

بررسی ارتباط آبخوان‌های آبرفتی و کارستی دشت مرزی درگز با تهیه مقاطع عرضی و مدل سه‌بعدی لیتولوژی آبخوان

فاطمه فنودی^۱ و حسین محمدزاده^{۲*}

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروئولوژی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد
^۲ استاد، گروه زمین‌شناسی و رئیس گروه پژوهشی تحقیقات آب‌های زیرزمینی و ژئوترمال (متاب)، پژوهشکده آب و محیط زیست،

دانشگاه فردوسی مشهد

mohammadzadeh@um.ac.ir*

چکیده

دشت مرزی درگز، در شمال‌شرق ایران و نزدیک مرز ترکمنستان، در فاصله ۲۲۰ کیلومتری شمال غرب مشهد با محدوده جغرافیایی ۵۸°۳۸' تا ۵۹°۱۱' طول شرقی و ۳۷°۱۱' تا ۳۷°۴۳' عرض شمالی، واقع شده است. این محدوده، بخشی از پهنه کپه‌داغ است که دارای سازندهای زمین‌شناسی کرتاسه (به‌خصوص سازند تیرگان) و ترشیر-کواترنری است. آبخوان آبرفتی درگز و آبخوان کارستی ارتفاعات الله اکبر، دو آبخوان اصلی در منطقه می‌باشند. هدف این مقاله، بررسی ارتباط این دو آبخوان با تهیه مقاطع عرضی و مدل سه‌بعدی لیتولوژی آبخوان می‌باشد. نتایج حاصل از تفسیر مطالعات ژئوفیزیکی، مقاطع عرضی زمین‌شناسی و مدل سه‌بعدی لیتولوژی آبخوان، نشان دهنده بالآمدگی سازند آهکی در مرکز دشت در اثر گسل خوردگی لایه‌ها و تشکیل آبخوان‌های شمالی و جنوبی است. در آبخوان جنوبی به دلیل ضخامت زیاد رسوبات رسی، تغذیه کم و عدم ظهور چشمه‌های پرآب در یال شمالی ارتفاعات الله اکبر، ارتباط آبخوان آبرفتی با کارستی تنها در مناطق خاصی (چاپشلو و پرکند) وجود دارد. در حالی که در آبخوان شمالی به دلیل تغذیه مناسب از رودخانه کارستی شمخال و ارتفاعات کارستی تیرگان، احتمالاً ارتباط با کارست برقرار است.

واژه‌های کلیدی

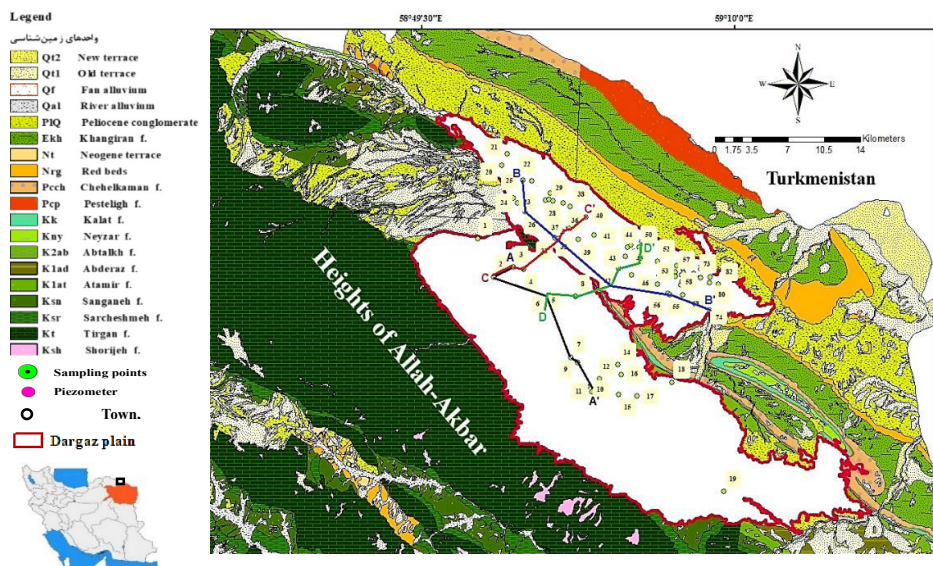
آبخوان آبرفتی، آبخوان کارستی، دشت مرزی درگز، مدل سه‌بعدی لیتولوژی

۱. مقدمه

امروزه، بحران آب یکی از چالش‌های مهم کشور و کمبود بارندگی و برداشت بی‌رویه از آبخوان‌ها، سبب کاهش کیفیت و کمیت منابع آب زیرزمینی شده است. آب‌های زیرزمینی، جزء مهم منابع آب شیرین بوده و کیفیت این منابع نسبت به منابع آب‌های سطحی، در برابر تغییرات اقلیمی پایدارتر و قابل اطمینان‌تر است (Medici et al., 2023). در بسیاری از دشت‌ها، از نظر کمی و کیفی، ارتباط نزدیکی بین آبخوان‌های آبرفتی و منابع آبی کارستی وجود دارد. به طوری که برداشت بی‌رویه آب از آبرفت‌ها نه تنها کیفیت آن را کاهش می‌دهد، بلکه گاهی سبب انتقال آب از آبخوان‌های کارستی تغذیه کننده مجاور نیز می‌گردد (Ghaznavi, 2010). با وجود منابع آبی متعدد در دشت مرزی درگز، عدم مدیریت منابع آبی و برداشت بی‌رویه آب از آبخوان بر زندگی مرزنشینان تأثیر منفی گذاشته است. زیرا بخش اعظم این منابع آبی بعد از تغذیه دشت، از مرز خارج شده و به کشور ترکمنستان وارد می‌شود. بنابراین هدف از این پژوهش، بررسی و تعیین ارتباط آب‌های زیرزمینی آبخوان‌های آبرفتی و کارستی در دشت مرزی درگز برای دستیابی به آب پایدار جهت توسعه منطقه است.

۲. مواد و روش‌ها

در این پژوهش، با استفاده از نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰ و تصاویر گوگل ارث، موقعیت پیزومترها و منابع آبی تعیین شد و برای ارزیابی نوسانات سطح ایستابی و جهت جریان آب زیرزمینی در دشت درگز، از داده‌های ماهانه ۲۴ پیزومتر در دوره آبی (۱۴۰۳-۱۳۷۷) استفاده شد. هیدروگراف واحد آبخوان برای محاسبه متوسط افت سالانه با روش درون‌یابی و داده‌های بارندگی ایستگاه‌های مربوطه، طی دوره ۲۴ ساله (۱۴۰۱-۱۳۷۷) ترسیم گردید. برای شناسایی ناهمگنی لایه‌ها در آبخوان آبرفتی دشت درگز، پیچیدگی رسوبات تأثیرگذار بر جریان آب زیرزمینی و جهت تعیین ارتباط منابع آبی کارستی با آبرفتی، از ۸۳ لاگ‌چاه بهره‌برداری کشاورزی و صنعت موجود در سطح آبخوان (شکل) استفاده و با توجه به قرارگیری تعداد بیشتر چاه‌های عمیق‌تر در راستای مختلف (شکل) مقاطع عرضی^{۴۰} لیتولوژی تهیه شد. همچنین با استفاده از داده‌های زمین‌شناسی، لاگ چاه‌های بهره‌برداری، مطالعات ژئوفیزیکی و مقاطع عرضی، مدل سه‌بعدی لیتولوژی^{۴۱} آبخوان دشت درگز طراحی و تهیه شد. برای ترسیم هیدروگراف واحد، نقشه‌های تراز آب زیرزمینی، نمایش مقاطع عرضی، تهیه مقاطع عرضی و مدل سه‌بعدی لیتولوژی، از نرم‌افزارهای مختلف، بخصوص ArcGIS (10.8.1) و Rockworks 17 استفاده شد.



شکل ۹. موقعیت جغرافیایی، نقشه زمین‌شناسی، چاه‌های بهره‌برداری و راستای مقاطع عرضی لیتولوژی آبخوان دشت درگز (برگرفته از محمدزاده، ۱۴۰۳)

۳. بحث و نتایج

برای فهم چگونگی نحوه ارتباط آبخوان‌های آبرفتی با کارستی، بررسی نتایج ژئوفیزیکی ضروری است. نتایج مطالعات ژئوفیزیکی نشان می‌دهد که جنس سنگ کف دشت عمدتاً از واحدهای نفوذنی است، به جز بخش مرکزی که رخنمون آهکی دارد (محمدزاده و همکاران، ۱۴۰۳؛ صیاد، ۱۳۹۱). گسل عبوری از مرکز دشت، باعث رخنمون یافتن لایه‌های آهکی تیرگان و تقسیم آبخوان آبرفتی درگز به دو بخش آبخوان شمالی و جنوبی شده است (ولایتی، ۱۳۶۲). بررسی نقشه‌های هم‌عمق و تغییرات مقاومت ویژه ظاهری (pa)^{۴۲} لایه‌ها در آبخوان جنوبی نشان می‌دهد که با افزایش عمق، ضخامت واحدهای آهکی ارتفاعات الله اکبر بیشتر ولی درز و شکاف‌ها کمتر می‌شود. به دلیل ضخامت کم آبرفت و عدم چشمه‌های پرآب در این محدوده، رابطه چندان بین

⁴⁰ Cross section

⁴¹ 3D Lithology model

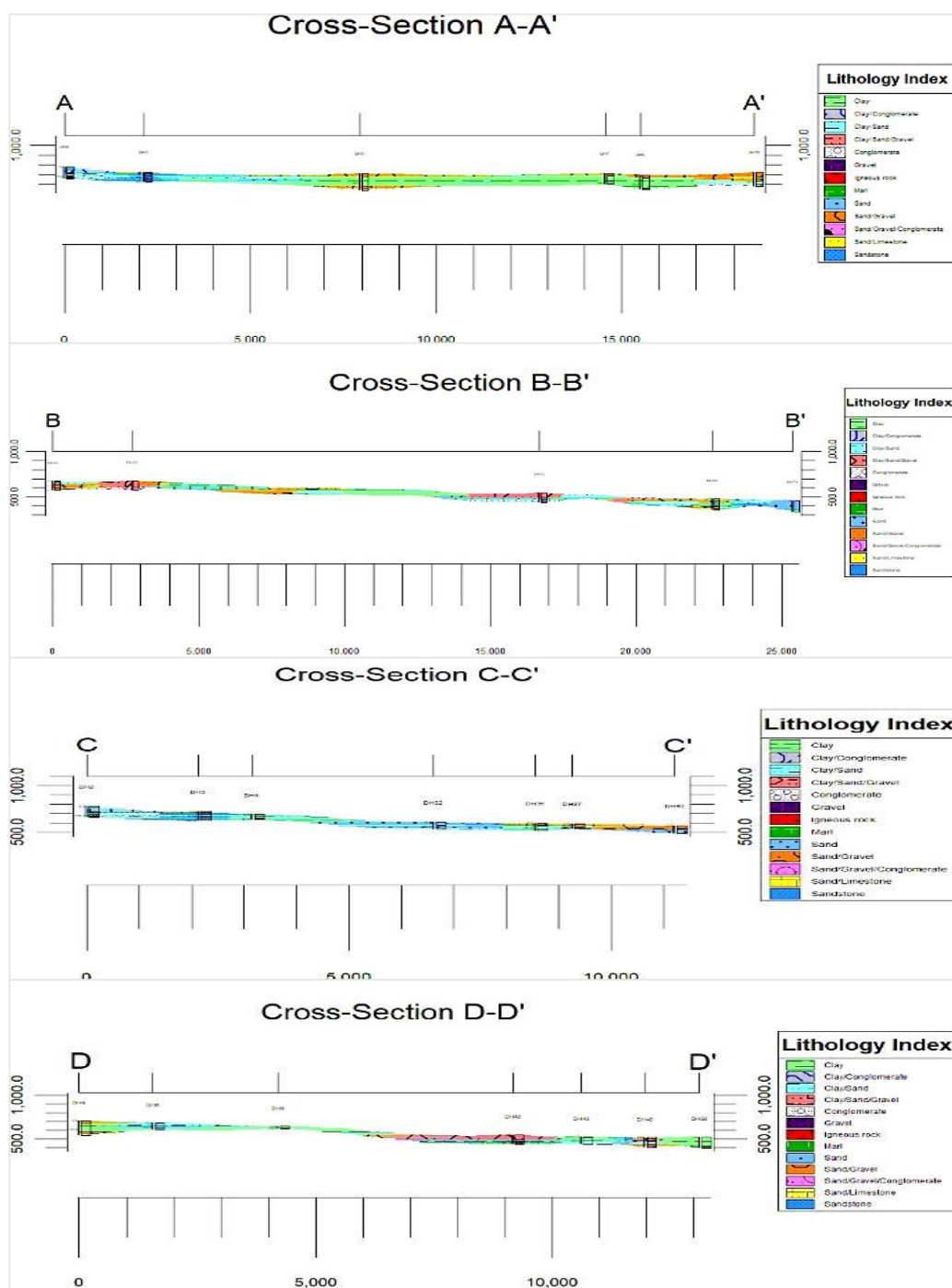
⁴² Specific apparent resistance (pa)

آبخوان آبرفتی (جنوبی) با آبخوان کارستی ارتفاعات الله اکبر (سازند تیرگان) جز در بخش محدودی (چرلاق و چهلمیر) وجود ندارد. و حضور لایه‌های دانه‌ریز رسی در عمق، مانع ایجاد این ارتباط می‌شود (محمدزاده و همکاران، ۱۴۰۳). بررسی چهار مقطع عرضی لیتولوژی تهیه شده در راستاهای مختلف دشت (شکل ۱۰) نشان می‌دهد در راستای مقطع AA' (آبخوان جنوبی)، واحدهای رسی-مارنی در مرکز دشت ضخیم‌تر بوده و به سمت طرفین، رسوبات ماسه‌سنگی و ماسه-گراولی مشاهده می‌شوند. مقطع BB' (آبخوان شمالی) نیز مشابه AA' است، اما بر خلاف آن، دارای ضخامت کمتر و رسوبات ماسه-گراولی بیشتری است. حضور این رسوبات، با تراکم چاه‌ها در آبخوان شمالی (حوالی نوخندان) هم‌خوانی دارد. مقاطع CC' و DD'، هر دو آبخوان شمالی و جنوبی را قطع نموده و حضور واحدهای رسی در حفاصل بین دو آبخوان، تأییدی بر نتایج ژئوفیزیکی است. در مقطع CC'، ماسه و گراول غالب است و به سمت شمال شرق منطقه، اندازه رسوبات بزرگ‌تر می‌شود. اما در مقطع DD'، ضخامت کمتری از رسوبات درشت‌دانه دیده می‌شود و حتی در بخش‌های انتهایی آبخوان شمالی، واحدهای رسی قابل مشاهده است.

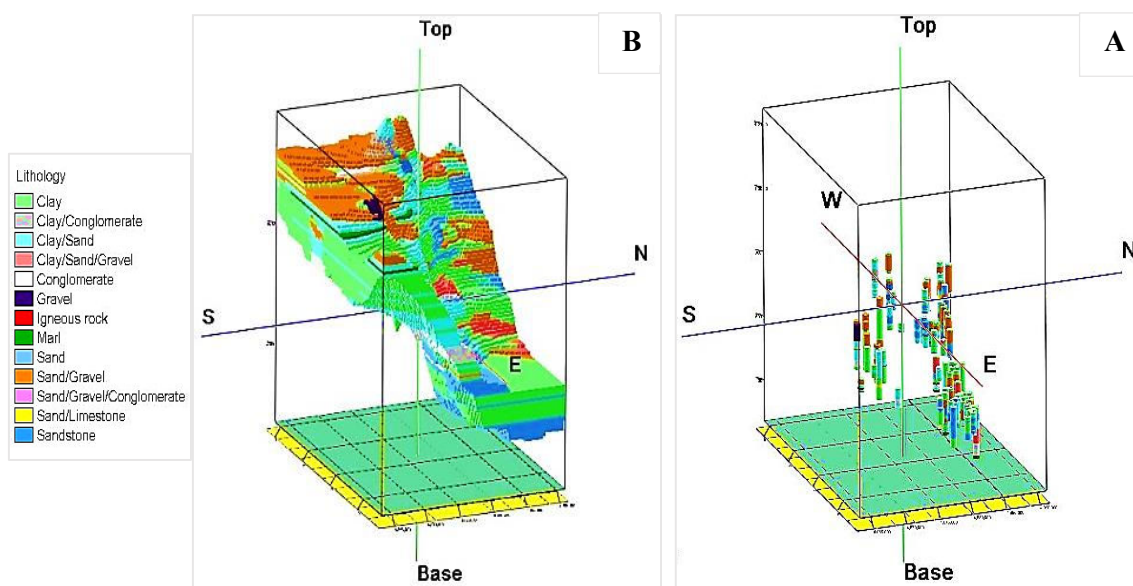
برای درک بهتر ساختارهای زمین‌شناسی زیرسطحی و اکتشاف منابع آب زیرزمینی مدل‌های سه‌بعدی آبخوان تهیه شد. شکل ۱۱-A، توزیع چاه‌ها و توالی واحدهای سنگ‌شناسی و شکل ۱۱-B، مدل سه‌بعدی لیتولوژی، که تغییرات ضخامت و پیوستگی جانبی لایه‌ها را مشخص می‌کند، نشان داده شده است. متمایل بودن و تغییر شیب لایه‌ها با شواهد ژئوفیزیکی تطابق داشته و نشان دهنده گسل خوردگی طی یک فرآیند تکتونیکی است. واحدهای رسی (رنگ سبز) در بخش زیرین محدوده آبرفتی، ماسه-گراول (رنگ قهوه‌ای) در بالای آن و در بخشی نیز ماسه‌سنگ (با رنگ آبی)، بیشترین واحدهای تشکیل‌دهنده این مدل هستند. علی‌رغم وجود رسوبات دانه متوسط در اعماق آبخوان جنوبی؛ تغذیه کم و لایه‌های رسی ضخیم، ارتباط آبخوان آبرفتی با کارستی را تنها در بخش محدودی (چاپشلو و پرکند) ایجاد کرده است. برخلاف آن، در شمال غرب آبخوان شمالی، با توجه به تأثیر تغذیه رودخانه درونگر و پتانسیل بیشتر ذخایر منابع آبی (حضور ماسه‌سنگ)، ارتباط بین آبخوان آبرفتی و کارستی برقرار است.

۴. نتیجه‌گیری

در آبخوان دشت درگز، جهت جریان آب‌های زیرزمینی از شمال غرب به جنوب شرق است و هیدروگراف‌های واحد آبخوان، نشان می‌دهد میانگین نوسانات سطح آب زیرزمینی در آبخوان شمالی بیشتر از جنوبی است. برداشت بی‌رویه آب در اثر توسعه کشاورزی و تعداد زیاد چاه‌ها، سبب افت سطح آب شده است. نتایج حاصل از تفسیر مطالعات ژئوفیزیکی، مقاطع عرضی زمین‌شناسی و مدل سه‌بعدی لیتولوژی آبخوان، نشان دهنده بالا آمدگی سازند آهکی در مرکز دشت در اثر گسل خوردگی لایه‌ها و تشکیل آبخوان‌های شمالی و جنوبی است. اگرچه رسوبات دانه متوسط در اعماق آبخوان جنوبی یافت می‌شوند، اما به دلیل ضخامت زیاد رسوبات رسی، تغذیه کم و عدم ظهور چشمه‌های پرآب در یال شمالی ارتفاعات الله اکبر، ارتباط بین آبخوان آبرفتی با کارستی تنها در مناطق خاصی (چاپشلو و پرکند) وجود دارد. در حالی که در آبخوان شمالی، به دلیل تغذیه مناسب از رودخانه کارستی شمخال و ارتفاعات کارستی تیرگان، ارتباط با کارستی برقرار است.



شکل ۱۰. مقاطع عرضی لیتولوژی دشت درگز (AA' و BB' در جهت شمال غرب- جنوب شرق و CC' & DD' در جهت شمال شرق- جنوب غرب)، محورهای افقی و عمودی، نشان دهنده به ترتیب فاصله در امتداد برش و عمق بر حسب متر می باشد.



شکل ۱۱. (A) نمای سه بعدی لاگ چاه‌ها، و (B) مدل سه بعدی لیتولوژی برای درک ارتباط آبخوان‌های آبرفتی و کارستی درگز

منابع

۱. صیاد، ح.، ۱۳۹۱. ارزیابی کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی دشت درگز، پایان‌نامه کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی، مرکز تحقیقات آب‌های زیرزمینی و ژئوترمال (متاب)، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۶۶ ص.
۲. محمدزاده، ح.، غلامکار، م.، هاشمی، ج.، ۱۴۰۳. برهمکنش آبخوان‌های آبرفتی و کارستی شمال ارتفاعات الله اکبر درگز با روش سوندینگ مقاومت ویژه الکتریکی قائم (VES)، نشریه آب و توسعه پایدار، سال یازدهم، شماره چهارم، صص ۱۷-۲۶.
۳. محمدزاده، ح.، ۱۴۰۳. انجام خدمات مشاوره پژوهشی مطالعات منابع آبخوان‌های سازند سخت و کارست در نواحی مرزی شمال شرق کشور، مرکز تحقیقات آب‌های زیرزمینی و ژئوترمال (متاب)، پژوهشکده آب و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد.
۴. ولایتی، س.، ۱۳۶۲. گزارش مقدماتی منابع آب دشت درگز (حوضه آبریز رودخانه درونگر). امور مطالعات منابع آب، شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان رضوی، وزارت نیرو، ۹۰ ص.
5. Ghaznavi, K., 2010. Evaluating the reasons of decrease in the discharge rate of Sarab Nilofar karst spring in Kermanshah Province, MSc Thesis, Shahrood University of Technology, G.H. Karami [Supervisor], Iran. (In Persian).
6. Medici, G., Lorenzi, V., Sbarbati, C., Manetta, M. and Petitta, M., 2023. Structural Classification, Discharge Statistics, and Recession Analysis from the Springs of the Gran Sasso (Italy) Carbonate Aquifer; Comparison with Selected Analogues Worldwide. Sustainability 2023, 15 (13), 10125. DOI: 10.3390/su151310125.