مدلسازی آب ترجیحی با استفاده از مدل traveling-dispersive wave

محمد رضا میرزایی

استادیار، یاسوج، دانشگاه یاسوج، دانشکده کشاورزی
آدرس پست الکترونیکی: mmirzaei@mail.yu.ac.ir

چکیده

در این مطالعه نشان داده می‌شود جریان ترجیحی را می‌توان بوسیله مدل traveling-dispersive شرح داد. منحنی‌های بدست آمده نشان دادند که آب متحرک در داخل خاک ایجاد یک هیستری می‌کند که می‌تواند بوسیله یک تابع غیرخطی از آب متحرک در خاک و مشتق اول زمانی آن توضیح داده شود. برای مدلسازی آب ترجیحی، داده های مورد نیاز طی آزمایش نفوذپذیری-زهکش بر روی 10 نمونه بدست آمد. این مدل در مقایسه با مدل موج سینماتیکی با در نظر گرفتن مجموع مربعات خطا در تمامی موارد جواب مناسبتری را برای مدل کردن آب ترجیحی ارائه داد.

کلمات کلیدی: **جریان ترجیحی، مدل موج سینماتیکی، مدل سینماتیکی -پخشی، هیدروگراف زهکش خاک، ماکروپور**

مقدمه

جریان ترجیحی (جریان کانالی، ماکروپورها یا میانبر) در خاک پدیده فیزیکی حرکت سریع آب، مواد و یا محلولها را در خاک دارای ساختار را توضیح می‌دهد. جهت به مدل درآوردن این پدیده معمولا از دو تئوری استفاده شده است (علوی و همکاران، 2003): روش تخلل دوگانه و روش موج سینماتیکی. در روش تخلل دو گانه جریان آب تنها محدود به ماکروپورها و فضای بین ریزدانه های خاک می‌شود و در داخل ماتریس خاک هیچگونه حرکتی را در نظر نمی‌گیرد. در روش موج سینماتیکی تخلل خاک به دو قسمت میکروپورها و ماکروپورها تقسیم می‌شود. جریان در میکروپورها بر اساس نیروی کاپیلاری می‌باشد در حالیکه در ماکروپورها بر اساس نیروی ثقلی و بر اساس موج سینماتیکی حل می‌گردد. از طرف دیگر معمولا مدل موج سینماتیکی میزان جریان ترجیحی را بیشتر از میزان واقعی تعیین می‌کند. یک فاکتور که در کاهش اثر موج سینماتیکی تاثیر دارد نقش مزوپورها هستند. این خلل و فرجها دارای اندازه‌ای بینابین ماکروپورها و مزوپورها قرار گرفته است. در مزوپورها نیروی کاپیلاری می‌تواند قابل ملاحظه باشد بنابراین حرکت آب در آنها نیز نمی‌تواند تنها بر اثر نیروی ثقل صورت گیرد. در این مطالعه به بررسی روش موج سینماتیکی برای تعیین میزان آب ترجیحی پرداخته می‌شود و مدل موج سینماتیکی-پخشی یا KDW[1] که توسط دی پیترو و همکاران (2003) پیشنهاد شده، مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روشها:

از بیان تئوری مطلب در این مقاله خودداری می‌شود. اما بطور کلی در مدل پیشنهادی دی پیترو و همکاران (2003) فرض شده است که از بین تمامی عواملی که باعث ایجاد پدیده پخش آب در مقیاس کوچک می‌شوند، از نیروی اینرسی محلی رایج در خلل و فرجهای بزرگ نمی‌توان صرفنظر کرد. یک راه برای در نظر گرفتن اثرات این نیرو در

[1] kinematic–dispersive wave

مقیاس بزرگ، بدون آنکه در مقیاس کوچک اقدام به حل کردن معادلات بر اساس اصل بقا جرم بطور مفصل شویم، اینست که فرض شود جریان یک تابعی غیر خطی از درصد رطوبت متحرک و مشتق اول زمان آن باشد. ترکیب این رابطه با معاله پیوستگی منجر به یک معادله همرفت-پخش(KDW) می‌شود. مدل سینماتیکی میزان جریان زهکش شده (u) و میزان آب متحرک در داخل خاک (w) را بصورت یک رابطه توانی زیر نشان می‌دهد:

$$u = aw^b \qquad [1]$$

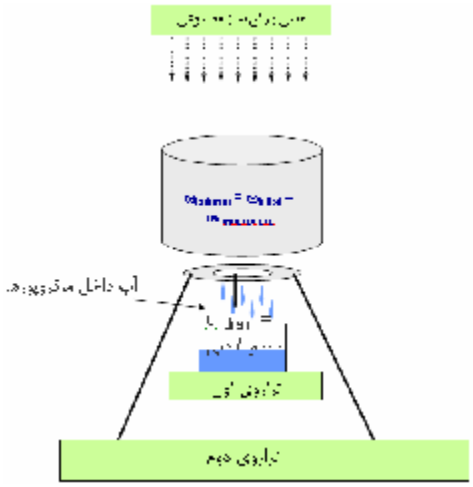
a و b [LT^{-1}] دو ضریب مثبت می‌باشند. از آنجاییکه این مدل معمولا جوابهای بیش از واقعیت ارائه می‌کند و تنها به حرکت آب در ماکروپورها اهمیت می‌دهد نمی‌تواند حرکت آب در مزوپورها و تاخیر زمانی حاصل از حرکت آب در آنها را بصورت مدل درآورد. برای اینکه این موارد در نظر گرفته شود دی پیترو و همکاران (2003) اظهار کرده اند که بایستی یک رابطه اصلاحی استفاده گردد. در مدل KDW فرض می‌کنیم که u تابعی بصورت زیر می‌باشد:

$$u = f(w) + g(w_t) \qquad [2]$$

$$f(w) = bw^a \quad , g(w_t) = -v_w\left(\frac{\partial w}{\partial t}\right) \qquad [3]$$

v_w [L] پارامتر با مقادیر مثبت می‌باشند. عبارت اصلاحی $g(w_t)$ متناسب است با مشتق جزئی اول میزان آب. این عبارت اصلاحی در حین نفوذپذیری (که w افزایش می یابد) بصورت منفی، صفر در شرایط پایدار (w ثابت است) و در حین زهکش مثبت می‌باشد.

خاک استفاده شده در این مطالعه خاک لومی-رسی در پایلوت آزمایشی انستیتو ملی تحقیقات کشاورزی در شهر اوینیون در جنوب فرانسه تحت کشت گندم، انجام شده است. از یک متر مربع زمین تعداد 14 نمونه تهیه شد. این نمونه ها دو روز بعد از یک بارندگی مصنوعی تهیه شده اند. اندازه هر نمونه بصورت استاندارد چهت آزمایش ویند سیلندری با قطر 15 و طول تقریبی 7 سانتی متر نمونه ها تهیه شدند. در حین گرفتن نمونه ها سعی شده است که ساختار خاک داخل نمونه حفظ شود. بر روی این نمونه ها آزمایش نفوذپذیری-زهکش صورت گرفت. قبل از انجام این آزمایش ابتدا نمونه به حالت اشباع در آورده شدند. سپس حدود دو ساعت قبل از شروع آزمایش برای هر نمونه، به نمونه اجازه زهکش شدن داده می‌شود تا آبی که در داخل ماکروپورها وجود دارد خالی شود. نحوه انجام آزمایش در شکل 1 آورده شده است.



شکل 1- آزمایش نفوذپذیری - زهکش

نمونه بر روی یک سه پایه قرار می‌گیرد، یک باران ساز مصنوعی کوچک بر بالای آن نصب می‌شود. این باران ساز دارای پمپی است که می‌توان شدت بارندگی در شدتهای پایین تا اعداد بالا تنظیم کرد. در زیر نمونه قیفی قرار داده می‌شود که آب زهکش شده را بدرون ظرف تهیه شده برای اینکار هدایت می‌کند. دو ترازو یکی در زیر طرف آب زهکش شده و دیگری در زیر نمونه خاک قرار می‌گیرد. هر دو این ترازوها توسط یک نرم افزار از طریق کامپیومتر کنترل می‌شوند و تغییرات وزنی و اختلاف عددی دو ترازو بصورت منحنی رسم شده در حین آزمایش قابل مشاهده می باشد. از طرف دیگر گام زمانی ثبت داده ها قابل تنظیم می‌باشد. در آزمایش ما این ثبت داده‌ها بطور همزمان هر 10 ثانیه یکبار صورت گرفته است. میزان رطوبت ثبت شده برای ستون خاک بصورت زیر خواهد بود:

$$w = w_{initial} + w_{macropore} \qquad [4]$$

w (gr) نشان دهنده میزان جرم آب در نمونه، $w_{initial}$ (gr) جرم آب اولیه که مقدار کمی کمتر از اشباع خواهد بود. $w_{macropore}$ (gr) آب داخل ماکروپورها می‌باشد که دارای حرکت نسبتا سریع در خاک می‌باشد.

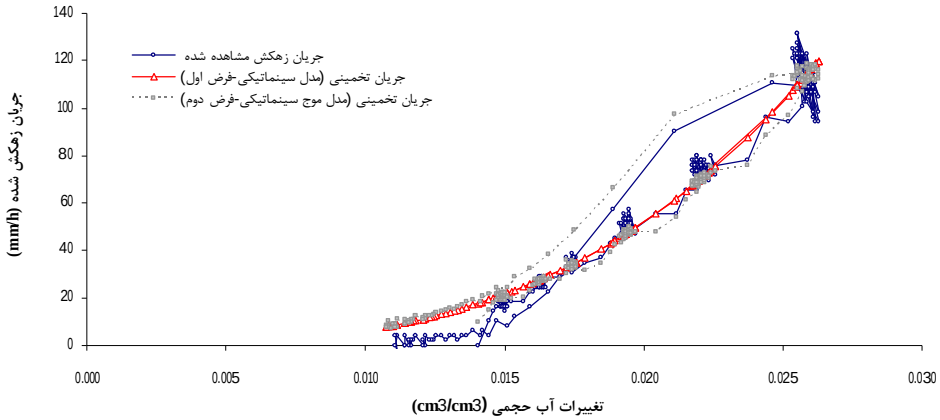
میزان جریان خروجی نیز با توجه به مساحت و مقدار آب خروجی که بوسیله ترازوی اول ثبت می‌شود محاسبه می‌گردد. شروع آزمایش، با شروع بارندگی در شدت پایین می‌باشد. سپس بایستی صبر کرد تا تغییرات آب خروجی ثابت شود. سپس دوباره میزان شدت بارندگی را تا حدی افزایش می‌دهیم و دو باره صبر می‌کنیم تا این میزان ثابت شود در واقع با اینکار سیستم به حالت پایدار و تعادل رسیده و حداکثر دبی مربوط به این شدت جریان از ماکروپورها جریان می‌یابد. اینکار به همین صورت در چندین مرحله ادامه می یابد. هنگامیکه بر روی سطح خاک، آب نگهداشت سطحی مشاهده شد آزمایش متوقف می‌شود. برای تخمین پارامترها معادله از الگوریتمی جهت حداقل کردن مجموع مربعات انحراف نسبت به میانگین (RMS) استفاده شد که نتایج آن در جدول 1 آورده شده است.

جدول 1- پارامترها بدست آمده با استفاده از مدل اول و مدل دوم با فرض اصلاحی به همراه میزان خطای مجموع مربعات حساب شده برای هر نمونه و مدل

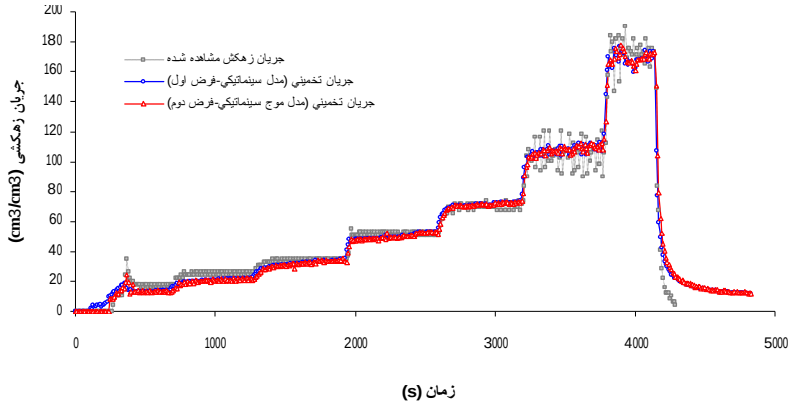
شماره نمونه	پارامترهای مدل فرض اول		پارامترهای مدل فرض دوم			RMS	
	a(-)	logb (mm/h)	a(-)	logb (mm/h)	v (mm)	فرض اول	فرض دوم
۱	۳.۳۱	٦.۸۳	۳.۳۲	٦.۸٥	۲۲.۳٥	۷.۷۷	٦.۸۷
۲	۳.۰٦	٦.۹۲	۳.۰۸	٦.۹٦	۲۸.٦۷	٦.٥۸	٥.٥۷
۳	۳.۲۱	۷.۲۳	۳.۲٤	۷.۲۹	٤٥.٤۹	۸.٥٤	٦.۳۸
٤	۲.۷۰	٦.٥۲	۲.٦۹	٦.٥۱	۱۳.٤۹	۱۳.۷۲	۱۳.٦۸
٥	۹.۷٥	۱٦.۷۳	۹.۷٥	۱٦.۷۳	٤۹.٤۲	۱۱.٤٥	۱۱.۳۱
٦	۲.۲۹	٥.٦٥	۲.۲۹	٥.٦٥	۲۱.۰۷	٦.۳۳	٥.۸۹
۷	۳.۲۸	٦.۷۸	۳.٤۰	٦.۷۳	۱٥.٤۰	٥.۹۳	٤.۷۰
۸	۲.۸۱	٥.۸٤	۲.۷۹	٥.۸۸	۲٦.۷۰	۱۳.۰۷	۱۲.۳۰
۹	۳.۷۹	۷.۸۲	۳.۸۳	۷.۸۹	۳۷.۲۸	٦.۷٦	٥.۸۰
۱۰	۳.۷۹	۷.۸۲	۲.۳۷	٥.۹٤	٦۲.۳۳	٥.۰٤	۲.۷۲

نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده در جدول 1 نشان می‌دهد که در تمامی موارد مدل دوم دارای خطای کمتری نسبت به مدل اول است. پارامتر v محاسبه شده در مدل دوم بسیار متغیر می‌باشد. بهبود در تخمین آب ترجیحی در تخمین هیستری در شکل 3 به خوبی مشاهده می شود. شکل 3 جریان زهکش خروجی از نمونه را نشان می‌دهد و پیش‌بینی‌های حاصل از دو مدل نیز آورده شده است.



شکل 2- نمایش هیستری موجود در نمودار جریان زهکش شده در آزمایش نفوذپذیری-زهکش و تفاوت روشهای تخمین



شکل 3- دو مدل برازش داده شده برای پیش بینی میزان جریان زهکش شده در مقایسه با جریان زهکش واقعی در نمونه اول

بطور کلی در این مطالعه مدل توسعه داده شده توسط دی پیترو و همکاران (2003) مورد بررسی قرار گرفت و نشان داد که توانایی بالاتری برای به مدل در آوردن میزان آب ترجیحی زهکش شده را دارد. برای به مدل در آوردن میزان آب حجمی و میزان آب متحرک در خاک، اصلاحیه افزوده شده توسط دی پیترو و همکاران (2003) به بهبود تخمین کمک کرده و هیستری مربوطه در آزمایش نفوذپذیری-زهکش را بهتر برازش کند.

منابع:

Alaoui, A., et al., 2003, Dual-porosity and kinematic wave approaches to assess the degree of preferential flow in an unsaturated soil. Hydrological Sciences Journal. 48(3): 455-472.

Di Pietro, L., S. Ruy, and Y. Capowiez, 2003, Predicting preferential water flow in soils by traveling-dispersive waves. Journal of Hydrology, 278(1-4): 64-75.