# تعیین ویژگیهای آب زیرزمینی دشت شیرین آب در جنوب غرب ایران با روش مقاومت الکتریکی

#### لطيف صمدى (اوم و محمد نخعى

۱. استادیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه خوارزمی تهران
۲. دانشیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه خوارزمی تهران

تاریخ دریافت: ۸۸/۳/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۱/۱۰

#### چکیدہ

در این تحقیق ویژگیهای آب زیرزمینی نظیر عمق، ضخامت، زون های مستعد، منبع شوری و زمین شناسی زیر سطحی در حوضه شیرین آب در جنوب غرب ایران با استفاده از سونداز الکتریکی قائم (VES) و اطلاعات چاههای بهرهبرداری تعیین شده است. در این منطقه بدلیل بالا بودن نرخ رشد جمعیت، نیاز به منابع جدید آب افزایش یافته و در اثر ازدیاد برداشت، منابع موجود آب شرب و کشاورزی تهدید می شود. در این منطقه تعداد ۱۷۰ سونداژ الکتریکی در ۱۹ پروفیل با آرایه شلومبرژه اجرا شده است. بیشترین فاصله بین الکترودهای جریان (AB) ۰۰۰۰ متر است. در این تحقیق نتایج زیر بدست آمده است: ۱- محدوده مورد مطالعه آبخوان آبرفتی است و توسط طاقدیس کوهانک به دو ناحیه شمالی و جنوبی تقسیم شده است. ۲– با استفاده از نتایج پردازش نمودارهای الکتریکی و تغییرات مقاومت الکتریکی، زونهای شور و شیرین و مرز آنها تفکیک شده است. ۳- نقشه تغییرات رسانایی الکتریکی و میزان کلر در نمونههای آب چاههای بهرهبرداری همبستگی خوبی دارند و نشان می دهند که شوری عامل اصلي كنترل كننده مقاومت الكتريكي است. ۴- مقاومت الكتريكي ويژه أبخوان در نيمه شمالي دشت ١٣ تا ۳۸۰ اهم متر و در نیمه جنوبی ۴ تا ۲۱۹ اهم متر است. ۵- با توجه به مسیر و سرچشمه رودخانه شور آب و همچنین جهت جریان آب زیر زمینی به نظر میرسد تشکیلات ماسهای – مارنی سازند آغاجاری منبع اصلي شوري آب دشت ميباشد. ۶- نقشه تغييرات مقاومت الكتريكي عرضي (RT) در محدوده دشت محاسبه و رسم شده است. با توجه به اينكه مقاومت الكتريكي عرضي با تراوايي أبخوان متناسب مي باشد با استفاده از این نقشه، زونهای مستعد جهت حفر چاههای بهرهبرداری تفکیک شده اند.

واژههای کلیدی: سونداژ الکتریکی قائم(VES)، مقاومت عرضی(RT)، شوری، حوضه شیرین آب، ایران

#### مقدمه

شناخت ویژگیهای آبخوان در مدیریت منابع آب زیرزمینی از اهمیت زیادی برخوردار است. این پارامترها معمولا با کمک آزمایش پمپاژ تخمین زده میشوند. تعداد چاههای موجود در منطقه ممکن است از یک سو محدود باشد و از سوی دیگر انجام آزمایش پمپاژ زمان بر و پر هزینه است. روشهای ژئوفیزیکی بخصوص ژئوالکتریک، روش مناسب در تعیین پارامترهای آبخوان است. روش ژئوالکتریک از یک سو کم هزینه بوده و از

در مطالعات سفرههای آب زیرزمینی از کمیت مقاومت عرضی استفاده می شود و بصورت حاصل ضرب ضخامت سفره در مقاومت الکتریکی ویژه تعریف می شود. مقاومت عرضی کمیت مرکبی است که ارتباط مستقیم با تراوایی هیدرولیکی آبخوان دارد (Niwas and Singhal, 1981). در مناطقی که آزمایش پمپاژ

سوی دیگر می تواند بطور موثر در تخمین میزان آب، مدیریت و کنترل کیفیت آب، تعیین سطح (عمق) آب، ضخامت آبخوان و سنگ کف استفاده شود (Hubbard and Rubin, 2002).

<sup>\*</sup> نويسنده مرتبط Ls\_geo2000@yahoo.com

تعیین ویژگیهای آب زیرزمینی دشت شیرین آب در ...

وجود ندارد از تحلیل نمودارهای سونداژ الکتریکی می توان ضخامت و مقاومت الکتریکی آبخوان و در نتیجه مقاومت عرضی آن را محاسبه کرد. منطقه شیرین آب در جنوب غرب ایران و در شمال شرق اهواز قرار دارد. در این منطقه به دلیل بالا بودن نرخ رشد جمعیت از یک سو نیاز به منابع جدید آب افزایش یافته و از سوی دیگر منابع موجود آب شرب و کشاورزی در اثر ازدیاد برداشت تهدید می شود. در این منطقه آب زیر زمینی منبع اصلی برای مصارف شرب و کشاورزی است.

این تحقیق در چارچوب برنامه مطالعات ملی برای تعیین ویژگی سفره و کیفیت آب در محدوده شیرین آب اجرا شده است. هدف این مقاله استفاده از دادههای مقاومت الکتریکی و پردازش نمودارهای سونداژ الکتریکی برای شناخت هندسه سفره، ضخامت آبرفت، عمق سطح آب، تعیین سنگ کف، شناسایی زون های مستعد و تراوا و تفکیک زونهای شور و شیرین در بستر دشت برای حفاظت، ذخیره و عرضه آب است.

## زمينشناسي منطقه

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه ۳۲°, ۱۰ – ۳۳°, ۲۷ شمالی و ۴۸°, ۳۰ – ۴۵′, ۴۸ طول شرقی است. طول محدوده بطور متوسط ۳۵ کیلومتر، گسترش عرضی آن حدود ۱۱ کیلومتر و مساحت محدوده حدود ۳۶۵ کیلومتر مربع است. محدوده مورد مطالعه ازشرق و شمال شرق به ارتفاعات زرد آب بید و کوه تدریه و از غرب به اراضی زمینهای شبکه کرخه و دز محدود است (شکل ۱). رودخانههای شیرین آب و شور آب که از ارتفاعات

شرق محدوده سرچشمه می گیرند از میانه دشت می گذرند. از نظر زمین شناسی منطقه شیرین آب در حوزه رسوبی پهنه ایران جنوبی (ورق زاگرس) قرار دارد. زاگرس از نظر ریخت شناسی از شمال شرق به جنوب غرب شامل زاگرس مرتفع، زاگرس چین خورده و دشت خوزستان است (آقانباتی، ۱۳۸۵).

زاگرس مرتفع با پهنای ۱۰ تا ۶۵ کیلومتر به صورت نواری کم پهنا است و بلندترین قسمتهای رشته کوههای زاگرس را تشکیل میدهد (شکل ۱). سنگهای تشکیلدهنده ارتفاعات در زاگرس مرتفع بیشتر از نوع مارن، رادیولاریت، افیولیت و انباشتههای آواری است. از ویژگیهای زاگرس مرتفع وجود راندگی فراوان است (آقانباتی، ۱۳۸۵).

زاگرس چین خورده با پهنای ۱۵۰ تا ۲۵۰ کیلومتر ناوه حاشیهای سپر عربستان است که در مزوزوئیک و سنوزوئیک در حال نشست پیوسته بوده است. در زاگرس چین خورده رخنمونی از سنگهای پرکامبرین دیده نشده است (آقانباتی، ۱۳۸۵).

سرزمین خوزستان از نظر زمین شناسی ساختمانی قسمتی از زاگرس چین نخورده است. این بخش از حوزه زاگرس، توپوگرافی همواری دارد. از ویژگیهای سرزمین خوزستان تشکیل چینهای ملایم با روند شمالی جنوبی است. آبهای روان مواد حاصل از فرسایش کوههای زاگرس را در سطح چین ساختمانی متراکم نموده و شکل کنونی به آن بخشیده است. مقطع تیپ سنوزوئیک (پالئوسن – الیگو میوسن) در زاگرس بترتیب از عمق به سطح، شامل سازندهای پابده (شیل و آهک مارنی)، آسماری (ماسه سنگ آهکی)، گچساران (تناوب آهک نازک



شکل ۱. نقشه موقعیت محدوده مورد مطالعه در دشت تالوگ

لایه، شیل و انیدریت)، میشان(مارن و آهک)، آغاجاری(ماسه سنگ، مارن ژیپسدار و سیلتستون) و کنگلومرای بختیاری است آغاجاری به نام بخش لهبری از سیلت استون رنگین، ژیپس، مارن سیلتی و ماسه سنگ است. عموما سنگ کف در حوزه شیرین آب از کنگلومرای بختیاری و سازند آغاجاری تشکیل شده است. در قسمت میانی حوزه، رخنمونی از کنگلومرای بختیاری و آغاجاری در طاقدیس کوهانک مشاهده میشود(شکل ۲). سطح محدوده مطالعات از رسوبات جوان تشکیل شده است. این رسوبات است که از تخریب و فرسایش ارتفاعات مجاور در شرق منطقه و حمل توسط رودخانه شیرین آب و شور آب که از میانه دشت عبور می کنند بوجود آمده است.

# شرايط هيدروژئولوژيكي منطقه

منطقه مورد مطالعه دارای آب و هوای گرم و خشک بوده و میانگین بارش سالیانه ۲۵۰ میلی متر است (Rouhipour, 2006). رود کارون، بزرگترین رودخانه ایران در این استان جریان دارد. بیش از یک سوم کل آبهای سطحی ایران بالغ بر ۹۶ بیلیون متر مکعب وارد استان خوزستان می شود. با این وجود بیشتر ساکنین مناطق مرکزی و جنوبی با کمبود آب مخصوصا در تابستان مواجه هستند (Afkhami et al., 2007). رودخانههای شیرین آب و شور آب که از ارتفاعات شمال شرق سرچشمه می گیرند از میانه دشت می گذرند (شکل ۲). به نظر می رسد این رودخانهها از زون گسکی عبور می کنند. این سفره عموما توسط بارش سالیانه و جریان آبهای سطحی که از ارتفاعات شرق منطقه سرچشمه می گیرد تغذیه شده و توسط جریانهای زیر زمینی بطور طبیعی



شکل۲. نقشه زمینشناسی محدوده دشت تالوگ

تعیین ویژگیهای آب زیرزمینی دشت شیرین آب در ...

به رودخانه شیرین آب و همچنین رود کارون در جنوب شرق محدوده تخلیه می شود. آب دشت بصورت مصنوعی از طریق چاههای بهرهبرداری که در محدوده دشت حفاری شدهاند تخلیه می شود. از این چاهها بیشتر برای کشاورزی استفاده می شوند. توسعه سریع کشاورزی در منطقه موجب افزایش نیاز به آب شده است. مشاهدات نشان می دهند که سطح آب در منطقه کاهش می یابد. دلیل این افت ناشی از برداشت زیاد آب در مقایسه با میزان تغذیه طبیعی در سالهای اخیر است.

این مطالعه بر اساس دادههای ۱۷۰ سونداژ الکتریکی قائم، اطلاعات لیتولوژی و آنالیز شیمیایی نمونههای آب در ۲۰ حلقه چاه بهرهبرداری است. از پردازش مجموعه دادهها برای محاسبه شرایط ساختمانی و هیدروژئولوژی تا عمق ۲۵۰ متر استفاده شده است. بر اساس نتایج این مطالعات، کیفیت آب زیرزمینی و محدوده مناسب برای توسعه چاههای بهرهبرداری نیز تعیین شده است.

# سونداژ الكتريكى قائم

هر چند روشهای سونداژ الکتریکی و الکترومغناطیسی متعددی نظیر سونداژ مگنتو تلوریک'، سونداژ فرکانسی'، سونداژ گذری در حوزه زمان" توسعه یافتهاند، اما روش سونداژ الکتریکی قائم<sup>†</sup> بدلیل سادگی، کم بودن هزینه اجرا و مفید بودن، کاربرد زیادی در حل ابهامات آب زیرزمینی آبرفتی، کارستی و تشکیلات زمین شناسی سخت پیدا کرده است. اولین بار سونداژ الکتریکی قائم (VES) در سال ۱۹۱۲ توسط کونراد شلومبرژه اجرا شده است (Koefoed, 1979, Matviev, 1982).

اصول فیزیکی روش VES در سال ۱۹۲۰ توسعه یافته است (Gish and Rooneys, 1925). در روش سونداژ الکتریکی قائم، رابطه بین مقاومت الکتریکی مواد با عمق مطالعه می شود. مقاومت الکتریکی مواد به عوامل داخلی (ترکیب کانی شناسی و ساختمان درونی) و عوامل خارجی (تخلخل، درزو شکاف، آب زیر زمینی، میزان شوری، لیتولوژی سفره، درجه حرارت و...) بستگی دارد (Khemelevskoy and Shevnin, 1994).

در روش VES، جریان الکتریکی ثابت از طریق زوج الکترودهای تغذیه(AB) به زمین ارسال شده و اختلاف پتانسیل الکتریکی از طریق زوج الکترودهای پتانسیل(MN) اندازه گیری میشوند. عمق نفوذ جریان الکتریکی به فاصله الکترود های تغذیه(AB) بستگی دارد. با تغییر دادن فاصله بین الکترودهای تغذیه می توان لیتولوژی مقطع را در راستای عمودی تفکیک نمود. امروزه روش VES کاربرد زیادی در اکتشافات منابع آب زیر

زمینی و تعیین ویژگی های سفره آب زیرزمینی پیدا کرده است. از سونداژ الکتریکی قائم در مطالعات هیدروژئولوژی جهت تعیین عمق، ضخامت و مرز آبخوان ;Ibe Sr and Uzoukwu, 2001; ناودگی آب زیرزمینی ,Kelly, 2001; Kelly) (Awni, 2006; El-)، آلودگی آب شور و شیرین –Awni, 2006; El-(Jackson, et )، تخلخل سفره (Wahedi, 1992; Mohamed, 2006) (Singhal et al., 1998)، تخلخل سفره ;(Auly, 1978) (Kelly, 1977)، هدایت هیدرولیکی سفره ;Yadav and Abolfazl, 1998) (Kelly, 1977)، استفاده می شود.

مقاومت عرضی<sup>2</sup> که بصورت حاصل ضرب ضخامت سفره در مقاومت الکتریکی ویژه تعریف میشود کمیت مرکبی است که ارتباط مستقیم با تراوایی هیدرولیکی آبخوان<sup>۷</sup> دارد. با معلوم بودن ضخامت و مقاومت الکتریکی حقیقی لایه ها که از تفسیر داده های سونداژ الکتریکی حاصل میشوند، مقاومت عرضی (T) آبخوان محاسبه می شود. رابطه تجربی زیر بین مقاومت الکتریکی عرضی و تراوایی وجود دارد. این رابطه در سال ۱۹۸۱ توسط نیواس و همکاران ارائه شده است (Niwas and singhal, 1981): (1)

در رابطه (۱)، 'T- تراوایی آبخوان، T- مقاومت عرضی، K- نفوذ پذیری هیدرولیکی<sup>^</sup> و σ رسانایی الکتریکی ویژه است. T یکی از پارامتر های دارزاروک<sup>۹</sup> است و به صورت زیر تعریف می شود: (۲)

در رابطه(۲)، h و ρ بترتیب ضخامت و مقاومت الکتریکی ویژه لایه است. تحقیقات نشان می دهد در مناطقی که از زمین شناسی و کیفیت آب مشابه برخوردار هستند کمیت Ko ثابت بوده و رابطه بین تراوایی و مقاومت عرضی خطی است Koo(Kosinski and) رابطه بین تراوایی و مقاومت عرضی کمیتی است که که آزمایش پمپاژ وجود ندارد مقاومت عرضی کمیتی است که روند تغییرات آن با تراوایی آبخوان متناسب است.

#### برداشت و تحلیل دادهها

مطالعات صحرایی و سونداژهای ژنوالکتریکی در بهار ۱۳۸۷ انجام گرفته است. در این مطالعه تعداد ۱۷۰ سونداژ الکتریکی با آرایه شلومبرژه در ۱۹ پروفیل طولی اجرا شده است (شکل ۳). فواصل پروفیل های ژنوالکتریکی بین ۱ تا ۱۵/۵ کیلومتر و فواصل سونداژها حدود ۱ کیلومتر است. مختصات جغرافیایی نقطههای سونداژ با GPS برداشت شده است. با توجه به موقعیت محل های سونداژ الکتریکی، ماکزیمم فاصله بین الکترودهای تغذیه (AB) از ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ متر است.

<sup>1-</sup> Magnetotelluric

<sup>2-</sup> Frequency Sounding (FS)

<sup>3-</sup> Transit Sounding (TS), Time Domain

<sup>4-</sup> Electromagnetic Sounding (TDEM)

<sup>5-</sup> Vertical Eelectrical Sounding (VES)

<sup>6-</sup> Transverse resistivity

<sup>7-</sup> Aquifer transimissivity8- Hydraulic permeability

<sup>9-</sup> Dar-zarouk

لطيف صمدي و محمد نخعي



رایانه ای با توجه به ویژگی های مقطع ژئوالکتریکی و اطلاعات زمین شناسی، برای هر نقطه سونداژ یک مدل اولیه تخمین زده می شود و با مقایسه منحنی صحرایی و منحنی مدل(تئوری) در چند مرحله با تغییر دادن پارامترهای مدل، بهترین انطباق بین منحنی صحرایی و تئوری حاصل می شود که این مرحله را حل وارون<sup>۲</sup> می گویند. پارامترهای مدل در نهایت بعنوان پارمتر مقطع منظور می شود. در سونداژ الکتریکی قائم(VES) مقاومت الکتریکی ظاهری، تابع ضخامت و مقاومت الکتریکی ویژه حقیقی لایه ها است. بدلیل وجود اصل هم ارزی در منحنی های سونداژ الکتریکی از اطلاعات لیتولوژی تعداد ۲۰ حلقه چاه آب بهره بر داری در محل سونداژها استفاده شده است. در این چاهها

معمولا دادههای سونداژ الکتریکی با کمک منحنیهای الگوی دو لایه، سه لایه و یا با استفاده از برنامه کامپیوتری تفسیر میشوند (Khemelevskoy and Shevnin, 1994). در این پروژه مطالعاتی به موازات برداشت صحرایی، برای هر نقطه، مقاومت الکتریکی ویژه ظاهری برحسب AB/2 در مقیاس لگاریتمی رسم شده و با استفاده از منحنیهای الگوی دولایه روند تغییرات مقطع و همچنین کیفیت دادهها در صحرا کنترل شده است. اصول تبدیل منحنیهای سونداژ الکتریکی به ضخامت و مقاومت الکتریکی ویژه حقیقی لایه ها توسط کفود و دیگران پایه گذاری شده است ویژه مقاوم از برنامه رایانهای استفاده شده است. در روش نهایی دادهها از برنامه رایانهای استفاده شده است. در روش

1- Master curve

<sup>2-</sup> Inversion



مقطع ژئوالکتریکی پروفیل H را بعنوان نمونه نشان می دهد. پروفیل H از میانه دشت عبور می کند (شکل ۳). به طوریکه در مقطع H دیده می شود اولا محدوده دشت توسط طاقدیس کوهانک به دو قسمت شمالی و جنوبی تقسیم شده است و ثانیا ساختار دشت در هر دو نیمه از سه لایه اصلی شامل: آبرفت خشک، آبرفت آبدار و سنگ کف تشکیل شده است. سنگ کف در محدودههای منتهی به طاقدیس، از سازند آغاجاری و در بقیه قسمتها از کنگلو نیمه شمالی دشت در مجموعه پروفیل ها در آبرفت خشک، اشباع، سنگ کف (بختیاری و آغاجاری) بترتیب ۲۰، ۱۵۱، ۵۴ و ۶ اهم متر و در نیمه جنوبی بترتیب ۱۰، ۵۵، ۵۰ و ۵ اهم متر است. عمق و ضخامت متوسط لایه آبدار در ضلع شمالی بترتیب ۲۹ و ۶۸ متر و در نیمه جنوبی بترتیب ۸۱ و ۱۰۰ متر است. اطلاعات مربوط به سطح آب، لیتولوژی، هدایت الکتریکی (EC) و آنالیز شیمیایی درج شده است. از تفسیر نمودار های سونداژ الکتریکی در هر نقطه، ضخامت و مقاومت الکتریکی حقیقی لایهها محاسبه شده است. در تفسیر کمی دادهها از نرم افزار IPI2win استفاده شده است (Bobachev, 1994). بدلیل استفاده از اطلاعات چاه های موجود در مراحل تفسیر، نتایج بدست آمده از دقت بالایی برخوردار است. پارامتر های هیدروژئولوژیکی دشت شیرین آب در جدول ۱ خلاصه شده است.

### بحث و بررسی

نتایج پردازش نمودارهای الکتریکی در هر پروفیل بصورت مجموعهای از مقاطع ژئوالکتریکی محاسبه شده و خلاصهای از پارامترهای این پروفیلها در جدول ۱ بیان شده است. شکل ۴

Aquifer parameter	North part	South part		
Alluvium resistivity range (Ohm-m)	۷۳۰-۸	QQ2-6		
Aquifer resistivity range (Ohm-m)	۳۸۰-۱۳	719-F		
Bedrock (Bakhtyari Fm) resistivity range(Ohm-m)	711-18	109-72		
Bedrock (Aghajari Fm) resistivity range(Ohm-m)	17-1	14		
Ground water depth, m	87-7	44-7		
Aquifer thickness, m	101.	۲۰۰–۳۰		
EC range Mmose/Cm	۳۰۰۰_۶۰۰	۳۰۰۰-۱۲۰۰		
Chloride concentration range, mg/l	22-22	۳۲_۴		

مطالعه	مورد	دشت	<u>ۇ</u> ژىكى	هيدروژئولو	های	پارامتر	۱.	ىدول
--------	------	-----	---------------	------------	-----	---------	----	------



شکل ۵. منحنی تغییرات رسانایی الکتریکی در نمونههای چاههای بهرهبرداری

خلاصهای از پارامترهای الکتریکی محدوده دشت بیان شده است. با استفاده از نتایج آنالیز ژئوشیمیایی نمونههای آب در چاه های بهره برداری، منحنیهای تغییرات رسانایی الکتریکی و میزان کلر بترتیب در شکل های ۵ و ۶ رسم شده اند. دامنه تغییرات رسانایی الکتریکی در نیمه شمالی و جنوبی دشت بترتیب ۶۰۰ تا ۲۰۰۰ کلر در نیمه شمالی و جنوبی بترتیب ۲ تا ۲۲ و ۴ تا ۳۲ میلی گرم در لیتر است. نقشه تغییرات مقاومت عرضی (RT) آبخوان در محدوده دشت در شکل ۷ رسم شده است.

نقشه (RT) نشان میدهد که در نیمه شمالی طاقدیس کوهانک(areal)، قسمتهای شمال غرب و جنوب شرق برای توسعه منابع آب و بهرهبرداری مناسب است. در این محدوده میزان مقاومت عرضی از ۵۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰ اهم- متر مربع است.

در قسمت مرکزی در مسیر رودخانههای شیرین آب و شور آب، میزان مقاومت عرضی کمتر از ۵۰۰۰ اهم – متر مربع است و این محدوده برای توسعه مناسب نیست. در نیمه جنوبی طاقدیس کوهانک (area2 در شکل ۷) محدودههای غرب و جنوب مرکزی دشت از پتانسیل خوبی برخوردار است. با توجه به شکل ۷ عموما از شمال به جنوب و جنوب شرق مقاومت عرضی و در نتیجه تراوایی هیدرولیکی کاهش مییابد. مقایسه شکلهای ۵ و ۶ نشان میدهند که بین میزان غلظت کلر موجود در آب و رسانایی الکتریکی همبستگی خوبی وجود دارد به طوریکه شوری یکی از عوامل اصلی در کنترل مقاومت الکتریکی است. این موضوع موجب شده است که نقشه RT نیز با دو نقشه شکلهای ۵ و مهر خوان باشد و در زونهای شور (کلر و EC بالا) میزان مقاومت عرضی کاهش یابد. با توجه به سرچشمه و مسیر جریان



شکل ۶. منحنی تغییرات میزان کلر در نمونههای چاههای بهرهبرداری

شده است و در هر بخش از سه لایه اصلی آبرفت خشک، آبخوان و سنگ کف تشکیل شده است.

۲- ضخامت متوسط لایههای خشک، اشباع در نیمه شمالی دشت بترتیب ۲۹ و ۶۹ متر و در نیمه جنوبی ۱۸ و ۱۰۰ متر است. مقاومت الکتریکی ویژه متوسط در آبرفت خشک، اشباع و سنگ کف (بختیاری و آغاجاری) در نیمه شمالی بترتیب ۲۷۰ ۱۵۱، ۵۴ و ۶ اهم متر و در نیمه جنوبی بترتیب ۱۱۰، ۳۵، ۵۰ و ۵ اهم متر است.

 ۳- مقاومت الکتریکی آبخوان از شمال غرب به جنوب و جنوب شرق کاهش می یابد. با توجه به نقشه تغییرات میزان کلر
و EC، علت این کاهش می تواند ناشی از افزایش شوری باشد.
۴- با توجه به نقشه مقاومت عرضی (RT)،، پتانسیل آبخوان
در محدوده مطالعات تعیین شده است. نقشه RT نشان می دهد رود خانه شور آب که از شمال به جنوب جریان دارد و همچنین جهت جریان آب زیر زمینی در سفره که از شمال غرب به جنوب و جنوب شرق میباشد، به نظر میرسد عامل شوری، ناشی از سازند آغاجاری در سرچشمه رودخانه شور آب بوده و وارد سفره آب زیرزمینی می شود.

# **نتیجه گیری**

نتایج مطالعات نشان میدهد روش ژئوالکتریک (VES) ابزار قوی در مطالعات هیدروژئولوژی و شناخت ویژگیهای آبخوان است. از تفسیر مجموعه داده های ژئوالکتریکی در محدوده دشت شیرین آب نتایج زیر حاصل شده است: ۱- آبخوان آبرفتی در راستای شمال غرب – جنوب شرق توسط طاقدیس کوهانک به دو بخش شمالی و جنوبی تقسیم

لطيف صمدي و محمد نخعي



که محدوده شمال غرب و جنوب شرق در نیمه شمالی دشت و **سپاسگزاری** محدوده های جنوب غرب در نیمه جنوبی دشت پتانسیل بالایی برای توسعه و بهرهبرداری دارند. محدودههای فوق تراوایی هيدروليكي بالايي دارند.

۵– همبستگی بین میزان کلر و مقاومت الکتریکی نشان می دهد که شوری عامل اصلی کنترلکننده مقاومت الکتریکی است. با توجه به سرچشمه و مسیر جریان رود خانه شور آب و همچنین **منابع** جهت جریان آب زیرزمینی سفره که از شمال غرب به جنوب – آقانباتی، س.ع.، ۱۳۸۵. زمین شناسی ایران، سازمان و جنوب شرق می باشد، به نظر می رسد علت شوری ناشی از 🦳 زمین شناسی و اکتشافات معدنی ایران. سازند آغاجاری در مسیر و سرچشمه رودخانه شور آب و ورود آن به سفره است.

نویسندگان مقاله از سازمان آب و برق خوزستان بدلیل حمایتهای مالی این پروژه مطالعاتی و تحقیقاتی و همچنین تامین اطلاعات چاههای موجود در منطقه، کمال تشکر و قدردانی را دارد.

- Afkhami, M., Shariat, N., Ghadri, H. and Nabizadeh, R., 2007. Developing a water quality management model

تعیین ویژگیهای آب زیرزمینی دشت شیرین آب در ...

for Karoon and Dez rivers. Iranian Journal Environmental Health Science Engineering. 4, 106.

- Awni, T.B., 2006. Use of electrical resistivity methods for detecting subsurface fresh and saline water and delineating their interfacial configuration: a case study of the eastern Dead Sea coastal aquifers, Jordan. Hydrogeology Journal, 14, 12, 77-83.

- Bobachev, A.A., 1994. IPI2Win software: http://geophys.geol.msu.ru/ipi2win.htm

- El-Wahedi, M.M., Merlanti, F. and Pavan, M., 1992. Geoelectrical resistivity survey of the central part of Azrak Basin (Jordan) for identifying saltwater/ fresh water interface. Journal of Applied Geophysics, 50, 125-133.

- Gish, O.H. and Rooney, W.J., 1925. Measurement of receptivity of large masses of undisturbed earth, Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity, 30, 161-188.

- Hubbard, S. and Rubin, Y., 2002. Hydrogeophysics: State-of-the-Discipline, EOS Article, 83, 51, 602-606.

- Ibe Sr, K.M. and Uzoukwu, S.C., 2001. An appraisal of subsurface geology and groundwater resources of owerri and environs Based based on electrical resistvity survey and borehole data evaluation. Environmental Monitoring and Assessment, 70, 303-321.

- Jackson, P.N., Taylor, S.D. and Stanford, P.N., 1978. Resistivity porosity particle shape relationships for marine sands. Geophysics, 43, 12, 50-68.

- Kaya, G.K., 2001. Investigation of ground water contamination using electric and electromagnetic methods at an open waste disposal site: a case study from Isparta, Turkey, Environmental. Geology. 14, 725-731.

- Kelly, W.E., 1977. Geoelectrical sounding for estimating aquifer hydraulic conductivity. Ground Water, 5, 420-425.

- Kelly, W.E., 1976. Geoelectrical sounding for delineating ground water contamination, Ground Water, 14, 6-11.

- Khemelevskoy, V.K., 1984. Geoelectrical prospecting, Moscow, MSU, 422.

- Khemelevskoy, V.K. and Shevnin, V.A., 1994. Resis-

tivity Method of Exploration, Moscow, MSU 160.

- Koefoed, O., 1979. Geosounding Principle-1, resistivity sounding mesurments Amsterdam, Elsevier, 276.

- Kosinski, W.K. and Kelly, E.W., 1981. Geoelectrical sounding for predicting aquifer properties. Ground Water, 19, 163-171.

- Matviev, B.K., 1982. Geoelectrical exploration, Moscow, Nedra, 380.

- Mohamed H. K., 2006. Geoelectric resistivity sounding for delineating salt water intrusion in the Abu Zenima area, west Sinai, Egypt. Journal of Geophysics and Engineering, 3, 243-251.

- National Iranian Oil Company (NIOC), 1967. Geological Compilation Map of Shushtar, scale 1:100,000.

- Niwas, S. and Singhal, D.C., 1981. Estimation of aquifer transmissivity from Dar Zarrouk parameters in porous media. Hydrology, 50, 393-399.

- Niwas, S. and Singhal, D.C., 1985. Aquifer transmissivity of porous media from resistivity data. Journal of Hydrology, 82, 143-153.

- Rouhipour, H., 2006. 2ed Fluctuations of Soil Moisture Content and Condensation Process in Khuzestan Sand Dune 14th Int. Soil Conservation Organization Conference. (ISCO) 1-5.

- Singhal, D.C., Niwas, S., Shakeel, M. and Adam, E.M., 1998. Estimation of hydraulic characteristics of alluvial aquifers from electrical resistivity data. Journal of Geological Society of India, 51, 461-470.

- Yadav, G.S. and Abolfazli, H., 1998. Geoelectrical sounding and their relationship to hydraulic parameters in semi-arid region of Jalore, north-western India. Journal of Applied Geophysics, 39, 35-51.

- Zohdy, A.A.R., 1969. Application of deep electrical soundings for ground water exploration in Hawaii. Geo-physics, 34, 584-600.

- Zohdy, A.A.R. and Bisdorf, R.J., 1989, Programs for the automatic processing and interpretation of Schlumberger sounding curves in Quick Basic. U.S. Geological Survey Open File Report, 89-137-2, 64.