نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب) / الف / جلد 30 / شماره 3 / 1395

Archive of SID

اثر تغییر کاربری اراضی بر هدایت هیدرولیکی غیراشباع خاک در شرایط غیرماندگار و ارزیابی برخی اطلاعات جهانی

فرهاد ابراهیمی[1] و مجید رئوف

دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه محقق اردبیلی؛ ebrahimi.farhad68@gmail.com

استادیار دانشگاه محقق اردبیلی؛ majidraoof2000@yahoo.co.uk

دریافت: 94/7/26 و پذیرش: 95/6/8

چکیده

به منظور تحلیل جریان آب در خاک در حالت غیرماندگار می‌توان از روش ژانگ بهره برد. هدف از این تحقیق تعیین روشی مناسب جهت تخمین مقادیر هدایت هیدرولیکی اشباع و غیراشباع در کاربری‌های مرتع، باغ و کشاورزی و اثرات تغییر کاربری اراضی بر آن می‌باشد. کاربری‌های باغ و کشاورزی از تغییر کاربری مرتع به وجود آمده‌اند. آزمایشات صحرایی نفوذ با استفاده از نفوذسنج دیسک مکشی در مکش‌های 0، 3، 6، 10 و 18 سانتیمتر آب با سه تکرار در هر کاربری انجام شد. سپس مقادیر هدایت هیدرولیکی در کاربری‌های مختلف به روش ژانگ تعیین گردید. برای تخمین پارامترهای هیدرولیکی مدل هدایت هیدرولیکی ون‌گنوختن مورد نیاز در روش ژانگ از داده‌های اطلاعاتی راولز و همکاران، کارسل و پریش، نتایج نرم افزار ROSETTA و مدل HYDRUS-2D استفاده شد. جهت تعیین مقادیر خطای روش‌های تخمین هدایت هیدرولیکی نسبت به مقادیر داده‌های اندازه‌گیری شده از دو شاخص ارزیابی آماری خطای نسبی(RE) و متوسط مجذور مربعات خطا (RMSE) استفاده گردید. نتایج حاصل از محک‌های آماری نشان داد در هر سه کاربری مدل ژانگ براساس داده‌های اطلاعاتی کارسل و پریش با کمترین مقدار RE و RMSE بالاترین صحت را در برآورد مقادیر هدایت هیدرولیکی دارا می‌باشد. به غیر از روش کارسل و پریش سایر روش‌ها در همه کاربری‌ها در برآورد مقادیر هدایت هیدرولیکی در رطوبت‌های نزدیک اشباع دارای صحت پایین می‌باشند اما در مکش‌های بالاتر عملکرد آن‌ها بهبود یافته است. همچنین طی تغییر کاربری از مرتع به باغ و کشاورزی مقادیر هدایت هیدرولیکی اشباع افزایش یافته که دلیل آن می‌تواند افزایش ماده آلی خاک و خاکدانه سازی در کاربری‌های باغ و کشاورزی باشد که در کاربری مرتع کمتر از دو کاربری دیگر است.

واژه‌های کلیدی: هدایت هیدرولیکی اشباع، نفوذسنج دیسک مکشی، HYDRUS-2D، مدل ژانگ

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده فناوری کشاورزی و منابع طبیعی، گروه مهندسی آب

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

هدایت هیدرولیکی یکی از مهمترین خصوصیات هیدرولیکی خاک می‌باشد که در انتقال آب و املاح در خاک نقش اساسی دارد. اندازه گیری مستقیم این ویژگی در خاک و مخصوصاً در شرایط مزرعه به دلیل تغییرپذیری مکانی و زمانی پر هزینه، مشکل و زمانبر می‌باشد. هدایت هیدرولیکی خاک یکی از عوامل مهم در مدل‌سازی فرایند آب در خاک می‌باشد. از طرفی خصوصیات هیدرولیکی خاک تحت تاثیر کاربری‌های اراضی می‌باشند چرا که تغییر در کاربری اراضی موجب تغییر در ساختمان خاک می‌گردد. شوارتز و همکاران[1] (2000) و گل و همکاران[2] (2010) گزارش کردند که خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاک از جمله جرم مخصوص ظاهری و حقیقی، هدایت هیدرولیکی اشباع و غیراشباع خاک تحت تأثیر کاربری‌های اراضی مختلف می‌باشد. گل (2009) گزارش کرد تغییر کاربری اثر معنی-داری بر خصوصیات خاک از جمله هدایت هیدرولیکی اشباع، جرم مخصوص ظاهری و ماده آلی دارد.

همچنین هدایت هیدرولیکی اشباع در کاربری جنگل بیشتر از کاربری زراعی و در زراعی بیشتر از باغ و در باغ بیشتر از مرتع بدست آمد (گل (2009)). سیمونک و ون-گنوختن[3] (1996)، آنکنی و همکاران[4] (1991) و پروکس و وایت[5] (1988) گزارش کردند که دستگاه نفوذسنج دیسک مکشی وسیله‌ای مناسب برای اندازه‌گیری درجای[6] خصوصیات هیدرولیکی غیراشباع در رطوبت‌های نزدیک به اشباع می‌باشد. به طور کلی دستگاه‌های نفوذسنج مکشی در سه گروه جای می‌گیرند که عبارتند از: تک دیسکی با یک مکش (پروکس و وایت، 1988)؛ تک مکشیبا دیسک‌های با شعاع مختلف (اسمتم و کلوثیر[7]، 1989) و تک دیسکی با مکش‌های مختلف (آنجیلو جرامیلو و همکاران[8]، 2000).

به منظور تخمین برخی از خصوصیات خاک بانک‌های اطلاعاتی جهانی متعددی ارائه شده است که هر یک حاصل از نتایج آزمایش نمونه‌های بسیار متعدد از خاک-های تمام نقاط جهان می‌باشد. دو نمونه از اطلاعات خاک، داده‌های راولز و همکاران[9](1982) و کارسل و پریش[10] (1988) می‌باشد که بصورت گسترده‌ای در تخمین و تحلیل حرکت آب در خاک مورد استفاده بسیاری از محققین می‌باشد. بانک‌های اطلاعاتی ارائه شده از طرف محققین مختلف برای محل‌های مورد مطالعه ارائه شده است در برخی موارد نیاز است داده‌های جمع آوری شده برای منطقه خاصی بررسی شده و در صورت لزوم تصحیحاتی روی آن صورت بگیرد. همچنین با توجه به اهمیت و نقش هدایت هیدرولیکی در نفوذ آب در خاک و تاثیر پذیری آن از تغییر کاربری اراضی، آگاهی از نحوه تغییر این پارامتر با تغییر کاربری‌های اراضی مهم می‌باشد. لذا هدف از این تحقیق، برآورد صحرایی هدایت هیدرولیکی در کاربری‌های مختلف، بررسی روش‌های مختلف تعیین آن در حالت غیر ماندگار، بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر هدایت هیدرولیکی خاک و ارزیابی برخی اطلاعات جهانی خاک برای منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

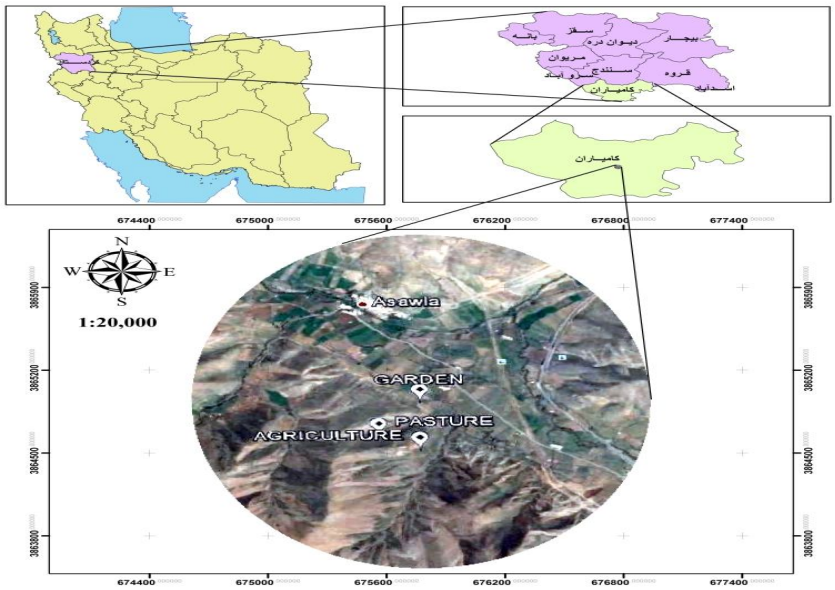
منطقه مورد مطالعه

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 °47تا ′52 °46و عرض‌های جغرافیایی′2 °35تا ′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 که از اداره منابع طبیعی و آبخیزداری استان کردستان در اختیار قرار گرفت، استفاده گردید. از نظر اقلیم منطقه مذکور تابعی از آب و هوای زاگرس و غرب کشور است که تحت تاثیر اقلیم مدیترانه‌ای قرار دارد. موقعیت منطقه مورد مطالعه در شکل 1 نشان داده شده است.

1. Schwartz et al.
2. Gol et al.
3. simunek& Van Genuchten
4. Ankeny et al.
5. Perroux& White
6. In situ
7. Smettem& Clothier
8. Angulo Jramillo et al.
9. Rawels et al.
10. Carsel, & Parrish

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 1- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

اندازه‌گیری‌های صحرایی و آزمایشگاهی

آزمایش‌های صحرایی نفوذ با استفاده از دستگاه نفوذسنج دیسک مکشی[1] در پنج مکش (0، 3، 6، 10 و 18 18 سانتیمتر آب)، در سه کاربری مرتع، باغ و کشاورزی انجام گردید. شایان ذکر است کاربری‌های باغ و کشاورزی از تغییر کاربری مرتع طی 40 سال اخیربه وجود آمده‌اند. آزمایش نفوذ در هر کاربری و در هر مکش، سه مرتبه تکرار شدند. کاربری‌های مورد مطالعه در این تحقیق با استفاده از عکس‌های هوایی که از سازمان منابع طبیعی استان کردستان در اختیار قرار گرفت، انتخاب گردیدند. دستگاه نفوذسنج دیسک مکشی با دارا بودن سیستم ماریوت قابل تنظیم به راحتی امکان اعمال مکش-های 0 تا 20 سانتی‌متر آب را دارا می‌باشد. خاک کاربری-های مرتع و باغ دست‌نخورده بودند و کاربری کشاورزی نیز یک سال از زمان شخم آن گذشته بود. از لحاظ پوشش گیاهی نیز کاربری مرتع دارای پوشش گیاهی ضعیف می باشد. کاربری باغ قبلا زیر کشت یونجه بوده و بقایای آن هنوز باقی مانده و در حال حاضر تبدیل به تاکستان شده است که آزمایش های نفوذ در کنار درختان تاک صورت گرفته است. 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. آزمایش‌های اندازه‌گیری نفوذ با دستگاه نفوذسنج دیسک مکشی تا زمانی ادامه می‌یافت که طی چندین قرائت متوالی (حداقل 3 قرائت) شدت نفوذ ثابت شده باشد. در پایان هر آزمایش، یعنی پس از رسیدن به سرعت نفوذ ثابت نمونه ای از زیر دیسک نفوذسنج جهت تعیین رطوبت متناظر با مکش اعمال شده (نهایی) برداشته شد. همچنین نمونه‌هایی از نزدیکی محل‌های آزمایش از سطح خاک جهت تعیین رطوبت اولیه تهیه شد. در هر کاربری برخی از مشخصات فیزیکی خاک شامل جرم مخصوص ظاهری و حقیقی، بافت خاک، درصدهای شن، رس و سیلت، تخلخل کل و میزان ماده آلیبا تهیه نمونه-های دست‌خورده و دست‌نخورده، در آزمایشگاه اندازه‌گیری گردید.

تعیین خصوصیات هیدرولیکی خاک

روش‌های زیادی برای تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از دستگاه نفوذسنج دیسک مکشی برای تعیین خصوصیات هیدرولیکی خاک وجود دارد. این روش‌ها بر پایه جریان ماندگار (آنکنی و همکاران، 1991؛ اسمتم و کلوثیر، 1989؛ وودینگ،1968) یا جریان غیرماندگار (هاورکمپ و همکاران، 1994؛ اسمتم و همکاران، 1994؛ واررریک، 1992؛ ژانگ، 1997) می‌باشند. در تحقیق حاضر از روش ژانگ (1997) در حالت جریان غیرماندگار جهت استخراج منحنی‌های هدایت هیدرولیکی غیراشباع خاک

[1]. Tension Disc Infiltrometer

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده شد. در حالت غیر ماندگار نفوذ تجمعی آب در زیر نفوذسنج دیسک مکشی در مکش‌های اعمال شده را می توان با استفاده از معادله دوجزئی فیلیپ محاسبه کرد (ژانگ، 1997):

$$I = c_1\sqrt{t} + c_2 t \qquad (1)$$

که در آن I نفوذ تجمعی $[L]$ ؛ Error! Bookmark not defined. زمان $[T]$ و c_1 و c_2 به ترتیب ضرایب مربوط به جذب و آبگذری خاک می‌باشند. با استفاده از داده‌های نفوذ تجمعی اندازه‌گیری شده حاصل از آزمایشات صحرایی نفوذ و برازش آن‌ها با معادله دو جزیی فیلیپ در نرم افزار SPSS، مقادیر c_1 و c_2 به روش الگوریتم بهینه‌سازی لونبرگ- مارکوارت (1963) به دست آمدند. مقادیر هدایت هیدرولیکی غیراشباع خاک نیز با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌گردد (ژانگ، 1997).

$$K(h) = \frac{c_2(h)}{A} \qquad (2)$$

که در آن A ضریب بدون بعد و h مکش اعمال شده در طی هر آزمایش نفوذ می‌باشد $(h \leq 0)$. با تعیین مقدار پارامتر A می‌توان مقادیر هدایت هیدرولیکی غیراشباع را برای مکش‌های مختلف تعیین نمود. نحوه محاسبه پارامترA به روش ژانگ (1997) برای خاک هایی که از معادله منحنی مشخصه آب خاک و هدایت هیدرولیکی ون گنوختن تبعیت می کنند به شرح زیر می‌باشد:

$$n \geq 1.9A = \frac{11.65(n^{0.1}-1)exp[2.92(n-1.9)\alpha h]}{(\alpha r_0)^{0.91}} \qquad (3)$$

$$n < 1.9A = \frac{11.65(n^{0.1}-1)exp[7.5(n-1.9)\alpha h]}{(\alpha r_0)^{0.91}} \qquad (4)$$

پارامترهای n و α Error! Bookmark not defined. منحنی مشخصه نگهداشت آب خاک مدل ون گنوختن، h مکش اعمال شده بر دستگاه نفوذسنج مکشی طی آزمایش نفوذ $(h \leq 0)$ و r_0 شعاع دیسک $[L]$ می‌باشد. تابع منحنی مشخصه آب خاک و هدایت هیدرولیکی مدل ون‌گنوختن (1980) به صورت زیر می‌باشد:

$$m = 1 - \frac{1}{n}S_e(h) = \frac{\theta-\theta_r}{\theta_s-\theta_r} = [1 + (\alpha h)^n]^{-m} \qquad (5)$$

$$m = 1 - \frac{1}{n}k(\theta) = k_s S_e^{0.5}\left[1 - (1 - S_e^{\frac{1}{m}})^m\right]^2 \qquad (6)$$

در معادلات بالا θ_r و θ_s به ترتیب رطوبت‌های باقیمانده و اشباع خاک، S_e اشباع نسبی یا درجه اشباع موثر[1]، n و α Error! Bookmark not defined. پارامترهایی هستند که بستگی به شکل منحنی $S_e(h)$ و $k(h)$ داشته و k_s مقدار هدایت هیدرولیکی اشباع خاک $[LT^{-1}]$ می‌باشد.

شرط لازم جهت استفاده از روش ژانگ برای تخمین خصوصیات هیدرولیکی تعیین مقادیر n و α می‌باشد. در این تحقیق پارامترهای n و α مورد نیاز برای تعیین مقدار A در رابطه‌های (3) و (4) با استفاده از بانک‌های اطلاعاتی راولز و همکاران (1982) (به نقل از عباسی 1386)، کارسل و پریش (1988) (به نقل از عباسی 1386)، نرم افزار ROSETTA و مدل HYDRUS-2D که از نرم افزارهای پرکاربرد در زمینه مسائل آب خاک و شبیه سازی حرکت آب در خاک می‌باشد، تعیین شدند. با به دست آمدن ضرایب c_1و c_2، ضرایب توابع نگهداشت آب خاک و هدایت هیدرولیکی ون‌گنوختن و مقادیر هدایت هیدرولیکی غیراشباع $(k(h))$ در مکش‌ها و کاربری‌های مختلف به روش ژانگ که در بالا شرح داده شد محاسبه گردید. همچنین در این تحقیق مقادیر هدایت هیدرولیکی غیراشباع با استفاده از مدل HYDRUS-2D به روش مدل‌سازی معکوس تخمین زده شد. این مدل با استفاده از مقادیر حجمی نفوذ تجمعی (تابع هدف)، با حل عددی معادله‌ی ریچاردز (1911) و با بهینه‌سازی به روش حل معکوس (با استفاده از الگوریتم مارکوارت – لونبرگ) مقادیر پارامترهای معادلات (5) و (6) را تخمین و با استفاده از آن‌ها خصوصیات هیدرولیکی خاک را تخمین می‌زند. مقادیر هدایت هیدرولیکی غیراشباع حاصل از روش‌های مذکور با مقادیر اندازه‌گیری شده (داده‌های میدانی) حاصل از دستگاه نفوذسنج دیسک مکشی مقایسه گردید.

شاخص‌های ارزیابی

جهت تعیین مقادیر خطایروش‌های تخمین هدایت هیدرولیکی نسبت به مقادیر داده‌های اندازه‌گیری شده از دو شاخص ارزیابی آماری خطای نسبی و ریشه میانگین مربعات خطا استفاده گردید:

1-خطای نسبی[2] (RE): این شاخص بر حسب درصد بیان می‌شود و هر چه مقدار آن کمتر باشد نشان دهنده صحت بالای مدل می‌باشد. این شاخص به صورت زیر تعریف می‌گردد (اندرسون 1971):

$$RE = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(s_i-o_i)^2}}{\sum_{i=1}^{n} o_i} \times 100 \qquad (7)$$

1. Effective Fluid Saturation

2. Relative Error

www.SID.ir

Archive of SID

2- ریشه میانگین مربعات خطا[1] (RMSE) ($\frac{cm}{hr}$): مقادیر مربوط به RMSE منفی نبوده و از 0 تا بینهایت متغیر است. مقادیر کم RMSE نشان دهنده صحت بالای مدل می‌باشد (رضایی و همکاران 1383):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(S_i - O_i)^2}{N}} \qquad (8)$$

که در آن‌ها، S_i و O_i به ترتیب مقادیر برآورد شده (شبیه سازی شده) و اندازه‌گیری شده هدایت هیدرولیکی غیراشباع و N تعداد کل نقاط مشاهده شده می‌باشد.

نتایج و بحث

نتایج برخی از خصوصیات خاک اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه برای هر کاربری، در جدول 1 ارائه شده است. زیاد بودن درصد شن در کاربری مرتع نسبت به دو کاربری دیگر از یک طرف و فشردگی خاک مرتعی در طول سالیان متمادی از طرف دیگر باعث شده است که جرم مخصوص ظاهری خاک در کاربری مرتع بیشتر از دو کاربری دیگر باشد. عملیات شخم و شیار و آبیاری پی در پی در طول سالیان، در کاربری های باغ و کشاورزی باعث شکسته شدن ذرات خاک و در نتیجه افزایش درصد ذرات سیلت و رس گردیده است. همچنین با توجه به اینکه در دو کاربری کشاورزی و مرتع همه ساله مقادیر زیادی بقایای گیاهی با خاک مخلوط می‌گردد باعث افزایش ماده آلی خاک در این دو کاربری مورد مطالعه شده است. مقادیر بدست آمده برای پارامترهای ثابت مدل نفوذ فیلیپ (c_1 و c_2) در هر کاربری و در هر مکش به روش بهینه سازی و با استفاده از نرم افزار SPSS، در جدول (2) آورده شده است. ضریب c_1 مربوط به جذب آب توسط خاک می باشد که بیشتر تابعی از پتانسیل ماتریک خاک است.

نتایج حاصله نشان می‌دهد که ضریب جذب در کاربری باغ و کشاورزی بیشتر از کاربری مرتع می‌باشد. به نظر می‌رسد دلیل این امر زیاد بودن فراوانی ذرات رس و سیلت در کاربری های باغ و کشاورزی می‌باشد چرا که در یک رطوبت یکسان، با افزایش ذرات ریز خاک پتانسیل ماتریک خاک بیشتر می‌گردد. موارد ذکر شده در عمل و در حین انجام آزمایش های نفوذ نیز به صراحت مشاهده شد. مقادیر پارامترهای n و α برای استخراج منحنی هدایت هیدرولیکی غیراشباع به روش ژانگ براساس بانک‌های اطلاعاتی راولز و همکاران (1982)، کارسل و پریش (1988) و نرم افزار ROSETTA در جدول (3) آورده شده است. جهت استخراج n و α با استفاده از بانک اطلاعاتی راولز و همکاران (1982) و کارسل و پریش (1988) مستقیما از اعداد استخراج شده n و α توسط همان محققان برای بافت خاک لوم شنی استفاده شده است. در روش روزتا با وارد کردن درصد شن، سیلت، رس و وزن مخصوص ظاهری مقادیر n و α قابل استخراج است که با دو روش قبل اعداد متفاوتی به دست آمده است. بافت خاک در هر سه کاربری Sandy loam می‌باشد (جدول 1). مقادیر بدست آمده برای پارامترهای مدل منحنی مشخصه آب خاک و هدایت هیدرولیکی غیراشباع در کاربری‌ها و مکش‌های مختلف در جدول (3) آورده شده است. مقادیر بدست آمده برای پارامترهای n و α با استفاده از HYDRUS-2D در جدول (4) ارایه شده است.

از آنجا که منحنی هدایت هیدرولیکی غیراشباع برای هر خاک منحصر به فرد می‌باشد نتایج آورده شده در این تحقیق برای منحنی هدایت هیدرولیکی به روش حل معکوس در هرکاربری، از میانگین 15 منحنی هدایت هیدرولیکی غیراشباع (3 تکرار و 5مکش) بدست آمده است. شکل‌های2 تا 4 منحنی‌های هدایت هیدرولیکی غیراشباع اندازه‌گیری شده و برآورد شده هدایت هیدرولیکی غیراشباع را در کاربری‌های مختلف نشان می‌دهند. نتایج مستخرج از این شکل‌ها نشان داد در هر دو روش اندازه‌گیری صحرایی و روش‌های تخمین هدایت هیدرولیکی غیراشباع با افزایش مکش در هر سه کاربری مقادیر هدایت هیدرولیکی غیراشباع کاهش می‌یابد به طوری که شدت آن در مکش‌های پایین بیشتر می‌باشد. کاهش هدایت هیدرولیکی غیراشباع با افزایش مکش خاک توسط برخی از پژوهشگران نیز گزارش شده است (رئوف،1388؛ رئوف و همکاران،1389؛ ژانگ، 1997؛ سیمونک و ون‌گنوختن، 1996).

همانطور که در این شکل‌ها (2 تا 4) نشان داده شده، بجز روش ژانگ – کارسل و پریش در کاربری مرتع و کشاورزی، در بقیه موارد کلیه روش‌های تخمین هدایت هیدرولیکی در نزدیکی ناحیه اشباع دچار ضعف می‌باشند اما در مکش‌های بالاتر عملکرد آن بهبود یافته است. محدودیت بیشتر مدل‌های تخمین هدایت هیدرولیکی توسط سایر محققان گزارش شده است (عباسی، 1386).

[1] Root Mean Square Error

www.SID.ir

Archive of SID

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

پارامترهای فیزیکی	کاربری		
	مر تع	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(%)	4/65	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
بافت خاک	Sandy loam	Sandy loam	Sandy loam

جدول 2- ضرایب ثابت مدل نفوذ فیلیپ در کاربری‌ها و مکش‌های مختلف

کاربری	پارامترها	مکش اعمال شده(cm)				
		0	3	6	10	18
مرتع		0/108	0/045	0/097	0/050	0/038
		0/081	0/081	0/048	0/018	0/009
کشاورزی		0/181	0/077	0/154	0/086	0/050
		0/145	0/134	0/065	0/043	0/010
باغ		0/110	0/353	0/180	0/066	0/060
		0/152	0/046	0/041	0/019	0/006

جدول 3- مقادیر پارامترهای n و α با استفاده از بانک‌های اطلاعاتی راولز و همکاران (1982)، کارسل و پریش (1988) و مدل ROSETTA

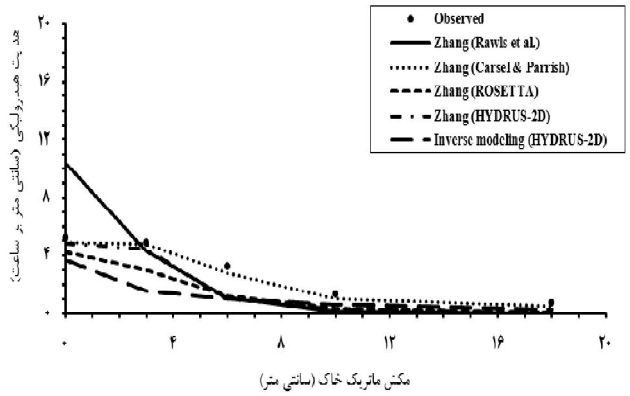
مدل‌ها	کابری‌های مورد مطالعه					
	مرتع		باغ		کشاورزی	
	α		α		α	
Rawls et al. (1982)	1/322	0/068	1/322	0/068	1/322	0/068
Carsel & Parrish (1988)	1/89	0/075	1/89	0/075	1/89	0/075
ROSETTA	1/485	0/037	1/472	0/015	1/451	0/0185

جدول 4- مقادیر پارامترهای n و α با استفاده از مدل HYDRUS-2D به روش حل معکوس

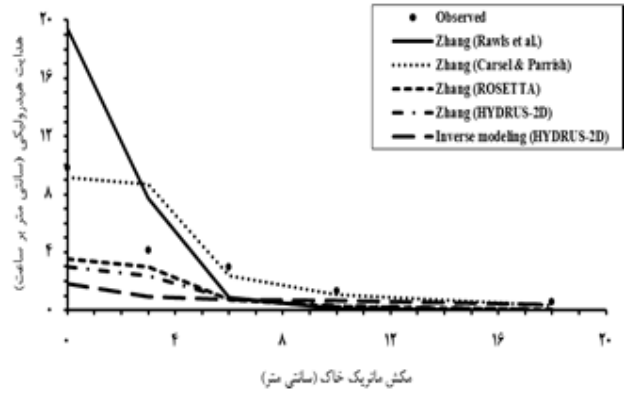
مکش اعمال شده (cm)	کابری‌های مورد مطالعه					
	مرتع		باغ		کشاورزی	
	α		α		α	
0	1/6278	0/05524	1/6362	0/01625	1/5145	0/068
3	1/8879	0/06926	1/4882	0/01202	1/3581	0/075
6	1/3977	0/01838	1/3471	0/01315	1/1426	0/005
10	1/3829	0/03612	1/6725	0/02468	1/1572	0/0185
18	1/2233	0/02805	1/3993	0/03463	1/6307	0/0495

www.SID.ir

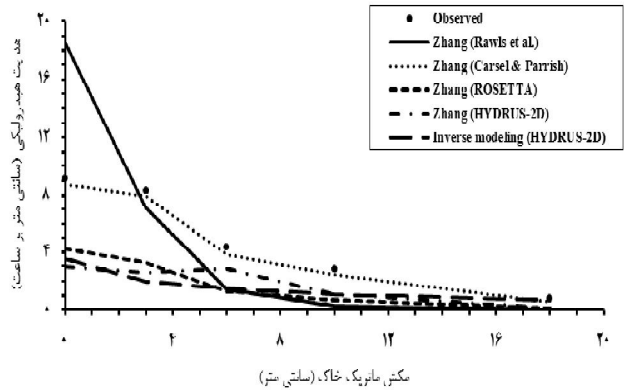
Archive of SID



شکل 2- منحنی‌های هدایت هیدرولیکی غیراشباع اندازه‌گیری شده و برآوردشده برای کاربری مرتع



شکل 3- منحنی‌های هدایت هیدرولیکی غیراشباع اندازه‌گیری شده و برآوردشده برای کاربری باغ



شکل 4- منحنی‌های هدایت هیدرولیکی غیراشباع اندازه‌گیری شده و برآوردشده برای کاربری کشاورزی

مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده هدایت هیدرولیکی در حالت اشباع نشان داد که هدایت هیدرولیکی اشباع به ترتیب در کاربری‌های باغ، کشاورزی و مرتع کاهش نشان می‌دهد. به بیانی دیگر در اثر تغییر کاربری مرتع به کاربری باغ و کشاورزی مقادیر هدایت هیدرولیکی اشباع افزایش یافته است. نتایج مشابهی توسط برخی پژوهشگران نیز گزارش شده است (فکوری و همکاران،1390).در حالت اشباع، حرکت آب در خاک تحت تأثیر شیب هیدرولیکی است و به شیب رطوبتی خاک بستگی چندانی ندارد. در جریان غیراشباع هدایت هیدرولیکی تابعی از رطوبت یا مکش ماتریک خاک خواهد بود. با توجه به مطالب بیان شده و نیز نتایج جدول 1 می‌توان علت پایین بودن هدایت

www.SID.ir

Archive of SID

هیدرولیکی اشباع در کاربری مرتع مورد مطالعه 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 به دلیل وجود پدیده نشست در طول سالیان متمادی در این کاربری نسبت داد زیرا در کاربری مرتع از آنجا که هیچ عملیات شخم و شیاری صورت نمی‌گیرد هر ساله خاک فشرده‌تر شده و منافذ با ابعاد درشت به منافذ با ابعاد ریز تبدیل می‌گردد. در مراتع خاک فشرده تر از اراضی کشاورزی و باغ بود که به نظر می‌رسد علت آن عدم انجام عملیات شخم و شیار می‌باشد که باعث کاهش پوکی خاک شده است. علاوه بر این در این مراتع از آنجا که هر ساله عبور و مرور زیادی (توسط انسان و دامها) صورت می‌گیرد خاک فشرده تر از دو کاربری دیگر شده است. مواد آلی خاک با تشکیل خاکدانه‌ها و بهبود ساختمان خاک باعث افزایش حرکت آب در خاک می‌گردند. در این مراتع کم بودن ماده آلی و رس باعث کاهش تخلخل و در نتیجه کاهش توانایی انتقال آب توسط خاک در شرایط اشباع شده است.

نتایج آنالیز آماری برای مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده هدایت هیدرولیکی در جدول 5 آمده است. در هر سه کاربری مرتع، باغ و کشاورزی روش ژانگ بر اساس استفاده از داده‌های بانک اطلاعاتی کارسل و پریش با کمترین مقدار RE به ترتیب 4/32، 24/78 و 3/41 و کمترین مقدار RMSE به ترتیب 0/29، 2/08 و 0/39 بالاترین صحت را در برآورد مقادر هدایت هیدرولیکی غیراشباع داشته است. به نظر می‌رسد شرایط انجام آزمایش‌ها در دو سری اطلاعات پارامتری کارسل و پریش (1988) و راولز و همکاران (1982) متفاوت بوده که باعث ایجاد اختلاف در تخمین پارامترهای مورد نظر شده است. شرایط این تحقیق نیز به شرایط تحقیق کارسل و پریش (1988) نزدیکتر از بقیه روش ها بوده است. در کاربری باغ مقدار خطا نسبت به دو کاربری دیگر بسیار بالاتر بوده است به طوری که خطای نسبی در این کاربری در حالت استفاده از بانک اطلاعاتی کارسل و پریش (بهترین گزینه انتخابی) حدود 6 برابر بیشتر از کاربری-های کشاورزی و مرتع بوده است. به نظر می‌رسد اگر چه بانک اطلاعاتی کارسل و پریش کمترین خطا در تخمین منحنی هدایت هیدرولیکی را در رطوبت‌های نزدیک اشباع داشته است اما از آنجا که خاک کاربری باغ از نظر مواد آلی بسیار غنی‌تر از دو کاربری دیگر بوده است بانک اطلاعاتی مذکور نتوانسته است شبیه‌سازی خوبی از منحنی هدایت هیدرولیکی خاک انجام دهد.استفاده از بانک اطلاعاتیراولز و همکاران نیز با بیشترین مقدار RE و RMSE کمترین صحت را در برآورد مقادیر هدایت هیدرولیکی دارا می‌باشد.

جدول 5- نتایج تجزیه آماری مقادیر هدایت هیدرولیکی برآورد شده در کاربری‌های مختلف

مدل‌ها	کابری‌های مورد مطالعه					
	مرتع		باغ		کشاورزی	
	RE (%)	RMSE (cm/hr)	RE (%)	RMSE (cm/hr)	RE (%)	RMSE (cm/hr)
Zhang (Rawls et al.)	37/61	2/58	56/55	4/75	40/49	4/59
Zhang (Carsel & Parrish)	4/32	0/29	24/78	2/08	3/41	0/39
Zhang (ROSETTA)	20/68	1/42	36/24	3/05	31/48	3/57
Zhang (HYDRUS-2D)	16/81	1/15	39/61	3/33	34/59	3/92
Inverse Modeling (HYDRUS-2D)	28/46	1/95	47/17	3/96	35/85	4/06

همچنین نتایج حاصل از محک‌های آماری نشان داد که روش مدل‌سازی معکوس (Inverse Modeling (HYDRUS-2D))، Zhang (HYDRUS-2D) و Zhang (ROSETTA) در کاربری مرتع با کمترین مقادیر RMSE، RE نسبت به کاربری‌های دیگر از صحت بالایی در تخمین مقادیر هدایت هیدرولیکی برخوردار بودند. لذا در مطالعه مورد نظر این روش‌ها در خاک‌هایی که درصد ماده آلی آن‌ها بالا است با دقت پایینی قادر به تخمین مقادیر هدایت هیدرولیکی بود. در این تحقیق، تابع هدف در حل معکوس با استفاده از مدل HYDRUS-2D مقادیر نفوذ تجمعی در نظر گرفته شده است یعنی مدل براساس داده-های میدانی نفوذ آب منحنی هدایت هیدرولیکی را تخمین زده است. همچنین تاثیر سایر عوامل مؤثر بر منحنی هدایت هیدرولیکی از قبیل شکل خلل و فرج خاک، پدیده پسماند، تراکم خاک، درجه حرارت و املاح موجود در خاک در نظر گرفته نشده است.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری کلی

در هر سه کاربری مرتع، باغ و کشاورزی روش ژانگ بر اساس استفاده از داده‌های بانک اطلاعاتی کارسل و پریش (1988) با کمترین مقدار RE و RMSE بالاترین صحت را در برآورد مقادر هدایت هیدرولیکی داشته است. لذا نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از داده‌های بانک اطلاعاتی کارسل و پریش (1988) جهت تخمین پارامترهای هیدرولیکی غیراشباع با استفاده از روش ژانگ (1997) در کاربری‌های مرتع، باغ و کشاورزی دارای دقت بیشتری نسبت به بانک اطلاعاتی راولز و همکاران (1982)، نرم افزار روزتا و دو روش مورد استفاده در مدل هایدروس می باشد. در اثر تغییر کاربری مرتع به کاربری باغ و کشاورزی مقادیر هدایت هیدرولیکی اشباع افزایش یافته است که دلیل آن افزایش ماده آلی خاک در این تغییر کاربری می‌باشد. در باغ‌های مورد مطالعه مواد آلی خاک با تشکیل خاکدانه‌ها و بهبود ساختمان خاک بر حرکت آب در خاک مؤثر بوده است.

سپاسگزاری

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.

فهرست منابع:

1. رئوف، م. 1388. بررسی پدیده نفوذ و خصوصیات هیدرولیکی خاک در زمین‌های شیب‌دار. رساله‌ی دکتری رشته آبیاری و زهکشی. دانشگاه تبریز. تبریز.
2. رئوف، م، ناظمی، ا.ح.، صدرالدینی، س.ا.، معروفی، ص. 1389. تخمین هدایت هیدرولیکی اشباع و غیراشباع زمین‌های شیبدار در حالت‌های ماندگار و غیرماندگار. دانش آب و خاک. جلد 1. شماره 4. 47-33.
3. رضایی، ح.، نیشابوری، م. ر.، سپاسخواه، ع.، یاسی، م. و دادمهر، ر. 1383. ارزیابی و پیش بینی خصوصیات هیدرولیکی خاک های مختلف با استفاده از مدل های ریاضی موجود. پایان نامه دکتری. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تبریز.
4. عباسی، ف. 1386. فیزیک خاک پیشرفته. انتشارات دانشگاه تهران. تهران، 250 .
5. فکوری، ت، امامی، ح، قهرمان، ب. 1390. تأثیر کاربری‌های مختلف بر نفوذ آب در خاک. مجله پژوهش آب در کشاورزی. جلد 25. شماره 2. 206-195.
6. Anderson, T.W. 1971. An introduction to multivariate statistical analysis. John Wily Pub., P:675.
7. Angulo-Jaramillo, R., Vandervaere, J. P., Roulier, S.,Thony, J. L., Gaudet, J. P., Vauclin, M. 2000. Field measurement of soil surface hydraulic properties by disc and ring infiltrometers. A review and recent developments. Soil Tillage Research 55: 1–29.
8. Ankeny, M.D., Ahmed, M., Kaspar, T.C., Horton, R., 1991. Simple field method determining unsaturated hydraulic conductivity. Soil Science Society of America J. 55, 467-470.
9. Carsel, R. F., Parrish, R. S., 1988. Developing joint probalility distributions of soil water retention characteristics. Water Resources Research, 24: 755-769.
10. Gol, C. 2009. The effects of land use change on soil properties and organic carbon at Dagdami river catchment in Turkey. J. of Environmental Biology. 30: 825-830.
11. 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 Gökçaycatchment,Turkey. African J. of Agricultural Research. 4(13): 1670-1677.
12. Haverkamp, R., Ross, P.J., Smettem, K.R.J., Parlange, J.Y., 1994. Three dimensional analysis of infiltration from the disc infiltrometer. Part 2. Physically based infiltration equation. Water Resources Research. 30, 2931-2935.
13. Marquardt, D. W. 1963. An algorithm for least squares estimation of nonlinear parameters. J. of the Society for Industrial and Applied Mathematics, 11: 431-441.

www.SID.ir

Archive of SID
14. Perroux KM, White I. 1988. Designs for disc permeameters.Soil Science Society of America J. 52. 1205–1215.
15. Rawls, W.J., Brakensiek, D.L., 1982, Estimating soil water retention from soil properties. J. Irrig. and Drainage Div. ASCE 108, 166-171.
16. Richards, L. A. 1931. Capillary conducation though porous mediums, Physics 1: 313-318.
17. Smettem, K.R.J., Clothier, B.E., 1989. Measuring unsaturated sorptivity and hydraulic conductivity using multi-disc permeameters. Journal of Soil Science 40, 563-568.
18. Smetten, K. R. J., Parlange, J. Y., Ross, P. J., and Haverkamp, R. 1994. Three Dimensional Analysis of Infiltration from the Disc Infiltrometer: 1.A Capillary-based Theory, Water Resources Research, 30: 2925-2929.
19. Simunek, J., van Genuchten, M. Th. 1996. Estimating unsaturated soil hydraulic properties from tension disc infiltrometer data by numerical inversion. Water Resources Research, 32(9), 2683-2696.
20. schwart, R. C., Unger, P. W., Evett, S. R. 2000. Land-use Effects on soil hydraulic properties. Conservation and production research laboratory, USDA.
21. Van Genuchten, M. Th., 1980, A closed-form equation for predicting the hydraulic properties of unsaturated soils, Soil Sci. Soc. Am. J. 44:892-898.
22. Warrick, A. W.,1992, Models for disk infiltrometer, Water Resources Research, 28: 1319-1327.
23. Wooding, R. 1968. Steady infiltration from a shallow circular pond. Water Resources Research, 4: 1259-1273.
24. Zhang, R., 1997, Determination of soil sorptivity and hydraulic conductivity from disk infiltrometer. Soil Sci. Soc.Am. J. 61: 1024-1030.
www.SID.ir