Archive of SID

تخمین منحنی رطوبتی خاک با استفاده از مدل تک‌پارامتری

سیدجواد حسینی عزآبادی، حسینعلی بهرامی، سیدخلاق میرنیا، سعید سعادت[۱*]

چکیده

رابطه بین مقدار آب موجود در خاک و پتانسیل ماتریک که به منحنی رطوبتی خاک معروف است یکی از مهمترین خواص فیزیکی خاک می‌باشد. اندازه‌گیریهای آزمایشگاهی و صحرایی برای تعیین این منحنی مستلزم صرف وقت طولانی، کار پرزحمت و هزینه‌های زیاد می‌باشد. بدین منظور ایجاد مدلهایی که بتوانند مقدار رطوبت خاک را در مکش مشخص با استفاده از یک سری خصوصیات ساده و قابل دسترس خاک تخمین بزنند، از جهات مختلف مقرون به صرفه می‌باشد. مدل تک پارامتری Gregson و همکاران که بصورت GHM نشان داده می‌شود بر اساس شکل لگاریتمی (log-log) منحنی رطوبتی خاک $\ln\psi = a + b\ln\theta$ () می‌باشد. بین ضرایب a و b یک همبستگی منفی و قوی بصورت a=p+qb وجود دارد که با ادغام دو رابطه قبل مدل مذکور بصورت $\ln\psi = p + b(q + \ln\theta)$ بدست می‌آید، که در آن p و q ضرایب رگرسیونی بوده و برای هر کلاس و گروه بافتی مقدار معلومی دارند و تنها پارامتر مجهول در این رابطه (b) خواهد بود. در این پژوهش برای برآورد (b) از یک رابطه رگرسیونی بین b و دو معیار نمودار بافتی خاک Shirazi و Boersma یعنی d_g و σ_g (میانگین هندسی قطر ذرات و انحراف معیار هندسی استاندارد) با استفاده از ۲۸۶ نمونه خاک در ۸ کلاس بافتی انجام گردید. نتایج نشان داد که در هر ۸ کلاس بافتی خاک موجود (Sandy Loam، Loam، Sandy Caly Loam، Silty Clay، Silty Loam، Clay Loam، Silty Loam و Clay) مدلهای رگرسیونی از برآورد خوبی برای تخمین مقدار رطوبت در پتانسیلهای معین برخوردار بودند که در اغلب تخمین‌ها R^2 بیش از ۰/۹۹ بود.

واژه‌های کلیدی: منحنی رطوبتی خاک، مدل تک پارامتری، آب قابل استفاده

۱- فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد رشته خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس، اعضای هیات علمی دانشگاه تربیت مدرس، دانشجوی دکتری رشته خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس و عضو هیات علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب

* - وصول ۸۱/۹/۲۰ و تصویب ۸۲/۶/۹

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

در مطالعه عوامل موثر بر رشد بهینه گیاهان، نه تنها مقدار آب موجود در خاک دارای اهمیت زیادی است، بلکه نیروهای نگهدارنده آب در خاک نیز اهمیت بسزایی دارند. رابطه بین مقدار آب موجود در خاک و پتانسیل ماتریک که به منحنی رطوبتی خاک (Soil Moisture Characteristic Curve) معروف است. یکی از اصولی‌ترین خواص فیزیکی خاک است که برای پیش‌بینی دیگر خواص هیدرولیکی خاک نظیر زهکشی، نفوذ، هدایت آبی در حالت غیراشباع و غیره کاربرد دارد. اندازه‌گیریهای آزمایشگاهی و صحرایی برای تعیین منحنی رطوبتی خاک مستلزم صرف وقت طولانی، کار پرزحمت و هزینه‌های زیاد می‌باشد، بخصوص اگر تعداد زیادی نمونه برای منطقه وسیعی مورد نظر باشد (بای‌بوردی، ۱۳۷۹). بدین‌منظور ایجاد مدلهایی که بتوانند مقدار رطوبت خاک را در مکش مشخص با استفاده از خصوصیات ساده و قابل دسترس خاک تخمین بزنند، هم از لحاظ اقتصادی و هم از لحاظ سادگی و صرف وقت مقرون به صرفه می‌باشند. در نتیجه پژوهشگران متعددی سعی کرده‌اند که روابطی منطقی بین مکش خاک و مقدار رطوبت بدست آورند تا با استفاده از آنها بتوانند مقدار رطوبت موجود در خاک را در یک مکش معین تخمین بزنند.

در مقایسه بین روشهای مختلف تخمین منحنی رطوبتی خاک با استفاده از مدلهای گوناگون، مدل تک پارامتری Gregson و همکاران (۱۹۸۷) که به صورت (GHM) نشان داده می‌شود، انتخاب گردید که یک روش ساده و موثر برای تخمین مقدار آب در یک پتانسیل مشخص است (Wosten و همکاران، ۱۹۹۹؛ Wagner و همکاران، ۲۰۰۱؛ Leong و Rahardjo، ۱۹۹۷). در این مدل با داشتن فقط یک پارامتر می‌توان در یک پتانسیل مشخص، مقدار رطوبت خاک را تخمین زد که با توجه به این امر مدل نسبت به مدلهای دیگر که نیاز به چندین پارامتر دارند، ساده‌تر می‌باشد. مدل GHM بر اساس منحنی رطوبتی با اشل لگاریتمی (log-log) در محدوده پتانسیل زیر نقطه ورود هوا به خاک می‌باشد (Gregson و همکاران،۱۹۸۷).

Williams و همکاران در سال ۱۹۸۳ معادله زیر را برای منحنی رطوبتی خاک پیشنهاد کردند (Gregson و همکاران،۱۹۸۷):

$$\ln\psi = a + b\ln\theta \qquad [۱]$$

در تمام معادلات θ رطوبت حجمی خاک و ψ پتانسیل ماتریک می باشند.

رابطه فوق صورت دیگر تابع نمایی زیر می‌باشد:

$$\psi = A\theta \quad و \quad A=e^{a} \qquad [۲]$$

Williams و همکاران از ۷۸ افق موجود در ۱۷ پروفیل که نماینده ۱۲ گروه بزرگ خاک در استرالیا بودند نمونه‌های دست نخورده تهیه کردند. این ۷۸ افق در ۸ گروه قرار داده شدند و مبنای این کار شباهت آنها در منحنی‌های رطوبتی خاک بود و از بافت Sand تا Clay و در بین آنها Loam تغییر می‌کردند (Williams و همکاران، ۱۹۸۳).

Gregson و همکاران مقادیر a و b بدست آمده توسط پژوهشهای Williams و همکاران را بررسی کرده و نتیجه گرفتند که بین این دو پارامتر یک همبستگی قوی و منفی وجود دارد. همچنین این پژوهندگان قابلیت معادله [۱] را برای دیگر داده‌ها مخصوصاً داده‌های Hall و همکاران (۱۹۷۷) برای درصد حجمی رطوبت در پنج پتانسیل آب (۰/۰۰۵-، ۰/۰۱-، ۰/۰۴-، ۰/۲-، ۱/۵- مگاپاسکال) برای ۹ گروه کلاس بافتی خاک سطحی و ۱۰ گروه بافتی عمقی در انگلستان و ولز، همچنین برای داده‌های آزمایش شده Bache و همکاران (۱۹۸۱) برای درصد حجمی رطوبت در پتانسیلهای ۰/۰،۰۱/۰۰۵-، ۰/۰۵-، ۰/۳-، ۱/۵- مگاپاسکال برای شش گروه بافتی سطحی خاک و ۸ گروه بافتی عمقی خاک در اسکاتلند آزمایش کردند. معادله [۱] با داده‌های گزارش شده تطابق خوبی داشت و ضریب همبستگی حدود ۰/۹۷ بود. با توجه به اینکه مقادیر این دو پارامتر از سه گروه داده‌های مستقل بدست آمده و هر کدام مربوط به یک محدوده خاک هستند، یک ارتباط نزدیک بین پارامترهای a و b کاملاً مشخص است. این دو پارامتر توسط رابطه زیر بهم ربط داده می‌شوند:

$$a=p+qb \qquad [۳]$$

که در آن p و q ثابتهایی هستند که توسط عمل رگرسیون‌گیری بدست می‌آیند. مقادیر q نسبت به p از دقت و اصالت بیشتری برخوردار است و تغییر در مقدار q به اندازه ۰/۱ به مقدار ۱ واحد در p، تغییر ایجاد خواهد کرد (Gregson و همکاران، ۱۹۸۷). مدل تک پارامتری GHM از جایگذاری معادله (۳) در معادله (۱) بدست خواهد آمد:

$$\ln\psi = p + b(q + \ln\theta) \qquad [٤]$$

معادله [٤] می‌تواند به فرم توانی نیز نوشته شود:

$$\ln\frac{\psi}{\theta^{b}} = p + qb$$

www.SID.ir

Archive of SID

$$\frac{\psi}{\theta^b} = e^{(p+qb)} = e^p . e^{qb}$$
$$\psi = e^p . \left(e^q . \theta\right)^b$$
$$\psi = p \ . \left(Q\theta\right)^b \qquad [۵]$$

که در آن $Q=e^q$ و $P=e^p$ می‌باشد.

در معادلـه [۵] سـه جـزء مهـم وجـود دارد: فاکتورهای[۱] P و Q که هر دوی آنها مستقل از نـوع خـاک هستند و توان b که وابسته به نوع خاک است.

در مدل GHM بـا داشـتن مقـادیر p و q بـرای یک نوع خاک و یا گروهی از خاکهـا و حتـی تمـام خاکهـا فقط یک پارامتر مجهول (b) باقی خواهد ماند. Gregson و همکاران برای بدست آوردن b، از یک مقـدار معلـوم در منحنی رطوبتی خاک یعنی مقـدار رطوبـت در مکـش ۳۳- کیلو پاسکال اسـتفاده کردنـد و بـدین طریـق b را بدسـت آوردند:

$$b = \frac{\ln\psi_{-33Kpa} - p}{\ln\theta_{-33Kpa} + q} \qquad [۶]$$

گرچه مدل GHM یک مدل قابل اعتمـاد بـرای پـیش‌بینـی منحنـی رطـوبتی خـاک اسـت (Gregson و همکاران،۱۹۸۷)، اما هنوز به مقادیر معلوم منحنی رطـوبتی خاک (مقدار رطوبت در مکش ۳۳- کیلوپاسکال) نیاز دارد. از طرف دیگر در بسیاری از منابع بعنوان مثال در داده‌هـای USDA-SCS فقط مقدار آب قابل استفاده[۲] یـا محـدوده آن داده شده‌است. همچنـین قابلیـت مـدل GHM مـوقعی گسترده‌تر خواهد شد که بتوان بجای استفاده از یـک نقطـه رطوبتی، از یک دامنه از رطوبت بـرای تخمـین b اسـتفاده نمود (Williams و Ahuja، ۱۹۹۳). سعادت و همکاران (۱۳۷٤) بـرای بـرآورد پـارامتر b در مـدل تـک پـارامتری GHM از AWC استفاده کردند. ظرفیت آب قابل استفاده مقدار رطوبت بین دو حد ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگـی دایم می‌باشد و برای بدست آوردن آن اندازه‌گیری رطوبـت در دو حد ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دایـم ضـروری می‌باشد. همانطور که واضح است، بدست آوردن محـدوده رطوبتی مذکور نسبت بـه رسـم منحنـی PF خـاک بـسیار ساده‌تر می‌باشد لکن چون برای اندازه‌گیـری ایـن محـدوده هم احتیاج به استفاده از دستگاههای صفحه فـشار و غـشاء فشار می‌باشد، این کار نیز غیر از هزینه‌بر بودن وقت زیادی خواهد گرفت، مخصوصاً هنگامی که تعـداد زیـادی نمونـه برای منطقه وسیعی مدنظر باشد. به همین جهت پیـداکردن یک رابطه منطقی برای برآورد AWC یا پارامتر b از روی خـصوصیاتی از خـاک کـه براحتـی قابـل دسـترس و اندازه‌گیری باشند امری منطقی و ضروری اسـت. از جملـه قابل دسترس‌ترین اطلاعات در آزمایـشات فیزیکـی خـاک، اطلاعات مربوط به درصدهای شن، لای و رس می‌باشد که با استفاده از نمودار بافتی خـاک (Shirazi و Boersma، ۱۹۸٤) می‌توان بافت خاک و مقـادیر d_g، σ_g (بـه ترتیـب میـانگین هندسـی قطـر ذرات و انحـراف معیـار هندسـی استاندارد) را برای نمونه خاک براحتـی بدسـت آورد. ایـن مدل تخمین بهتری نسبت به مدلهای رگرسیونی گسترده یـا مقایسات مشابه ارایه می‌کند و در پتانسیل‌هـای زیـر نقطـه ورود هوا به خاک دارای تخمـین بـسیار خـوبی مـی‌باشـد (Williams و Ahuja، ۱۹۹۳). هـدف از ایـن پـژوهش اسـتفاده از نمـودار بـافتی خـاک Shirazi و Boersma (۱۹۸٤) برای برآورد پـارامتر b و سـنجش دقـت مـدلهای بدست آمده، می‌باشد.

مواد و روشها

داده های مربوط به ۲۹۰ نمونه خاک (۱۰۰ نمونه خاک از داده‌های چند ساله آزمایشگاه بخش فیزیـک خـاک مؤسـسه تحقیقـات خـاک و آب و ۱۹۰ نمونـه دیگـر از آزمایـشگاه خاکـشناسی داکوتـای جنـوبی آمریکـا) شـامل اطلاعات مربوط به منحنی رطوبتی خاک، درصدهای شـن، سیلت و رس و جرم ویژه ظاهری جمع‌آوری گردید. نمونه جمع‌آوری شده با توجه به درصدهای شـن، سـیلت و رس آنهـا در مثلـث بافـت خـاک بـه ۸ کـلاس بـافتی مختلـف کلاسـه‌بنـدی شـدند (جـدول شـماره ۱). در هـر نمونـه جمع‌آوری شده اطلاعات مربوط به منحنی رطـوبتی خـاک شامل مقادیر رطوبت در پنج پتانـسیل ۰/۱، ۰/۳، ۱، ۵ و ۱۵ اتمسفر بود بطوریکه برای هر نمونه پـنج جفـت داده θ و ψ تفکیک گردید. در مرحله بعد از این مقادیر رطوبـت و پتانسیل، لگاریتم طبیعی گرفته شد. بین $\ln\theta$ و $\ln\psi$ طبق معادله (۱) رگرسیون خطی گرفتـه شـد و مقـادیر a و b برای هر نمونه به دست آمـد. سـپس بـین مقـادیر a و b موجود در هر کـلاس بـافتی، طبـق معادلـه [۳] رگرسـیون خطی گرفته و مقـادیر p و q بـرای آن کـلاس بـافتی بـه دست آمد. برای هر نمونه با اسـتفاده از درصـدهـای شـن، سـیلت و رس دو معیـار d_g، σ_g از طریـق فرمولهـای Shirazi و Boersma (۱۹۸٤) محاسبه گردید. به منظور برآورد b برای هر گروه بافتی خاص، بـین b و دو معیـار d_g، σ_g یک رگرسـیون خطـی دو متغییـره گرفتـه شـد و روابطی برای تخمین b از روی ایـن دو معیـار بـه دسـت آمد. برای سنجش دقت مدل‌های به دست آمـده تعـداد ۳۰ نمونه دست نخورده، بطوریکه هشت کـلاس بـافتی مـورد نظـر را هـم‌پوشـانی نماینـد توسـط سـیلندرهـای برنجـی

[۱] Scaling Factors

[۲] Available Water Content (AWC)

www.SID.ir

Archive of SID

مخصوص (قطر ۷/۷ سانتی‌متر و ارتفاع ٤ سانتی‌متر) از نواحی اطراف کرج، یزد جمع‌آوری گردید. در آزمایشگاه با استفاده از دستگاه‌های صفحه فشار و غشاء فشار مقدار رطوبت در پنج پتانسیل مذکور برای هر یک از ۳۰ نمونه دست‌نخورده اندازه‌گیری و سپس منحنی رطوبتی آنها ترسیم گردید. به منظور نمایش و سنجش دقت مدل‌های به دست آمده با استفاده از رابطه موجود بین b و دو معیار d_g، σ_g در هر کلاس بافتی، مقدار b تخمین زده شده و سپس این مقادیر در مدل قرار داده شده و با توجه به معلوم بودن مقادیر p و q در آن کلاس بافتی، مقدار رطوبت در پتانسیل‌های ذکر شده در قبل تخمین زده شد سپس بین مقادیر رطوبت اندازه‌گیری شده نمونه‌های دست‌نخورده و مقادیر محاسبه شده رطوبت توسط مدل‌های به دست آمده رگرسیون خطی گرفته شد. مقایسه مزبور به صورت عددی و گرافیکی نمایش داده شده است.

نتایج و بحث

در این پژوهش ۸ کلاس بافتی خاک شامل Sandy Loam، Loam، Clay Loam، Sand، Silty Clay، Clay Loam، Silty Loam، Clay Loam و Clay مورد بررسی قرار گرفتند که تعداد نمونه موجود در هر کلاس بافتی خاک در جدول (۱) آورده شده است.

مقدار ماکزیمم و مینیمم a و b حاصل از رگرسیون خطی بین $\ln\theta$ و $\ln\psi$ و مقدار R^2 (ضریب تعیین) برای هر کلاس بافتی خاک در جدول (۲) آورده شده است.

مقادیر مندرج در جدول (۲) بیانگر آنست که بیشترین مقدار a مربوط به بافت Clay و کمترین مربوط به Loam می‌باشد و در مورد b بیشترین مقدار b مربوط به بافت Loam و کمترین مقدار آن مربوط به بافت Silty clay می‌باشد. مقادیر R2 برای کلیه بافتها بجز Loam بیش از ۰/۹ می‌باشد که در این میان بافتهای سنگین از R^2 بالاتری برخوردارند دلیل این موضوع آنست که در خاکهای سنگین بافت، شیب منحنی رطوبتی یکنواخت‌تر از دیگر بافتها بوده و به خط راست نزدیک‌تر است. رابطه بین مقادیر a و b برای بعضی کلاس‌های بافتی Clay و Clay Loam در شکل‌های (۱) و (۲) نشان داده شده است.

جدول ۱ـ تعداد نمونه‌های موجود برای هر کلاس بافتی خاک

تعداد نمونه	کلاس بافتی	تعداد نمونه	کلاس بافتی
۹	Sandy Clay Loam	۱۰	Sandy Loam
٦٥	Silty Clay Loam	۲۷	Loam
٤٥	Silty Clay	۲٤	Silty Loam
٦٦	Caly Loam	٤۰	Clay

جدول ۲ـ مقادیر ماکزیمم و مینیمم a و b برای کلاس‌های بافتی مختلف خاک

بافت	تعداد نمونه	دامنه a		دامنه b		R^2 معادله (۱)
		ماکزیمم	مینیمم	ماکزیمم	مینیمم	
Sandy Loam	۱۰	٤٦/٤۰	۱٤/۱٦	-٤/٤٤	-۱٤/۷۳	۰/۹۸۰
Sandy Clay Loam	۹	٥۰/۲۱	۱٦/۰۷	-٤/۹۱	-۱۱/٤۹	۰/۹۹۱
Loam	۲۷	٥٤/۸۷	۹/۷٤	-۳/۳۲	-۱۰/۸	۰/۸۳۰
Silty Clay	٤٥	۸۳/۰٥	۲٥/٦۱	-۷/۱۲	-۲۲/۸۱	۰/۹۹۰
Clay Loam	٦٦	۸۲/٦۰	۱٦/٤۹	-٤/٥٦	-۲۲/۹۹	۰/۹۹۱
Silty Loam	۲٤	۳٦/۹۳	۱۱/٤٤	-۳/۸٤	-۱۰/٤۷	۰/۹۹۲
Silty Clay Loam	٦٥	٦۳/۷۳	۱۷/۰۱	-٤/۹٤	-۱۷/۹۲	۰/۹۹۳
Clay	٤۰	۹۱/۸۲	۲٥/٥۹	-۷/۱٦	-۲٥/۱۷	۰/۹۹٥

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳ـ مقادیر p و q و R^2 مربوط به آنها برای کلاس‌های بافتی مختلف خاک

بافت	تعداد نمونه	P	q	R^2
Sandy Loam	۱۰	−۱/۲٤۲	−۳/۲٤۵	۰/۹۸
Sandy Clay Loam	۹۰	−۱/۰۹۸	−۳/۰۸۸	۰/۹۹۱
Loam	۲۷	−۱/۸۷	−٤/٤۵۰	۰/۹
Silty Caly	٤۵	−۱/۳۷۳	−۳/٦۹۵	۰/۹۹
Clay Loam	٦٦	−۱/۱۳۳	−۳/۵٦۷	۰/۹۹۱
Silty Loam	۲٤	−۱/٦۲۰	−۳/٦۸۸	۰/۹۹۲
Silty Clay Loam	٦۵	−۲/۲۲۸	−۳/۷٤	۰/۹۹۳
Clay	٤۰	−۲/۳۷٤	−۳/٤۷۱	۰/۹۹۵

جدول ٤ـ معادلات رگرسیونی برای برآورد b برای کلاس‌های بافتی مختلف خاک

بافت	معادله برآورد b برحسب d_g و σ_g	R^2
Sandy Loam	$b=٦/۹۷۲d_g-۰/٤۳۸\ \sigma_g$	۰/۸٤۷
Sandy Clay Loam	$b=۳٦/۳۲۲d_g-۰/۸٤۲\ \sigma_g$	۰/۹۲۰
Loam	$b=۳۹۲/۵۰۸d_g-۱/۵۲٤\ \sigma_g$	۰/۸۹۵
Silty Clay	$b=۱۳۳۲/۵٦۳d_g-۲/٦٤۱\ \sigma_g$	۰/۸۸٦
Clay Loam	$b=٤۲٤/٦۰۱d_g-۱/۳٤٦\ \sigma_g$	۰/۹۰۲
Silty Loam	$b=۱۱۲/۰۹۱d_g-۰/۷۷۹\ \sigma_g$	۰/۸۹۸
Silty Clay Loam	$b=۷/۳۷٦d_g-۰/۵۱۷\ \sigma_g$	۰/۹۳۱
Clay	$b=-۱۲/۰۷٦d_g-۰/۳۷۵\ \sigma_g$	۰/۹۱۲

از رگرسیون خطی بین مقادیر a و b برای هر کلاس بافتی مقادیر p و q برای آن کلاس بافتی بدست آمد. در جدول (۳) مقادیر p و q و R^2 مربوط به معادله (۳) برای هر کلاس بافتی در تمام بافتها بیشتر از ۰/۹ است که در این میان بافتهای سنگین بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است معادله (۳) برای کلیه بافتها بجز Sand در سطح یک درصد و برای بافت Sand در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده و بیانگر آنست که ضرایب a و b همبستگی قوی با یکدیگر دارند.

برای برآورد پارامتر b (تک پارامتر مجهول مدل) از یک رابطه رگرسیونی خطی بین b و دو پارامتر d_g و σ_g استفاده گردیده که معادلات رگرسیونی برای برآورد b در هر کلاس بافتی در جدول (٤) آورده شده است.

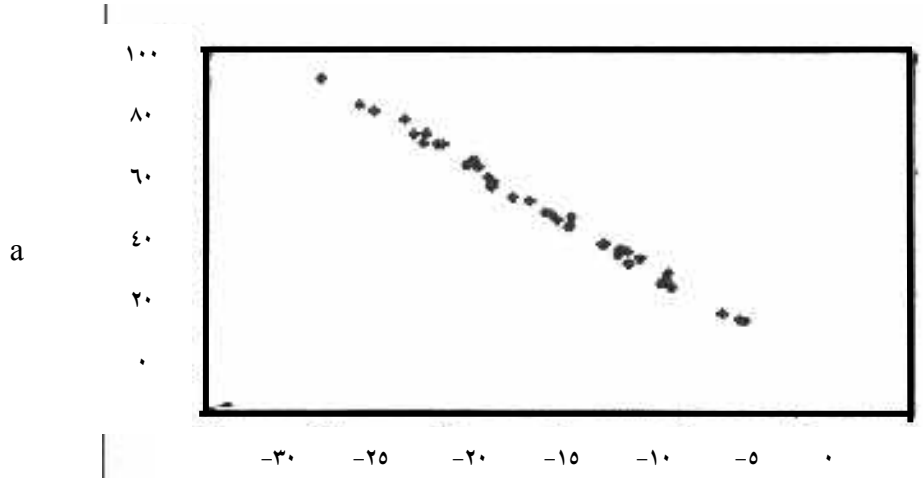
همانطور که در جدول (٤) مشاهده می‌شود، برای تمام کلاسهای بافتی خاک موجود، معادلات ارائه شده برای تخمین b از R^2 خوبی برخوردار هستند که ماکزیمم مقدار R^2 مربوط به کلاس بافتی Silty Clay Loam و مینیمم مقدار R^2 مربوط به کلاس بافتی Sandy loam می‌باشد.

جدول ۵- مقادیر رطوبت اندازه‌گیری شده (θ_m) و محاسبه شده توسط مدل GHM (θc) برای کلاس‌های بافتی مختلف

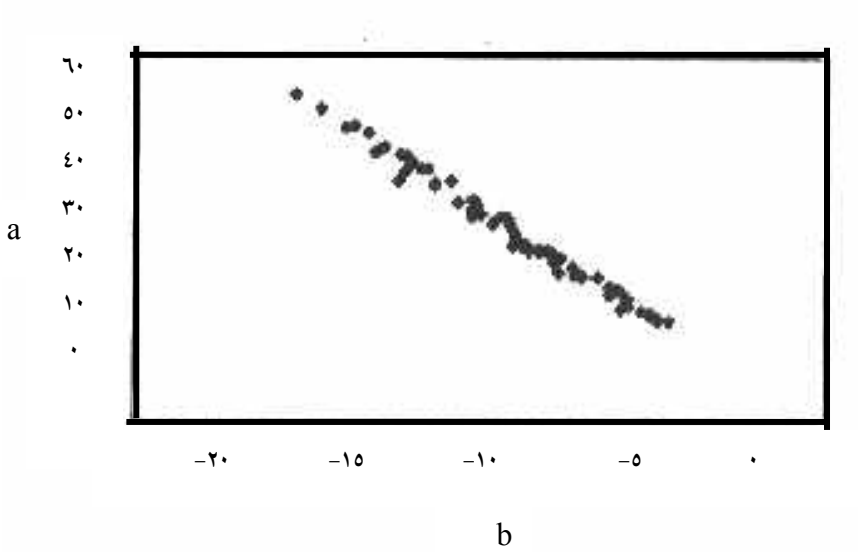
بافت	$\psi_{0/1}$		$\psi_{0/3}$		ψ_1		ψ_5		ψ_{15}		R^2	SE تخمین
	(θ_m) ٪	(θ_c) ٪	(θ_m) ٪	(θ_c) ٪	(θ_m) ٪	(θ_c) ٪	(θ_m) ٪	(θ_c) ٪	(θ_m) ٪	(θ_c) ٪		
Sandy Loam	۲۵/۷۰	۲۹/٤٤	۲۳/٦۰	۲۵/۵۳	۱۹/۳۰	۲۱/۸٤	۱۳/۷۰	۱۷/۷۲	۱۳/۲۰	۱۵/۳۷	۰/۹۷۳	۱/۰۷۹٤
Sandy Clay Loam	٤٦/۹۰	۳۳/۸۸	۳۹/۳۰	۲۹/٤٤	۳۹/۸۰	۲۵/۲٤	۲۱/۳۰	۲۰/۵٤	۲۰/۵۰	۱۷/۸۵	۰/۹۸۰	۱/۸۷۹۷
Loam	٤۰/۸۰	۳۲/۹۳	۳۲/۳۰	۲٦/۱٦	۳۰/۸۰	۲۰/۳٤	۲۳/۱۰	۱٤/۵۲	۲۲/٤۰	۱۱/۵٤	۰/۹٦۲	۱/٦۸۹۲
Silty Clay	٤٤/۲۰	٤۲/۸٤	٤۰/۸۰	۳۹/۷۸	۳۸/٤۰	۳٦/٦۸	۳٤/۹۰	۳۲/۹۱	۳۲/۳۰	۳۰/۵۷	۰/۹۹۷	۰/۲۹۳۵
Clay Loam	۳٤/٤۰	۳۹/۱۵	۳۱/۰۰	۳۵/۹۳	۲۸/۱۰	۳۲/۱۲	۲۳/۱۰	۲۷/۹۷	۱۹/۳۰	۲۵/٤٦	۰/۹۸۸	۰/۷۵۳۸
Silty Loam	٤۲/۵۰	۳٤/۷۵	۳۸/۸۰	۳۷/۸۱	۳۵/۱۰	۳۲/۲۳	۲۹/۱۰	۲٦/۰٤	۲٦/٤۰	۲۲/۵۱	۰/۹۹۲	۰/٦۹۲٤
Silty Clay Loam	٤۰/۷۰	٤۱/۷۲	۳۵/۸۰	۳۵/۹٤	۳۲/۹۰	۳۰/۵۲	۲۷/۳۰	۲٤/۵۳	۲۳/۹	۲۱/۱۳	۰/۹۹۲	۰/۷۰۳۹
Clay	٤۰/٤۰	٤۱/۸۳	۳۸/۰۰	۳۷/٤٦	۳٦/٤۰	۳۳/۱۸	۳۳/۹۰	۲۸/۲۲	۳۲/٦۰	۲۵/۲۷	۰/۹۹۷	۰/۱۸۱۷

www.SID.ir

Archive of SID



شکل b ، بافتی Clay



شکل ٢- کلاس بافتی Clay Loam

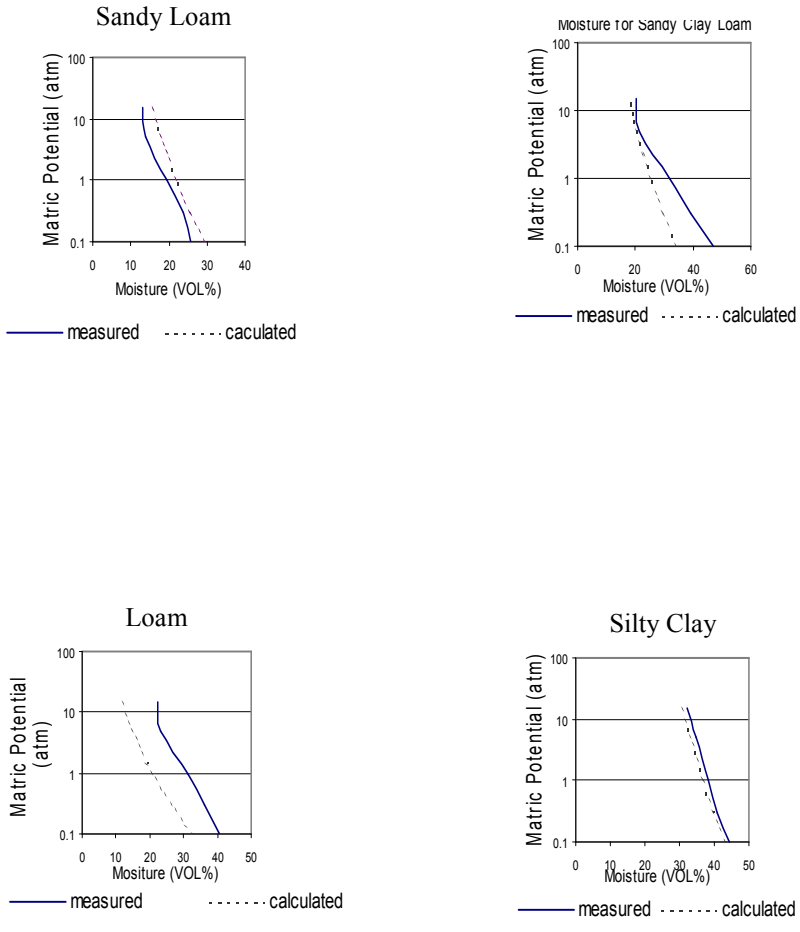
برای سنجش دقت مدل‌های رگرسیونی پیشنهادی، تعیین مقدار رطوبت به دو صورت، اندازه‌گیری آزمایشگاهی رطوبت نمونه‌های دست نخورده در مکش‌های مشخص و برآورد رطوبت نمونه‌ها از طریق مدل‌های رگرسیونی انجام گردید (جدول ٥). با استفاده از داده‌های به دست آمده، دو منحنی رطوبتی خاک (داده‌های اندازه‌گیری شده و برآورد شده توسط مدل‌ها) برای هر کلاس بافتی خاک ترسیم و سپس مقایسه گردید (شکل٣).

www.SID.ir

Archive of SID

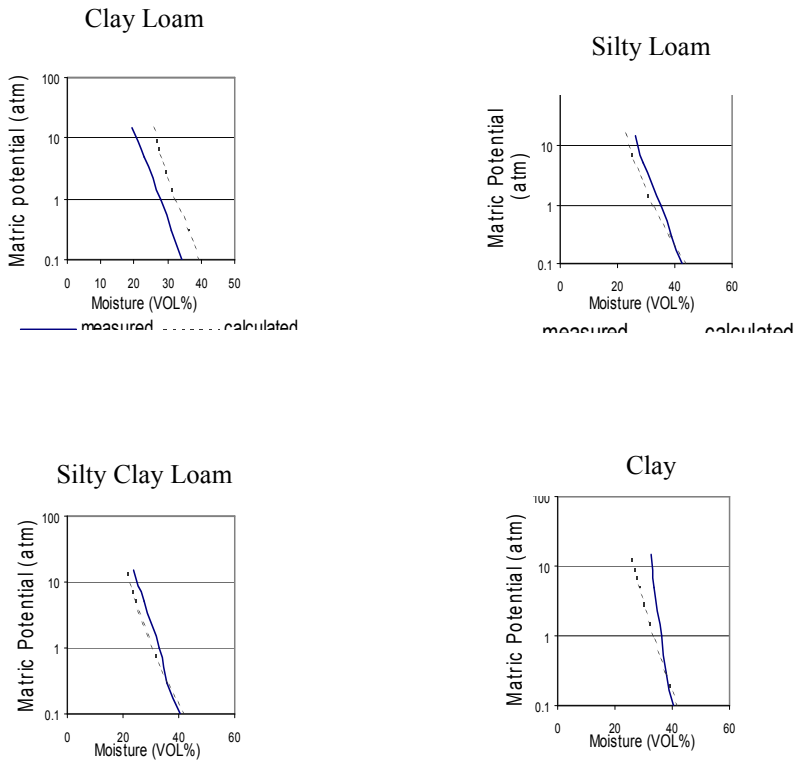
همانطور که در جدول (۵) و شکل (۳) مشاهده می‌شود مقادیر اندازه‌گیری شده و محاسبه شده برای رطوبت در مکش‌های معین دارای R^2 بالایی هستند که درتمام کلاس‌های بافتی خاک این مقدار بیش از ۰/۹۵ می‌باشد. در این بین بیشترین مقدار R^2 مربوط به کلاس‌های بافتی Clay و Silty Clay می‌باشد و کمترین مقدار R^2 مربوط به کلاس بافتی Loam و Sand می‌باشد. در تمام معادلات داده شده بجز معادلات مربوط به کلاس‌های بافتی Sandy Clay Loam، Loam و Silty Clay رطوبت محاسبه شده توسط مدل برای مکش ۰/۱ اتمسفر بیش از مقدار رطوبت اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه می‌باشد. برای مکش ۰/۳ و ۱ اتمسفر این مقادیر محاسبه شده دارای یک روند نامشخص برای کلاس‌های بافتی مختلف می‌باشند. در دو مکش ۵ و ۱۵ اتمسفر هم روند رطوبت های محاسبه شده توسط مدل شبیه مکش ۰/۱ اتمسفر می‌باشد. در بین کلاسهای بافتی مختلف کمترین مقدار SE (تخمین) مربوط به کلاس بافتی Clay است که بدلیل یکنواخت‌تر و تدریجی‌تر بودن شیب منحنی رطوبتی خاک در این کلاس بافتی می‌باشد.

در نهایت نتایج حاصل از این پژوهش سبب شد که مقادیر p و q و همچنین رابطه بین b و (d_g و σ_g) را برای هر کلاس بافتی خاک بدست آید. بنابر این برای هر کلاس بافتی یک مقدار p و q و یک معادله برای تخمین b توسط d_g و σ_g ارائه شد که این امر باعث می‌شود تا مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل از دقت بالاتری برخوردار باشد. به عبارت دیگر مدل یک پارامتری برای هر کلاس بافتی فیت گردید. با توجه به مطالب گفته شده در قبل نتیجه می‌شود که مدل GHM (برآورد پارامتر b از طریق d_g و σ_g) برای تخمین مقادیر رطوبت در کلاسها و گروههای بافتی مختلف از دقت بسیار خوبی برخوردار می‌باشد.



www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- مقایسه بین مقادیر اندازه‌گیری شده و برآورد شده رطوبت برای کلاسهای بافتی مختلف

(مقادیر اندازه‌گیری شده به صورت ــــــــ و مقادیر برآورد شده به صورت ..... نشان داده شده است.)

پیشنهادات

۱ـ با توجه به نواقص موجود در روش صفحه فشار و غشاء فشار، هر گونه بهینه‌سازی در انجام این آزمایشها پژوهشگران را در جهت بدست آوردن داده‌های واقعی‌تر و دقیق‌تر یاری می‌کند.

۲ـ با توجه به نداشتن داده برای چهار کلاس بافتی Loamy sand، Silt، Sandy clay و Sand بدست آوردن معادلات مربوط به این کلاسهای بافتی توصیه می‌شود.

۳ـ با توجه به سادگی و سهل‌الوصول بودن اطلاعات لازم برای برآورد تک پارامتر این مدل و داشتن R^2 بالا، استفاده از این مدل برای رسم منحنی رطوبتی خاک توصیه می‌شود.

٤ـ ایجاد یک بانک داده (Data Bank) تا بتوان مدلهای مختلف را با تعداد داده قابل قبول از لحاظ آماری، فیت، سنجش و اعتباربخشی نمود.

فهرست منابع

۱. بای‌بوردی، محمد. ۱۳۷۹. اصول مهندسی آبیاری. جلد اول. روابط آب و خاک. چاپ هفتم. انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۱٤٤۹/۱.

۲. بای‌بوردی، محمد. ۱۳۸۲. فیزیک خاک،چاپ هفتم، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۱٦۷۲.

www.SID.ir

Archive of SID

۳. سعادت، س. ۱۳۷٤. استفاده از آب قابل جذب گیاه (AWC) برای تعیین منحنی رطوبتی خاک در مدل یک پارامتری. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

4. Ahuja, L. R., and R. D. Williams. 1991. Scaling Water Characteristic and Hydraulic Conductivity Based on Gregson-Hector-Mc Gowan Approach. Soil Sci. Soc. Am. J. 55:308-319.
5. Gregson, K., D. J. Hector, and M. Mc Gowan. 1987. A One-Parameter Model for the Soil Water Characteristic. J. Soil Sci. 38:483-486.
6. Leong, E. C. and H. Rahardjo. 1997. Review of Soil-water Characteristic Curve equations. Journal of Geo Technical and Geo Environmental Engineering. Vol: 123. No.12. pp:1106-1117.
7. Shirazi, M. A., and L. Boersma. 1984. A Unifying Quantitative Analysis of Soil Texture. Soil Sci. Soc. Am. J. 48:142-147.
8. Shirazi, M. A., L. Boersma, and J. Warren Hart. 1988. A Unifying Quantitative Analysis of Soil Texture: Improvement of Precision and Extension of Scale-Soil Sci. Soc. Am. J. 181-190.
9. Wagner, B., V. R. Tarnawski, V. Hennings, U. Muller, G. Wessolek, R. Plagge, 2001. Evaluation of Pedo-Transfer Function for Unsaturated Soil Hydraulic Conductivity Using an Independent Data Set. Geoderma. 102: 275-297.
10. Williams, R. D., and L. R. Ahuja. 1993. Using Available Water Content with the One-Parameter Model to Estimate Soil Water Retention. Soil Science. 156:380-388.
11. Williams, J., R. E. Prebble, W. T. Williams, and C. T. Hignett 1983 . The Influence of Texture, Structure and Clay Mineralogy on the Soil Moisture Characteristic. Aust. J. Soil Res. 21:15-32.
12. Wosten, J. H. M., A. Lillu, A. Nemer, and C. Le Bas. 1999. Development and Use of a Database of Hydraulic Properties of European Soils. Geoderma. 90: 169-185.

www.SID.ir

Archive of SID

Estimating Soil Moisture Characteristics Curve Using One-Parameter Model (G.H.M.)

S. J. Hosseiny Ezabady[1], S. Saadat[2], and H. A. Bahrami[3]

Abstract

The relation between soil moisture and matric potential referred to as soil moisture characteristics curve, is one of the most fundamental soil physical properties. Field and laboratory methods of measuring this relationship are time-consuming and costly. Therefore, developing methods that estimate soil moisture (θ) at specific suctions from easily available and simple properties of soil will be advantageous to researchers and general users. The one-parameter model of Gregson *et al.* (G.H.M.) is based on log-log form of soil moisture characteristics curve as $\ln\psi=a+b\ln\theta$. In this equation (a) and (b) are constants and have a negative correlation as a= p+qb. Using this equation and substituting it in the first equation results in the Gregson *et al* one-parameter model: $\ln\psi=p+b\ (q+\ln\theta)$. In this equation (p) and (q) are regression coefficients and have specific values for each textural class, and only the parameter (b) is unknown. This parameter was estimated by Shirazi-Boersma soil textural diagrams values (geometric mean diameter and geometric standard deviation). To develop this model, 290 soil sample data from different laboratories were used and also 30 undisturbed soil samples were used to test the model. These samples were grouped into 8 textural classes and finally, (p) and (q) and (b) were calculated for each one of the 8 textural classes. Results showed that estimating soil moisture at specific matric potentials with the model has R^2 greater than 0.9 for each textural class.

Key Words: Soil Characteristics Curve, Soil moisture, Specific suction, Textural classes

[1]Graduate Student, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran. ezabady@yahoo.com
[2]Member of Scientific Board at Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran. saeed_saadat@yahoo.com
[3] Assistant Professor, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran. bahramih@modares.ac.ir

www.SID.ir