تعیین موقعیت احتمالی غارهای پنهان در دشت کرمان- باغین با استفاده از معیارهای هیدروژئوشیمیایی

احمد عباس‌نژاد: دانشگاه شهید باهنر کرمان

تاریخ: دریافت ۸۸/۸/۱۲ **پذیرش** ۸۹/۳/۳

چکیده

بر اساس پژوهش‌های قبلی انجام شده، فروچاله‌های اختیارآباد و چاه دریای رفسنجان در اثر انحلال گچ‌های زیرزمینی در منطقه کرمان- رفسنجان تشکیل شده‌اند و حاکی از وجود غارهای پنهان در منطقه هستند که به‌عنوان یک تهدید بالقوه محسوب می‌شوند. سازندهای گچی و اشکال انحلالی موجود در سطح آن‌ها مؤید وجود کارست‌های گچی است. از این رو، در این پژوهش با تهیه نقشه‌های هدایت الکتریکی و نمایه انحلال سنگ‌های تبخیری و انطباق آن‌ها با شرایط تغذیه و تحرک آب‌های زیرزمینی، چهار محدودهٔ به‌عنوان محل‌های مشکوک به‌وجود غار زیرزمینی شناسایی شدند که محدودهٔ اطراف روستای اختیارآباد به احتمال قریب به‌یقین حاوی غارهای پنهان است. در یک محل واقع در شمال روستای رباط نیز احتمال وجود غار وجود دارد. در دو محل دیگر (جنوب باغین و جنوب و جنوب باختری کبوترخان) نیز به لحاظ معیارهای هیدروژئوشیمیایی به‌کار گرفته شده ممکن است غار وجود داشته باشد، ولی به دلیل نامساعد بودن شرایط هیدرودینامیکی، این احتمال ضعیف به‌نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: کارست گچی، غار، فروچاله، دشت کرمان- باغین

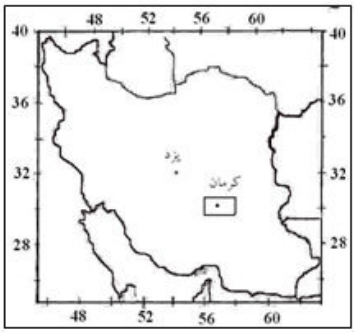
مقدمه

دشت کرمان- باغین در جنوب خاوری ایران، در محدوده‌ای به طول جغرافیایی ۲۰َ و۵۶° تا ۲۵َ و۵۷° خاوری و عرض جغرافیایی۳۰° تا ۲۸َ و۳۰° شمالی واقع شده (شکل۱) و حدود ۲۷۰۰

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.1.5.3]

کیلومترمربع وسعت دارد. ارتفاع متوسط این دشت ۱۷۵۰ متر بوده و شیب آرامی از جنوب و جنوب خاوری به سمت شمال و شمال باختری دارد. به‌طوری که ارتفاع آن از حدود ۲۰۰۰ متر در حوالی ماهان و جوپار به حدود ۱٦۵۰ متر در کبوترخان کاهش می‌یابد. این دشت توسط رشته کوه‌های مختلفی احاطه شده است (شکل۲). بر اساس آمار ۱۰ ساله (۱۳۷٤ تا ۱۳۸٤) متوسط دما وبارندگی ایستگاه سینوپتیک کرمان به ترتیب ۱٦/۵°C و۱۰٤/۳ میلی‌متر است و دارای آب و هوای خشک و بیابانی است[۱].

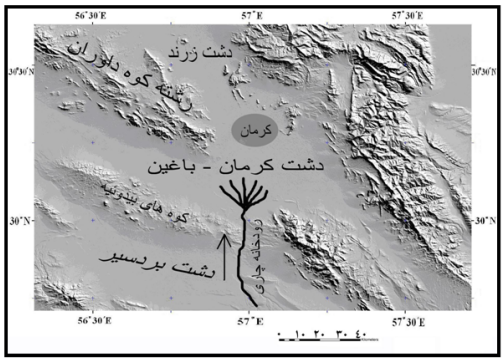


شکل۱. موقعیت دشت کرمان- باغین در ایران

دشت کرمان- باغین یکی از پرجمعیت‌ترین و توسعه یافته‌ترین دشت‌های استان کرمان محسوب می‌شود. علاوه بر شهر کرمان، با جمعیت حدود ٦۰۰.۰۰۰ نفر، ماهان، جوپار و باغین و همچنین روستاهای زیادی درآن قرار دارند. کارخانجات متعدد نظیر سه کارخانه سیمان، کارخانه روغن نباتی گلناز، شیر پاستوریزه، صنایع آزبست کرمانیت، موکت ترمه، لاستیک بارز، مجتمع صنایع جنبی مس، نیروگاه باغین و نیز شهرک‌های صنعتی۱و۲ کرمان نیز از توسعه یافتگی آن حکایت دارند [۲]. با توجه به کاربری‌های فوق، در صورت وجود غارهای زیرزمینی و ریزش سقف آن‌ها، ممکن است آسیب چشم‌گیر اقتصادی و حتی جانی وارد شود. از آن‌جا که با رخداد یک فروچاله در سال ۱۳۷۸ در نزدیکی روستای اختیارآباد، احتمال وجود این نوع غارها مطرح است، از همین رو، تعیین موقعیت آن‌ها اهمیت دارد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.1.5.3]



شکل۲. نقشه DEM دشت کرمان- باغین و کوه‌های اطراف

روش‌های مختلفی برای اکتشاف غارهای پنهان استفاده شده‌اند. ساده‌ترین آن‌ها استفاده از عکس‌های هوایی است، بدین ترتیب که محدوده‌های دارای پوشش گیاهی ضعیف‌تر و شرایط زه‌کشی متفاوت شناسایی شوند. این ناهنجاری‌ها می‌توانند محل غارهای پنهان باشند. در عین حال، ممکن است محدوده‌های وجود غارهای پنهان، به علت تفاوت در میزان رطوبت، دارای درجه حرارت متفاوت از اطراف بوده و با استفاده از تصاویر مادون قرمز نیز کشف شوند [۳]، [٤].

بسیاری از روش‌های ژئوفیزیکی به صورت بالقوه برای اکتشاف غارها قابل استفاده هستند. امکان اکتشاف غارهای بزرگ‌تر و نزدیک به سطح زمین بیش‌تر است، در عین حال که جنس سنگ در برگیرنده و ماده پرکننده غار هم اهمیت دارند. زیرا ممکن است غارها به‌طور کامل یا ناقص از هوا، آب، مواد ریزشی و یا ترکیبی از آن‌ها پر شده باشند.

گاهی حساسیت مغناطیسی مواد دیواره با محیط غار متفاوت بوده و از طریق روش‌های ژئومغناطیسی کشف می‌شوند [۵]. همچنین، هر دو روش بازتاب و شکست امواج لرزه‌ای برای شناسایی حفره‌های زیرزمینی به‌کارگرفته شده‌اند و حتی از موج ریلی نیز برای این منظور استفاده شده است [٦]، [۷]. روش مقاومت سنجی به‌طور وسیعی برای اکتشاف حفره‌های زیر زمینی به‌کار رفته است [٦]، [۸]. علاوه بر این، روش ریزگرانی سنجی[۱] نیز قابل کاربرد است. عیب آن کند بودن سرعت پیشرفت کار و ضرورت نقشه‌برداری بسیار دقیق است[٦]. نمونه‌ای

۱. microgravimetry

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.1.5.3]

از آن، پژوهش‌های فایکلویکز [۹] برای اکتشاف غارهای آهکی در حوالی شهر اینوروکلاو[۱] در کشور لهستان است.

روش رادار زمینی(GPR) یکی از جدیدترین و موفق‌ترین روش‌های ژئوفیزیکی برای اکتشاف غارهای پنهان معرفی شده است[۱۰]. در آن از تاباندن امواج میکروویو به داخل زمین و ثبت بـازتاب آن‌ها استفاده می‌شود. نلسون و هیگ[۱۱] از روش الکترومگنتیک برای شناسایی حفره‌های پنهان در استرالیا استفاده کرده و اگیلوی و همکاران [۱۲] روش VLF را برای شناسایی گالری‌های زیرزمینی در نزدیکی مادرید به‌کار گرفته‌اند. عباس‌نژاد و حسن‌زاده [۱۳] نیز روش‌های مقاومت‌سنجی و لرزه‌نگاری را بـرای اکتشاف غارهای احتمالی در منطقه اختیارآبـاد کرمان پیشنهاد کرده‌اند.

از روش‌های ژئوفیزیکی زیرسطحی، نظیر لرزه‌نگاری چاه به‌چاه، لرزه‌نگاری چاه به سطح، الکترومگنتیک چاه به‌چاه، رادار VLF چاهی، مقاومت سنجی چاه به‌چاه و گرانی سنجی چاهی برای اکتشاف غارها استفاده شده است [٦]، [١٤]، [١٥]. میلانوویچ [١٦] نیز روش‌های ژئوفیزیکی اکتشاف حفره‌های کارستی را توضیح داده است. در عین حال که فورد و ویلیامز [۱۷] روش‌های ژئوفیزیکی متفاوتی را برای انواع پدیده‌های کارستی (غار و تونل) بر اساس اندازه‌های مختلف آن‌ها پیشنهاد کرده‌اند. یکی دیگر از روش‌های اکتشاف غارهای زیرزمینی حفاری است که بعضی پژوهندگان [۸]، [١٤]، [١٥] بررسی کرده‌اند.

از جمله روش‌هایی که به‌ندرت برای اکتشاف حفره‌های زیرزمینی به‌کار گرفته شده بررسی هیدروژئوشیمیایی آب‌های زیرزمینی است که در این مقاله برای شناسایی موقعیت احتمالی غارهای دشت کرمان- باغین استفاده می‌شود. مزیتش ارزان بودن آن نسبت به سایر روش‌ها است، ولی در عوض این روش موقعیت محل‌های مشکوک را به دست می‌دهد که با حفاری قطعیت وجود غارها روشن می‌شود. روش‌های مختلف کشف غارهای زیرزمینی توسط بک و پیرسون [۱۸] معرفی شده‌اند.

زمین شناسی

بر اساس تقسیم‌بندی نبوی [۱۹] دشت کرمان- باغین در واحد ایران مرکزی قرار دارد. در کوهستان‌های مشـرف به آن واحـدهای سنگی و سـازندهای مختلفی از اینفراکامبرین تا عهـد

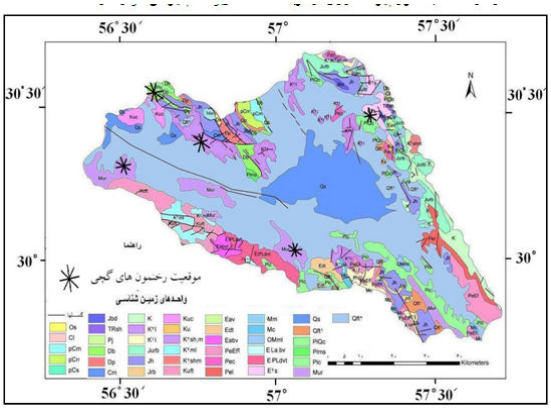
۱. Inowroclow

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.1.5.3]

حاضر شناسایی شده‌اند. قدیمی‌ترین آن‌ها سری مراد است. واحدهای مختلف سنگی پالئوزوئیک نیز در منطقه رخ‌نمون دارند. رخساره کلی آن‌ها ماسه سنگ، شیل، دولومیت و سنگ آهک است (شکل۳ و جدول۱). سازندهای مزوزوئیک، به ویژه کرتاسه و ژوراسیک در اطراف دشت گسترش زیادی دارند. رسوبات کرتاسه زیرین و بالایی نیز به وفور وجود دارند، به‌طوری که بسیاری از کوهستان‌های مرتفع اطراف دشت از نوع آهک‌های کرتاسه هستند.

سنگ‌های پالئوژن شامل رسوبات پالئوسن و سنگ‌های عمدتاً آتشفشانی هستند [۲۰]، [۲۱]. میوسن رخساره سرخ لایه[1] و تبخیری دارد. رسوبات پلیوسن نیز در کوهپایه‌های اطراف دشت به چشم می‌خورند (شکل۳). در این منطقه، کواترنر از کنگلومرای با سیمان ضعیف (به سن پلیو- کواترنر)، پادگانه‌های رودخانه‌ای، رس‌های کفه‌ای و آبرفت‌های جدید تشکیل شده است و در دشت به طور پیوسته روی رسوبات عمدتاً ریزدانه پلیوسن قرار دارد.



شکل ۳. نقشه زمین شناسی منطقه (راهنمای علائم در جدول ۱ ارائه شده است)

۱. red bed

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.1.5.3]

بر اساس شواهد موجود، واحد اساسی تشکیل کوه‌های منطقه گسل‌های راست‌گرد فشاری هستند که با ایجاد ساخت گلواره مثبت[1] باعث بالا رفتن واحدهای سنگی در اطراف این گسل‌ها شده‌اند، به‌طوری‌که بلوک‌های بین آن‌ها خود را به شکل دشت نشان می‌دهند.

به‌طور کلی چند واحد گچ (به مقدار کم تا چشم‌گیر) در ستون چینه‌شناسی این منطقه به چشم می‌خورند که عبارتند از سری دزو (کامبرین زیرین)، سازند نایبند(تریاس بالا)، سازند بیدو (ژوراسیک بالا-کرتاسه زیرین)، کرتاسه زیرین، میوسن و پلیوسن که از این میان، بر اساس شواهد موجود لایه‌های گچی میوسن در بعضی نقاط با ضخامت زیاد در زیر رسوبات پلیو- کواترنر دشت کرمان- باغین و کوه داوران حضور دارند. برای اطلاع بیش‌تر در بارهٔ زمین‌شناسی این منطقه به منابع [۲۰]-[۲۶] مراجعه شود.

جدول ۱. راهنمای علائم به‌کار برده شده در نقشهٔ زمین‌شناسی(شکل۲). سازندهای داری گچ با علامت* مشخص شده‌اند.

علامت	سن	لیتولوژی	علامت	سن	لیتولوژی
Qft_2	کواترنر جدید	آبرفت جدید	$K_2^{sh,m}$	کرتاسه	شیل آهکی و ماسه سنگ
Qs	کواترنر جدید	ماسهٔ بادی	K_2^{ml}	کرتاسه	مارن، شیل و سنگ آهک
Qft_1	کواترنر قدیم	آبرفت قدیمی	K_2^{shm}	کرتاسه	مارن و آهک مارنی
Ploc	*پلیوسن	کنگلومرای سست	Kuft	کرتاسه	فلیش
Plms	پلیوسن	رس سنگ، گچ و ماسه سنگ	K	کرتاسه	آهک ریفی
Plc	پلیوسن	کنگلومرا و ماسه سنگ سست	K_2l	کرتاسه	سنگ آهک هیپوریت‌دار
Mur	*میوسن	مارن، ماسه سنگ، کنگلومرا و گچ (سازند قرمز بالایی)	K_1l	*کرتاسه	سنگ آهک اربیتولین‌دار و کمی گچ
Mm	*میوسن	مارن و ماسه سنگ گچی	Jurb	*ژوراسیک	مارن، آهک مارنی و کمی گچ
Mc	میوسن	کنگلومرای قرمز و ماسه سنگ	Jh	ژوراسیک	شیل و کمی ماسه سنگ
OMml	الیگومیوسن	ماسه سنگ، مارن، رس سنگ و کنگومرا	Jrb	ژوراسیک	سنگ آهک
Ela.bv	ائوسن	گذازه‌های آندزیتی و بازالتی	Jbd	ژوراسیک	سنگ آهک، ماسه سنگ و شیل
Epldu	ائوسن	آندزیت، بازالت و پیروکلاستیک	TRsh	تریاس	دلومیت

۱. positive flower

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.1.5.3]

E_2s	ائوسن	کنگلومرا، ماسه سنگ و سیلت سنگ	Pj	پرمین	سنگ آهک و دلومیت (سازند جمال)
Eav	ائوسن	کنگلومرای درشت دانه حاوی قطعات آتشفشانی	Db	دونین	سنگ آهک و کمی دلومیت
Edt	ائوسن	گدازه‌های آندزیتی، آگلومرا و توف	Dp	دونین	سنگ آهک
Eabvt	ائوسن	آندزیت و پیروکلاستیک	Cm	سیلورین	ماسه سنگ، دلومیت و شیل
PeEf	پالئوسن -ائوسن	ماسه سنگ، شیل، آهک و سنگ‌های آتشفشانی	Os	اردویسین	مرمر
Pec	پالئوسن	کنگلومرای کرمان	Cl	*کامبرین	ماسه سنگ و گچ
Pel	پالئوسن	سنگ آهک	Pcm	اینفراکامبرین	گرانیت پرفیری
Kuc	کرتاسه	کنگلومرا	Pcrr	اینفراکامبرین	ریولیت، توف، ماسه سنگ و مارن
Ku	کرتاسه	سنگ‌های کرتاسه فوقانی(عمدتاً آهک)	Pcs	اینفراکامبرین	ماسه سنگ و سیلت سنگ (سری مراد)

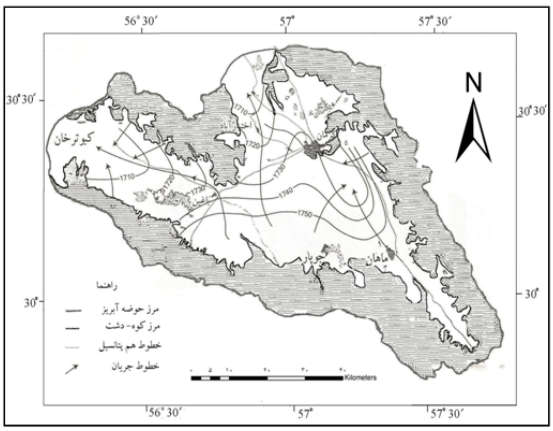
هیدروژئولوژی

سفره آب زیرزمینی دشت کرمان که محققان متعددی بررسی کرده‌اند [۲۷] تا [۳۹] از رسوبات آبرفتی پلیو-کواترنر تشکیل شده است. قاجار [۲۵] و مهندسان مشاور راکشاب [۳۲] سنگ کف دشت کرمان را لایه‌های مارنی میوسن حاوی گچ و نمک در نظر گرفته‌اند. در مجموع بخش‌های جنوب خاوری دشت کرمان از آبرفت‌های درشت‌دانه مخروط افکنه‌ای با نفوذپذیری بالا تشکیل شده‌اندکه به سمت مرکز دشت به آرامی جای خود را به ماسه، سیلت و رس می‌دهند. در دشت باغین، رسوبات پلیوسن بیش‌تر ریزدانه هستند، ولی رسوبات کواترنر در حاشیه از آبرفت درشت و در بخش میانی از آبرفت ریزدانه تشکیل شده‌اند. ضخامت رسوبات پلیو- کواترنر ۱۰۰ تا ۱۵۰ متر است.

در شکل ٤ نقشه هم پتانسیل سفرهٔ آب زیرزمینی ارائه شده است. بر اساس آن، ارتفاعات جنوب دشت و نیز مخروط افکنه رودخانه چاری نقش اصلی را در تغذیهٔ آن برعهده دارند.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.1.5.3]



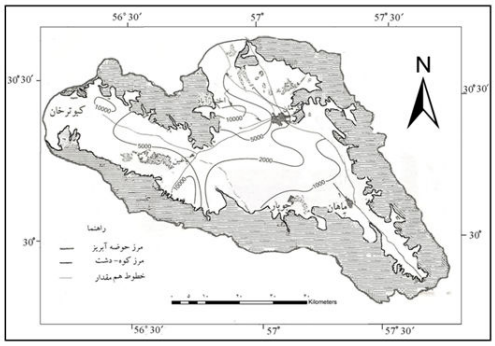
شکل ٤. نقشهٔ هم پتانسیل سفره آب زیرزمینی دشت کرمان- باغین
(مقادیر بر حسب متر- ارتفاع)

کوه‌های خاور دشت نیز نقش متوسطی دارند. میزان تغذیه از کوهستان‌های داوران و بیدوئیه (به ترتیب در جنوب وشمال دشت باغین) کم‌تراست، زیرا از ارتفاع و پهنای کم‌تری برخوردارند. بخشی از آب‌های زیرزمینی که از جنوب دشت وارد می‌شوند به سمت محور شهر کرمان-اختیارآباد حرکت کرده و در این مسیر به‌وسیله چاه‌های فراوان استخراج می‌شوند. مقدار چشم‌گیری از تغذیه که توسط رودخانه چاری صورت می‌گیرد به سمت دشت باغین جریان می‌یابد. به تبعیت از جهت حرکت آب زیرزمینی، میزان املاح از جنوب و جنوب خاوری به سمت شمال، شمال باختری و انتهای دشت باغین افزایش می‌یابد. آهنگ افزایش املاح در ابتدا کند و آرام است، ولی با نزدیک شدن به مناطقی نظیر محور کرمان-اختیارآباد که میزان گچ و نمک در رسوبات زیاد است به شدت افزایش می‌یابد. از همینرو، هدایت الکتریکی آب زیرزمینی از حدود ۱۰۰۰ میکروموس و کم‌تر در جنوب دشت به بیش از ۱۳۰۰۰ در

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.1.5.3]

اطراف اختیارآباد می‌رسد(شکل۵). هدایت الکتریکی در دشت باغین به‌طور عمده در حد ۵۰۰۰-۳۰۰۰ میکروموس برسانتی‌متر تغییر می‌کند.

میزان برداشت از سفره آب زیرزمینی دشت کرمان-باغین بیش از میزان تغذیه است، به طوری‌که میانگین افت در ۱٦ سال گذشته ۸٦ سانتی‌متر در سال (شکل ٦) بوده است [۱]. این موضوع تأثیر تشدیدکننده بر انحلال سنگ‌های تبخیری و احتمال ریزش سقف غارهای پنهان در این منطقه دارد. به‌عنوان مثال، تأثیر انسان بر افزایش سرعت انحلال کارست گچی در کشور لیتوانی به اثبات رسیده است [٤۰].



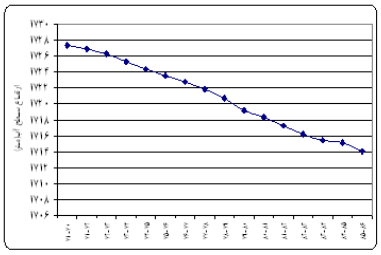
شکل ۵. نقشه هدایت الکتریکی سفره آب زیرزمینی دشت کرمان- باغین (مقادیر بر حسب میکروموس بر سانتی‌متر

کارست در منطقه

منطقهٔ بررسی شده از اواخر کرتاسه در اثر فاز چین خوردگی لارامید شروع به خارج شدن از آب کرد و در پالئوسن تنها بخش‌هایی از آن تا حدی در زیر دریای کم عمق قرار داشتند.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.1.5.3]



شکل ٦. هیدروگراف واحد ١٦ ساله دشت کرمان- باغین

چین‌خودگی و بالا آمدن کوه‌ها در میوسن شدت گرفت و از این زمان دشت کرمان- باغین شروع به شکل‌گیری نمود. در این زمان مرکز آن به صورت نمک‌زاری در محل فعلی کوهستان داوران (حد فاصل کارخانه سیمان کرمان تا شمال دشت رفسنجان) قرار داشت که در آن رسوبات ریزدانه و تبخیری نهشته می‌شد. در پلیوسن باز هم ارتفاع کوه‌ها زیاد شد، در عین حال که با بالا آمدن تدریجی کوهستان داوران، بخش عمدهٔ گچ و نمک‌ها دچار فرسایش شدند، ولی قسمت‌هایی از آن‌ها در داخل این کوهستان حفظ شدند که به‌عنوان مثال به صورت معدن گچ استخروئیه وگچ‌های حوالی روستای ارجاس دیده می‌شوند. ولی بخش‌هایی از سنگ‌های تبخیری که در حاشیه قرار داشته‌اند، در زیر رسوبات جدیدتر ناشی از فرسایش کوهستان در حال رشد مدفون شدند. هرجا که این تبخیری‌های پنهان با دخالت انسان و یا بدون دخالت انسان در تماس با آب‌های زیرزمینی قرار گرفته‌اند، حل شده وغارهای زیرزمینی را تشکیل داده‌اند.

عوارض کارستی منطقهٔ بررسی شده شامل کارست آهکی در کوه مسجد صاحب‌الزمان کرمان، رانل‌های انحلالی[1] سطح گچ‌های معدن استخروئیه و دو فـروچاله (به نـام‌های چاله اختیارآبـاد و چاه دریـــا) هستند. بررسی آن‌ها از نظر تعیین منشأ و نحوه اکتشاف غارهای پنهان ضروری است.

۱. Solution runnels

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.1.5.3]

الف) کارست آهکی در کوه مسجد صاحب الزمان

در کوه مسجد صاحب‌الزمان، واقع در مجاورت شهر کرمان با مختصات ´۱۰ و °۵۷ طول شرقی و ´۱۷ و°۳۰ عرض شمالی، در سنگ آهک‌های کرتاسه فوقانی حفره‌های انحلالی، تعدادی مجرای انحلالی و یک ساخت ریزشی (احتمالاً معرف ریزش سقف یک غار) در محدودهٔ یک زون گسلی دیده می‌شوند. این اشکال تنها در همین محل در سنگ آهک‌های کرتاسه وجود دارند و اصولاً سنگ‌های آهکی سایر مناطق اطراف دشت کرمان به صورت صخره‌های مرتفع فاقد اشکال انحلالی دیده می‌شوند. عوارض فوق در حال حاضر فعال نبوده و کارست دیرینه[۱] هستند. آن‌ها احتمالاً در محدودهٔ زمانی ائوسن تاپلیوسن ایجاد شده‌اند.
همچنین، به علت وجود یک گسل و نفوذ تعدادی دایک انحلال موضعی صورت گرفته است. نتیجهٔ کلی این است که کارست آهکی فعال در این منطقه وجود ندارد، زیرا که کمبود رطوبت و کمبود CO_2 در خاک و سنگ، و خروج سریع آب از محیط و تبخیر آن، مجموعاً باعث می‌شوند که تشکیل کارست آهکی در مناطق خشک بسیار ضعیف باشد [۱۷].

ب) رانل‌های انحلالی معدن گچ استخروئیه

معدن غیرفعال گچ استخروئیه در ۲۰ کیلومتری باختر اختیارآباد قرار دارد. در سطوح پرشیب آن رانل‌های انحلالی به صورت شیارهای u شکل به طول تا ده‌ها متر و پهنا و عمق ۱-۰/۵ متر دیده می‌شوند. این رانل‌ها معرف عوارض سطحی کارست گچی در این منطقه هستند.

ج) فروچاله اختیارآباد

در دهم تیرماه سال ۱۳۷۷ به ناگهان و به‌طور غیرمنتظره بخشی از زمین در یک باغ پسته در ١٤ کیلومتری شمال باختری شهر کرمان (حدود ٤۰۰ متری روستای اختیارآباد) فروکش کرد (شکل۷). تا به حال گزارش‌ها و مقاله‌های متعددی در بارهٔ آن نوشته شده است [١٤] تا [۵۰]. نحوه تشکیل این فروچاله به لحاظ بررسی خطر غارهای زیرزمینی در منطقه و نحوهٔ اکتشاف آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ناظم زاده شعاعی [۵۱] تشکیل آن را به علت انحلال

۱. paleokarst

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.1.5.3]

سنگ‌های تبخیری اعلام و افت سطح آب‌های زیرزمینی را در رمبش سقف غار و تشکیل حفره مؤثر دانسته است. نیکدل [۵۰]، عطاپور [٤٦] و عطاپور و آفتابی [٤٧]، [٤٩] این حفره را ناشی از انحلال سنگ آهک در نظر گرفته‌اند. پدرامی و انصاری [٤٤] فرسایش و حمل ماسه‌های ریزدانه به سمت بخش‌های تحتانی دشت اختیارآباد- زرند را عامل تشکیل آن اعلام نموده‌اند. البته این نظریه قابل توجیه نبوده و پدرامی و انصاری [٤١] نیز برای آن توجیهی ارائه نکرده‌اند. ناظم‌زاده شعاعی [٤٨] دلایل مردود بودن آن را اعلام کرده است. در عین حال، شایعاتی در بارهٔ این‌که ریزش آن مربوط به قنات است نیز مطرح شده که به علت نبود قنات در آن محل و نیز بزرگ بودن این فروچاله، غیرمحتمل است. همچنین، عباس‌نژاد [٤٤]، [٤٥] پس از بررسی‌های زمین‌شناسی و هیدروژئولوژی و نیز تجزیه و تحلیل ترکیب شیمیایی نمونه‌های آب منطقه، ثابت کرد که ایجاد این فروچاله ناشی از انحلال سنگ‌های تبخیری (عمدتاً گچ) در این محل است.

سن گچ‌ها میوسن تصور شده است. به عقیده نامبرده به علت وجود گسل اختیارآباد در محل کوه و دشت، آب‌های زیرزمینی ورودی از کوهستان مجاور توانسته‌اند با گچ‌ها تماس یابند. نقش انسان در ایجاد این پدیده محرز بوده است، زیرا که برداشت آب در طی ده‌ها سال و افزایش گرادیان هیدرولیک، کمک به تقویت یورش آب به داخل سنگ گچ و انحلال آن کرده است. همچنین، با افت سطح آب‌های زیرزمینی به میزان حدود ۲۰ متر (ناشی از اضافه برداشت توسط چاه‌ها) امکان ریزش سقف غار تقویت شده است.

د) چاه دریای رفسنجان

در فاصلهٔ ۲۳ کیلومتری شمال شهر رفسنجان و ٦ کیلومتری جنوب باختری روستای اودرج در دشت رفسنجان نیز یک فروچاله وجود دارد که به چاه دریا معروف است (شکل۸). اگر چه این فروچاله در خارج از دشت کرمان-باغین قرار دارد، ولی فاصلهٔ آن از دشت باغین تنها حدود ۳۰ کیلومتر است و در عین حال به لحاظ زمین‌شناختی مشابه با فروچاله اختیارآباد در حاشیه کوهستان داوران قرار دارد. از همین رو، مطالعه آن برای بررسی نحوهٔ تشکیل و موقعیت احتمالی غارهای زیرزمینی منطقه مفید است. این چاله در جایی رخ داده که رسوبات

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.1.5.3]

حاشیهٔ دشت از جنس آبرفت‌های درشت مخروط افکنه‌ای‌اند. چاه دریا یک حفره فروکش قدیمی است و بشر ناظر بر ایجاد آن نبوده است. اولین توصیف از آن را احمدعلی خان‌وزیری [۵۲] در سال ۱۲۹۱ هجری انجام داده است. این فروچاله از نوع قیف دوگانه بزرگ است، به‌طوری‌که قیف سطحی آن عادی و قیف زیرین وارونه است. قطر آن در سطح ٤۰ متر و در عمق ۱۷ متری حدود ۱۳ متر برآورد می‌شود. علت دوقیفی بودن آن وجود یک لایهٔ کنگلومرایی سخت در محدودهٔ عمقی حدود۲۰-۱۵ متری آن است، جنس لایه‌های دیواره آن آبرفت‌های ریز و درشت و کمی ماسه بادی است.

شکل ۷. تصویر فروچاله اختیار آباد

شکل ۸ . تصویر فروچاله چاه دریا

اگرچه تشکیل این فروچاله نیز در ابتدا به انحلال سنگ آهک نسبت داده شد [۵۳]، [٥٤]، [۵۵] ولی عباس‌نژاد [٥٦] با بررسی هیدروژئوشیمیایی آب‌های زیرزمینی اطراف آن و محاسبه نمایه اشباع شدگی[۱] آن‌ها نسبت به گچ و کربنات کلسیم (کلسیت) نتیجه گرفت که آب‌ها نسبت به کلسیت بسیار تحت اشباع بوده، ولی نسبت به گچ تنها اندکی تحت اشباع هستند (به عبارت دیگر مقدار چشم‌گیری گچ در خود حل کرده‌اند). از همین رو، در اثـرانحلال گچ‌هایی که در لابلای سنگ بستر نئوژنی دشت وجود دارند، ایجـاد شده است. در عین حال، براساس پژوهش‌های آب‌شنـاسی انجـام شده [۵۷]، در این منطقه نیز جـریان آب زیرزمینی مؤثری از کوهستـان داوران وارد دشت رفسنجـان می‌شود و در حاشیه دشت، در حین بالا آمدن از سنگ کف، با لایه‌های گچی تماس یافته وآن‌ها را حل می‌کند.

۱. Saturation Index

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.1.5.3]

در مجموع به‌نظر می‌رسد که این باور عمومی در میان کارشناسان که پدیده‌های کارستی فقط ناشی از انحلال سنگ آهک است، باعث شده که فرو چاله‌های منطقه در ابتدا به انحلال سنگ آهک نسبت داده شوند، در حالی که تشکیل فروچاله در اثر کارست‌های گچی نیز یک پدیده رایج است. آلن [۵۸] و وارن [۵۹] مثال‌هایی در این زمینه ارائه کرده‌اند. کارست‌های گچی و نمکی را وایت [٦۰] تشریح کرده‌اند. به عقیده آتکینسون [٦۱] بعضی از بزرگ‌ترین غارهای دنیا در سنگ‌های گچی قرار دارند. غارهای گچی در مقایسه با غارهای آهکی خیلی سریع بزرگ می‌شوند، زیرا که هم قابلیت انحلال و هم سرعت انحلال گچ خیلی بیش‌تر است [٦۰].

اگرچه مسائل و مشکلات فنی- زیست محیطی ناشی از غارهای تبخیری تفاوت شدیدی با غارهای آهکی ندارند و شامل آسیب به سازه‌ها وانتقال سریع آلاینده‌ها هستند، ولی جانسون و نیل [٦۲] مسائل مهندسی و زیست محیطی ناشی از کارست‌های تبخیری را شرح داده‌اند.

تعیین موقعیت احتمالی غارهای منطقه

به منظور تعیین موقعیت احتمالی غارهای پنهان دردشت کرمان- باغین تعداد ۱٤۲ نمونه آب از چاه‌های سراسر دشت برداشته و غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی و مقدار EC آن‌ها سنجیده شد (جدول۲). البته به علت محدودیت، در جدول ۲ تنها مشخصات تعدادی از نمونه‌های برداشت شده ارائه شده است. نمونه‌برداری از چاه‌های بهره‌برداری در حال پمپاژ و در ظروف ۱/۵ لیتری صورت گرفت. ظروف قبل از نمونه‌برداری سه مرتبه با آب مورد نظر شسته شدند. بی‌کربنات نمونه‌ها با روش تیتراسیون، سولفات و کلر با روش کروماتوگرافی و کاتیون‌ها با روش فوتومتری شعله سنجیده شدند.

براساس آن‌چه که در بارهٔ زمین‌شناسی و علائم کارستی در این منطقه ذکر شد، این نتیجه حاصل می‌شود که سنگ‌های گچی نئوژن به‌طور پراکنده در زیر آبرفت‌های جوان منطقه قرار دارند و هر جا که شرایط زمین‌شناسی امکان تماس آب‌های زیرزمینی را فراهم نموده و نیز هجوم آب‌های زیرزمینی (تغذیه از کوهستان) وجود داشته باشد، آن‌ها حل شده وغارهای

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.1.5.3]

زیرزمینی به وجود می‌آیند. نتیجه دیگری که حاصل شد این است که با توجه به پژوهش‌های عباس‌نژاد [٤٤]، [٤٥]، [٥٦] می‌توان با معیارهای هیدروژئوشیمیایی، نظیر بالابودن نمایه اشباع‌شدگی آب‌ها نسبت به کلسیت و ژیپس، بالابودن EC و بالا بودن نمایه انحلال سنگ‌های تبخیری موقعیت محدوده‌های در حال انحلال را مشخص ساخت. بدیهی است که برای این که انحلال در حد چشم‌گیری صورت گیرد باید جریان قوی آب زیرزمینی در سنگ‌ها برقرار باشد، به عبارت دیگر با شرایط ورود و عبور چشم‌گیر آب سروکار داشته باشیم [٤]. البته از آن‌جا که نمایه انحلال سنگ‌های تبخیری همراه با نقشه‌های هم پتانسیل و EC می‌توانند با دقت قابل قبول موقعیت محدوده‌های در حال انحلال را نشان دهند، در این پژوهش نمایهٔ اشباع‌شدگی آب‌ها نسبت به کلسیت و ژیپس استفاده نشد در عین حال خاطر نشان می‌سازد که نمـــایه انحلال سنگ‌های تبخیری به صورت $\frac{Cl^- + SO_4^{2-}}{HCO_3^-}$ در نظر گرفته می‌شود که چنان‌چه سنگ تبخیری در آب حل شده باشد، به علت بالا رفتن مقادیر در صورت کسر، رقم نمایه هم افزایش می‌یابد. در ضمن در رابطه بالا مقادیر برحسب میلی‌اکی والان است. در این منطقه هر جا که آب زیـرزمینی با سنگ‌های آهکی در تماس بـــاشد مقدار آن کم‌تر از ۱ و در مناطقی که انحلال سنگ‌های تبخیری نسبتاً خالص در حال انجام باشد معمولاً مقدار آن بیش از حدود ۲۰ است. با توجه به نقشه‌های هم پتانسیل(شکل٤)، هدایت الکتریکی(شکل٥) و مقدار نمایه انحلال سنگ‌های تبخیری (شکل ۹) در مجموع چهار محدودهٔ مشکوک به وجود غار زیرزمینی در منطقه مشخص شده (شکل ۹) که لازم است در بارهٔ هر یک توضیحاتی ارائه شود.

به علت بالا بودن EC و نمایه انحلال سنگ‌های تبخیری و وجود جریان قوی آب زیرزمینی از کوه به دشت، احتمال وجود غار در جنوب و نیز جنوب باختری اختیارآباد زیاد است. در عین حال که احتمال توسعهٔ آن‌ها به سمت شهرک هوانیروز و قسمت‌هایی از فرودگاه کرمان نیز منتفی نیست. از همین رو، اگر این غارها به‌طور دقیق شناسایی نشده و اقدامی برای رفع خطر آن‌ها صورت نگیرد ممکن است در اثر ریزش سقف آن‌ها، به روستای اختیارآباد، جاده آسفالته کرمان-اختیارآباد، شهرک هوانیروز و بخش‌های شمالی فرودگاه کرمان آسیب وارد شود. بعضی از چاه‌های حفرشده در این محدوده به غـارهای زیرزمینی برخورد

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.1.5.3]

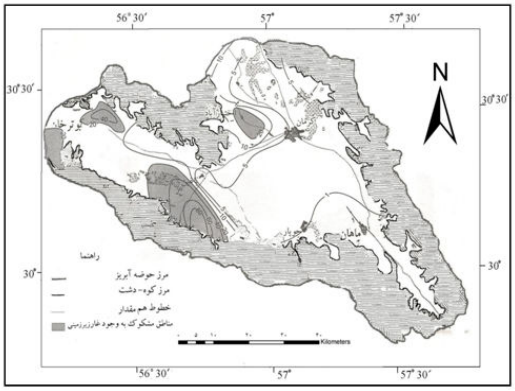
کرده‌اند [۵۰]. بـر اساس نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی، به‌نظر می‌رسد لایه‌های گچ به سمت شهرک هوانیروز ناخالص شده و سرعت انحلال آن‌ها کاهش می‌یابد. در هر حال، در اینجا نیز اگر برداشت از آب‌های زیرزمینی که نسبتاً شور هستند ادامه یابد، ممکن است با مشکل نشست زمین و ایجاد شکاف در ساختمان‌ها و معابر مواجه شویم. لازم به یادآوری است که رضوی [٤٢] محل تشکیل فروچاله اختیارآباد را با روش‌های مغناطیس سنجی، گرانی سنجی و مقاومت سنجی بررسی کرده است. نتیجه‌گیری مقدماتی، ولی نه قطعی ایشان، این بوده که در محل فروچاله شواهدی از وجود حفره دیده نمی‌شود. وی در بارهٔ امکان وجود حفره در خارج از محدودهٔ فروچاله پژوهشی انجام نداده است. در ضمن نامبرده تفسیرهای ژئوفیزیکی خود را با فرض خالی بودن غار از آب انجام داده که ممکن است الزاماً این گونه نباشد. در عین حال که صرفاً محدودهٔ کوچکی در اطراف فروچاله را بررسی کرده است در حالی که فضاهای خالی زیر این محل می‌توانند در اثر ریزش فروچاله پرشده باشند. در جنوب باغین نیز مقدار EC آب بیش از ۱۰.۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر بوده و نمایه انحلال سنگ‌های تبخیری به ۱۰۰ نزدیک می‌شود(شکل۹). رخ‌نمون‌هایی از ماسه سنگ‌ها و کنگلومراهای همراه با گچ در نزدیکی این محل به چشم می‌خورند. البته از آن‌جا که این محدوده دارای تغذیه و تحرک شدید آب زیرزمینی نیست لذا احتمالاً بالا بودن مقدار معیارها می‌تواند ناشی از انحلال سیمان گچی و نمکی موجود در لابلای کنگلومراها وماسه سنگ‌ها هم باشد. بنا بر این احتمال وجود غار کم‌تر است، مضاف بر این که سرمایه عمده‌ای که بتواند آسیب ببیند در این محل وجود ندارد.

سومین محدوده در شمال باختری دشت باغین قرار دارد (شکل ۹) و در این محدوده نمایه انحلال سنگ‌های تبخیری بیش از ۲۰ و EC در حد ۱۰۰۰۰ و بیش‌تر بوده و در عین حال جریان تغذیه و تحرک آب زیر زمینی مناسب است. یک کارخانه سیمان و بخشی از مسیر خط لوله گاز کرمان در آن قرار دارند. چهارمین محدوده در جنوب کبوترخان قرار دارد. نمایه انحلال سنگ‌های تبخیری در آن کمی بیش از ۲۰ و هدایت الکتریکی حدود ۸۰۰۰ است. در

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.1.5.3]

این محل نیز تغذیه و تحرک آب زیرزمینی به خوبی انجام نمی‌شود و بنا بر این احتمال وجود غار پنهان در آن کم است.



شکل ۹. نقشه مقادیر نمایه انحلال و موقعیت مناطق مشکوک به وجود غار زیرزمینی که با هاشور تیره مشخص شده‌اند

جدول ۲. ترکیب شیمیایی آب‌های زیر زمینی برداشت شده از بعضی از چاه‌های عمیق دشت کرمان- باغین و نمایه انحلال سنگ‌های تبخیری در آن (مقادیر کاتیون‌ها و آنیون‌ها بر حسب میلی‌اکی والان در لیتر و هدایت الکتریکی بر حسب میکروموس بر سانتی‌متر است).

ردیف	نام محل	هدایت الکتریکی	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	$\frac{Cl^- + SO_4^{2-}}{HCO_3^-}$
۱	اختیارآباد	۱۳۱۰۰	٤/۹	۸۵	۸۰/۸	۲۳	۱۷	۱۲۰	۳٤
۲	اختیارآباد	۱۰۹۲۰	۵/۸	٦۷/۵	٥٤	۱۵	۲۳	۱۰۰	۲۱
۳	اختیارآباد	۱۱۵۰۰	۵/۵	٦۰	۸٦/٦	۱۲	٤۷	۹۵	۲۷
٤	اختیارآباد	۱۰۰۰۰	۵/۸	۷۵	۳۷	۳۸/۲	۳۸/۲	۷۵	۱۹
۵	مدیریت	۲۹۱۰	٦/٤	۷/۵	۲۱	۱۲/٤	۸/٤	۱٤/۳	٤/۵
٦	سعیدی	۱٦۰۷	۵	٤	۷	٦/۱	٤/۳	۵/۹	۲/۲
۷	اکبرآباد	۱٤۰۰	۵/۹	٤	٤/۵	۵/۱	۳/۵	۵/٦	۱/٤

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.1.5.3]

۸	حافظ‌آباد	٤٥٩٠	٦/٤	۳۰	۱۱	١٤/٨	۹/۲	۲۳/٥	٦/٤
۹	زنگی‌آباد	١٤٢٢	٥/٤	٤	٥/٥	٤/٥	٥/۳	٥/۹	۱/۸
۱۰	باغین	٥٨٧٠	۳	٤٦/۳	۱۳/۷	۱۱	١٦	۳٦/۲	۲۰
۱۱	ابراهیم‌آباد	٥٤٤٠	٥	۲۳/٥	۲۱	١٦	۱۲	۳۱	۱۰/۷
۱۲	سعدی	۲٦۰۰	٤/٦	۱۸/۸	۷/٥	۱۱	۷	۱۳/۷	٥/۷
۱۳	دق کبوترخان	۷٤٦۰	۱/٥	٤٥/٥	۳۲	۱۰	۱۳	٥۷	٥۱/۷
۱٤	کبوترخان	٤۷۲۰	۱/٦	۳۳/٥	۲۱/٥	۱۰	۱٤	۲۸/٤	۳٤/٤
۱٥	باغین	۹۰۲۰	۱/۲	٦۷/۸	۲۰/٥	۱۳	۱۱	٦٥	۷۳/٦
۱٦	جاده جوپار	۲۸۳۰	٤	۱۳	۱۳	٥/۲	۸/٤	١٦/۸	٦/٥
۱۷	باقرآباد	۱۳۱۸	۲/٦	٥/۸	٤/٥	۱/۸	۲/٦	۸/۳	٤
۱۸	اسماعیل‌آباد	۱٥۰۹	٤/۲	٦/۳	٥	۳/۱	٦/۱	٥/۹	۲/۷
۱۹	قادر آباد	۱۱٦۳	٤/٥	۳/٥	٤	۳/۳	۳/٦	٥/۱	۱/۷
۲۰	ریگ ماهان	۱۲۹۰	٤/۳	٤/٥	۳/٥	۳/٤	٤/٤	٤/۲	۱/۹
۲۱	ماهان	۷۹۹	٦/۳	۱/۷	۱	۳/۱	۳/۸	۲	۰/٤
۲۲	سرآسیاب	۱۲۱٤	٥/۳	۳/۸	۳	٤/۸	۲/۷	٤/٥	۱/۳
۲۳	جنوب دانشگاه	۱۲۱۲	٤/٥	۳/٥	٤	۳/٥	۳/۱	٥/۸	۱/۷
۲٤	فرح آباد	۷۳۱۳	۲٤/۱	٤۳	۲٥/٥	۹/۲	١٦/٤	٦۸/٥	۲/۷
۲٥	خیابان مدیریت	۱٤۸۹	٤/۸	۳/۸	۷/۳	٤/۸	٤	۷	۲/۲
۲٦	حسین‌آباد	۸۹٤	٤/٦	۲/۳	۲	۳/۲	۲/۹	۳/۳	۰/٦
۲۷	سعدی	۲٦۷۲	۳/۱	۱٥/٥	۸/۸	۷/٤	۷/۳	۱٥/۲	۷/٤
۲۸	جنوب دانشگاه	۱۱۰٤	٦/۸	۳/٥	۲	۲/۸	۳/۹	٥/٥	۰/۸
۲۹	جنوب باغین	۹۰٤٦	۱	۷۳/۲	۲٥/٥	۱۷/٤	۷	۷٤	۹۸/۷

نتیجه‌گیری

بر اساس این روش که در مقایسه با سایر روش‌های اکتشاف غارها بسیار کم هزینه‌تر است، مشخص شد که در چهار محدوده از دشت کرمان-باغین ممکن است غار زیرزمینی وجود داشته باشد. یکی از آن‌ها اطراف روستای اختیارآباد است که به علت ایجاد یک فروچاله و نیز برخورد به غار در حین حفاری چند حلقه چاه، وجود غار مسجل است و با توجه به توسعه یافتگی شدید این محل، لازم است با پژوهش‌های دقیق ابعاد آن‌ها تعیین شود و در

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.1.5.3]

صورت خطر ریزش، چاره جویی شود. مورد دوم در شمال باختری دشت باغین قرار دارد که در آن مقدار نمایه انحلال بیش از ۲۰ و هدایت الکتریکی آب بیش از ۱۰۰۰۰ است و به لحاظ هیدرودینامیکی، تغذیه کافی و تحرک آب زیر زمینی وجود دارد. لذا احتمال وجود غار مطرح است. در دو محل دیگر (جنوب باغین و جنوب و جنوب باختری کبوترخان)،اگر چه شواهد هیدروژئوشیمیایی حاکی از انحلال کانی‌های تبخیری است، ولی در این دو محل تغذیه و تحرک آب زیر زمینی ناچیز بوده و بعید است انحلال چشم‌گیری صورت گرفته باشد. به عبارت دیگر، در این دو محل عدم رقیق‌شدگی ناشی از تغذیه ضعیف و تحرک ناچیز آب در سنگ‌های تبخیری یا سنگ‌های سرخ لایه (red bed) دارای سیمان تبخیری، مجموعاً، می‌توانند منجر به افزایش قابل ملاحظه املاح گردند، بدون این‌که الزاماً میزان انحلال چشم‌گیر باشد. از آنجا که در این دو محل سرمایه با ارزشی به چشم نمی‌خورد، در صورت وجود غار، در مورد اثرات آن نگرانی چندانی وجود ندارد.

منابع

۱. شاهی‌دشت، ع.ر.، «ارزیابی اثرات زیست محیطی برداشت بی‌رویه از سفره‌های آب استان کرمان و ارائه راه‌کارهای مدیریتی همراه با کاربرد نرم افزار Arc GIS » ، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان (۱۳۸۷).

۲. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان کرمان، «سیمای استان کرمان و شهرستان‌ها» (۱۳۸۵).

3. Sabbins, F. F., "Remote sensing; principles and interpretation" 3rd Ed., Freeman and Company, New York. (1997).

4. Ford, D. C. and Wiliams, P. W., "Karst Geomorphology and Hydrology" Unwin and Hayman (1989).

5. Reynolds, J. M., "An Introduction to Applied and Environmental Geophysics" Wiley (1998).

6. Owen, T. E., "Detection and mapping of tunnels and caves" In: Fitch, A.A.(ed.), Developments in Geophysical Exploration Methods vol.5, Applied Science Pub. (1983) 161-2580

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.1.5.3]

7. Palmer, D., "The resolution of narrow low-velocity zones with the generalized reciprocal method", Geophysical Prospecting, Vol. 39, No. 8(1991) 1031-1060

۸. قبادی، م. ح. « زمین‌شناسی مهندسی کارست » انتشارات دانشگاه بوعلی سینا همدان (۱۳۸٦).

9. Fajklewicz, Z., "Origin of the anomalies of gravity and its vertical gradient over cavities in britle rock" , Geophysical Prospecting, Vol. 34 (8) (1986) 1233-1254.

10. Coch, N. K. "Geohazards : natural and human" Prentice Hall (1995).

11. Nelson, R. G. and Haigh, J. H. "Geophysical Investigations of sinkholes in lateritic Terrains" in: S. H. Ward (ed.), Geotechnical and Environmental Georphysics, vol 3 Geotechnical, Tulsa, Society of Exploration Geophy-sists (1990) 133-153.

12. Ogilvy, R. D., Cuadra, A., Jackson, P. D. and Monte, J. I.,"Detection of an air-filled drainage gallery by the VLF resistivity method", Geophysical Prospecting, vol. 39 (6) (1991) 845-859.

۱۳. عباس‌نژاد، ا. وحسن‌زاده،ر."اکتشاف غارهای طبیعی پنهان در دشت کرمان با روش‌های ژئوفیزیکی"، بیست وچهارمین گردهمایی علوم زمین(۱۳۸٤).

14. Benson, A. K., "Applications of ground penetrating radar in assessing some geological hazards: examples of groundwater contamination, faults, cavities", Jourual of Applied Geophysics, Vol. 33(1995)177-193.

15. Newton, J. G., "Development of sinkholes from mans activities in eastern U.S". U. S. Geological Survey Circular, (1987).

16. Milanovic, P. T., "Karst Hydrogeology", Water Resources Publication (1981).

17. Ford, D. and Williams, P. "Karst Hydrogeology and Geomorphology" Wiley (2007).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.1.5.3]

18. Beck, B. A. and Pearson, F. M., (eds.),"Karst Geohazards: Engineerig and Environmental Problems in Karst Terraine", Balkema (1995).

۱۹. نبوی، م.ح.، " دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران"، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور (۱۳۵۵).

۲۰. سبزه‌ئی، م. " نقشه زمین‌شناسی استان کرمان(مقیاس ۱/۵۰۰۰۰۰) " سازمان برنامه و بودجه استان کرمان و مهندسین مشاور هامونپاد (۱۳۷۳).

21. Azizan, H., Shahrokhi, A. and Seifouri, F., "Geological Map of Kerman, (Scale:1:100,000)" (1999).

22. Dimitrijevic, M. D. and Djokovic, I., "Geological Map of Kerman Region (Scale 1:500,000)" (1973).

23. Djokovic, I., Dimitrijevic, M.N., Cvetic, S. and Dimitrijevic, M.D., "Goological Map or Baghin (Scale: 1:100,000)", Geological Survey of Iran (1972).

24. Huckriede, R. M., Kursten, M. and Venzloff.H., "Zur Geologic des Gbiestes Zwischen Kerman and sajand (Iran)", Hannover Bundesanslalf for Bodenforshung, (1962).

25. Kajar, M. H.," The history of Kerman Basin during the Neogene and Quaternary", GSI, Rigional center for S.E.Iran (Kerman) (1996).

26. Vahdati-Daneshmand, F., "Geological Map of Rafsanjan (Scale:1:250, 000) ", Geological Survey of Iran (1990).

۲۷. آب‌دشت کرمان (شرکت مهندسی مشاور آب و خاک)، "طرح بررسی و مدیریت زیست محیطی منابع آب و خاک استان کرمان، جلد اول: منابع آلاینده آب و خاک شهرهای کرمان-ماهان-جوپار" (۱۳۷۵).

۲۸. آب‌کاو(مهندسین مشاور)، "پژوهش‌های تامین آب شهر کرمان" (۱۳۵۲).

۲۹. احمدی افزادی، ع .ا. " مدل آب‌های زیرزمینی دشت کرمان" پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز، (۱۳۸۱).

۳۰. پارس کنسولت (مهندسین مشاور)، " گزارش لرزه‌نگاری دشت کرمان" (۱۳۵۳).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.1.5.3]

۳۱. دفتر پژوهش‌های منابع آب کرمان،" گزارش پژوهش‌های منابع آب دشت کرمان-باغین" (۱۳۷۳).
۳۲. راکشاب (مهندسین مشاور)، " گزارش مرحله اول طرح تامین آب بیست ساله کرمان" (۱۳۵۷).
۳۳. زراعت‌کار، ح." گزارش ادامه پژوهش‌های دشت کرمان-باغین در سال ۱۳٦۸"، شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمان، امور پژوهش‌های منابع آب (۱۳٦۹).
۳٤. شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمان(امور پژوهش‌های منابع آب)، " گزارش مقایسه‌ای وضعیت آب‌های زیرزمینی دشت کرمان " (۱۳٦۳).
۳۵. شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمان- امور پژوهش‌های آب منطقه‌ای کرمان، " گزارش آماری سال ۱۳٦۹ کرمان- باغین" (۱۳٦۹).
۳٦. شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمان. " طرح تامین آب دراز مدت شهر کرمان-گزارش پژوهش‌های آب‌های زیر زمینی دشت کرمان" (۱۳۷۰).
۳۷. شهیدی، ا.، " کیفیت و آلودگی آب‌های زیرزمینی دشت کرمان-باغین"، شرکت سهامی آب منطقه‌ای، امور پژوهش‌های (۱۳۷۵).
۳۸. مهندسین مشاور آب و توسعه پایدار،" گزارش هیدرولوژی محدوده پژوهش‌هایی کرمان- باغین" (۱۳۸۵).
۳۹. مهندسین مشاوربررسی منابع آب،" گزارش پژوهش‌های مرحله اول طرح تغذیه مصنوعی دشت کرمان" (۱۳۸۸).
40. Taminskas. J. and Marcinkericius,J., "Karst geoindicators of environmental change: The case of Lithuania", Envi. Geol., 42 (2002) 157-766.
٤۱. پدرامی، م . و انصاری، ف. " گزارش زمین‌شناسی در باره فروریزش زمین در شمال‌غرب کرمان" سازمان زمین‌شناسی کشور(۱۳۷۷).
٤۲. رضوی، س.ا.، " گزارش ژئوفیزیک به روش مغناطیس سنجی، گرانی سنجی و RS به‌منظور بررسی فروچاله واقع در اختیارآباد"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۸۵).
٤۳. مژدگانی فر، ن، و رهنما، م. ب. " بررسی عوامل ایجاد حفره اختیارآباد کرمان و ارتباط آن با بالا آمدگی سطح آب زیرزمینی در قسمت‌هایی از شهر کرمان" مجموعه مقالات اولین کنفرانس سراسری مدیریت جامع بهره‌برداری آب اسفند ماه ۱۳۸۷-کرمان (۱۳۸۷).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.1.5.3]

٤٤. عباس‌نژاد، احمد،"حفره فروکش کارستی در اختیارآباد- شمال باختری کرمان"، فصلنامه علوم زمین، شماره ۵۱-۵۲ (۱۳۸۳) ۳۵-۲۸.

٤٥. عباس‌نژاد، ا.، "مشخصات و چگونگی پیدایش چاله اختیارآباد کرمان" ، دانشگاه شهید باهنر کرمان(۱۳۷۹).

٤٦. عطاپور، ح. "زمین‌شناسی زیست محیطی ساختارهای کارستی در محدودهٔ شهر کرمان با نگرشی ویژه به دولین اختیارآباد" سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، مدیریت شعبه کرمان (۱۳۷۸).

٤٧. عطاپور، ح. ، آفتابی، ع."زمین‌شناسی زیست محیطی ساختارهای کارستی در محدودهٔ شهرکرمان و خطرات احتمالی آن‌ها"، مجموعه مقالات دیرینه شناسی و تنوع زیستی(۷-٤ خرداد ۱۳۷۸- کرمان)، سازمان حفاظت محیط زیست. (۱۳۷۹).

٤٨. ناظم‌زاده شعاعی، م. " نقدی بر گزارش زمین‌شناسی در باره فروریزش زمین در شمال‌غرب کرمان" ، سازمان زمین‌شناسی اکتشافات معدنی کشور- مدیریت کرمان، (؟).

49. Atapour, H. and Aftabi, A., "Geomorphological and geoenvironmental aspects of karstification in the urban areas of Kerman city, Environ. Geol. 42(2002)783-792.

۵۰. نیکدل، ع. "بررسی و علل پیدایش حفرهٔ آبدار (doline) در دشت کرمان"، امور پژوهش‌های آب منطقه‌ای کرمان (۱۳۷۷).

۵۱. ناظم‌زاده شعاعی، م. "دلایل زمین‌شناختی فروریزش زمین در اختیارآباد کرمان" ، روزنامه محلی کرمان امروز، شماره ۲۳۷(۱۳۷۷).

۵۲. وزیری کرمانی، ا.ع.، "جغرافیای کرمان" ، انتشارات ابن سینا،(۱۳۵۳).

۵۳. مهندسان مشاور کاواب،"پژوهش‌های بهره‌برداری بهینه و حفاظت منابع آب زیرزمینی دشت رفسنجان"، جلد دوم (زمین‌شناسی و آب‌های زیرزمینی)(۱۳۷۱).

٥٤. نگارش، ح.، "ژئومورفولوژی و هیدرولوژی دشت رفسنجان"، دانشنامه کارشناسی‌ارشد مدرسی در رشته جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، (۱۳٦۷).

۵۵. عطارزاده، ع. ا.، "شناخت مقدماتی منابع آب زیرزمینی و بهره‌برداری از آن" جزوه درسی دانشکده فنی دانشگاه تهران(۱۳۵۹).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.1.5.3]

۵٦. عباس‌نژاد، ا.، "بررسی میزان اشباع‌شدگی آب‌های زیرزمینی شرق دشت رفسنجان به کلسیت و ژیپس و ارتباط آن با تشکیل چاله ریزشی چاه دریا"، مجموعه مقالات سیزدهمین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی، جلد اول؛ مجموعه مقالات زمین‌شناسی(۱۳۸٤) ٤۳-٤۰..

۵۷. عباس نژاد، ا.، "پژوهش‌های ژئومورفولوژی در دشت رفسنجان"، پایان‌نامه دکترا، دانشگاه تبریز، (۱۳۷۵).

58. Allen. A. S., "Types of land subsidence", in: Guidebook to studies of land subsidence due to ground-water withdrawal, ed. by: I.F. Poland, Unesco (1984)133-142.

59. Warren, J., "Evaporites: their Evolution and Economics", Blackwell (1999).

60. White, W. B., "Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains", Oxford University Press (1988).

61. Atkinson, T. C., "Soluble Rock Terrains ", :A Handbook of Engineering Geomorphology "ed. By: P.G. Fookes and P.R. Vaughan, Surrey Univesity Press, (1985)241- 257.

62. Johnson, K. S. and Neal, J. T.,"Evaporite karst and Engineering Environmental Problems in the United States", Oklahoma Geolgical Survey Circular, US Geological Survey and National cave and Karst Research Institute, National Park Service (2003).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.1.5.3]