بررسی و مقایسه مدل‌های مختلف نفوذپذیری در حوضه آبریز مند دشتی با استفاده از نتایج آزمایشات استوانه مضاعف

محمد واقفی[۱]، مالک موحدزاده[۲]،

تاریخ دریافت ۱۳۹۰/۰۹/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۹/۰۲

مقاله برگرفته از پایان نامه

چکیده

برای اندازه‌گیری و محاسبه میزان نفوذ آب در خاک روش‌ها و مدل‌های محاسباتی مختلفی وجود دارد. نفوذپذیری خاک یک حوضه آبریز بنا به اقلیم و شرایط و ساختمان خاک خاص خود، پارامترهای منحصر به فردی دارد. در این تحقیق سواحل یکی از رودخانه دائمی استان بوشهر(رودخانه مند – شهرستان دشتی) مورد مطالعه قرار گرفته است. میزان نفوذ عمودی آب به خاک با روش آزمایش صحرایی استوانه مضاعف با سه تکرار (در ۶۰ چاهک) جهت کنترل و تعیین بهترین مدل و محاسبه ضرایب ۸ مدل نفوذپذیری، اندازه گیری شد. با استفاده از نرم افزارهای محاسباتی منحنی های نرخ نفوذ و نفوذ تجمعی رسم گردید و برای هر مدل یک برنامه کامپیوتری به زبان ویژوال بیسیک نوشته شد تا بهترین ضریب مدل ها را که کمترین خطا را نسبت به منحنی های بدست آمده از آزمایشات نشان می دهند، به عنوان بهترین ضرائب بدست آمده تعیین نماید. هر برنامه با قرار دادن حالتهای مختلفی از ضرایب مدل ها را بطور مجزا با نتایج آزمایشات میدانی تطابق داده و ضمن نمایش میانگین مقدار خطا بهترین ضرایب منطبق با حوضه را به عنوان خروجی محاسبات نشان داد. به ترتیب مدل های فلیپ و کاستیاکف و SCS آمریکا نسبت به مدل های کاستیاکف لوئیس و گرین آمپت و اورتون و هورتون و هال برای این حوضه تناسب و تطابق بیشتری داشت.

واژه‌های کلیدی: استوانه مضاعف، حوضه آبریز، مدل های نفوذپذیری، مند، نفوذپذیری.

[۱] استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر (عهده دار مکاتبات و استاد راهنما پایان نامه) Email: vaghefi@PGU.ac.ir. شماره تماس : ۰۹۱۷۳۱۳۷۶۰۹

[۲] دانشجوی کارشناس ارشد عمران ، مهندسی سازه ، دانشگاه آزاد بوشهر. نویسنده پایان نامه. Email: movahhedzadeh@gmail.com شماره تماس : ۰۹۱۷۳۷۸۴۷۲۳

مقدمه

ارزیابی میزان نفوذ آب در خاک به ویژه در حوضه های آبریز رودخانه ها از اهمیت به سزایی برخوردار است. روش‌های فیزیکی نسبتاً ساده ای برای تشریح فرایند نقطه‌ای نفوذپذیری وجود دارد، روابط و معادلات مربوط به نفوذپذیری معمولا به دو روش ارائه گردیده اند. در این میان استفاده از قوانین و روابط اثبات شده مانند قانون بقای جرم و بقای انرژی و تلفیق آنها و در نتیجه دستیابی به یکسری معادلات ریاضی مانند معادله فیلیپ و گرین امپت بعنوان روابط پیشگام، همواره مد نظر محققین قرار گرفته اند. مهم ترین حسن این معادلات آن است که بر پایه ی قوانین فیزیکی وضع گردیده اند. لیکن عدم دقت کافی در این معادلات که حاصل از ساده سازی شرایط فیزیکی و ایده آل و یکنواخت فرض کردن محیط خاک می باشد را می توان به عنوان مهمترین نقص آنها قلمداد نمود. شیوه دوم استفاده از روابط تجربی از قبیل هورتون و کاستیاکف است. مهمترین حسن این معادلات دقت بالا به دلیل توجه داشتن به تمام شرایط و عوامل مؤثر در فرآیند نفوذ می باشد. تأثیر گرفتن از شرایط مکـانی و زمانی و نارسـایی پارامترهای معـادلات در تبیین مفاهیم فیزیکی از نقص های عمده این گونه معادلات می باشد. اندازه گیری خصوصیات فیزیکی خاک و ارتباط دادن پارامترهای هیدرولیکی به هم می توانند ما را در مقایسه معادلات مختلف نفوذ کمک نماید .

تعیین ضرایب مدل ها و انتخاب بهترین مدل با بهترین ضرایب کمک می کند تا بتوان میزان نفوذ آب به خاک را در زمان های مختلف محاسبه نمود. در این مطالعه با از نتایج مطالعات میدانی و با بکار گیری داده های حاصل از آزمایشات، منحنی های نفوذ تجمعی و شدت نفوذ رسم شده و پس از تحلیل و بررسی، بهترین معادله نفوذ با ضرایب مربوطه برای این حوضه تعیین می گردد.

جلینی (۱۳۷۵) ضمن ارزیابی و تعیین ضرایب پنج مدل نفوذ آب به خاک (کاستیاکف، سازمان حفاظت خاک آمریکا، فیلیپ، کاستیاکف تعدیل شده و هورتون)، تأثیر شرایط سطح خاک روی میزان نفوذ آب به خاک را توسط حلقه های مضاعف مورد بررسی قرار داد. وی سرعت نهایی نفوذ اندازه گیری شده به دو روش استوانه های مضاعف و بارشی و نیز مطالعه تأثیر ارتفاع ثابت و متغیر آب داخل استوانه میانی در طول مدت اندازه گیری و همچنین اثر پوشش گیاهی خاک را بررسی کرد. نتایج نشان داد که شرایط سطح خاک تأثیر قابل توجهی روی میزان نفوذ داشته است، به طوری که در خاک با پوشش گیاهی سرعت نهایی نفوذ و نفوذ تجمعی ۲ تا ۲/۵ برابر بیشتر از خاک لخت بود. سرعت نهایی نفوذ اندازه گیری شده به روش استوانه مضاعف در خاک لخت ۳ تا ۳/۵ برابر بیشتر از روش بارشی بود..

واقفی (۱۳۸۲) در بررسی نفوذپذیری آب در خاک در شرایط بارندگی ناماندگار نشان داد که عملکردهای مدلهای بارندگی – رواناب بستگی تام به چگونگی تبدیل بارندگی خام به خالص دارد . ایشان با بهره گیری از مدل گرین- امپت و نتایج آزمایشات استوانه مضاعف در هفت چاهک که در یکی از حوضه های معرف جنوب کشور انجام گردید، موجبات تخمین پارامترهای مدل را امکان پذیر نمودند .

کلمنس (۲۰۰۸) ضرایب مدلها را با استفاده از داده های اندازه گیری شده به طریقه استوانه مضاعف تعیین نمود. مقایسه ضرایب همبستگی مدلها نشان داد که مدلهای گرین – آمپت و فیلیپ تطابق خوبی با واقعیت ندارند در صورتی که بقیه مدلها، مخصوصاً مدل کوستیاکف، تطابق خوبی با داده های تجربی داشتند .

پس از آن کلمنس در سال ۲۰۰۹ نشان داد که معادله گرین – آمپت اولاً مقدار نفوذ تجمعی را مستقیماً به عنوان تابعی از زمان بیان نمی کند و ثانیاً استفاده از این مدل نیاز به اندازه گیری خواص فیزیکی خاک در طی آزمایش دارد.

حوضه آبریز مند

حوضه آبریز مُند با مساحت ۸۵۳۰ متر مربع یکی از حوضه های آبریز جنوبی کشور است و در شهرستان دشتی از توابع استان بوشهر به شمار می آید. قسمت اعظم این حوضه در مناطق پرشیب و کوهستانی است. شکل(۲) عکس هوائی از این حوضه و جدول (۱) و جدول(۲) به ترتیب مشخصات فیزیولوژی و وضعیت شیب حوضه آبریز مند را نشان می دهد.

شکل(۱): حوضه آبریز مند

جدول(۱): مشخصات و فیزیوگرافی حوضه آبریز مند

عنوان	ملاحضات
مساحت حوزه	۸۵۳۰ کیلومتر مربع
محیط حوزه	۶۹۵ کیلومتر
طول رودخانه	۳۷۰ کیلومتر
طول جغرافیایی	۵۱ $^{\theta}$۲۲
عرض جغرافیایی	۲۸$^{\theta}$۱۳
حداکثر ارتفاع از سطح دریا	۱۹۵۰ متر

جدول(۲): وضعیت شیب حوضه آبریز مند

مقدار شیب	کمتر از ۱ درصد	بین ۱ تا ۳ درصد	بین ۳ تا ۵ درصد	بین ۵ تا ۱۰ درصد	بین ۱۰ تا ۱۵ درصد	بین ۱۵ تا ۳۰ درصد	بین ۳۰ تا ۵۰ درصد	بیش از ۵۰ درصد
مساحت	۲۲۵۱	۵۰۳	۶۴۸	۱۵۵۳	۱۲۱۱	۱۰۱۵	۶۳۹	۷۰۸
درصد	۲۶,۴	۵,۹	۷,۶	۱۸,۲	۱۴,۲	۱۱,۹	۷,۵	۸,۳

معرفی مختصر مدلهای نفوذپذیری

۱- مدل گرین - امپت :گرین آمپت با بکار بردن قانون دارسی در بخش اشباع شده خاکرخ در حالیکه فرض می شود H ارتفاع آب در سطح خاک و he پتانسیل ماتریک در جبهه نفوذ است رابطه زیر برای محاسبه شدت نفوذ حاصل می شود .

$$i(t) = K_0 + K_0 \frac{(h+H)(\theta_s - \theta_i)}{I(t)} \qquad (۱)$$

K0 هدایت هیدرولیکی بخشی از خاکرخ در بالای جبهه نفوذ θ_s و θ_i و بترتیب رطوبت حجمی نزدیک به اشباع و رطوبت حجمی اولیه خاک است. مدل و پارامترهای فوق را می توان در قالب سه ضریب S و Ψ و k معرفی نمود. با توجه به معلوم بودن t و I(t) گرفته شده از آزمایشات تجربی می توان ضرایب این مدل را برای سواحل رودخانه مند محاسبه نمود.

$$I(t) = kt + \psi S \times Ln\left(\frac{(\psi S + I(t))}{(\psi S)}\right) \qquad (۲)$$

در این مدل I(t) نفوذ تجمعی برحسب سانتی متر و t زمان بر حسب ساعت و S جبهه رطوبت خاک وΨ ضریب معرف میزان ضریب جذبی خاک و k میزان هدایت هیدرولیکی می باشد.

۲ - مدل کاستیاکف: از جمله معادلات تجربی که قدیمی ترین معادله نفوذ آب به خاک است معادله کاستیاکف می باشد که در سال ۱۹۳۲ و بصورت زیر ارائه شده است.

$$I(t) = at^b \qquad (۳)$$

I (t) نفوذ تجمعی ، t زمان و a و b ضرایب متفاوتی برای خاکهای مختلف بوده و اهمیت فیزیکی نیز ندارند. یعنی مقادیر عددی آنها مبین چیزی از خاک نیست و بترتیب بزرگتر از صفر و بین صفر تا یک می باشد. ولی بعد فیلیپ (۱۹۵۴) ضرایب معادله فوق را از نقطه نظر فیزیکی بررسی کرده و معتقد است که در زمانهای اولیه (کمتر از ده دقیقه) b =۰/۵ و a برابر با ضریب جذبی خاک (s) می باشد. هارتلی (۱۹۹۲) معتقد بود که ضرایب a و b بستگی به زمان نفوذ، درصد رطوبت اولیه و هدایت هیدرولیکی خاک دارند.

۳- مدل کاستیاکف تعدیل شده (کاستیاکف – لوییس) : برای اصلاح معایب معادله کاستیاکف در زمانهای طولانی ، لوییس در سال ۱۹۴۸ معادله تعدیل شده زیر را ارائه داد.

$$I(t) = at^b + ct \qquad (۴)$$

در این معادله a و c بزرگتر از صفر و b بین صفر و یک می باشد. و همچنین این معادله اندازه گیری نفوذ در مزرعه را در طولانی مدت که شدت نفود به مقدار ثابتی بزرگتر از صفر نزدیک می شود، نشان می دهد. در صورتیکه با بکارگیری معادله کاستیاکف مقدار آن باید صفر شود.

۴- مدل هورتون : معادله تجربی دیگری که بیشتر میان هیدرولوژیستها کاربرد دارد معادله هورتون می باشد. هورتون پس از مشاهده های فراوان درباره چگونگی نفوذ آب به خاک به این نتیجه رسید که نفوذ آب به خاک نیز مانند بسیاری از پدیده های طبیعی از یک منابع تابع نمائی پیروی می کند. این توابع نمائی شامل فرایندهایی می شوند که در آن سرعت انجام کار، متناسب با کار باقی مانده است.

معادله هورتون برای شدت نفوذ در نهایت به صورت زیر در می آید:

$$i(t) = i_c + (i_0 - i_c) \times e^{-kt} \qquad (۵)$$

در این معادله اگر t به سمت بی نهایت میل کند،i(t) برابر با مقدار ثابت و ic کمیت مثبت و بزرگتر از صفر خواهد بود و این از مزایای معادله می باشد . برندستون (۱۹۸۸) گزارش کرد که معادله هورتون بقدر کافی فرایند نفوذ را در زمانهای کوتاه نشان نمی دهد، چون زمانیکه t=0 باشد $i(t) = i_0$ خواهد بود و ما هیچوقت در زمان صفر نفوذی نداریم تا شدت نفوذ برابر i_0 باشد.

۵- فیلیپ : یکی دیگر از مدل های نفوذپذیری، مدل فیلیپ است. در این مدل، مقدار نفوذ تجمعی و سرعت نفوذ از مشتق رابطه زیر محاسبه می گردد.

$$I(t) = St^{0.5} + Kt \qquad (۶)$$

در رابطه فلیپ S ضریب اشباع خاک بر حسب سانتیمتر بر جذر ساعت، K هدایت هیدرولیکی بر حسب سانتیمتر بر ساعت است.

۶- مدل هال : هال(۱۹۵۶) معادله نفوذپذیری را ابتدا یک بُعدی و در خاک یکنواخت و با نفوذپذیری معینی فرض کرد. هرچند این فرض با واقعیت نزدیک نیست. اما با این فرض آسان کمک کرد تا با استفاده از مدل گرین امپت روند مناسبی را برای مدل کردن نفوذ ایجاد نماید. او ملاحظه کرد که در خاک اشباع، ضریب هدایت هیدرولیکی نفوذ (K) با ضریب هدایت هیدرولیکی نفوذ (Kt) در زیر لایه اشباع یعنی در منطقه انتقال متفاوت است. بودمن و کولمن (۱۹۴۳) و میلر و ریچارد (۱۹۵۲)فرض کردند که محتوای رطوبت در منطقه انتقال رطوبت تقریباً برابر با ضریب هدایت هیدرولیکی است (Kt =1 K). در آن صورت با بکار بردن قانون دارسی در منطقه اشباع خواهیم داشت.

$$f = K + \left[\frac{KH(\theta_s - \theta_t)}{2}\right]^{0/5} t^{0/5} \qquad (۷)$$

در رابطه فوق f سرعت نفوذ برحسب سانتی متر بر ساعت و θ_t نماد حجم محتوای رطوبت در منطقه اشباع و θ_s حجم محتوای رطوبت در منطقه انتقال یا ارسال رطوبت است. H عمق منطقه رطوبت از سطح زمین و K ضریب هدایت هیدرولیکی نفوذ می باشد. در اغلب موارد $(\theta_s-\theta_t)$ در قالب ضریب V نمایش داده می شود.

۷ – مدل اورتون : اورتون (۱۹۶۴) از همان ایده هولتن (۱۹۶۱) یک فرمول سازی مجدد نمود. هولتن به ظرفیت نفوذ آب در لحظات اولیه مقدار نفوذ خاصی در نظر گرفت و آن را Fp نام گذاشت. باران فضای روزنه های خاک را در ابتدای بارندگی پر می کند تا کم کم به سرعت ثابتی در نفوذپذیری می رسد. بنابراین در شرایط t_0 با حالت خاصی روبرو هستیم که می توان آن را به عوامل مختلفی چون پوشش گیاهی و وضعیت سطح و قشر اولیه خاک مربوط دانست. بنابراین اورتون برای لحظه t_0 مقدار نفوذ خاص خود را اینطور تعریف کرد: $Fp = bs_0$.

$$F = (2at)^{0.5} + f_c t \qquad (۸)$$

در این رابطه F همان I(t) نفوذتجمعی و ضریب a می تواند به رطوبت اولیه خاک مرتبط باشد. fc نیز به پوشش گیاهی و فضای روزنه ای قشر سطحی و اولیه خاک (bs_0) می باشد.

۸ – مدل SCS سازمان حفاظت خاک آمریکا : سازمان حفاظت خاک آمریکا معادله ساده ای را برای تعیین مقدار نفوذ تجمعی آب به داخل خاک ارائه نموده است که به نام معادله SCS معروف است:

$$I = at^b + 0.6985 \qquad (۹)$$

در این معادله a می تواند بر حسب اینچ یا سانتی متر

(بسته به اینکه i بر حسب اینچ یا سانتی متر بیان شود) توصیف گردد. ضرایب a و b تابعی از شماره منحنی نفوذ (منحنی های ویژه مدل که سازمان حفاظت خاک آمریکا تدارک دیده است) و از روی جدول ویژه ای جدول ضرایب می باشند .

در این معادله I مقدار نفوذ تجمعی از شروع نفوذ بر حسب سانتی متر و t زمان از شروع نفوذ به دقیقه است. a و b ضرایب مربوط به نوع خاک هستند. در هیدرولوژی، برای بدست آوردن این ضرایب از آزمایش استوانه مضاعف استفاده می شود.

مواد و روش ها

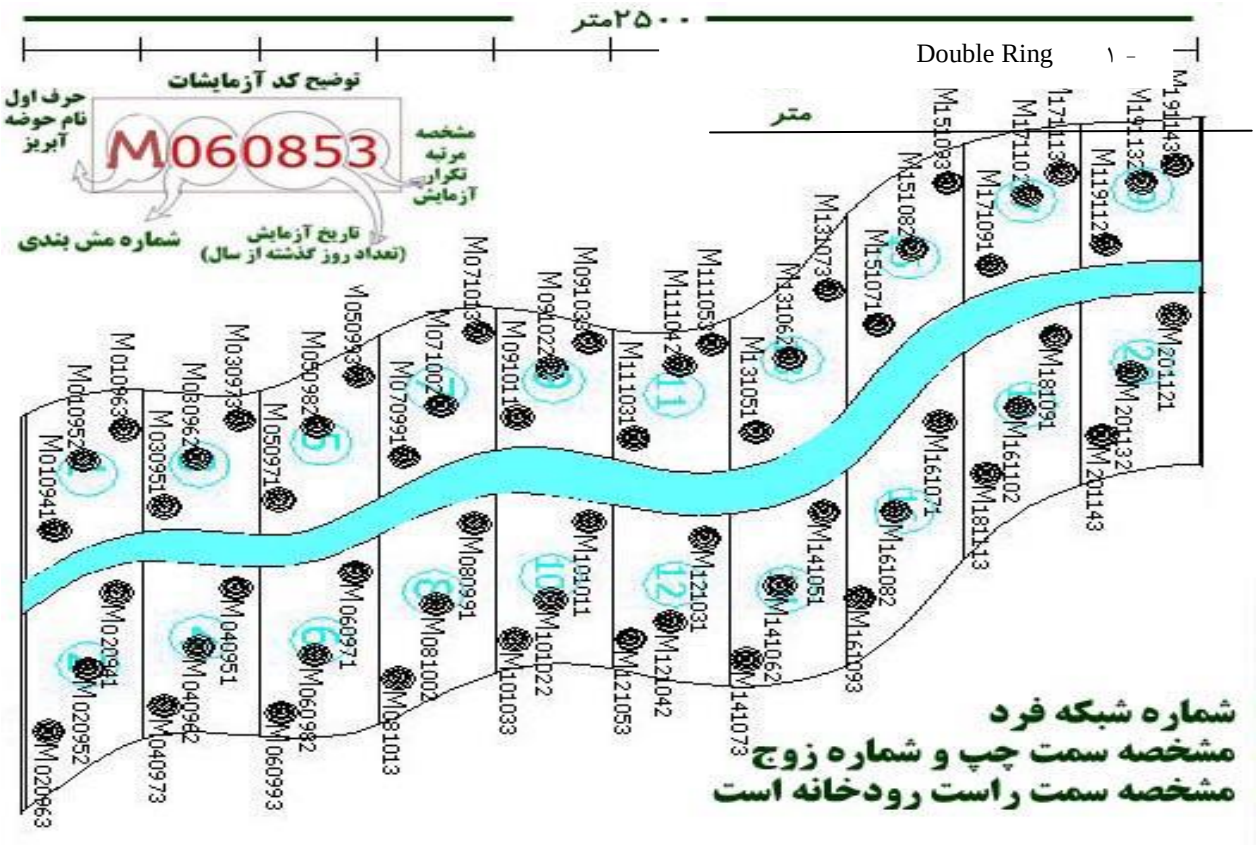
یکی از بهترین روش های اندازه گیری و تعیین میزان نفوذپذیری آب در خاک انجام آزمایش استوانه مضاعف است. هایس[۱] (۱۹۵۶) یکی از کاملترین دستورالعمل های استفاده از نفوذسنج استوانه ای را ارائه نموده است. در شکل (۲) یک دستگاه استوانه مضاعف در هنگام آزمایش نشان داده شده است .

شکل(۲): دستگاه استوانه مضاعف[۲]

کلیه مراحل انجام آزمایش بر اساس استاندارد های بین المللی و استاندارد آمریکا (۱۹۹۸) و نشریه شماره ۲۴۳ وزارت نیرو و سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور" استاندارد دستورالعمل اندازه گیری سرعت نفوذ آب در خاک با روش استوانه مضاعف (۱۳۸۰) می باشد. زمان نفوذ و مقدار نفوذ، نتایج این آزمایش هستند. زمان ثبت شده در هنگام آزمایش بر حسب دقیقه و مقدار نفوذ یا ارتفاع آبی که در زمین نفوذ کرده است بر حسب سانتی متر در جداول مربوطه ثبت می گردد.

با توجه به نقشه های زمین شناسی حوضه آبریز مورد مطالعه (رودخانه مند)، قسمت اعظم این حوضه به لحاظ جنس و بافت و ساختمان خاک مشابه اند. اما عوامل دیگری مثل شیب و پوشش گیاهی و وضعیت سطح زمین این رودخانه تقریباً متفاوت می باشد. برای انتخاب منطقه معرف (نمونه) حوضه ابتدا کل مسیر رودخانه مورد بازدید قرار گرفت سپس با در نظر گرفتن سایر عوامل و خصوصیات، منطقه مورد نظر برای انجام آزمایشات انتخاب گردید.

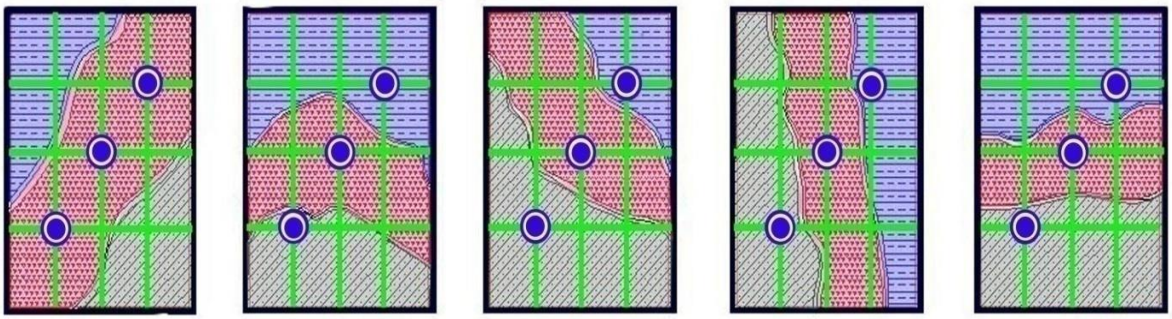
محدوده ای به طول۲۵۰۰ متر از مسیر رودخانه (طول شبکه) و Double Ring[2] از م Haise[1] ر ساحل پیرامونی (عرض شبکه) به عنوان محدوده برداشت آزمایشات انتخاب شده است. جهت اتخاذ شبکه بندی مناسب، در طول این محدوده، به ازاء هر ۲۵۰ متر طول، یک خط فرضی عمود بر مسیر رودخانه انتخاب گشته است تا منطقه مورد مطالعه به ۱۰شبکه یا نوار ۱۰۰۰ × ۲۵۰ متری تبدیل شود. شکل (۳) شبکه ها و کدهای نامگذاری شبکه ها را نشان می دهد.



شکل(۳) : انتخاب فاصله از محور رودخانه و نمایش شبکه بندی

رئوس شبکه ها با خطای کمتر از ۳ متر به کمک GPS نقطه یابی و مختصات آن جهت مطالعات و محاسبات بعدی ثبت گردیده و در این مساحت حدود ۱۲/۵ هکتاری با سه بار تکرار، آزمایشات نفوذپذیری با

استوانه مضاعف انجام گرفته است. انتخاب مکان و زمان آزمایشات نیز بر اساس یک جدول زمانی با شکل خاصی انجام پذیرفته است و در این راستا شبکه ها مستطیلی شکل (شکل ۴) بکار گرفته شده و در امتداد یک قطر مستطیل در حد فاصل مناسب، نقاط برداشت انتخاب گردیده است. علت این نوع انتخاب آن است که چنانچه جنس و بافت یا ساختمان خاک در نوارهای طولی یا در نوارهای عرضی یکسان باشد، برداشت ها بگونه ای انتخاب شده باشند تا نتایج هر نوار عرضی یا طولی در آن موجود باشد، به عبارت دیگر از همه ی گونه های خاک آن شبکه، حداقل یک برداشت صورت گرفته باشد. اگر چنانچه سه نقطه برداشت داده (انجام آزمایش) در یک مسیر طولی یا عرضی قرار بگیرد، این امکان وجود دارد که با توجه با لایه لایه بودن و وضعیت قرار گرفتن لایه ها بافت همسانی در نوار عرضی یا طولی اتفاق بیفتد، درنتیجه برداشت داده در لایه های مختلف صورت نگیرد. لذا با توجه به شکل (۴) سه نقطه در نظر گرفته شده برای انجام آزمایشات در این شبکه‌های مستطیلی، بشترین حالت‌های خاک را پاسخگوست.



شکل(۴) : تحلیل انتخاب محل مناسب جهت انجام آزمایش

برای برداشت هر آزمایش یک چاهک به عمق ۱ متر و ابعاد حدودی ۱ × ۱ متر حفر شده است و آزمایش دانه بندی و اندازه گیری رطوبت اولیه خاک با استفاده از نمونه‌های ته چاهک انجام شده است.

برای نتایج بدست آمده از آزمایشات نفوذپذیری با حلقه مضاعف، منحنی نفوذ تجمعی و منحنی سرعت نفوذ رسم شده است. بدین ترتیب ابتدا برداشت های تکرار از هر چاهک با هم مقایسه گردیده و سپس میانگین سه تکرار آزمایش، به عنوان برداشت اصلی مورد توجه قرار گرفته است. منحنی های نرخ نفوذ و منحنی های نفوذ تجمعی با نرم افزار های اکسل[1] و تابل کرو[2] و کرو اکسپرت[3] رسم گردیده است. مدت زمان آزمایشات ۳ ساعت می باشد و در ۱۴ زمان مشخص و تعیین شده قرائت ها انجام گرفته است.

از منابع متعدد و تحقیقات انجام شده و همچنین به روش سعی و خطا مقدار ماکزیمم و مینیمم ضرایب این دو مدل تعیین شد سپس با ویژوال بیسیک[4] برنامه های جداگانه ای برای این مدل ها کد نویسی شده است. این برنامه ها ابتدا ۱۰۰ عدد را بین ماکزیمم و مینیمم هر ضریب تعیین نموده و سپس به تعداد $۱۰۰^{۳}$ حالت این ضرایب را در نظر آورده و زمان های داده شده در آزمایشات را در معادله خود قرارداده و خروجی های خود (محاسبه) را با نتایج آزمایش مربوطه (مشاهده) مقایسه می نمایند. سرانجام با استفاده از روش کمترین مربعات[5] حالتی از ضرایب، که کمترین خطا و بیشترین تبیین را نشان می دهد، تعین نموده و ضرایب مربوطه و میزان خطا مربوطه را به عنوان خروجی خود نشان می‌دهند. این برنامه های کامپیوتری علاوه بر قابلیت بیش از میلیون ها محاسبه، قادرند تا دامنه اعداد ضرایب را تغییر داده و از میزان خطای محاسبه شده در مقایسه با نتایج تجربی بهترین دامنه تغییرات اعداد را برای ضرایب تعیین نمایند.

نتایج و بحث

نتایج تجربی بدست آمده از آزمایشات استوانه مضاعف به صورت جداگانه (۶۰ آزمایش) در برنامه کامپیوتری تهیه شده قرارداده شد و بیشترین و کمترین و میانگین خطا و بزرگ ترین و کوچکترین و میانگین یا بهترین ضرایب هر

[1] Excel [2] Table Curve [3] Curve Expert [4] Visual Basic [5] The Least Square Method

مدل به طور جداگانه تعیین گردید. در جدول (۳) مدل‌ها و نوع معادلاتشان و جدول (۴) بهترین ضرایب بدست آمده ۸ مدل مورد مطالعه و میزان خطای آن ها را نشان می دهد.

از توانمندی برنامه های کامپیوتری اشاره شده استفاده شد تا دامنه ضرایب را با سعی و خطا کاهش و افزایش، و حتی خارج از محدوده (دامنه تغییرات ضرایب) تغییر داد و بهترین ضرایب را که با مقادیر تجربی کمترین خطا و بیشترین تطابق داشت تعیین گردد.

لازم به ذکر است که در میان ۸ مدل نفوذپذیری مورد مطاله معادله دو مدل هال و هورتن بر اساس سرعت نفوذ می باشد لذا جداگانه با هم مقایسه و ترسیم شده اند.

جدول(۳) : معرفی مدل های نفوذپذیری

نام مدل	معادله مدل
گرین آمپت	$F = kt + \psi S \times Ln(\frac{(\psi S + F)}{(\psi S)})$
کاستیاکف	$I(t) = at^b$
کاستیاکف لوئیس	$I(t) = at^b + ct$
هورتن	$i(t) = i_c + (i_0 - i_c) \times e^{-kt}$
فلیپ	$I(t) = St^{0.5} + Kt$
هال	$f = K + \left[\frac{KHV)}{2}\right]^{0/5} \times t^{0/5}$
اورتون	$I(t) = (2at)^{0.5} + f_c t$
حفاظت خاک آمریکا	$I(t) = at^b + 0.6985$

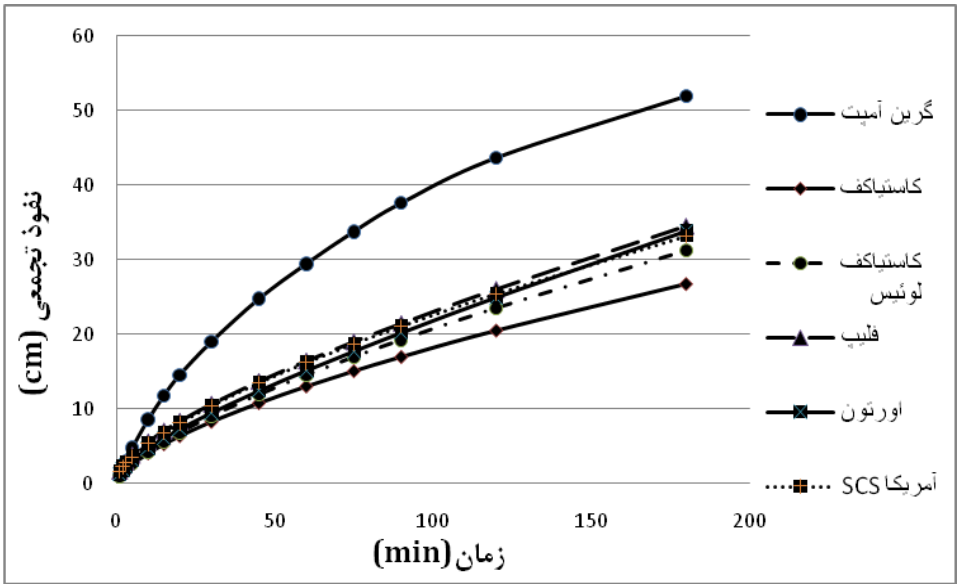
جدول(۴) : بهترین ضرایب مدل های نفوذپذیری و میزان خطای محاسبه شده

نام مدل	میانگین خطا	معادله مدل
گرین آمپت	۱۹/۳	$F = 0.18t + 7.7 \times Ln(\frac{(7.7 + F)}{(7.7)})$
کاستیاکف	۱۶/۰۲	$I(t) = 0.883\ t^{0.66}$
کاستیاکف لوئیس	۱۸/۲	$I(t) = 0.889\ t^{0.658} + 0.014\ t$
هورتن	۳۲/۵	$f = 13.05 + (39.26)\ e^{-0.166t}$
فلیپ	۱۳/۷۲	$I(t) = 1.43\ t^{0.5} + 0.347\ t$
هال	۳۳/۹۶	$f = 9.9 + (57.87 / (t^{0.5}))$
اورتون	۲۵/۷	$I(t) = (0.67\ t)^{0.5} + 0.14\ t$
حفاظت خاک آمریکا	۱۶/۳۲	$I(t) = 0.181\ t^{0.751} + 0.6985$

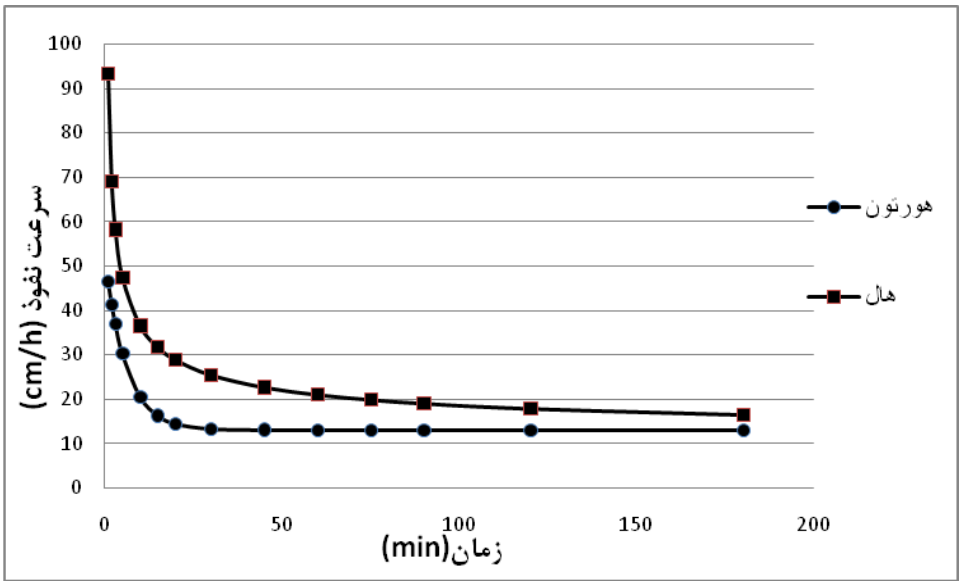
در میان ۶۰ چاهک مورد آزمایش قرار گرفته میزان نفوذپذیری های متعددی به صورت میدانی در نقاط مشخصی از حوضه برداشت شد. پس از حذف موارد موارد جزئی از نتایج آزمایشات تقریباً استثنائی یا غیرقابل قبول، میزان نفوذ تجمعی میانگین حوضه محاسبه شد. جدول (۵) میزان نفوذ تجمعی مدل ها و شکل های (۵)و(۶) منحنی های مدل ها را بر اساس بهترین ضرایب بدست آمده بوسیله برنامه های رایانه ای تهیه شده را برای ۶ مدل که معیار مدل و معادله آن ها بر اساس میزان نفوذ تجمعی است نشان می دهد.

جدول(۵) : مختصات میزان نفوذ تجمعی مربوط به ۶ مدل مختلف در حوضه آبریز

زمان (دقیقه) با	گرین آمپت	کاستیاکف	کاستیاکف - لوئیس	فلیپ	اورتون	حفاظت خاک آمریکا
۱	۱/۱	۰/۸۸	۰/۹۱	۱/۵۸	۱/۲۸	۱/۶۹
۲	۲/۱	۱/۳۹	۱/۴۴	۲/۲۸	۱/۸۷	۲/۲۸
۳	۲/۹۹	۱/۸۱	۱/۸۹	۲/۸۳	۲/۳۴	۲/۷۸
۵	۴/۷۸	۲/۵۴	۲/۶۷	۳/۷۵	۳/۱۴	۳/۶۳
۱۰	۸/۵۳	۴/۰۱	۴/۲۷	۵/۵۴	۴/۷۴	۵/۳۷
۱۵	۱۱/۷۶	۵/۲۳	۵/۶۳	۷/۰۱	۶/۰۸	۶/۸۳
۲۰	۱۴/۵۶	۶/۳۲	۶/۸۴	۸/۳۱	۷/۲۹	۸/۱۴
۳۰	۱۸/۹۹	۸/۲۵	۹/۰۳	۱۰/۶۱	۹/۴۸	۱۰/۴۶
۴۵	۲۴/۷۴	۱۰/۷۶	۱۱/۹۲	۱۳/۶۶	۱۲/۴۳	۱۳/۵۱
۶۰	۲۹/۴۵	۱۳/۰۱	۱۴/۵۳	۱۶/۴۱	۱۵/۱۶	۱۶/۲۳
۷۵	۳۳/۷۵	۱۵/۰۶	۱۶/۹۵	۱۸/۹۹	۱۷/۷۴	۱۸/۷۴
۹۰	۳۷/۵۷	۱۶/۹۷	۱۹/۲۴	۲۱/۴۳	۲۰/۲۲	۲۱/۰۸
۱۲۰	۴۳/۶۳	۲۰/۵۱	۲۳/۵	۲۶/۰۳	۲۴/۹۶	۲۵/۴۱
۱۸۰	۵۱/۸۹	۲۶/۷۷	۳۱/۱۹	۳۴/۵۲	۳۳/۸۷	۳۳/۱۳



شکل(۵): منحنی نفوذ تجمعی مدل های مختلف نفوذپذیری



شکل(۶): منحنی شدت نفوذ مدل های نفوذپذیری هال و هورتون

همان طور که در شکل (۵) و (۶) مشاهده می شود می توان گفت به طور کلی منحنی مدل های نفوذپذیری بسیار به هم نزدیکند و اختلاف قابل توجهی ندارند. با توجه به تعدد آزمایشات و نتایج مختلف تجربی حاصل از آزمایشات، نمی توان تنها یک منحنی به عنوان منحنی شاهد یا میانگین مشاهدات رسم نمود اما با دقت در نتایج جداول و شکل های (۵) و (۶) و با در نظر گرفتن میزان خطاها می توان روند تغیرات میزان نفوذ آب در خاک این حوضه را تصور نمود.

نتیجه گیری

در این تحقیق با انجام ۶۰ آزمایش نفوذپذیری به صورت میدانی با استفاده از استوانه مضاعف طی سه مرتبه تکرار آزمایشات، سواحل رودخانه مند از توابع شهرستان دشتی – استان بوشهر مورد مطالعه قرار گرفت. در میان ۸ مدل نفوذپذیری بررسی شده در میان ۸ مدل نفوذپذیری مورد مطالعه به ترتیب مدل های فلیپ و کاستیاکف و SCS آمریکا با خطای ۱۳/۷ و ۱۶/۰۲ و ۱۶/۳۲ کمترین خطا و بهترین تطابق را با این حوضه آبریز داشتند. همچنین بهترین ضرایب ۸ مدل ویژه این حوضه آبریز محاسبه و نتیجه گیری شد. مدل های کاستیاکف لوئیس و گرین آمپت و اورتون و هورتون و هال دارای خطای بیشتری بوده (خطای دو رقمی و بیشتر از ۱۸) لذا برای این حوضه آبریز مناسب نستند.

منابع

۱- جلینی، م. ۱۳۷۵. تعیین ضرایب مدل های نفوذ آب به خاک در خاک های اراضی کرج. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

۲- رهنما ، م.ب. و ح. رضایی مقدم. ۱۳۸۶. "تعیین ضرایب مدلهای نفود و معادلات نفوذ آب درخاک در دشت های اطراف معدن سنگ اهن گل گهرسیرجان (دشت قطاربنه)" ، نهمین سمینار آبیاری و کاهش تبخیر ، نشریه آبیاری ۳۲۶ – ۰۹

۳- علیزاده، ا. ۱۳۸۴. اصول هیدرولوژی کاربردی -. چاپ هیجدهم، انتشارات آستان قدس رضوی دانشگاه امام رضا (ع).

۴- محمدی، م.ح. و ح.ق. رفاهی. ۱۳۸۴. " تخمین پارامترهای معادلات نفوذ توسط خصوصیات فیزیکی خاک "، جلد ۳۶ شماره ۶ سال ۱۳۸۴ – مجله علوم کشاورزی ایران.

۵- نشاط، ع. و م. پاره‌کار. ۱۳۸۴. گزارش طرح تحقیقاتی مقایسه روش های تعیین سرعت نفوذ عمودی آب در خاک همراه با ارائه نرم افزار کامپیوتری، ۱۱۸ صفحه.

۶- نشریه شماره ۲۴۳ وزارت نیرو و سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور " استاندارد دستورالعمل اندازه گیری سرعت نفوذ آب در خاک با روش استوانه " . انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی ایرا ن۱۳۸۰ الی
۷- واقفی، م. و م.ج. عابدینی. ۱۳۸۲. " بررسی نفوذپذیری آب در خاک در شرایط بارندگی ناماندگار "، کنفرانس بین‌المللی مهندسی عمران در دانشگاه صنعتی شریف اصفهان.
8- American Society for Testing Materials. 1998. "Standard Test Method for Particle- Analysis of Soils", D422-63.
9-Chow, V.T., D.R. Medment and L.W. Mays. 1989. "Applied Hydrology". Megraw-Hill Book Co., Newark, 572 pp.
10- Coleman, E.A. 2008. "Comparison of four methods to assess hydraulic conductivity". J, of geotechnical and geoenvironmental engineering, ASCE
11 -Coleman, E.A. 2009. "Comparison of four methods to assess hydraulic conductivity". Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering, ASCE
12- Haise, R.T. 1956. "High roate artificial ground water recharge at Peoria", Illinois, V.S.A, AIHS, Rome.
13-Hall, W.A. 1957. An Analysis of Sand Filtration, J.ASCE, SED., 83(SA.3), Paper 1276, 1957.
14- Horton, R.E. 1923. "The Role of Infiltration in the Hydrologic Cycle" Trans.Am. Geophysical union. 14 -446. 460.
15- Hartley, D.M. 1992." Interpretation of Kostiakov Infiltration parameters for Borders". J. Irrig. Drain. Eng. ASCE. 118 (1): 156 – 164.
16-Philip, J.R. 1954. "An Infiltration Equation with physical Significance", soil science 77(2): 153-7.Rawls, W.J and D.L. Brakensik. 1989. "Estemination of Soil Water Retention and Hydraulic Properties. Unsaturated Flow in Hydrologic Modeling Theory and Practice ", ed. H.J.Morel-Seytoux, 275-300. Dordrecht: kluwer Academic Publishers.Roubin
17 - Singh .V.P.F.X.Y U. 1990. "Dervation of Infiltration Equatin Using Systems Approach" J. of Irrigation and Drainge Engineering, Vol.116, no.6.

Evaluation and comparison of Infiltration Methods in the Catchment Area of Mond River – Dashti Township by Use Double Ring Tests

M. Vghefi, M. Movahedzadeh

Abstract

One of the Catchment Area has it, s own parameters according in infiltration to its continent and soil (soil structure, vegetation complex, pore space). In this research, the shores of eternal rivers of Boshehr studied Mond River – Dashti Township. In this research, with special lattice and digging 60 well, the infiltration of water to soil measured by double ring outdoor test method and by three repetitions to control and determining the equation and computing equations coefficient of infiltration .By computing soft ware's, the rate of infiltration and aggregation infiltration curves depicted and the equations appointed. The computer programs in visual basic language is written in order to determine the equation coefficients that showed the lowest and the minimum standard error (S^2) toward the given curves, for 8 models. In this research best coefficient of these models with minimal errors for case studied Catchment Area was chosen. Those programs best coefficients of these experiment-adjusted models with arising errors; by inserting various coefficients models Philip , Kostyakov and SCS, and in regularity are better than Kostyakov-Lowece , Green-Ampt, Overton , Horton and Hall models.

Key word: Catchment Area, Double ring, Infiltration, Infiltration Methods, Mond.