

## بررسی معادلات آنکنی و ویر در برآورد پارامترهای هیدرولیکی با استفاده از نفوذسنج صفحه ای

مهرداد شریعتی<sup>۱\*</sup> - غلامعباس صیاد<sup>۲</sup> - عبدالرحمن بزرگر<sup>۳</sup> - زهرا درویش پسند<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۸۹/۴/۲۳

تاریخ پذیرش: ۹۰/۳/۲۴

### چکیده

نفوذسنج صفحه‌ای یکی از جمله وسایلی است که در سال‌های اخیر برای اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی خاک‌ها بر اساس نمونه دست‌نخورده استفاده شده است. برای تحلیل داده‌های برداشت شده بوسیله نفوذسنج صفحه‌ای روش‌های گوناگونی که بر اساس تحلیل‌های وودینگ پایه‌گذاری شده است معرفی شده است. هدف از این تحقیق مقایسه اعداد بدست آمده برای خصوصیات هیدرولیکی در دو روش آنکنی و ویر می‌باشد. برداشت داده با نفوذسنج صفحه‌ای با شعاع دیسکت ۱۰ سانتی‌متر در ۳ بافت مختلف خاک انجام گردید. در خاک لوم سیلتی به ترتیب از مکش‌های ۱۵، ۱۰، ۷، ۵، ۳ و ۱ سانتی‌متر، در خاک لوم شنی به ترتیب از مکش‌های ۱۰، ۷، ۵، ۳ و ۱ سانتی‌متر و در خاک شنی نیز به ترتیب از مکش‌های ۳۰، ۲۵، ۲۱ و ۱۷ سانتی‌متر ارتفاع آب استفاده شد. میانگین اعداد جذب ( $\alpha$ ) ۰/۰۶۵، ۰/۱۷۵ و ۰/۱۹۲  $\text{cm}^{-1}$  به ترتیب برای خاک‌های لوم شنی، شنی و لوم سیلتی بدست آمد. همچنین تمام ضرایب هدایت هیدرولیکی اشباع و غیراشباع بدست آمده برای هر سه بافت توسط معادلات آنکنی بزرگتر از اعداد بدست آمده توسط معادلات ویر است به این صورت که در خاک لوم شنی که شعاع دیسک کوچک محسوب شده است ۷/۵ درصد، در خاک سیلتی لوم ۲۹ درصد و در خاک شنی ۴۵ درصد معادلات آنکنی ضرایب هدایت هیدرولیکی اشباع بزرگتری را نسبت به ویر تخمین زده است. و می‌توان نتیجه‌گیری نمود که اعداد بدست آمده از معادلات آنکنی به واقعیت نزدیک تر بوده و فاقد نتایج بی‌معنی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: معادلات آنکنی، معادلات ویر، نفوذسنج صفحه‌ای، هدایت هیدرولیکی غیراشباع و اشباع

### مقدمه

برای برداشت داده بوسیله نفوذسنج صفحه‌ای چندین روش وجود دارد که از آن جمله می‌توان استفاده از دو یا چند بار آبی (مکش) را با یک شعاع دیسکت نام برد. یک برتری واقعی این روش این است که همه نفوذ از یک دیسکت و از میان همان سطح اتفاق می‌افتد، به طوری که تغییرات فاصله‌ای در این روش مطرح نمی‌باشد، اما این مشکل می‌تواند در روش استفاده از دو یا چند شعاع مختلف دیسکت که روش دیگری برای برداشت داده بوسیله نفوذسنج صفحه‌ای می‌باشد مطرح باشد. برای تحلیل داده‌های برداشت شده به وسیله دستگاه نفوذسنج صفحه‌ای روش‌های مختلفی وجود دارد، که از آن جمله می‌توان روش آنکنی و همکاران (۱) را که براساس تحلیل‌های وودینگ (۱۴) پایه‌گذاری شده است نام برد، که شاید قوی‌ترین روش برای بدست آوردن خصوصیات هیدرولیکی خاک به وسیله دستگاه نفوذسنج صفحه‌ای باشد. در عمل به‌طور گسترده‌ای از روش تخمین بر اساس شدت نفوذ پایدار، از دستگاه نفوذسنج صفحه‌ای بوسیله روش تحلیلی وودینگ استفاده می‌شود. روش‌های تحلیل داده‌های

پیروکس و وایت در سال ۱۹۸۸ نفوذسنج صفحه‌ای یا دیسک پرماتر را طراحی کردند که برای اندازه‌گیری خصوصیات هیدرولیکی و مطالعات مدیریتی خاک‌ها بسیار مناسب می‌باشد (۶). به اعتقاد بسیاری از دانشمندان فیزیک خاک نفوذسنج صفحه‌ای یکی از وسایل پرترفداری است که اخیراً برای اندازه‌گیری درجای هدایت هیدرولیکی خاک‌ها در حالت نزدیک به اشباع طراحی و ساخته شده است (۱، ۴ و ۶). نفوذسنج صفحه‌ای به سادگی قابل حمل بوده و نسبتاً به حجم آب کمی برای اندازه‌گیری‌ها نیاز دارد، که این خصوصیات آن را به‌طور ویژه‌ای برای مطالعات متغیرهای مکانی مناسب می‌سازد (۵، ۸ و ۹).

۳، ۲، ۱-۴ به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد، استادیار، استاد و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز  
\* - نویسنده مسئول: (Email: msh.shariaty@yahoo.com)

$Q(h_2)$  به ترتیب شدت نفوذ نهایی در مکش های  $h_1$  و  $h_2$  می باشند. در ادامه می توان با استفاده از چینش مجدد معادله شماره ۲،  $k(h_0)$  را از معادله زیر بدست آورد:

$$K(h_0) = \frac{Q(h_0)}{\pi r_0^2 + \frac{4r_0}{\alpha}} \quad (4)$$

حال با قرار دادن  $k(h_0)$  در معادله ۵ که همان معادله گاردنر می باشد، هدایت هیدرولیکی اشباع را می توان محاسبه نمود:

$$K_s = \frac{K(h_0)}{\exp(\alpha h_0)} \quad (5)$$

### روش ویر

برای جریان آب از یک منبع سطحی کوچک مانند نفوذسنج صفحه ای، ویر (۱۹۸۷) بیان نمود که تحلیل تقریبی وودینگ نادرست می باشد. اگر شدت جریان  $Q(h_0)$  و شعاع دیسکت نفوذسنج  $r$ ، نرمال سازی شده و در اشکال بدون بعد به صورت معادلات زیر توصیف می گردند:

$$Q^* = \frac{\alpha}{rK_s \exp(\alpha h_0)} Q(h_0) \quad (6)$$

$$r^* = \frac{1}{2} \alpha r \quad (7)$$

در روش ویر معادله وودینگ به صورت زیر ساده می گردد:

$$Q^* = 4 + 2\pi r^* \quad (8)$$

برای شرایطی  $r^* < 0.4$  ویر بیان نمود که معادله ۸ (به دست آمده از روش وودینگ) به طور نادرستی بزرگتر است و برای بدست آوردن شدت جریان بدون بعد معادله زیر را پیشنهاد کرد:

$$Q^* = \frac{4\pi \sin^2(r^*)}{r^* \pi \sin(r^*) \cos(r^*) + 2r^* \sin^2(r^*) \ln(r^*) - 1.073(r^*)^2} \quad (9)$$

پارامتر تجربی  $K_s$  اصولاً برای هر دو روش آنکنی و ویر می تواند بوسیله اندازه گیری شدت جریان در دو مکش اعمال شده مانند  $h_1$  و  $h_2$  برای یک قطر دیسکت ثابت، مشابه معادله ۳ برآورد شود. با تعیین  $Q^*$  و  $\alpha$  با استفاده از معادلات ۹ و ۳ هدایت هیدرولیکی اشباع با استفاده از معادله ۱۰ تعیین می گردد:

$$K_s = \frac{\alpha}{r} \exp(-\alpha h_1) \frac{Q(h_1)}{Q^*} \quad (10)$$

در ادامه هدایت هیدرولیکی غیراشباع به وسیله معادله نمایی گاردنر و با استفاده از  $K_s$  و  $\alpha$  تعیین شده، بدست می آید.

بدست آمده از نفوذسنج صفحه ای اغلب نیازمند تعیین خصوصیات زودگذر جریان آب از قبیل جذب و طول مویبگی منافذ درشت می باشد مانند روش پیشنهاد شده توسط وایت و سالی (۱۲) ولی به دلیل این که در روش آنکنی بر پایه تحلیل های وودینگ (۱۴) تنها به شدت نفوذنهایی برای تخمین سایر پارامترها نیاز می باشد به طور گسترده ای مورد استفاده قرار می گیرد، هر چند که صحت پارامترهای تخمین زده شده توسط روش وودینگ و روش های پایه گذاری شده بر اساس آن ممکن است کمی سؤال برانگیز باشد. بعنوان مثال، مقادیر تخمین زده شده برای هدایت هیدرولیکی اشباع بین ۵ تا ۳۰۰ درصد متوسط بدست آمده با روش های حل عددی و روش های متداول آزمایشگاهی می باشد (۱، ۶ و ۷). ویر (۱۰) در سال ۱۹۸۷، گزارش کرد که روش وودینگ برای دیسکت های کوچک کارایی ندارد و نتایج نادرستی بدست می دهد، بنابراین روش اصلاح شده ویر را برای نفوذسنج هایی با شعاع کوچک پیشنهاد داد. هدف از انجام این تحقیق مقایسه نتایج معادلات آنکنی بر پایه تحلیل های وودینگ و معادلات ویر در اندازه گیری خصوصیات هیدرولیکی خاک می باشد.

### تئوری

#### روش آنکنی

در روش آنکنی و همکاران که بر اساس تحلیل های وودینگ پایه گذاری شده است، برای تعیین خصوصیات هیدرولیکی خاک، حداقل به دو شدت نفوذ نهایی در دو مکش متفاوت ( $h_1$  و  $h_2$ ) نیاز می باشد (۱)، تا بتوان بوسیله یک تخمین مناسب از هدایت هیدرولیکی اشباع  $K_s$  ( $\text{cm.s}^{-1}$ ) و عدد جذب  $\alpha$  ( $\text{cm}^{-1}$ ) و با استفاده از مدل نمایی گاردنر (۱۹۵۸) تخمین مناسبی برای  $K(h_0)$  هدایت هیدرولیکی غیراشباع ایجاد شده در مکش  $h_0$  بدست آورد.

$$k(h_0) = k_s \exp(h_0 \alpha) \quad (1)$$

تحت جریان پایدار، تحلیل های وودینگ برای شدت نفوذ از یک حوضچه مدور با شعاع  $r_0$  (cm) تحت یک بارآبی ثابت (مکش ثابت) در سطح خاک، بر اساس معادله نمایی گاردنر برای هدایت هیدرولیکی غیر اشباع شرح داده شده به وسیله معادله ۱ خواهیم داشت:

$$Q(h_0) = \pi r_0^2 K(h_0) + \frac{4r_0}{\alpha} K(h_0) \quad (2)$$

که در آن  $Q(h_0)$  شدت جریان پایدار بر حسب ( $\text{cm.s}^{-1}$ )، در مکش ایجاد شده  $h_0$  می باشد. پارامترهای مجهول در معادله شماره ۲ عبارتند از عدد جذب  $\alpha$  و هدایت هیدرولیکی غیراشباع  $k(h_0)$  که می توان  $\alpha$  را با استفاده از معادله زیر برآورد نمود:

$$\alpha = \frac{\ln[Q(h_1)/Q(h_2)]}{h_1 - h_2} \quad (3)$$

که در آن  $h_1$  و  $h_2$  مکش های اعمال شده می باشند و  $Q(h_1)$  و

## مواد و روش‌ها

لایه به قطر ۳ تا ۵ میلی متر از ماسه نرم بر روی سطح مورد نظر برای تماس بهتر و کامل تر دیسکت با خاک زیرین ریخته شد. پس از آماده کردن سطح مورد آزمایش دستگاه نفوذسنج صفحه‌ای به صورت تراز بر روی سطح آماده شده قرار گرفت و برداشت داده‌ها آغاز گردید. میزان افت سطح آب در مخزن دستگاه تحت مکش تنظیم شده در فواصل زمانی معین قرائت می‌شود که انتخاب این فواصل زمانی بستگی به میزان دبی خروجی از دیسکت دارد، همچنین دبی خروجی از دیسکت در ارتباط با نوع خاک مورد آزمایش و مکش تنظیم شده بر روی دستگاه می‌باشد. پس از آن که در سه تا چهار قرائت میزان افت سطح آب قرائت شده یک مقدار ثابت بدست آمد، قرائت‌ها در آن مکش به پایان رسیده و با تنظیم دستگاه بر روی مکش جدید قرائت‌های مکش بعدی آغاز می‌گردد. در ادامه تجزیه و تحلیل داده‌های خام صحرائی به دو روش آنکنی و ویر انجام گردید.

## نتایج و بحث

نتایج حاصل از روش آنکنی و روش ویر در جداول ۲ تا ۴ به صورت میانگین از سه تکرار در هر بافت آورده شده است. با توجه به داده‌های بدست آمده شدت نفوذ نرمال سازی شده ( $Q^*$ )، در دو روش آنکنی و ویر در هر سه بافت خاک با هم از اختلافات فاحشی برخوردار می‌باشند.

به دلیل استفاده از مکش و ضریب جذب میانگین برای مکش اول عدد بالاتری وجود ندارد که مورد میانگین گیری قرار گیرد و فقط میانگین مکش اول و مکش دوم می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. روش ویر برای تحلیل داده‌های حاصل از جریان از یک منبع سطحی کوچک همانند یک نفوذسنج صفحه‌ای کوچک کاربرد دارد، چرا که ویر داده‌های بدست‌آمده از روش وودینگ و متعاقب آن داده‌های بدست آمده از روش‌های پایه گذاری شده براساس تحلیل وودینگ مانند روش آنکنی و همکاران را برای منابع کوچک سطحی نادرست می‌دانست.

برای انجام آزمایشات صحرائی با دستگاه نفوذسنج صفحه‌ای، از ۳ بافت مختلف استفاده شد که خصوصیات خاک‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. خاک لوم سیلتی در استان چهارمحال و بختیاری و در شهر فرخ شهر، خاک لوم شنی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید چمران اهواز واقع شده بود و خاک شنی به صورت آزمایشگاهی و با ریختن ماسه نرم (رمل) درون جبهه‌ای به ابعاد  $40 \times 40 \times 50$  سانتی متر تهیه شده بود. برای برداشت داده از نفوذسنج صفحه‌ای با شعاع دیسکت ۱۰ سانتی متر مدل پارس ۱ ساخت شرکت مهندسی کشاورزی فرخ پارس چهارمحال استفاده شد. در خاک لوم سیلتی به ترتیب از مکش‌های ۱۵، ۱۰، ۷، ۳ و ۱ سانتی‌متر، در خاک لوم شنی به ترتیب از مکش‌های ۱۰، ۷، ۵، ۳ و ۱ سانتی متر و در خاک شنی نیز به ترتیب از مکش‌های ۳۰، ۲۵، ۲۱ و ۱۷ سانتی متر ارتفاع آب استفاده شد. برداشت‌ها در هر خاک با ۳ تکرار و در ۳ مکان مجزا انجام شد. در خاک‌های لوم سیلتی و لوم شنی برای برداشت داده از مکان‌های مجاور هم و با فاصله‌هایی حدود ۲۰ تا ۳۰ متر از یکدیگر استفاده شد تا از اختلاط جبهه‌های رطوبتی هر برداشت با برداشت قبلی جلوگیری شود و نیز اختلافات مکانی موجود در خاک به حداقل برسد.

جدول ۱- خصوصیات خاک‌های مورد تحقیق

بافت خاک	درصد اجزاء ذرات (%)			وزن مخصوص ظاهری ( $g/cm^3$ )
	رس	سیلت	شن	
لوم سیلتی	۱۷	۵۲/۵	۳۰/۵	۱/۱
لوم شنی	۸	۲۲	۷۰	۱/۳۳
شنی	۲	۵/۵	۹۲/۵	۱/۵۱

برای استفاده از دستگاه در خاک‌های مختلف به این صورت عمل شد که در ابتدا سطح خاک از موادی همچون سنگ و کاه و کلش تمیز گردید و سپس سطح به حالت تراز در آورده شد، پس از آن یک

جدول ۲- پارامترهای هیدرولیکی بدست آمده از دو روش آنکنی و ویر در خاک لوم شنی

$h_0$ (cm)	روش آنکنی					روش ویر				
	$Q(h_0)$ ( $mLs^{-1}$ )	$h_a$ (cm)	$\alpha$ ( $cm^{-1}$ )	$K(h_0)$ ( $cmd^{-1}$ )	$K_s$ ( $cmd^{-1}$ )	$r^*$	$Q^*$	$K(h_0)$ ( $cmd^{-1}$ )	$K_s$ ( $cmd^{-1}$ )	
۱۰	-۰/۳۵۷	-	-	۲۸/۲۷	۵۴/۹۴	-۰/۲۹۲	۶/۲۹	۲۶/۲۱	۴۷/۴۶	
۷	-۰/۴۲۲	۸/۵	-۰/۰۵۸	۳۴/۲۱	۵۴/۹۴	-۰/۲۹۲	۶/۲۹	۳۱/۷۲	۵۰/۸۱	
۵	-۰/۴۸۷	۶	-۰/۰۶۹	۴۷/۲۷	۶۹/۴۲	-۰/۳۴۸	۶/۶۶	۴۰/۸۹	۶۴/۱۶	
۳	-۰/۵۵۲	۴	-۰/۰۶۴	۴۸/۴۹	۵۹/۹۳	-۰/۳۲۱	۶/۵۰	۴۴/۷۸	۷۳/۲۰	
۱	-۰/۵۶۴	۲	-۰/۰۶۷	۵۹/۸۰	۶۳/۱۳	-۰/۳۳۸	۱/۵۹	۵۶/۱۸	۶۰/۳۱	

$h_0$ : مکش اعمال شده،  $Q(h_0)$ : شدت نفوذ نهایی در مکش  $h_a$ ،  $h_0$ : مکش میانگین،  $\alpha$ : عدد جذب،  $K(h_0)$ : هدایت هیدرولیکی غیراشباع در مکش  $h_0$ ،  $K_s$ : هدایت هیدرولیکی اشباع در مکش  $h_0$ ،  $r^*$ : شعاع نرمال سازی شده،  $Q^*$ : شدت نفوذ نرمال سازی شده

جدول ۳- پارامترهای هیدرولیکی بدست آمده از دو روش آنکنی و ویر در خاک لوم سیلتی

$h_0$ (cm)	روش آنکنی				روش ویر				
	$Q(h_0)$ (mLS <sup>-1</sup> )	$h_a$ (cm)	$\alpha$ (cm <sup>-1</sup> )	$K(h_0)$ (cmd <sup>-1</sup> )	$K_s$ (cmd <sup>-1</sup> )	$r^*$	$Q^*$	$K(h_0)$ (cmd <sup>-1</sup> )	$K_s$ (cmd <sup>-1</sup> )
۱۵	۰/۰۳۲	-	-	۳/۱۷	۱۱/۷۳	۰/۴۱۴	۷/۱۷	۲/۹۲	۱۰/۷۶
۱۰	۰/۰۴۴	۱۲/۵	۰/۰۸۳	۴/۸۸	۱۱/۷۳	۰/۴۱۵	۷/۱۷	۴/۱۵	۱۰/۷۶
۷	۰/۰۵۴	۸/۵	۰/۰۹۷	۷/۳۶	۱۵/۱۷	۰/۴۸۸	۷/۹۵	۶/۴۷	۱۳/۹۱
۳	۰/۱۶۳	۵	۰/۲۵۲	۲۹/۶۲	۶۳/۰۱	۱/۲۶۰	۵/۴۱	-۱۷/۶۲	-۱۴/۱۷
۱	۰/۳۳۱	۲	۰/۳۳۳	۶۴/۲۹	۹۰/۳۷	۱/۶۸۳	-۳/۶۱	-۳۴۶/۴۰	-۲۱۲/۷۷

جدول ۴- پارامترهای هیدرولیکی بدست آمده از دو روش آنکنی و ویر در خاک شنی

$h_0$ (cm)	روش آنکنی				روش ویر				
	$Q(h_0)$ (mLS <sup>-1</sup> )	$h_a$ (cm)	$\alpha$ (cm <sup>-1</sup> )	$K(h_0)$ (cmd <sup>-1</sup> )	$K_s$ (cmd <sup>-1</sup> )	$r^*$	$Q^*$	$K(h_0)$ (cmd <sup>-1</sup> )	$K_s$ (cmd <sup>-1</sup> )
۳۰	۰/۰۳۱	-	-	۴/۶۷	۴۷۲	۰/۷۶	۱۱/۵۱	۳/۵۷	۳۵۴/۶۰
۲۵	۰/۰۶۷	۲۷/۵	۰/۱۵۱	۱۰/۰۳	۴۷۲/۸	۰/۷۶	۱۱/۵۱	۷/۶۴	۳۵۵/۱۳
۲۱	۰/۱۵۷	۲۳	۰/۲۱۳	۲۷/۰۱	۱۱۳۵/۵	۱/۰۶	۹/۶۴	۷/۰۲	۲۲۳/۷۴
۱۷	۰/۲۹۴	۱۹	۰/۱۵۹	۴۴/۵۲	۹۵۰/۷	۰/۸	۲۶/۳۴	۲۶/۳۲	۳۴۳/۳۸

شنی گزارش کردند. میانگین محاسبه شده برای عدد جذب خاک لوم سیلتی بزرگتر از مقادیر محاسبه شده توسط سایر محققین می باشد که دلیل آن می تواند تخلخل بسیار بالای خاک لوم سیلتی در هنگام برداشت داده ها باشد زیرا داده ها پس از شخم زدن خاک برداشت شد. با توجه به مقادیر محاسبه شده برای  $\alpha$  در خاک لوم شنی، دیسکت هایی با شعاع کمتر از ۱۲/۳ سانتی متر کوچک خواهند بود، این به آن معناست که دیسکت به کار برده شده در این تحقیق با شعاع ۱۰ سانتی متر کاملاً به عنوان یک منبع سطحی کوچک برای استفاده از روش ویر و مقایسه آن با معادله وودینگ مناسب می باشد. بر اساس متوسط  $\alpha$  بدست آمده در خاک شنی در این تحقیق، دیسکت هایی با شعاع ۴/۵ سانتی متر و کمتر از آن برای استفاده از روش ویر مناسب ترین شعاع را دارا می باشند. همچنین با توجه به  $\alpha$  بدست آمده در خاک لوم سیلتی نیز دیسکتی با شعاع کمتر از ۴/۲ برای استفاده از معادله ویر مناسب ترین شعاع دیسکت می باشد. با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق می توان نتیجه گرفت که برای استفاده از روش ویر در خاک های سبک بافت تر و یا با عدد جذب  $\alpha$  بزرگتر، دیسکت با شعاع حدود ۵ سانتی متر مناسب می باشد. در صورتی که در خاک هایی با عدد جذب کوچک تر دیسکت های قطور تر مناسب تر می باشند.

همان طور که در جداول ۴ تا ۴ ملاحظه می شود اگر از روش ویر در شرایطی که شعاع نرمال سازی شده ( $r^*$ ) محاسبه شده خیلی بزرگتر از ۰/۴ باشد، استفاده شود شدت نفوذ نرمال سازی شده ( $Q^*$ ) منفی بدست آمده و باعث بدست آمدن نتایج بی معنی از معادلات ویر می گردد و این حالت در خاک لوم سیلتی که اعداد جذب بزرگتری

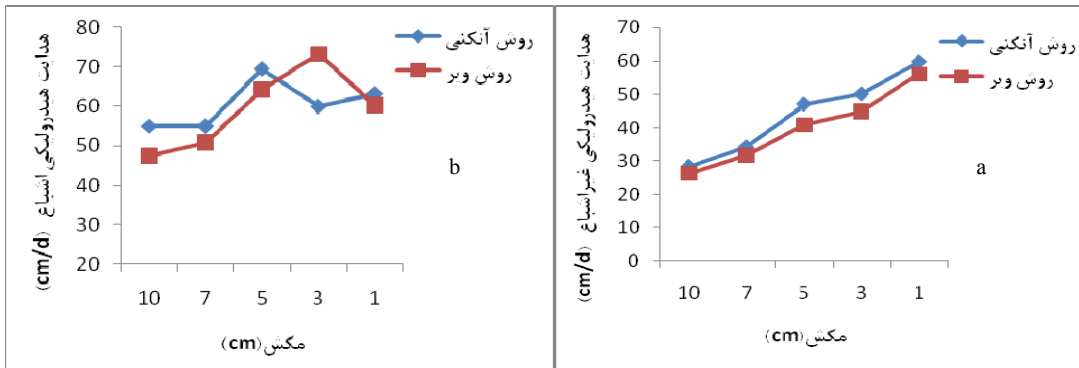
تعریف کوچک بودن شعاع منبع سطحی یا در این مطالعه نفوذسنج صفحه ای تنها وابسته به ابعاد فیزیکی دیسکت (مانند شعاع دیسکت) نمی باشد، بلکه به خصوصیتی از خاک همانند  $\alpha$  (عدد جذب) نیز وابسته می باشد. بر اساس معادله  $\gamma$  شعاع نرمال سازی شده دیسکت می تواند به طور قابل ملاحظه ای برای یک خاک کوچک باشد (با یک عدد جذب کوچک) در صورتی که ممکن است همان دیسکت برای خاک دیگری کوچک نباشد (خاکی با یک عدد جذب بزرگ) (۱۱).

پارامتر  $\alpha$  اغلب دامنه ای در حدود ۰/۰۰۸ در خاک های رسی و ۰/۱۴۵ cm<sup>-1</sup> برای خاک های درشت بافت مانند خاک شنی دارد (۲). اگر دامنه بیان شده را معیاری برای تعیین کوچکی و بزرگی شعاع دیسکت قرار دهیم، دیسکتی با شعاع ۱۰۰ سانتی متر و قطر ۲ متر برای خاک های رسی کوچک محسوب می شود و این در حالی است که شعاعی در حدود ۵/۵ سانتی متر و کوچک تر از این مقدار در خاک های شنی کوچک محسوب می شود. به گفته وانگ و همکاران این نوع دسته بندی، شرایطی غیر کاربردی می باشد (۱۱). همان طور که بیان شد تمام برداشت ها در هر سه خاک بوسیله نفوذسنج صفحه ای با شعاع دیسکت ۱۰ سانتی متر انجام گردید. ۰/۰۶۵، ۰/۱۷۵ و ۰/۱۹۲ cm<sup>-1</sup> به ترتیب برای متوسط عدد جذب خاک های لوم شنی، شنی و لوم سیلتی بدست آمد. اعداد بدست آمده در خاک های لوم شنی و شنی در این تحقیق به خوبی با اعداد بدست آمده توسط کارسل و همکاران (۲) و وانگ و همکاران (۱۱) قابل مقایسه می باشد. کارسل و همکاران برای عدد جذب مقادیر ۰/۰۷۵ و ۰/۱۴۵ cm<sup>-1</sup> و وانگ و همکاران اعداد ۰/۰۸۶ و ۰/۲۰۸ cm<sup>-1</sup> را به ترتیب برای خاک های لوم شنی و

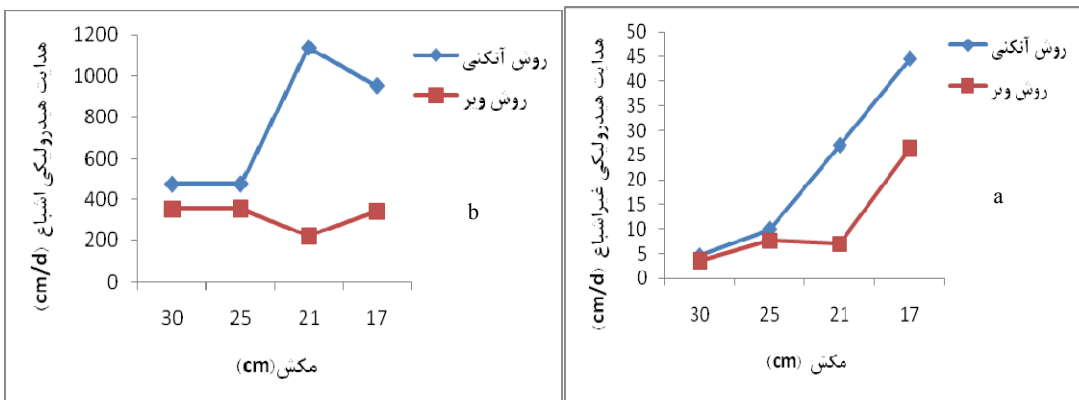
(جدول ۲ تا ۴).

البته از دیگر نتایج بدست آمده در این تحقیق این است که، تمام ضرایب هدایت هیدرولیکی اشباع و غیراشباع بدست آمده برای هر سه بافت خاک با روش آنکنی و همکاران، بزرگتر از مقادیر بدست آمده توسط معادلات ویر هستند (شکل های ۱ تا ۳).

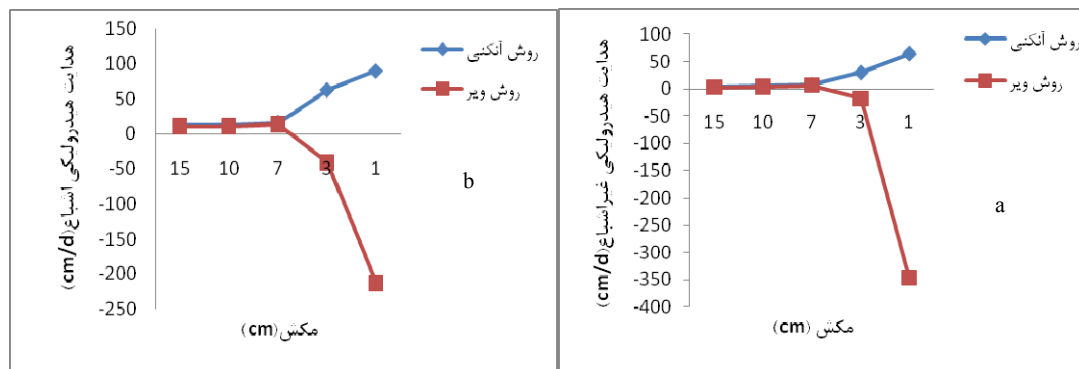
بدست آمد، به وضوح قابل مشاهده می باشد (جدول ۳) و در صورتی که در هر سه خاک تحلیل های انجام شده بر اساس معادلات آنکنی بدون وجود محدودیتی برای شعاع دیسکت استفاده شد، در تمام اعداد منطقی بدست آمد و محدودیت های موجود در معادلات ویر مانند منفی بدست آمدن در  $\alpha$  های بزرگتر وجود نداشته است



شکل ۱- نمودار a مقایسه هدایت هیدرولیکی غیراشباع و نمودار b مقایسه هدایت هیدرولیکی اشباع بدست آمده از دو روش آنکنی و ویر در خاک لوم شنی



شکل ۲- نمودار a مقایسه هدایت هیدرولیکی غیراشباع و نمودار b مقایسه هدایت هیدرولیکی اشباع بدست آمده از دو روش آنکنی و ویر در خاک لوم سیلتی



شکل ۳- نمودار a مقایسه هدایت هیدرولیکی غیراشباع و نمودار b مقایسه هدایت هیدرولیکی اشباع بدست آمده از دو روش آنکنی و ویر در خاک لوم سیلتی

## نتیجه گیری

دارد، کارایی نسبتاً محدود و پایینی نسبت به معادلات آنکنی بر اساس تحلیل های وودینگ دارد. در این تحقیق تمام ضرایب هدایت هیدرولیکی اشباع و غیراشباع بدست آمده برای هر سه بافت توسط معادلات آنکنی بزرگتر از اعداد بدست آمده توسط معادلات ویر بدست آمد به این صورت که در خاک لوم شنی که شعاع دیسک کوچک محسوب شده است ۷/۵ درصد، در خاک سیلتی لوم ۲۹ درصد و در خاک شنی ۴۵ درصد معادلات آنکنی ضرایب هدایت هیدرولیکی اشباع بزرگتری را نسبت به روش ویر تخمین زده است. و می توان نتیجه گیری نمود که اعداد بدست آمده از معادلات آنکنی به واقعیت نزدیک تر بوده و فاقد نتایج بی معنی می باشد.

همانطور که ملاحظه شد در روش ویر زمانی که شعاع دیسکت کوچک محسوب شود اعداد منطقی و کوچکتری نسبت به معادلات آنکنی ارائه می دهد. ولی زمانی که شعاع دیسکت بزرگ محسوب شود داده های بسیار کوچک تر و گاهی بی معنی ارائه می دهد و این در حالی است که معادلات آنکنی براساس تحلیل های وودینگ در همان خاک ها، زمانی که شعاع کوچک محسوب می شود داده هایی با اختلاف جزئی نسبت به معادلات ویر ارائه می دهد و در صورتی که شعاع دیسکت بزرگ محسوب می شود داده هایی کاملاً منطقی و بامعنی بدست می آورد. پس می توان نتیجه گیری نمود که معادلات ویر به دلیل وابستگی که به پارامتر بسیار متغیری مانند عدد جذب ( $\alpha$ )

## منابع

- 1- Ankeny M.D., Ahmed M., Kaspar T.C. and Horton R. 1991. Simple field method for determining unsaturated hydraulic conductivity, Soil Science Society of America Journal, 55: 467-470.
- 2- Carsel R.F. and Parrish R.S. 1988. Developing joint probability distribution of soil water retention characteristics, Water Resources Research, 24: 755-769.
- 3- Jarvis N.J. and Messing I. 1995. Near-Saturated Hydraulic Conductivity in Soils of Contrasting Texture Measured by Tension Infiltrometers, Soil Science Society of America Journal, 59: 27-34.
- 4- Logsdon S.D. and Jaynes D.B. 1993. Methodology for determining soil hydraulic conductivity with tension infiltrometers, Soil Science Society of America Journal, 57: 34-367.
- 5- Mohanty B.P., Ankeny M.D., Horton R. and Kanwer R.S. 1994. Spatial analysis of hydraulic conductivity measured using disc infiltrometers, Water Resources Research, 30: 2489-2498.
- 6- Perroux K.M. and White I. 1988. Design for disc permeameters, Soil Science Society of America Journal, 52: 1205-1215.
- 7- Reynolds W.D. and Elrick D.E. 1991. Determination of hydraulic conductivity using a tension infiltrometer, Soil Science Society of America Journal, 55: 633-639.
- 8- Shouse P.J. and Mohanty C.F. 1998. Scaling of near-saturated hydraulic conductivity measured using disc infiltrometers, Water Resources Research, 34: 1195-1205.
- 9- Smettem K., and Clothier B. 1989. Measuring saturated hydraulic conductivity using multiple disc permeameters, Soil Science, 40: 563-568.
- 10- Weir G.J. 1987. Steady infiltration from small shallow circular ponds, Water Resources Research, 23: 733-736.
- 11- Wang D., Yetes S.R., Lowery B. and Van Genuchten M.T. 1998. Estimating soil hydraulic properties using tension infiltrometers with varying disk diameters, Soil Science, 163: 356-361.
- 12- White I. and Sully M.J. 1987. Macroscopic and Microscopic capillary length and time scales from field infiltration, Water Resources Research, 23: 1514-1522.
- 13- White I. and Perroux K.M. 1989. Estimation unsaturated hydraulic conductivity from field sorptivity measurement, Soil Science Society of America Journal, 53: 324-329.
- 14- Wooding R.A. 1968. Steady infiltration from a shallow circular pond, Water Resources Research, 4: 1259-1273.



## Evaluation of Ankeny and Weir Equation Estimating Hydraulic Parameters Using Disc Infiltrometer

M. Shariaty<sup>1\*</sup>- Gh. Sayyad<sup>2</sup>- A. Barzegar<sup>3</sup>- Z. Darvishpasand<sup>4</sup>

Received:14-7-2010

Accepted:14-6-2011

### Abstract

Disc infiltrometer is one of those devices that used in recent years in measurement of hydraulic conductivity of entire soil. In order to analyze the data taken by Disc infiltrometer a variety of methods based on Wooding's base analyze have been introduced. The objective of this study was to compare the performances of Ankeny and Weir methods for predicting soil hydraulic properties using disc data. The study was conducted using a 10 cm radius disc infiltrometer in three different soil texture. The water infiltration was measured for silty loam soil using 15, 10, 7, 3, 1 cm tensions, for loamy sand using 10, 7, 5, 3, 1 cm tensions, and for sandy soil using 30, 25, 21, 17 cm tensions, respectively. The average calculated sorptive number ( $\alpha$ ) was 0.065, 0.175, and 0.192  $\text{cm}^{-1}$  for loamy sand, sandy, and silty loam soils, respectively. All the unsaturated- saturated hydraulic conductivity coefficients obtained for three soil textures using Ankeny analyze were bigger than the values obtained using modified Weir equation so that the predicted saturated hydraulic conductivity coefficients using Ankeny analyze for sandy loam soil 7.5%, for silty loam soil 29%, and for sandy soil 45% were greater than Weir estimates.

**Keywords:** Equations Ankeny, Equations Weir, Unsaturated and Saturated Hydraulic Conductivity, Disc infiltrometer

---

1,2,3,4- Former MSc Student, Assistant Professor, Professor and MSc Student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Respectively  
(\*-Corresponding Author Email: msh.shariaty@yahoo.com)