

تعیین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در بالای سطح ایستابی به روش پرماترگلف^۱ و نسبت آن با روش پمپاژ به درون چاهک کم عمق^۲ در پنج منطقه خوزستان

حیدرعلی کشکولی^۳ * و روح اله مختاران

استاد گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات خوزستان.

kashkulihda@gmail.com

دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز.

alimokhtaran@gmail.com

چکیده

یکی از روشهای مناسب برای تعیین هدایت هیدرولیکی نزدیک اشباع خاک در بالای سطح ایستابی، روش پرماتر گلف است. با استفاده از این روش می توان آزمایش را در مدت زمان کوتاهی با استفاده از یک نفر انجام داد. پژوهشگران مختلف نشان داده اند که هدایت هیدرولیکی اشباع بدست آمده از روش گلف با روش پمپاژ به درون چاهک کم عمق تفاوت هایی داشته، از این نظر، هدف این پژوهش تعیین رابطه میان این روش و روش شاخص پمپاژ به درون چاهک کم عمق است. در این پژوهش هدایت هیدرولیکی خاک در پنج منطقه مستعد کشاورزی استان خوزستان به روش گلف و آزمایش پمپاژ به درون چاهک کم عمق انجام شد. آزمایشهای گلف در هر منطقه در ۴۰ عدد چاهک به عمق ۶۰ سانتی متر با دو بار ثابت پنج و ۱۰ سانتی متری انجام شد و پنج عدد چاهک به عمق یک متر برای تعیین هدایت هیدرولیکی به روش پمپاژ به درون چاهک کم عمق در تمامی مناطق یاد شده حفز شد. با استفاده از آنالیزهای تک عمقی لاپلاس با فرض کاپیلاریته صفر، ریچاردز با فرض $\alpha^* = 12$ و رگرسیون پایه ای ریچاردز برای رفع جوابهای غیرمنطقی دستگاه گلف استفاده شد. در این پژوهش مشاهده شد میانگین هندسی آنالیزهای رگرسیون پایه ای ریچاردز و دو عمقی گلف در تمام مناطق برابر است. ضرایب مربوط به این آنالیز نیز با استفاده از روش حداقل مجزورات تعیین شد و متوسط $\alpha^* = 12$ در سطح معنی دار ۹۵ درصد با فرض اولیه آن برابر شد. همچنین مشخص شد که به علت بالا بودن انحراف معیار مقادیر α^* در آزمایشهای گلف، بهتر است مقدار آن را ثابت در نظر گرفت. در این پژوهش مشخص شد که در مناطقی با بافت خاک متوسط ضریب هدایت هیدرولیکی به روش پمپاژ به چاهک کم عمق ۴-۵ برابر روش گلف بود و در مناطقی با بافت خاک سنگین این ضریب به ۳/۵-۲ برابر میرسد.

واژه های کلیدی: آنالیز تک عمقی، آنالیز دو عمقی، پتانسیل ماتریک، چاهک

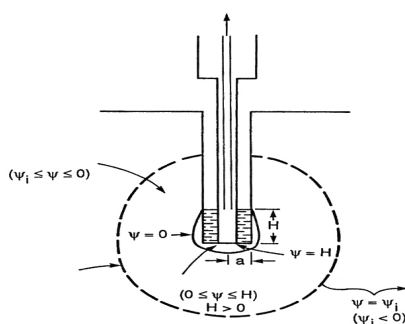
1- Guelph Permeameter

2- Shallow Well Pumping Method

۳ - آدرس نویسنده مسئول: دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات خوزستان.

* دریافت: مهر ۱۳۹۲ و پذیرش: اسفند ۱۳۹۲

اطراف چاهک تشکیل گردیده و بازمان گسترش می یابد. این پیاز رطوبتی دارای یک لایه اشباع در مجاورت چاهک میباشد که در آن پتانسیل رطوبتی (ψ) تغییرات خطی از $\psi = H$ (عمق آب در چاهک) تا $\psi = 0$ که سطح آب در چاهک است، دارد. اطراف این لایه اشباع را یک لایه غیر اشباع تشکیل میدهد که در آن مقدار پتانسیل رطوبتی خاک درون این لایه غیر اشباع از $\psi = 0$ در حاشیه بیرونی لایه اشباع و تا $\psi = \psi_i$ پتانسیل اولیه خاک) میباشد.



شکل ۱- پیاز رطوبتی در منطقه اشباع خاک بر اثر نفوذ آب تحت پتانسیل فشاری مثبت (رینولدز و زیچوک، ۱۹۹۶)

بر همین اساس در روش گلف دو فاکتور هدایت هیدرولیکی اشباع صحرائی (K_{fs}) و پتانسیل جریان ماتریکس (ϕ_m) دو عامل مهم بوده که از حل همزمان دو رابطه دو مجهولی مربوط به دو عمق استغراق بدست می آیند. با دو عمق استغراق متوالی در یک چاهک بر اساس قانون دارسی رابطه جریان خروجی از چاهک به صورت رابطه (۱) نوشته می شود.

$$Q_s = \left[\left(\frac{2\pi H^2}{C} \right) + \pi a^2 \right] K_{fs} + \frac{(2\pi H/C)}{\phi_m} \quad (1)$$

که در آن:

H: ارتفاع آب در چاهک بر حسب متر، Q_s : دبی ثابت

روش مناسب اندازه گیری هدایت هیدرولیکی اشباع خاک روش چاهک است که سالهاست به طور معمول مورد استفاده قرار می گیرد (زانگر^۱، ۱۹۵۳). استفاده از این روش در مکانهایی امکان پذیر است که سطح ایستابی بالا و در محدوده یک متری سطح زمین باشد. در مناطق خشک و نیمه بخصوص در فصل تابستان سطح ایستابی بطور معمول بسیار پایین بوده و استفاده از روش چاهک امکان پذیر نمیشود. به همین منظور تعدادی روش ها برای اندازه گیری هدایت هیدرولیکی در بالای سطح ایستابی تاکنون معرفی شده که همیشه با ضعف در مبانی نظری یا مشکلات عملی و زمان بر بودن و هزینه انجام کار مواجه بوده است (کشکولی، ۱۳۷۴).

یکی از این روشها پمپاژ به درون چاهک کم عمق است که اولین بار توسط گلور و زانگر^۲ در سال ۱۹۵۶ معرفی شد. در این روش با حفر چاهک آنقدر آب به داخل چاهک ریخته می شود تا اینکه اطراف چاهک کاملاً اشباع شده، آنگاه سطح آب درون چاهک با استفاده از دبی پمپ شده ثابت نگهداشته می شود (ویلسون^۳، ۱۹۸۶). این روش نتایج بسیار مطلوبی برای تعیین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در بالای سفره آب زیرزمینی ارائه می دهد، لیکن مشکلات عملی زیادی دارد که از جمله می توان به زمان بر بودن آزمایش (۲۴ تا ۴۸ ساعت) و حجم آب زیاد مورد نیاز (یک تا نکر ۱۵۰۰ لیتری و یک مخزن ۲۰۰ لیتری) اشاره کرد.

با معرفی روش گلف توسط رینولدز و الریک^۴ (۱۹۸۵) تحول بسیار مهمی در این زمینه صورت گرفت و روش گلف به دلیل برخورداری از مبانی نظری قوی، سرعت عمل در انجام آزمایش و هزینه بسیار کم مورد توجه واقع شد. در روش پرماتر گلف مطابق شکل (۱) بلافاصله پس از شروع آزمایش یک پیاز رطوبتی در خاک

1-Zanger
2-Gulver&Zanger
3-Wilson
4- Reynolds & Elrick

برثانیه، a : شعاع چاهک بر حسب سانتی‌متر و منفی K_{fs} و ϕ_m منتفی شود. مبنای فیزیکی روش تک عمقی ارتباط بین مقدار α^* ، کاپیلاریته خاک و نوع محیط متخلخل می‌باشد. مقدار α^* اهمیت نسبی مؤلفه‌های اشباع و غیراشباع خاک اطراف را نشان می‌دهد (رینولدز و الریک، ۱۹۸۵). هر چه α^* کوچکتر باشد سهم دبی خروجی ثابت از پرماتر و در نتیجه تأثیر کاپیلاریته خاک بیشتر می‌شود. نظر به این که خاکهای ریزبافت و بدون ساختمان کاپیلاریته بالایی دارند، مقدار α^* در آنها کمتر است و به همین ترتیب خاکهای درشت بافت یا خاک‌های با ساختمان خوب مقادیر α^* بیشتری دارند و تأثیر کاپیلاریته کمتر است (رینولدز و الریک، ۱۹۸۵). آزمون روش تک عمقی بر مبنای تکنیک پیشنهادی ویرا و همکاران (۱۹۸۸) برای روش چندعمقی مورد استفاده قرار گرفته است. از ترکیب رابطه لاپلاس به عنوان اولین رابطه گلف که تأثیر کاپیلاریته خاک در آن در نظر گرفته نشده یعنی؛

$$K_L = \frac{CQ}{(2\pi H^2 + C\pi a^2)} \quad (5)$$

با رابطه (۲) می‌توان نوشت :

$$K_{fs} = \left[\frac{2\pi H_m^2 + Ca^2}{2H_m^2 + Ca^2 + \frac{2H_m}{a}} \right] K_L \quad (6)$$

که آن:

H_m بیشترین عمق استغراق در چاهک بر حسب متر است. مقایسه روابط (۱)، (۲) و (۵) نشان می‌دهد که K_L تخمینی از هدایت هیدرولیکی اشباع برحسب متر برثانیه در زمانی است که مؤلفه کاپیلاریته حذف شده باشد. در نتیجه $K_L \geq K_{fs}$ (برای $\psi_m \geq 0$) در ضمن مشاهده شده که رابطه بین K_L و K_{fs} یک رابطه مستقیم است در صورتی که رابطه K_{fs} و کاپیلاریته معکوس می‌باشد. به

خروجی از چاهک با عمق استغراق H برحسب مترمکعب C: فاکتور شکل چاهک که بدون بعد می‌باشد. جمله اول در سمت راست رابطه (۱) مؤلفه جریان اشباع خروجی از بدنه و کف چاهک و جمله دوم مؤلفه خروجی از چاهک تحت تأثیر مکش کاپیلاری خاک اطراف پیاز رطوبتی میباشد (شکل ۱). کاربرد روش آنالیز دو عمقی فوق که به روش «ریچاردز» معروف است (رینولدز و الریک، ۱۹۸۵)، در خاکهای یکنواخت و بدون ساختمان رضایت‌بخش بوده لیکن خاک‌های غیریکنواخت و مطابق که حاوی درز و شکاف، کرم راهه و ریشه راهه باشد، درصد زیادی نتایج منفی و غیرمنطقی برای K_{fs} و ϕ_m تولید می‌کند (رینولدز و همکاران^۱، ۱۹۹۲).

ناهمگن بودن دستگاه روابط دو مجهولی و ضرایب ماتریس حداقل مجذورات باعث تشدید این مشکل و تولید جوابهای منفی می‌شود (فیلیپ^۲، ۱۹۸۷ و الریک و همکاران^۳، ۱۹۸۹). برای جلوگیری از بروز جوابهای منفی الریک و همکاران (۱۹۸۹) با استفاده از ضریب α^* روش استغراق تک عمقی و تبدیل دو رابطه به یک رابطه یک مجهولی را پیشنهاد نمودند. در این روش رابطه (۱) به صورت رابطه های (۲) تا (۴) بازنویسی می‌شود. مقادیر K_{fs} و ϕ_m با جایگزین کردن α^* از جدول (۱) تعیین می‌شود.

$$K_{fs} = \frac{CQ}{(2\pi H^2 + C\pi a^2 + 2\pi H/\alpha^*)} \quad (2)$$

$$\phi_m = \left[\frac{CQ}{(2\pi H^2 + C\pi a^2) \alpha^* + 2\pi H} \right] \quad (3)$$

$$\alpha^* = \frac{K_{fs}}{\phi_m} \quad (4)$$

بنابراین می‌توان روابط (۲) و (۳) را با داشتن Q_s از یک عمق استغراق بدست آورد و در نتیجه امکان بروز مقادیر

عبارتی با افزایش ϕ_m مقدار K_{fs} کاهش می‌یابد. ویرا و همکاران (۱۹۸۸) رابطه (۶) را به صورت کلی زیر ارائه کردند که به آنالیز تک عمقی رگرسیون پایه ای ریچاردز معروف است.

جدول (۱) - تخمینی از مقادیر α^* برای انواع خاکها با بافت و ساختمان متفاوت (رینولدز و همکاران، ۱۹۸۵)

نوع خاک	α^*
رس‌های فشرده (رسوبات دریایی)	۱
رس‌های با بافت سنگین و فاقد ساختمان	۴
بیشتر خاک‌های دارای ساختمان از رس‌ها تا لوم‌رسی و همچنین خاک‌های متوسط بدون ساختمان و شن نرم و لوم شنی (اولین تخمین مناسب برای بیشتر خاک‌ها)	۱۲
شن‌های درشت و گراولی، خاک‌های دارای ساختمان قوی با شکاف‌ها و خلل و فرج درشت	۳۶

و مختاران (۱۳۸۵) و حبیب‌زاده و همکاران (۱۳۸۷) گزارش شده است. رینولدز و همکاران (۱۹۹۲) ارزیابی سودمندی از آنالیز تک عمقی پایه‌ای ریچاردز برای پرماتر گلف در چهار نوع خاک انجام دادند که مقدار پارامتر α^* برای این چهار نوع خاک برابر $11(m^{-1})$ برآورد شد. همچنین رینولدز و زیچوک (۱۹۹۶) در یک خاک رسی سیلتی برای مقایسه دو روش چاهک و گلف، برای رفع جوابهای غیرمنطقی در روش دو عمقی گلف از سه آنالیز تک عمقی لاپلاس، رگرسیون پایه‌ای ریچاردز و آنالیز تک عمقی ریچاردز استفاده کردند.

در این مطالعه آنالیز رگرسیون پایه‌ای ریچاردز میانگین هندسی بطور تقریبی نزدیکی نسبت به سایر روش‌ها با روش چاهک داشت. با توجه به اینکه روش پرماتر گلف یک روش ساده و در عین حال از پایه نظری بسیار قوی برخوردار است که به تنهایی توسط یک نفر و در مدت زمان کوتاهی آزمایش انجام پذیر می‌باشد. از طرفی پژوهشگران مختلف نشان داده اند که هدایت هیدرولیکی اشباع بدست آمده از روش گلف با روش پمپاژ به درون چاهک کم عمق تفاوت‌هایی داشته، از این نظر هدف این پژوهش تعیین رابطه میان این روش و روش شاخص پمپاژ به درون چاهک کم عمق جهت تعیین هدایت هیدرولیکی اشباع واقعی خاک است.

$$K_{fs} = \beta K_L^\omega \quad (7)$$

پارامترهای β و ω در رابطه گفته شده بدون بعد بوده و از طریق برازش به روش حداقل مجذورات با داده‌های $L_N K_L$ و $L_N K_{fs}$ بدست می‌آیند. جفت داده‌های $(K_L$ و $K_{fs})$ برای این منظور از چاهک‌هایی انتخاب می‌شوند که باصطلاح «موفق» نامیده شده‌اند و در آنها K_{fs} و ϕ_m هر دو مثبت هستند. سپس روابط (۲) با فرض $\alpha^* = 12$ با عنوان آنالیز تک عمقی ریچاردز، (۵) با عنوان آنالیز تک عمقی لاپلاس و (۷) با عنوان آنالیز تک عمقی رگرسیون پایه ای ریچاردز در مورد همه چاهک‌ها (مثبت و منفی) بدون استثناء به کار رفته و تخمینی از K_{fs} و ϕ_m بدست می‌آید.

در این روش فرض می‌شود که پراکندگی آزمایشهای دو عمقی موفق، به خاطر غیرهمگنی خاک در مقیاس کوچک بوده است. مقادیر اندازه‌گیری شده هدایت هیدرولیکی اشباع به روش گلف در خاک‌های لومی و رسی توسط پژوهشگران بسیاری از جمله لی و همکاران^۱ (۱۹۸۵)، رینولدز و الریک (۱۹۸۵)، استفان و همکاران^۲ (۱۹۸۷)، دارسی و همکاران^۳ (۱۹۹۰)، موهانتی و همکاران^۴ (۱۹۹۴)، رینولدز و زیچوک^۵ (۱۹۹۶)، کشکولی (۱۳۷۱)، کشکولی و میربهرسی (۱۳۸۰)، کشکولی

- 1 - Lee et al
- 2 - Stephens et al
- 3 - Darcy et al
- 4 - Mohanty et al
- 5 - Reynolds & Zebchuk

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش، آزمایشها در پنج منطقه

مشخص شود. سپس، در مناطق گفته شده برای آزمایش پمپاژ به درون چاهک کم عمق (SWPT) پنج عدد چاهک به صورت پراکنده در هر منطقه به قطر ۱۰ سانتیمتری و به عمق یک متر حفر شد و بعد از قرار دادن لوله مشبک درون چاهکها (به دلیل جلوگیری از ریزش دیواره چاهک) آزمایش های به مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت بسته به زمان اشباع شدن خاک چاهک انجام شد. از آنجا که توزیع فراوانی نرمال برای خواص خاک مناسب تشخیص داده شدند (کشکولی، ۱۳۷۱)، بنابراین در این پژوهش از این توزیع برای بررسی و تعیین پارامترهای آماری بر روی داده های هدایت هیدرولیکی استفاده شد. همچنین در بررسی توزیع فراوانی آماری داده ها، با دو معیار تمرکز (میانگین هندسی و حسابی) و معیار پراکندگی (انحراف معیار) مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج

در هر چاهک آزمایشی به ازای دو بار ثابت مقدار R (افت ثابت سطح آب درون مخزن در واحد زمان) روابط ضریب آبگذری و پتانسیل ماتریک خاک و پارامتر آلفا دستگاه با توجه به شعاع چاهک حفاری شده با استفاده از مته مخصوص گلف (سه سانتی متر) و قطر مخزن دستگاه (۳۵.۳۹ سانتی متر مربع) به صورت زیر خلاصه می شوند:

$$k_{fs} = (0.00425)(35.39)_{cm^2} (\bar{R}_2)_{cm/sec} - (0.00554)(35.39)_{cm^2} (\bar{R}_1)_{cm/sec} \quad (۸)$$

$$\phi_m = (0.0588)(35.39)_{cm^2} (\bar{R}_1)_{cm/sec} - (0.0245)(35.39)_{cm^2} (\bar{R}_2)_{cm/sec} \quad (۹)$$

$$\alpha^* = \frac{k_{fs}}{\phi_m} \quad (۱۰)$$

ϕ_m ، (cm/sec) = پتانسیل ماتریک خاک
 α^* ، (cm/sec) = پارامتر آلفا که از خصوصیات خاک غیر

استان خوزستان که دارای توانمندی کشاورزی بوده و به وسیله سازمان های جهاد کشاورزی و آب و برق استان خوزستان در حال مطالعه، اجرا و بهره برداری می باشند انجام شد. بدین ترتیب دشت امیدیه با آب رودخانه زهره به کیفیت C3S4 و بافت خاک لومی شنی و تقریباً همگن، دشت خیرآباد با آب رودخانه خیرآباد (آبشیرین) به کیفیت C3S1 و C2S1 و بافت خاک لوم، دشت مارون با آب رودخانه مارون به کیفیت C4S1، C3S1، C4S2 و بافت خاک بطور عموم لومی رسی و لومی رس شنی، دشت شعیبه شوشتر با آب رودخانه شطیط به کیفیت C3S1 و بافت خاک سیلتی رسی و مرکز پژوهشات کشاورزی اهواز با آب رودخانه کارون در اهواز به کیفیت C2S1 و C3S4 و بافت خاک رسی سیلتی انتخاب شدند.

مساحت هر منطقه حدود یک هکتار می باشد. در تمامی مکانها آزمایشهای پرماتر گلف انجام شد بدین ترتیب که در هر محل چاهک در عمق ۶۰ سانتیمتری با فواصل ۱۵ متری از همدیگر ۴۰ عدد حفر شد. برای ایجاد این چاهک ها از مته مخصوص دستگاه پرماتر گلف به قطر شش سانتی متر استفاده شد. اندازه گیری ها در هر کدام از چاهک ها به روش دو عمقی با برقراری دو بار آبی پنج و ۱۰ سانتی متری از آب با استفاده از دستگاه پرماتر گلف انجام شد. پس از اتمام اندازه گیری ها، جواب های منفی و غیر منطقی حذف شده و نتایج بدست آمده با نتایج روش تک عمقی به ارتفاع آبی ۱۰ سانتیمتر مقایسه شد تا ضریب پرماتر گلف برای هر منطقه

که در آن ها:

R_2 و R_1 = افت ثابت سطح آب درون مخزن در واحد زمان (cm/sec)، K_{fs} = هدایت هیدرولیکی خاک

ماتریک در تعدادی چاهکهای آزمایشی منفی (غیر منطقی) و در مابقی مثبت (منطقی) برآورد شد که نتایج به صورت خلاصه در جدول (۲) ارائه شده است.

اشباع میباشد (cm^{-1}). نتایج محاسبات K_{fs} و ϕ_m و α^* بر اساس آنالیز دو عمقی پرماتر گلف نشان داد که در هر منطقه، مقادیر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک و پتانسیل

جدول ۲- تعداد چاهک آزمایشی با مقادیر هدایت هیدرولیکی خاک و پتانسیل ماتریک منفی (غیر منطقی) و مثبت (منطقی)

نام منطقه	تعداد چاهکها با جوابهای مثبت (منطقی)	تعداد چاهکها با جوابهای منفی (غیر منطقی)
مرکز تحقیقات کشاورزی	۱۰	۳۰
دشت خیر آباد	۱۵	۲۵
دشت امیدیه	۲۱	۱۹
دشت مارون	۲۲	۱۸
دشت شعبیه	۸	۳۲

در $(p > 0.05)$ فرض نرمال بودن داده‌ها قابل قبول می‌باشد. نتایج حاصل از توزیع فراوانی نرمال در جداول (۴) ارائه شده است. همچنین، مقادیر α^* و ϕ_m بدست آمده از روش دو عمقی پرماتر گلف در تمامی مناطق مورد آزمایش در جدول (۵) ارائه شده است.

در ۲۰ تا ۲۲ درصد چاهکها با افزایش عمق، کاهش نرخ افزایش دبی یا توقف نفوذ آب بوجود می‌آید که باعث منفی شدن مقادیر K_{fs} می‌شود. همچنین در ۲۷ الی ۳۰ درصد چاهکها با افزایش عمق، افزایش ناگهانی دبی به وجود آمد که این مساله باعث منفی شدن مقادیر ϕ_m شد. ویرا و همکاران (۱۹۸۸) در یک خاک لومی با ساختمان کامل، در بدست آوردن جوابهای مثبت و منطقی فقط ۲۷ درصد موفقیت داشتند. همچنین اطلاعات کنونی حاکی است که در حدود ۲۰ تا ۷۰ درصد جوابها در اغلب خاکهایی که ساختمان کاملی دارند با موفقیت همراه است. برای رفع این مشکل با استفاده از کلیه داده‌ها (مثبت و منفی) لازم است از آنالیزهای تک عمقی لاپلاس (K_L) با فرض کاپیلارینه صفر، آنالیز رگرسیون پایه‌ای ریچاردز (K_R) و آنالیز تک عمقی ریچاردز (K_S) با فرض اولیه $\alpha^* = 12$ به ازای بار ثابت ۱۰ سانتی متری استفاده شود. برای تعیین K_R ، به روش حداقل مجذورات با استفاده از نرم افزار SPSS مقادیر β و ω بدست آمد جدول (۳).

با استفاده از نرم افزار آماری SPSS آزمون کلوموگروف - سمیرنوف برای تمامی مقادیر k_{GP} (هدایت هیدرولیکی اشباع خاک به روش دو عمقی) k_L, k_R, k_S گرفته شد و با احتمال ۹۵ درصد

جدول ۳- تعیین ضریب همبستگی (R) و پارامترهای ω و β با استفاده از روش حداقل مجذورات

نام منطقه	R^2	R	β	ω
مرکز پژوهشات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان	۰/۵۸۲۲	۰/۷۶۳۰	۰/۱۰۰۲	۱/۰۱
دشت خیر آباد	۰/۷۲۰۵	۰/۸۴۸۸	۰/۵۶۵	۱/۰۱۵
دشت امیدیه	۰/۶۰۴	۰/۷۷۷	۰/۶۵۷	۱/۰۴۸
دشت شعیبیه	۰/۶۹۳	۰/۶۹۷	۰/۱۶۹	۰/۹۳
دشت مارون	۰/۵۶۲	۰/۵۶۴	۴/۷۳	۱/۱۶۳

جدول ۴- مقادیر توزیع نرمال بر روی داده‌های ضرایب هدایت هیدرولیکی اشباع خاک حاصل از آنالیزهای تک عمقی و دو عمقی کلف

نام منطقه	پارامترهای ضرایب آبگذری (m/sec)	میانگین حسابی $\times 10^{-5}$	میانگین هندسی $\times 10^{-5}$	انحراف معیار $\times 10^{-5}$	ضریب تغییرات
مرکز پژوهشات کشاورزی	k_L	۰/۱۸	۰/۹۸	۰/۱۳	-۰/۷۴
	k_R	-۰/۰۶	۰/۷۹	۰/۰۵	-۰/۷۶
	k_S	۰/۱	۸۷	۰/۰۷	-۰/۷۶
	k_{GP}	-۰/۴۲	۱/۱۶	۰/۳	-۰/۶۹
دشت خیرآباد	k_L	-۰/۹۸	۱/۲۷	۰/۵۶	-۰/۵۷
	k_R	-۰/۲۲	۱/۱۲	۰/۱۸	-۰/۵۵
	k_S	-۰/۴۸	۱/۱۷	۰/۲۶	-۰/۵۵
	k_{GP}	۱/۷۷	۱/۰۳۸	۲/۱۰۶	۱/۱۸۳
دشت امیدیه	k_L	۲/۵۵۶	۲/۵۶۴	۳/۲۱۶	-۰/۹
	k_R	۱/۴۸	۱/۰۶۴	۱/۳۶	-۰/۹۲
	k_S	۲	۱/۴۶۲	۱/۷۶	-۰/۸۸
	k_{GP}	-۰/۰۱۲۵	-۰/۰۰۶	-۰/۰۲۱۶	۱/۶
دشت شعیبیه	k_L	-۰/۰۲۲۷	-۰/۰۱۶۴	-۰/۰۲۱۲	-۰/۹۳
	k_R	-۰/۰۰۹۴	-۰/۰۰۶۱	-۰/۰۱۰۴	۱/۱۱
	k_S	-۰/۰۱۲۷	-۰/۰۰۹۲	-۰/۰۱۱۸	-۰/۹۳
	k_{GP}	-۰/۲۷۶۱	-۰/۲۴۶۹	-۰/۲۸۹	-۰/۷۶
دشت مارون	k_L	۰/۸۸۲۴	۰/۶۰۲۹	۰/۶۲۲۶	-۰/۷
	k_R	۰/۲۲۱۷	۰/۲۳۶۵	۰/۲۳۳۸	-۰/۶۷
	k_S	۰/۴۹۲۵	۰/۲۳۷۳	۰/۳۴۸۲	-۰/۷
	k_{GP}	-۰/۰۸	-۰/۸	-۰/۱۱	۱/۳۸

جدول ۵- نتایج مقادیر α^* و ϕ_m در مناطق مورد آزمایش

نام منطقه	پارامتر	میانگین حسابی	حداقل	حداکثر	انحراف معیار	ضریب تغییرات
مرکز پژوهشات کشاورزی	α^*	۱۰/۶	۰/۸	۳۶	۱۳/۳	۱۲۵/۵
دشت خیرآباد	ϕ_m	$۱/۱۴ \times 10^{-7}$	۲×10^{-7}	$۳/۴ \times 10^{-7}$	$۸/۵ \times 10^{-7}$	۷/۴۶
	α^*	۱۴/۰۶	۱/۳۱	۳۲/۳۴	۱۰/۶۳	۷۵/۶
دشت امیدیه	ϕ_m	$۴/۸۶ \times 10^{-7}$	$۶/۰۷ \times 10^{-۸}$	$۱/۵ \times 10^{-7}$	$۵/۱۷ \times 10^{-7}$	۱/۰۶۳
	α^*	۱۵/۳۷	۰/۵	۸۴/۷	۱۹/۹	۱/۳
دشت شعیبیه	ϕ_m	$۱/۹ \times 10^{-7}$	$۰/۲۱ \times 10^{-7}$	$۵/۶ \times 10^{-7}$	$۱/۶۲۵ \times 10^{-7}$	-۰/۸۵۵
	α^*	۱۴/۱۷	-۰/۴۸	۷۷/۷۵	۲۰/۷۹	۱/۴۶
دشت مارون	ϕ_m	$-۰/۱۱ \times 10^{-7}$	$-۰/۰۱ \times 10^{-7}$	$-۰/۳۹ \times 10^{-7}$	$-۰/۰۹ \times 10^{-7}$	-۰/۸۲
	α^*	۱۱/۸۸	۱/۳۱	۳۲/۳۴	۱۰/۲۰	-۰/۸۶
	ϕ_m	$۵/۳۷ \times 10^{-7}$	$-۰/۵۶ \times 10^{-7}$	$۱۳/۸ \times 10^{-7}$	$۵/۲۱ \times 10^{-7}$	-۰/۹۷

مقادیر هدایت هیدرولیکی به روش پمپاژ به درون چاهک کم عمق در مناطق مورد آزمایش در جدول (۶) و میانگین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک به روش پرماتر گلف پس از اصلاح چاهک‌های منفی و متوسط ضریب هدایت هیدرولیکی به روش پمپاژ به درون چاهک کم عمق در جدول (۷) ارائه شده است.

جدول ۶- نتایج مقادیر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک به روش پمپاژ به درون چاهک کم عمق در مناطق مورد آزمایش (m/day)

چاهک اول	چاهک دوم	چاهک سوم	چاهک چهارم	چاهک پنجم	نام منطقه
۰/۱۰	۰/۱۵	۰/۱۸	۰/۲	۰/۱۱	مرکز پژوهشات کشاورزی
۱/۴	۲	۰/۸	۱/۶	۰/۹	دشت خیرآباد
۱/۶	۱/۵	۲	۱/۳	۱/۸	دشت امیدیه
۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۲۲	۰/۱۲	۰/۱۰	دشت شعیبه
۱/۲	۲/۱	۲	۱/۵	۲/۱	دشت مارون

جدول ۷- میانگین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک به روشهای پمپاژ به درون چاهک کم عمق و پرماترگلف (m/sec)

نام منطقه	پرماتر گلف (K_{fs})	پمپاژ به درون چاهک کم عمق KSWPT
مرکز پژوهشات کشاورزی	$۰/۰۵ \times ۱۰^{-۵}$	$۱/۷۱ \times ۱۰^{-۵}$
دشت خیرآباد	$۰/۲۸ \times ۱۰^{-۵}$	$۱/۵۵ \times ۱۰^{-۵}$
دشت امیدیه	$۰/۴ \times ۱۰^{-۵}$	$۱/۹ \times ۱۰^{-۵}$
دشت شعیبه	$۰/۰۸ \times ۱۰^{-۵}$	$۱/۸۵ \times ۱۰^{-۵}$
دشت مارون	$۰/۴۸ \times ۱۰^{-۵}$	۲×۱۰^{-۵}

بحث و نتیجه گیری

در تعیین ضریب هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، در عدم حضور سطح ایستابی روش‌هایی که در چند سال گذشته در این مورد انجام می‌شد یا از لحاظ نظری و یا از لحاظ عملی دارای مشکلاتی بودند. به عنوان مثال روش نفوذ به چاهک کم عمق را می‌توان نام برد. هرچند که این روش برای تعیین هدایت هیدرولیکی در بالای سطح ایستابی نتایج بسیار خوبی می‌دهد، لیکن مشکلات عملی زیاد دارد. با معرفی روش گلف توسط رینولدز و الریک (۱۹۸۵) تحولی در این زمینه صورت گرفت. روش پرماتر گلف یک روش ساده و در عین حال از پایه نظری بسیار قوی برخوردار است که به تنهایی توسط یک نفر و در مدت زمان کوتاهی آزمایش انجام پذیر می‌باشد. البته در ابتدا که محیط غیر اشباع چاهک در محاسبات منظور نمی‌شد، نتایج خوبی حاصل نمی‌شد که پس از رفع این نقیصه این مشکل نیز حل شده است. مشکل دیگر روش

گلف، در آزمایش‌های دو عمقی می‌باشد که به علت نا همگونی در حل روابط، باعث ایجاد جواب‌های منفی و غیرمنطقی در بعضی از مقادیر K_{fs} می‌شود که این مشکل هم با آنالیزهای تک عمقی دستگاه گلف حل شده است. این پژوهش در پنج منطقه از اراضی دارای توانمندی کشاورزی استان خوزستان که در حال مطالعه، اجرا و بهره برداری شبکه های آبیاری و زهکشی هستند، انجام شد. بعضی چاهک‌های احداث شده در تمامی مناطق با روش دو عمقی گلف جواب‌های منفی و غیر منطقی داشتند (جدول ۲) که با سه روش تک عمقی برای رفع عیب اقدام شد. بر طبق جدول (۴) نتایج نشان داد که در تمامی مناطق آنالیز تک عمقی لاپلاس دارای مقادیر متوسط بسیار بیشتری نسبت به سایر آنالیزها دارد، این به علت فرض α^* بی‌نهایت (کاپیلارینه صفر) در آنالیز تک عمقی لاپلاس می‌باشد. با بررسی آزمون t - استیودنت بین مقادیر متوسط آنالیزهای تک عمقی و آنالیز دو عمقی

هیدرولیکی در روش پمپاژ به درون چاهک کم عمق در خاک‌های با بافت متوسط (مناطق خیرآباد، مارون و امیدیه)، ۵-۴ برابر بیشتر از هدایت هیدرولیکی به روش پرماتر گلف می‌باشد. این در حالی است که این ضریب برای خاک‌های با بافت سنگین (مناطق شعبیه شوشتر و مرکز پژوهشات کشاورزی)، ۵/۳-۲ برابر است.

علت تفاوت بین مقادیر ضریب هدایت هیدرولیکی در دو روش گلف و پمپاژ به درون چاهک کم عمق این است که در روش گلف حجمی از خاک که مرطوب می‌شود کوچک است و اصولاً مبنای روش گلف این است که جریان سه بعدی در خاکها پس از مدت زمان کمی (در حدود ۳۰ دقیقه برای خاک‌های خشک و هشت دقیقه برای خاک‌های مرطوب) به نوعی جریان نفوذی ثابت، میرسد و بر این اساس آزمایش گلف پایان می‌یابد. در حالیکه در روش پمپاژ به درون چاهک کم عمق تا رسیدن خاک به حالت اشباع کامل آزمایش ادامه می‌یابد. در نهایت ضریب منطقه ای و انتخاب بهترین آنالیز تک عمقی گلف را بر اساس بافت خاک را در جدول (۸) میتوان ارائه کرد.

سپاسگزاری

در پایان لازم است از سازمان آب و برق خوزستان جهت مساعدت های مالی در انجام این تحقیق تشکر فراوان به عمل آید.

پرماتر گلف فرض H_0 که برابر بودن میانگین‌ها می‌باشد، با احتمال معنی داری ۹۵ درصد بین آنالیزهای تک عمقی ریچاردز، رگرسیون پایه‌ای ریچاردز و آنالیز دو عمقی پرماتر گلف برقرار شد. با این وجود در خاکهای تمامی مناطق مورد مطالعه آنالیز رگرسیون پایه‌ای ریچاردز میانگین هندسی بطور تقریبی برابری با آنالیز دو عمقی گلف دارد و مشاهده شد که این آنالیز دارای ضریب تغییرات و انحراف معیار بسیار کمتری نسبت به سایر آنالیزها دارد. همانطور که در این جدول مشاهده شد، مقادیر α^* دارای انحراف معیار و ضریب تغییرات زیادی می‌باشند.

بالا بودن تغییرات و انحراف معیار داده‌ها، به علت حساسیت زیاد مقادیر α^* نسبت به تغییرات افت سطح آب در پرماتر گلف می‌باشند. میانگین α^* بدست آمده در سطح معنی داری ۹۵ درصد با فرض اولیه، یعنی $\alpha^* = 12$ در تمامی مناطق مورد آزمایش برابر شد. این مقدار α^* ، اولین و بهترین فرض α^* برای اکثر خاکها می‌باشد (رینولدز و همکاران، ۱۹۸۵). همچنین مقادیر ϕ_m (پتانسیل جریان ماتریکس) دارای انحراف معیار و ضریب تغییرات بسیار پایین نسبت به مقادیر k_{fs} یا k_{gp} و α^* می‌باشد. این مسئله نشان دهنده حساسیت کم مقادیر ϕ_m نسبت به تغییرات افت سطح آب در پرماتر گلف می‌باشد. سپس داده های گلف با روش پمپاژ به چاهک کم عمق در این مناطق مقایسه شد (جدول (۷)). همانطور که در این جدول مشاهده می‌شود، مقدار میانگین هدایت

جدول ۸- جدول مقایسه ای ضریب منطقه ای بر اساس بافت خاک

نام منطقه	متوسط بافت خاک	بهترین آنالیز تک عمقی پرماتر گلف	ضریب تبدیل هدایت هیدرولیکی از روش گلف به روش پمپاژ به چاهک کم عمق
۱ خیر آباد بهبهان	لوم	آنالیز رگرسیون پایه‌ای ریچاردز و تک عمقی ریچاردز	۴-۵
۲ امیدیه	لوم شنی	آنالیز رگرسیون پایه‌ای ریچاردز و تک عمقی ریچاردز	۴-۵
۳ مارون	لوم	آنالیز رگرسیون پایه‌ای ریچاردز و تک عمقی ریچاردز	۴-۵
۴ شعبیه شوشتر	رسی سیلتی	آنالیز رگرسیون پایه‌ای ریچاردز	۲-۳/۵
۵ مرکز پژوهشات کشاورزی اهواز	رسی سیلتی	آنالیز رگرسیون پایه‌ای ریچاردز	۲-۳/۵

فهرست منابع

۱. حبیب زاده آذر، ب؛ بابازاده، ح و زینال زاده، ک. ۱۳۸۷. مقایسه دوروش نفوذ سنج گلف و چاهک معکوس در اندازه گیری هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (مطالعه موردی اراضی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه)، دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری وزهکشی، اهواز: دانشگاه شهید چمران اهواز. ۱۰-۸ بهمن.
۲. کشکولی، ح.ع؛ ابن جلال، ر و مختاران، ر. ۱۳۸۵. ارزیابی آنالیزهای تک عمقی پرماتر گلف برای تعیین هدایت هیدرولیکی اشباع در بالای سطح ایستابی در یک خاک با بافت متوسط، مجله علمی کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، جلد ۲۹، شماره ۱۰، ۳-۱.
۳. کشکولی، ح.ع و مختاران، ر. ۱۳۸۴. بررسی آنالیزهای گلف برای تعیین هدایت هیدرولیکی در بالای سطح ایستابی، گزیده مقالات ارائه شده در نهمین کنگره علوم خاک ایران، ۹۵-۹۸.
۴. کشکولی، ح.ع؛ میربهرسی، ح و نوری امامزاده‌ای، م. ۱۳۸۰. استفاده از آنالیزهای تک عمقی و چند عمقی گلف برای تعیین هدایت هیدرولیکی و ضریب α و مقایسه آن با روش چاهک، گزیده مقالات ارائه شده در هفتمین کنگره علوم خاک ایران، ۸۴-۸۲.
۵. کشکولی، ح.ع و مشعل، م. ۱۳۷۴. مقایسه روش‌های اندازه‌گیری صحرایی هدایت هیدرولیکی در بالای سطح ایستابی با روش گلف در دونوع خاک مختلف در استان خوزستان، مجله علمی کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۸: ۲۴-۱.
۶. کشکولی، ح.ع. ۱۳۷۱. اندازه‌گیری همزمان خصوصیات هیدرولیکی خاک در بالای سفره آب زیرزمینی به روش گلف. مجله انجمن خاکشناسی ایران، گزیده مقالات ارائه شده در سومین کنگره علوم خاک ایران، ۳-۶۰، ۳-۴۴.
7. Darsey, J.D, Ward, A.D., Fausey and N.R., Bair, E.S. 1990. A comparison of four field methods for measuring saturated hydraulic conductivity. Trans. ASAE, 33:1925-1931.
8. Elrick, D.E. and Reynolds, W.D. 1992. Infiltration from constant head well permeameters and infiltrometers. P.1-24. In G. C. Topp et al. (ed.) Advances in measurement of soil physical properties: Bringing theory into practice. SSSA spac. Puble. 30. SSSA, Madison, WI.
9. Elrick, D.E., Reynolds, W.D. and Tan, K.A. 1989. Hydraulic conductivity measurements in the unsaturated zone using improved well analyses. Ground water moint. Rev., 9:184-193.
10. Elrick. D.E. and Reynolds, W.D. 1986. An analysis of the percolation test based on three dimensional saturated- unsaturated flow from a cylindrical test hole.
11. Gardner, W.R. 1958. " Some steady-stade solutions of the unsaturated moisture flow equation with application to evaporation from water table". Soil Sci ., 85:228-232.
12. Lee, D.M., Reynolds, W.D., Elrick, D.E. and Clothier B.E. 1985. A comparison of three field methods for measuring saturated hydraulic conductivity can. Soil Sci. 65:563-573. Luthin, J.W. editor, - Drainage of Agricultural lands. ASA. monograph 7, 1957.
13. Mohanty. B.P., R.S. Kanwer and C.J. Everts. 1994. Comparison of saturated hydraulic

- conductivity measurement methods for a glacial-till Soil Science Society American Journal, 58: 672-677.
14. Philip, J.R. 1987. The quasilinear analysis, the Scattering analogue, and other aspects of infiltration and seepage. P.1-27. In Y.S. For (ed.) Infiltration, development and application. Water Resources Research Center, Honolulu.
 15. Reynolds, W.D. and Zebchuk, W.D. 1996. Hydraulic conductivity in a clay soil: Two measurement techniques and spatial characterization, Soil. Sci. Soc. Am. J., 60: 1679-1685.
 16. Reynolds, W.D. 1993. Saturated hydraulic conductivity: Field measurement. P599-605. In M.R. Carter (ed) soil sampling and method of analysis. Lewis publ. Boca Raton, FL.
 17. Reynolds, W.D., Vieira, S.R. and Topp, G.C., 1992. An assessment of the single-head analysis for the constant head well permeameter. Can. J. Soil Sci., 72:489-501
 18. Reynolds, W.D., Elrick, D.E. and Clothier, B.E. 1985. The constant head well permeameter Effect on unsaturated flow. Soil Sci. 39(2):172-18.
 19. Reynolds, W.D. and Elrick, D.E. 1985. In situ measurement of field saturated hydraulic conductivity sorptivity parameter using Guelph permeameter. Soil Sci. 40(4):292-302.
 20. Reynolds, W.D., Elrick, D.E. and Clothier, B.E. 1985. The constant head well permeameter. Soil Sci., 136: 172-18
 21. Stephens, D.B., K.Lamert and D.Watson. 1987. Regression models for hydraulic conductivity and field test of the borehole permeameter. Water Resource Research, 23. 2207-2214.
 22. Vieira, S.R., Reynolds, W.D. and Topp, G.C. 1988. Spatial Variability of hydraulic properties in a highly structured clay soil. Proc. Symp. Validation of flow and transport models for unsaturated Zone 1988, Ruidoso, NM.
 23. Zhunfang F. Zhang. Pieter H. Groenevelt and Grayw. Parkin. 1998. The well-shape factor for the measurement of soil hydraulic properties using the Guelph permeameter. Soil and Tillage Research 49:219-221.
 24. Zanger, C.N. 1953. Theory and problems of water percolations. Engineering Monograph No. 8, Bur. of Reclamation. U.S. Dep. Int, 76p.

