

Estimation of Hydrodynamic parameters of Aquifer Using Geoelectric Surveys (Case Study: Golgir Aquifer, Khuzestan)

Saeed Turck Ghash ghaee^{*1}, Manouchehr Chitsazan²,
Yahya Mirzaee³

Abstract

Estimation of hydrodynamic parameters of aquifer is one of the important problems of groundwater resources management. There are many different approaches to estimate the hydrodynamic parameters of aquifer and among them the application of geoelectrical surveys is the most developed one. In this contest forty four vertical electrical soundings have been used to evaluate the hydraulic properties of aquifer in Golgir plain, Khuzestan. The thickness, lateral extent and resistivity of the aquifer layers were determined by the electrical survey and borehole logs. Transmissivity values were inferred using the empirical relationship between hydraulic conductivity and formation factor with correlation coefficient of 0.75. Results show highly variable thickness of the main aquifer in the study area. High values of transmissivity, and specific yield obtained in eastern plain part are due to existing erosional course sediment from Asmari limestone formation. Also, Lower average values of porosity were estimated in eastern parts. Finally, geological and hydraulic parameters maps of Golgir aquifer have been produced. Overall results indicate desirable estimation of Hydraulic parameters used by geoelectric method and they can be used in making decision and future drilling program in the study area.

Keywords: Geoelectric Sounding, hydraulic Conductivity, Porosity, Specific yield, Transmissivity.

Received: 2016/03/01
Accepted: 2016/12/24

تخمین پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان با استفاده از مطالعات ژئوالکتریکی (مطالعه موردی: آبخوان گلگیر، خوزستان)

سعید ترک قشقایی نژاد^{*۱}، منوچهر چیت سازان^۲، سید یحیی میرزایی^۳

چکیده

تخمین پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان یکی از مسائل مهم در مدیریت منابع آب زیرزمینی است. روش‌های مختلفی برای تخمین پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان وجود دارد که استفاده از داده‌های مطالعات ژئوالکتریکی یکی از توسعه یافته ترین آنها می باشد. در این راستا در این تحقیق از اطلاعات چهل و چهار سونداژ الکتریکی قائم به منظور ارزیابی ویژگی‌های هیدرولیکی آبخوان گلگیر در استان خوزستان استفاده شده است. ابتدا پارامترهایی آبخوان همچون ضخامت، گسترش و مقاومت لایه‌ها با استفاده از داده‌های ژئوالکتریکی و گمانه‌های حفاری شده تعیین شد. سپس مقادیر ضریب قابلیت انتقال با استفاده از رابطه تجربی بین هدایت هیدرولیکی و فاکتور سازند با ضریب همبستگی ۰/۷۵ بدست آمد. نتایج، تغییرات زیاد ضخامت در منطقه مورد مطالعه را نشان داد. مقادیر زیاد ضریب قابلیت انتقال و آبدهی ویژه در قسمت شرقی دشت، به علت وجود رسوبات درشت دانه فرسایش یافته سازند آهکی آسماری به دست آمد. همچنین کمترین مقدار تخلخل در شرق دشت و بیشترین مقدار آن در بخش غربی دشت تخمین زده شد. در نهایت، نقشه‌های زمین‌شناسی و پارامترهای هیدرولیکی آبخوان گلگیر تهیه گردید. تمامی نتایج نشان دهنده تخمین مطلوب پارامترهای هیدرولیکی توسط روش ژئوالکتریکی استفاده شده بوده و از آنها میتوان در تصمیم‌گیری و برنامه ریزی های حفاری‌های آینده در منطقه مطالعاتی استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: آبدهی ویژه، تخلخل، سونداژ الکتریکی، قابلیت انتقال، هدایت هیدرولیکی.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۱۲/۱۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱۰/۰۴

1- Phd Student, Faculty of Earth Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz. E-mail: Saeedhydro@gmail.com.

2- Full professor, Faculty of Earth Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz.

3- Assistant Professor, Faculty of Earth Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz.

*- Corresponding Author

۱- دانشجوی دکتری آبهای زیرزمینی دانشگاه شهید چمران اهواز.

۲- استاد دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید چمران اهواز.

۳- استادیار دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید چمران اهواز

*- نویسنده مسئول

مقدمه

ضرایب هیدرودینامیکی به روش‌های گرافیکی به دلیل خطای انسانی در ترسیم و انطباق منحنی، دقت و صحت بالایی ندارند، بنابراین محققین به روش‌های دقیق‌تر از جمله روش‌های تحلیلی و هوش مصنوعی روی آورده‌اند (نخعی و راهبر، ۱۳۸۷؛ نخعی و افشار، ۱۳۹۰؛ سامانی و دیگران، ۲۰۰۷). استفاده از روش‌های بهینه‌سازی از جمله الگوریتم ژنتیک نیز روشی کارا، قابل اعتماد به منظور تخمین پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان می‌باشد (اصغری مقدم و دیگران، ۱۳۸۷)

در سال‌های اخیر، تلاش‌های زیادی توسط محققان به منظور به دست آوردن پارامترهای هیدرولیکی از سونداژهای مقاومت سنجی شده‌است (کلی، ۱۹۷۹؛ کوینسکی، ۱۹۸۱؛ مازاک و کلی، ۱۹۸۵؛ چاندرا و دیگران، ۲۰۰۸؛ طاهری تیزرو و دیگران، ۲۰۱۲؛ پردومو و دیگران، ۲۰۱۴؛ کازاکیس و دیگران، ۲۰۱۶). قابلیت انتقال، فاکتور سازند و آبدهی ویژه با استفاده از روابط تجربی و نیمه تجربی تخمین زده شدند (شیمسکال، ۱۹۸۱؛ فرولیخ و کلی، ۱۹۸۵؛ هانتلی، ۱۹۸۶؛ یوریش، ۱۹۸۷؛ چن و دیگران، ۲۰۰۱؛ سینگ، ۲۰۰۵؛ جیمی جورجو و دیگران، ۲۰۱۵). اگر چه مطالعاتی در گذشته به منظور بررسی ارتباط بین پارامترهای ژئوالکتریکی و هیدروژئولوژیکی انجام شده، اما در مناطق با زمین‌شناسی یکنواخت روابط تجربی بدست آمده کاربرد بیشتری دارد؛ بنابراین روابط کلی بیشتری برای طبیعت وجود دارد که باید مشخص شوند، پس آن‌ها می‌توانند بیشتر در مناطق با ویژگی‌های لیتولوژیکی متنوع بکار برده شوند.

تخمین پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان‌های آبرفتی با سنگ بستر فعال آهکی، نیازمند شناخت کاملی از مدل مفهومی منطقه است. روش‌های متعددی به منظور تخمین پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان وجود دارند (مانند: انواع مدلسازی‌ها، آزمون‌های پمپاژ چاه، روش ژئوالکتریکی). روش مدلسازی نیازمند حجم زیادی از اطلاعات بوده و فقدان اطلاعات پایه به منظور انجام آن می‌تواند میزان خطا در محاسبات را افزایش داده و نتیجتاً فرایند مدلسازی و تخمین پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان را با اشتباه همراه سازد. از طرفی تخمین پارامترهای مورد نیاز مدلسازی با استفاده از آزمون‌های پمپاژ چاه نیازمند صرف هزینه بسیار است و قادر به تخمین پارامترهایی مانند تخلخل و فاکتور سازند که می‌توانند ارتباط با دیگر پارامترها داشته باشند را ندارد. روش ژئوفیزیکی

استفاده بهینه از منابع آب سطحی و زیرزمینی یکی از مهم‌ترین راهکارهای مدیران و تصمیم‌گیران در زمینه مدیریت آبخوان است. مدیریت صحیح منابع آب زیرزمینی معمولاً بر اساس داده‌های مدل‌های مختلف اعمال می‌شود که صحت و دقت این مدل‌ها نیاز به برآوردی دقیق از پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان دارد (امیرعبداللهیان و داتا، ۲۰۱۳). تعیین هدایت هیدرولیکی منطقه اشباع به وسیله روش‌های مختلفی از جمله فرمول‌های تجربی، روش‌های آزمایشگاهی، آزمایش ردیابی و آزمون پمپاژ انجام می‌شود (تاد و مایز، ۲۰۰۵). ضرایب هیدرودینامیکی به منظور پیش‌بینی مسیر حرکت آلودگی و تعیین جهت و سرعت حرکت آب زیرزمینی مورد نیاز است (حداد و دیگران، ۲۰۱۴). در سال‌های اخیر استفاده از داده‌های مطالعات ژئوالکتریکی برای پیش‌بینی خصوصیات آبخوان مورد توجه پژوهشگران بوده است. در مطالعات آب‌زیرزمینی، ضریب قابلیت انتقال، پارامتر مهمی در ارزیابی توسعه محلی و منطقه‌ای منابع آب زیرزمینی است (هووانگ و دیگران، ۲۰۱۱). با استفاده از داده‌های سونداژهای ژئوالکتریکی، به روش‌های مختلفی می‌توان ضرایب هیدرودینامیکی را تخمین زد.

شناخت ویژگی‌های هیدرولیکی آبخوان‌ها به منظور تعیین جریان طبیعی یک آبخوان و سنجش آب زیرزمینی ضروری است. هدایت هیدرولیکی (K)، ضریب قابلیت انتقال (T) و ضریب ذخیره ویژگی‌های آبخوان هستند که به علت ناهمگنی‌های زمین‌شناسی ممکن است وابستگی مکانی زیادی داشته باشند. تخمین این ویژگی‌ها امکان پیش‌بینی کمی پاسخ آبخوان به تغذیه و تخلیه را ممکن می‌سازد. ضریب قابلیت انتقال از حاصلضرب هدایت هیدرولیکی در ضخامت اشباع آبخوان به دست می‌آید که هدایت هیدرولیکی از سطح زمین تا سنگ کف ممکن است بسیار تغییر کند. بیشتر روش‌های تحلیلی استفاده شده به منظور تخمین ویژگی‌های هیدرولیکی آبخوان برای محیط متخلخل، مانند رسوبات ناپیوسته توسعه پیدا کرده‌اند. اگر چه چنین ویژگی‌هایی اساساً توسط تحلیل نتایج پمپاژ به دست می‌آیند، روش‌های ژئوفیزیکی تکنیک موثری برای ارزیابی و کاهش تعداد آزمایش‌های پمپاژ لازم را تأمین می‌کند که هر دو آن‌ها گران و زمان بر هستند. محاسبه

سازند پابده، سازند آسماری، سازند گچساران، سازند میشان و سازند آماجری در اطراف این منطقه مشاهده می‌شود. دو سازند آسماری و گچساران عمده‌ترین و مهم‌ترین سازندهایی هستند که به ترتیب مرز شرقی و غربی دشت را تشکیل داده‌اند و رسوبات آبرفتی عهد حاضر دشت گلگیر نیز به طور عمده از این دو سازند تشکیل شده‌اند (شکل ۱).

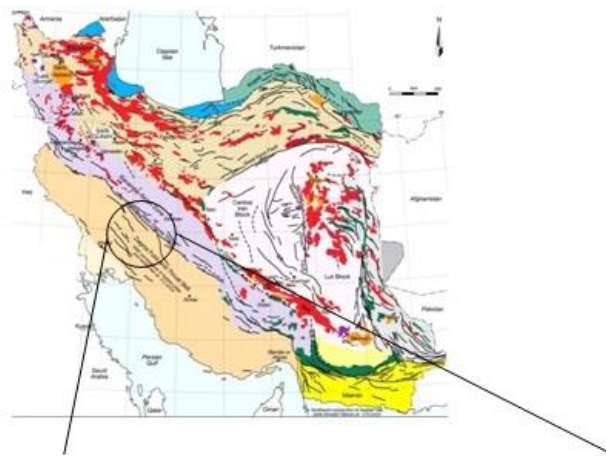
سنگ کف دشت گلگیر را سازند گچساران که متشکل از مواد گچی و انیدریتی تشکیل داده است. فعال بودن سنگ کف منطقه مورد مطالعه باعث شده است که نتایج بدست آمده از تست‌های پمپاژ انجام شده در دشت دارای خطا و نیاز به بازنگری داشته باشند. از طرفی وجود اطلاعات لازم و کافی به منظور مطالعه و ارزیابی پارامترهای هیدرولیکی آبخوان با استفاده از روش ژئوالکتریکی همچون: سونداژهای الکتریکی، گمانه‌های اکتشافی و تست پمپاژ در دسترس می‌باشد. لذا استفاده از داده‌های موجود و اطلاعات تکمیلی جمع‌آوری شده (همچون نمونه‌های کیفی آب)، می‌تواند افزایش دقت و کاهش هزینه‌ها در تخمین مقادیر پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان را به‌مراه داشته باشد.

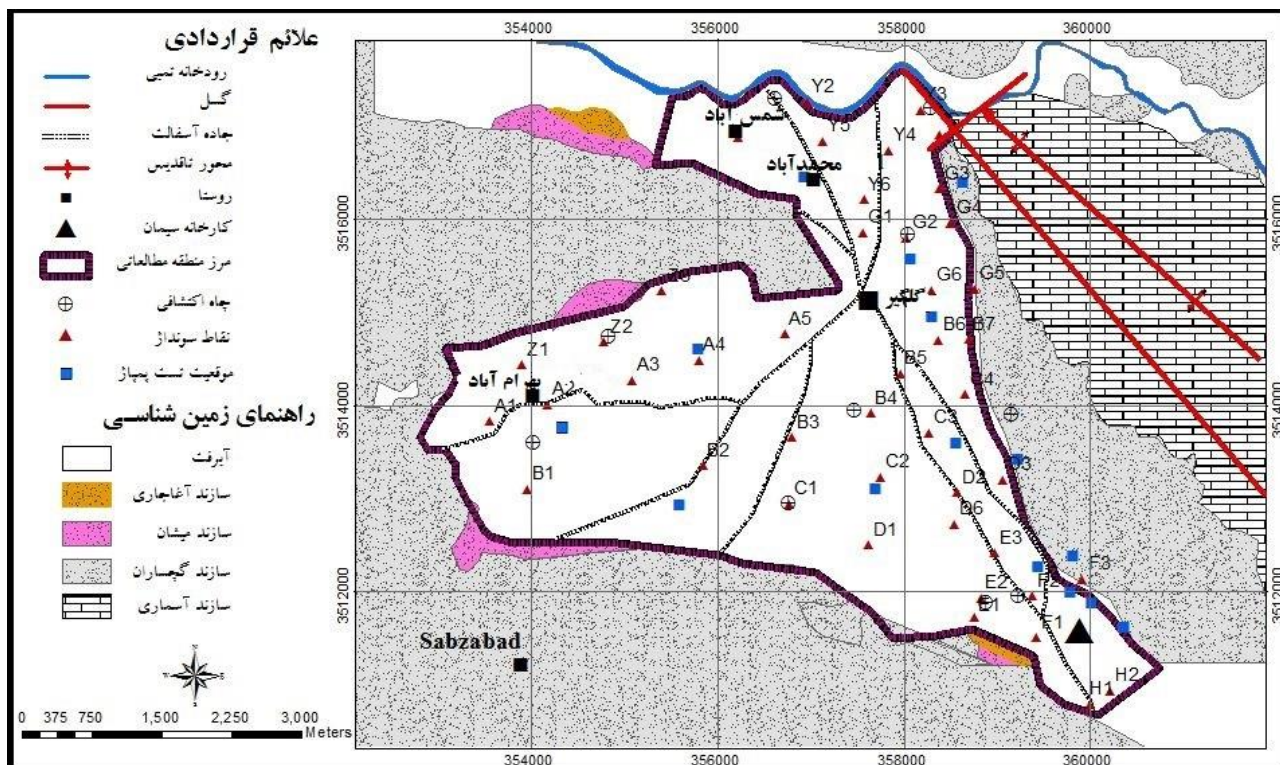
توانسته است با صرفه‌جویی در هزینه‌ها و زمان کمک قابل توجه‌ای در تخمین پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان داشته باشد.

در این مطالعه، تلاش شد که: (۱) رابطه اصلی بین مقاومت سونداژهای عمقی و پارامترهای هیدرولیکی در منطقه مورد مطالعه یافت شود. (۲) بخش آهکی و آبرفتی آبخوان از یکدیگر مجزا شوند. (۳) پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان آبرفتی تخمین زده شود.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در ۹۰ کیلومتری شمال شرق اهواز و ۲۰ کیلومتری جنوب شرق شهرستان مسجدسلیمان در حوضه کارون میانی در طول جغرافیایی " ۴۵ ' ۲۶ ° ۴۹ تا " ۳۳ ' ۳۲ ° ۴۹ درجه شرقی و عرض جغرافیایی " ۲۰ ' ۴۳ ° ۳۱ تا " ۱۲ ' ۴۷ ° ۳۱ درجه شمالی واقع شده است. منطقه گلگیر دشت آبرفتی است که در نتیجه فعالیت تکتونیک و فرسایش سازندهای مجاور ایجاد گردیده است. توالی چینه شناسی در محدوده استان خوزستان از پایین به بالا شامل:





شکل ۱- موقعیت، نقشه زمین شناسی، چاه های دارای آزمون پمپاژ، چاه های اکتشافی و محل سونداژها در منطقه مورد مطالعه.

زمین شناسی

مناطق را تحت تأثیر خود قرار داده است (درویش زاده، ۱۳۷۰). رسوبات آبرفتی دشت گلگیر به طور کلی نشأت گرفته از دو سازند آسماری و گچساران هستند. فرسایش سازند آسماری باعث ته نشینی رسوبات گراولی همراه با کمی رس و آبدهی نسبتاً مناسب با کیفیت خوب شده است. نتایج حاصل شده از لاگ چاه های حفاری نشان داد که با فاصله گرفتن از تاقدیس آسماری از شرق به غرب، بر حجم رسوبات دانه ریز حاصل از فرسایش سازند گچساران افزوده می شود (شکل ۲). فرسایش سازند گچساران باعث افزایش رسوبات سیلتی، رسی و همچنین حضور کانی های سولفات ه ژئوپیس و انیدریت در آبرفت دشت گلگیر شده است (مهندسین مشاور کمیاب گستر جنوب، ۱۳۸۵). مهم ترین چین خوردگی منطقه مربوط به تاقدیس آسماری می باشد که در بخش شرقی دشت گلگیر قرار دارد. تاقدیس آسماری از جنس آهک و طولی حدود ۲۷ کیلومتر دارد (مهندسین مشاور کمیاب گستر جنوب، ۱۳۸۵). همچنین از نظر گسل خوردگی در محدوده مطالعاتی آثار سطحی که نشان دهنده فرایند گسلش باشد در دشت آبرفتی گلگیر

منطقه مطالعاتی از لحاظ واحدهای چینه شناسی و زمین شناسی ساختمانی ایران در محدوده زاگرس چین خورده قرار می گیرد. سازند پابده که در توالی چینه شناسی محدوده مطالعاتی قدیمی ترین سازند منطقه می باشد، از لحاظ سنگ شناسی شامل: شیل، مارن های ارغوانی، آبی، سبز تیره همراه با تناوبی از آهک های رسی نازک لایه در بخش فوقانی خود می باشد (درویش زاده، ۱۳۷۰). در منطقه مورد مطالعه سازند پابده به عنوان قاعده فرآیند کارستی شدن برای آبخوان سازند آسماری عمل می کند (مهندسین مشاور کمیاب گستر جنوب، ۱۳۸۵). سازند آسماری از لحاظ سنگ شناسی شامل لایه های آهکی نرم و کرم رنگ است. سازند آسماری به علت دارا بودن درز و شکاف های بسیار زیاد، عمده بارندگی را از طریق همین منافذ وارد سیستم کارستی می کند. در خوزستان سازند گچساران مشتمل بر نمک، انیدریت، مارن های رنگی، آهک و مقداری شیل بیتومین دار است که بخش شمالی، غربی و جنوبی دشت گلگیر را احاطه کرده است و کیفیت آب در این

واحد سطح)، هدایت هیدرولیکی (متر بر روز) و بار هیدرولیکی (متر) هستند. شباهت الکتروهیدرولوژیکی بین این دو معادله به صورت گسترده پذیرفته شده است (فریز و چری، ۱۹۷۹؛ فیتز، ۲۰۰۲؛ سینگ، ۲۰۰۵). یک محیط همگن و همسانگرد، جریان الکتریکی و جریان آب زیرزمینی از قانون لاپلاس تبعیت می‌کنند. برای جریان الکتریکی:

$$\frac{d^2v}{dr^2} + \frac{2}{r} \frac{dv}{dr} = 0 \quad [3]$$

برای جریان آب زیرزمینی:

$$\frac{d^2h}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dh}{dr} = 0 \quad [4]$$

برای منبع جریان نقطه‌ای، حل معادله (۳) به صورت نیمه متناهی، محیط همگن برای جریان الکتریکی می‌تواند به صورت معادله (۵) نوشته شود:

$$v = \frac{\rho I}{2\pi r} \quad [5]$$

و برای جریان هیدرولیکی معادله مشابه به صورت معادله (۶) نوشته می‌شود:

$$h = \frac{Q}{2\pi T} \ln r \quad [6]$$

ضریب قابلیت انتقال یک آبخوان با ضخامت اشباع b به صورت:

$$T_r = Kb \quad [7]$$

که در این صورت معادله ۴ می‌شود:

$$h = \frac{Q}{2\pi Kb} \ln r \quad [8]$$

به طور کلی، چون فضاهای بزرگ متصل به هم ویژگی‌های جریان آب و جریان الکتریکی را بهتر نشان می‌دهد، بنابراین باید رابطه بین پارامترهای هیدرولیکی و الکتریکی وجود داشته باشد (سینگ، ۲۰۰۵).

جمع‌آوری و تفسیر داده‌ها

در این تحقیق از اطلاعات ۴۴ سونداژ الکتریکی قائم در دشت گلگیر (شکل ۱) در مساحتی حدود ۲۵ کیلومتر مربع که توسط سازمان آب و برق خوزستان در سال ۱۳۸۵ با استفاده از روش شلمبرژر با فاصله حداقل ۳ متر تا حداکثر ۳۰۰ متر در مطالعات ژئوفیزیکی دشت گلگیر بدست آمده است به منظور تخمین پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان، استفاده شده است. سونداژها دارای پراکندگی مناسبی در نزدیکی گمانه‌ها و محل‌های دارای آزمون پمپاژ به منظور تطبیق با نتایج آن‌ها می‌باشند. موقعیت چاه‌های اکتشافی و چاه‌های دارای آزمون پمپاژ در شکل ۱ نشان داده شده است.

مشاهده نشد. به منظور شناخت بهتر وضعیت زمین شناسی دشت گلگیر، از نقشه‌های زمین‌شناسی مسجدسلیمان و کوه آسماری با مقیاس‌های ۱/۱۰۰۰۰۰، لاگ چاه‌های اکتشافی، مطالعات میدانی و تصاویر ماهواره‌ای لندست حسگر ETM⁺ استفاده شد.

هیدرولوژی و هیدروژئولوژی

رودخانه تمبی (شور) با حوضه‌ای حدود ۲۵۸۶ کیلومتر مربع تنها منبع اصلی آب سطحی در این منطقه می‌باشد که به علت شوری بسیار زیاد (با EC حدود ۲۵۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر) عملاً غیرقابل استفاده و بدون کاربرد در این منطقه می‌باشد. این محدوده شامل دو آبخوان آهکی و آبرفتی است، آبخوان آهکی تحت عنوان تاقدیس آسماری که متشکل از سازند آسماری و آبخوان آبرفتی تحت عنوان آبخوان گلگیر که متشکل از واریزه‌های آهکی سازند آسماری و واریزه‌های گچی سازند گچساران است. آثار سطحی مشاهده شده در تاقدیس آسماری بیانگر توسعه فرآیند کارستیفیکاسیون در آبخوان آهکی آسماری می‌باشد. ضخامت آبخوان آبرفتی گلگیر از ۶ تا ۹۰ متر متغیر است که بیش‌ترین ضخامت در بخش جنوب شرقی دشت در حاشیه تاقدیس آسماری دیده می‌شود. کیفیت آب زیرزمینی دشت گلگیر از شرق به غرب به دلیل افزایش رسوبات گچی ناشی از واریزه‌های سازند گچساران کاهش پیدا می‌کند. در نزدیکی تاقدیس آسماری به دلیل جنس رسوبات آهکی فرسایش یافته از تاقدیس آسماری و همچنین تغذیه توسط آبخوان آهکی، کیفیت آب مطلوب می‌باشد (چیت‌سازان و اورنگ، ۱۳۹۰).

مواد و روش‌ها

شباهتی بین توصیف ریاضی فرآیند جریان آب زیرزمینی و انتقال الکتریکی وجود دارد. جریان الکتریکی (j) در یک محیط هدایت کننده توسط قانون اهم و جریان آب زیرزمینی در محیط متخلخل توسط قانون داری پامپاژ گذاری شده‌اند که معادله هر دو به صورت:

$$j = -\frac{\sigma dv}{dr} \quad [1]$$

$$q = -\frac{Kdh}{dr} \quad [2]$$

که j ، σ ، v ، r ، q ، K و h به ترتیب چگالی جریان (آمپر بر واحد سطح)، هدایت الکتریکی (زیمنس بر متر)، پتانسیل الکتریکی (ولت)، فاصله (متر)، تخلیه ویژه (تخلیه در

که ρ_{unsat} مقاومت ویژه لایه غیر اشباع، ρ_{sat} مقاومت ویژه لایه اشباع، ρ_w مقاومت ویژه آب، M و n مقدار ثابتی است که به نوع خاک بستگی دارد. ρ_{sat} و ρ_{unsat} از سونداژ عمقی ژئوالکتریکی به دست آمده‌اند. در مطالعه حاضر برای خاک‌های حاوی رس و ماسه مقدار m برابر $1/5$ و مقدار n برابر 2 فرض شده است (کلر و فریسنجت، ۱۹۶۶). برای محاسبه ρ_w می‌توان از معادله ۴ استفاده کرد:

$$\rho_w = \frac{10^4}{EC} \quad [15]$$

که در آن ρ_w مقاومت ویژه آب بر حسب Ωm ، EC هدایت الکتریکی بر حسب $\frac{\mu mhos}{cm}$ است.

بحث

تخمین پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان یکی از مسائل مهم در حوزه مطالعاتی آب زیرزمینی به شمار می‌آید که می‌تواند در مدلسازی، تخمین تغذیه و شناخت بهتر آبخوان کارساز باشد. از دیرباز محققین زیادی سعی در بدست آوردن روش‌های جایگزینی بودند که در هزینه و زمان محاسبه این پارامترها صرف‌جویی کنند (چاک وودی، ۲۰۱۱؛ کارو و دیگران، ۲۰۱۲؛ جورج و دیگران، ۲۰۱۵). روش ژئوالکتریک، در دهه‌های اخیر توانسته است در حل این مسئله به محققین کمک شایانی کند. در تحقیق حاضر تلاش شد که با در اختیار داشتن اطلاعات اولیه موجود از سونداژهای الکتریکی، آزمون-های پمپاژ، لاگ چاه‌های حفاری شده و مطالعات پیشین صورت گرفته در دشت گلگیر به کمک روش ژئوالکتریکی پارامترهای هیدرودینامیکی این آبخوان تخمین زده شود.

مطالعات پیشین صورت گرفته در دشت گلگیر (شرکت مهندسين مشاور كمياب گستر جنوب، ۱۳۸۵؛ محمدی و دیگران، ۱۳۸۹؛ چیت سازان و اورنگ، ۱۳۹۰) دال بر وجود دو آبخوان آهکی و آبرفتی در منطقه است. با توجه به اینکه هدف از این مطالعه تخمین پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان آبرفتی است، در گام اول باید بخش آهکی و آبرفتی آبخوان شناسایی و از یکدیگر مجزا شوند. به منظور نیل به این هدف از نقشه سنگ کف بدست آمده از اطلاعات ژئوفیزیکی دشت، توپوگرافی سطحی، ضخامت آبخوان محاسبه شده، عمق چاه‌ها و گمانه‌های حفاری شده و داده‌های تست پمپاژ استفاده شد.

تفسیر اولیه داده‌های سونداژ الکتریکی قائم با استفاده از نرم‌افزار IPI2win و تکنیک یکسان‌سازی منحنی جزئی معمولی انجام شد (اورلانا و مونی، ۱۹۶۶؛ کوفود، ۱۹۷۹؛ کلر و فریسنجت، ۱۹۶۶؛ بوپاچوو، ۲۰۰۲). با استفاده از این برنامه مقاومت لایه و ضخامت بدست آمده تخمینی به کمک رایانه تفسیر شد.

بنابراین، کمی کردن نتایج سونداژ عمقی ژئوالکتریکی با استفاده از مقاومت لایه مربوطه و ویژگی‌های آب منفذی امکان‌پذیر بود. نقطه شروع این روش توسط آرچی (۱۹۴۲) با ارتباط دادن مقاومت لایه استخراج شده از منحنی ژئوالکتریکی به مقاومت منفذی، تخلخل و سیمانی شدن لایه‌ها بود:

$$F = \frac{\rho_{sat}}{\rho_w} \quad [9]$$

که ρ_{sat} مقاومت سنگ اشباع شده از آب، ρ_w مقاومت آب و F فاکتور سازند است. براساس نظریه آرچی (۱۹۴۲)، فاکتور سازند با تخلخل مرتبط است:

$$F = a\phi^{-m} \quad [10]$$

که a و m مقادیر ثابتی هستند که به نوع سنگ بستگی دارند.

بعد از اینکه خاکی با تخلخل ϕ زهکشی شد، رطوبت حجمی آن با نگهداشت ویژه برابر است. منطقه غیر اشباع به عنوان یک منطقه زهکشی شده فرض می‌شود. اگر منطقه اشباع شامل مواد یکسان ۱۰۰٪ اشباع باشد، بنابراین آبدهی ویژه به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$S_y = \phi(1 - S_r) \quad [11]$$

که S_r نگهداشت ویژه است. آرچی (۱۹۴۲) با ترکیب معادله ۹ و ۱۰ به منظور ارتباط دادن مقاومت کلی به تخلخل ϕ ، مقاومت سیال منفذی ρ_w و فاکتور سیمانی شدن m ، به شکل زیر ارائه داد:

$$\rho_{sat} = \rho_w \phi^{-m} \quad [12]$$

بنابراین مقاومت خاک غیر اشباع به صورت:

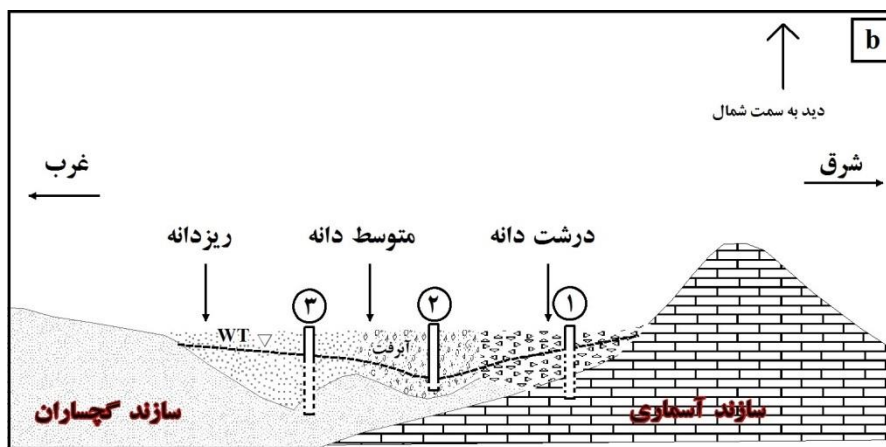
$$\rho_{unsat} = \rho_{sat} S_r^{-n} \quad [13]$$

با استفاده از معادله ۱۲ و ۱۳، تخلخل و اشباع بودن می‌توانند به صورت شکلی از مقاومت به منظور تعیین مقدار آبدهی ویژه S_y بیان شوند:

$$S_y = \left(\frac{\rho_w}{\rho_{sat}}\right)^{\frac{1}{m}} \left[1 - \left(\frac{\rho_{sat}}{\rho_{unsat}}\right)^{\frac{1}{n}}\right] \quad [14]$$

بررسی عمق چاه‌های حفاری شده، عمق سنگ بستر و همچنین لاگ چاه‌های اکتشافی مشخص شد که در قسمت شرقی دشت (چاه شماره ۱ در شکل ۲)، به دلیل نفوذ و برداشت چاه آب از منبع آهکی کیفیت آبی مطلوب است. همچنین در بخش مرکزی چاه بهره‌برداری فقط در آبرفت حفاری شده است (چاه شماره ۲ در شکل ۲) و کیفیت مناسبی دارد اما در بخش غربی دشت گلگیر که کیفیت آب بصورت ناگهانی تغییر است می‌تواند به دلیل حفاری شدن چاه در سازند گچساران که بخش زیرین قسمت غربی دشت را تشکیل داده، باشد (چاه شماره ۳ در شکل ۲). جهت برآورد مقادیر هدایت هیدرولیکی در دشت گل گیر از نتایج آزمونهای پمپاژ پله ای در چاه های بهره برداری (۱۶ چاه) استفاده شده است. برای محاسبه هدایت هیدرولیکی آبخوان از آزمونهای پمپاژ پله ای در چاه های بهره برداری استفاده شده است که شامل تفکیک افت چاه و افت آبخوان از هم و سپس حذف افت مربوط به افت چاه از افت کل اندازه گیری شده است. پس از حصول اطمینان از نفوذ چاه های بهره‌برداری به بخش آهکی آبخوان (واقع شده در قسمت زیرین آبخوان آهکی) اطلاعات مربوط به آزمون پمپاژ اصلاح شد و مورد استفاده قرار گرفت که در بخش بعدی توضیح داده می‌شود.

مطالعات گذشته بصورت گذرا اشاره ای به وجود آبخوان آهکی در بخش زیرین آبخوان آبرفتی داشته اند، ولی اطلاعات جامعی در این مورد در اختیار قرار نداده اند. لذا با در دست داشتن اطلاعات موجود ژئوالکتریکی و گمانه های حفاری شده تصمیم گرفته شد تا مرز بین این دو آبخوان شناسایی شود. اهمیت شناخت مرز بین دو آبخوان بدلیل افزایش دقت نتایج بدست آمده از آزمون پمپاژ است. زیرا نتایج تست‌های پمپاژ انجام شده به علت نفوذ چاه‌های بهره برداری به بخش آهکی آبخوان قابلیت استفاده و تعمیم به بخش آبرفتی را ندارد. از آنجا که تست‌های پمپاژ استفاده شده در این تحقیق همگی در چاه های برداشتی صورت گرفته اند تصمیم گرفته شد تا علاوه بر بررسی چاه‌های اکتشافی و پیزومترها، اطلاعات مربوط به چاه های برداشت آب نیز مد نظر قرار گیرند. یکی از شواهد که دال بر نفوذ چاه‌های برداشتی به آبخوان کارستی (سنگ بستر دشت) است، مربوط به تغییرات ناگهانی کیفیت آب است. به منظور افزایش اطمینان از نحوه تغییرات کیفی آب زیرزمینی دشت گلگیر تصمیم گرفته شد تا با انجام عملیات صحرائی و آنالیز آب زیرزمینی برداشتی از چاه‌های بهره‌برداری نحوه تغییرات کیفی آب را بررسی کنیم. با نگاهی اجمالی به تغییرات ناگهانی کیفیت آب زیرزمینی دشت گلگیر از شرق به غرب و



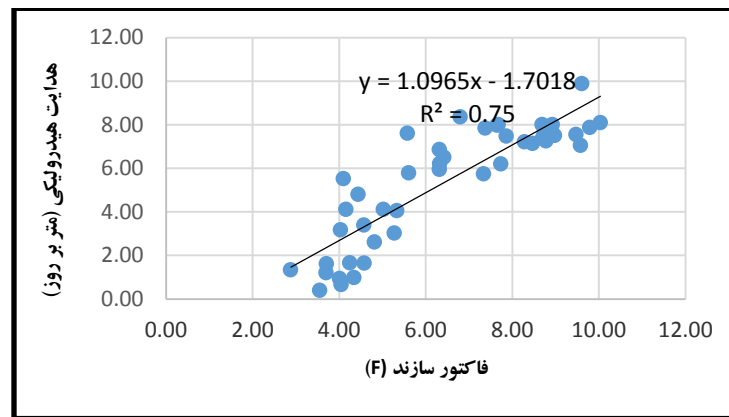
شکل ۲- b) نیم‌رخ شماتیک نحوه رسوب‌گذاری و چاه‌های بهره‌برداری آب در دشت آبرفتی گلگیر (چاه شماره ۱: حفاری شده در آبرفت و آهک آسماری، چاه شماره ۲: حفاری شده در آبرفت، چاه شماره ۳: حفاری شده در آبرفت و سازند گچساران).

نتایج تست آبخوان

مقدار افت و بازگشت سطح آب زیرزمینی ثبت شده در چاه‌های انتخابی در زمان تست پمپاژ مقدار ضریب قابلیت آبخوان را بصورت تخمینی بدست می‌دهد. در این مطالعه، از نتایج تست پمپاژ صورت گرفته در ۱۶ چاه بهره‌برداری (شکل ۱) به منظور تخمین ضریب قابلیت انتقال استفاده شد. اطلاعات اولیه مربوط به آزمون پمپاژ از سازمان آب و برق خوزستان اخذ گردید و با توجه به مشخص شدن مرز بین آبخوان آهکی و آبرفتی، از داده‌های افت تا ارتفاع سنگ کف آبخوان آبرفتی جهت تخمین هدایت هیدرولیکی و ضریب قابلیت انتقال بهره گرفته شد.

تخمین ضریب قابلیت انتقال

شکل ۳ نمودار هدایت هیدرولیکی بدست آمده از آزمون پمپاژ اصلاحی در مقابل فاکتور سازند که از معادله ۹ استخراج شده را نشان می‌دهد. مقادیر هدایت هیدرولیکی و فاکتور سازند حاصل شده از محاسبات نتایج اولیه ژئوالکتریکی در جدول ۱ آمده است. از طریق ارائه میانگین هدایت هیدرولیکی بدست آمده از تحلیل آزمون پمپاژ در بخش‌هایی از منطقه مورد مطالعه، رابطه تجربی بین F و K با استفاده از روش رگرسیون خطی با ضریب همبستگی برابر 0.75 بدست آمد (معادله ۱۶):



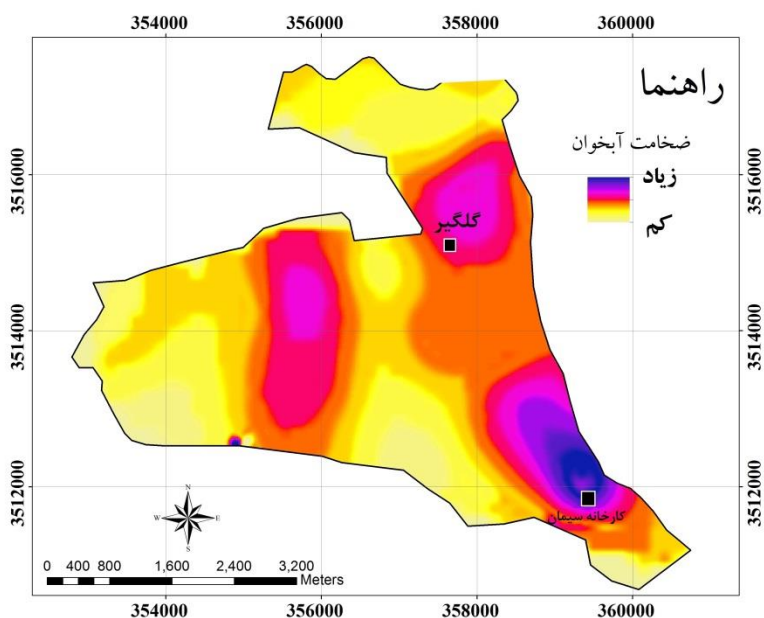
شکل ۳- نمودار هدایت هیدرولیکی در مقابل فاکتور سازند.

(۱۳۹۰) مقایسه شد. این مقایسه نتایج معتبر و رضایت‌بخشی را برای مدل بدست آمده نشان داد. نقشه‌های ضخامت آبخوان، ضریب قابلیت انتقال، تخلخل و آبدهی ویژه با استفاده از نتایج تفسیر سونداژهای مقاومت ویژه تهیه شد. از شکل ۴ می‌توان دریافت که ضخامت آبخوان در منطقه مورد مطالعه تغییر زیادی دارد. ضخامت آبخوان دشت گلگیر از ۶ تا ۹۰ متر متغیر است. حداکثر ضخامت آبخوان در قسمت‌های جنوب‌شرقی دشت و در اطراف کارخانه سیمان می‌باشد که در این منطقه ضخامت آبخوان به ۹۰ متر می‌رسد که می‌تواند به عنوان مکان‌های مناسب جهت حفاری چاه اکتشافی در نظر گرفته شود. در بخش‌های جنوب‌غربی و غربی دشت ضخامت آبخوان به کمتر از ۱۰ متر می‌رسد. در اطراف روستای گلگیر ضخامت آبخوان در حدود

$K = 1.0965F - 1.7018$ [۱۶]
به منظور تخمین مقدار ضریب قابلیت انتقال، هدایت هیدرولیکی (K) بدست آمده از معادله ۱۶ در موقعیت‌های سونداژ شده با ضخامت آبخوان (b) بدست آمده از نتایج مطالعات ژئوالکتریک انجام شده و چاه‌های اکتشافی که تا سنگ کف آبخوان حفاری شده‌اند بر اساس معادله ۷ مورد استفاده قرار گرفت‌اند:

$T_r = Kb = (K = 1.0965F - 1.7018) \times b$ [۱۷]
به منظور به دست آوردن یک مدل قابل اعتماد، مقدار ضریب قابلیت انتقال تخمین زده شده با مقادیر بدست آمده از مطالعات مهندسی مشاور کمیاب گستر جنوب در سال (۱۳۸۴)، محمدی و همکاران (۱۳۸۹) و چیت‌سازان و اورنگ

۵۰ متر می‌باشد. از جنوب شرقی و شرق دشت به سمت غرب دشت که منطبق بر مقاطع خروجی آبخوان می‌باشد، ضخامت ضخامت آبخوان آبرفتی کاهش می‌یابد. در قسمت‌های شمالی آبخوان بین ۲۰ تا ۳۰ متر متغیر است.



شکل ۴- نقشه ضخامت آبخوان گلگیر.

مقادیر ضریب قابلیت انتقال با استفاده از معادله ۱۷ تخمین زده شد (جدول ۱). مناطق با ضریب قابلیت انتقال زیاد در بخش جنوب شرقی و شرق دشت متمرکز شده‌اند؛ که محدوده آن از ۴۰۰ تا ۶۰۷ متر مربع بر روز است. به طور کلی، ضریب قابلیت انتقال آبخوان در منطقه مورد مطالعه مقادیر متغیری دارد، از مناطقی با مقدار کمتر از ۳۱ مترمربع بر روز تا بیشتر از ۶۰۷ مترمربع بر روز، که از غرب به شرق مقادیر ضریب قابلیت انتقال بیشتر می‌شود. مناطقی با ضریب قابلیت انتقال کم شامل واریزه های ریزدانه سازند گچساران که شامل رس و گچ است (غرب دشت) و مناطقی با ضریب قابلیت انتقال زیاد شامل واریزه های آهکی سازند آسماری است (شرق دشت) (شکل ۵).

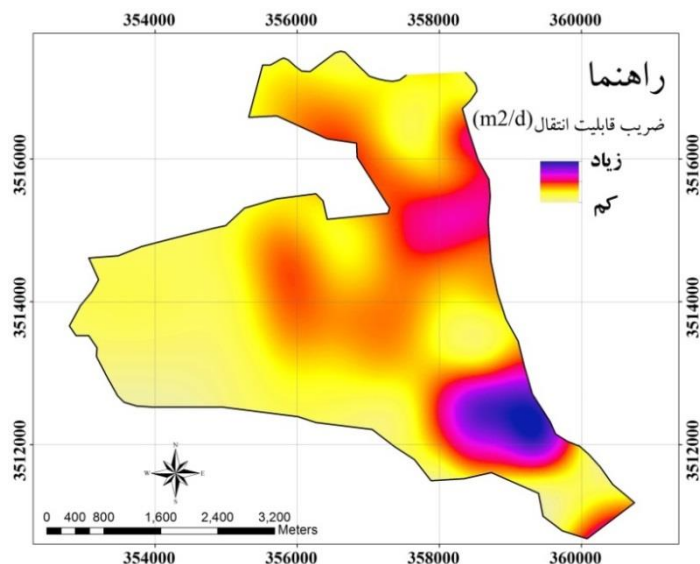
جدول ۱- مقادیر بدست آمده آبدهی ویژه، فاکتور سازند، تخلخل، هدایت هیدرولیکی، ضخامت آبخوان، ضریب

قابلیت انتقال، ρ_{unsat} ، ρ_{sat} ، ρ_w و موقعیت نقاط سونداژ.

AB/2	X	Y	ρ_{unsat}	ρ_{sat}	ρ_w	S_y	F	\emptyset	K	B	T
A1	۳۵۳۵۴۳	۳۵۱۳۸۳۸	۱۸/۷۶	۱۲/۸۷	۳/۱۸	۰/۰۷	۴/۰۵	۰/۳۹	۰/۶۶	۲۵/۹	۹۶/۸
A2	۳۵۴۱۶۳	۳۵۱۴۰۱۳	۱۶/۹۴	۱۲/۳۱	۳/۰۷	۰/۰۶	۴/۰۱	۰/۴۰	۰/۹۴	۲۵/۱	۹۲/۷
A3	۳۵۵۰۷۵	۳۵۱۴۲۷۸	۲۰/۰۶	۱۳/۱۷	۳/۰۳	۰/۰۷	۴/۳۵	۰/۳۸	۰/۹۹	۳۰	۱۲۱/۹
A4	۳۵۵۷۸۹	۳۵۱۴۴۸۹	۲۴/۹۳	۱۶/۳۵	۳/۱۰	۰/۰۶	۵/۲۷	۰/۳۳	۳/۰۲	۶۰	۳۰۴/۹
A5	۳۵۶۷۱۶	۳۵۱۴۷۷۵	۱۲۰/۲۰	۳۵/۶۶	۴/۶۱	۰/۱۲	۷/۷۴	۰/۲۶	۶/۲۰	۲۰	۱۵۵/۶
B1	۳۵۳۹۵۱	۳۵۱۳۱۰۲	۱۶/۰۳	۱۰/۸۰	۳/۰۴	۰/۰۸	۳/۵۵	۰/۴۳	۰/۴۰	۱۰	۳۱/۹
B2	۳۵۵۸۳۲	۳۵۱۳۳۵۸	۳۲/۸۳	۱۴/۶۹	۳/۲۱	۰/۱۲	۴/۵۸	۰/۳۶	۳/۴۰	۵۰	۲۱۵/۸
B3	۳۵۶۷۹۶	۳۵۱۳۶۶۱	۳۱۰/۲۸	۳۸/۶۶	۴/۳۳	۰/۱۵	۸/۹۳	۰/۲۳	۸/۰۱	۲۹	۲۶۳/۶

جدول ۱- ادامه

B4	۳۵۷۶۴۰	۳۵۱۳۹۲۳	۱۶۵/۶۰	۶۰/۵۵	۹/۵۸	۰/۱۲	۶/۳۲	۰/۲۹	۵/۹۵	۴۰	۲۴۹/۱
B5	۳۵۷۹۵۳	۳۵۱۴۳۴۸	۳۴۸/۹۰	۸۳/۸۱	۱۳/۲۶	۰/۱۵	۶/۳۲	۰/۲۹	۶/۸۶	۴۰	۲۴۹/۱
B6	۳۵۸۳۶۴	۳۵۱۴۷۰۵	۵۹۱/۲۲	۱۴۱/۹۴	۱۸/۴۹	۰/۱۳	۷/۶۸	۰/۲۶	۸/۰۰	۴۰	۳۰۸/۶
B7	۳۵۸۶۹۵	۳۵۱۴۷۱۶	۶۱۲/۳۳	۱۳۹/۸۰	۱۸/۹۶	۰/۱۴	۷/۳۷	۰/۲۶	۷/۸۴	۴۰	۲۹۵/۳
C1	۳۵۶۷۵۸	۳۵۱۲۹۴۴	۱۶۹/۴۱	۳۲/۱۸	۳/۶۸	۰/۱۳	۸/۷۴	۰/۲۴	۷/۶۶	۱۹	۱۶۸/۸
C2	۳۵۷۷۴۴	۳۵۱۳۲۳۷	۱۵۱/۹۷	۴۰/۳۶	۶/۳۸	۰/۱۴	۶/۳۳	۰/۲۹	۶/۲۱	۳۲/۳	۲۰۱/۴
C3	۳۵۸۲۵۸	۳۵۱۳۷۱۵	۷۴/۲۸			۰/۱۵	۲/۸۸	۰/۴۹	۱/۳۳	۴۰	۹۸/۴
C4	۳۵۸۶۵۵	۳۵۱۴۱۲۲	۳۶۰/۱۲	۹۶/۷۶	۱۷/۲۶	۰/۱۵	۵/۶۱	۰/۳۲	۵/۷۹	۴۰	۲۱۷/۸
D1	۳۵۷۶۱۴	۳۵۱۲۵۰۸	۱۴۸/۹۶	۳۹/۹۷	۴/۵۹	۰/۱۱	۸/۷۱	۰/۲۴	۷/۴۰	۱۷/۲	۱۵۲/۲
D2	۳۵۸۵۶۲	۳۵۱۳۰۷۰	۹۵/۸۰	۴۵/۳۲	۱۱/۰۶	۰/۱۲	۴/۱۰	۰/۳۹	۵/۵۳	۶۵	۲۴۶/۴
D3	۳۵۹۰۶۱	۳۵۱۳۲۰۴	۲۷۸/۳۰	۹۱/۵۵	۱۸/۲۳	۰/۱۵	۵/۰۲	۰/۳۴	۴/۱۲	۶۰/۴	۲۹۰/۲
D6	۳۵۵۸۳۲	۳۵۱۲۷۳۲	۴۰۱/۲۹	۷۰/۰۸	۸/۴۶	۰/۱۴	۸/۲۸	۰/۲۴	۷/۲۱	۶۳/۸	۵۳۴/۷
E1	۳۵۸۷۴۸	۳۵۱۱۷۲۹	۱۹۹/۵۲	۸۳/۱۱	۸/۲۸	۰/۰۸	۱۰/۰۴	۰/۲۱	۸/۱۰	۳۱/۹	۳۲۸/۷
E2	۳۵۸۸۲۲	۳۵۱۱۹۳۶	۳۳۱/۰۰	۸۶/۹۱	۹/۱۷	۰/۱۱	۹/۴۸	۰/۲۲	۷/۵۵	۴۸/۷	۴۷۱/۹
E3	۳۵۸۹۷۸	۳۵۱۲۴۲۲	۳۵۹/۱۰	۱۰۷/۳۰	۱۲/۳۴	۰/۱۱	۸/۷۰	۰/۲۴	۸/۰۱	۷۸/۷	۶۹۵/۱
F1	۳۵۹۴۲۲	۳۵۱۱۵۱۳	۱۲۱/۹۰	۵۱/۳۳	۱۱/۵۶	۰/۱۳	۴/۴۴	۰/۳۷	۴/۸۱	۳۹/۴	۱۶۴/۲
F2	۳۵۹۳۷۵	۳۵۱۱۹۵۸	۲۳۳/۹۱	۹۴/۳۶	۱۳/۸۸	۰/۱۰	۶/۸۰	۰/۲۸	۸/۳۶	۹۰	۶۰۷/۷
F3	۳۵۹۹۱۵	۳۵۱۲۱۳۸	۲۱۲/۳۰	۹۶/۸۸	۲۰/۱۰	۰/۱۱	۴/۸۲	۰/۳۵	۲/۶۲	۵۹	۲۷۰/۴
G1	۳۵۷۵۵۴	۳۵۱۵۸۶۶	۷۱/۱۲	۴۰/۲۰	۸/۷۷	۰/۰۹	۴/۵۸	۰/۳۶	۱/۶۵	۵۲/۶	۲۲۷/۵
G2	۳۵۸۰۲۴	۳۵۱۵۸۰۹	۹۰/۰۵	۵۵/۶۰	۱۳/۰۹	۰/۰۸	۴/۲۵	۰/۳۸	۱/۶۶	۶۰	۲۳۷/۳
G3	۳۵۸۳۸۰	۳۵۱۶۳۲۹	۴۵۹/۲۱	۱۳۰/۲۰	۱۷/۷۴	۰/۱۲	۷/۳۴	۰/۲۶	۵/۷۵	۵۰	۳۶۷/۳
G4	۳۵۸۵۰۰	۳۵۱۵۹۶۷	۶۰۰/۰۰	۱۵۰/۹۰	۱۷/۸۱	۰/۱۲	۸/۴۷	۰/۲۴	۷/۱۴	۴۰/۱	۳۴۴/۴
G5	۳۵۸۷۵۶	۳۵۱۵۲۶۰	۶۶۳/۲۰	۱۹۶/۴۰	۲۰/۴۴	۰/۱۰	۹/۶۱	۰/۲۲	۹/۸۸	۴۰	۳۹۳/۴
G6	۳۵۸۲۸۸	۳۵۱۵۲۴۰	۴۳۹/۸۰	۱۱۹/۶۶	۱۵/۲۱	۰/۱۲	۷/۸۷	۰/۲۵	۷/۴۸	۵۲/۸	۴۱۸/۴
G7	۳۵۸۳۸۲	۳۵۱۶۹۰۸	۵۱۲/۹۰	۱۲۲/۵۰	۱۶/۰۱	۰/۱۳	۷/۶۵	۰/۲۶	۷/۹۷	۲۰	۱۵۳/۸
H1	۳۵۹۹۹۹	۳۵۱۰۷۹۲	۵۷۸/۰۱	۱۰۹/۶۰	۱۱/۱۹	۰/۱۲	۹/۷۹	۰/۲۲	۷/۸۷	۲۷/۷	۲۷۸
H2	۳۶۰۲۱۲	۳۵۱۰۹۴۳	۷۱۰/۴۴	۱۲۹/۸۰	۱۳/۵۵	۰/۱۳	۹/۵۸	۰/۲۲	۷/۰۵	۳۰/۲	۲۹۶
Y1	۳۵۶۲۰۶	۳۵۱۶۸۸۸	۱۱۶/۰۴	۲۰/۰۳	۲/۲۳	۰/۱۴	۸/۹۸	۰/۲۳	۷/۵۰	۲۵	۲۲۸/۷
Y2	۳۵۶۹۶۱	۳۵۱۷۲۶۳	۹۴/۱۰	۳۸/۰۰	۷/۱۲	۰/۱۲	۵/۳۴	۰/۳۳	۴/۰۵	۲۶/۳	۱۳۵/۵
Y3	۳۵۸۱۷۱	۳۵۱۷۱۸۰	۲۰۳/۳۳	۸۳/۲۲	۱۴/۹۲	۰/۱۱	۵/۵۸	۰/۳۲	۷/۶۱	۳۰/۲	۱۶۳/۵
Y4	۳۵۷۸۳۴	۳۵۱۶۷۴۳	۱۸۸/۰۶	۷۷/۹۰	۱۲/۱۳	۰/۱۰	۶/۴۲	۰/۲۹	۶/۵۱	۲۰	۱۲۶/۸
Y5	۳۵۷۱۲۵	۳۵۱۶۸۴۵	۱۶۹/۴۳	۶۶/۱۲	۷/۵۳	۰/۰۹	۸/۷۸	۰/۲۳	۷/۲۶	۲۰	۱۷۸/۵
Y6	۳۵۷۵۶۶	۳۵۱۶۲۱۸	۹۸/۷۰	۳۷/۱۹	۹/۲۲	۰/۱۵	۴/۰۳	۰/۳۹	۳/۱۷	۳۳/۸	۱۲۵/۸
Z1	۳۵۳۸۸۹	۳۵۱۴۴۳۸	۱۵/۰۰	۱۱/۸۰	۳/۱۹	۰/۰۵	۳/۷۰	۰/۴۲	۱/۲۱	۲۸/۲	۹۴/۶
Z2	۳۵۴۷۷۵	۳۵۱۴۶۸۶	۱۴/۵۰	۱۱/۵۰	۳/۱۰	۰/۰۵	۳/۷۱	۰/۴۲	۱/۶۱	۳۰	۱۰۱
Z3	۳۵۵۳۹۷	۳۵۱۵۲۳۵	۲۰/۰۳	۱۳/۶۸	۳/۲۹	۰/۰۷	۴/۱۶	۰/۳۹	۴/۱۲	۴۳	۱۶۵/۹

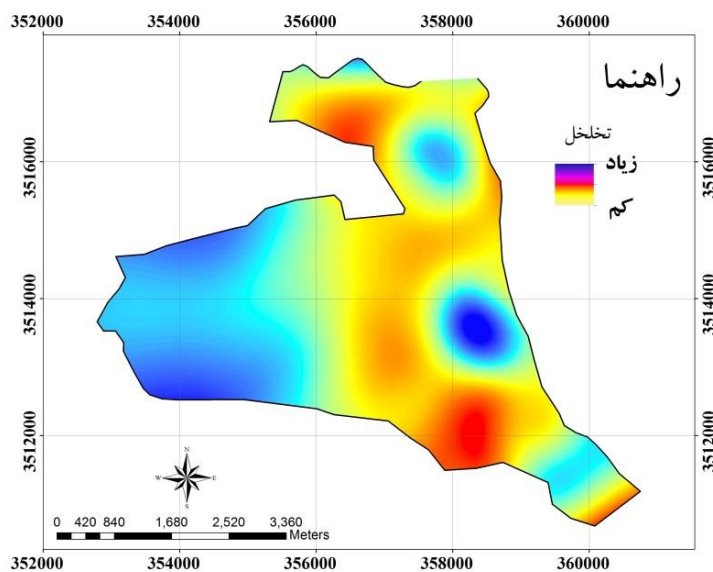


شکل ۵- نقشه ضریب قابلیت انتقال آبخوان گلگیر.

سازند گچساران بیشتر است و در بخش شرقی دشت که نهشته های رسوبی سازند آسماری آن را تشکیل داده اند دارای تخلخل کمتری است. تغییرات تخلخل در شکل ۶ نشان داده شده است. در منطقه مورد مطالعه، مقدار تخلخل از ۰/۲۵ تا ۰/۳۹ با میانگین ۰/۳۱ است (جدول ۱).

تخمین مقدار تخلخل

همانگونه که قبلا توصیف شد، آرچی (۱۹۴۲) رابطه تجربی برای تخمین مقدار تخلخل از فاکتور سازند ارائه داد. در این مطالعه تلاش شد که به کمک اطلاعات اولیه سونداژهای الکتریکی انجام شده، مقدار تخلخل بر اساس معادله ۱۲ تخمین زده شود. نتایج نشان داد که مقدار تخلخل در بخش غربی دشت به علت تشکیل شدن از ذرات ریزدانه حاصل از فرسایش

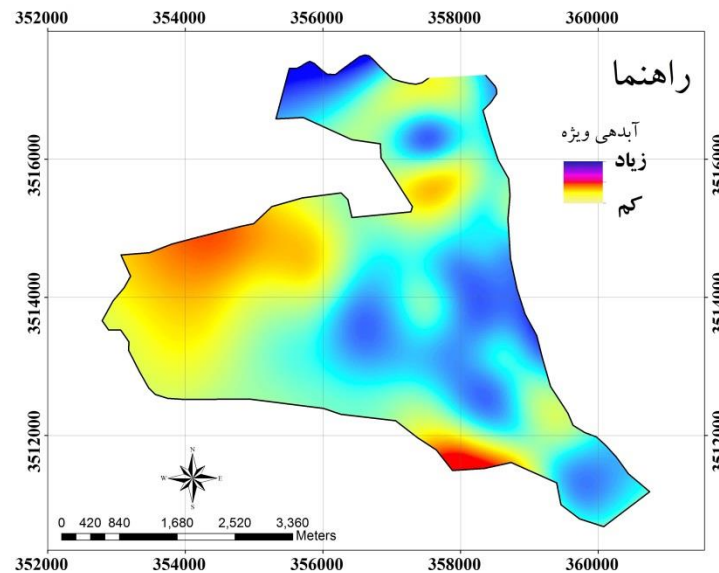


شکل ۶- نقشه تخلخل آبخوان گلگیر.

تخمین آبدهی ویژه

سونداژ الکتریکی قائم با استفاده از نرم افزار IPI2win و تکنیک یکسان سازی منحنی جزئی معمولی انجام شد (اورلانا و مونی، ۱۹۶۶؛ کلر و فریسنجت، ۱۹۶۶؛ کوفود، ۱۹۷۹). مقاومت لایه و ضخامت بدست آمده تخمینی به کمک کامپیوتر تفسیر شد. از برنامه IPI2win به منظور تفسیر داده ها استفاده شد. تغییرات آبدهی ویژه در شکل ۷ نشان داده شده است. در منطقه مورد مطالعه، مقدار آبدهی ویژه از ۰/۰۴ تا ۰/۱۵ با میانگین ۰/۱ است (جدول ۱).

مهمترین مولفه در تخمین مقدار تغذیه یک حوضه یا دشت با استفاده از روش نوسانات سطح آب زیرزمینی (WTF)، مقدار Sy است. روش های گوناگونی برای تعیین مقدار Sy وجود دارد که استفاده از این روشها بستگی به داده های موجود، هیدروژئولوژی و زمین شناسی منطقه دارد. در این مطالعه به منظور تعیین مقدار Sy از داده های ژئوالکتریکی، تعداد ۴۴ سونداژ الکتریکی قائم انجام شده در دشت گلگیر مورد استفاده گرفت. تفسیر اولیه داده های



شکل ۷- نقشه آبدهی ویژه آبخوان گلگیر.

نتیجه گیری

در این تحقیق تلاش گردید تا روابط بین هدایت هیدرولیکی و مقاومت سازند در منطقه مورد مطالعه مشخص شود. بر این اساس از رابطه تحلیلی با ضریب همبستگی ۰/۷۵ بین فاکتور سازند (F) و هدایت هیدرولیکی به منظور تخمین نقشه ضریب قابلیت انتقال استفاده گردید. همچنین، نقشه های تخلخل و آبدهی ویژه در محدوده مورد مطالعه با استفاده از سونداژ ژئوالکتریکی قائم و آنالیز آب انجام شده بر روی چاه های انتخابی تهیه شد. با توجه به نتایج، حداقل و حداکثر آبدهی ویژه در آبخوان آبرفتی دشت گلگیر به ترتیب ۰/۰۴ در بخش غربی و

مطابق شکل ۷ از غرب به شرق دشت با افزایش رسوبات ناشی از فرسایش سازند آهکی (تاقدیس آسماری) مقدار تخلخل به علت افزایش اندازه ذرات بیشتر شده و در نتیجه این افزایش اندازه ذرات مقدار آبدهی ویژه به دلیل کاهش سطح کلی ذرات و کاهش نگهداشت آب، نیز افزایش پیدا کرده است. محدوده مقادیر تخلخل و آبدهی ویژه در رسوبات متفاوت دشت مورد مطالعه مربوط به اندازه، جنس و سیمان شدگی رسوبات آبرفتی دشت است که مقادیر بدست آمده با نتایج بدست آمده از مطالعات لاگ چاه های اکتشافی و مشاهداتی حفاری شده توسط سازمان آب و برق خوزستان در دشت گلگیر تطابق دارد.

مهندسين مشاور كمياب گستر جنوب، ۱۳۸۵. مطالعات نيمه
تفصيلی آبهای زیرزمینی محدوده مطالعاتی گلگیر.
سازمان آب و برق خوزستان.

نخعی، م.، افشار، م.، ۱۳۹۰. ارزیابی روش آزمون تک چاهی
جهت تعیین ضرایب هیدرودینامیک آبخوان.
مجموعه مقالات پانزدهمین همایش انجمن
زمین‌شناسی ایران، ۲۳-۲۴ آذر، دانشگاه تربیت
معلم تهران، تهران.

نخعی، م.، راهبر، ا.، ۱۳۸۷. برآورد پارامترهای
هیدرودینامیکی سفره محبوس دشت سوهان به
روش رگرسیون فازی اصلاح شده. مجموعه مقالات
دوازدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، ۳۰
بهمن تا ۲ اسفند، شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب،
اهواز.

- Amirabdollahian, M., & Datta, B., 2013. Identification of Contaminant Source Characteristics and Monitoring Network Design in Groundwater Aquifers: An Overview. *Journal of Environmental Protection*, 4, 26-41.
- Archie GE, 1942. The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics. *Transactions of the AIME*, 146(01), 54-62..
- Bobachev, C., 2002. IPI2Win: A windows software for an automatic interpretation of resistivity sounding data. *Moscow State University*, 320.
- Chandra, S., Ahmed, SH., Ram, A., Dewandel, B., 2008. Estimation of hard rock aquifers hydraulic conductivity from geoelectrical measurements: A theoretical development with field application. *Journal of Hydrology*, 357, 218-227.
- Chen, J., Hubbard, S., Rubin, Y., 2001. Estimating the hydraulic conductivity at the south Oyster site from geophysical tomographic data using Bayesian techniques based on the normal linear regression model. *Water Resources Research*, 37 (6), 1603 - 1613.
- Chukwudi, C. E., 2011. Geoelectrical studies for estimating aquifer hydraulic properties in Enugu State, Nigeria. *International Journal of Physical Sciences*, 6(14), 3319-3329.
- Fitts, CR., 2002. *Groundwater Science*. Elsevier Science Publication, the Netherlands. 405 p.
- Freeze, RA., Cherry, JA., 1979. *Groundwater*. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall, Inc. 604 p.
- Frohlick, RK., Kelly, WE., 1985. Estimates of specific yield with the geoelectric resistivity method in glacial aquifers. *Journal of Hydrology*, 97, 33- 44.
- George, N. J., Ibuot, J. C., & Obiora, D. N., 2015. Geoelectrohydraulic parameters of shallow sandy aquifer in Itu, Akwa Ibom State (Nigeria) using geoelectric and hydrogeological measurements. *Journal of African Earth Sciences*, 110, 52-63.

رسی دشت و ۰/۱۵ در بخش شرقی با واریزه های آهکی با میانگین ۰/۱ تخمین زده شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که روش مقاومت ویژه الکتریکی با تمام مسائل و مشکلات برای برآورد پارامترهای اولیه مورد نیاز، قادر به تخمین قابل قبولی از پارامترهای هیدروژئولوژیکی آبخوان می‌باشد. پارامترهای هیدرولیکی و ژئوالکتریکی تخمینی و ارائه شده بدون شک در برنامه مربوط به حفر چاه‌ها و توسعه بانک اطلاعاتی و بهره‌برداری از آب زیرزمینی کمک شایانی می‌کند. در نهایت، مطالعات نشان دادند که امکان بدست آوردن نتایج کمی از سونداژ الکتریکی قائم برای تعیین ویژگی‌های هیدرولیکی آبخوان‌ها مفید است.

منابع

- اصغری مقدم، ا.، مزروعی، ع.، ۱۳۸۲. محاسبه و بسط ضریب قابلیت انتقال با استفاده از داده‌های ظرفیت ویژه و ژئوفیزیک جهت غلبه بر عدم قطعیت مدل ریاضی آبخوان دشت آذرشهر. هفتمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، ۴-۶ شهریور، دانشگاه اصفهان، اصفهان.
- اصغری مقدم، ا.، نورانی، و.، کرد، م.، ۱۳۸۷. استفاده از الگوریتم ژنتیک برای تخمین پارامترهای هیدرولیکی سفره آزاد. مجله آب و فاضلاب، بهار ۱۳۸۸، دوره ۲۰، شماره ۱، ص ۷۳-۷۹.
- چیت‌سازان، م.، اورنگ، م.، ۱۳۹۰. مدل سازی و مدیریت منابع آب زیرزمینی دشت گلگیر با تاکید بر امکان‌سنجی و تاثیر سد زیرزمینی. پایان نامه کارشناسی ارشد آبهای زیرزمینی، دانشکده علوم زمین و GIS، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۸۰ ص.
- درویش زاده، ع.، ۱۳۷۰. زمین‌شناسی ایران. موسسه انتشارات امیرکبیر تهران، ۹۰۱ ص.
- محمدی، ض.، ۱۳۸۹. بکارگیری روش های ژئواستاتیستیکی جهت برآورد توزیع مکانی هدایت هیدرولیکی در دشت گل‌گیر و مقایسه آن با نتایج مدل ریاضی. سازمان آب و برق خوزستان، ۱۹۶ ص.

- Mazac, O., Kelly, WE., 1985. A hydrogeophysical model for relations between electrical and hydraulic properties of aquifers. *Journal of Hydrology*, 79, 1-19.
- Orellana, E., Mooney, HM., 1966. Master tables and curves for vertical electrical sounding over layered structures. *Interscience Madrid*, 66 p.
- Perdomo, S., Ainchil, J.E., Kruse, E., 2014. Hydraulic parameters estimation from well logging resistivity and geoelectrical measurements. *Journal of Applied Geophysics*, 105, 50-58.
- Samani, N., Gohari-Moghadam, M., & Safavi, A. A., 2007. A simple neural network model for the determination of aquifer parameters. *Journal of Hydrology*, 340, 1-11.
- Schimschal, U., 1981. The relationship of geophysical measurements to hydraulic conductivity at the Brantley dam site. *New Mexico, Geoprospection*, 19, 115 - 125.
- Singh, KP., 2005. Nonlinear estimation of aquifer parameters from surficial resistivity measurements. *Hydrol. Earth Sys. Sci. Discuss*, 2, 917 - 938.
- Taheri Tizro, A., Voudouris, K., Basami, Y., 2012. Estimation of porosity and specific yield by application of geoelectrical method - A case study in western Iran. *Journal of Hydrology*, 454, 160-172.
- Todd, D. K., & Mays, L. W., 2005. *Groundwater Hydrogeology*, New York, John Wiley and Sons, 636p.
- Urish, DW., 1987. Electrical resistivity-hydraulic conductivity relationships in glacial outwash aquifers. *Water Resources Research*, 175, 1401 - 1408.
- Haddad, O., Nesheli, S., & Mariño, M., 2014. Discussion of "Simulation-Optimization Model for In Situ Bioremediation of Groundwater Contamination Using Mesh-Free PCM and PSO" by Meenal Mategaonkar and T. I. Eldho. *Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste*, 18, 207-218.
- Huntly, D., 1986. Relations between permeability and electrical resistivity in granular aquifers. *Ground Water Journal*, 24, 466-474.
- Jimmy George, N., Cletus Ibuot, J., Nnaemeka Obiora, D., 2015. Geoelectrohydraulic parameters of shallow sandy aquifer in Itu, Akwa Ibom State Nigeria using geoelectric and hydrogeological measurements. *Journal of African Earth Sciences*, 110, 52-63.
- Kazakis, N., Vargemezis, G., Voudouris, KS., 2016. Estimation of hydraulic parameters in a complex porous aquifer system using geoelectrical methods. *Science of the Total Environment*, 550, 742-750.
- Keller, GV., Frischknecht, FC., 1966. *Electrical methods in Geophysical Prospecting*. Pergamon Press, 517 p.
- Kelly, WE., 1979. Geoelectric sounding for estimating aquifer hydraulic conductivity. *Ground Water Journal*, 506, 420 - 425.
- Koefoed, O., 1979. *Geosounding principles. I*. Elsevier, Amsterdam. 276p.
- Koinski, WK., Kelly, WE., 1981. Geoelectric soundings for predicting aquifer properties. *Ground Water Journal*, 19 (2), 163-171.
- K'Orowe, MO., Nyadawa, MO., Singh, VS., Rangarajan, R., 2012. Geo-electrical resistivity and groundwater flow models for characterization of a hardrock aquifer system. *Global Advanced Research Journal of Physical and Applied Sciences*, 1(1), 012-031.