

تعیین منحنی مشخصه رطوبتی و توابع هیدرولیکی بخش غیر اشباع خاک با استفاده از مدل ریاضی

منصور سرخه نژاد

دانشجوی کارشناسی ارشد واحد علوم و تحقیقات خوزستان (m-sorkheh1@yahoo.com)

حیدرعلی کشکولی

استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان (hakashkuli1@yahoo.com)

چکیده

اهمیت و پیچیدگی روابط آب و خاک در وضعیت غیر اشباع به مراتب بیشتر از شرایط اشباع است زیرا برخی خصوصیات فیزیکی خاک نظیر هدایت هیدرولیکی غیر اشباع که از خصوصیات بسیار مهم حاکم بر حرکت و انتقال آب و محلولها در خاک است همراه با تغییر درجه اشباع تغییر پیدا کرده و حالت ماندگار ندارند. علاوه بر آن تعیین هدایت هیدرولیکی غیر اشباع خاک در آزمایشگاه و صحرا وقت گیر بوده و هزینه بالایی دارد. به همین دلیل در حل مسائل مربوط به جریان غیر اشباع استفاده از توابع تحلیلی اجتناب ناپذیر می باشد. همچنین این توابع ابزار مفیدی برای درون یابی یا برون یابی قسمتهای منحنی نگهداشت رطوبت خاک که اطلاعات کمی برای آن در دسترس می باشد، هستند. نرم افزار RETC با استفاده از تعدادی نقاط اندازه گیری مکش و رطوبت و با استفاده از مدل تجربی بروکز _ کوری و مدل پنج متغیره ون گنوختن و همچنین مدل بوردین و مدل معلم، می تواند منحنی مشخصه رطوبتی و توابع هیدرولیکی بخش غیر اشباع خاک را با دقت بالا برازش نماید. در این مقاله، معادلات حاکم، کاربردها و قابلیت های برنامه و نحوه کار با آن بیان شده است.

واژه های کلیدی: درجه اشباع ، توابع تحلیلی ، نرم افزار RETC ، منحنی مشخصه رطوبتی.

مقدمه

اکثر فعالیتهای مربوط به آب و خاک در مزرعه در وضعیت غیر اشباع صورت می گیرد. زیرا فقط تحت شرایط غیر اشباع است که گیاه قادر می باشد آب و مواد غذایی خود را از خاک دریافت کند. از مهمترین پارامترهای این بخش می توان به منحنی مشخصه رطوبتی و هدایت هیدرولیکی اشاره کرد. در این مقاله سعی شده است تا با توضیح پنجره های مختلف نرم افزار RETC ، بتوان پارامترهای فوق را همراه با متغیرهای مربوطه با روش بهینه سازی تعیین کرد.

معرفی نرم افزار RETC:

RETC مخفف *RETention Curve* می باشد که یک برنامه کامپیوتری است که برای آنالیز یا برآورد خصوصیات هیدرولیکی خاک های غیر اشباع استفاده می شود. این برنامه یک *Domain Code* عمومی است که اولین بار توسط ون گنوختن در سال ۱۹۹۱ ارائه شد. برنامه RETC ممکن است برای برازش دادن چند مدل تحلیلی بر داده های اندازه گیری شده منحنی رطوبتی خاک و یا داده های هدایت هیدرولیکی به کار رود.

روش کار با نرم افزار RETC:

این برنامه برای برازش متغیرهای آماری از یک تکنیک رگرسیونی چند متغیره و غیر خطی استفاده می کند که در آن SST ^۱ به دو مولفه SSR ^۲ و SSE ^۳ تقسیم می شود. هدف این برنامه کامپیوتری بالا بردن دقت مدل آماری رگرسیونی، ضمن کاهش SSE و افزایش SSR می باشد. در فرایند برازش و برآورد متغیرهای آماری بایستی SSE را تا حد امکان کاهش داد. زیرا این عبارت نشان دهنده میزان خطاهای تصادفی است و هر چه کمیت آن کمتر گردد، دقت مدل رگرسیون افزایش خواهد یافت. برنامه RETC در حین پردازش داده های ورودی آماره های^۴ مختلفی را محاسبه می کند که از طریق آنها می توان به میزان دقت و حساسیت مدل رگرسیونی پی برد. این عوامل ماتریس واریانس-کوواریانس یا ماتریس همبستگی^۵، ضریب همبستگی (R^2) ، میانگین، انحراف معیار، پارامتر T و حدود اطمینان^۶ در سطح ۵ درصد می باشند. نسبت مقدار پیش بینی شده بر مقدار مشاهداتی (R') ، هر چه مقدار این نسبت به یک نزدیکتر باشد نشان دهنده برآورد بهتر مدل در آن نقطه می باشد. ولی باید توجه داشت که هر چند مدل های رگرسیونی دقیق (R^2) بالایی دارند ولی بالا بودن (R^2) همواره دلیل بر دقیق بودن مدل نیست. مطمئن ترین پارامتر آماری که میزان دقت یک مدل رگرسیونی را نشان می دهد، SSE می باشد، که هر چه کمتر باشد به همان اندازه مدل دقیق تر خواهد بود.

$$SSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^j (C_{ic} - C_{im})^2}{J-1}} \quad (1)$$

$$R' = \frac{C_c}{C_m} \quad (2)$$

که در آن C_c و C_m به ترتیب مقادیر برآورد شده و اندازه گیری شده می باشند. لازم به ذکر است که هر چه مقادیر SSE کمتر و ضرایب همبستگی (R^2) بالاتر باشد برازش بهتر خواهد بود. همچنین برای هر نقطه، هر چه مقدار نسبت پراکندگی فرمول (۲) به یک نزدیک تر باشد، برازش مدل برای آن نقطه بهتر خواهد بود.

مدلهای حاکم:

مدلهایی مثل بروکس و کوری، ون گنوختن با m و n متغیر و وابسته، معلم و بوردین در RETC استفاده می شوند.

به طور کلی مدل های برنامه RETC عبارتند از:

- 1- Total Sum of Squares
- 2-Regression Sum of Squares
- 3- Residual Sum of Squares
- 4- Statistics
- 5-Correlation Matrix
- 6- Confidence Interval

الف: برای پیش بینی پارامترهای منحنی مشخصه رطوبتی خاک $(n, \alpha, \ell, K_s, \theta_s, \theta_r)$ از مدل های بروکس و کوری و وان گنوختن:

۱- مدل ون گنوختن با m و n مستقل

۲- مدل ون گنوختن با m و n وابسته شامل دو شرط زیر:

$$\text{الف: مدل معلم} \quad m = 1 - \frac{1}{n} \quad \text{ب: مدل بوردین} \quad m = 1 - \frac{2}{n}$$

وان گنوختن برای توصیف منحنی رطوبتی خاک در کل محدوده مکش معادله زیر را پیشنهاد کرد:

$$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) [1 + (\alpha h)^n]^{-m} \quad (3)$$

شکل حاصل از این معادله به شکل سیگموئید (S شکل) می باشد. در معادله فوق m و n ضرایب تجربی بوده و θ درصد رطوبت در مکش h ، θ_s درصد رطوبت اشباع و α عکس مکش ورود هوا نامیده می شود.

۳- مدل بروکز و کوری

بروکز و کوری رابطه تجربی زیر را برای توصیف روابط بین مقدار رطوبت و پتانسیل ماتریک ارائه داده اند:

$$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) (\alpha h)^{-\lambda} \quad \alpha h \geq 1 \quad (4)$$

در این مدل برای $\alpha h \leq 1$ ، $\theta = \theta_s$ است.

λ ضریبی است که از طریق برازش داده های θ و ψ بدست می آید. این معادله در توصیف منحنی رطوبتی خاک های درشت بافت و نمونه های دست خورده (که λ بزرگتری دارند) موفق بوده است و در رطوبت های نزدیک نقطه پژمردگی نتایج دقیقی به دست می دهد. ولی نتایج حاصل از آن در رطوبت های نزدیک به رطوبت اشباع، همچنین برای خاک های ریز بافت و با ساختمان مناسب (که λ کوچکتری دارند)، در مقایسه با نتایج حاصل از مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی تفاوت فاحشی را نشان می دهد. این معادله ورود هوا به خاک را که در ضمن خشک شدن خاک پیش می آید یک نقطه قاطع و ناگهانی پیش بینی می کند که در واقع چنین نیست. برای رفع این اشکال معادلات زیادی توسط دانشمندان ارائه شده است که یکی از سودمندترین این معادلات توسط وان گنوختن ارائه شده است. لازم به ذکر است که مدل های فوق تنها در حالی صادقند که میزان ذرات ماسه خاک بین ۵٪ و ۵۰٪ و ذرات رس بین ۵٪ و ۶۰٪ در نوسان باشند.

ب: برای برآورد هدایت هیدرولیکی $K(\theta)$ و پخشیدگی $D(\theta)$ خاک های غیر اشباع از مدل های ون گنوختن - معلم و ون گنوختن - بوردین استفاده می نماید:

$$m = 1 - \frac{1}{n} \quad (5)$$

$$K(h) = \frac{K_s \left\{ 1 - (\alpha h)^{mn} [1 + (\alpha h)^n]^{-m} \right\}^2}{[1 + (\alpha h)^n]^{mL}}$$

$$m = 1 - \frac{2}{n} \quad (6)$$

$$K(h) = \frac{1 - (\alpha h)^{n-2} [1 + (\alpha h)^n]^{-m}}{[1 + (\alpha h)^n]^{m1}}$$

شبیه‌سازی منحنی رطوبتی و هدایت هیدرولیکی غیراشباع:

در فرایند برازش منحنی رطوبتی تعداد متغیرهایی که بایستی برآورد شوند پنج عامل n , θ_r , θ_s , a و m می‌باشند. برای تعیین هدایت هیدرولیکی غیر اشباع و ضریب پخشیدگی رطوبت خاک علاوه بر عوامل فوق در متغیر K_s و L نیز در مدل وارد می‌گردند. پس تعداد متغیرهای بالقوه در تعیین منحنی رطوبتی و توابع هیدرولیکی خاک به هفت عامل می‌رسد که برنامه کامپیوتری RETC می‌تواند آنها را به صورت دسته جمعی و یا تک‌تک، برازش نماید.

با عنایت به مطالب فوق، هنگام استفاده از برنامه کامپیوتری RETC بایستی سعی نمود تا تعداد متغیرهایی را که بایستی برازش شوند به حداقل کاهش داد. یک گزینه برای نیل به هدف فوق، ثابت گرفتن θ_r و l می‌باشد. ثابت گرفتن θ_r بویژه زمانی که داده‌های کمتری در رطوبت‌های نزدیک نقطه پژمردگی در دسترس است، بسیار مفید و سودمند می‌باشد. راه حل دیگر استفاده از m و n وابسته به هم می‌باشد، مگر اینکه داده‌های صحرایی یا آزمایشگاهی از پراکنش^۷ کمی برخوردار بوده و در گستره وسیعی از پتانسیل ماتریک و یا هدایت هیدرولیکی در دسترس باشند (در چنین مواردی بهتر است از m و n مستقل استفاده شود).

برای مطمئن شدن از نتایج حاصل از برنامه کامپیوتری RETC بهتر است تمامی متغیرها را مجهول فرض کرده و با دادن مقادیر اولیه مناسب به آنها (جدول (۶-۲) و (۷-۲)) مدل را اجرا و سپس با استفاده از ماتریس همبستگی، میزان همبستگی متغیرها را نسبت به همدیگر مشخص نمود. اگر همبستگی بین دو متغیر زیاد باشد می‌توان یکی از آنها را ثابت در نظر گرفت. معمولاً میزان همبستگی m و n ، همچنین n و l بیشتر از بقیه متغیرها است که در حالت اول با استفاده از رابطه $m = 1 - \frac{1}{n}$ (برای مدل معلم) یا $m = 1 - \frac{1}{2n}$ (برای مدل بوردین) می‌توان m را ثابت گرفته و فقط n را در محاسبات وارد کرد. در حالت دوم می‌توان $l = 0.5$ (برای مدل معلم) یا $l = 2$ (برای مدل بوردین) را انتخاب کرد. در چنین شرایطی و همچنین زمانی که از مدل معلم - بروکز و کوری و یا بوردین - بروکز و کوری استفاده شود تعداد متغیرها به ۶ عدد کاهش می‌یابد.

جدول (۶-۲): میانگین هندسی ضرایب تجربی مدل وان‌گنوختن برای بافت‌های مختلف (اقتباس از رالز و همکاران ۱۹۸۲)

Texture	θ_r	θ_s	a (Cm^{-1})	n	K_s ($Cm\ day^{-1}$)
Sand	۰/۰۲۰	۰/۴۱۷	۰/۱۳۸	۱/۵۹۲	۵۰۴/۰
Loamy Sand	۰/۰۳۵	۰/۴۰۱	۰/۱۱۵	۱/۴۷۴	۱۴۶/۶
Sandy loam	۰/۰۴۱	۰/۴۱۲	۰/۰۶۸	۱/۳۲۲	۶۲/۱۶
Loam	۰/۰۲۷	۰/۴۳۴	۰/۰۹۰	۱/۲۲۰	۱۶/۳۲
Silt Loam	۰/۰۱۵	۰/۴۸۶	۰/۰۴۸	۱/۲۱۱	۳۱/۶۸
Sandy Clay Loam	۰/۰۶۸	۰/۳۳۰	۰/۰۳۶	۱/۲۵۰	۱۰/۳۲
Clay Loam	۰/۰۷۵	۰/۳۹۰	۰/۰۳۹	۱/۱۹۴	۵/۵۲
Silty Clay Loam	۰/۰۴۰	۰/۴۳۲	۰/۰۳۱	۱/۱۵۱	۳/۶۰
Sandy Clay	۰/۱۰۹	۰/۳۲۱	۰/۰۳۴	۱/۱۶۸	۲/۸۸
Silty Clay	۰/۵۶	۰/۴۲۳	۰/۰۲۹	۱/۱۲۷	۲/۱۶
Clay	۰/۰۹۰	۰/۳۸۵	۰/۰۲۷	۱/۱۳۱	۱/۴۴

جدول (۷-۲) : میانگین هندسی ضرایب تجربی مدل وان گنوختن برای بافت‌های مختلف (اقتباس از کارسل و پریش ۱۹۸۸)

Texture	θ_r	θ_s	a (Cm^{-1})	n	K_s ($Cm\ day$) ⁻¹
Sand	۰/۰۴۵	۰/۴۳	۰/۱۴۵	۲/۶۸	۷۱۲/۸
Loamy Sand	۰/۰۵۷	۰/۴۱	۰/۱۲۴	۲/۲۸	۳۵۰/۲
Sandy loam	۰/۰۶۵	۰/۴۱	۰/۰۷۵	۱/۸۹	۱۰۶/۱
Loam	۰/۰۷۸	۰/۴۳	۰/۰۳۶	۱/۵۶	۲۴/۹۶
Silt	۰/۰۳۴	۰/۴۶	۰/۰۱۶	۱/۳۷	۶/۰۰
Silt Loam	۰/۰۶۷	۰/۴۵	۰/۰۲۰	۱/۴۱	۱۰/۸۰
Sandy Clay Loam	۰/۱۰۰	۰/۳۹	۰/۰۵۹	۱/۴۸	۳۱/۴۴
Clay Loam	۰/۰۹۵	۰/۴۱	۰/۰۱۹	۱/۳۱	۶/۲۴
Silty Clay Loam	۰/۰۸۹	۰/۴۳	۰/۰۱۰	۱/۲۳	۱/۶۸
Sandy Clay	۰/۱۰۰	۰/۳۸	۰/۰۲۷	۱/۲۳	۲/۸۸
Silty Clay	۰/۰۷۰	۰/۳۶	۰/۰۰۵	۱/۰۹	۰/۴۸
Clay	۰/۰۶۸	۰/۳۸	۰/۰۰۸	۱/۰۹	۸۰/۴

شرح بخش‌های مختلف مدل:

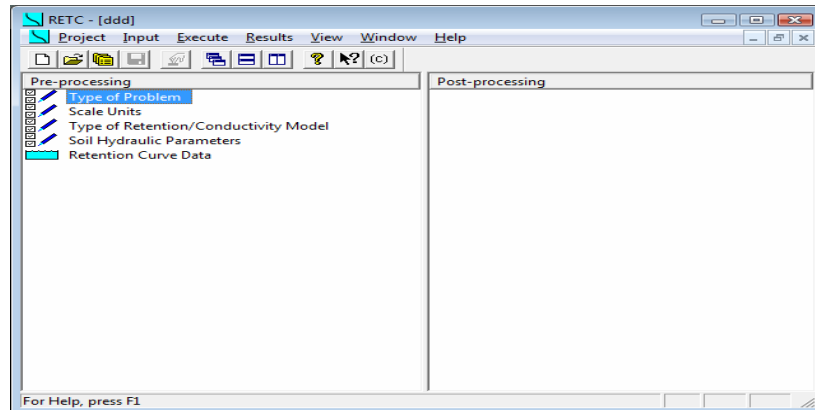
برای شرح بخش‌های مختلف مدل کار خود را با انجام آزمایش بر روی نمونه خاک به شرح جدول ذیل آغاز می‌کنیم:
 با توجه به جدول ۱، توابع هیدرولیکی بخش غیر اشباع خاک (رابطه بین مکش-رطوبت و مکش-هدایت هیدرولیکی) را با استفاده از نرم افزار RETC با برازش مدل‌های ون گنوختن و بروکز - کوری تعیین می‌نماییم.

(جدول ۱)

Sandy loam		
پتانسیل ماتریک (cm)	رطوبت حجمی	ضریب آبگذری (cm/day)
۰	۰/۴۶	۰
۰	۰/۴۴	۰
۰	۰/۴۲	۰
۰	۰/۴۱	۱۲۰
۳	۰/۴	۱۱۰
۱۰	۰/۳۸	۶۹
۱۸	۰/۳۶	۳۴
۲۶	۰/۳۴	۱۹
۳۴	۰/۳۲	۱۱
۴۲	۰/۳	۷/۴
۵۳	۰/۲۸	۴/۷
۶۴	۰/۲۶	۳/۶
۷۸	۰/۲۴	۱/۶
۱۰۶	۰/۲۲	۰/۷۴
۱۳۴	۰/۲	۰/۲۷
۱۶۸	۰/۱۸	۰/۱۱
۲۰۹	۰/۱۶	۰/۰۷۸
۲۵۹	۰/۱۴	۰/۰۵۲
۳۳۰	۰/۱۲	۰/۰۲۶
۴۴۷	۰/۱	۰/۰۰۴۸
۱۲۵۵	۰/۰۸	۰/۰۰۰۴۱
۳۳۶۵	۰/۰۶	۰/۰۰۰۰۶۷
۶۹۷۵	۰/۰۵	۰/۰۰۰۰۴۵

بخشهای مختلف نرم افزار RETC:

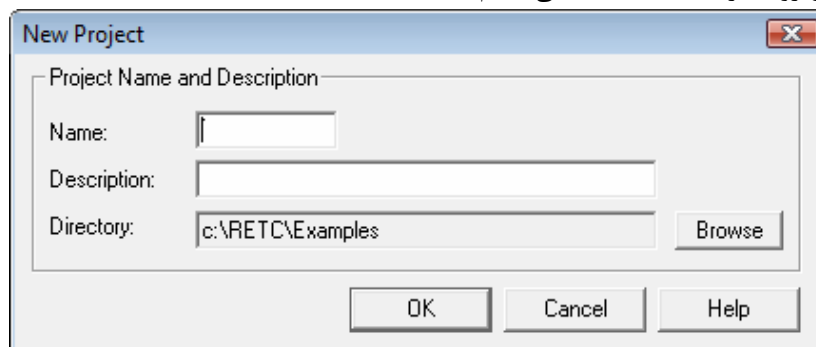
برای اجرای برنامه، داده های مورد نیاز در پنجره های خاص از کاربر سوال می شود. با شروع برنامه، پنجره اصلی مطابق شکل ۱ نمایش داده می شود. همانطور که مشاهده می شود در سمت چپ باید داده های ورودی با رجوع به هر بخش وارد شود و پارامترهای مورد نیاز معرفی گردد. در سمت راست نتایج حاصل از اجرای برنامه به ترتیب به صورت فایل های گرافیکی و متنی نمایش داده می شود. اکنون داده های ورودی هر بخش واقع در سمت چپ را به ترتیب به شرح ذیل وارد می نمایم



شکل ۱- نمایش صفحه اصلی مدل RETC

ایجاد پروژه جدید:

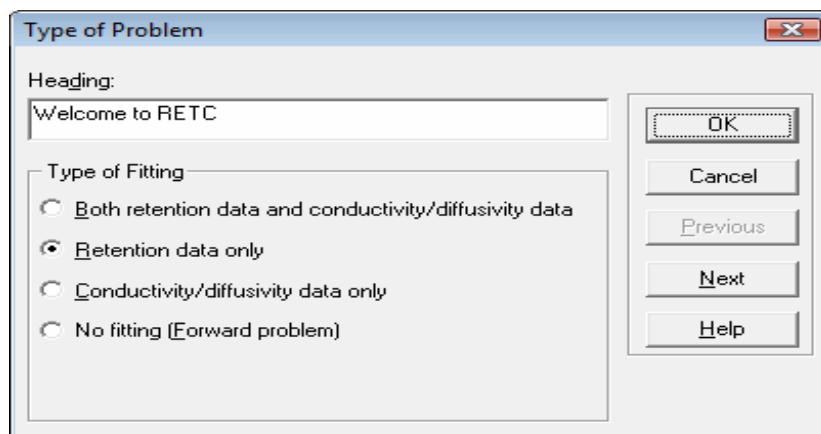
با انتخاب گزینه *New* از منوی *Project* پنجره ای مطابق شکل ۲ نمایان خواهد شد. ابتدا نام پروژه و سپس توصیفی در خصوص پروژه و بعد از آن محل ذخیره پروژه وارد خواهد شد که می توان با انتخاب گزینه *Browse* مسیر فعلی ذخیره پروژه را تغییر داد. پس از آن روی گزینه *OK* کلیک می کنیم.



شکل ۲- نامگذاری پروژه

ورودی های مدل:

با انتخاب گزینه *Type of Problem* از منوی *Pre-Processing* پنجره ای مطابق شکل ۳ نمایان می شود. در قسمت *Heading* می توان عنوانی برای برنامه انتخاب نمود. این عنوان در فایل های خروجی به نمایش گذاشته می شود.



شکل ۳- پنجره معرفی نوع برازش به مدل

قسمت *Type of Fitting*:

۱- برازش همزمان داده‌های منحنی رطوبتی و توابع هیدرولیکی خاک :
با انتخاب این گزینه، *RETC* می‌تواند با استفاده از داده‌های تجربی هم منحنی رطوبتی و هم توابع هیدرولیکی خاک ($K(\theta)$) و یا ($D(\theta)$) را تعیین نماید.

۲- برآورد تابع $\theta(h)$ با استفاده از داده‌های تجربی $K(\theta)$:
در شرایط خاص ممکن است داده‌های تجربی برای هدایت هیدرولیکی وجود داشته باشد ولی برای منحنی رطوبتی در دسترس نباشد. چنین مواردی در خاک‌های ماسه‌ای و سنگریزه‌دار دیده می‌شود. چون در این نوع خاک‌ها ممکن است تانسیموترها نتوانند خوب کار کنند در نتیجه نمی‌توان داده‌های لازم برای تعیین منحنی رطوبتی را جمع‌آوری کرد. *RETC* می‌تواند با استفاده از مدل‌های تعیین $K(\theta)$ و $D(\theta)$ ، ابتدا متغیرهای آنها را تعیین کرده و سپس با استفاده از آنها، عامل منحنی رطوبتی را برازش نماید. با انتخاب این گزینه، *RETC* می‌تواند با استفاده از داده‌های تجربی منحنی رطوبتی خاک در حالت غیر اشباع را تعیین نماید.

۳- برازش توابع $K(\theta)$ و یا $D(\theta)$ با استفاده از داده‌های منحنی رطوبتی :
۴- در این گزینه با استفاده از داده‌های منحنی رطوبتی، ابتدا متغیرهای معادله وان گنوختن و بروکز و کوری تعیین می‌گردند. سپس با استفاده از مدل معلم و یا بوردین هدایت هیدرولیکی غیراشباع و ضریب پخشیدگی رطوبت خاک بعنوان تابعی از پتانسیل ماتریک و یا

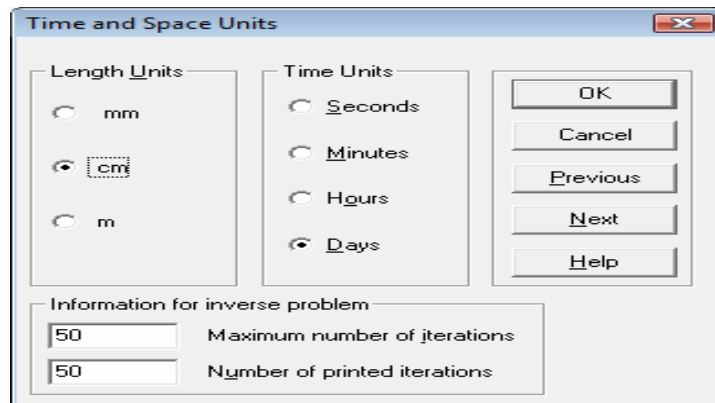
$D(\theta)$ با مقادیر پارامترهای معین :

اگر $(m, n, a, l, \theta_r, \theta_s, K_s)$ به طریقی در دسترس باشد، *RETC* می‌تواند مستقیماً توابع $K(\theta)$ و یا $D(\theta)$ را بعنوان تابعی از مقدار رطوبت و یا پتانسیل ماتریک $\theta(h)$ محاسبه نماید. زمانی که فقط منحنی رطوبتی خاک تعیین می‌گردد نیازی به K_s و l نبوده و ثابت فرض می‌شوند.

در این مثال، با توجه به اینکه داده‌های مشخصه رطوبتی خاک در آزمایشگاه تعیین شده و در دسترس می‌باشند، از گزینه ۲ برای برازش توابع هیدرولیکی و رطوبتی خاک استفاده می‌شود. با برگزیدن آیکن *Next* پنجره دیگری مطابق شکل ۴ نمایان خواهد شد.

اطلاعت مربوط به واحد طول و زمان:

در این پنجره ابتدا واحد طول و سپس واحد زمان مناسب برای مدل انتخاب شود. در این مثال واحد طول، سانتی متر و واحد زمان، روز انتخاب شده است. دقت شود که مدل این واحدها را ثابت در نظر می گیرد لذا ورودی باید مطابق واحد انتخاب شده وارد شود.

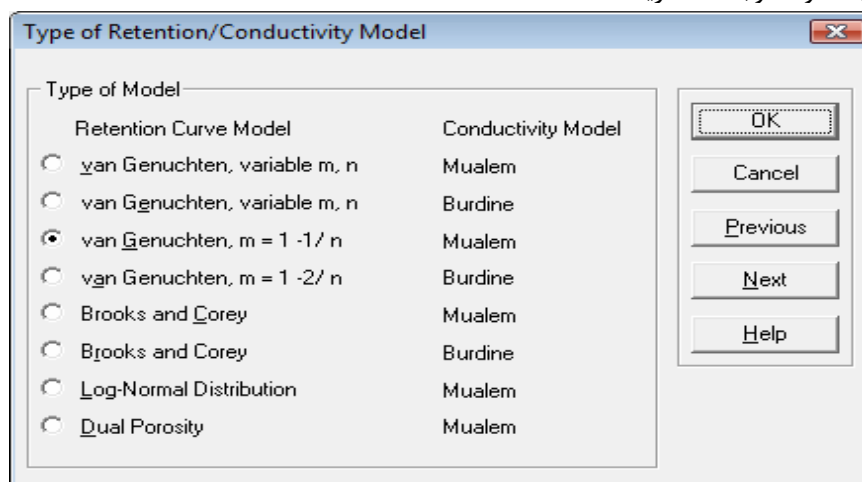


شکل ۴- ورود واحدهای مدل

با برگزیدن آیکن *Next* پنجره دیگری مطابق شکل ۵ نمایان خواهد شد.

انتخاب مدل برازش:

در این پنجره باید مدلی را جهت برازش داده های منحنی رطوبتی خاک در حالت غیر اشباع انتخاب کرد که در این مثال مدل ون گنوختن با m و n وابسته (گزینه ۳) استفاده شده است.



شکل ۵- انتخاب مدل جهت برازش

با برگزیدن آیکن *Next* پنجره دیگری مطابق شکل ۶ نمایان خواهد شد.

ورود پارامترهای منحنی مشخصه رطوبتی خاک:

در این قسمت باید چهار پارامتر مورد نیاز شامل رطوبت باقیمانده، رطوبت اشباع (پارامترهای مستقل)، a و n را بصورت تخمینی به مدل معرفی نمود. که می توان از جداول ۲-۶ و ۲-۷ استفاده کرد. روش دیگر برای تخمین پارامترها استفاده از نرم افزار *Rosetta* می باشد. که در صورت داشتن درصد شن، سیلت، رس و وزن مخصوص ظاهری نمونه بافت مورد آزمایش از آن استفاده می گردد. در غیر اینصورت در قسمت *Soil Catalog for Initial Estimate* یک نمونه بافت خاک انتخاب می گردد

که در این مثال بافت *Sandy Loam* از جدول ۲-۷ که تخمین مناسبی برای داده های مثال می باشد (با توجه به رطوبت اشباع و هدایت هیدرولیکی اشباع) انتخاب گردید. توجه شود که با برداشتن علامت تیک هریک از پارامترها، آن پارامتر در برازش اعمال نمی شود.

Parameter Name	Qr	Qs	Alpha	n
ThetaR	0.065	0.41	0.075	1.89
Initial Estimate				
Fitted ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Soil Catalog for Initial Estimate: Sandy Loam Neural Network Prediction

OK Cancel Previous ... Next ... Help

شکل ۶- تخمین پارامترهای منحنی مشخصه رطوبتی خاک

برنامه کامپیوتری Rosetta

نرم افزار Rosetta به واسطه شبکه های عصبی، پارامترهای مدل های منحنی مشخصه رطوبتی خاک $\theta(h)$ و هدایت هیدرولیکی غیر اشباع $K(\theta)$ را براساس توابع انتقالی خاک^۸ پیش بینی می کند. این پارامترها شامل θ_r , θ_s , ℓ , α , n می باشند که قبلاً معرفی شده اند. این برنامه مدل ون گنوختن با شرط $m = 1 - \frac{1}{n}$ ، برای تخمین پارامترهای منحنی مشخصه رطوبتی خاک و معادله هدایت هیدرولیکی ون گنوختن - معلم، برای تخمین هدایت هیدرولیکی غیر اشباع خاک را، بر داده های توابع انتقالی خاک (PTF_s) برازش داده و با ترکیبی از خود راه انداز^۹ و شبکه های عصبی^{۱۰}، داده ها را تجزیه و تحلیل نموده و در نهایت به برآورد نهایی پارامترهای منحنی مشخصه رطوبتی خاک منجر می گردد. توابع انتقالی خاک، (PTF_s)، توابعی هستند که ویژگی های زود یافت خاک^{۱۱} (نظیر: جرم مخصوص ظاهری خاک، بافت خاک، درصد مواد آلی خاک و در صورت وجود مقدار آب خاک در مکش های مختلف را به ویژگی های دیر یافت خاک^{۱۲} (نظیر منحنی مشخصه رطوبتی خاک $h(\theta)$ و تابع هدایت هیدرولیکی $K(\theta)$) ارتباط می دهند. جهت استفاده از این برنامه، باید گزینه *Neural Network Prediction* را انتخاب کرد. که شکل ۷ نمایان خواهد شد.

Select Model

☐ Textural classes ☐ SSCBD+ water content at 33 kPa (TH33)

☐ % Sand, Silt and Clay (SSC) ☐ Same + water content at 1500 kPa (TH1500)

☒ % Sand, Silt, Clay and Bulk Density (BD)

Input

Textural Class

Sand [%]

Silt [%]

Clay [%]

BD [gr/cm3]

TH33 [cm3/cm3]

TH1500 [cm3/cm3]

Output

Theta r [cm3/cm3]

Theta s [cm3/cm3]

Alpha [1/cm]

n [-]

Ks [cm/day]

Help! Predict Accept Cancel

شکل ۷- تخمین پارامترهای منحنی مشخصه رطوبتی خاک توسط نرم افزار Rosetta

- 1-Pedo-transfer function
- 1-Boot strap
- 10- Neural network
- 3- Readily available properties
- 4- Costly measured properties

با انتخاب گزینه سوم از پنجره *Select Model* در قسمت *Input* درصد شن، سیلت و رس نمونه خاک و همچنین وزن مخصوص ظاهری آن را وارد می کنیم و پس از آن آیکون *Predict* و سپس *Accept* را انتخاب می کنیم. با برگزیدن آیکون *Next* در پنجره شکل ۶ پنجره دیگری مطابق شکل ۸ نمایان خواهد شد.

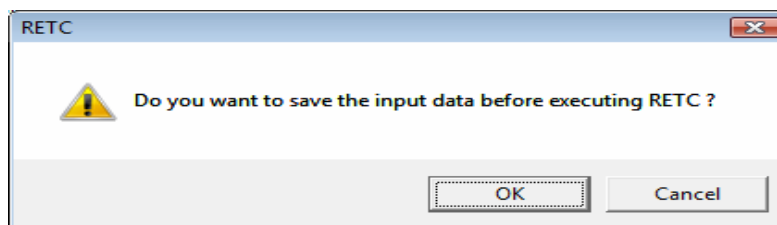
ورود داده های منحنی مشخصه رطوبتی خاک :

در این قسمت داده های منحنی مشخصه رطوبتی خاک خواسته می شود که در ستون اول پتانسیل ماتریک و در ستون دوم رطوبت حجمی وارد می گردد. برای افزایش یا کاهش تعداد سطرها به ترتیب آیکونهای *Add Line* یا *Delete Line* انتخاب گردد. همچنین با دبل کلیک راست کردن بر روی خانه واقع در بالای عدد شماره ۱ می توان از امکانات بیشتری جهت ویرایش جدول استفاده کرد.

	Pressure	Theta	Weight
1	0	0.46	0
2	0	0.44	0
3	0	0.42	0
4	0	0.41	0
5	3	0.4	0
6	10	0.38	0
7	18	0.36	0
8	26	0.34	0
9	34	0.32	0
10	43	0.3	0
11	53	0.28	0
12	64	0.26	0
13	78	0.24	0
14	106	0.22	0

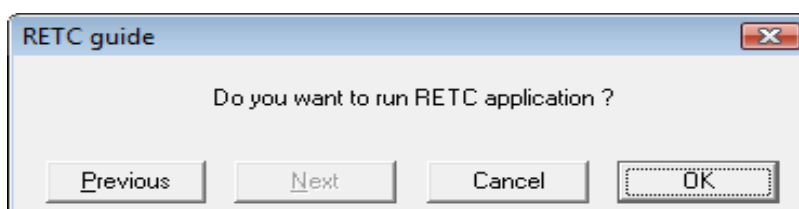
شکل ۸- جدول ورود داده های منحنی مشخصه رطوبتی خاک

با انتخاب آیکون *Next* پنجره ای مطابق شکل ۹ ظاهر می گردد که از کاربر سوال می کند آیا می خواهید داده های ورودی قبل از اجرای برنامه *RET C* ذخیره گردد ؟ که با کلیک بر روی *OK* شکل ۱۰ نمایان می گردد.

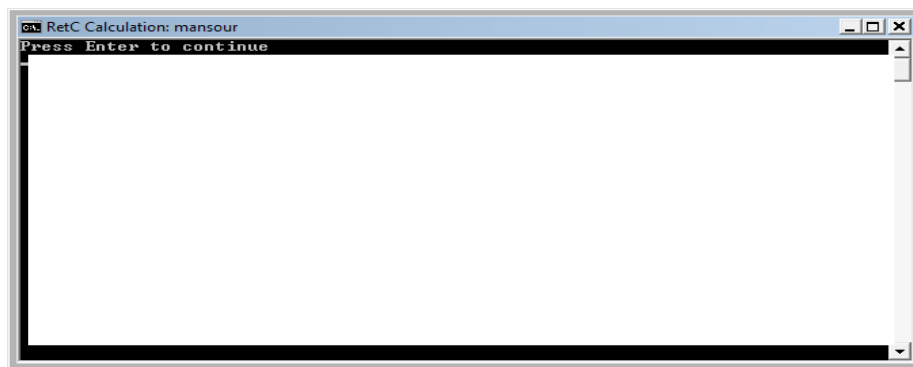


شکل ۹- پیغام درخواست ذخیره کردن داده های ورودی

در این پنجره از کاربر سوال میشود آیا می خواهید برنامه *RET C* اجرا گردد؟ که با انتخاب آیکون *OK* شکل ۱۱ نمایان می شود.



شکل ۱۰- پیغام درخواست اجرای برنامه RETC

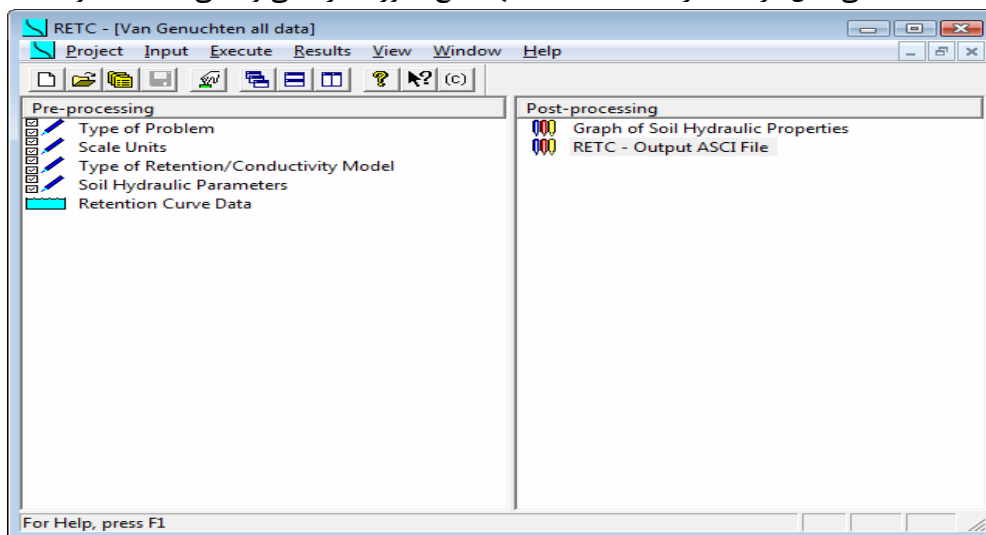


شکل ۱۱- درخواست فشردن کلید Enter

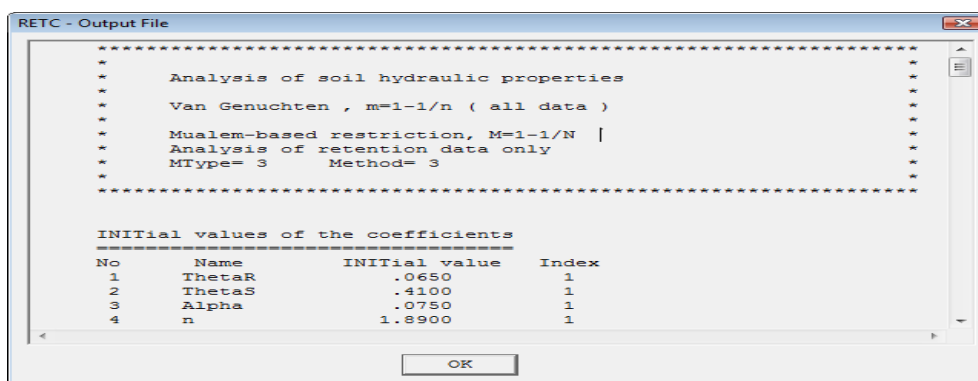
در این قسمت با فشردن کلید Enter برنامه اجرا می گردد.

خروجیهای مدل:

برای مشاهده منحنی های توابع هیدرولیکی به فایل گرافیکی و برای مشاهده اطلاعات بصورت متنی (مطابق شکل ۱۲ و ۱۳) به سمت راست صفحه اصلی مدل مراجعه گردد که با انتخاب آنها نتایج بصورت گرافیکی و متنی مشاهده خواهد شد.

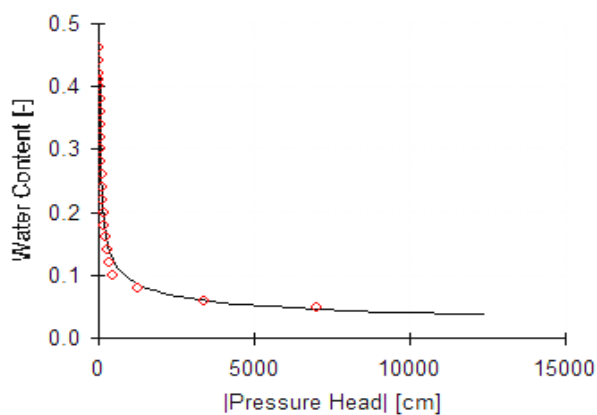


شکل ۱۲

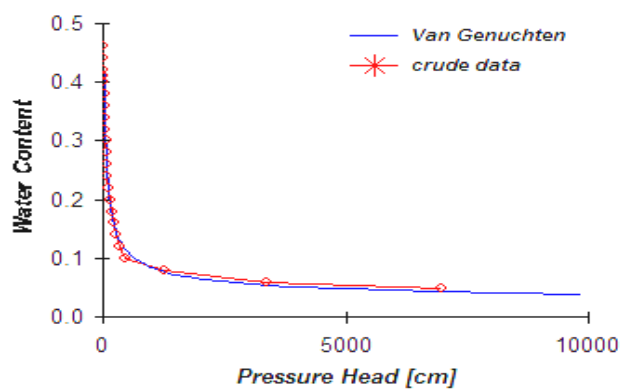


شکل ۱۳

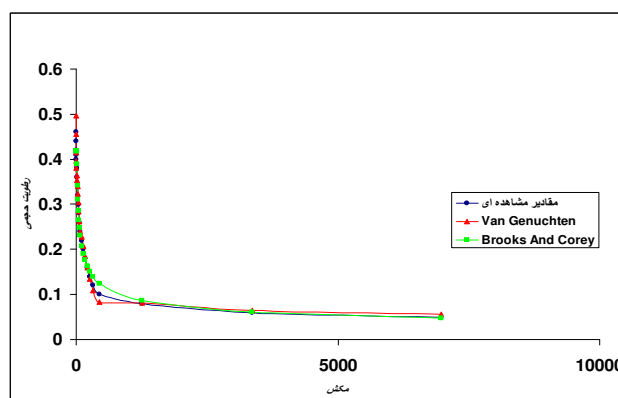
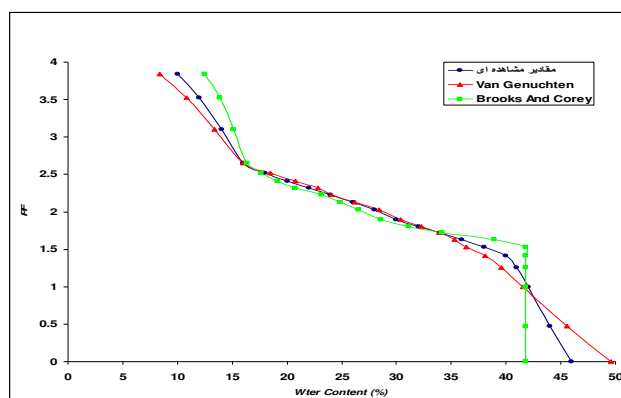
نتایج گرافیکی حاصل از خروجی نرم افزار RETC و همچنین مقایسه نتایج برای حالتی که کل داده های ورودی برای برازش بکار رفته است بصورت زیر می باشد.



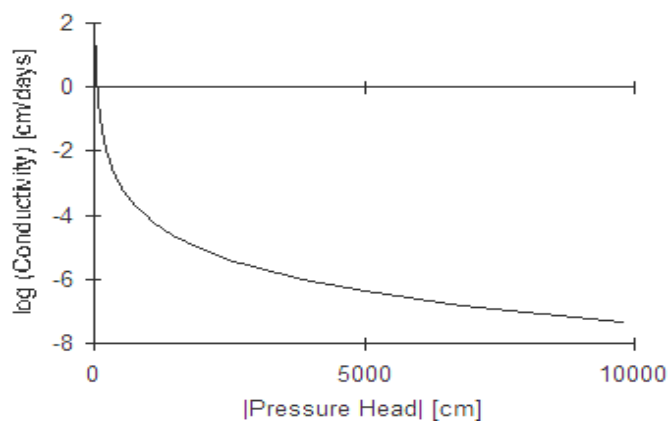
شکل (۱۵) رابطه بین مکش و رطوبت
(Brooks And Corey)



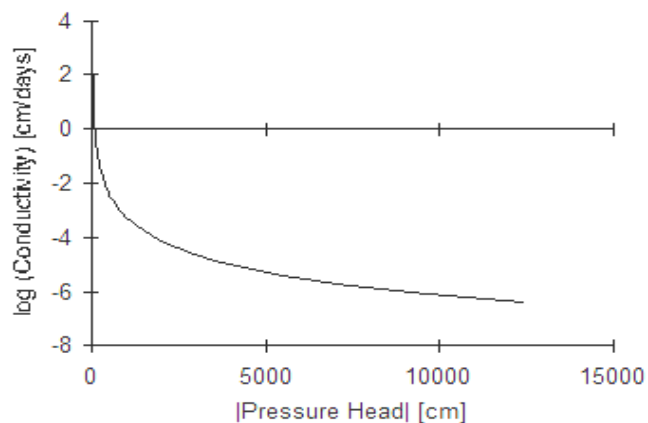
شکل (۱۴) رابطه بین مکش و رطوبت
(Van Genuchten , $m=1-1/n$)



شکل (۱۶) مقایسه بین نتایج مشاهده ای و مدل های ریاضی برازش شده



شکل (۱۸) رابطه بین هدایت هیدرولیکی با مکش
(Brooks And Corey)



شکل (۱۷) رابطه بین هدایت هیدرولیکی با مکش
Van Genuchten , $m=1-1/n$)

نتیجه گیری:

به منظور پیش بینی و برآورد توابع هیدرولیکی بخش غیر اشباع خاک می توان به مشهورترین مدل های تعیین منحنی رطوبتی و هدایت هیدرولیکی غیر اشباع خاک یعنی معادله های تجربی وان گنوختن و بروکز و کوری برای منحنی رطوبتی و مدل های وان گنوختن - معلم ، وان گنوختن - بوردین ، بروکز و کوری - معلم و بروکز و کوری - بوردین اشاره کرد. برای برازش مدل های فوق از نرم افزار RETC استفاده شد. ملاحظه گردید که این نرم افزار با دقت فوق العاده ای توانسته است روابط بین پتانسیل ماتریک و مقدار رطوبت را پیش بینی و شبیه سازی نماید. RETC این قابلیت را دارد که در هر رطوبتی هدایت هیدرولیکی غیر اشباع خاک را نیز به عنوان تابعی از پتانسیل ماتریک با دقت بالایی محاسبه و پیش بینی نماید. از بین مدل های فوق مدل بروکز و کوری برازش خوبی را در بخش خشک منحنی رطوبتی نشان می دهد. مدل وان گنوختن با n و m محدود شده علاوه بر داشتن ضریب R^2 بالا، از آنجا که رنج وسیعی از داده ها را برآورد کرده و در بر گیرنده کل محدوده رطوبتی است، مناسب تر می باشد:

پارامتر	qr	qs	Ks	a	n	R ²	SSE
estimate	۰/۰۶۵	۰/۴۱	۱۰۶/۱	۰/۰۷۵	۱/۸۹	-	-
VG,m=1-1/n	۰/۰۱۹۷۸	۰/۴۲۴	-	۰/۰۳۸	۱/۵	۰/۹۹۱	۰/۰۰۳۱
B&C	۰/۰۰۰۵	۰/۴۱۸	-	۰/۰۶۸	۰/۳۵	۰/۹۸۱	۰/۰۰۷۰۵

منابع:

- کشکولی، ح.ع. و ظهراپی، ن. ۱۳۸۷. برآورد توابع هیدرولیکی بخش غیر اشباع خاک با استفاده از نرم افزار RETC.
- صادق زاده، ک. و ف. عباسی. ۱۳۷۷. کاربرد بسته نرم افزاری RETC در تجزیه و تحلیل منحنی رطوبتی و توابع هیدرولیکی خاک. مجموعه مقالات علمی، تخصصی فنی و مهندسی کشاورزی، صفحات ۱۹ تا ۳۴.
- Brooks, R. H., and A. T. Corey. 1964. Hydraulic properties of porous media. Hydrology Paper No. 3, Colorado State Univ., Fort Collins, Colorado.
- Brooks, R. H., and A. T. Corey. 1966. Properties of porous media affecting fluid flow. Irrig. Drain. Div. ASCE. 92(IR2). 61-80
- RETC Help Topics.
- Rossetta. 2001. A computer program. J. Hydrol. 25: 163-176.
- Van Genuchten, M. Th. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 44: 892-898.
- Van Genuchten, M. Th., and D. R. Nielsen. 1985. On describing and predicting the hydraulic properties of unsaturated soils. Ann. Geophys. 3: 615-628
- Van Genuchten, M. Th., F. J. Leij, and S. R. Yates. 1991. The RETC code for quantifying the hydraulic functions of unsaturated soils. Res. Rep. 600 2-91 065. USEPA, Ada, Ok.
- Yates, S. R., M. Th. Van Genuchten, A. R. Warrick, and F. J. Leij. 1992. Analysis of measured, predicted, and estimated hydraulic conductivity using the RETC computer program. Soil Sci. Soc. Am. J. 56: 347-354.