در هر مقطعی زمانی خلاف موارد فوق ثابت شود، عواقب ناشی از آن را می پذیرم و واحد دانشگاهی مجاز است با این جانب مطابق ضوابط و مقررات رفتار نموده و در صورت ابطال مدرک تحصیلی ام هیچگونه ادعایی نخواهم داشت.

نام و نام خانوادگی  
امضاء و تاریخ

علیرضا محمدی

۱۳۹۴/۰۶/۰۸

## سپاسگزاری

بی شک اگر عنایت خداوند متعال نبود این امر محقق نمی شد. پس اول حمد و سپاس خدای را عز و جل.

وبعد شایسته است از زحمات و همکاری های تنی چند از اساتید، همکاران و دوستان یادآوری و تقدیر شود باشد که گوشه ای از محبت هایشان جبران شود.

از جناب آقای دکتر کنگی استاد محترم راهنما در این پایان نامه که راهنمایی های گرانبقدر ایشان همراه راهگشای مراحل مختلف این پروژه بود .

سپاس از جناب آقای دکتر منصوریان استاد محترم مشاور به دلیل مشاوره ارزشمندشان .

تقدیر از جناب آقای مهندس قارونی به دلیل همکاری فکری و فنی ایشان در بخش خاک پایان نامه.

تشکر از جناب آقای مهندس قانع مسئول آزمایشگاه مکانیک خاک شرکت فرازبند به دلیل یاری ارزشمندشان در انجام آزمایشات لازم.

تقديم به

همسر عزيزم

## فهرست مطالب

| صفحه | عنوان   |
|------|---|
| ۱    | چکیده.....  |
| ۲    | مقدمه.....  |
|      | <b>فصل اول: کلیات</b>                             |
| ۴    | ۱-۱. تعریف مسئله و دلایل انتخاب موضوع.....        |
| ۵    | ۲-۱. محدودیتهای مطالعه.....                       |
| ۵    | ۳-۱. هدف از مطالعه.....                           |
| ۶    | ۴-۱. روش کار و تحقیق.....                         |
| ۶    | ۵-۱. تاریخچه مطالعات قبلی.....                    |
| ۷    | ۶-۱. حدود موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه..... |
| ۷    | ۷-۱. وضعیت اقلیمی منطقه مورد مطالعه.....          |
|      | <b>فصل دوم: زمین شناسی عمومی</b>                  |
| ۱۱   | ۱-۲. مقدمه.....                                   |
| ۱۱   | ۲-۲. زمین ساخت.....                               |
| ۱۴   | ۳-۲. چینه شناسی.....                              |
| ۱۴   | ۱-۳-۲. ژوراسیک در کپه داغ.....                    |
| ۱۶   | ۲-۳-۲. کرتاسه در کپه داغ.....                     |
| ۲۲   | ۳-۳-۲. ترسیر در کپه داغ.....                      |
| ۲۳   | ۴-۳-۲. کپه داغ در پلیوکواترنر.....                |
|      | <b>فصل سوم: زمین شناسی ساختمانی</b>               |
| ۲۶   | ۱-۳. مقدمه.....                                   |
| ۲۶   | ۲-۳. درزه ها.....                                 |

|    |       |   |        |
|----|-------|---|--------|
| ۲۶ | ..... | خصوصیات فیزیکی شکستگی ها                  | ۳-۳    |
| ۲۷ | ..... | شکستگی های فصل مشترک                      | ۴-۳    |
| ۳۱ | ..... | گسل ها                                    | ۵-۳    |
| ۳۲ | ..... | گسله های با پیشینه لرزه خیزی شناخته شده   | ۶-۳    |
| ۳۴ | ..... | گسل فشاری کشفرود                          | ۱-۶-۳  |
| ۳۵ | ..... | گسل شاندیز                                | ۲-۶-۳  |
| ۳۵ | ..... | گسل توس                                   | ۳-۶-۳  |
| ۳۸ | ..... | گسل فشاری جنوب چناران                     | ۴-۶-۳  |
| ۳۹ | ..... | گسل جنوب مشهد                             | ۵-۶-۳  |
| ۳۹ | ..... | گسل شمال نیشابور                          | ۶-۶-۳  |
| ۳۹ | ..... | گسل امروداک                               | ۷-۶-۳  |
| ۳۹ | ..... | گسل بینالود                               | ۸-۶-۳  |
| ۴۰ | ..... | گسل قوچان - رباط                          | ۹-۶-۳  |
| ۴۰ | ..... | گسل کپه داغ                               | ۱۰-۶-۳ |
| ۴۲ | ..... | گسل درگز                                  | ۱۱-۶-۳ |
| ۴۲ | ..... | گسل نوخندان                               | ۱۲-۶-۳ |
| ۴۳ | ..... | گسل سرخ ده                                | ۱۳-۶-۳ |
| ۴۳ | ..... | گسل باغان - گرماب                         | ۱۴-۶-۳ |
| ۴۳ | ..... | مکانیسم فعالیت گسلها در منطقه مورد مطالعه | ۷-۳    |
| ۴۴ | ..... | چینها                                     | ۸-۳    |
| ۴۶ | ..... | تاقدیس خور                                | ۱-۸-۳  |
| ۴۶ | ..... | وضعیت هندسی تاقدیس خور                    | ۲-۸-۳  |

#### فصل چهارم: لرزه خیزی گستره طرح

|    |       |  |     |
|----|-------|--|-----|
| ۵۰ | ..... | تاریخچه لرزه خیزی منطقه                | ۱-۴ |
| ۵۱ | ..... | داده های زمین لرزه ای ایران            | ۲-۴ |
| ۵۱ | ..... | زمین لرزه های تاریخی منطقه مورد مطالعه | ۳-۴ |
| ۶۰ | ..... | زمین لرزه های سده بیستم                | ۴-۴ |
| ۶۱ | ..... | سرچشمه های لرزه زا                     | ۵-۴ |
| ۶۲ | ..... | ژرفای کانونی زمین لرزه ها              | ۶-۴ |
| ۶۳ | ..... | نتیجه گیری از مطالعات لرزه زمین ساخت   | ۷-۴ |



### فصل پنجم: دوره بازگشت رویداد زمین لرزه ها

|    |  |     |
|----|--|-----|
| ۶۵ | ..... مقدمه  | ۱-۵ |
| ۶۶ | ..... برآورد پارامترهای لرزه ای به روش مقدماتی گوتنبرگ- ریشتر          | ۲-۵ |
| ۶۷ | ..... برآورد پارامترهای لرزه ای به روش MLE (Kijko and Sellevoll, 1992) | ۳-۵ |

### فصل ششم: برآورد پارامترهای حرکت زمین در ساختگاه سد زاوین

|    |   |     |
|----|---|-----|
| ۷۶ | ..... مقدمه   | ۱-۶ |
| ۷۷ | ..... برآورد خطر زمین لرزه  | ۲-۶ |
| ۷۷ | ..... برآورد بیشینه شتاب گرانش افقی به روش تحلیلی (Deterministic Approach)        | ۳-۶ |
| ۷۸ | ..... برآورد بیشینه شتاب گرانش افقی زمین به روش احتمالات (Probabilistic Approach) | ۴-۶ |

### فصل هفتم: آنالیز پایداری توده سنگ

|    |   |       |
|----|---|-------|
| ۸۴ | ..... مقدمه                                     | ۱-۷   |
| ۸۴ | ..... تکیه گاه راست سد زاوین                    | ۲-۷   |
| ۸۵ | ..... آنالیز پایداری به کمک استریونت            | ۱-۲-۷ |
| ۸۶ | ..... تکیه گاه چپ سد زاوین                      | ۳-۷   |
| ۸۷ | ..... آنالیز پایداری به کمک استریونت            | ۱-۳-۷ |
| ۸۸ | ..... ساحل جنوبی مخزن سد زاوین                  | ۴-۷   |
| ۸۸ | ..... آنالیز پایداری به کمک استریونت            | ۱-۴-۷ |
| ۸۹ | ..... آنالیز پایداری تحت تاثیر بارگذاری لرزه ای | ۵-۷   |

### فصل هشتم: پتانسیل لغزشهای دایره ای

|    |  |       |
|----|--|-------|
| ۹۱ | ..... لغزش با سطح برش دایره ای ساده              | ۱-۸   |
| ۹۳ | ..... روش تحلیل                                  | ۱-۱-۸ |
| ۹۳ | ..... خصوصیات ژئوتکنیکی واریزه ها                | ۲-۸   |
| ۹۴ | ..... پتانسیل لغزش های دایره ای در مخزن سد زاوین | ۳-۸   |

### فصل نهم: نتیجه گیری و پیشنهادات

|     |                  |  |
|-----|------------------|--|
| ۹۹  | ..... نتیجه گیری |  |
| ۱۰۰ | ..... پیشنهادات  |  |

### منابع وماخذ

|     |                     |  |
|-----|---------------------|--|
| ۱۰۱ | ..... منابع فارسی   |  |
| ۱۰۱ | ..... منابع انگلیسی |  |
| ۱۰۴ | ..... چکیده انگلیسی |  |

## چکیده:

سد بتونی وزنی زاوین با ارتفاع ۴۲ متر از کف در منطقه ای با پتانسیل لرزه خیزی بالا در شمال شرق ایران ساخته شده و از سال ۱۳۸۳ مورد بهره برداری قرار گرفته است. بخش قابل توجهی از محدوده مخزن سد بر روی رسوبات شیل و مارن مربوط به کرتاسه تحتانی (سازند شوربجه) قرار گرفته که دارای پتانسیل لغزش می باشند. وجود چنین پتانسیلی سبب شده، پس از آبیگری در بخش جنوبی مخزن سد مجموعه ای از ترکها و شکافهای عمیق ناشی از لغزش ایجاد شود. در چنین شرایطی نگرانی های ناشی از وقوع زمین لغزش تحت تاثیر شتاب ناشی از رویداد زمین لرزه های آینده به شدت افزایش یافته است.

بر اساس آنالیزهای انجام شده در صورت فعالیت گسلهای موجود در منطقه مورد مطالعه، با پذیرش ۶۴ درصد ریسک، میزان شتاب افقی در محل سد زاوین برابر  $0.21g$  خواهد بود. چنین شتابی وقوع زمین لغزشهای متعدد از نوع دایره ای شکل را در بخش جنوبی مخزن ایجاد خواهد کرد. بعلاوه وقوع چندین مورد لغزشهای صفحه ای و گوه ای در بخشهای سنگی تکیه گاه راست سد دور از انتظار نخواهد بود. بنابراین احتمال آن وجود دارد که رویداد یک زمین لرزه نیرومند در زمان اوج آبیگری سد زاوین، با رویداد زمین لغزشهای متعدد همراهی گردد. چنین لغزشهایی علاوه بر سرریز شدن آب از روی تاج سد، مسدود شدن دریچه های آبیگر و ایجاد خسارت به تاسیسات جانبی سد را به همراه خواهد داشت.

## مقدمه

بدون تردید صنعت سد سازی یکی از نشانه های پیشرفت فنی یک کشور محسوب می شود. خاصه آنکه این صنعت کاملا بومی باشد. طی سالهای اخیر در کشور عزیزمان به این مهم توجه ویژه شده است که نتایج آن نیز کاملا محسوس می باشد.

یکی از مسائل حیاتی که در فرآیند پیچیده ساخت یک سد و در واقع ساخت هر سازه بزرگی از قبیل تونل ، راه ، برج ، پل و ... نقش مهمی را ایفا می کند، زمین شناسی محل طرح می باشد که با نگاه ویژه به آن می توان تا حدود زیادی موفقیت و ایمنی پروژه را تضمین نمود. خصوصیات تکتونیکی و ژئوتکنیکی هر منطقه تقریبا منحصر بفرد می باشد که نگاه تیزبین و تفکر فنی زمین شناس طرح را می طلبد.

در فاز مطالعات هر پروژه می بایست تمامی خطراتی را که ممکن است در مراحل ساخت و بهره برداری به وقوع بپیوندد با توجه به شاخص های سطح و تحت الارضی پیش بینی و برآورد نموده و با برنامه ریزی دقیق این پتانسیل ها را به حداقل رساند.

یکی از این خطرات ، زمین لغزش (land slide) می باشد که در خلال سالهای قبل بارها در نقاط مختلف دنیا حادث شده و تلفات مالی و جانی زیادی را رقم زده است. بدون شک بررسی دقیق پتانسیل وقوع لغزش ، چه در تشکیلات سنگی و چه در تشکیلات آبرفتی با مد نظر قرار دادن پارامتر های ژئوتکتونیکی ، ژئوتکنیکی و ژئومکانیکی هر محل ، به پیشگیری از رخداد این پدیده کمک شایانی می کند.

در این پایان نامه به احتمال وقوع زمین لغزش با اعمال پارامتر های لرزه ای در سد زاوین کلات پرداخته شده است. امید است که مفید فایده قرار گیرد.

## فصل اول: کلیات

## ۱-۱- تعریف مسئله و دلایل انتخاب موضوع :

به منظور کنترل آبهای سطحی، ذخیره سازی آبهای جاری که از دسترس منطقه خارج می شوند از دیر زمان در نظر بوده است و متولی این امر خطیر که وزارت نیرو می باشد، با احداث سد و بند های انحرافی در مناطق مستعد از هدر رفت این منابع جلوگیری می نماید .

در همین راستا سد مخزنی زاوین به منظور بهینه سازی آبهای جاری و تبدیل قسمتی از زمین های دیم به کشت آبی روی رودخانه زاوین احداث گردید. به دلیل حضور سازندهای مستعد لغزش، دامنه های پرشیب و بارندگی های فصلی مداوم، احتمال فعال شدن تعداد زیادی زمین لغزش در محدوده محور و مخزن سد امکان پذیر می باشد.

قسمت اعظم محدوده محور و مخزن سد زاوین را سازند های شوربچه و تیرگان پوشانده است که بررسی رفتار این سازندها در برابر عوامل تشدید کننده لغزش ضروری می باشد. اگر چه ماسه سنگهای شوربچه از مقاومت بالائی برخوردارند ولی بدلیل وجود میان لایه هایی از شیل و وجود سیستم درزه ها و شکستگی های فراوان، فرسایش پذیری این سازند زیاد است. شیل های این سازند هنگام جذب آب حالت خمیری پیدا کرده و بصورت ذرات معلق همراه سیلاب حمل می گردد. پدیده ریزش در ماسه سنگها به علت وجود میان لایه های شیلی و سیستم درزه و شکاف در مناطق پرتگاهی امری متداول است. واریزه های این سازند در یال جنوبی ارتفاعات محل سد (دو آبی) به مقدار فراوان مشاهده می شود که منابع قرضه مخلوط نیز از این واریزه ها تامین خواهد شد.

وجود لایه های شیلی بین لایه های شیب دار ماسه سنگی و نفوذ و جذب آب توسط لایه های شیلی سطحی ناپایدار را بوجود میآورد که لغزش لایه های فوقانی را بهمراه خواهد داشت. این پدیده در اکثر نقاط کپه داغ در این سازند مشاهده می شود.

قسمت ماسه سنگی شوربچه غالباً صخره ساز است و دره های عمیق را تشکیل می دهد ولی قسمت شیلی این سازند اغلب مناطق تپه ماهوری را تشکیل می دهد.

فرسایش در سازند تیرگان تقریباً مشابه سازند مزدوران است و پدیده انحلال در آهکهای این سازند پدیده کارست را بوجود آورده است. اغلب ریزش طبقاتی که مشاهده می شود در مناطق پرتگاهی وجود دارند. تاثیر فرآیند یخ زدگی و وجود سیستم درزه های تکتونیکی به پدیده ریزش کمک زیادی می کند. بطور کلی می توان گفت که این سازند در برابر فرسایش نسبت به سایر رخساره های آهکی مقاومتر است و صخره ساز می باشد که ارتفاعاتی مثل کوه اشلیر در شمال شرق منطقه مورد مطالعه و کوه چلغاق در شمال غرب منطقه مورد مطالعه را تشکیل داده است.

بنابر موارد مذکور و بادر نظر گرفتن مجموعه گسل های منطقه (زون گسل اصلی کپه داغ و زون گسل هزار مسجد) و توان زلزله زائی آنها، برآورد پتانسیل لغزش در دامنه های محدوده محور و مخزن سد ضروری به نظر می رسد.

#### ۱-۲- محدودیتهای مطالعه :

به علت انجام مطالعات در حدود بیست سال پیش و متداول نبودن روش های جدید بررسی پایداری دامنه ها و در دسترس نبودن نرم افزارهای جدید در این زمینه، مطالعات مذکور در این باب غنی نمی باشد و این مسئله باعث صرف زمان، انرژی و هزینه بیشتری جهت تکمیل داده ها گردید.

#### ۱-۳- هدف از مطالعه :

این پایان نامه دو هدف اصلی را دنبال می کند. در مرحله نخست پتانسیل لرزه خیزی منطقه به همراه سرچشمه های لرزه زا را مورد مطالعه قرار داده و کلیه پارامترهای لرزه ای مورد نیاز جهت بارگذاری لرزه، دامنه لغزشی محاسبه می گردد.

در مرحله دوم باتوجه به خصوصیات توپوگرافی و ژئوتکنیکی خاک و سنگ ، دامنه های مستعد لغزش، تحت بارگذاری لرزه ای مورد آنالیز قرار می گیرد. بدین ترتیب مشخص خواهد شد در شرایط رویداد زمین لرزه های نیرومند رفتار این توده های لغزشی چگونه است و چه تاثیری بر مخزن سد زاوین خواهد داشت. در نهایت شرایط بهینه جهت کنترل و نگهداری این زمین لغزش ارائه خواهد شد.

#### ۱-۴- روش کار و تحقیق :

در مرحله نخست پس از ارزیابی توان لرزه زایی سرچشمه های نقطه ای، خطی و ناحیه ای در گستره ای به شعاع ۱۰۰ کیلومتری زمین لغزش، شتاب افقی و عمودی زمین لرزه های محتمل در دوره ۵۰،۲۰ و ۱۰۰ ساله با احتمال رویداد ۱۰ و ۶۴ درصد ارزیابی شده. این عملیات به کمک نرم افزارهای HZ2 و SeisRisk انجام شده است.

در مرحله دوم به کمک نرم افزارهای RockPackIII و نتایج درزه نگاری انجام شده در تکیه گاهها و محدوده مخزن سد مورد آنالیز قرار گرفت. سپس مشخصات مکانیک خاکی و توپوگرافی توده آبرفتی جنوب مخزن سد و نتایج آزمایشات مکانیک خاک وارد نرم افزار Slide شد. در نهایت پتانسیل لغزشی توده های سنگی و آبرفتی تحت بارگذاری لرزه ای محاسبه و نقاط پرخطر شناسایی گردید.

#### ۱-۵- تاریخچه مطالعات قبلی :

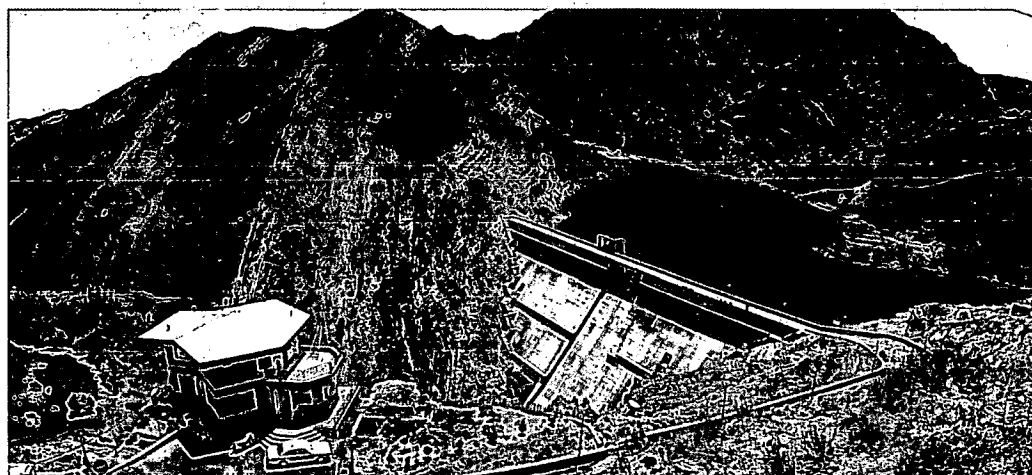
سد بتونی وزنی زاوین دارای ارتفاع ۴۲ متر از کف و طول تا ۱۹۰ متر است. حجم مخزن در تراز نرمال ۲/۷ میلیون متر

مکعب بوده و هدف از احداث آن تامین آب کشاورزی و صنعتی منطقه می باشد. (تصویر ۱-۱)

مطالعات زمین شناسی منطقه مورد مطالعه و محل سد توسط شرکت مهندسین مشاور آب پوی انجام گرفته است. هدف از این مطالعات بررسی و ارزیابی زمین شناسی منطقه به منظور امکان سنجی احداث سد و بهینه سازی آبهای جاری حوزه رودخانه زاوین می باشد.

مطالعات زمین شناسی از جمله مسائل چینه شناسی، ژئو مورفولوژی، تکتونیک، ژئوتکنیک و لرزه خیزی و منابع قرضه از نظر کیفی و کمی، آب بندی مخزن، هیدرولوژی، کیفیت شیمیائی آب رودخانه، کارست و انحلال نمک، سیستم درزه ها، پایداری دامنه ها و میزان هوازدگی سنگها در محل سد می باشد.

البته همانطور که ذکر گردید با توجه به انجام مطالعات در حدود بیست سال پیش و استفاده از روش های قدیمی بررسی پایداری دامنه ها، در این زمینه، مطالعات تفصیلی و کاملی انجام نگرفته است.



تصویر (۱-۱): ساختگاه سد زاوین در شمال شهرستان مشهد.

#### ۱-۶- حدود موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه :

محدوده مورد مطالعه در فاصله ۱۰۰ کیلومتری شمال شرق شهرستان مشهد (جاده مشهد-کلات) قرار دارد. در طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۵۳ دقیقه و ۳۹ ثانیه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۳ دقیقه و ۵۰ ثانیه (تصویر ۱-۲). برای دسترسی به این محل می توان از طریق شهر زاوین و طی ۶ کیلومتر به سمت غرب اقدام نمود.

#### ۱-۷- وضعیت اقلیمی منطقه مورد مطالعه:

بر پایه اطلاعات بدست آمده از ایستگاه های هواشناسی مشهد و بزنگان، منطقه مورد بررسی در اقلیم خشک و نیمه خشک قرار می گیرد. در این باره از منابع زیر استفاده شده است:



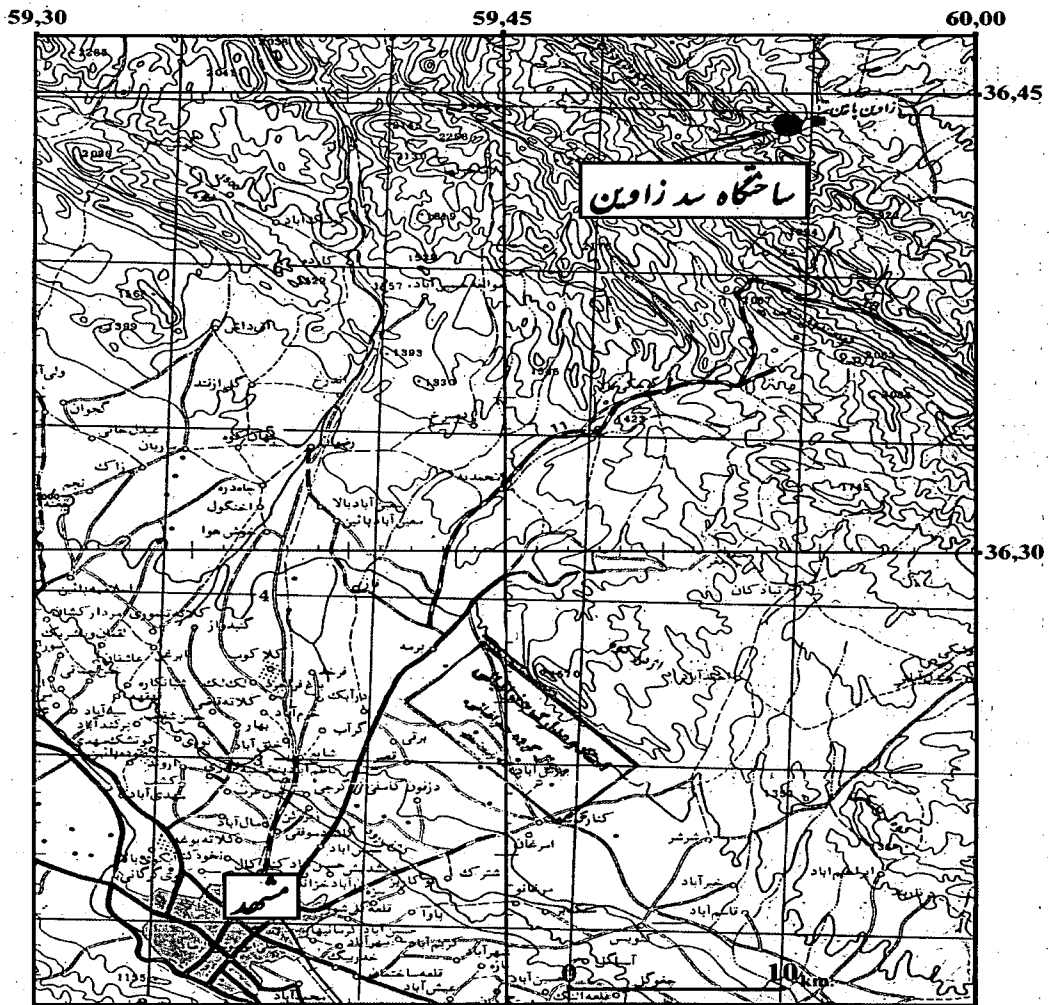
آمار برداشت شده در یک دوره ۲۹ ساله در ایستگاه بزنگان نشان از آن دارد که میزان بارندگی در فصول مختلف سال متغیر است و بیشینه آن در ماه های بهمن تا اواخر فروردین (میانگین ۴۷ میلیمتر) و کمترین بارندگی در ماه های خرداد تا اوایل مهرماه (میانگین ۴ میلیمتر) است.

نتیجه بررسی آماری در ایستگاه بزنگان نشان می دهد که میانگین نوسان های درجه حرارت در این ناحیه ناچیز است بدین سان که میانگین سالیانه درجه حرارت ۱۵ درجه سانتیگراد گزارش شده است. بیشترین درجه حرارت در ناحیه، مربوط به ماه های تابستان (میانگین ۲۵ درجه سانتیگراد) و کمترین درجه حرارت مربوط به ماه های زمستان (میانگین ۵٫۵ درجه سانتی گراد) است.

میانگین اندازه تبخیر سالیانه نزدیک به ۲۷۰۰ میلیمتر برآورد شده است. تغییرات ماهیانه میانگین اندازه تبخیر در یک دوره آماری ۱۴ ساله نشان داده است که بیشترین تبخیر مربوط به ماه های تیر، مرداد و شهریور است (میانگین ۴۵۰ میلیمتر) و کمترین آن مربوط به ماه های فصل زمستان (میانگین ۱۶۵ میلیمتر) است. این افزایش و کاهش تبخیر به تغییرات سرعت باد، درجه حرارت و پوشش گیاهی در منطقه بستگی دارد.

با مراجعه به جدول آمار هواشناسی ایستگاه چناران همچنین مشخص می شود که در طی سالهای ۱۹۵۱ تا ۱۹۸۴ میلادی بیشترین میانگین درجه حرارت روزانه مربوط به تیر ماه برابر ۲۶/۷ درجه سانتی گراد و میانگین کمترین درجه حرارت روزانه در ماه های دی و بهمن معادل ۷/۳- درجه سانتی گراد است. مقدار متوسط بارندگی سالانه ۲۷۳/۷ میلیمتر و حداکثر میزان بارندگی مربوط به ماه اسفند برابر ۴۶/۶ میلیمتر است و حداقل بارندگی در مردادماه برابر ۰/۲ میلیمتر است.

محدوده مورد بررسی دارای چند رودخانه دائمی است که بدین شرح اند: رودخانه کارده که دنباله کال بلقور است. رودخانه خور، رودخانه کلات، رودخانه حرکت در مسیر روستاهای حرکت، مارشک، جنگ. بقیه رودخانه ها فصلی اند و در ماه هایی از سال آب روان ندارند.



تصویر (۱-۲): موقعیت جغرافیایی ساختگاه سد زاوین نسبت به شهر مشهد. (منبع: سازمان جغرافیایی ارتش)

منطقه کوهستانی کلات در آغاز فصل بهار از نظر سیاحتی حائز اهمیت است. فراورده های کشاورزی آن شامل گندم، جو، صیفی جات و شلغم است که بیشتر بصورت کشت دیم کاشته می شوند و درختان گردو، سیب، گلابی، زردآلو، هلو، گیلاس و آلبالو که در باغ های حاشیه رود خانه های دائمی کاشته می شوند.

## فصل دوم: زمین شناسی عمومی

## ۲-۱- مقدمه :

زون کپه داغ به صورت باریکه ی طولی در شمال خراسان و ادامه بخش شمالی آن در ترکمنستان قرار دارد بنابراین منطقه مرزی شمال شرق ایران با ترکمنستان به شمار می آید. حد جنوبی کپه داغ به بینالود محدود می شود. حد شمالی آن با فلات توران گسلی است. گسل عشق آباد در ترکمنستان با روند  $N 315-310$  درجه جدا کننده این زون از پهنه توران است و دنباله این گسل در ناحیه سرخس ایران هم دیده میشود [۱۰]. این زون پس از کوهزایی سیمیرین پیشین یعنی هنگامی که ظاهراً تصادم و برخورد بین ایران و توران خاتمه یافت [۱۷] به صورت حوضه رسوبی درمی آید و در آن از ژوراسیک تا میوسن رسوبات ضخیمی (در حدود ۸۰۰۰ متر) بدون نبود چینه شناسی مهم ولی با رخساره های متنوع روی هم انباشته شده است.

این رسوبات اساساً شامل شیل، آهک، مارن، ماسه سنگ و گاهی کنگلومرا و سنگ های تبخیری است که در انتها به وسیله لایه های قرمز رنگ خشکی مشابه تشکیلات قرمز بالایی به سن بعد از اولیگوسن زیرین یا احتمالاً میوسن پوشیده می شود [۱۰] مجموع سری های مذکور به طور دگر شیب در زیر کنگلومرای پلیوسن قرار دارد. [۱۲، ۱۱]

## ۲-۲- زمین ساخت :

در پی سنگ این منطقه چهار گسل اصلی تشخیص داده است که لااقل پیش از ژوراسیک فعال بوده اند. این گسل ها بعدها و طی حرکات فشارشی بعدی از حالت عادی به گسل معکوس تغییر وضع داده اند.