نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره2، جلد9، خرداد - تیر 1394، ص. 313-303

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 9, May.-Jun. 2015, p. 303-313

تأثیر سطوح مختلف ورودی نرم‌افزار Rosetta در تخمین خصوصیات هیدرولیکی خاک با استفاده از نرم‌افزار HYDRUS-2D و اثر تغییر کاربری اراضی بر آن‌ها

فرهاد ابراهیمی[1*] و مجید رئوف[2]

تاریخ دریافت: 1393/11/7 تاریخ پذیرش: 1394/3/6

چکیده

منحنی‌های نگهداشت آب خاک و هدایت هیدرولیکی از جمله عوامل مهم در بررسی حرکت آب در خاک هستند. هدف از این تحقیق بررسی اثر تغییر کاربری اراضی مرتعی بر خصوصیات هیدرولیکی خاک می‌باشد. جهت استخراج خصوصیات هیدرولیکی خاک از آزمایش نفوذ با دستگاه نفوذسنج دیسک مکشی استفاده شد. در این پژوهش، اندازه‌گیری نفوذ در سه کاربری مرتع، کشاورزی و باغ، در 5 مکش (0، 3، 6، 10 و 18 سانتی‌متر آب) و با سه تکرار در هر کاربری انجام شد. کاربری‌های کشاورزی و باغ از تغییر کاربری مرتع به وجود آمده‌اند. منحنی‌های نگهداشت آب خاک و هدایت هیدرولیکی به روش حل معکوس با استفاده از نرم افزار HYDRUS-2D، در سه سطح ورودی نرم افزار رزتا برآورد شده و با مقادیر اندازه‌گیری شده، با استفاده از برخی محک‌های آماری با هم مقایسه گردیدند. نتایج نشان داد در تخمین منحنی هدایت هیدرولیکی در همه کاربری‌ها استفاده از مدل SSC+BD به عنوان ورودی نرم‌افزار رزتا در روش حل معکوس بالاترین دقت را دارا می‌باشد. در تخمین منحنی نگهداشت آب خاک در همه کاربری‌ها مقادیر GMER برای همه سطوح کم‌تر از یک به‌دست آمده که نشان‌دهنده کم برآوردی روش حل معکوس می‌باشد. به طور کلی نتایج حاصل از محک‌های آماری در برآورد مقادیر رطوبت نشان داد در کاربری مرتع سطح ورودی Textural classes با کم‌ترین مقدار RMSE و MAE به ترتیب 0/055 و 0/048، بالاترین دقت را داشته و نیز در کاربری باغ مدل SSC با کم‌ترین مقدار RMSE و MAE به ترتیب 0/046 و 0/03 و هم‌چنین در کاربری کشاورزی مدل SSC+BD با کم‌ترین مقدار RMSE و MAE به ترتیب 0/05 و 0/041، بالا ترین دقت را در برآورد منحنی رطوبتی داشته است.

واژه‌های کلیدی: تغییر کاربری اراضی منحنی، سطوح ورودی رزتا، نگهداشت آب خاک، منحنی هدایت هیدرولیکی

مقدمه

منحنی‌های نگهداشت آب خاک و هدایت هیدرولیکی غیراشباع از جمله عوامل مهم در بررسی حرکت آب در خاک هستند. نتایج تحقیقات در اکثر مناطق دنیا نشان می‌دهد که تغییر کاربری اراضی اثرات مثبت یا منفی بر خصوصیات خاک می‌گذارد. از طرفی آگاهی از روابط آب و خاک در مسائل مختلف آبیاری و زهکشی، تعیین نیاز آبی گیاهان، مقدار آب موجود در خاک، کنترل شوری، مدیریت و برنامه-ریزی آبیاری بسیار اهمیت دارد. منحنی نگهداشت آب خاک نسبت به زمان و مکان متغییر است و اطلاعات لازم در مورد ویژگی‌های فیزیکی خاک ارایه می‌دهد. هدایت هیدرولیکی نیز قدرت و توان خاک را در انتقال آب نشان می‌دهد. از جمله عوامل مؤثر بر منحنی‌های نگهداشت آب خاک و هدایت هیدرولیکی غیراشباع می‌توان به پدیده-ی پس‌ماند[3]، بافت و ساختمان خاک، تخلخل، نوع خلل و فرج خاک، تراکم خاک، درجه حرارت و املاح موجود در خاک اشاره کرد (عباسی، 1386). تخمین ویژگی‌های هیدرولیکی خاک برای بررسی و مدل-سازی بسیاری از مسائل آب و خاک ضروری می‌باشد. جهت برآورد ویژگی‌های هیدرولیکی خاک از روش‌های مستقیم و غیر مستقیم استفاده می‌شود. بر اساس نظر ساکستون و همکاران روش‌های مستقیم وقت‌گیر و پر هزینه بوده و گاهاً به دلیل کوچکی و دست خورده بودن نمونه‌ها قابل تعمیم به شرایط مزرعه نیستند (Saxton et al, 1986). در روش‌های غیرمستقیم، ویژگی‌های دیریافت خاک با استفاده از ویژگی‌های زودیافت تخمین زده می‌شوند. یکی از روش-های غیر مستقیم، روش مدل‌سازی معکوس می‌باشد. در این روش از

1 - دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
2 - استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: ebrahimi.farhad68@gmail.com)

3 - Hysteresis

یک مدل پیشرو جهت حل معادله جریان (معادله ریچاردز) استفاده می‌گردد. در چهار قرن اخیر حدود 30 درصد از جنگل‌ها و مراتع در دنیا دچار تغییر کاربری شده و به چراگاه‌های دام و زمین‌های کشاورزی تبدیل شده است که این امر باعث از بین رفتن ساختمان خاک، کاهش هدایت هیدرولیکی و کربن آلی خاک و افزایش چگالی ظاهری خاک گردیده است. کانادل و نوبل و همچنین گل به منظور بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر خصوصیات خاک و کربن آلی، با نمونه‌برداری از عمق‌های 5-0 و 15-5 سانتی‌متر از خاک در کاربری-های مختلف به این نتیجه رسید که تغییر کاربری اثر معنی‌داری بر خصوصیات خاک از جمله هدایت هیدرولیکی اشباع، جرم مخصوص ظاهری، کربن آلی و ماده آلی خاک دارد، به طوری که مقادیر هدایت هیدرولیکی اشباع در کاربری جنگل بیش‌تر از کاربری زراعی و در کاربری زراعی بیش‌تر از کاربری باغ و در باغ بیش‌تر از مرتع به‌دست آمد. مقادیر کربن آلی و ماده آلی نیز در کاربری جنگل بیش‌تر از سایر کاربری‌ها اما در کاربری‌های زراعی و باغ و مرتع نزدیک به هم به-دست آمد (Canadell and Noble, 2001; Gol, 2009). کرکان و همکاران اثر تغییر کاربری اراضی بر خصوصیات خاک و فرسایش-پذیری خاک و رابطه بین آن‌ها را مورد بررسی قرار دادند. کاربری‌های مورد نظر شامل کشاورزی، مرتع و جنگل بودند. نتایج مطالعه نشان داد که تغییر کاربری به طور معنی‌داری بر خصوصیات خاک تأثیر می-گذارد و مقادیر PH خاک در کاربری جنگل و کشاورزی تفاوت معنی-داری با هم دارند (Korkanc et al, 2008). گل و همکاران اثر تغییر کاربری اراضی طی سال‌های 1955 تا 2008 را بر فرآیندهای هیدرولوژیکی و خصوصیات فیزیکی خاک در حوضه آبریز رودخانه گوکچای[1] مورد تحقیق قرار دادند. در این پژوهش پنج سایت به عنوان نمونه انتخاب شد که عبارتند از: جنگل، کشاورزی، مرتع و دو کاربری دیگر طی تغییر از کاربری کشاورزی به مرتع طی 10 و 50 سال پیش به‌وجود آمده بودند. نتایج به‌دست آمده از این تحقیق به این صورت بود که چگالی ظاهری، هدایت هیدرولیکی، ماده آلی و نیتروژن کل در خاک زراعی در مقایسه با خاک جنگل کاهش یافت. ازطرفی خصوصیات خاک در کاربری‌های مرتع و کشاورزی با کاربری‌های که 10 و 50 سال پیش به مرتع تبدیل شده بودند مشابه هم بودند (Gol et al, 2010). امیرو و گبرکیدان اثر تغییر کاربری اراضی و عمق خاک را بر ماده آلی خاک، نیتروژن کل و درصد فسفر قابل دسترس خاک در حوضه سنبات[2] واقع در غرب اتیوپی، مورد بررسی قرار دادند. این تحقیق در 4 کاربری (جنگل، چراگاه، چمن و زمین زراعی) و در عمق‌های 20-0 و 40-20 سانتی‌متر انجام شد که نتایج تحقیق نشان داد که تغییرکاربری اثر معنی‌داری بر خصوصیات فوق داشته است. مقادیر ماده آلی و نیتروژن کل در خاک چراگاه و زمین زراعی به طور قابل توجهی پایین‌تر از خاک جنگل طبیعی به-دست آمد و در اثر تغییر کاربری از جنگل به زمین زراعی مقدار فسفر خاک به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد اما با عمق خاک اثر متقابل دارد (Emiru and Gebrekidan, 2013). نتایج تحقیق نیک نهاد قرماخائر و مرامائی بر روی اثرات تغییر کاربری اراضی از جنگل و مرتع به زمین زراعی نشان داد، میزان ماده آلی، ازت آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در کاربری زراعی در قیاس با کاربری های جنگل و مرتع کاهش معنی‌داری دارد و نیز خاک زراعی در مقایسه با خاک جنگل و مرتع دارای تخلخل کم‌تر و جرم مخصوص ظاهری بیش‌تر می‌باشد (Niknahad Gharmakhaer and Maramaei, 2011). مطالعات ملک‌پور و همکاران بر روی اثر تغییر کاربری اراضی مرتعی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نشان داد که مقادیر EC، جرم مخصوص ظاهری، ماده آلی، کربن آلی، کلسیم، فسفر و آهک خاک طی تغییر کاربری اراضی مرتعی کاهش می‌یابد و هم‌چنین این تغییر کاربری موجب تغییر بافت خاک از لومی به رسی لومی می‌شود (Malakpour et al, 2011).

با توجه به تحقیقات انجام شده و تأثیر تغییر کاربری بر خصوصیات فیزیکی خاک و نیز تأثیرپذیری خصوصیات هیدرولیکی خاک از خصوصیات فیزیکی، هدف از این تحقیق بررسی اثر تغییر کاربری اراضی مرتعی بر خصوصیات هیدرولیکی خاک می‌باشد. هم چنین با توجه به نقش تخمین‌های اولیه پارامترهای معادله ون‌گنوختن در نرم افزار رزتا[3] بر خروجی نرم‌افزار HYDRUS-2D در مدل کردن به روش حل معکوس، به بررسی اثر سطوح مختلف ورودی نرم افزار رزتا در تخمین خصوصیات هیدرولیکی خاک پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

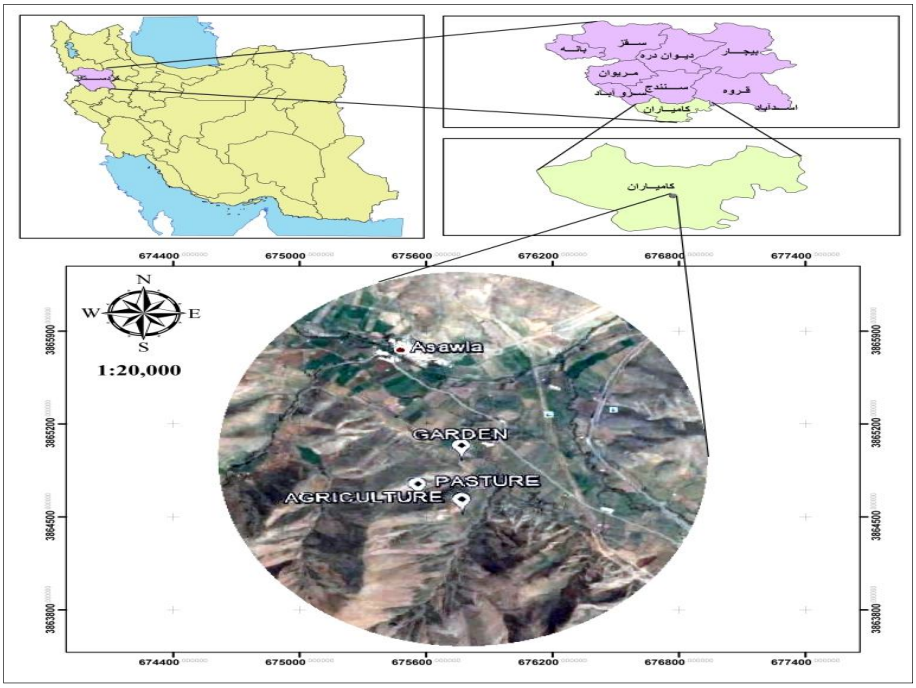
این تحقیق در سه کاربری مرتع، باغ و کشاورزی در یکی از عرصه‌های مرتعی جنوب استان کردستان واقع در 15 کیلومتری شهر کامیاران (جاده کامیاران- سنندج) صورت پذیرفت. محدوده مورد مطالعه بین طول‌های جغرافیایی ′9 °47 تا ′52 °46 و عرض‌های جغرافیایی ′2 °35 تا ′49 °34 قرار دارد و ارتفاع آن از سطح دریا برابر با 1673 متر است. برای انتخاب کاربری‌های مورد مطالعه و نیز اطمینان از تغییر کاربری صورت گرفته در آن‌ها، از نقشه کاربری اراضی و عکس‌های هوایی سال 1342 و 1392 استفاده گردید. مساحت مراتع منطقه مذکور بر اساس آخرین اسناد اخذ شده و نقشه-های تهیه شده توسط اداره کل منابع طبیعی و مطابقت با نقشه‌های موجود در اداره ثبت اسناد، 938/76 هکتار و مساحت اراضی زراعتی

1 - Gökçay river
2 - Senbat watershed
3 - Rosetta

251/08 هکتار می‌باشد. از نظر اقلیم منطقه مذکور تابعی از آب و هوای زاگرس و غرب کشور است که تحت تأثیر اقلیم مدیترانه‌ای قرار دارد. موقعیت منطقه مورد مطالعه در شکل 1 نشان داده شده است.

آزمایش‌ها در سه کاربری مرتع، باغ و کشاورزی انجام شدند که کاربری‌های باغ و زمین زراعی از تغییر کاربری مرتع طی 40 سال اخیر به وجود آمده بودند. خاک کاربری‌های مرتع و باغ دست نخورده بوده و کاربری کشاورزی نیز یک سال از زمان شخم آن گذشته بود. از لحاظ پوشش گیاهی نیز کاربری مرتع دارای پوشش گیاهی ضعیف، کاربری باغ قبلاً زیر کشت یونجه بوده و بقایای آن هنوز باقی مانده و کاربری کشاورزی نیز دیمزار و در شرایط آیش بود. با توجه به اینکه از زمان شخم تا انجام پژوهش در کاربری کشاورزی یک سال گذشته بود لذا کاربری‌های مورد نظر تقریباً از شرایط یکسانی در زمان انجام پژوهش برخوردار بودند. برای اندازه‌گیری برخی از خصوصیات فیزیکی خاک، از هر کاربری سه نمونه خاک دست خورده و دست نخورده از نقاط مختلف برداشته شد. در هر کاربری جرم مخصوص ظاهری و حقیقی به ترتیب به روش سیلندر (Blake and Hartge, 1986) و پیکنومتر (Flint and Flint, 2002) اندازه‌گیری شد. با داشتن مقادیر جرم مخصوص حقیقی و ظاهری خاک، مقادیر تخلخل کل نیز در هر کاربری محاسبه شد. بافت خاک با استفاده از روش هیدرومتری (Bouyoucos, 1962) و میزان ماده آلی خاک به روش والکی- بلک (Walkley and Black, 1934) در هر کاربری اندازه گیری شد. علاوه بر تعیین مشخصات فیزیکی خاک منطقه مورد مطالعه، جهت اطمینان از عدم لایه لایه بودن خاک پروفیلی به طول 1/5 عرض 1/5 و ارتفاع 2 متر در هر کاربری حفر گردید. پروفیل حفر شده نشان داد که خاک منطقه مورد آزمایش حداقل تا عمق 2 متر لایه لایه نمی‌باشد. برخی از خصوصیات فیزیکی خاک کاربری‌های مورد مطالعه در جدول 1 آورده شده است.

آزمایش‌های نفوذ با استفاده از دستگاه نفوذسنج دیسک مکشی[1] (Perroux and White, 1988) در پنج مکش (0، 3، 6، 10 و 18 سانتی‌متر آب) و در هر کاربری با سه تکرار انجام شدند. فاصله تکرارها بین 2 تا 3 متر و طوری انتخاب شدند که شرایط سطحی خاک در تکرارهای مختلف تا حد امکان مشابه باشد. علت اینکه فواصل کم‌تر از 2 تا 3 متر انتخاب نشد احتمال تداخل جبهه‌های رطوبتی در اعماق پایین‌تر خاک می‌باشد.



شکل 1 - موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

1- Tension Disk Infiltrometer

جدول 1- برخی خصوصیات فیزیکی خاک منطقه مورد مطالعه در کاربری‌های مختلف

	کاربری‌های مورد مطالعه		
پارامترهای فیزیکی	مرتع	کشاورزی	باغ
جرم مخصوص ظاهری(gr/cm^3)	1/43	1/18	1/21
جرم مخصوص حقیقی(gr/cm^3)	2/69	2/76	2/56
شن(%)	68/87	61/09	56/95
رس(%)	4/66	12/37	11/37
سیلت(%)	26/48	26/54	31/68
تخلخل کل(%)	46/04	56/46	53/99
ماده آلی(%)	0/77	0/94	1/52
کلاس بافت خاک	Sandy loam	Sandy loam	Sandy loam

جهت استخراج منحنی نگهداشت آب خاک، در مکش‌های کم (تا 100 سانتی‌متر آب) از دستگاه ستون آب آویزان و برای مکش‌های بالاتر از دستگاه صفحات فشاری استفاده شد. برای انجام آزمایش توسط دستگاه ستون آب آویزان از هر کاربری 3 نمونه دست نخورده تهیه شد و در آزمایشگاه پس از اشباع نمودن نمونه‌ها و قرارگیری در دستگاه ستون آب آویزان مقادیر رطوبت برای مکش‌های اعمال شده بین 0 تا 100 سانتی‌متر به روش حجمی اندازه‌گیری شد. در دستگاه صفحات فشاری نیز از هر کاربری 3 نمونه تهیه شد (برای مکش‌های کم‌تر از 1 بار نمونه دست نخورده و برای مکش‌های بالای 1 بار از نمونه دست خورده استفاده شد) و پس از قرارگیری در دستگاه و رسیدن به حالت تعادل رطوبت‌ها به روش وزنی اندازه‌گیری شد. منحنی هدایت هیدرولیکی نیز توسط دستگاه نفوذ سنج دیسک مکشی در هر کاربری در مکش‌های صفر، 3، 6، 10، 18 سانتی‌متر آب به‌دست آمد. بر اساس تحقیقات بودهینایاک و همکاران و رئوف و همکاران مکش‌های کم را می‌توان در مزرعه و با دستگاه نفوذسنج دیسک مکشی (تا 25 سانتی‌متر آب) ایجاد نمود (Raoof et al, 2011;Bodhinayake et al, 2004). هم‌چنین منحنی نگهداشت آب خاک و منحنی هدایت هیدرولیکی به روش حل معکوس و با استفاده از نرم افزار HYDRUS-2D از طریق بهینه‌سازی و با کمینه کردن تابع هدف برآورد شد. تابع هدف در تحقیق حاضر داده‌های نفوذتجمعی می‌باشد. کمینه کردن خطای تابع هدف با استفاده از الگوریتم مارکوارت–لونبرگ و بر اساس حل عددی معادله ریچاردز پایه‌ریزی شده و در آن از دو روش نیوتن و نزول سریع استفاده شده است (Levenberg-Marquardt, 1963).

در این تحقیق با داشتن برخی خصوصیات زودیافت خاک شامل درصدهای رس، سیلت، شن و جرم مخصوص ظاهری خاک به عنوان داده های ورودی به نرم افزار رزتا جهت تخمین اولیه مقادیر پارامترهای مدل ون‌گنوختن در حل عددی معادله ریچاردز استفاده شده و خروجی‌های نرم‌افزار HYDRUS-2D در سه سطح ورودی نرم افزار رزتا شامل کلاس بافت خاک (Textural classes)، درصد ذرات خاک (SSC) و درصد ذرات خاک با چگالی ظاهری (SSC+BD) به‌دست آمد و با مقادیر اندازه‌گیری شده مقایسه شدند. جهت مقایسه دقت سطوح مختلف ورودی رزتا در تخمین منحنی‌های نگهداشت آب خاک و هدایت هیدرولیکی از محک‌های آماری زیر استفاده شد(Salazar et al, 2008):

1- میانگین خطای مطلق[1] (MAE): مقدار این پارامتر از صفر تا بی‌نهایت می‌باشد. مقدار صفر نشانگر تطبیق کامل مقادیر تخمین زده شده و اندازه‌گیری شده است.

$$MAE=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n}|O_i-S_i| \quad (1)$$

2- متوسط مجذور مربعات خطا[2] (RMSE) ($\frac{cm}{sec}$ یا $cm^3.cm^{-3}$): مقادیر مربوط به RMSE منفی نبوده و از 0 تا بی‌نهایت متغیر است. مقادیر کم RMSE نشان‌دهنده دقت بالای مدل می‌باشد.

$$RMSE=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(S_i-O_i)^2}{N}} \quad (2)$$

3- ضریب کارایی اصلاح شده[3] (E'): محدوده‌ی آن از یک تا منفی بی‌نهایت است. مقدار یک نشان‌دهنده برابری مقادیر برآورد شده با اندازه‌گیری بوده و هر چه مقدار آن از یک کم‌تر باشد دقت مقادیر برآورد شده کم‌تر می‌باشد.

$$E'=1.0-\frac{\sum_{i=1}^{n}|O_i-S_i|}{\sum_{i=1}^{n}|O_i-O'|} \quad (3)$$

4- نسبت خطای متوسط هندسی[4] (GMER): این پارامتر بیانگر کم برآوردی[5] یا بیش برآوردی[6] مقادیر برآورد شده نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده می‌باشد. GMER برابر با یک تطابق کامل بین مقادیر برآورد شده و اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد. GMER کم‌تر

1- Mean Absolute Error
2- Root Mean Square Error
3 - Modified coefficient efficiency
4 - Geometric Mean Error Ratio
5 - Under Estimate
6 - Over Estimate

از یک نشان می‌دهد مقادیر برآورد شده به طور کلی کم برآورد و GMER بزرگ‌تر از یک نشان می‌دهد مقادیر برآورد شده بیش برآورد شده است (Wagner et al, 2001).

$$GMER=EXP(\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\ln(\frac{O_i}{S_i})) \quad (4)$$

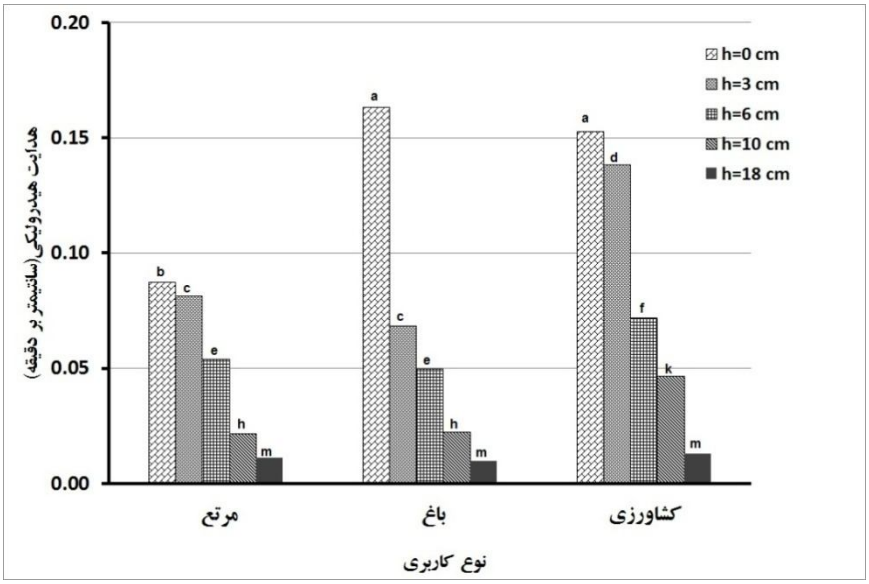
که در آن‌ها، S_i و O_i به ترتیب مقادیر برآورد شده (شبیه‌سازی شده) و اندازه‌گیری شده، $\acute{O}$ میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده و N تعداد کل نقاط مشاهده شده می‌باشد.

نتایج و بحث

مقادیر اندازه‌گیری شده هدایت هیدرولیکی اشباع و غیراشباع توسط دستگاه نفوذسنج دیسک مکشی در کاربری‌های مختلف با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال 5 درصد با هم مقایسه شدند (شکل 2). نتایج حاصل از مقایسه هدایت هیدرولیکی اندازه‌گیری شده در کاربری‌های مختلف نشان داد در حالت اشباع (مکش صفر) مقادیر هدایت هیدرولیکی در کاربری مرتع در سطح احتمال 5 درصد به طور معنی‌داری کم‌تر از دو کاربری کشاورزی و باغ می‌باشد که همسو با نتایج فکوری و همکاران و گل است (Fakouri et al, 2011; Gol, 2009). در مکش‌های 3، 6 و 10 سانتی‌متر آب نیز در سطح احتمال 5 درصد مقادیر هدایت هیدرولیکی غیراشباع در کاربری کشاورزی به طور معنی‌داری بیش‌تر از دو کاربری باغ و مرتع بود. هم‌چنین در مکش 18 سانتی‌متر آب در سطح احتمال 5 درصد تفاوت معنی‌داری بین مقادیر هدایت هیدرولیکی مشاهده نشد. مواد آلی خاک با تشکیل خاکدانه‌ها و بهبود ساختمان خاک بر حرکت آب در خاک مؤثر می‌باشند. در حالت اشباع، حرکت آب در خاک تحت تأثیر شیب هیدرولیکی می‌باشد و به شیب رطوبتی خاک بستگی چندانی ندارد. در حالت غیر اشباع نیز هدایت هیدرولیکی تابعی از میزان رطوبت یا مکش ماتریک خاک خواهد بود. با توجه به مطالب گفته شده و نتایج حاصل از جدول 1 می‌توان در حالت اشباع دلیل پایین بودن هدایت هیدرولیکی در کاربری مرتع نسبت به دو کاربری دیگر را به پایین بودن ماده آلی به دلیل پوشش گیاهی ضعیف، کم بودن تخلخل خاک و بالا بودن جرم مخصوص ظاهری در اثر متراکم بودن خاک در این کاربری نسبت داد زیرا در کاربری مرتع سالیان متمادی هیچ گونه عملیات شخم و شیار صورت نگرفته است و عمل تحکیم و نشست در هر سال باعث گردیده است که خاک کاربری مرتع بسیار متراکم گردد.

لذا تغییر کاربری از مرتع به باغ در حالت اشباع اثر معنی‌داری بر هدایت هیدرولیکی دارد اما در حالت غیر اشباع (تا مکش 10 سانتی متر) اثر معناداری ندارد. هم‌چنین تغییرکاربری از مرتع به کشاورزی در حالت اشباع و غیر اشباع (تا مکش 10 سانتی‌متر) اثر معنی‌داری بر مقادیر هدایت هیدرولیکی می‌گذارد. در مکش 18 سانتی‌متر نیز از آنجا که تفاوتی در سه کاربری مشاهده نشده می‌توان دلیل آن را بالا بودن مکش اعمال شده و بافت تقریباً یکسان کاربری‌ها دانست. از آنجا که در مکش‌های بالا حرکت آب در خاک تنها در خلل و فرج ریز خاک صورت می‌گیرد لذا کاهش تخلخل درشت خاک (در کاربری مرتع و در اثر تراکم) تأثیر آنچنانی روی دبی عبوری نداشته و اختلاف نفوذ در کاربری‌ها در مکش 18 سانتی‌متر معنادار نبوده است. بر اساس تحقیقات رئوف و همکاران در مکش‌های کم، قسمت اعظم آب نفوذ یافته از خلل و فرج درشت و متوسط خاک حرکت می‌نماید (Raoof et al, 2011) از آنجا که در کاربری مرتع هیچ گونه عملیات خاک‌ورزی صورت نمی‌گیرد لذا در طول سالیان متمادی در اثر پدیده تحکیم و نشست (در بارش‌های متفاوت) تخلخل درشت و متوسط خاک کاهش یافته و لذا حجم آب نفوذ یافته نیز کاهش خواهد یافت. شکل‌های 3 تا 5 نیز منحنی‌های هدایت هیدرولیکی اندازه‌گیری شده و برآورد شده به روش حل معکوس با استفاده از نرم افزار HYDRUS-2D را در سطوح مختلف ورودی نرم‌افزار رزتا، در مکش‌های صفر تا 18 سانتی‌متر آب نشان می‌دهد. نتایج حاصل از محک‌های آماری نیز جهت مقایسه منحنی‌های هدایت هیدرولیکی اندازه‌گیری شده و برآورد شده توسط نرم افزار HYDRUS-2D در جدول 2 ارایه شده است. مقادیر GMER که در جدول 2 ارایه شده است بیان می‌کند کلیه سطوح مختلف ورودی نرم‌افزار رزتا در تخمین مقادیر هدایت هیدرولیکی کم برآورد می‌باشند.

نتایج حاصل از شاخص آماری RMSE و MAE و $\acute{E}$ نشان می‌دهد استفاده از مدل SSC+BD در مدل کردن به روش حل معکوس بهترین نتیجه را می‌دهد. با توجه به شکل‌های 3 تا 5 اختلاف بین مقادیر اندازه‌گیری شده و برآورد شده در مکش‌های پایین (کم‌تر از 6 سانتی‌متر آب) بیش‌تر از مکش‌های بالا می‌باشد و با افزایش مکش دقت مقادیر برآورد شده افزایش یافته است. در کاربری باغ اختلاف بین مقادیر اندازه‌گیری شده و تخمین زده شده هدایت هیدرولیکی خیلی زیاد می‌باشد. دلیل بالا بودن مقادیر هدایت هیدرولیکی اشباع و غیر اشباع در این کاربری را می‌توان به بالا بودن ماده آلی در این کاربری نسبت داد. ماده آلی باعث بهبود ساختمان خاک و افزایش نفوذ آب در خاک شده و در نتیجه دستگاه مقادیر هدایت هیدرولیکی را بالا به‌دست می‌دهد این در حالی است که در مدل‌سازی به روش حل معکوس در شبیه‌سازی مقادیر ماده آلی را در نظر نمی‌گیرد لذا اختلاف بالا بین مقادیر اندازه‌گیری شده و برآورد شده هدایت هیدرولیکی در این کاربری را می‌توان به درصد بالای ماده آلی نسبت داد. نتایج حاصل از محک‌های آماری نشان می‌دهد روش حل معکوس در کاربری مرتع با کم‌ترین مقادیر RMSE، MAE و نیز مثبت بودن $\acute{E}$ نسبت به کاربری‌های دیگر از دقت بالایی در تخمین مقادیر هدایت هیدرولیکی برخوردار بوده است.

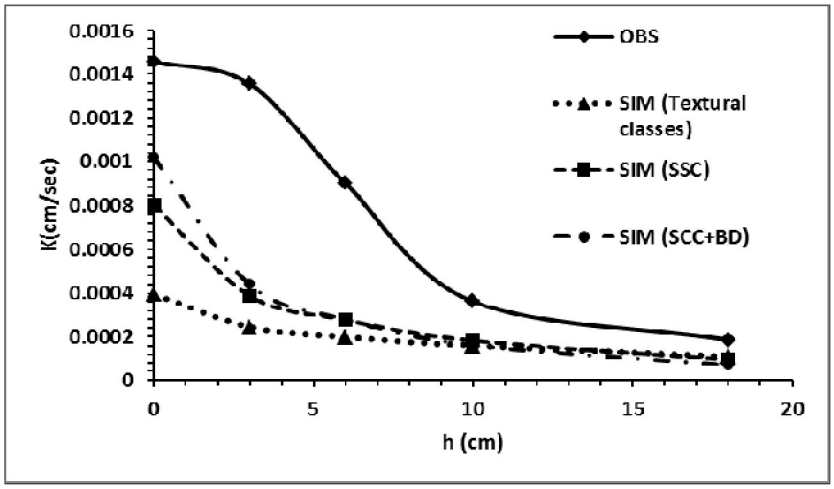


شکل 2- مقایسه میانگین مقادیر هدایت هیدرولیکی اندازه‌گیری شده در کاربری‌ها و مکش‌های مختلف توسط دستگاه نفوذسنج دیسک مکشی (حروف مشابه در هر مکش، نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد در آن مکش می‌باشد)

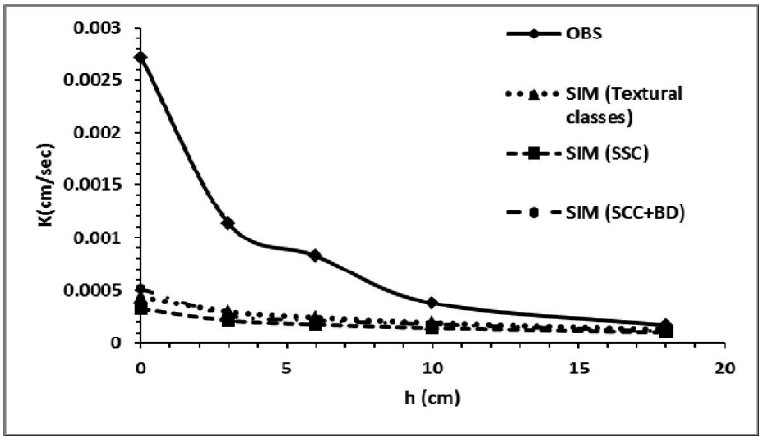
لذا می‌توان بیان کرد که روش حل معکوس در خاک‌هایی که درصد ماده آلی آن بالا است با دقت پایینی قادر به تخمین مقادیر هدایت هیدرولیکی می‌باشد. هدایت هیدرولیکی تابعی از تخلخل سه‌گانه (درشت، متوسط، ریز) می‌باشد (Luxmoore et al, 1990). مطابق تحقیقات رئوف و همکاران و بودهینایاک و همکاران هر چه مقدار تخلخل درشت بیش‌تر باشد هدایت هیدرولیکی اشباع بیش‌تر خواهد شد اما هدایت هیدرولیکی غیراشباع بستگی زیادی به تخلخل درشت نداشته بلکه بیش‌تر تابعی از تخلخل ریز و متوسط می‌باشد (Raoof et al, 2011; Bodhinayake et al, 2004). مرتع در اثر فشردگی‌های پی در پی در سالیان متمادی دارای تخلخل درشت کم و تخلخل ریز و متوسط زیادی می‌باشد که تفاوت زیاد بین این موضوع باید به نتایج گرفته شده ارتباط داده شود. منحنی نگهداشت آب خاک اندازه‌گیری شده و برآورد شده در کاربری‌های مختلف در شکل‌های 6 تا 8 نشان داده شده است. با توجه به درصد بالای شن در همه کاربری‌ها، تغییرات شیب منحنی به دلیل وجود خلل و فرج درشت ناگهانی می‌باشد. برای همه کاربری‌ها مقادیر GMER در همه مدل‌ها کم‌تر از یک به‌دست آمده که نشان‌دهنده کم برآوردی روش حل معکوس می‌باشد. به طور کلی نتایج حاصل از محک‌های آماری نشان داد در کاربری مرتع سطح ورودی Textural classes با کم‌ترین مقدار RMSE و MAE به‌ترتیب 0/055 و 0/048، بالاترین دقت را داشته و نیز در کاربری باغ سطح ورودی SSC با کم‌ترین مقدار RMSE و MAE به‌ترتیب 0/046 و 0/03 و هم‌چنین در کاربری کشاورزی سطح ورودی SSC+BD با کم‌ترین مقدار RMSE و MAE به‌ترتیب 0/05 و 0/041، بالاترین دقت را در برآورد مقادیر رطوبت داشته است.

جدول 2- نتایج تجزیه آماری مقادیر هدایت هیدرولیکی برآورد شده در کاربری‌های مختلف

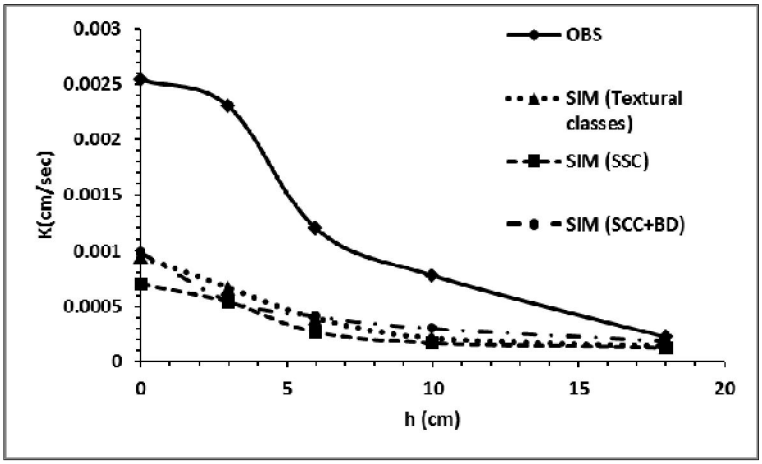
نوع کاربری	سطوح ورودی رزتا	محک های آماری			
		RMSE(cm/sec)	MAE(cm/sec)		GMER
مرتع	Textural classes	0/00076	0/00063	-0/3636	0/3089
	SSC	0/00060	0/00050	-0/0892	0/4160
	SSC+BD	0/00054	0/00046	0/0087	0/4119
باغ	Textural classes	0/00112	0/00079	-0/1163	0/3388
	SSC	0/00119	0/00085	-0/2089	0/2551
	SSC+BD	0/00110	0/00079	-0/1171	0/3235
کشاورزی	Textural classes	0/00111	0/00094	-0/2334	0/3571
	SSC	0/00125	0/00105	-0/3834	0/2773
	SSC+BD	0/00113	0/00092	-0/2164	0/3972



شکل3 - منحنی هدایت هیدرولیکی اندازه‌گیری شده و برآورد شده در سطوح مختلف نرم افزار رزتا در کاربری مرتع



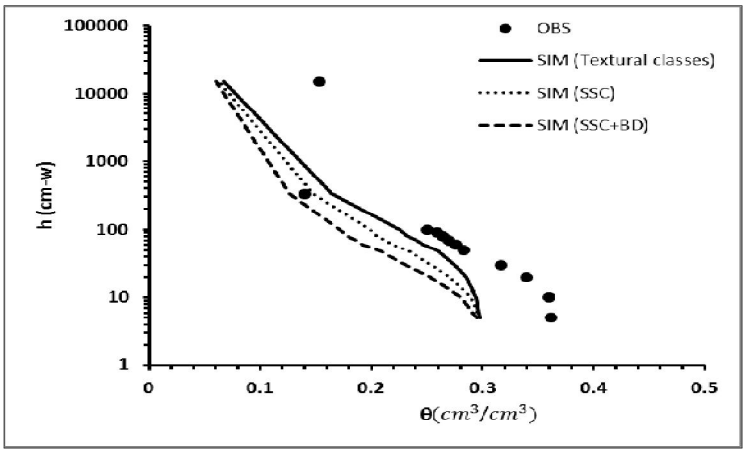
شکل4- منحنی هدایت هیدرولیکی اندازه‌گیری شده و برآورد شده در سطوح مختلف نرم افزار رزتا در کاربری باغ



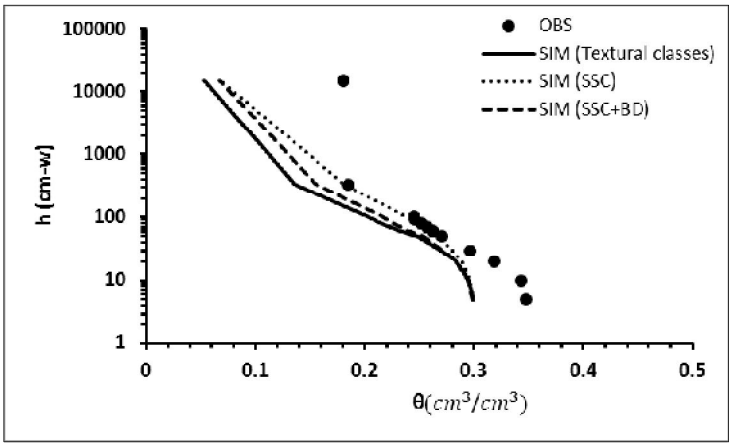
شکل5 - منحنی هدایت هیدرولیکی اندازه‌گیری شده و برآورد شده در سطوح مختلف نرم افزار رزتا در کاربری کشاورزی

در اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی و صحرایی نیز ممکن است خطاهایی به وقوع بپیوندد. هم‌چنین در روش‌های اندازه‌گیری آزمایشگاهی از آنجا که نمونه دست نخورده یا دست خورده نماینده کوچکی از محیط تحت آزمایش میدانی می‌باشد لذا نتایج گرفته شده از اندازه‌گیری‌ها ممکن است بیانگر دقیق متوسط رطوبت باقیمانده در مکش خاصی نباشد در این تحقیق در کاربری باغ نیز مقادیر رطوبت

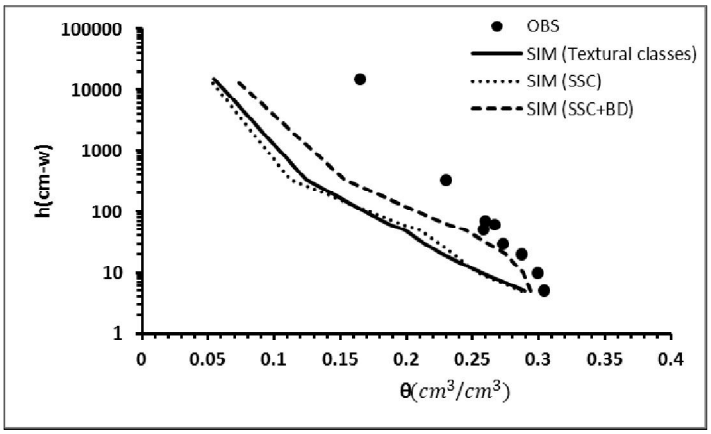
در مکش 0/3 و 15 بار تقریباً با هم برابر شده است در حالی که با افزایش مکش باید مقادیر رطوبت کم‌تر شود. این در حالی است که در روش مدل‌سازی به روش حل معکوس همانطور که در شکل‌ها مشخص است منحنی حالت هموار (Smooth) داشته و به نظر می‌رسد نتایج حاصل از آن با واقعیت بیش‌تر تطابق دارد.



شکل6 - منحنی نگهداشت آب خاک اندازه‌گیری شده و برآورد شده در سطوح مختلف نرم افزار رزتا در کاربری مرتع



شکل7 - منحنی نگهداشت آب خاک اندازه‌گیری شده و برآورد شده در سطوح مختلف نرم افزار رزتا در کاربری باغ



شکل8- منحنی نگهداشت آب خاک اندازه‌گیری شده و برآورد شده در سطوح مختلف نرم افزار رزتا در کاربری کشاورزی

جدول 3- نتایج تجزیه آماری مقادیر رطوبت برآورد شده در کاربری‌های مختلف

نوع کاربری	سطوح ورودی رزتا	محک های آماری			
		RMSE($cm^3.cm^{-3}$)	MAE($cm^3.cm^{-3}$)		GMER
مرتع	Textural classes	0/055	0/048	0/1717	0/7892
	SSC	0/066	0/062	-0/0812	0/7109
	SSC+BD	0/082	0/079	-0/3785	0/6293
باغ	Textural classes	0/056	0/048	0/1533	0/7282
	SSC	0/046	0/030	0/4795	0/8297
	SSC+BD	0/050	0/041	0/2755	0/7756
کشاورزی	Textural classes	0/072	0/067	-0/9711	0/7007
	SSC	0/070	0/064	-0/8897	0/7036
	SSC+BD	0/046	0/036	-0/0646	0/8225

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از مقایسه هدایت هیدرولیکی اندازه‌گیری شده در کاربری‌های مختلف نشان داد در حالت اشباع (مکش صفر) مقادیر هدایت هیدرولیکی در کاربری مرتع در سطح احتمال 5 درصد به طور معنی داری کم‌تر از دو کاربری کشاورزی و باغ می‌باشد که همسو با نتایج فکوری و همکاران است (Fakouri et al, 2011).

در حالت اشباع دلیل پایین بودن هدایت هیدرولیکی در کاربری مرتع نسبت به دو کاربری دیگر را به پایین بودن ماده آلی به دلیل پوشش گیاهی ضعیف، کم بودن تخلخل خاک و بالا بودن جرم مخصوص ظاهری در اثر متراکم بودن خاک در این کاربری نسبت داد زیرا در کاربری مرتع سالیان متمادی هیچ گونه عملیات شخم و شیار صورت نگرفته است و عمل تحکیم و نشست در هر سال باعث گردیده است که خاک کاربری مرتع بسیار متراکم گردد. لذا تغییر کاربری از مرتع به باغ در حالت اشباع اثر معنی‌داری بر هدایت هیدرولیکی دارد اما در حالت غیر اشباع (تا مکش 10 سانتی‌متر) اثر معناداری ندارد. هم‌چنین تغییرکاربری از مرتع به کشاورزی در حالت اشباع و غیر اشباع (تا مکش 10 سانتی‌متر) اثر معنی‌داری بر مقادیر هدایت هیدرولیکی می‌گذارد. در مکش 18 سانتی‌متر نیز از آنجا که تفاوتی در سه کاربری مشاهده نشده می‌توان دلیل آن را بالا بودن مکش اعمال شده و بافت تقریباً یکسان کاربری‌ها دانست. مقادیر GMER که در جدول 2 ارایه شده است بیان می‌کند کلیه سطوح مختلف ورودی نرم افزار رزتا در تخمین مقادیر هدایت هیدرولیکی کم برآورد می‌باشند. نتایج حاصل از محک‌های آماری نشان می‌دهد روش حل معکوس در کاربری مرتع با کم‌ترین مقادیر RMSE، MAE و نیز مثبت بودن E نسبت به کاربری‌های دیگر از دقت بالایی در تخمین مقادیر هدایت هیدرولیکی برخوردار بوده است. لذا می‌توان بیان کرد که روش حل معکوس در خاک‌هایی که درصد ماده آلی آن بالا است با دقت پایینی قادر به تخمین مقادیر هدایت هیدرولیکی می‌باشد. هم‌چنین نتایج نشان داد استفاده از مدل SSC+BD در مدل کردن به روش حل معکوس در برآورد مقادیر هدایت هیدرولیکی بهترین نتیجه را می‌دهد. از طرفی نتایج حاصل از محک‌های آماری در برآورد مقادیر رطوبت نشان داد در کاربری مرتع سطح ورودی Textural classes با کم‌ترین مقدار RMSE و MAE به‌ترتیب 0/055 و 0/048، بالاترین دقت را داشته و نیز در کاربری باغ مدل SSC با کم‌ترین مقدار RMSE و MAE به‌ترتیب 0/046 و 0/03 و هم‌چنین در کاربری کشاورزی مدل SSC+BD با کم‌ترین مقدار RMSE و MAE به‌ترتیب 0/05 و 0/041، بالاترین دقت را در برآورد منحنی رطوبتی داشته است. به عبارتی دیگر بنا بر نظر سیمونک و همکاران هر چه تعداد پارامترهای ورودی مدل رزتا بیش‌تر گردد پارامترهای معادلات ون‌گنوختن- معلم با دقت بالاتر تخمین زده می‌شود که در نتیجه آن باعث افزایش دقت روش حل معکوس در برآورد بهتر پارامترهای هیدرولیکی خاک می‌گردد (Simunek et al, 2006).

تشکر و قدردانی

این مقاله علمی- تحقیقی حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد می‌باشد که هزینه مالی آن توسط دانشگاه محقق اردبیلی تقبل گردیده که بدین‌وسیله از دانشگاه محقق اردبیلی قدردانی می‌گردد.

منابع

عباسی، ف. 1386. فیزیک خاک پیشرفته. انتشارات دانشگاه تهران.

Bodhinayake,w.l., Si,b.c., Xiao,c. 2004. New method for determining water-conducting macro- and mesoporosity from tension infiltrometer. Soil Science Society of America Journal.68:760–769.

Bouyoucos,g.j. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils, Agronomy

squares estimation of nonlinear parameters, Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics, 11.2: 431-441.

Mlakpour,b., Ahmadi,t., Saideh sodeh,k.m. 2011. The Effects of Land Use Exchange on Physical and Chemical properties of soil, Journal of Sciences and Techniques in Natural Resources.3: 115-126.

Niknahad Gharmakhaer,h., Maramaei,m. 2011. Effects of land use changes on soil properties (Case Study: the Kechik catchment), Journal of Soil Management and Sustainable Production. 1.2: 81-96.

Perroux,k.m., White,i. 1988. Design of disc permeameters. Soil Science Society of America Journal.52:1205-1215.

Raoof,M., Sadraddini,S.S.A., Nazemi,A.H., Maroofi,S. 2011. Effect of Land Slope on Infiltration and Some Physical Properties of Soil, Water and Soil Science. 21.1: 57-68.

Salazar,o., Wesstrom,i., Joel,a. 2008. Evaluation of Drainmod using saturated hydraulic conductivity estimated by a pedotransfer function model. Journal of Agricultural Water Management.95: 1135 – 1143.

Saxton,k.e., Rawls,w.j., Romberger,j.s., Papendick,r.i. 1986. Estimating generalized soil-water characteristics from texture. Soil Science Society of America Journal. 50: 1031-1036.

Simunek,j., Sejna,m., Van Genuchten,m.t. 2006. The HYDRUS software package for simulating two- and three-dimensional movement of water, heat, and multiple solute in variably-saturated media, Technical Manual, version 1.11, PC progress pargue, Czech Republic.

Walkley,a., Black,i.a. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method, Soil Science.37:29-38.

Wagner,b., Tarnawski,v.r. Hennings., Müller,v., Wessolek,u and Plagge,R. 2001. Evaluation of pedo-transfer functions for unsaturated soil hydraulic conductivity using an independent data set. Geoderma.102:275-297.

Journal. 54: 464-465.

Blake, G. R., Hartge, K.H. 1986. Bulk Density. p. 363-375. In: A. Klute Edition. Methods of Soil Analysis Part I: Physical and Mineralogical Methods. 2nd edition. Am. Soc. Agron., Madison, WI.

Canadell,j., Noble,i. 2001. Challenges of a changing Earth.Trends in Ecollogy and Evolution. (Vol. 16) 664–666.

Emiru,n., Gebrekidan, h. 2013. Effect of land use changes and soil depth on soil organic matter, total nitrogen and available phosphorus contents of soils in Senbat watershed, western Ethiopia. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science. 3:206-212.

Fakouri,t., Emami,h., Ghahraman,b. 2011. Effect of Different Land Uses on Water Infiltration: Case study in Neyshabour, Khorasan Razavi, Journal of Water Research in Agriculture. 25.2: 195-206.

Flint, A. L., Flint, L.E., 2002b. Porosity (2.3.2.1., calculation from particle and bulk densities). In: Dane, J. H., Topp, G.C. (Eds.), Methods of Soil Analysis: Part 4. Physical Methods. SSSA, Madison, WI, pp. 241–254.

Gol, c. 2009. The effects of land use change on soil properties and organic carbon at Dagdami river catchment in Turkey. Journal of Environmental Biology. 30: 825-830.

Gol,c., Çakir,m., EdiS.s., Yilmaz.h. 2010. The effects of land use/land cover change and demographic processes (1950-2008) on soil properties in the Gökçay catchment,Turkey. African Journal of Agricultural Research. 4.13: 1670-1677.

Korkanc,s.y., Ozyuvaci.n., Hizal,a. 2008. Impacts of land use conversion on soil properties and soil erodibility. Journal of Environmental Biology. 29: 363-370.

Luxmoore,r.j., Jardine,p.m., Wilson,g.v., Jones,j.r., Zelazny,h.k. 1990. Physicals and chemical controls of preferred path flow through a forested hillslope. Geoderma. 46: 139-154.

Marquardt, Donald w. 1963. An algorithm for least

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 9, May.-Jun. 2015, p. 303-313

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره2، جلد9، خرداد - تیر 1394، ص. 313-303

Effect of different Rosetta Predictive Model on Soil Hydraulic Properties Estimation Using HYDRUS-2D and Effect of Land use changing on their

F. Ebrahimi[1*] and M. Raoof [2]

Recived: Jan.27, 2014 Accepted: May.27, 2015

Abstract

Soil hydraulic conductivity and water retention curves are the most important factors that effect on water flow in soil. The aim of this study is investigation the effect of land use changing on soil hydraulic properties. Tension disk infiltrometer was used for measurement of in situ soil hydraulic properties. Infiltration experiments were conducted at 3 land uses (including range, Horticulture and Agriculture lands) in 5 tensions (including 0, 3, 6, 10, 18 cm H_2O) and 3 replications for each land uses. Horticulture and Agriculture land use have been created of rang land use changing. Hydraulic conductivity and water retention curves were simulated by inverse method using Hydrus 2D software and 3 model of Rosetta, then compaired with observation data. Results showed, SSC+BD is the best model to predicting hydraulic conductivity curve in all 3 land use. Simulation of water retention curve showed, for all 3 models of Rosetta (including Textural class, SSC and SSC+BD), GMER parameter was less than 1, for therefore, inverse method underestimated the water content. Statistical parameters amount showed, in range land-use textural class model, in horticulture land use SSC model and in agriculture land use SSC+BD model are the best models for simulation retention curve. RMSE and MAE amounts for mentioned land uses and models are 0.055, 0.048 (range land use), 0.046, 0.03 (horticulture land use) and 0.05, 0.041(agriculture land use) respectively.

Key words: Water retention curve, Hydraulic conductivity curve, land use changing, Rosetta models

1- M.Sc. Graduated Department of Water Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2- Assistant Professor, Department of Water Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil
(*- Corresponding Author Email: ebrahimi.farhad68@gmail.com)