

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ

و از آب هر چیزی را زنده گردانیدیم

سوره انبیا آیه ۳۰



دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده علوم زمین

گروه زمین شناسی

پایان نامه کارشناسی ارشد

زمین شناسی - هیدروژئولوژی

شماره پایان نامه: ۹۲۱۰۶۰۶

عنوان:

**بررسی تأثیر گسل دورود بر منابع آب زیرزمینی دشت سیلاخور (استان لرستان)**

نگارنده:

**رضا بهاروند**

استاد راهنما:

**دکتر نصراله کلانتری**

اساتید مشاور:

**دکتر عباس چرچی**

بهمن ۱۳۹۲



شماره پایان نامه:

## دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده علوم زمین

پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی  
گرایش آب شناسی

### عنوان:

بررسی تأثیر گسل دورود بر منابع آب زیرزمینی دشت سیلاخور (استان لرستان)

استاد راهنما:

دکتر نصراله کلانتری

استاد مشاور:

دکتر عباس چرچی

نگارنده:

رضا بهاروند

بهمن ماه ۱۳۹۲

تقدیم به

رنج ما و دلسوزی های

مادر و مادرم



## فصل اول: کلیات و روش تحقیق

- ۱-۱- مقدمه .....
- ۲-۱- هدف و ضرورت انجام پژوهش .....
- ۳-۱- تئوری مطلب .....
- ۳-۱-۱- گسل (Fault) .....
- ۳-۱-۲- شکل و جابجایی گسل ها .....
- ۴-۱- مؤلفه های حرکت و لغزش گسل .....
- ۵-۱- گسل و آب های زیرزمینی .....
- ۵-۱-۱- تأثیر آب های زیرزمینی در مناطق گسلی .....
- ۵-۱-۲- تأثیر گسل ها بر جریان آب های زیرزمینی .....
- ۵-۱-۳- تأثیر انواع گسل ها بر روند جریان آب های زیرزمینی .....
- ۶-۱- زلزله و آب های زیرزمینی .....
- ۶-۱-۱- پمپاژ لرزه ای .....
- ۷-۱- مقایسه تغییرات آب زیرزمینی قبل و بعد از زلزله در زمین لرزه های بزرگ دنیا .....
- ۸-۱- زلزله های تأثیرگذار بر آب های زیرزمینی در ایران .....
- ۹-۱- تاریخچه بررسی گسل، ساختار تکتونیکی و زلزله در مطالعات منابع آب زیرزمینی .....

## فصل دوم: زمین شناسی و وضعیت عمومی منطقه

- ۱-۲- مقدمه .....
- ۲-۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و راه های دسترسی .....
- ۳-۲- مطالعات زمین شناسی .....
- ۳-۱-۳-۱- زمین ساخت زاگرس .....
- ۳-۱-۳-۲- زیر پهنه زاگرس مرتفع (High Zagros) .....

- ۲۶ ..... ۲-۱-۳-۲- زیر پهنه زاگرس چین خورده (Folded Zagros)
- ۲۷ ..... ۲-۳-۲- زون سنندج- سیرجان
- ۲۸ ..... ۱-۲-۳-۲- ماگماتیسیم
- ۲۹ ..... ۲-۲-۳-۲- فعالیت های دگرگونی
- ۳۰ ..... ۴-۲- زمین شناسی محدوده مورد مطالعه
- ۳۰ ..... ۱-۴-۲- زمین ریخت شناسی
- ۳۴ ..... ۲-۴-۲- وضعیت آب و هوایی محدوده مورد مطالعه
- ۳۵ ..... ۱-۲-۴-۲- بارندگی
- ۳۶ ..... ۲-۲-۴-۲- درجه حرارت
- ۳۸ ..... ۳-۴-۲- چینه شناسی
- ۳۹ ..... ۴-۴-۲- واحدهای رسوبی در دشت سیلاخور
- ۳۹ ..... ۱-۴-۴-۲- سازند میلا (Mi)
- ۴۰ ..... ۲-۴-۴-۲- سازند فراقون
- ۴۰ ..... ۳-۴-۴-۲- سازند دالان (Da)
- ۴۲ ..... ۴-۴-۴-۲- سازند خانه کت (Kh)
- ۴۳ ..... ۵-۴-۴-۲- سازند سورمه (Su)
- ۴۴ ..... ۶-۴-۴-۲- سازند فهلیان (K)
- ۴۴ ..... ۷-۴-۴-۲- سازند داریان (K)
- ۴۵ ..... ۸-۴-۴-۲- سازند سروک (K)
- ۴۷ ..... ۹-۴-۴-۲- سازند گورپی (Gu)
- ۴۸ ..... ۱۰-۴-۴-۲- سازند آواری امیران
- ۴۹ ..... ۱۱-۴-۴-۲- سازند کشکان (Kn)

- ۵۰..... ۱۲-۴-۴-۲ سازند شهبازان (Sh)
- ۵۱..... ۱۳-۴-۴-۲ سازند آسماری (As)
- ۵۴..... ۱۴-۴-۴-۲ فلیشهای میوسن (Mf)
- ۵۶..... ۱۵-۴-۴-۲ سازند کنگلومرای بختیاری (Plb)
- ۵۷..... ۱۶-۴-۴-۲ واحد کنگلومرای (QPI)
- ۵۸..... ۱۷-۴-۴-۲ نهشته های عهد حاضر (Q)
- ۵۹..... ۵-۴-۲ زون سنندج- سیرجان
- ۵۹..... ۱-۵-۴-۲ منطقه دگرگونه
- ۶۱..... ۲-۵-۴-۲ سنگ های نفوذی
- ۶۳..... ۶-۲ زمین شناسی ساختمانی محدوده مورد مطالعه
- ۶۴..... ۱-۶-۲ گسل رورانه زاگرس
- ۶۵..... ۲-۶-۲ گسل دورود
- ۶۶..... ۳-۶-۲ گسل قلعه حاتم
- ۶۷..... ۴-۶-۲ گسل محسن ابن علی
- ۶۸..... ۷-۲ بررسی سابقه لرزه خیزی دورود- بروجرد
- ۶۸..... ۱-۷-۲ زمین لرزه ۱۳۸۴/۲/۱۳ طبرستان بروجرد

### فصل سوم: تأثیر لرزه خیزی بر وضعیت هیدروژئولوژیکی آبخوان

- ۷۲..... ۱-۳ مقدمه
- ۷۴..... ۲-۳ مقاطع ژئوفیزیک
- ۷۶..... ۳-۳ خواص هیدرودینامیکی سازندهای مختلف حوزه آبریز دشت بروجرد- دورود
- ۷۶..... ۱-۳-۳ مناطق با آبدهی خیلی خوب (Qt2, QaL, J-K, MZ)
- ۷۸..... ۲-۳-۳ مناطق با آبدهی خوب (P, PLm, K, E, OM, Qt1)

- ۳-۳-۳- مناطق با آبدهی متوسط ..... ۸۰
- ۳-۳-۴- مناطق با آبدهی ضعیف ..... ۸۰
- ۳-۳-۵- مناطق غیر قابل نفوذ و بدون آب (EC, EVO, Gn) ..... ۸۱
- ۳-۴-۴- بر آورد ضرایب انتقال به روش آزمایش پمپاژ در چاه بهره برداری ..... ۸۱
- ۳-۵-۵- بررسی لاگ چاه و مقاطع ژئوفیزیک ..... ۸۴
- ۳-۵-۱- تعیین جنس و عمق سنگ کف و ضخامت سفره آبدار ..... ۸۵
- ۳-۵-۲- تغییرات نوع و ضخامت لایهها در بخش های مختلف دشت ..... ۸۵
- ۳-۶-۶- بررسی شبکه پیزومتری ..... ۸۹
- ۳-۷-۷- هیدروگراف سطح آب چاههای مشاهده ای ..... ۹۱
- ۳-۷-۱- هیدروگراف واحد ..... ۹۳
- ۳-۸-۸- اثرات گسل بر ویژگی های هیدروژئولوژیکی ..... ۹۵
- ۳-۸-۱- گسل های منطقه مورد مطالعه ..... ۹۸
- ۳-۸-۱-۱- گسل های نرمال ..... ۹۸
- ۳-۸-۲- گسل های معکوس ..... ۹۹
- ۳-۸-۳- گسل های امتداد لغز ..... ۱۰۰
- ۳-۹-۹- بررسی عکس العمل شبکه پیزومتری آب زیرزمینی دشت سیلاخور به زمین لرزه ..... ۱۰۱
- ۳-۱۰-۱۰- نقشه های سطح آب زیرزمینی ..... ۱۰۹
- ۳-۱۰-۱- تأثیر زلزله و فرایندهای تکتونیکی بر جهت جریان آب های زیرزمینی ..... ۱۰۹
- ۳-۱۱-۱۱- تأثیر گسل، زلزله و ساختارهای تکتونیکی بر هیدروژئولوژی دشت سیلاخور ..... ۱۲۶
- ۳-۱۱-۱- درزه ها ..... ۱۳۲
- ۳-۱۱-۲- ایستگاه های درزه برداری و نمودارهای گلسرخی ..... ۱۳۲
- ۳-۱۱-۳- گسل دورود و رودخانه سیلاخور ..... ۱۳۶



۱۲-۳- بررسی ارتباط بین موقعیت زمینلرزه ها، گسل های منطقه و ظهور چشمه ..... ۱۳۸

۱۲-۳-۱- ارتباط بین زلزله و آبدهی چشمه های دشت سیلاخور ..... ۱۴۱

## فصل چهارم: تأثیر لرزه خیزی بر وضعیت هیدروژئولوژیکی آبخوان

۴-۱- مقدمه ..... ۱۴۸

۴-۲- اهمیت مطالعات هیدروشیمیایی ..... ۱۴۹

۴-۳- نمونه برداری و جمع آوری داده های هیدروشیمیایی ..... ۱۵۰

۴-۴- تعیین خطای آزمایش های شیمیایی و درصد خطا ..... ۱۵۲

۴-۵- تحلیل آماری داده های کیفی ..... ۱۵۶

۴-۶- بررسی همبستگی های داخلی بین عوامل شیمیایی و TDI ..... ۱۵۹

۴-۷- بررسی تحولات شیمیایی آب زیرزمینی در جهت جریان ..... ۱۶۳

۴-۷-۱- نمودارهای استیف منطقه مورد مطالعه ..... ۱۶۳

۴-۸- بررسی تیپ و رخساره و نقشه رخساره های هیدروشیمیایی ..... ۱۶۸

۴-۸-۱- نمودار پایپر (Piper) ..... ۱۶۹

۴-۹- رابطه بین شکستگی با غلظت املاح ..... ۱۷۵

۴-۱۰- زلزله و هیدروژئوشیمی آبهای زیرزمینی ..... ۱۷۷

۴-۱۰-۱- زلزله و ویژگی های هیدروژئوشیمی منابع آب دورود- بروجرد ..... ۱۷۸

۴-۱۰-۱-۱- چشمه دوخواهران ..... ۱۷۹

۴-۱۰-۱-۲- چشمه بنفشه ..... ۱۸۱

۴-۱۰-۱-۳- چشمه بوریا باف ..... ۱۸۲

۴-۱۰-۲- ارتباط زمانی بین برداشت نمونه و زلزله ..... ۱۸۳

۴-۱۱- بررسی تغییر و تحول شیمیایی آب در سری زمانی نسبت به زلزله ..... ۱۸۵

## فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۱-۶- نتیجه گیری ..... ۱۸۷

### فهرست اشکال

- شکل ۱-۱- طبقه بندی گسل ها بر مبنای جهت لغزش ..... ۴
- شکل ۱-۲- طبقه بندی گسل ها بر اساس شیب صفحه گسل و ریک بردار لغزش ..... ۶
- شکل ۱-۳- شماتیک دو دسته شکستگی در این بلوک نشان داده شده است. .... ۹
- شکل ۱-۴- تأثیرات مختلف گسل ها بر جریان آب های زیرزمینی ..... ۱۰
- شکل ۱-۵- انواعی از اثرات هیدروژئولوژیکی گسل های نرمال در یک ردیف مارن ..... ۱۲
- شکل ۱-۶- تغییرات سطح آب در چاهی در فاصله ۱۴ کیلومتری از مرکز زمین لرزه ..... ۱۵
- شکل ۱-۷- تغییرات EC, TDS, SAR در زلزله ۵ دی سال ۱۳۸۲ بم ..... ۱۶
- شکل ۱-۸- تغییرات آنیون ها و کاتیون ها در زلزله ۵ دی ۱۳۸۲ بم ..... ۱۷
- شکل ۱-۲- منطقه مورد مطالعه و راه های دسترسی به آن ..... ۲۳
- شکل ۲-۲- نقشه زمینشناسی محدوده مورد مطالعه و مقطع BB عمود بر گسل دورود ..... ۳۱
- شکل ۲-۳- مورفولوژی تپه ماهوری ایجاد شده در اثر گسل دورود ..... ۳۲
- شکل ۲-۴- کوههای مرتفع و رورانده زاگرس با گسل خوردگی و پرتگاه های زیاد (دید به سمت غرب) ..... ۳۳
- شکل ۲-۵- بخشی از دشت آبرفتی سیلاخور و زون سنندج- سیرجان (دید عکس به سمت شرق) ..... ۳۴
- شکل ۲-۶- نوسانات ماهانه ۵ پارامتر دمایی در ایستگاه رحیم آباد ..... ۳۷
- شکل ۲-۷- گرادیان تغییرات میانگین سالانه درجه حرارت با ارتفاع در منطقه مورد مطالعه ..... ۳۷
- شکل ۲-۸- سازند میلا در نزدیکی محل چشمه صفر ..... ۳۹
- شکل ۲-۹- سازند فراقون در حوالی روستای چنارستان ..... ۴۱
- شکل ۲-۱۰- سازند دالان در محدوده روستای چنارستان (دید به سمت شمال) ..... ۴۲
- شکل ۲-۱۱- سازند خانه کت در مسیر چشمه صفر (دید به سمت شمال غربی) ..... ۴۳

- شکل ۲-۱۲- واحد K در مسیر چشمه سراب شور واقع در جنوب بروجرد (دید به سمت غرب) ..... ۴۶
- شکل ۲-۱۳- شکستگی و آثار انحلالی در واحد K (دید به سمت شمال غرب) ..... ۴۷
- شکل ۲-۱۴- سازند شهبازان در شمال غرب دشت سیلاخور (دید به سمت غرب) ..... ۵۱
- شکل ۲-۱۵- سازند آسماری و آثار گسل، شکستگی و انحلال در مسیر چشمه صفر ..... ۵۳
- شکل ۲-۱۶- سازند آسماری که تحت تأثیر گسل خوردگی به شدت شکسته می‌باشد ..... ۵۴
- شکل ۲-۱۷- فلیش‌های میوسن در ناحیه ورکوه ..... ۵۶
- شکل ۲-۱۸- سنگهای گرانیتی در مسیر روستای مروک ..... ۶۳
- شکل ۲-۱۹- مورفولوژی تپه ماهوری ایجاد شده در اثر گسل دورود ..... ۶۶
- شکل ۲-۲۰- موقعیت شهرهای دورود و بروجرد و دشت سیلاخور ..... ۶۷
- شکل ۲-۲۱- توزیع مکانی زمینلرزه های دشت سیلاخور ..... ۶۹
- شکل ۲-۲۲- مقایسه موقعیت زلزله درب آستانه سیلاخور بر اساس مراکز علمی داخلی و خارجی ..... ۷۱
- شکل ۳-۱- تفکیک دشت دورود- بروجرد از ارتفاعات پیرامون ..... ۷۳
- شکل ۳-۲- موقعیت سونداژها جهت بررسی‌های ژئوفیزیکی دشت ..... ۷۵
- شکل ۳-۳- نقشه ضریب قابلیت انتقال دشت سیلاخور ..... ۸۲
- شکل ۳-۴- جهات مقاطع رسم شده در دشت بروجرد- دورود ..... ۸۴
- شکل ۳-۵- پروفیل مقاطع ژئوفیزیک رسم شده دشت سیلاخور ..... ۸۶
- شکل ۳-۶- لاگ تعدادی از چاههای دشت سیلاخور ..... ۸۷
- شکل ۳-۷- لاگ چاه های ۲ طرف گسل ..... ۸۸
- شکل ۳-۸- موقعیت ۳ چاه که لاگ آنها تهیه شده است ..... ۸۸
- شکل ۳-۹) نقشه زمین شناسی دشت سیلاخور و موقعیت پیزومترها، گسل فعال دورود و گسلهای اطراف ... ۸۹
- شکل ۳-۱۰- نقشه تی سن بندی پیزومترهای دشت سیلاخور ..... ۹۴
- شکل ۳-۱۱- هیدروگراف واحد دشت در طول دوره آماری ..... ۹۵

- شکل ۳-۱۲- ساختارهای مرتبط با پله ای شدن و خمش در طول گسل‌های امتدادلغز ..... ۹۹
- شکل ۳-۱۳- راندگی بزرگ چغلوندی و گسل معکوس مسلم ابن عقیل ..... ۱۰۰
- شکل ۳-۱۴- بررسی نوسانات سطح ایستابی در دشت سیلاخور ..... ۱۰۲
- شکل ۳-۱۵- پیژومتر حاجی آباد (Pz29) در مجاورت گسل دورود و قلعه حاتم (غرب گسل) ..... ۱۰۳
- شکل ۳-۱۶- پیژومتر میدان (Pz6) در مجاورت گسل دورود (غرب گسل) ..... ۱۰۳
- شکل ۳-۱۷- پیژومتر چگنی کش (Pz5) در مجاورت گسل دورود (غرب گسل) ..... ۱۰۴
- شکل ۳-۱۸- پیژومتر جنب کارخانه قند (Pz7) در مجاورت گسل دورود (غرب گسل) ..... ۱۰۴
- شکل ۳-۱۹- پیژومتر قلعه حاتم (Pz1) در مجاورت گسل قلعه حاتم (شرق گسل) ..... ۱۰۵
- شکل ۳-۲۰- پیژومتر سیلوی بروجرد (Pz28) ..... ۱۰۵
- شکل ۳-۲۱- پیژومتر ده حاجی (Pz8) ..... ۱۰۶
- شکل ۳-۲۲- پیژومتر خدمات کاغه (Pz17) که در فاصله دورتری از گسل اصلی قرار دارد ..... ۱۰۷
- شکل ۳-۲۳- پیژومتر همیانه (Pz16) که در فاصله دورتری از گسل اصلی قرار دارد ..... ۱۰۷
- شکل ۳-۲۴- همچنین نمودار تغییرات سطح آب نسبت به زلزله و بارندگی برای کل دشت ..... ۱۰۸
- شکل ۳-۲۵- نقشه جهت جریان آب های زیرزمینی دشت سیلاخور (بهمن ۸۳) ..... ۱۱۱
- شکل ۳-۲۶- نقشه جهت جریان آب های زیرزمینی دشت سیلاخور (فروردین ۸۴) ..... ۱۱۲
- شکل ۳-۲۷- نقشه جهت جریان آب های زیرزمینی دشت سیلاخور (اردیبهشت ۸۴) ..... ۱۱۳
- شکل ۳-۲۸- نقشه جهت جریان آب های زیرزمینی دشت سیلاخور (بهمن ۸۴) ..... ۱۱۴
- شکل ۳-۲۹- نقشه جهت جریان آب های زیرزمینی دشت سیلاخور (فروردین ۸۵) ..... ۱۱۵
- شکل ۳-۳۰- نقشه جهت جریان آب های زیرزمینی دشت سیلاخور (مرداد ۸۵) ..... ۱۱۶
- شکل ۳-۳۱- نقشه جهت جریان آب های زیرزمینی دشت سیلاخور (فروردین ۹۰) ..... ۱۱۷
- شکل ۳-۳۲- موقعیت دو گسل عرضی موجود در دشت سیلاخور ..... ۱۱۹
- شکل ۳-۳۳- جهت جریان عمومی همراه با موقعیت کانون های زلزله دشت سیلاخور ..... ۱۲۰

- شکل ۳-۳۴- موقعیت گسل عرضی در محل تقاطع گسل دورود و گسل قلعه حاتم ..... ۱۲۱
- شکل ۳-۳۵- سطح آب زیرزمینی در مسیر گسل دورود حوالی روستای چگنی کش (دید به سمت شرق) .... ۱۲۳
- شکل ۳-۳۶- نقشه اختلاف سطح ایستابی فروردین و خرداد ۱۳۸۴ ..... ۱۲۴
- شکل ۳-۳۷- نقشه اختلاف سطح ایستابی اردیبهشت ۱۳۸۵ و اسفند ۱۳۸۴ ..... ۱۲۵
- شکل ۳-۳۸- نقشه گسلهای اصلی و فرعی منطقه مورد مطالعه و محل‌های درزه برداری ..... ۱۲۶
- شکل ۳-۳۹- نقشه تراکم گسل‌های محدوده مطالعاتی ..... ۱۲۷
- شکل ۳-۴۰- عملکرد گسل دورود و شکستگیها در واحد K حوالی روستای چنارستان ..... ۱۲۸
- شکل ۳-۴۱- چشمه حوالی روستای چنارستان ..... ۱۲۹
- شکل ۳-۴۲- گسل نرمال در مسیر چشمه صفر (دید به سمت جنوب غرب) ..... ۱۲۹
- شکل ۳-۴۳- شکستگیهای موجود در سازند آسماری و تغذیه مناسب آنها (دید به سمت جنوب) ..... ۱۳۰
- شکل ۳-۴۴- ظهور چشمه از سازند خانه کت و شکستگی و گسل خوردگی در شهبازان و خانه کت ..... ۱۳۱
- شکل ۳-۴۵- گسل خوردگی در سازند شهبازان و پرشدگی توسط رسوبات (دید به سمت شمال شرقی) ..... ۱۳۲
- شکل ۳-۴۶- نمودار گلسرخی درزه در ایستگاه دینار آباد ..... ۱۳۳
- شکل ۳-۴۷- درزه برداری در مسیر روستای دینار آباد به سمت چشمه صفر (دید به سمت شمال غرب) ..... ۱۳۴
- شکل ۳-۴۸- درزه‌های موجود در سازند آسماری که در انتقال آب نقش اساسی ایفا می‌کنند ..... ۱۳۵
- شکل ۳-۴۹- نمودار گلسرخی درزه در ایستگاه مروک ..... ۱۳۶
- شکل ۳-۵۰- رودخانه سیلاخور و تبعیت تکتونیکی آن از گسل دورود ..... ۱۳۷
- شکل ۳-۵۱- توزیع مکانی زلزله‌های محدوده مطالعاتی (۱۳۹۲-۱۳۷۶) ..... ۱۳۹
- شکل ۳-۵۲- توزیع مکانی چشمه‌های محدوده مطالعاتی ..... ۱۴۰
- شکل ۳-۵۳- موقعیت چشمه و قنات‌های دشت سیلاخور که دارای آمار دبی بلندمدت میباشند ..... ۱۴۲
- شکل ۳-۵۴- آبدهی چشمه‌های تنوردر ..... ۱۴۳
- شکل ۳-۵۵- آبدهی چشمه همیانه در بخش شرقی دشت سیلاخور ..... ۱۴۳

- شکل ۳-۵۶- آبدهی چشمه توده زن در بخش شرقی دشت سیلاخور ..... ۱۴۴
- شکل ۳-۵۷- آبدهی چشمه کرتیل در بخش شمالی دشت و بر روی گسل قلعه حاتم ..... ۱۴۴
- شکل ۳-۵۸- چشمه آبسرد واقع در سازندهای آهکی زاگرس ..... ۱۴۵
- شکل ۳-۵۹- چشمه بورباباف در مجاورت گسل نرمال قلعه حاتم ..... ۱۴۵
- شکل ۳-۶۰- آبدهی چشمه کیوره در بخش شمالی دشت و در مجاورت گسل قلعه حاتم ..... ۱۴۶
- شکل ۴-۱- موقعیت چشمه و قنات های دشت سیلاخور که دارای آمار دبی بلندمدت می باشند ..... ۱۵۱
- شکل ۴-۲- مشخصه های آماری یون های اصلی منابع آب دشت دورود-بروجرد ..... ۱۵۸
- شکل ۴-۴- نمودار ترکیبی کل مواد محلول ..... ۱۶۲
- شکل ۴-۵- تغییرات غلظت املاح آب چاههای عمیق دشت دورود-بروجرد از غرب به شرق دشت ..... ۱۶۴
- شکل ۴-۶- تغییرات غلظت املاح آب قناتهای های محدوده دورود-بروجرد در حاشیه ارتفاعات جنوب ..... (از شمال به جنوب) ..... ۱۶۵
- شکل ۴-۷- تغییرات غلظت املاح آب قناتهای زون سنندج-سیرجان در امتداد شمال غرب-جنوب شرق .. ۱۶۶
- شکل ۴-۸- تغییرات غلظت املاح آب چشمه های محدوده دورود-بروجرد ..... ۱۶۷
- شکل ۴-۹- تغییرات غلظت املاح آب چشمه ها ..... ۱۶۸
- شکل ۴-۱۰- نمودار پایپر منابع انتخابی محدوده مطالعاتی (چاه عمیق) ..... ۱۷۲
- شکل ۴-۱۱- نمودار پایپر منابع انتخابی محدوده مطالعاتی (چشمه) ..... ۱۷۳
- شکل ۴-۱۲- توزیع میانگین شیمیائی املاح منابع انتخابی در محدوده مطالعاتی (۱۳۹۰) ..... ۱۷۴
- شکل ۴-۱۳- هدایت الکتریکی و مجموع املاح (TDS) چشمه دوخواهران ..... ۱۸۴
- شکل ۴-۱۴- نمودار کلسیم و منیزیم چشمه دوخواهران و زلزله های اصلی چند سال اخیر ..... ۱۸۵
- شکل ۴-۱۵- نمودار سولفات و کلر چشمه دوخواهران و زلزله های اصلی چند سال اخیر ..... ۱۸۵
- شکل ۴-۱۶- هدایت الکتریکی و مجموع املاح (TDS) چشمه بنفشه و زلزله های منطقه ..... ۱۸۶
- شکل ۴-۱۷- نمودار کلسیم و منیزیم چشمه بنفشه و زلزله های اصلی چند سال اخیر ..... ۱۸۷

- شکل ۴-۱۸- نمودار هدایت الکتریکی و مجموع املاح چشمه بوریا باف ..... ۱۸۷
- شکل ۴-۱۹- کلسیم و منیزیم چشمه بوریا باف با توجه به زلزله های اصلی اخیر ..... ۱۸۸
- شکل ۴-۲۰- نمودار EC و TDS چشمه افراوند با توجه به زلزله های اصلی سالهای اخیر ..... ۱۸۹
- شکل ۴-۲۱- نمودار EC و TDS چشمه پهلوان کل با توجه به زلزله های اصلی سالهای اخیر ..... ۱۸۹
- شکل ۴-۲۲- نمودار تغییرات هدایت هیدرولیکی (EC) دشت سیلاخور نسبت به زلزله ..... ۱۹۰
- شکل ۴-۲۳- نمودار تغییرات کلر دشت سیلاخور نسبت به زلزله ..... ۱۹۱
- شکل ۴-۲۴- نمودار تغییرات سختی دشت سیلاخور نسبت به زلزله ..... ۱۹۱

### فهرست جداول

- جدول ۲-۱- نتایج متوسط بارش سالیانه ایستگاه رحیم آباد ..... ۳۶
- جدول ۲-۲- مقادیر ضریب دومارتن و نوع اقلیم ایستگاه های منتخب در دشت سیلاخور ..... ۳۸
- جدول ۲-۳- میزان رخنمون واحدهای چین های مختلف در دشت سیلاخور ..... ۳۹
- جدول ۲-۴- مشخصات پیش لرزه ها و زمین لرزه اصلی ۱۳۸۵/۱/۱۱ ..... ۷۰
- جدول ۳-۱- موقعیت و مقدار قابلیت انتقال بدست آمده از چاههای بهره برداری ..... ۸۳
- جدول ۳-۲- مشخصات چاه های مشاهدهای در گستره طرح ..... ۹۰
- جدول ۳-۳- گروه بندی چاه های مشاهدهای و ضریب وزنی آنها به کمک ترسیم شبکه تی سن ..... ۹۲
- جدول ۴-۱- نتایج آنالیز شیمیایی چاههای انتخابی محدوده مطالعاتی (مهرماه ۱۳۹۰) ..... ۱۵۳
- ادامه جدول ۴-۱- نتایج آنالیز شیمیایی قناتهای انتخابی محدوده مطالعاتی (مهرماه ۱۳۹۰) ..... ۱۵۴
- ادامه جدول ۴-۱- نتایج آنالیز شیمیایی منابع انتخابی محدوده مطالعاتی (مهرماه ۱۳۹۰) ..... ۱۵۵
- جدول ۴-۲- درصد رده بندی خطا در نمونه های کیفی محدوده مطالعاتی ..... ۱۵۶
- جدول ۴-۳- روابط همبستگی کل یون های محلول آب زیرزمینی دشت ..... ۱۶۵
- ادامه جدول ۴-۳- تفکیک تیپ و رخساره نمونه های انتخابی محدوده مطالعاتی ..... ۱۷۱
- جدول ۴-۵- نتایج سنجش شیمیایی نمونه های آب در مرداد ماه ۹۰ ..... ۱۷۶

# فصل اول

کلیات و روش تحقیق



## ۱-۱- مقدمه

در مطالعات هیدروژئولوژیکی در مناطق آبرفتی و کارستی، گسل‌ها دارای اهمیت فوق العاده‌ای می‌باشند. معمولاً مجاری انحلالی مختلف از مسیر گسل‌ها، درزه‌ها و سطوح لایه‌بندی تبعیت می‌نمایند. گسل‌هایی که دارای جابجایی زیاد می‌باشند، معمولاً به عنوان مرزهای خارجی سفره‌های آبدار کارستی عمل نموده و هندسه سفره آبدار را تعیین می‌نمایند. مناطق کارستی بیش از ۱۱ درصد از کشور ما را تشکیل می‌دهند (افراسیابیان، ۱۳۷۷). با توجه به اینکه این مناطق نقش بسزایی در تأمین آب شرب دارند، مطالعه و تحقیق از این منابع در کنار منابع آبرفتی جهت شناخت هرچه بیشتر و بهره‌برداری صحیح از آنها حائز اهمیت فراوان می‌باشد.

فرایندهای تکتونیکی مخصوصاً گسل‌ها و شکستگی‌ها در تسهیل و تشدید کارستی شدن و ابعاد کمی و کیفی فرایندهای هیدروژئولوژیکی نقش اساسی و مهمی را ایفا می‌کنند (White 1988, Ford 1989, Milanovic 1988). گسل‌ها با ایجاد درز و شکاف در سیستم‌های کارستی تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر منابع آب دارند. درز و شکافهای ایجاد شده در زمین بر اثر گسلش موجب نفوذ بهتر آب‌های روان و یا آبهای جوی ناشی از بارش و در نتیجه غنی شدن منابع آب زیرزمینی می‌شوند. گسل‌ها گاهی موجب تغییر مسیر رودها، ایجاد آبراهه‌ها (مثلاً گسلش یک سفره آبدار محبوس سبب برداشته شدن فشار و حرکت آب به سمت سطح و جاری شدن آن می‌شود)، پدید آمدن چشمه‌های مختلف و ایجاد اشکال هیدروژئولوژیکی گوناگونی می‌گردند. با توجه به مطالب فوق، مطالعه و بررسی فرایندها و ساختارهای تکتونیکی در حوضه‌های کارستی و آبرفتی از اهمیت بالایی برخوردار است.

## ۱-۲- هدف و ضرورت انجام پژوهش

گسل دورود یک قطعه گسلی جوان، فعال و از مهمترین قطعات تراست زاگرس در جنوب غربی ایران می‌باشد که در چند دهه اخیر فعالیت‌هایی را از خود نشان داده است. شواهد مورفولوژیکی مرتبط با گسلش امتداد لغز مانند آبراهه‌های جابجاشده، پشته‌های فشارشی و پشته‌های مسدود کننده به همراه سایر شواهد در امتداد این گسل، نشان دهنده حرکت امتدادلغز از نوع راستگرد و وجود فعالیت‌های تکتونیکی جوان می‌باشد (بهاروند، ۱۳۸۷).

با توجه به نقش مهم گسل‌ها و ساختارهای تکتونیکی در فرایند کارستی شدن و وضعیت هیدروژئولوژیکی هر منطقه، در این تحقیق سعی می‌شود تأثیر گسل دورود بر کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت سیلاخور از جمله نقش گسل در روند عمومی جریان آب زیرزمینی، ایجاد سد هیدرولیکی یا برقراری ارتباط بین دو طرف گسل و یا نقش دوگانه گسل در تغذیه و فرار آب، تأثیر گسل‌ها و ساختارهای تکتونیکی بر خصوصیات هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمیایی چشمه‌ها و همچنین نقش آنها در ظهور و آبدهی چشمه‌ها و چاه‌ها، ارتباط بین غلظت املاح در زمان‌های قبل و بعد از زلزله ایجاد شده در اثر فعال شدن گسل دورود و همچنین ارتباط بین سطح آب در نقاط مختلف دشت و دو طرف گسل با زمان فعالیت گسل (زلزله) مورد بررسی قرار گیرند. همچنین با توجه به اینکه گسل دورود یک گسل جوان و فعال بوده است. در چندین سال اخیر به خصوص زلزله‌های اردیبهشت ۱۳۸۴ و فروردین ۱۳۸۵ عامل زلزله‌های دورود و بروجرد می‌باشد. در این تحقیق سعی می‌شود ارتباط بین نوسانات سطح آب، آبدهی چشمه و قنات‌ها و ارتباط زلزله با

ویژگی‌های هیدروژئوشیمیایی آب‌های زیرزمینی و رابطه مکانی توزیع زلزله‌های منطقه با ظهور چشمه‌ها مورد بررسی قرار گیرد). با در نظر گرفتن این نکته که فعالیت‌های لرزه‌ای محدود به زمان اصلی زمین لرزه نمی‌باشد بنابراین، تغییرات سطح آب در پیزومترهای دشت در یک بازه زمانی طولانی مورد بررسی قرار خواهند گرفت و این احتمال وجود دارد که ارتباط نزدیکی بین نوسان سطح آب و زمین‌لرزه اصلی وجود داشته باشد.

گسل‌ها در پوسته زمین در مقیاس‌های مختلفی تشکیل می‌شوند. عملکرد گسل‌ها ترتیب قرارگیری واحدهای سنگی را بر هم زده و مسائل پیچیده‌ای را به وجود می‌آورد. گسل‌ها می‌توانند توپوگرافی سطح زمین را تغییر دهند. گسل‌ها همچنین می‌توانند بر نحوه توزیع منابع طبیعی همچون آب‌های زیرزمینی تأثیر گذار باشند. گسل‌ها، تراوایی سنگ‌ها را، که عامل مهمی در جابجایی آب‌های زیرزمینی است، تحت تأثیر قرار می‌دهند.

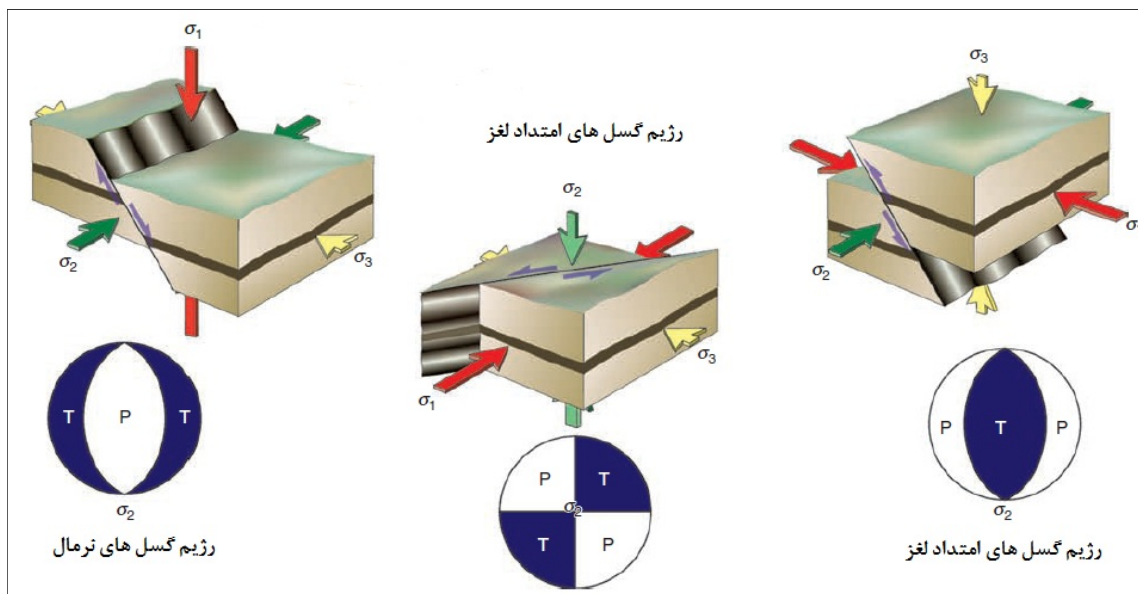
### ۳-۱- تئوری مطلب

#### ۳-۱-۱- گسل (Fault)

زمین‌شناسان واژه گسل را به صورت‌های مختلفی به کار می‌برند. در حالت کلی، گسل عبارت است از هر نوع سطح یا محدوده (زون) در زمین، که لغزش یا به زبانی جابجایی برشی قابل اندازه‌گیری در آن به وجود آمده باشد. در تعریفی دقیق‌تر، گسل‌ها شکستگی‌هایی هستند که لغزش در آنها بیشتر توسط فرایند شکست به وجود آمده باشد.

### ۱-۳-۲- شکل و جابجایی گسل‌ها

پیش از آغاز بررسی گسل لازم است تا برخی از واژه‌ها را معرفی شود. برای ساده کردن بحث، گسل را به صورت سطحی در داخل سنگ، در نظر می‌گیرند. سنگ مجاور سطح گسل، دیواره گسل و بخشی از سنگ که در اثر لغزش گسل حرکت می‌کند، قطعه گسل نامیده می‌شوند. اگر گسل حالت قائم نداشته باشد، می‌توان بین قطعه فرادیواره، که بخش بالای سطح گسل است، با قطعه فرودیواره، که مشتمل بر سنگ زیر صفحه گسل است، تفکیک قائل شد (شکل ۱-۱). باید توجه داشت که در گسل‌های قائم، نمی‌توان قطعات فرادیواره و فرودیواره را از هم تفکیک نمود.



شکل ۱-۱- طبقه‌بندی گسل‌ها بر مبنای جهت لغزش (با اندکی تغییرات از Fossen, 2010)

### ۱-۴- مؤلفه‌های حرکت و لغزش گسل

پس از حرکت گسل، یک قطعه گسل نسبت به قطعه دیگر، به مقداری که به آن لغزش کلی می‌گویند، جابجا می‌شود. برای توصیف کامل جابجایی می‌توان بردار لغزش کلی را معرفی کرد.