



دانشکده کویر شناسی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
رشته منابع طبیعی گرایش بیابان‌زدایی

بررسی ارتباط افت سطح ایستابی و ایجاد فروچاله‌ها و پتانسیل یابی مناطق

مستعد فروچاله (مطالعه موردی دشت فامنین-کبودرآهنگ)

نگارنده

مولود سادات چاوشیان

استادان راهنما

دکتر سعید خداییان

دکتر خسرو حسینی

استادان مشاور

مهندس سعید قره‌چلو

مهندس مهدی احمدیان

بهار ۱۳۹۰

اینجانب مولودسادات چاوشیان متعهد می شوم که محتوای علمی این پایان نامه با عنوان بررسی ارتباط افت سطح ایستابی و ایجاد فروچاله ها و پتانسیل یابی مناطق مستعد فروچاله (مطالعه موردی دشت فامنین-کبودرآهنگ) در مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی منابع طبیعی گرایش بیابان زدایی به گروه مناطق خشک و بیابانی دانشکده کویر شناسی ارائه شده دارای محتوای پژوهشی بوده و حاصل فعالیت های علمی اینجانب می باشد.

در صورتی که خلاف ادعای فوق در هر زمانی محرز شد کلیه حقوق معنوی متعلق به پایان نامه از اینجانب سلب شده و موارد قانونی مترتب به آن نیز از طرف مراجع ذی ربط قابل پیگیری است.

مولود سادات چاوشیان

شماره دانشجویی: ۸۷۱۱۸۱۹۰۰۱

تقدیم به

پدر و مادر مهربانم

که هر چه دارم از گنجینه بیکران محبتی است که در وجود اندک من نهاده اند.

تشکر و قدردانی

سپاس یزدان پاک را که دیباچه زندگی را به زیبا نگاره های قلم جلوه نمود و خیال خالی آدمی را به علم و معرفت فروزان آورد تا در امتداد هستی ما را به نگارش نقطه ای بر حرفی از پیشگفتار دفتر دانش لیاقت فرماید.

اکنون که این تحقیق به پایان رسیده است، بر خود لازم می دانم از زحمات بی دریغ جناب آقای دکتر خسرو حسینی ، استاد راهنمای این پایان نامه، که در طول انجام این تحقیق خالصانه مرا یاری نموده اند ، تشکر و قدردانی نموده و توفیق روز افزون ایشان را از خداوند منان خواستارم. از جناب آقای دکتر سعید خداییان، که در به انجام رسیدن این تحقیق از راهنمایی و مساعدتهای ایشان بهره برده ام کمال تشکر را می نمایم. از جناب آقای مهندس احمدیان و مهندس قره چلو به خاطر راهنمایی های ارزنده شان سپاسگزارم و با سپاس فراوان از همکاری و مساعدت کلیه کسانی که در انجام این تحقیق اینجانب را یاری نموده اند.

چکیده

استفاده بی رویه از منابع آب زیرزمینی سبب افت سطح آب های زیرزمینی گردیده است که تبعات متعددی را به دنبال داشته است. در این پژوهش به پدیده ایجاد فروچاله در اثر افت سطح آب زیرزمینی در دشت کبودرآهنگ و فامنین پرداخته شده است. برای این منظور در ۴ دوره زمانی بین سال های ۱۳۶۸ تا ۱۳۸۵ اطلاعات رقوم سطح آب زیرزمینی قرائت شده در چاه های پیژومتری پس از نرمال سازی ، توسط روش های زمین آمار در محیط GIS تحلیل گردیده اند. سپس روش های مختلف درون یابی مورد ارزیابی قرار گرفته اند. نتایج نشان داد که برای پهنه بندی عمق آب زیرزمینی روش کریجینگ و برای پهنه بندی سطح آب زیرزمینی روش کوکریجینگ با استفاده از متغیر کمکی H، در مقایسه با سایر روش های میان یابی مورد بررسی دارای دقت بالاتری است. سپس میزان افت آب زیرزمینی در کل دشت و نیز در مکان های وقوع فروچاله ها برآورد شده است. بررسی ها، نشان می دهد که در بین عوامل ایجاد فروچاله، افت سطح آب زیرزمینی مهمترین عامل مؤثر طبیعی در تسریع و ایجاد فروچاله ها است نتایج به دست آمده نشان می دهد که افزایش میزان افت آب زیرزمینی با فراوانی وقوع سه گروه فروچاله مشاهده شده در سطح دشت های منطقه و نوع فروچاله های ایجاد شده و نیز شدت وقوع آنها ارتباط مستقیم دارد. ایجاد انواع فروچاله ها به ضخامت قشر آبرفتی بستگی دارد. همچنین بین مکان های وقوع فروچاله ها و کانون های افت آب زیرزمینی ارتباط معناداری وجود دارد و میزان افت آب زیرزمینی در پتانسیل یابی مناطق مستعد برای ایجاد فروچاله ها نقش اساسی دارد. در پایان با توجه به پتانسیل ایجاد فروچاله منطقه به ۴ کلاس مناطق کم خطر، مناطق با خطر متوسط، پر خطر و بسیار پر خطر طبقه بندی گردید.

واژگان کلیدی: افت آب زیرزمینی، دشت کبودرآهنگ-فامنین، فروچاله، زمین آمار

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه.....	۱
فصل اول : مقدمه و کلیات	
۱-۱-۱-۱-۱ تعریف فروچاله.....	۲
۱-۱-۱-۱-۲ تعریف فروچاله از دیدگاه مهندسی.....	۳
۲-۱-۱-۱-۲ مروری بر مقوله فروچاله در نقاط مختلف جهان.....	۴
۳-۱-۱-۱-۲ مروری بر کارهای انجام شده.....	۹
۱-۳-۱-۱-۲ سابقه تحقیق در جهان	۹
۲-۳-۱-۱-۲ سابقه تحقیق در ایران.....	۱۳
۴-۱-۱-۱-۲ سوالات تحقیق.....	۱۶
۵-۱-۱-۱-۲ فرضیه های تحقیق.....	۱۶
۶-۱-۱-۱-۲ اهداف تحقیق.....	۱۶
۷-۱-۱-۱-۲ ساختار پایان نامه.....	۱۷
فصل دوم : بررسی عوامل مؤثر در ایجاد فروچاله ها	
۱-۲-۱-۱-۲ موقعیت زمین شناختی و آب شناختی.....	۱۹
۲-۲-۱-۱-۲ محیط های زمین شناختی دارای پتانسیل ایجاد فروچاله.....	۲۱
۳-۲-۱-۱-۲ روش های مطالعه فروچاله ها و شناخت فاکتورهای مؤثر بر رفتار آنها.....	۲۲
۴-۲-۱-۱-۲ بررسی فروچاله ها از دیدگاه زمین شناسی مهندسی.....	۲۴
۵-۲-۱-۱-۲ انواع فروچاله ها	۲۶
۶-۲-۱-۱-۲ رده بندی مهندسی فروچاله ها	۲۷
۷-۲-۱-۱-۲ بررسی شرایط لازم برای تشکیل فروچاله ها	۳۲
۸-۲-۱-۱-۲ تأثیر افت سطح آب زیرزمینی در ایجاد پدیده فروچاله.....	۳۳
۱-۸-۲-۱-۲ کاهش در مقدار نیروهای مقاومت کننده وارد بر سقف حفرات.....	۳۵
۲-۸-۲-۱-۲ افزایش سرعت جریان آب های زیرزمینی در توده آبرفت پوشش فوقانی.....	۳۵
۳-۸-۲-۱-۲ نوسانات سطح آب زیرزمینی.....	۳۶
۴-۸-۲-۱-۲ ایجاد تغذیه قائم عمقی.....	۳۶
۵-۸-۲-۱-۲ ارتباط بین نیروهای متأثر از افت سطح آب زیرزمینی.....	۳۸

- ۲-۸-۶ تأثیر عوامل فرعی ۴۰
- ۲-۹ بررسی فراوانی چاله های کارستی در ایران..... ۴۰
- ۲-۱۰ خطرهای زمین شناختی مرتبط با فروچاله و خسارات ناشی از آن..... ۴۱

فصل سوم : روش انجام تحقیق

- ۳-۱ خصوصیات منطقه مورد مطالعه..... ۴۷
- ۳-۱-۱ حدود و موقعیت جغرافیایی..... ۴۸
- ۳-۱-۲ راه های دسترسی به منطقه..... ۴۸
- ۳-۱-۳ اقلیم و آب و هوای دشت..... ۵۲
- ۳-۱-۴ وضعیت عمومی زمین شناسی منطقه..... ۵۲
- ۳-۱-۵ وضعیت زمین شناسی تفصیلی منطقه..... ۵۴
- ۳-۱-۶ زمین ساخت و تکتونیک منطقه..... ۵۶
- ۳-۱-۷ گروه های هیدروژئولوژیک منطقه..... ۵۸
- ۳-۱-۸ شناخت خاک های محل..... ۶۰
- ۳-۲ تحلیل نقشه های توپوگرافی هم ضخامت آبرفت ۶۰
- ۳-۳ نحوه کاربری اراضی در محل فروچاله ها..... ۶۱
- ۳-۴ شرایط هیدروژئولوژی دشت ها و کارست منطقه..... ۶۳
- ۳-۴-۱ وضعیت هیدروژئولوژی دشت کبودرآهنگ..... ۶۳
- ۳-۴-۲ وضعیت هیدروژئولوژی دشت فامنین..... ۶۴
- ۳-۴-۳ بررسی منابع آب زیرزمینی دشت کبودرآهنگ..... ۶۵
- ۳-۴-۴ بررسی منابع آب زیرزمینی دشت رزن- قهقوند..... ۶۷
- ۳-۴-۵ پتانسیل آبدهی توده سنگ های آهکی و آهکی مارنی سنگ بستر..... ۶۹
- ۳-۵ روش انجام تحقیق..... ۷۰
- ۳-۵-۱ جمع آوری اطلاعات و منابع آماری..... ۷۰
- ۳-۵-۲ انتخاب پایه زمانی مشترک..... ۷۲
- ۳-۵-۳ کنترل کیفیت صحت و همگن بودن آمار..... ۷۵
- ۳-۵-۴ بازسازی نواقص آماری..... ۷۷
- ۳-۶ تعمیم داده های نقطه ای به سطحی..... ۷۸
- ۳-۶-۱ روش های درون یابی..... ۷۸

- ۳-۶-۲ روش عکس فاصله وزنی (IDW)..... ۸۱
- ۳-۶-۳ روش کریجینگ..... ۸۲
- ۳-۶-۴ روش کوکریجینگ..... ۸۳
- ۳-۶-۵ روش توابع پایه شعاعی..... ۸۳
- ۳-۶-۶ برازش مدل واریوگرام مناسب به ساختار فضایی داده‌ها..... ۸۴
- ۳-۶-۷ ارزیابی روش‌های درون یابی به کمک روش اعتبار سنجی حذفی..... ۸۴
- ۳-۷ تحلیل نقشه‌های توپوگرافی هم عمق سنگ بستر، هم ضخامت آبرفت ۸۵
- ۳-۸ تهیه نقشه موقعیت فروچاله‌ها..... ۸۶
- ۳-۹ تجزیه تحلیل زمانی وقوع فروچاله‌ها ۸۹
- ۳-۱۰ بررسی مکانیسم ایجاد فروچاله‌های منطقه مورد مطالعه..... ۹۱
- ۳-۱۱ تلفیق نقشه‌های تهیه شده و تهیه جداول مقایسه ای ۹۱
- ۳-۱۲ به دست آوردن ارتباط بین پارامترهای مورد بررسی..... ۹۱
- ۳-۱۳ پتانسیل یابی مناطق مستعد ایجاد فروچاله..... ۹۱

فصل چهارم : نتایج و بحث

- ۴-۱ کنترل کیفیت صحت و همگن بودن آمار..... ۹۴
- ۴-۲ تحلیل‌های زمین آماری و درون یابی داده‌ها..... ۹۵
- ۴-۳ درون یابی و تخمین زمین آماری..... ۹۶
- ۴-۴ ارزیابی روش‌های درون یابی به کمک روش اعتبار سنجی حذفی (CV)..... ۹۶
- ۴-۴-۱ عمق آب زیرزمینی..... ۹۶
- ۴-۴-۲ سطح آب زیرزمینی..... ۹۹
- ۴-۵ تهیه نقشه پهنه‌بندی مکانی..... ۱۰۱
- ۴-۵-۱ نقشه تراز آب زیرزمینی..... ۱۰۴
- ۴-۵-۲ نقشه هم‌عمق آب زیرزمینی..... ۱۰۶
- ۴-۵-۳ نقشه هم‌افت آب زیرزمینی..... ۱۰۶
- ۴-۶ مقایسه مساحت زمینی و درصد طبقات هم عمق آب زیرزمینی..... ۱۱۴
- ۴-۷ بررسی تفصیلی تغییرات مساحت زمینی محدوده‌های عمق آب زیرزمینی..... ۱۲۰
- ۴-۸ بررسی مکانیسم و شرایط تشکیل فروچاله‌ها در سطح دشت‌های منطقه..... ۱۲۲
- ۴-۸-۱ مکانیسم ایجاد حفرات و ریزش توده سنگ بستر و پایداری آن‌ها..... ۱۲۳

- ۲-۸-۴ فرآیند تشکیل و توسعه فروچاله های مدفون و فرونشست ها..... ۱۲۶
- ۳-۸-۴ فرآیند تشکیل و توسعه فروچاله های ریزشی ۱۲۷
- ۹-۴ تلفیق نقشه های تهیه شده و تهیه جداول مقایسه ای ۱۳۲
- ۱۰-۴ ارتباط فراوانی وقوع فروچاله ها و افت سطح آب زیرزمینی..... ۱۳۵
- ۱۱-۴ ارتباط افت سطح آب زیرزمینی و عمق فروچاله ها..... ۱۳۷
- ۱۲-۴ ارتباط ضخامت آبرفت و فروچاله ها..... ۱۳۸
- ۱-۱۲-۴ ارتباط ضخامت آبرفت و فروچاله های مدفون در منطقه ۱۳۸
- ۲-۱۲-۴ ارتباط ضخامت آبرفت و فروچاله های ریزشی در منطقه..... ۱۴۰
- ۱۳-۴ بررسی ارتباط مکان های وقوع فروچاله و کانون های افت در منطقه..... ۱۴۱

فصل پنجم : نتیجه گیری و پیشنهادات

- ۱-۵ نتایج..... ۱۴۶
- ۲-۵ پیشنهادات..... ۱۶۳
- آزمون فرضیات تحقیق..... ۱۶۵
- فهرست مراجع..... ۱۶۶
- پیوست ها..... ۱۷۱

فهرست جدول ها

عنوان.....	صفحه.....
جدول ۱-۲ طبقه بندی انواع فروچاله ها.....	۲۷.....
جدول شماره ۲-۲ رده بندی مهندسی فروچاله ها.....	۲۸.....
جدول شماره ۱-۳ طبقه بندی گروه های هیدرولوژیک خاک	۵۸.....
جدول شماره ۲-۳ تعداد منابع آبی و تخلیه آن در دشت کبودرآهنگ.....	۶۵.....
جدول شماره ۳-۳ تعداد و تخلیه منابع آب زیرزمینی دشت رزن - قهاوند.....	۶۸.....
جدول شماره ۳-۴ تجزیه و تحلیل آمار بارندگی ایستگاه نوژه حد فاصل سالهای ۸۸-۱۳۶۵.....	۷۳.....
جدول ۳-۵ بررسی اختلاف بارش سال های آبی از میانگین دوره.....	۷۴.....
جدول ۳-۶ مشخصات فروچاله های رخ داده در منطقه.....	۸۸.....
جدول ۱-۴ مشخصات واریوگرام مناسب برازش شده پارامتر عمق آب زیرزمینی.....	۹۵.....
جدول ۲-۴ مشخصات واریوگرام مناسب برازش شده به پارامتر سطح آب زیرزمینی.....	۹۵.....
جدول ۳-۴ مقادیر RMSE و GSD برای هر یک از روش های درون یابی عمق آب زیرزمینی.....	۹۷.....
جدول ۴-۴ مقادیر RMSE و GSD برای هر یک از روش های درون یابی سطح آب زیرزمینی.....	۹۹.....
جدول ۴-۵ مقایسه مساحت زمینی و درصد طبقات هم عمق آب زیرزمینی در سال ۱۳۶۸.....	۱۱۴.....
جدول ۴-۶ مساحت زمینی و درصد طبقات هم عمق آب زیرزمینی در سال ۱۳۷۲.....	۱۱۶.....
جدول ۴-۷ مساحت زمینی و درصد طبقات هم عمق آب زیرزمینی در سال ۱۳۷۸.....	۱۱۷.....
جدول ۴-۸ مساحت زمینی و درصد طبقات هم عمق آب زیرزمینی در سال ۱۳۸۵.....	۱۱۹.....
جدول ۴-۹ بررسی تفصیلی تغییرات مساحت زمینی محدوده های عمق آب زیرزمینی.....	۱۲۱.....
جدول ۴-۱۰ مقایسه توصیفی مساحت و درصد طبقات بر اساس اطلاعات عمق آب زیرزمینی.....	۱۲۱.....
جدول ۴-۱۱ مشخصات مکانی، عمق، بافت خاک و ضخامت آبرفت در محل وقوع فروچاله ها.....	۱۳۲.....
جدول ۴-۱۲ زمین شناسی، گروه هیدرولوژیکی و میزان افت آب زیرزمینی در محل فروچاله ها.....	۱۳۴.....
جدول ۴-۱۳ مختصات کانون های افت آب زیرزمینی.....	۱۴۱.....
جدول ۴-۱۴ نتایج مربوط به محاسبه همبستگی بین کانون های افت و مکان های فروچاله.....	۱۴۴.....
جدول ۴-۱۵ رابطه ضریب همبستگی با زاویه بین خطوط رگرسیون.....	۱۴۴.....

فهرست شکل ها

عنوان.....	صفحه.....
شکل ۱-۱ و ۲-۱ فروچاله های به وقوع پیوسته در ایستگاه راه آهن در جنوب منطقه بیرمنگام.....	۶.....
شکل ۳-۱ و ۴-۱ شائوژای ، بزرگترین فروچاله جهان واقع در چین.....	۷.....
شکل ۱-۲ مقطع عرضی حوضه کارستی، نشان دهنده موقعیت زمین شناختی و آب شناختی.....	۲۱.....
شکل ۲-۲ فروچاله فرونشستی دروینترپارک فلوریدا در سال ۱۹۸۱.....	۲۵.....
شکل ۳-۲ فرآیند توسعه suffusion sinkhole در خاک های ناپیوسته (غیر چسبناک).....	۳۰.....
شکل ۴-۲ یک suffusion sinkhole در نزدیکی کرمان که در حال توسعه است.....	۳۰.....
شکل ۵-۲ فرآیند توسعه Dropout sinkhole در خاک های پیوسته (چسبناک).....	۳۱.....
شکل ۶-۲ توسعه Dropout sinkhole جلوی خانه ای در پنسیلوانیا.....	۳۱.....
شکل ۷-۲ پروفیل هایی از چند فروچاله مدفون به عمق ۷ متر از یک جاده در الاباما.....	۳۲.....
شکل ۸-۲ موقعیت فروچاله های کارستی های ایجاد شده در منطقه لیوپانشویی چین بر اثر افت آب زیرزمینی ناشی از بهره برداری چاه های منطقه طی سال های ۱۹۷۷-۱۹۸۵.....	۳۴.....
شکل ۹-۲ چگونگی تأثیر افت سطح آب زیرزمینی در ایجاد پدیده نشست زمین.....	۳۸.....
شکل ۱۰-۲ مدل معرف نمایش تأثیر پدیده تداخل افت در نقاط بهره برداری در محدوده محل تشکیل یک فروچاله.....	۳۹.....
شکل ۱۱-۲ وقوع فروچاله در محل ابنیه (سازه متمرکز).....	۴۲.....
شکل ۱۲-۲ یک فروچاله فرونشستی کوچک در پروتوریای افریقای جنوبی که سبب تخریب لوله انتقال آب شده است.....	۴۳.....
شکل ۱۳-۲ تخریب منزل و جاده بر اثر فروچاله فرونشستی در کنتورین جنوب افریقا.....	۴۳.....
شکل ۱۴-۲ فرونشست ناگهاتی زمین که سبب تخریب جاده شده است.....	۴۴.....
شکل ۱-۳ هیدروگراف معرف آب زیرزمینی دشت کبودآهنگ در سال های ۱۳۶۷ الی ۱۳۸۷.....	۶۷.....
شکل ۲-۳ هیدروگراف معرف آب زیرزمینی دشت رزن- قهاوند در سال های ۱۳۶۷ الی ۱۳۸۷.....	۶۹.....
شکل ۳-۳ هیستوگرام بارش در دوره ۲۳ ساله (۱۳۶۵ الی ۱۳۸۸).....	۷۵.....
شکل ۴-۳ توزیع زمانی وقوع فروچاله ها.....	۸۱.....
شکل ۵-۳ فراوانی وقوع فروچاله ها.....	۸۱.....
شکل ۱-۴ مساحت زمینی طبقات هم عمق آب زیرزمینی در سال ۱۳۶۸.....	۱۱۵.....

- شکل ۲-۴ درصد طبقات هم عمق آب زیرزمینی در سال ۱۳۶۸..... ۱۱۵
- شکل ۳-۴ مساحت زمینی طبقات هم عمق آب زیرزمینی در سال ۱۳۷۲..... ۱۱۶
- شکل ۴-۴ درصد طبقات هم عمق آب زیرزمینی در سال ۱۳۷۲..... ۱۱۷
- شکل ۵-۴ مساحت زمینی طبقات هم عمق آب زیرزمینی در سال ۱۳۷۸..... ۱۱۸
- نمودار ۶-۴ درصد طبقات هم عمق آب زیرزمینی در سال ۱۳۷۸..... ۱۱۸
- شکل ۷-۴ مساحت زمینی طبقات هم عمق آب زیرزمینی در سال ۱۳۸۵..... ۱۱۹
- شکل ۸-۴ درصد طبقات هم عمق آب زیرزمینی در سال ۱۳۸۵..... ۱۲۰
- شکل ۹-۴ چگونگی تشکیل فروچاله ریزشی در آبرفت تقریباً یکنواخت دانه ریز..... ۱۲۸
- شکل ۱۰-۴ چگونگی تشکیل فروچاله ریزشی در آبرفت غیر یکنواخت دانه ریز-دانه درشت..... ۱۳۰
- شکل ۱۱-۴ چگونگی تشکیل فروچاله ریزشی در خاک های کم ضخامت غیر یکنواخت لایه لایه..... ۱۳۱
- شکل ۱۲-۴ فراوانی وقوع انواع فروچاله ها در منطقه..... ۱۳۵
- شکل ۱۳-۴ ارتباط فراوانی وقوع فروچاله ها و افت سطح آب زیرزمینی..... ۱۳۶
- شکل ۱۴-۴ ارتباط افت سطح سفره آب زیرزمینی و عمق فروچاله ها..... ۱۳۷
- شکل ۱۵-۴ ارتباط ضخامت آبرفت و فروچاله های مدفون..... ۱۳۸
- شکل ۱۶-۴ ارتباط ضخامت آبرفت و فروچاله های ریزشی..... ۱۴۰
- شکل ۱۷-۴ پراکنش مکانی کانون های افت و منحنی های برآزش داده شده..... ۱۴۲
- شکل ۱۸-۴ وضعیت همبستگی و پراکنش مکان های وقوع فروچاله در منطقه..... ۱۴۲
- شکل ۱۹-۴ انطباق منحنی های کانونهای افت و مکانهای وقوع فروچاله و همبستگی آنها..... ۱۴۳

فهرست نقشه ها

عنوان.....	صفحه
شکل ۱-۳ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه.....	۴۹
نقشه ۲-۳ نقشه رقومی ارتفاع منطقه مورد مطالعه.....	۵۰
نقشه ۳-۳ موقعیت روستاها و راههای ارتباطی در محدوده مطالعاتی.....	۵۱
نقشه ۴-۳ نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه.....	۵۳
نقشه ۵-۳ گروه های هیدرولوژیک منطقه مورد مطالعه.....	۵۹
نقشه ۶-۳ کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه.....	۶۲
نقشه ۷-۳ موقعیت چاههای پیزومتری منطقه مورد مطالعه.....	۷۱
نقشه ۸-۳ موقعیت فروچاله های منطقه مورد مطالعه.....	۸۷
نقشه ۱-۴ پهنه بندی مکانی سطح آب زیرزمینی منطقه در اردیبهشت ۱۳۶۸.....	۱۰۲
نقشه ۲-۴ پهنه بندی مکانی سطح آب زیرزمینی منطقه در اردیبهشت ۱۳۷۲.....	۱۰۳
نقشه ۳-۴ پهنه بندی مکانی سطح آب زیرزمینی منطقه در اردیبهشت ۱۳۷۸.....	۱۰۴
نقشه ۴-۴ پهنه بندی مکانی سطح آب زیرزمینی منطقه در اردیبهشت ۱۳۸۵.....	۱۰۵
نقشه ۵-۴ پهنه بندی مکانی عمق آب زیرزمینی منطقه در اردیبهشت ۱۳۶۸.....	۱۰۷
نقشه ۶-۴ پهنه بندی مکانی عمق آب زیرزمینی منطقه در اردیبهشت ۱۳۷۲.....	۱۰۸
نقشه ۷-۴ پهنه بندی مکانی عمق آب زیرزمینی منطقه در اردیبهشت ۱۳۷۸.....	۱۰۹
نقشه ۸-۴ پهنه بندی مکانی عمق آب زیرزمینی منطقه در اردیبهشت ۱۳۸۵.....	۱۱۰
نقشه ۹-۴ پهنه بندی شدت افت سطح ایستابی منطقه بین سالهای ۱۳۶۸-۱۳۷۲.....	۱۱۱
نقشه ۱۰-۴ پهنه بندی شدت افت سطح ایستابی منطقه بین سال های ۱۳۶۸-۱۳۷۸.....	۱۱۲
نقشه ۱۱-۴ پهنه بندی شدت افت سطح ایستابی منطقه بین سال های ۱۳۶۸-۱۳۸۵.....	۱۱۳
نقشه ۱-۵ پیش بینی عمق آب زیرزمینی منطقه در سال ۱۳۹۵.....	۱۶۱
نقشه ۲-۵ پتانسیل ایجاد فروچاله در منطقه.....	۱۶۲

فصل اول

کلیات

بیابان‌زایی، فقط به هجوم ماسه‌های روان و برخاستن گرد و غبار در هوا و شور شدن اراضی محدود نمی‌شود. بیابان‌زایی می‌تواند استوارترین تکیه‌گاه بشر، یعنی همین زمینی که بر روی آن ایستاده‌ایم را نیز به چالش کشیده و نا استوار سازد.

افزایش جمعیت همراه با گسترش بی‌رویه بهره‌برداری از منابع آب برای استفاده در کشاورزی و صنعت منجر به افزایش تقاضای آب از منابع آب زیرزمینی می‌شود. تغییرات آب و هوایی و خشکسالی موجب بارش کمتر شده و جهت تأمین آب مورد نیاز سبب افت آب‌های زیرزمینی شده است.

کاهش سطح آب زیرزمینی در سفره موجب متراکم شدن سفره می‌گردد. این تراکم نتیجه رابطه بین کاهش سطح ایستابی و افزایش تنش عمودی ناشی از عدم تحمل بار طبقات بالایی توسط آبخوان است که در نهایت منجر به ایجاد فروچاله می‌گردد. نشانه اولیه وقوع فروچاله همیشه قبل از وقوع ریزش مشاهده نمی‌گردد. به این دلیل تشخیص و نمایان سازی نواحی که مستعد فروچاله هستند، ضروری به نظر می‌رسد. لذا این پدیده بایستی بخوبی مورد شناسایی و مطالعه قرار گیرد، به نحوی که اهمیت و حساسیت حضور آن در مناطقی که مورد ساخت و ساز سازه‌های مهندسی یا محل سکونت افراد است، مورد ارزیابی و مدیریت صحیح قرار گیرد.

۱-۱ تعریف فروچاله

. بر پایه آنچه که در لغت نامه‌های علمی به مانند Penguin , Blackwell و یا Oxford آمده است ، سینک‌هول یا فروچاله به شرح زیر بیان گردیده است:

به نقل از لغت نامه :

The Dictionary of Physical Geography (2000) 3rd ed. Blackwell Pub., U.K

فروچاله یک فرورفتگی تقریباً حلقوی در اراضی متشکل از سنگ های آهکی است، که اغلب به حفرات و مجاری زیر سطحی که گذر آب در آن ها جریان پیدا می کند ، متصل می باشد. این واژه اصالتاً آمریکایی است.

با نقل از لغت نامه :

The Penguin Dictionary of Geography (2003) 3rd ed. Penguin Book. London, U.K

فروچاله یکی از مشخصه های زمین های کارستیک است که به صورت فرورفتگی بسته محل عبور جریان های سطحی به عمق را طریق مجاری سیلندری فراهم می سازد. (Swallow hole) واژه دیگر این پدیده طبیعی است.

به نقل از لغت نامه:

Oxford Dictionary of Earth Science (2003), PP166, Oxford university Press, London, u.k

فروچاله یک فرورفتادگی کیفی شکل بسته است، که در زمین های متشکل از سنگ های آهکی و معمولاً در نواحی که سیستم شبکه بندی درز و شکاف ها افزایش می یابد، دیده می شود. این محل ها تمرکز جریان های سطحی در جهت قائم به سمت قسمت های تحتانی توده سنگ را فراهم می نماید.

۱-۱-۱ تعریف فروچاله از دیدگاه مهندسی

فرورفتگی سطح زمین که در اثر گسیختگی لایه های سطحی ایجاد شده است، فروچاله نامیده می شود. (ویلسون و بک^۱ ۱۹۸۸) فروچاله ها معمولاً دارای دیواره هایی با شیب تند هستند و در اشکال بیضوی یا کروی دیده می شوند متوسط ابعاد آن ها در حدود ۳ متر می باشد و در برخی موارد تا ده ها

¹ Wilson & Beck

متر نیز می رسد. اکثر فروچاله ها در سنگ های کربناته شکل می گیرند (وایت ۱۹۸۸). وقوع فروچاله ها در مناطق کارستیک امری بدیهی است. تشکیل فروچاله ها در نواحی که سازند آبرفتی با ضخامت حداکثر ۵۰ متر سنگ بستر آهکی و کارستی را می پوشاند، خطرات جدی را در بر دارد. (والتام ۲۰۰۵) به وقوع پیوستن این پدیده که به لحاظ اثرات تخریبی در گروه بلایای طبیعی (Natural Hazards) قابل رده بندی می باشد، در نقاط مختلف جهان از ابعاد زمین شناسی، ژئوتکنیک و زیست محیطی مورد توجه بوده است (پرویزی ۱۳۸۴).

۱-۲ مروری بر مقوله فروچاله در نقاط مختلف جهان

در ایالت های شرقی و جنوب شرقی ایالات متحده آمریکا به مانند آلاباما، فلوریدا میسوری، کنتاکی، تنسی و پنسیلوانیا و حتی تگزاس وقوع این پدیده در سطح گسترده ای مورد توجه بوده و می باشد. این پدیده سالیان سال عمدتاً از دیدگاه ژئوتکنیک و مهندسی پی مورد بررسی و توجه بوده است. تعداد وقوع این پدیده در این ایالت ها در طول سالیان گذشته به حدی بوده است که در بعضی ایالت ها به مانند فلوریدا سازمانی تحت عنوان مرکز تحقیقات سینکهول^۳ مسئولیت انجام کلیه امور مربوط به مطالعه، ارزیابی، شناخت و ترمیم و جلوگیری و کاهش خطرات ناشی از وقوع این پدیده را در سطح ایالت عهده دار می باشد. در ناحیه اورلاندو ایالت متحده آمریکا حداقل ۱۴۰ فروچاله بین سال های ۱۹۶۱ تا ۱۹۸۶ تشکیل شده اند، که واجد چنین شرایطی می باشند (اگدن^۴ ۱۹۸۴). تمرکز این فروچاله ها در ایالات متحده در مقایسه با سایر نقاط دنیا بیشتر می باشد. به طوری که سازمان زمین شناسی آمریکا در گزارش خود ایالات آلاباما، فلوریدا، جورجیا، تنسی و کنتاکی را به عنوان ایالات مسئله دار از نظر خطر وقوع فروچاله ها معرفی کرده است (بک^۵ ۱۹۸۸). وقوع این پدیده در سطح

¹ White

² Waltham

³ Florida Sinkhole Research Center

⁴ Ogden

⁵ Beck

ایالات ضمن ایجاد خسارات مالی زیاد که در سال به میلیون ها دلار بالغ گردیده در چند مورد تلفات جانی را نیز در بر داشته است (بک وسینکلیر^۱ ۱۹۸۶).

به طور کلی در ایالت های جنوب شرقی آمریکا حدوداً از سال ۱۹۰۰ میلادی به بعد بیش از ۴۰۰۰ فروچاله در ابعاد مختلف گزارش گردیده است که ایالت آلاباما در این رابطه از سال ۱۹۰۰ به بعد شاهد وقوع تعداد بی شماری فروچاله بوده است (بک ۱۹۸۸).

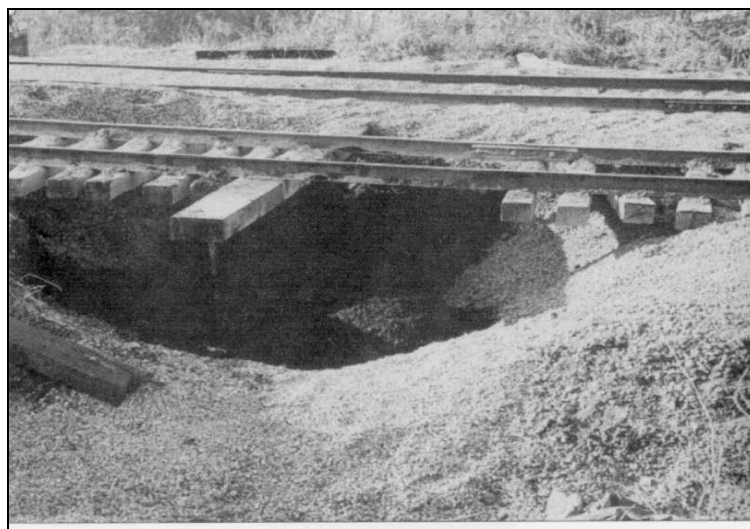
در ناحیه کالرا^۲ در بخش شلبی^۳ این ایالت بیش از ۱۰۰۰ فروچاله در اواسط سال های ۱۹۵۸ تا ۱۹۷۳ به وقوع پیوسته که می توان به بزرگترین آن که به لحاظ ابعاد گسترده به نام غول دسامبر^۴ نامیده می شود اشاره نمود. این فروچاله در دسامبر ۱۹۷۳ به قطر حدود ۱۰۲ متر و عمق ۲۶ متر منطقه وسیعی را در بر گرفت. در این رابطه وقوع تعداد زیادی فروچاله در نواحی صنعتی و مسکونی نیز باعث تخریب تأسیسات زیر بنایی و ساختمان های مسکونی گردیده است به عنوان نمونه، شکل ۱-۱ و ۱-۲ نشانگر وقوع چند فروچاله در محوطه ایستگاه و راه آهن جنوب بیرمنگام آلاباما در سال ۲۰۰۰ است (نیوتن ۱۹۸۴).

²Beck&.Sinclair

² Calera

³Shelby Country

⁴ December Giant



شکل ۱-۱ و ۲-۱ فروچاله های های به وقوع پیوسته در محوطه ایستگاه راه آهن در جنوب منطقه بیرمنگام ایالت آلاباما در سال ۲۰۰۰-
عکس از U.s Geological Survey, Alabama 35401

در اروپا در نواحی جنوب شرقی انگلستان در منطقه نورویچ نیز به لحاظ شرایط زیر سطحی و گسترش طبقات آهکی دانه ظریف^۱ و قرار گرفتن یک پوشش آبرفتی یخچالی^۲ بر روی آن وقوع

^۱ Chalk Formation
^۲ Glacier Deposits

چندین مورد فروچاله گزارش شده است. همچنین تعدادی فروچاله در ابعاد مختلف در ناحیه جنوب ویلز گزارش گردیده است (فوکس^۱ ۱۹۸۸).

شائوژای^۲ (با ابعاد حیرت انگیز ۶۶۲ متر عمق (در عمیق‌ترین نقطه) و ۶۲۶ متر طول دهانه و ۵۳۷ متر عرض دهانه، لقب بزرگترین فروچاله جهان را گرفته است. این فروچاله در کشور چین و در ۳۰ کیلومتری جنوب فنجی^۳ قرار دارد. در حقیقت «شائوژای» از دیرباز برای افراد بومی شناخته شده بود ولی در سال ۱۹۹۴ و در جریان جستجوی یک سایت اکتشافی برای غارنوردان بریتانیایی در "پروژه غارهای چین" بطور علمی کشف و بررسی شد. شکل‌گیری شائوژای مربوط به بیش از ۱۲۸۰۰۰ سال پیش است، که در زمانی طولانی بصورت یک فضای خالی در زیر زمین بوده و به مرور زمان، سقف این غار عظیم فرو ریخته است.



شکل ۱-۳ و ۱-۴ شائوژای، بزرگترین فروچاله جهان واقع در چین
(عکس برگرفته از سایت iran cave)

در نواحی مختلف کشور آفریقای جنوبی در پروتاریا و ترانسوال وقوع پدیده فروچاله به لحاظ شرایط زمین‌شناسی منطقه و گسترش آهک‌های دولومیتی پرکامبرین گزارش گردیده است.

¹ Fookes
² Xiaozhai
³ Fengjie