

سلام افلاک



دانشکده علوم طبیعی

گروه زمین‌شناسی

پایان‌نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته زمین‌شناسی هیدروژئولوژی

عنوان

بررسی کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی آبخوان دشت خوی

استاد راهنما

دکتر اصغر اصغری مقدم

استاد مشاور

مهندس الهام فیجانی

پژوهشگر

لیدا جلالی

دی ۱۳۹۰

تقدیم ہے:

پدر و مادر دل سوز و مہربانم

بہ پاس زحمات بی دریغشان

تشکر و قدردانی

سپاس مخصوص خداوند مهربان که به انسان توانایی و دانایی بخشید تا به بندگانش شفقت ورزد، مهربانی کند و در حل مشکلاتشان یاری‌شان نماید. از راحت خویش بگذرد و آسایش هم‌نوعان را مقدم دارد، با او معامله کند و در این خلوص انباز نگیرد و خوش باشد که پروردگار سمیع و بصیر است.

گام برداشتن در جهت کسب علم و دانش، مسیری است که جز با توفیق الهی میسر نمی‌گردد. این توفیق، با بهره‌گیری از علم و یاری جستن از تجربه اساتید، همت و تلاش انسان و حمایت دوستان به ثمر خواهد رسید. لذا قبل از هر سخن بر خود لازم می‌دانم از تمامی کسانی که مرا در جهت نگارش این پایان‌نامه یاری نموده‌اند، تشکر و قدردانی نمایم.

در ابتدا از زحمات بی‌دریغ، نظرات کارگشا، صبر و حوصله فراوان و دلسوزی روزافزون استاد راهنمای خود، پروفیسور اصغری مقدم که نسبت به اینجانب لطف و بزرگواری نموده‌اند، سپاسگذاری می‌نمایم.

از دوست خوبم سرکار خانم دکتر فیجانی که با مشاوره و هدایت بنده، در این راه مرا یاری نموده‌اند، صمیمانه تشکر می‌کنم.

از جناب آقای دکتر ندیری و جناب آقای دکتر کرد که خالصانه علم و تجربه خود را در اختیار این حقیر قرار داده‌اند قدردانی می‌نمایم.

از همکاری‌های بی‌دریغ و صمیمانه دوستان گرامی از جمله، آقایان پناه‌زاده، شکری، پورمراد، بسکابادی و اسدی ممنون و سپاسگذارم.

از همکاری و همراهی‌های همیشگی همکلاسی‌های خوبم سرکار خانم تاری، جناب آقای دهقان و جناب آقای نادری ممنون و سپاسگذارم.

بر هیچکس پوشیده نیست که تمامی اساتید و کارکنان دانشکده مرا مورد لطف و عنایت خود قرار داده‌اند، پس لازم می‌دانم از تمامی اساتید و کارکنان خصوصاً جناب آقای مهندس اروجی مسئول آزمایشگاه آبشناسی دانشکده علوم طبیعی دانشگاه تبریز، تقدیر و تشکر نمایم. از مدیریت محترم اداره آب شهرستان خوی جناب آقای مهندس باقری و خانواده محترمشان تشکر و قدردانی می‌کنم.

صبر و تحمل پدر و مادر فداکارم و حمایت‌های همه‌جانبه آنها و خانواده گرامی، بخصوص برادران عزیزم درخور سپاس و ستایش است.

نام خانوادگی: جلالی	نام: لیدا
عنوان پایان نامه: بررسی کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی آبخوان دشت خوی	
استاد راهنما: دکتر اصغر اصغری مقدم	استاد مشاور: مهندس الهام فیجانی
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: زمین شناسی
گرایش: هیدروژئولوژی	دانشگاه: تبریز
دانشکده: علوم طبیعی	تاریخ فارغ التحصیلی: دی ۹۰
تعداد صفحه: ۱۷۳	
کلید واژه‌ها: هیدروژئولوژی، هیدروژئوشیمی، کیفیت آب زیرزمینی، فلزات سنگین، آنالیز فاکتوری، دشت خوی	
<p>چکیده: دشت خوی در شمال غرب کشور و در شمال استان آذربایجان غربی گسترده شده است. شهر خوی مهم ترین شهر در این دشت محسوب می گردد. این منطقه جزء مناطق سرد و خشک محسوب شده و متوسط بارندگی آن ۳۴۴ میلی متر می باشد. منابع آب سطحی منطقه عمدتاً شامل دو رودخانه‌ی قطور و الوند می باشد.</p> <p>هدف از این پژوهش بررسی کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی دشت خوی و تعیین آلودگی فلزات سنگین در مناطق مختلف دشت می باشد.</p> <p>سفره‌های تحت فشار و نیمه تحت فشار به صورت ناپیوسته و موضعی در بخش‌های غربی و مرکزی دشت و سفره‌های آزاد را در همه نقاط مشخص شدند. جهت جریان آب زیرزمینی با توجه به خطوط هم‌پتانسیل از جنوب غرب به شمال شرقی دشت می باشد.</p> <p>به منظور بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت خوی، علاوه بر جمع‌آوری اطلاعات صورت گرفته، ۳۶ نمونه آبی از چاه‌های موجود در دشت نمونه برداری شد. پارامترهای هدایت الکتریکی و pH در محل نمونه برداری و نیز با یون‌های اصلی (کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، کلر، سولفات، کربنات و بیکربنات)، یون‌های فرعی (نیترات و فلوراید) و عناصر جزئی (آرسنیک، آهن و مس) در آزمایشگاه آبشناسی گروه زمین‌شناسی دانشگاه تبریز مورد آنالیز قرار گرفتند. ترکیب آب زیرزمینی در منطقه بیشتر از دو تیپ بیکربناته و کلروره تشکیل یافته است. به طور کلی تیپ منابع موجود در بخش‌های جنوبی و شرقی کلروره است و تیپ آب در بخش‌های غرب و شمال غربی دشت از نوع بیکربناته می باشد.</p> <p>نتایج حاصل از بررسی هدایت الکتریکی در منطقه نشان می دهد که به طور کلی هدایت الکتریکی از جنوب غرب به شمال شرق و شرق افزایش می یابد که منطبق بر جهت جریان آب زیرزمینی می باشد. در قسمت‌های شرقی و شمال شرقی (انتهای دشت) به دلیل قرار گرفتن در منطقه تخلیه، تبخیر از سطح آب زیرزمینی، تأثیر سازندهای تبخیری و پمپاژ آب، هدایت الکتریکی آبخوان بیشتر است. در بخش مرکزی نیز به دلیل ریزدانه بودن آبرفت و نفوذپذیری کم میزان هدایت الکتریکی افزایش نشان می دهد. با توجه به نتایج آنالیزهای هیدروشیمیایی مقادیر یون سدیم، کلر، آرسنیک و آهن در بعضی مناطق دارای غلظت بالاتر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO) می باشد. در کل می توان عامل اصلی این آنومالی‌ها را سازندهای زمین‌شناسی دانست.</p> <p>با توجه به آنالیز خوشه‌ای، نمونه‌های آنالیز شده در سه خوشه قرار گرفته‌اند که خوشه اول شامل اکثر نمونه‌ها بوده و هدایت الکتریکی کم تا متوسط دارند. خوشه دوم دارای هدایت الکتریکی زیاد و خوشه سوم نمونه‌های با هدایت الکتریکی خیلی زیاد را</p>	

نشان می‌دهد. هر کدام از خوشه‌ها با توجه به محتوی فلزات سنگین و دیگر پارامترها نیز به زیرگروه‌های دیگری تقسیم شده‌اند.

بر اساس روش آنالیز فاکتوری، سه عامل اصلی موثر بر هیدروشیمی منطقه مورد شناسایی قرار گرفت. عامل‌های اول و دوم تأثیر سازندهای زمین‌شناسی و روند تکاملی جریان آب‌زیرزمینی را نشان می‌دهند و عامل سوم متأثر از فعالیت‌های انسانی می‌باشد. در عامل نخست کلر، سدیم، سولفات، پتاسیم، آرسنیک، مس، آهن و هدایت الکتریکی و در مؤلفه دوم منیزیم، بیکربنات، فلوراید و اسیدیته مؤثر می‌باشد، در حالی‌که در مؤلفه سوم کلسیم و نیترات با همدیگر مرتبط بودند. در واقع عامل‌های اول و دوم منشأ زمین‌زاد و عامل سوم منشأ انسان‌زاد دارد.

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
فصل اول - بررسی منابع	
۱	۱-۱- مقدمه.....
۱	۱-۱-۱ بیان مسأله.....
۱	۱-۱-۲ هدف مطالعه.....
۲	۲-۱ کیفیت آب زیرزمینی و عوامل مؤثر بر آن.....
۲	۱-۲-۱ فرایندهای طبیعی تغییر کیفیت آب.....
۴	۱-۱-۲-۱ نقش خصوصیات هیدروژئولوژیکی در خصوصیات آب زیرزمینی.....
۵	۲-۱-۲-۱ نقش سازندهای زمین شناسی در کیفیت آب زیرزمینی.....
۶	۳-۱-۲-۱ نقش رسوبات در کیفیت آب زیرزمینی.....
۷	۲-۲-۱ عوامل اقلیمی.....
۸	۳-۲-۱ عوامل غیرطبیعی مؤثر بر کیفیت آب.....
۹	۱-۳-۲-۱ برداشت بی رویه.....
۹	۲-۳-۲-۱ پیشروی آب شور دریا.....
۱۰	۳-۳-۲-۱ فاضلابهای شهری، صنعتی و پسابهای کشاورزی.....
۱۱	۳-۱ آلودگی آبهای زیرزمینی.....
۱۲	۱-۳-۱ عوامل آلوده کننده منابع آب زیرزمینی.....
۱۲	۱-۳-۱-۱ آلایندههای فیزیکی.....

۱۲	..... ۲-۱-۳-۱ آلاینده‌های آلی
۱۳	..... ۳-۱-۳-۱ آلاینده‌های شیمیایی
۱۳	..... ۴-۱ فلزات سنگین
۱۵	..... ۱-۴-۱ عوامل ژئوشیمیایی مؤثر در رسوبگذاری عناصر در محیط‌های آبی
۱۶	..... ۲-۴-۱ مس
۱۸	..... ۳-۴-۱ آهن
۱۹	..... ۴-۴-۱ آرسنیک
۲۰	..... ۱-۴-۴-۱ ایزوتوپ‌های آرسنیک
۲۱	..... ۲-۴-۴-۱ ترکیبات آرسنیک
۲۲	..... ۳-۴-۴-۱ کانی شناسی آرسنیک
۲۳	..... ۴-۴-۴-۱ آرسنیک در سنگ‌های مختلف
۲۴	..... ۵-۴-۴-۱ آرسنیک در آب
۲۷	..... ۶-۴-۴-۱ اثرات آرسنیک بر محیط زیست
۳۰	..... ۷-۴-۴-۱ چگونگی اندازه‌گیری مقادیر آرسنیک و روش‌های جداسازی آب
۳۳	..... ۵-۱ روش‌های آماری تحلیل داده‌ها
۳۳	..... ۱-۵-۱ ضریب همبستگی
۳۴	..... ۲-۵-۱ تحلیل مؤلفه‌های اصلی
۳۴	..... ۳-۵-۱ آنالیز خوشه‌ای

فصل دوم - مواد و روش‌ها

۳۶	..... ۱-۲ موقعیت جغرافیایی منطقه
۳۷	..... ۲-۲ هواشناسی
۳۷	..... ۱-۲-۲ بارش و دما
۳۹	..... ۲-۲-۲ رطوبت نسبی
۳۹	..... ۳-۲-۲ تبخیر
۴۰	..... ۴-۲-۲ طبقه‌بندی اقلیمی منطقه
۴۱	..... ۳-۲ زمین‌شناسی
۴۱	..... ۱-۳-۲ - چینه شناسی محدوده خوی
۴۲	..... ۱-۱-۳-۲ پالئوزوئیک
۴۲	..... ۱-۱-۱-۳-۲ شیل سیلتی و ماسه‌سنگ
۴۲	..... ۲-۱-۱-۳-۲ ماسه آرکوزی
۴۲	..... ۳-۱-۱-۳-۲ ماسه‌سنگ و ماسه‌سنگ کوارتزی
۴۲	..... ۲-۱-۳-۲ سنوزوئیک
۴۳	..... ۱-۲-۱-۳-۲ سنگ آهک همراه با شیل
۴۳	..... ۲-۲-۱-۳-۲ شیل و ماسه‌سنگ
۴۳	..... ۳-۲-۱-۳-۲ متادیا باز، سنگ‌های بازیک و آهک
۴۳	..... ۴-۲-۱-۳-۲ جریان گدازه بازالتی همراه با آهک و شیل
۴۳	..... ۵-۲-۱-۳-۲ کلریت، سربسیت و مسکویت

۴۴	.....۲-۱-۳-۲-۶ بازالت
۴۴	.....۲-۱-۳-۲-۷ سنگ آهک
۴۴	.....۲-۱-۳-۲-۸ سنگ آهک دانه ریز
۴۵	.....۲-۱-۳-۲-۹ کنگلومرا
۴۵	.....۲-۱-۳-۲-۱۰ کنگلومرا به همراه ماسه سنگ
۴۵	.....۲-۱-۳-۲-۱۱ ماسه سنگ با میان لایه مارن
۴۵	.....۲-۱-۳-۲-۱۲ ماسه سنگ و شیل
۴۵	.....۲-۱-۳-۲-۱۳ مارن
۴۶	.....۲-۱-۳-۲-۱۴ شیل و ماسه سنگ
۴۶	.....۲-۱-۳-۲-۱۵ ماسه سنگ
۴۶	.....۲-۱-۳-۲-۱۶ کنگلومرای قرمز
۴۶	.....۲-۱-۳-۲-۱۷ کنگلومرا با میان لایه مارن و ماسه
۴۷	.....۲-۱-۳-۲-۱۸ کواترنر
۴۷	.....۲-۱-۳-۲-۱۹ آبرفت‌های قدیمی
۴۷	.....۲-۱-۳-۲-۲۰ آبرفت‌های جدید
۴۸	.....۲-۱-۳-۲-۲۱ بستر رودخانه‌ها
۴۸	.....۳-۱-۳-۲ مجموعه‌های افیولیتی
۴۸	.....۱-۳-۱-۳-۲ سنگ‌های فوق بازیک
۴۸	.....۲-۳-۱-۳-۲ سرپانتینیت

۴۸	..... سنگ آهک پلاژیک ۳-۳-۱-۳-۲
۴۸	..... گدازه بازالتی ۴-۳-۱-۳-۲
۴۹	..... گدازه بازالتی با ساخت برشی ۵-۳-۱-۳-۲
۴۹	..... جریانهای گدازه بازالتی ۶-۳-۱-۳-۲
۴۹	..... مجموعه‌های دگرگونی ۴-۱-۳-۲
۴۹	..... گابرو ۱-۴-۱-۳-۲
۴۹	..... میکروگابرو ۲-۴-۱-۳-۲
۴۹	..... مجموعه آمفیبولیتی ۳-۴-۱-۳-۲
۵۰	..... کوارتزیت، کلریت ۴-۴-۱-۳-۲
۵۰	..... متاولکانیک ۵-۴-۱-۳-۲
۵۰	..... مجموعه سنگ‌های آذرین نفوذی ۵-۱-۳-۲
۵۰	..... گرانودیوریت ۱-۵-۱-۳-۲
۵۱	..... متاگرانیت ۲-۵-۱-۳-۲
۵۱	..... پگماتیت، متاگرانیت ۳-۵-۱-۳-۲
۵۴	..... تکتونیک منطقه ۲-۳-۲
۵۴	..... تاریخ تکامل زمین‌شناسی ۱-۲-۳-۲
۵۴	..... چین‌خوردگی در منطقه ۲-۲-۳-۲
۵۵	..... بررسی‌های اکتشافی ۴-۲
۵۶	..... مطالعات ژئوفیزیک سطحی ۱-۴-۲

۵۷	..... ۲-۴-۲ مقاومت مخصوص ظاهری (ρ)
۵۹	..... ۳-۴-۲ مقاومت عرضی (RT)
۶۰	..... ۴-۴-۲ نتایج حاصل از بررسی‌های ژئوالکتریک
۶۱	..... ۵-۴-۲ انطباق رسوبات زمین‌شناسی حاصل از لوگ چاه‌های اکتشافی حفاری شده
۶۲	..... ۶-۴-۲ تلفیق نتایج زمین‌شناسی، مطالعات ژئوالکتریک و حفاری‌های اکتشافی
۶۳	..... ۵-۲ نوع و ضخامت آبخوان
۶۴	..... ۱-۵-۲ محدوده سفره تحت فشار
۶۶	..... ۶-۲ روش انجام کار و تحقیق
۶۶	..... ۱-۶-۲ جمع‌آوری آمار و اطلاعات مورد نیاز از منطقه مورد نظر
۶۷	..... ۲-۶-۲ مطالعات زمین‌شناسی
۶۷	..... ۳-۶-۲ نمونه‌برداری از آب‌یرزمینی
۷۱	..... ۴-۶-۲ پارامترهای اندازه‌گیری شده
۷۱	..... ۱-۴-۶-۲ اسیدیت (pH)
۷۱	..... ۲-۴-۶-۲ هدایت الکتریکی (EC)
۷۲	..... ۳-۴-۶-۲ محاسبه کل مواد جامد محلول (TDS)
۷۲	..... ۴-۴-۶-۲ سدیم و پتاسیم
۷۲	..... ۵-۴-۶-۲ کلسیم و منیزیم
۷۳	..... ۶-۴-۶-۲ کربنات و بیکربنات
۷۳	..... ۷-۴-۶-۲ سولفات

۷۳	..... ۸-۴-۶-۲ کلرید
۷۳	..... ۹-۴-۶-۲ نیترات
۷۴	..... ۱۰-۴-۶-۲ فلوراید
۷۴	..... ۱۱-۴-۶-۲ اندازه گیری فلزات سنگین
۷۴	..... ۱۲-۴-۶-۲ صحت سنجی و کنترل نتایج آنالیز شیمیایی
۷۵	..... ۱۳-۴-۶-۲ تهیه نقشه‌های کیفی سفره آب‌زیرزمینی
۷۵	..... ۱۴-۴-۶-۲ تهیه دیاگرام‌های کیفی سفره آب‌زیرزمینی
۷۵	..... ۷-۲ هیدروژئولوژی سفره آب‌زیرزمینی
۷۵	..... ۱-۷-۲ ضرایب هیدرودینامیک محیط متخلخل
۷۵	..... ۱-۱-۷-۲ مقادیر قابلیت انتقال
۷۷	..... ۲-۱-۷-۲ مقادیر ضریب ذخیره
۷۹	..... ۲-۷-۲ بررسی نقشه هم‌پتانسیل منطقه
۸۱	..... ۳-۷-۲ جهت جریان و شیب هیدرولیکی آب‌زیرزمینی
۸۱	..... ۴-۷-۲ عمق آب‌زیرزمینی
۸۲	..... ۵-۷-۲ نوسانات سطح آب‌زیرزمینی
۸۶	..... ۶-۷-۲ بهره‌برداری از منابع آب سطحی و زیرزمینی
۸۷	..... ۱-۶-۷-۲ دسته‌بندی چاهها براساس نوع مصرف و عمق
۸۸	..... ۲-۶-۷-۲ طبقه‌بندی چاهها براساس میزان آبدی
۸۹	..... ۷-۷-۲ بیان آب‌زیرزمینی

۹۰	..... مدت بیلان یا دوره بیلان ۱-۷-۷-۲
۹۱	..... محدوده بیلان ۲-۷-۷-۲
۹۲	..... جریان ورودی زیرزمینی به محدوده بیلان ۳-۷-۷-۲
۹۳	..... تغذیه حاصل از نفوذ مستقیم بارندگی به سفره ۴-۷-۷-۲
۹۴	..... تغذیه ناشی از جریانهای سطحی و سیلاب ۵-۷-۷-۲
۹۴	..... تغذیه حاصل از آب برگشتی از مصارف کشاورزی و شرب ۶-۷-۷-۲
۹۵	..... تغذیه آبخوان حاصل آبیاری توسط آب سطحی ۷-۷-۷-۲
۹۵	..... جریان خروجی زیرزمینی از محدوده بیلان ۸-۷-۷-۲
۹۵	..... بهره‌برداری از سفره در محدوده بیلان ۹-۷-۷-۲
۹۶	..... تبخیر از سفره آب زیرزمینی در محدوده بیلان ۱۰-۷-۷-۲
۹۶	..... زهکشی از سفره در محدوده بیلان ۱۱-۷-۷-۲
۹۶	..... تغییرات حجم مخزن در دوره بیلان ۱۲-۷-۷-۲

فصل سوم - نتایج و بحث

۹۹	..... بررسی هیدروژئوشیمیایی آبخوان دشت خوی ۱-۳
۹۹	..... مقدمه ۱-۱-۳
۱۰۰	..... بررسی خصوصیات هیدروشیمیایی ۲-۱-۳
۱۰۰	..... بررسی تغییرات قابلیت هدایت الکتریکی (EC) ۱-۲-۱-۳
۱۰۲	..... بررسی pH ۲-۲-۱-۳

- ۱۰۳ ۳-۲-۱-۳ بررسی تغییرات یون کلرید در آب
- ۱۰۵ ۴-۲-۱-۳ بررسی تغییرات یون سدیم
- ۱۰۶ ۵-۲-۱-۳ بررسی تغییرات غلظت سولفات
- ۱۰۷ ۶-۲-۱-۳ بررسی غلظت یون کلسیم
- ۱۰۸ ۷-۲-۱-۳ بررسی تغییرات یون منیزیم
- ۱۱۰ ۸-۲-۱-۳ بررسی تغییرات نترات
- ۱۱۱ ۹-۲-۱-۳ بررسی تغییرات فلوراید
- ۱۱۲ ۳-۱-۳ تعیین تیپ و رخساره منابع آب
- ۱۱۴ ۴-۱-۳ دیاگرام پایپر
- ۱۱۷ ۵-۱-۳ بررسی تیپ آبهای زیرزمینی با استفاده از نمودار استیف
- ۱۱۹ ۶-۱-۳ منشأ یابی برخی عناصر محلول در آب با استفاده از روش تعادل جرمی
- ۱۲۳ ۷-۱-۳ تغییرات شاخص اشباع شدگی (SI) کانی‌های اصلی در منابع آب
- ۱۲۴ ۸-۱-۳ بررسی کیفیت آب زیرزمینی برای مصارف مختلف
- ۱۲۶ ۱-۸-۱-۳ بررسی کیفیت آبهای زیرزمینی از نظر مصارف کشاورزی
- ۱۳۱ ۲-۸-۱-۳ بررسی کیفیت آب زیرزمینی برای مصارف صنعتی
- ۱۳۳ ۹-۱-۳ تغییرات غلظت برخی عناصر سنگین در منابع آب
- ۱۳۴ ۱-۹-۱-۳ مس
- ۱۳۷ ۲-۹-۱-۳ آهن
- ۱۴۰ ۳-۹-۱-۳ آرسنیک

۱۴۳	.....۱۰-۱-۳ بررسی‌های آماری داده‌ها
۱۴۴	.....۱-۱۰-۱-۳ همبستگی بین داده‌های هیدروشیمیایی
۱۴۷	.....۲-۱۰-۱-۳ آنالیز خوشه‌ای
۱۵۱	.....۱۱-۱-۳ تحلیل مؤلفه اصلی

فصل چهارم - نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۱۶۰	.....۱-۴ - نتیجه‌گیری
۱۶۲	.....۲-۴ - پیشنهادها
۱۶۴	.....منابع

فهرست شکل‌ها

۱۷	.....شکل ۱-۱. جذب مس به اجزای خاک به عنوان تابعی از pH
۲۲	.....شکل ۲-۱. برخی شبکه‌های ساختاری آرسنیک
۲۹	.....شکل ۳-۱. عوارض پوستی ناشی از مقادیر بالای آرسنیک در آب شرب
۳۳	.....شکل ۴-۱. نقشه پراکندگی آرسنیک در ایران
۳۷	.....شکل ۱-۲. موقعیت منطقه مورد مطالعه
۴۰	.....شکل ۲-۲. میانگین تبخیر ماهانه
۵۲	.....شکل ۳-۲. نقشه زمین‌شناسی دشت خوی
۵۳	.....شکل ۴-۲. راهنمای نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه

- شکل ۲-۵. موقعیت سونداژهای موجود در دشت ۵۶
- شکل ۲-۶. خطوط هم‌ارزش میزان مقاومت ظاهری رسوبات در دشت خوی ۵۸
- شکل ۲-۷. نقشه خطوط هم‌پتانسیل مقاومت عرضی دشت خوی ۶۰
- شکل ۲-۸. مقطع A-A' در محدوده غربی آبخوان دشت خوی ۶۳
- شکل ۲-۹. محدوده آبخوان تحت فشار در دشت خوی ۶۶
- شکل ۲-۱۰. موقعیت نقاط نمونه برداری از دشت خوی ۶۹
- شکل ۲-۱۱. خطوط هم‌ارزش قابلیت انتقال ۷۷
- شکل ۲-۱۲: نقشه خطوط هم‌پتانسیل اردیبهشت ماه ۱۳۸۲ ۷۹
- شکل ۲-۱۳. نقشه خطوط هم‌پتانسیل اردیبهشت ماه ۱۳۸۹ ۸۰
- شکل ۲-۱۴: نقشه خطوط هم‌عمق آب‌زیرزمینی ۸۲
- شکل ۲-۱۵. تغییرات تراز آب‌زیرزمینی در چاههای مشاهده‌ای دشت خوی ۸۵
- شکل ۲-۱۶. هیدروگراف واحد دشت خوی در سال آبی ۱۳۸۵-۸۶ ۹۱
- شکل ۲-۱۷. محدوده بیلان آب‌زیرزمینی و نقاط ورودی و خروجی دشت ۹۱
- شکل ۲-۱۸. ضریب C ۹۴
- شکل ۳-۱. نقشه تغییرات EC دشت خوی ۱۰۱
- شکل ۳-۲. مقادیر اسیدیته نمونه‌ها ۱۰۳
- شکل ۳-۳. نقشه هم‌کلر دشت خوی ۱۰۵
- شکل ۳-۴. نقشه سدیم آب‌زیرزمینی دشت خوی ۱۰۶
- شکل ۳-۵. نقشه سولفات دشت خوی ۱۰۷

- شکل ۳-۶. نقشه کلسیم دشت خوی..... ۱۰۸
- شکل ۳-۷. نقشه منیزیم دشت خوی..... ۱۰۹
- شکل ۳-۸. نقشه پراکندگی نترات دشت خوی..... ۱۱۰
- شکل ۳-۹. تغییرات مقادیر فلوراید (میلی گرم بر لیتر)..... ۱۱۲
- شکل ۳-۱۰. تقسیمات بخش لوزی شکل دیاگرام پایپر..... ۱۱۵
- شکل ۳-۱۱. نمودار پایپر برای نمونه‌های آب..... ۱۱۶
- شکل ۳-۱۲. دیاگرام استیف ترسیم شده برای چند نمونه انتخابی..... ۱۱۸
- شکل ۳-۱۳. شاخص اشباع شدگی کانی‌های اصلی در نمونه‌های آب..... ۱۲۴
- شکل ۳-۱۴. دیاگرام ویلکوکس برای نمونه‌های آبی منطقه..... ۱۳۰
- شکل ۳-۱۵. تغییرات غلظت مس در منابع آب زیرزمینی دشت خوی..... ۱۳۶
- شکل ۳-۱۶. نمودار Eh-pH مربوط به مس..... ۱۳۶
- شکل ۳-۱۷. شاخص اشباع شدگی برای مس..... ۱۳۷
- شکل ۳-۱۸. مقادیر غلظت آهن در نمونه‌های آب..... ۱۳۹
- شکل ۳-۱۹. تغییرات غلظت آهن منابع آب زیرزمینی دشت خوی..... ۱۳۹
- شکل ۳-۲۰. نمودار Eh-pH مربوط به آهن..... ۱۴۰
- شکل ۳-۲۱. شاخص اشباع شدگی برای آهن..... ۱۴۰
- شکل ۳-۲۲. پراکندگی غلظت آرسنیک در منابع آب زیرزمینی دشت خوی..... ۱۴۲
- شکل ۳-۲۳. نمودار Eh-pH برای آرسنیک..... ۱۴۲
- شکل ۳-۲۴. شاخص اشباع شدگی برای آرسنیک..... ۱۴۳

۱۴۸	..... شکل ۳-۲۵. نمودار خوشه‌ای نمونه‌های منابع آب دشت خوی
۱۴۹	..... شکل ۳-۲۶. دیاگرام شولر برای چند نمونه انتخابی در خوشه‌های ۱، ۲ و ۳
۱۵۴	..... شکل ۳-۲۷. نمودار سه بعدی عوامل برای متغیرهای مختلف
۱۵۷	..... شکل ۳-۲۸. نقشه توزیع مکانی فاکتور ۱ به روش وزنی معکوس
۱۵۸	..... شکل ۳-۲۹. نقشه توزیع مکانی فاکتور ۲ به روش وزنی معکوس
۱۵۹	..... شکل ۳-۳۰. نقشه توزیع مکانی فاکتور ۳ به روش وزنی معکوس

فهرست جداول

۴	..... جدول ۱-۱. فراوانی نسبی مواد جامد محلول در آب
۱۴	..... جدول ۱-۲. ترکیبات متداول ژئوشیمیایی
۲۰	..... جدول ۱-۳. ایزوتوپ‌های آرسنیک
۲۹	..... جدول ۱-۴. استانداردهای در نظر گرفته شده آرسنیک در نقاط مختلف
۳۸	..... جدول ۲-۱. مشخصات ایستگاههای موجود در محدوده مورد مطالعه
۳۸	..... جدول ۲-۲. بارندگی سالانه بلند مدت ایستگاههای محدوده (بر حسب میلی متر)
۳۸	..... جدول ۲-۳. متوسط بارش ماهانه-فصلی-سالانه (mm)
۳۹	..... جدول ۲-۴. متوسط دمای ماهانه و سالانه (درجه سانتیگراد)
۳۹	..... جدول ۲-۵. مقادیر ماهانه و سالانه رطوبت نسبی (درصد)
۴۱	..... جدول ۲-۶. طبقه بندی اقلیمی دمارتن
۵۷	..... جدول ۲-۷. (الف) میزان مقاومت ظاهری در پروژه مطالعات ژئوالکتریک محدوده خوی-مرند

- جدول ۲-۷. ب) میزان مقاومت ظاهری در پروژه مطالعات ژئوالکتریک محدوده فیوروق ۵۷
- جدول ۲-۸. موقعیت نمونه‌های برداشت شده در مهر ۱۳۸۹ ۷۰
- جدول ۲-۹. حدود تغییرات ضریب نفوذپذیری برای برخی از رسوبات ۷۶
- جدول ۲-۱۰. مشخصات چاههای اکتشافی دشت خوی به همراه ضریب ذخیره ۷۸
- جدول ۲-۱۱. نتایج آماربرداری از محدوده مورد مطالعه دشت خوی ۸۷
- جدول ۲-۱۲. دسته بندی چاههای محدوده خوی بر اساس نوع مصرف و عمق ۸۸
- جدول ۲-۱۳. طبقه بندی چاهها بر اساس میزان آبدهی ۸۹
- جدول ۲-۱۴. خلاصه جریانهای ورودی زیرزمینی در مقاطع مختلف در محدوده بیلان دشت ۹۲
- جدول ۲-۱۵. محاسبات نفوذ از بارندگی در محدوده بیلان خوی ۹۳
- جدول ۲-۱۶. خلاصه جریانهای خروجی زیرزمینی از محدوده بیلان خوی ۹۵
- جدول ۲-۱۷. زهکشی توسط رودخانه در محدوده بیلان ۹۶
- جدول ۲-۱۸. محاسبات تغییرات حجم مخزن در محدوده بیلان دشت خوی ۹۷
- جدول ۲-۱۹. بیلان سالانه مخزن آبرفتی آب زیرزمینی در محدوده دشت خوی در سال آبی ۹۸
- جدول ۳-۱: نتایج آنالیز نمونه‌های برداشت شده در مهرماه ۱۳۸۹ ۹۹
- جدول ۳-۲. تیپ و رخساره و توالی کاتیون‌ها و آنیون‌ها در منابع آبی ۱۱۳
- جدول ۳-۳. مقادیر بحرانی در روش تعادل جرمی ۱۲۰
- جدول ۳-۴. تعیین منشأ آنیون‌ها و کاتیون‌های محلول در نمونه‌های آب به روش تعادل جرم ۱۲۱
- جدول ۳-۵. طبقه بندی مقادیر سختی ۱۲۵
- جدول ۳-۶. کیفیت نمونه‌های آب بر اساس سختی ۱۲۵