



دانشگاه بیرجند

دانشکده علوم

گروه زمین شناسی

پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی
گرایش رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی

عنوان

بررسی ویژگی‌های پتروگرافی و تاثیر فرآیندهای کارستی بر منابع آب
موجود در سنگ‌های کربناته منطقه آهنگران، شرق ایران

استاد راهنما

دکتر غلامرضا میراب شبستری

اساتید مشاور

مهندس بهروز اعتباری

دکتر محمودرضا هیهات

تحقیق و نگارش

مهدی میرعلائی موردی

مهر ۱۳۹۱

کلیه حقوق و مزایا اعم از چاپ، تکثیر، نسخه برداری، ترجمه، اقتباس و ... از این پایان نامه برای دانشگاه بیرجند، محفوظ می باشد. نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

شکر و سپاس

پروردگارا،

هر چه دارم از لطف و مهربانی توست و خوب می دانم که هیچ گاه نمی توانم پاسگزار این همه خوبی تو باشم، اما تو با لطف بی پایان خود سپاس مرا بپذیر، ای مهربان دوست داشتنی. اکنون که به لطف خداوند مهربان این تحقیق به پایان رسیده بر خود لازم می دانم از همه عزیزانی که مراد انجام آن یاری نموده اند، تقدیر و تشکر نمایم.

بر خود می بالم که در مسیر نگارش پایان نامه ام فرصتی دست داد تا افتخار علم آموزی نزد اساتید فرهیخته، جناب آقایان دکتر غلامرضا میراب ششمتری، استاد راهنما و همچنین مهندس بهروز آقباری و دکتر محمود ضامنیهات اساتید مشاور، رادکار نامه علمی خود بخارم که در گفتگویی این میرحاجت و راهنمایی های دلسوزانه ای ایشان، همواره دگرگونی و پشتوانی سستی بود که اشتیاق آموختن را در من تقویت می کرد. افتخاری بس ارزشمند را راج می نمم که اساتید کرامت آقاان دکتر ابراهیم غلامی و دکتر احمد رضا خزاعی، داوری پایان نامه ام را بر عهده داشته و آموخته هایم را با محک دانش خود سنجیده اند، و همچنین از استاد ارجمند جناب آقای دکتر سعید مرتضی موسوی ناینده تحصیلات تکمیلی و مهندس حسن ضیاء به خاطر راهنمایی ها و در اختیار گذاشتن اطلاعات مورد نیاز، کمال تشکر و پاسگزاری را دارم. شایسته است از آقایان مهندس حسن سلیمانی، مهندس احمد بسکگردی کارشناسان محترم آزمایشگاه که به بکار لازم را با اینجانب داشته اند و همچنین آقایان والد و حسن نژاد مراتب تشکر و قدردانی را دارا باشم.

از دوستان عزیزم به ویژه آقایان مهدی سهرابی، محمد نادری، حیدر جلیلیان و هشتم منصوره که در عملیات صحرایی همراه و یاور من بودند، صمیمانه پاسگزارم. از همکلاسی های عزیزم خانم ها خدیجه محمدی، دنیا ایسی، فاطمه محمودی و دوستان خوبم آقایان مهندس حسام نژادان پناه، مهندس امیر رضامیان دره بونی، جواد کرمانی، جواد حسن پور، محمد داوطلب، حسن فرصدل، سعید مرادی زاده، محسن عطاریان، جواد سعادت، حسین عسکری و خانم های سیده حلیمه ناشی، طیده اشرف، مینا حاشی، سارا شریعت راه، پریشان پناه، محبوبه و سوز کبری تیموری، سکینه قاسمی به خاطر همه زحمتهایی که در طی انجام این تحقیق متوجه ایشان شد و همواره حامی و همراه من بودند صمیمانه پاسگزارم. از بهکاری و مساعدت شرکت آب منطقه ای استان خراسان جنوبی و همچنین از کلیه دوستانی که به نحوی در به اتمام رساندن این پایان نامه مرا یاری و مساعدت نموده اند کمال تشکر و قدردانی را دارم. همچنین از همسر عزیزم که با صبر و شکیبایی خود مراد انجام این پایان نامه یاری نمود، کمال تشکر و قدردانی را دارم. در پایان از خانواده ام که در طول دوران تحصیلی همواره مشوق و همراه من بوده اند از صمیم قلب پاسگزارم.



چکیده

مطالعات منابع آب در مناطق کارستی هزینه و زمان زیادی را نیاز دارد. دست‌یابی به روش‌هایی که به‌طور غیرمستقیم اطلاعات پایه‌ای با ارزشی را در این گونه مناطق در اختیار قرار دهد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. در این تحقیق به منظور شناخت ویژگی‌های مناطق کارستی و نقش آن‌ها در تغذیه منابع آب زیرزمینی، بخشی از رشته‌کوه‌های آهنگران که در موقعیت، عرض جغرافیایی $8^{\circ} 33'$ تا $35^{\circ} 33'$ شمالی و طول جغرافیایی $30^{\circ} 60'$ تا $30^{\circ} 60'$ شرقی، در فاصله ۱۳۰ کیلومتری شمال شرق شهر بیرجند (استان خراسان جنوبی، خاور ایران) مورد مطالعه قرار گرفته است. این رشته کوه با روند شمال غرب- جنوب شرق، دارای عناصر ساختاری و سنگ‌شناسی گوناگونی می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که، عوامل مهم تشکیل و تحول اشکال کارستی در منطقه، وجود سنگ‌های کربناته مناسب، عملکرد زمین ساخت شدید و پیچیده در کل محدوده و حاکمیت شرایط اقلیمی مناسب در گذشته نسبت به زمان کنونی بوده است. اما مناسب نبودن شرایط اقلیمی عهد حاضر و عدم تکامل پدیده کارستی شدن، موجب شده است که منابع قابل توجهی از آب‌های کارستی در این منطقه ایجاد نگردد. همچنین بررسی شواهد لیتولوژی، تکتونیکی و هیدرولوژی حاکم بر منطقه، مانند جنس و ضخامت توالی کربناته، شرایط ساختاری، تعداد و میزان دبی چشمه‌ها، چاه‌ها و قنوات نشان می‌دهد که پیشرفت کارست، در تمام قسمت‌های منطقه یکسان نمی‌باشد. در قسمت شرقی و شمالی و همچنین ارتفاعات منطقه مورد مطالعه کارست از توسعه بهتری برخوردار بوده است. دره‌های خشک، ریل کارن‌ها و رین‌پیت‌ها، دره‌های کور، گرایک‌ها و کارن‌های پله‌ای از مهمترین اشکال کارستی موثر در مطالعات و محاسبات هیدرولوژیکی منطقه هستند.

کلمات کلیدی: رشته‌کوه آهنگران، خاور ایران، کارست، منابع آب، اقلیم، سنگ‌های کربناته.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول: کلیات

۲	۱- مقدمه
۲	۲-۱: اهمیت و اهداف تحقیق
۳	۳-۱: سوالات تحقیق
۳	۴-۱: فرضیات تحقیق
۴	۵-۱: پیشینه مطالعات
۴	۱-۵-۱: پیشینه مطالعاتی در کشور
۵	۲-۵-۱: بررسی سوابق مطالعاتی محدوده مورد مطالعه
۶	۶-۱: روش تحقیق
۶	۱-۶-۱: مطالعات کتابخانه‌ای
۷	۲-۶-۱: مطالعات صحرایی
۷	۳-۶-۱: مطالعات آزمایشگاهی
۸	۴-۶-۱: تحلیل و پردازش داده‌ها

فصل دوم: تعاریفی پیرامون کارست

۱۰	۱-۲: مقدمه
۱۰	۲-۲: تعریف کارست
۱۱	۳-۲: سنگ‌های کارستی
۱۲	۱-۳-۲: ویژگی‌های کانی‌های اصلی سنگ‌های کارستی
۱۳	۴-۲: تخلخل کارست
۱۴	۵-۲: اهمیت کارست بعنوان ذخیره آبی مناسب
۱۶	۶-۲: انحلال‌پذیری و کارستی شدن سنگ‌های کربناته
۱۶	۱-۶-۲: انحلال‌پذیری سنگ‌های آهکی
۱۷	۲-۶-۲: انحلال‌پذیری سنگ‌های دولومیتی
۱۸	۷-۲: عوامل موثر بر توسعه کارست

فصل سوم: زمین‌شناسی عمومی منطقه

۲۱	۱-۳: موقعیت جغرافیایی منطقه
۲۲	۲-۳: شرایط اقلیمی منطقه مورد مطالعه
۲۳	۳-۳: جایگاه منطقه مورد مطالعه در زمین‌شناسی ایران
۲۴	۴-۳: زمین‌شناسی و چینه‌شناسی عمومی منطقه
۲۵	۱-۴-۳: سنگ‌های قبل از ژوراسیک
۲۶	۲-۴-۳: ژوراسیک

۲۶	..... ۳-۴-۳: کرتاسه زیرین
۲۷	..... ۴-۴-۳: کرتاسه بالایی
۲۸	..... ۵-۴-۳: پالئوسن - اتوسن
۲۹	..... ۶-۴-۳: نتوزن
۲۹	..... ۷-۴-۳: کواترنر
۳۰	..... ۵-۳: تکتونیک منطقه
۳۰	..... ۱-۵-۳: تکتونیک و مسایل ساختاری
۳۰	..... ۱-۱-۵-۳: واحد تکتونیکی شمال شرقی
۳۱	..... ۲-۱-۵-۳: واحد تکتونیکی جنوب غربی
۳۱	..... ۶-۳: هیدرولوژی
۳۱	..... ۷-۳: معرفی رودخانه‌های مهم و واحدهای هیدرولوژیکی
۳۲	..... ۱-۷-۳: رودخانه آهنگران
۳۳	..... ۲-۷-۳: رودخانه محمدآباد
۳۳	..... ۳-۷-۳: حوضه آبریز گزرود
۳۴	..... ۴-۷-۳: رودخانه گزخت
۳۵	..... ۵-۷-۳: چشمه و چاه‌های موجود در منطقه
۳۷	..... ۸-۳: حجم بارندگی محدوده
۳۷	..... ۹-۳: بررسی کیفیت شیمیایی آبخوان منطقه آهنگران
۳۸	..... ۱-۹-۳: بررسی هدایت الکتریکی چشمه‌های منطقه
۳۹	..... ۲-۹-۳: مقدار کل مواد حل شده چشمه‌های منطقه

فصل چهارم: عوامل موثر بر ایجاد کارست در منطقه

۴۲	..... ۱-۴: مقدمه
۴۲	..... ۲-۴: تعیین و تحلیل کیفی عوامل موثر در توسعه کارست
۴۴	..... ۱-۲-۴: عوامل زمین‌شناسی
۴۴	..... ۱-۱-۲-۴: عوامل سنگ‌شناسی کنترل کننده
۴۸	..... ۲-۱-۲-۴: جایگاه چینه‌شناسی
۴۹	..... ۳-۱-۲-۴: موقعیت تکتونیکی
۵۳	..... ۲-۲-۴: عامل هیدروژئولوژی
۵۵	..... ۳-۲-۴: اقلیم و آب و هوا
۵۶	..... ۴-۲-۴: وضعیت بارش در منطقه
۵۸	..... ۵-۲-۴: فشار گاز کربنیک
۵۸	..... ۶-۲-۴: پوشش گیاهی
۵۹	..... ۷-۲-۴: پوشش خاک
۶۰	..... ۸-۲-۴: تاثیر توپوگرافی
۶۲	..... ۹-۲-۴: آبراهه‌ها
۶۲	..... ۳-۴: استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی
۶۲	..... ۴-۴: تهیه لایه‌های اطلاعاتی

۶۳	..... لایه لیتولوژی ۱-۴-۴
۶۵	..... لایه بارش ۲-۴-۴
۶۶	..... لایه دما ۳-۴-۴
۶۷	..... لایه ارتفاع ۴-۴-۴
۶۸	..... لایه شیب ۵-۴-۴
۶۹	..... لایه تراکم آبراهه ۶-۴-۴
۷۰	..... لایه فاصله از شکستگی ۷-۴-۴
۷۱	..... لایه فاصله از محل های تخلیه ۸-۴-۴
۷۲	..... تعیین وزن لایه ها ۵-۴
۷۲	..... تلفیق لایه های اطلاعاتی با استفاده از مدل هم پوشانی شاخص ۶-۴

فصل پنجم: پتروگرافی

۷۵	..... مقدمه ۱-۵
۷۵	..... اجزاء تشکیل دهنده کربنات ها ۲-۵
۷۶	..... اجزاء تشکیل دهنده مقاطع نازک میکروسکوپی منطقه مورد مطالعه ۳-۵
۷۶	..... توصیف مقاطع نازک میکروسکوپی ۴-۵
۷۶	..... مطالعه پتروگرافی نمونه های دره محمود آباد ۱-۴-۵
۸۲	..... مطالعه پتروگرافی نمونه های دره انحلالی- گسلی تجنود ۲-۴-۵
۹۱	..... مطالعه پتروگرافی نمونه های چشمه دارج اولیا- شرق رشته کوه آهنگران ۳-۴-۵
۹۵	..... مطالعه پتروگرافی نمونه های غرب رشته کوه آهنگران ۴-۴-۵
۹۹	..... مطالعه پتروگرافی نمونه های شرق رشته کوه آهنگران ۵-۴-۵
۱۰۲	..... مطالعه پتروگرافی نمونه های گرفته شده از محل تلاقی درزه و شکستگی ها ۶-۴-۵
۱۰۵	..... دیاژنز ۵-۵
۱۰۵	..... مقدمه ۱-۵-۵
۱۰۶	..... فرآیندهای دیاژنتیکی در سنگ های کربناته مورد مطالعه ۲-۵-۵
۱۱۱	..... طبقه بندی تخلخل های مشاهده شده در سنگ های کربناته منطقه مورد مطالعه ۳-۵-۵
۱۱۱	..... تخلخل های انتخاب شده به وسیله فابریک ۱-۳-۵-۵
۱۱۴	..... تخلخل هایی که از فابریک سنگ تبعیت نمی کنند ۲-۳-۵-۵
۱۱۶	..... خلاصه ۶-۵

فصل ششم: ژئومورفولوژی کارست

۱۱۹	..... مقدمه ۱-۶
۱۱۹	..... ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه ۲-۶
۱۲۱	..... سیستم شکل زایی کارست در منطقه ۳-۶
۱۲۲	..... طبقه بندی عوارض کارستیک ۴-۶
۱۲۳	..... اشکال سطحی کارست ۱-۴-۶
۱۲۳	..... سیستم های زهکشی ۱-۱-۴-۶
۱۲۳	..... دره های کارستی ۱-۱-۴-۶

۱۲۵	..... چشمه ۲-۱-۱-۴-۶
۱۲۹	..... تراش انحلالی ۲-۴-۶
۱۲۹	..... اشکال هیدرولیکی ناشی از جریان ورقه‌ای ۱-۲-۴-۶
۱۳۱	..... اشکال ناشی از انحلال در محل گسستگی‌های ساختاری ۲-۲-۴-۶
۱۳۳	..... اشکال ناشی از انحلال بر روی توده سنگ ۳-۲-۴-۶
۱۳۴	..... تحلیل ژئومورفولوژیکی کارست ۳-۴-۶

فصل هفتم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۱۳۶	..... نتیجه‌گیری ۱-۷
۱۳۸	..... پیشنهادها ۲-۷
۱۳۹	..... فهرست منابع

صفحه	عنوان
۱۱	شکل ۲-۱: حفرات ناشی از پدیده کارستی شدن در سنگ‌های آهکی آهنگران.....
۱۴	شکل ۲-۲: درز و شکستگی‌های موجود در منطقه.....
۱۶	شکل ۲-۳: پراکندگی سازندهای با قابلیت کارستی شدن در ایران.....
۱۸	شکل ۲-۳: رابطه انحلال پذیری سنگ‌های آهکی و دولومیتی و تغییرات آن تحت تاثیر عوامل مختلف.....
۲۲	شکل ۳-۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و راه‌های دسترسی به آن.....
۲۵	شکل ۳-۲: نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه.....
۲۷	شکل ۳-۳: آهک‌های توده‌ای و صخره‌ساز کرتاسه پایینی.....
۲۷	شکل ۳-۴: سنگ‌های آذرین دگرسان شده در منطقه و توده‌های آهکی.....
۲۸	شکل ۳-۵: نمایی از توف‌های ماسه‌ای و سنگ آهک برشی.....
۲۹	شکل ۳-۶: نمایی از رسوبات کواترنر در منطقه.....
۳۲	شکل ۳-۷: آبراهه‌ها و رودخانه‌های محدوده مطالعاتی.....
۳۳	شکل ۳-۸: رودخانه آهنگران.....
۳۴	شکل ۳-۹: نمایی از رودخانه تجنود.....
۳۵	شکل ۳-۱۰: رودخانه گزخت.....
۳۷	شکل ۳-۱۱: درصد و تعداد مصارف چاه‌های منطقه.....
۴۲	شکل ۴-۱: مراحل انجام پهنه‌بندی محل‌های مستعد کارست‌شدگی.....
۴۵	شکل ۴-۲: نشان دادن محل تعدادی از نمونه‌های مورد مطالعه.....
۴۷	شکل ۴-۳: نشان دهنده پیشرفت انحلال در توده آهکی غرب روستای دارج اولیا.....
۴۷	شکل ۴-۴: پیشرفت انحلال و به وجود آمدن دره انحلالی تجنود.....
۴۸	شکل ۴-۵: پیشرفت انحلال در دره گزخت.....
۵۰	شکل ۴-۶: نقشه شکستگی‌های غالب منطقه.....
۵۰	شکل ۴-۷: رز دیاگرام شکستگی‌های منطقه مطالعاتی.....
۵۲	شکل ۴-۸: نمایی از غسل‌های موجود در منطقه.....
۵۲	شکل ۴-۹: نمایی از درزه‌های منطقه مورد مطالعه.....
۵۳	شکل ۴-۱۰: چین‌خوردگی به‌وجود آمده در لایه‌های آهکی.....
۵۴	شکل ۴-۱۱: موقعیت چشمه‌های منطقه آهنگران.....
۵۷	شکل ۴-۱۲: تغییرات بارش سالانه در دوره ۲۹ ساله در منطقه.....
۵۷	شکل ۴-۱۳: نقشه هم‌باران کشور.....
۵۹	شکل ۴-۱۴: پرشدگی سطوح لایه‌بندی به وسیله خاک و جلوگیری از نفوذ آب.....
۶۱	شکل ۴-۱۵: نقشه توپوگرافی منطقه.....
۶۴	شکل ۴-۱۶: نقشه لایه اطلاعاتی لیتولوژی در منطقه مورد مطالعه.....
۶۵	شکل ۴-۱۷: نقشه لایه اطلاعاتی بارش در منطقه مورد مطالعه.....
۶۶	شکل ۴-۱۸: نقشه لایه اطلاعاتی دما در منطقه مورد مطالعه.....

- شکل ۴-۱۹: نقشه لایه اطلاعاتی ارتفاع در منطقه مورد مطالعه ۶۷
- شکل ۴-۲۰: نقشه لایه اطلاعاتی شیب در منطقه مورد مطالعه ۶۸
- شکل ۴-۲۱: نقشه لایه اطلاعاتی آبراهه در منطقه مورد مطالعه ۶۹
- شکل ۴-۲۲: نقشه لایه اطلاعاتی فاصله از شکستگی در منطقه مورد مطالعه ۷۰
- شکل ۴-۲۳: نقشه لایه اطلاعاتی فاصله از محل تخلیه در منطقه مورد مطالعه ۷۱
- شکل ۴-۲۴: نقشه پهنه‌بندی مکان‌های مستعد کارستی شدن ۷۳
- شکل ۵-۱: شکستگی (F) که فضای خالی آن توسط کلسیت پر شده است ۷۷
- شکل ۵-۲: نشان دادن تخلخل کانالی (Pc) به‌وجود آمده و زمینه میکرایتی (Mic) ۷۷
- شکل ۵-۳: شکستگی (F) که با کلسیت اسپاری پر شده و قطع شدگی خرده فسیل با تخلخل کانالی (Pc) به وجود آمده ۷۹
- شکل ۵-۴: نشان دادن بلورهای موزاییکی دولومیت (D) و تخلخل بین بلوری (BC) آن‌ها ۸۰
- شکل ۵-۵: پلوئید (Pe)، تخلخل درون ذره‌ای (WP) و چندین سری شکستگی (F) که به صورت متقاطع دیده می‌شوند ۸۱
- شکل ۵-۶: پلوئید (Pe) که حجم زیادی از نمونه را تشکیل داده و تخلخل حفره‌ای (VUG) به وجود آمده در شکستگی‌ها ۸۲
- شکل ۵-۷: استیلولیت (St) و تخلخل حاصل (St. P) از آن که توسعه زیادی پیدا نکرده است ۸۳
- شکل ۵-۸: بلورهای درشت کلسیت (Ca) و تخلخل بین بلوری (P. BC) به وجود آمده در بین آن‌ها ۸۴
- شکل ۵-۹: بلورهای کلسیت درشت‌بلور (Ca) و دولومیت پرکننده شکستگی‌ها (D)، اینتراکست (In) و تشکیل تخلخل حفره‌ای ۸۵
- شکل ۵-۱۰: شکستگی‌هایی که توسط دولومیت ریزبلور (D) پر شده و تخلخل حفره‌ای (VUG) به‌وجود آمده در بین بلورها ۸۷
- شکل ۵-۱۱: دولومیت (D) و تخلخل به‌وجود آمده (VUG) در هنگام تبدیل میکرایت به دولومیت ۸۸
- شکل ۵-۱۲: دو نسل سیمان کلسیت اسپاری (S. Ca) پرکننده شکستگی و تخلخل حفره‌ای (VUG) به‌وجود آمده در شکستگی‌ها ۹۰
- شکل ۵-۱۳: رودیست (R) همراه تخلخل درون‌ذره‌ای (WP) و استیلولیتی (St) که از آن جوانتر می‌باشد ۹۱
- شکل ۵-۱۴: چند سری شکستگی (F) پر شده توسط کلسیت (Ca) و تخلخل حفره‌ای (VUG) پر شده ۹۲
- شکل ۵-۱۵: استیلولیت (St) و پرشدگی شکستگی‌ها توسط دو نوع سیمان کلسیتی (Ca) و دولومیتی (D) ۹۳
- شکل ۵-۱۶: میکرایت باقی مانده (Mic) و درشت بلورهای کلسیت (Ca) پرکننده شکستگی‌ها ۹۴
- شکل ۵-۱۷: محل گرفتن نمونه‌ها برای مطالعه میکروسکوپی ۹۵
- شکل ۵-۱۸: دولومیت‌های ریزبلور زمینه (D)، استیلولیت و تخلخل به‌وجود آمده در اثر انحلال فشاری (St. P) ۹۶
- شکل ۵-۱۹: پلوئید (Pe) و بلورهای بزرگ کلسیت (Ca) پرکننده فضای خالی حاصل از شکستگی ۹۷
- شکل ۵-۲۰: تخلخل‌های ثانویه به‌وجود آمده و پر شده توسط کلسیت اسپاری (F) ۹۸
- شکل ۵-۲۱: تخلخل قالبی (Mo) و بین‌ذره‌ای (BP) پر شده توسط کلسیت اسپاری و دروزی، پوشش میکرایتی (C. Mic) آلوکم‌ها ۱۰۰
- شکل ۵-۲۲: تصویر میکروسکوپی از اینتراکست (In)، کلنی مرجان، کلسیت اسپاری دروزی ۱۰۰
- شکل ۵-۲۳: بلورهای ریزدولومیت (D) و تخلخل حفره‌ای (VUG) به‌وجود آمده در اثر انحلال بین بلورها ۱۰۱
- شکل ۵-۲۴: انحلال پوسته فسیلی (E) و پرشدن توسط کلسیت و سیلیس، فسیل‌های پلاژیک ۱۰۳
- شکل ۵-۲۵: تصویر میکروسکوپی پرشدن فضای خالی توسط کلسیت و سیلیس، فسیل‌های پلاژیک ۱۰۳
- شکل ۵-۲۶: چند سری شکستگی (F) و پرشدگی آن‌ها توسط کلسیت اسپاری درشت‌بلور بدون آهن ۱۰۴
- شکل ۵-۲۷: تخلخل بین‌دانه‌ای (BP) و آلوکم‌های نمونه مورد نظر شامل پلوئید (Pe) و رودیست (R) ۱۰۵
- شکل ۵-۲۸: تصویر میکروسکوپی از پوشش میکرایتی ۱۰۷
- شکل ۵-۲۹: سیمان دروزی که درون فضای خالی را پر کرده است ۱۰۸
- شکل ۵-۳۰: سیمان رورشدی هم محور ۱۰۹
- شکل ۵-۳۱: سیمان هم ضخامت در اطراف آلوکم‌ها ۱۱۰
- شکل ۵-۳۲: وجود استیلولیت در یک سنگ آهک دولومیتی شده ۱۱۱

- شکل ۵-۳۳: تخلخل بین‌دانه‌ای را نشان می‌دهد که این تخلخل توسط کلسیت اسپاری پر شده است ۱۱۲
- شکل ۵-۳۴: تخلخل درون‌دانه‌ای که توسط کلسیت اسپاری پر شده است ۱۱۳
- شکل ۵-۳۵: تخلخل چارچوبی یا رشدی در پوسته موجودات آهکی ۱۱۴
- شکل ۶-۱: نمایی از مخروط واریزه‌ای در منطقه ۱۲۲
- شکل ۶-۲: نمایی از دره‌های کور منطقه ۱۲۴
- شکل ۶-۳: نمایی از دره‌های خشک منطقه ۱۲۴
- شکل ۶-۴: چشمه تجنود ۱۲۶
- شکل ۶-۵: چشمه محمدآباد ۱۲۷
- شکل ۶-۶: چشمه درز و شکافی دارج اولیا ۱۲۸
- شکل ۶-۷: نمایی از چشمه گزخت ۱۲۹
- شکل ۶-۸: کارن‌های شیاری در منطقه ۱۳۰
- شکل ۶-۹: نمایی از کارن‌های پله‌ای در منطقه ۱۳۱
- شکل ۶-۱۰: نشان دادن دو نوع گرایک که از لحاظ باز شدگی با یکدیگر تفاوت دارند ۱۳۲
- شکل ۶-۱۱: حفرات انحلالی به‌وجود آمده در محل تلاقی شکستگی‌ها ۱۳۳
- شکل ۶-۱۲: کاسه‌های باران به‌وجود آمده بر روی سنگ‌های برهنه ۱۳۴

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۶	جدول ۱-۱: مشخصات مطالعات اکتشافی ژئوفیزیکی در منطقه مورد مطالعه
۱۲	جدول ۱-۲: مشخصات فیزیکی و ترکیب شیمیایی کانی‌های کربناته
۱۲	جدول ۲-۲: مشخصات فیزیکی و ترکیب شیمیایی کانی‌های سولفات
۱۳	جدول ۳-۲: مشخصات فیزیکی و ترکیب شیمیایی کانی‌های کلروره
۳۶	جدول ۱-۳: مشخصات تعدادی از چشمه‌های معروف منطقه
۳۶	جدول ۲-۳: تعداد و تخلیه منابع آب موجود در منطقه تا سال ۱۳۹۰
۳۹	جدول ۳-۳: مشخصات چشمه‌های منطقه مورد مطالعه
۳۹	جدول ۴-۳: تقسیم بندی آب‌ها بر اساس T.D.S
۴۰	جدول ۵-۳: تقسیم بندی آب‌های موجود در منطقه بر اساس T.D.S
۴۶	جدول ۱-۴: درصد مواد غیر قابل حل در نمونه‌های منطقه مورد مطالعه
۷۲	جدول ۲-۴: وزن‌های اختصاص یافته به نقشه‌های معیار
۷۳	جدول ۳-۴: طبقه‌بندی پهنه‌های پتانسیلی

فصل اول

کلیات

کشور ایران سرزمینی است خشک با نزولات جوی بسیار کم، به طوری که بارندگی آن کمتر از یک سوم متوسط بارندگی در سطح دنیاست (علیزاده، ۱۳۷۷). منابع آب زیرزمینی مهمترین بخش از آب‌های شیرین قابل استفاده و در دسترس بشر به حساب می‌آید. از این گذشته، با توجه به توزیع نامتعادل زمانی و مکانی آب‌های سطحی و پتانسیل بالای آلودگی این آب‌ها، تقاضا برای آب‌های زیرزمینی جهت مصارف شرب، کشاورزی و صنعتی، رو به افزایش است. یکی از آسان‌ترین راه‌های استفاده از آب‌های زیرزمینی، بهره‌برداری از آبخوان‌های آبرفتی می‌باشد. اما امروزه استفاده روز افزون و بی‌رویه از آبخوان‌های آبرفتی، موجب افت سطح آب و کاهش کیفیت آب در این آبخوان‌ها گردیده است. این امر باعث شده است که برای رفع کمبود آب و مشکلات ناشی از آن نظیر تاثیر منفی بر توسعه اقتصادی، اجتماعی، تامین غذا و حفظ محیط زیست به مطالعه و پی‌جویی منابع جدید و مطمئن آب پرداخته شود. منابع آبی سازندهای کارستی، یکی از مهمترین این منابع به شمار می‌آیند.

۱-۲- اهمیت و اهداف تحقیق

منابع آب کارستی با کیفیت مناسب می‌تواند نقش مهمی را در تأمین آب شرب، کشاورزی و صنعتی ایفا کند. لذا مطالعه و پی‌جویی منابع جدید و مطمئن آب کارستی از اهمیت بالایی برخوردار است. در منطقه آهنگران (واقع در ۱۳۰ کیلومتری شمال شرق بیرجند) رخنمون‌هایی از آهک‌های توده‌ای فسیل‌دار به سن کرتاسه پایینی وجود دارد (علوی، ۱۳۶۰). در این منطقه اشکال کارستی فراوان از جمله حفرات انحلالی، کارن‌های شیاری و همچنین چشمه‌های فراوان با دبی‌های متفاوت مشاهده می‌شوند که دبی آن‌ها با توجه به فصول سال و بارندگی در منطقه تغییر می‌کند. در این تحقیق شناخت ویژگی‌های مهم در به‌وجود آمدن اشکال کارستی، چشمه‌ها و افزایش دبی آن‌ها یک امر ضروری می‌باشد. برای دستیابی به اهداف تحقیق، تحلیل عوامل به‌وجود آورنده اشکال کارستی، چشمه‌ها و ارتباط آن‌ها با یکدیگر ضروری می‌باشد.

به‌طور خلاصه اهداف اصلی این تحقیق عبارتند از:

- بررسی تاثیر فرآیندهای کارستی شدن در کوه آهنگران (در مقیاس ماکروسکوپی و میکروسکوپی) بر روی منابع آب شیرین موجود در سنگ‌های کربناته منطقه مطالعاتی
 - ارتباط بین سنگ شناسی رسوبی، شکستگی، تخلخل و انحلال و نقش این عوامل در دبی چشمه‌ها
 - ارتباط بین شرایط اقلیمی، هیدرولوژیکی و نقش آن در انحلال
 - ارزیابی و پهنه‌بندی پتانسیل منابع آب کارستی
- نتیجه این تحقیق می‌تواند جهت برنامه‌ریزی و استفاده صحیح از آبخوان‌های کارستی مورد استفاده قرار گیرد. بدیهی است با مشخص کردن مناطق با پتانسیل بالای کارستی شدن می‌توان اقدامات لازم جهت بهره‌برداری و استفاده صحیح از آب‌های کارستی جهت مصارف شرب را انجام داد.

۱-۳- سئوالات تحقیق

پرسش‌های اصلی که در این پژوهش به آن‌ها پرداخته می‌شود به شرح زیر است:

- ۱- عوامل اصلی موثر بر فرآیند کارستی شدن در این منطقه کدامند؟
- ۲- نقش ژئومورفولوژی اشکال کارستی در نفوذ نزولات جوی چیست؟
- ۳- تاثیر شدت انحلال در دبی چشمه‌های منطقه چگونه است؟
- ۴- میزان انطباق شکستگی و تراکم آن با فرآیند کارستی شدن چگونه است؟

۱-۴- فرضیات تحقیق

بعد از تبیین مسئله، در ارتباط با این تحقیق فرضیاتی مطرح می‌گردد که به شرح زیر می‌باشند:

- فرآیند کارستی شدن و ایجاد مخازن آب کارستی بر اساس مبانی دانش هیدروژئولوژی کارست، با شرایط زمین شناسی منطقه، ساختارهای تکتونیکی، وضعیت چینه شناسی، اقلیم و لایه بندی سازندها ارتباط تنگاتنگی دارد.
- وجود چشمه‌های طبیعی کارستی نشانه‌ای از وضعیت مخازن آب کارستی تلقی می‌شود.

- تفاوت نوع لایه‌بندی در طبقات رسوبی رخنمون یافته می‌تواند بر نوع و میزان انحلال سنگ‌ها تاثیر گذارد. همچنین، سطوح لایه‌بندی، شیب لایه‌ها و سطوح درزه‌ها نیز ظهور چشمه‌های کارستی را کنترل می‌کنند.
- خصوصیات بافتی، فابریک میکروسکوپی و نوع سنگ آهک‌ها از عوامل کنترل کننده میزان انحلال سنگ آهک و در نتیجه توسعه کارست می‌باشد.

۱-۵- پیشینه مطالعات

در این بخش، ابتدا به نمونه‌هایی از مطالعات انجام گرفته در مناطق مختلفی از ایران، اشاره شده است. سپس به اختصار به مطالعات زمین شناسی انجام گرفته در منطقه مورد مطالعه، که به نحوی با موضوع مورد بررسی در ارتباط هستند، پرداخته شده است.

۱-۵-۱- پیشینه مطالعاتی در کشور

رنگزن (۱۳۸۴)، به مقایسه تاثیر عوامل ساختاری- ژئومورفولوژیکی در ظهور چشمه‌ها، در دو محدوده‌ی مطالعاتی قلعه‌رزه- بیدروبه و تاق‌دیس پابده پرداختند. در این تحقیق با استفاده از دورسنجی و GIS، ارتباط ظهور و دبی چشمه‌ها با ارتفاع، شیب، فاصله از شکستگی‌ها، تراکم تعداد شکستگی‌ها و تراکم طول شکستگی‌ها در هر دو منطقه بررسی گردید و مشخص گردید که بیشترین درصد ظهور چشمه‌ها، در فواصل نزدیک به شکستگی‌ها، شیب کم و تراکم بالای شکستگی‌ها بوده و تنها تفاوت ظهور چشمه‌ها، در ارتفاع‌های متفاوت بوده است.

آبشیرینی (۱۳۸۳)، در مطالعه‌ای تحت عنوان کاربرد تکنیک‌های دورسنجی و GIS در شناخت و پتانسیل یابی آب‌های زیرزمینی کارست در تاق‌دیس پابده- لالی، لایه‌های موضوعی شیب، شبکه زهکشی، کیفیت شیمیایی آب چشمه‌ها در فصل تر و خشک، شکستگی و فاصله از چشمه‌ها را به کار گرفت و جهت تلفیق آن‌ها از مدل بولین با فرض مساوی بودن تاثیر پارامترهای مختلف استفاده کرد و در نهایت ۴۳ نقطه را به عنوان مکان‌های مناسب جهت بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی تشخیص داد.

ملکی (۱۳۸۰)، به بررسی تحول اشکال کارستی و نقش آن در شناسایی منابع طبیعی با تکیه بر منابع آب زیرزمینی (در ناهمواری های زاگرس)، پرداخته است. نتایج حاصله ارتباط قوی بین اشکال کارستی و منابع آب را نشان می دهد.

اشرف (۱۳۹۰)، به بررسی تاثیر فرآیندهای کارستی بر منابع آب موجود در سنگ های کربناته منطقه کوه های شتری در شرق ایران پرداخته و نتیجه گرفته است که عدم توسعه کارست در این منطقه به دلیل نامناسب بودن شرایط اقلیمی بوده است.

۱-۵-۲- بررسی سوابق مطالعاتی محدوده مورد مطالعه

الف) مطالعات مرحله شناسایی منابع آب زیرزمینی سازندهای سخت آهکی موجود در منطقه:

این مطالعه جهت شناسایی سازندهای سخت منطقه به منظور بررسی ویژگی های زمین شناسی، نقاط آبی مناطق فوق الذکر و به خصوص چشمه های منطقه و طبقه بندی آنها، و همچنین طبقه بندی سازندها از نظر پتانسیل تشکیل مخازن منابع آب زیرزمینی صورت گرفته است. نتیجه نهایی که از این مطالعه حاصل شده، بیان می دارد که سنگ های کربناته این نواحی نسبت به سازندهای دیگر از نظر پتانسیل آب های زیرزمینی قابل توجه تر هستند (شرکت سهامی آب منطقه ای خراسان جنوبی، ۱۳۸۵).

ب) مطالعات محدودیت و ممنوعیت استفاده از آبخوان های آبرفتی دشت شاهرخت، شمال منطقه مطالعاتی:

دشت شاهرخت به علت حفر چاه های متعدد و برداشت بی رویه از آب زیرزمینی به موازات خشکسالی های چند سال اخیر، دچار افت شدید سطح سفره آب زیرزمینی و کسری مخزن و در بعضی موارد کاهش کیفیت شده است. با توجه به این که تنها منبع مطمئن و دائمی تامین آب در مناطق خشک و نیمه خشک و کویری به خصوص در زمان وقوع خشکسالی، منابع آب زیرزمینی می باشد، مطالعاتی در جهت ممنوعیت حفاری های جدید در این دشت صورت گرفته است. در نتیجه این مطالعات، این دشت، جزء دشت های ممنوعه استان معرفی می گردد (شرکت سهامی آب منطقه ای خراسان جنوبی، ۱۳۸۵).

ج) مطالعات ژئوفیزیک

مطالعات ژئوفیزیکی در منطقه مورد مطالعه طی سه مرحله با اجرای ۴۳۵ سونداژ در قالب ۴۵ پروفیل، جهت بررسی منابع آب صورت گرفته است. اطلاعات مربوط به این مطالعات در جدول ۱-۱ نشان داده شده است.

جدول ۱-۱: مشخصات مطالعات اکتشافی ژئوفیزیکی در منطقه مورد مطالعه (شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان جنوبی، ۱۳۸۵).

ردیف	سال	مشخصات
۱	۱۳۸۸	۱۹۲ سونداژ در قالب ۱۰ پروفیل
۲	۱۳۸۵	۱۷۵ سونداژ در قالب ۲۲ پروفیل در کوه‌پایه
۳	۱۳۸۵	۶۸ سونداژ در قالب ۱۳ پروفیل در ارتفاعات

در عملیات سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۸ آبخوان آبرفتی دشت شاهرخت و همچنین تشکیلات آهکی و آبرفتی

منطقه آهنگران، مورد مطالعه قرار گرفته است (شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان جنوبی، ۱۳۸۵).

۱-۶-۱- روش تحقیق

۱-۶-۱- مطالعات کتابخانه‌ای

مطالعات کتابخانه‌ای این تحقیق شامل موارد زیر است:

- بررسی نکات مهم پیرامون موضوع کارست و عوامل موثر بر توسعه و پیشرفت آن.
- مطالعه مقالات، گزارش‌های منتشر شده و پایان‌نامه‌های دانشجویی موجود در رابطه موضوع مورد نظر.
- شناسایی عکس‌های هوایی (با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰)، تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های زمین‌شناسی (با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰) و توپوگرافی (با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰) و مطالعه آن‌ها جهت انتخاب مکان‌های مناسب جهت انجام عملیات صحرایی.

۱-۶-۲- مطالعات صحرایی

شروع مطالعات صحرایی این تحقیق مستلزم بررسی کامل و دقیق مطالعات کتابخانه‌ای مذکور بوده است. هدف اصلی از انجام کار صحرایی، مشخص کردن پدیده‌های موثر در فرآیند کارستی شدن جهت تأیید نتایج حاصل شده از مطالعات کتابخانه‌ای است. مطالعات صحرایی این تحقیق شامل ۱۵ روز کار میدانی و برداشت داده‌ها در ایستگاه‌های مختلف بوده که در این عملیات، برداشت دقیق و شناخت پدیده‌های موثر در پیشرفت کارست در منطقه انجام یافت.

۱-۶-۳- مطالعات آزمایشگاهی

بعد از انجام مطالعات صحرایی، به منظور مطالعه و بررسی ویژگی‌های میکروسکوپی سنگ‌ها، تعداد ۴۵ نمونه انتخاب و برای تهیه مقاطع نازک میکروسکوپی به شرکت طیف کانساران بینالود مشهد ارسال گردید. به منظور تشخیص کانی کلسیت از دولومیت، مقاطع نازک توسط معرف شیمیایی آلیزارین قرمز (Red alizarin) و فروسیانیدپتاسیم (Potassium ferricyanid) به روش دیکسون (۱۹۶۶) رنگ‌آمیزی شده است. با این روش میزان نسبی آهن نیز مشخص می‌شود، به طوری که با افزایش میزان آهن، کانی‌های کلسیتی به ترتیب به رنگ‌های صورتی، ارغوانی و آبی در آمده‌اند. همچنین بلورهای دولومیت فاقد آهن بی‌رنگ باقی می‌مانند.

جهت تشخیص نوع سنگ، بافت سنگ و اندازه دانه‌ها و تخلخل و درجه تراکم و سیمانی‌شدن که از عوامل کنترل‌کننده پدیده انحلال و کارستی‌شدن هستند، کلیه مقاطع نازک مورد بررسی دقیق سنگ-شناسی قرار گرفته‌اند. در این مطالعه نام‌گذاری سنگ‌های کربناته به روش طبقه‌بندی دانهام (۱۹۶۲) و فولک (۱۹۷۴) انجام شده است.

به منظور تعیین مقادیر مواد نامحلول در اسید (AIR)، تعداد ۱۱ نمونه انتخاب شد و یک گرم از هر نمونه پودر شده، در اسید کلریدریک (HCl) رقیق ۱ نرمال حل شده و پس از حدود ۳۰ دقیقه محلول از صافی گذرانده شد. کاغذ صافی پس از خشک شدن توزین شده تا درصد مواد نامحلول در اسید تعیین گردد (El Hefnawi et al., 2010).

۱-۶-۴- تحلیل و پردازش داده‌ها

این مرحله شامل تحلیل و تفسیر عکس‌های گرفته شده از منطقه مطالعاتی و انجام عملیات نرم‌افزاری جهت هر چه گویاتر نمودن آن‌ها بوده است. در این تحقیق از نقشه زمین‌شناسی آهنگران، بیرجند، با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، داده‌های SRTM، تصاویر ماهواره‌ای و همچنین نرم‌افزارهای متعددی از جمله: Global Mapper، ArcGIS، ER Mapper، Surfer، Corel DRAW و غیره استفاده شده است.