# تعيين تغيير نرخ تراوش در طي يک رگبار بارندگي (مطالعه موردي:حوزه آبخيز کچيک، استان گلستان)

**نادر نورا*[۱]، آتنا کبير[۲]، محمدرضا تقوي[۳] و بافر بيات[۴]**

[۱] عضو هيئت علمي دانشگاه علوم کشاورزي و منبع طبيعي گرگان، ايران

[۲] دانشجوي دکتري آبخيزداري دانشگاه آزاد اسلامي واحد علوم و تحقيقات تهران، ايران

[۳] کارشناس ارشد مرتعداري، مديريت آبخيزداري استان گلستان، ايران

[۴] دانشجوي کارشناسي مرتع و آبخيزداري، دانشگاه علوم و کشاورزي و منابع طبيعي گرگان، ايران

(تاريخ دريافت: ۸۴/۱۰/۲۴، تاريخ تصويب: ۸۷/۸/۷)

## چکيده

درک فرايندهاي مربوط به نفوذپذيري و نرخ تراوش در خاک‌ها يکي از عامل‌هاي مهم در ارزيابي استعداد خاک در توليد رواناب، ظرفيت نگهداشت آب با خاک و همچنين توان تجديد آب‌هاي زيرزميني مي‌باشد. نرخ تراوش به نوع خاک و محتواي رطوبتي لايه بالائي آن بستگي داشته و براي يک محل مشخص اين نرخ تابعي از ميزان نفوذپذيري واقعي خاک مي‌باشد.در اين بررسی براي محاسبه تغيير نرخ تراوش، از سه مشخصه بيشينه رطوبت موجود در خاک، بيشينه و کمينه ميزان ظرفيت نفوذ به عنوان ورودي‌هاي مدل بهره‌گيری شده و تغيير رطوبتي خاک و همچنين تغيير نفوذپذيري و تراوش در يک رگبار بارندگي محاسبه شده است. نتايج عددي نمايانگر تأثير جريان سطحي، شدت رگبار بارندگي وتغيير رطوبتي برروي نرخ تراوش در دوره‌های زماني ده دقيقه‌اي در حوزه آبخيز کچيک، استان گلستان مي‌باشد.

کلمات کليدي: ميزان نرخ تراوش-ذخيره رطوبتي خاک- تغيير نفوذپذيري- بيشينه وکمينه ظرفيت نفوذ

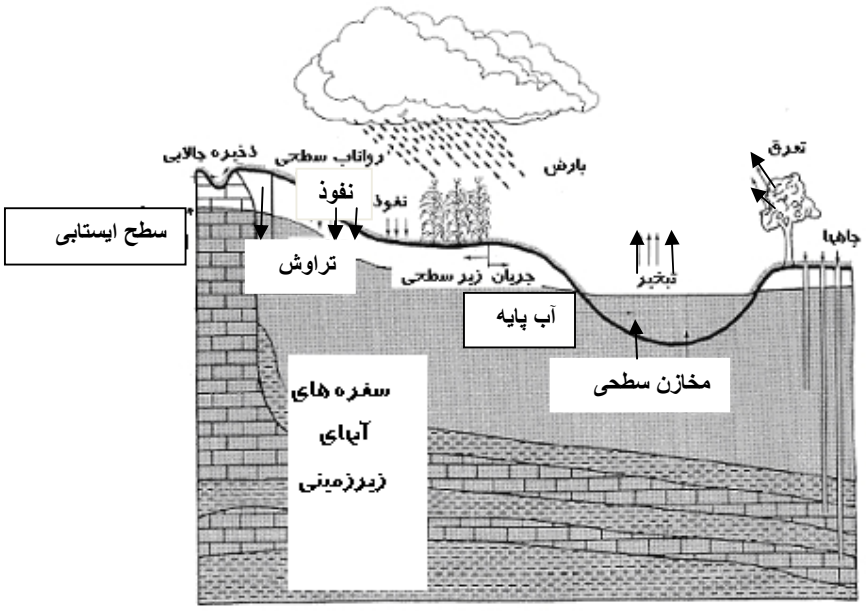
* نويسنده مسئول: تلفن: ۰۹۱۱-۱۷۷۹۶۹۴ فاکس: ۰۱۷۱-۲۲۴۵۸۸۶ E-mail: nadernoura@yahoo.com

## مقدمه

يكي از مهم‌ترين فرايندها در مدل كردن سامانه آبشناختی ظرفيت نفوذ است، كه بايد ميزان آن در حوزه برآورد شود. در طول يک رخداد بارش،شدت بارش پيوسته در حال تغيير مي‌باشدو درعين حال نرخ نفوذپذيري نيز با تغيير شدت بارش تغيير ميكند،زيرا اين ميزان بستگي به محتواي رطوبت لايه بالائي خاک دارد كه خود تحت تأثير شدت بارش وميزان تراوش مي‌باشد(۷).پديده نفوذ تنها شامل وارد شدن آب به درون خاک است. اين آب ممكن است در داخل زمين به حركت عمقي خود ادامه دهد تا سر انجام وارد لايه‌هاي آبدار زمين شده و جزو منابع آب زير زميني بشمارآيد. اين حركت عمقي آب به درون خاک تراوش نام دارد(۱).نرخ تراوش به ارتفاع آبي گفته مي‌شود كه در واحد زمان به درون زمين تراوش ميكند(شكل۱).تراوش رطوبت از لايه‌هاي سطحي به لايه‌هاي پائين تر خاک فرايندیست كه به دو عامل مهم ميزان رطوبت موجود در خاک و نرخ نفوذپذيري آن بستگي دارد. حركت رطوبت از لايه‌هاي بالايي به لايه‌های زيرين خاک(تراوش)،گرچه به طورمستقيم با درجه اشباع لايه‌هاي سطحي خاک و همچنين به ميزان نفوذ بستگي دارد ولي به طور غير مستقيم به شدت بارندگي كه خود عامل اصلي در تعيين ميزان نفوذپذيري و موجوديت رطوبت در لايه‌هاي بالايي خاک است بستگي دارد (۲، ۴، ۸ و ۱۳).

در زمينه تعيين تغيير تراوش و عامل های مؤثر بر آن بررسی‌های‌گوناگوني‌صورت پذيرفته كه برخي از اين بررسی های به شرح زير مي‌باشند. ديسكين و نازيموو (۹) با ارائه يک مدل نفوذپذيري به محاسبه تغيير نفوذپذيري و نرخ تراوش در طول يک رخداد بارش پرداختند. مدل شامل دو محيط تنظيمي و ذخيره است و براي تعريف آن نياز به سه مشخصه مي‌باشد كه عبارت‌اند از: كمينه و بيشينه نرخ ظرفيت نفوذ و بيشينه رطوبت موجود در خاک. مدل ارائه شده با آنان، تنها محدود به ظرفيت نفوذپذيري نبوده، بلكه از اين مدل ميتوان براي محاسبه تغييرات نرخ نفوذپذيري و تراوش وهمچنين توليد رواناب مؤثر براي‌هايتوگراف بارش و يک ميزان معلوم رطوبت اوليه خاک بهره‌گيری نمود. هانگ و همكاران (۱۰) با بهره گيری از مدل عددي Femwater به تعيين نرخ تراوش در مناطقي ازكشور تايوان پرداخته و به‌اين نتيجه رسيدند كه‌اين تغييرها با ميزان رطوبت موجود در خاک و ظرفيت نفوذپذيري رابطه مستقيم دارد. سپس نتايج بدست آمده را با مجموعه ای داده‌هاي مشاهده‌اي مقايسه نموده وبه نتايج مطلوبي‌دست يافتند. كازين و همكاران (۷)ميزان نگهداشت سطحي خاک و نرخ تراوش را در پروفيل خاک با بهره گيری از مدل عددي STIC محاسبه نمودند. STIC يک مدل مخزني است كه براي اجراي آن خاک به افق‌هايي با ضخامت‌هاي مختلف تقسيم شده و ميزان محتواي رطوبتي خاک و همچنين نرخ تراوش آب به لايه‌هاي پائيني به عنوان خروجي مدل بشمار مي‌آيند. آنان با اجراي مدل با چندين رگبار با شدت‌هاي مختلف ميزان تراوش در خاک‌هاي مختلف را مورد بررسي قرار دادند.

به طور كلي هدف از اين بررسی ارائه يک مدل مفهومي‌براي تعيين ميزان تراوش آب ازلايه سطحي به لايه‌هاي زيرين خاک در حين بارندگي مي‌باشد. مدل بخشي از يک مدل نفوذپذيري است كه پاسخگوي مسائل حل نشده در حركت رطوبت به لايه‌های پائين خاک مي‌باشد. اين مدل يک مدل جديد نبوده و بخشي از محاسبه‌ها به ساختمان مدل، كه در بررسي منابع قابل مشاهده است،بستگي دارد (۵، ۹، ۱۱ و ۱۴). مدل به صورت خطي قادر به تعيين حركت رطوبت خاک از لايه‌هاي متفاوت است.




شكل۱- نمايش مسير حركت آب درسطح زمين و درون خاک

## مواد و روش‌ها

معرفي منطقه مورد بررسی

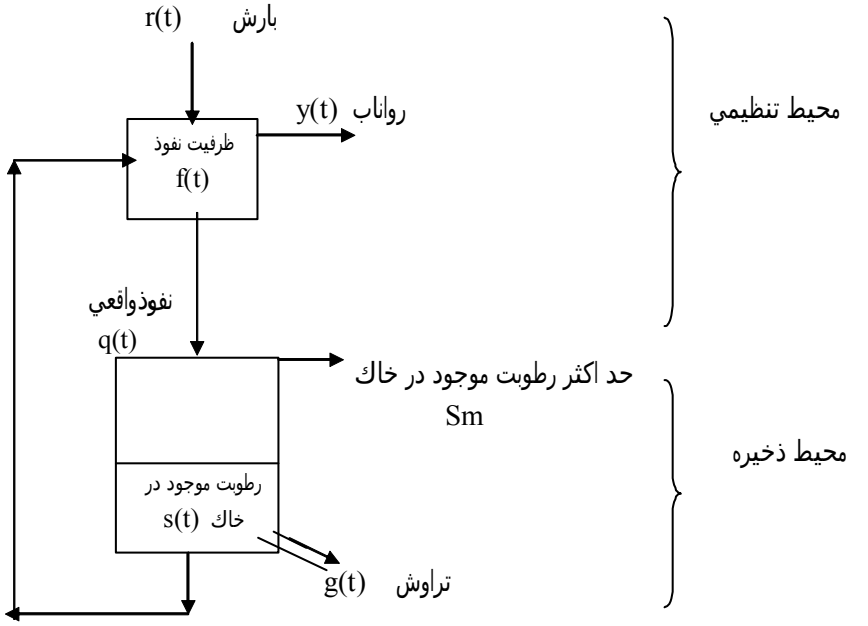
حوزه معرف كچيک با گستره‌ای حدود ۳۶۰۰هكتار يكي از زير حوزه‌هاي كوچک حوزه قرناوه بوده و از نظر تقسيمات كشوري جزءبخش مراوه تپه و در محدوده شهرستان كلاله،در منتهي اليه شمال شرق استان گلستان،در مختصات ۱۰-۵۲-۵۵ الي ۵۲-۵۷-۵۵ طول شرقي و ۱۵-۴۲-۳۷ الي ۲۵-۴۶-۳۷ عرض شمالي واقع شده است؛ به‌طوري‌كه از قسمت شمال به ارتفاعات بابا شمل،از جنوب به جنگلهاي عنابلي،از شرق به رشته كوه شلمي‌و از غرب به محور ارتباطي كلاله-مراوه تپه محدود مي‌شود (۳).

روش كار

به منظور بررسي و تعيين تغيير نرخ تراوش و پيش بيني دقيق آن نياز به بهره‌گيری از يک مدل آبشناختی ساده مي‌باشد. مدلي كه در اين بررسی مورد بهره‌گيری قرار گرفته و شرح داده مي‌شود مدلي به نسبت ساده ايست كه از اين مدل مي‌توان براي محاسبه تغيير نرخ تراوش، براي هرهايتو گراف بارش و يک ميزان مشخص رطوبت اوليه خاک بهره‌گيری نمود.

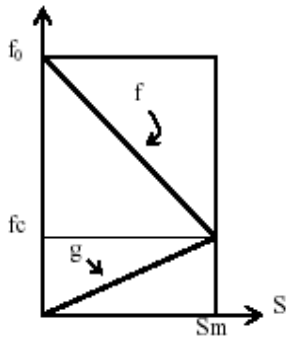
شرح مدل

مدل مورد بهره‌گيری در اين بررسی در سال ۱۹۹۵ با ديسكين و نازيموو(۹) ارائه و آزمايش شده است.در اينجا براي محاسبه تغيير نرخ تراوش در طي يک رگبار بارندگي،مدل به صورت دو محيط در نظر گرفته مي‌شود كه به طور شمادين در شكل ۲ نشان داده شده است. محيط اول نماينده سطح خاک است كه تعيين كننده ظرفيت نفوذ خاک مي‌باشد. اين محيط همچنين ميزان بارش $r(t)$ را به نفوذ واقعي $q(t)$ و رواناب $y(t)$ تعيين مينمايد.محيط دوم نيز نماينده رطوبت لايه بالائي خاک مي‌باشد كه اين رطوبت از راه نفوذپذيري$q(t)$، از بالا به آن اضافه شده و با تراوش$g(t)$، از مرز پائين آن تخليه مي‌شود.




شكل ۲- يک مدل ساده براي تعيين ارتباط بين بارندگي-رواناب، نفوذپذيري و تراوش

بهره‌گیری از این روش براي فرايند تراوش نياز به تعريف سه مشخصه دارد که عبارت‌اند از: $S_m$ (بيشينه رطوبت موجود در خاک)، $f_o$ (بيشينه نرخ ميزان نفوذپذيري) و $f_c$ (حد اقل نرخ ميزان نفوذپذيري). اين سه مشخصه براي تعريف محيط‌هاي مدل و شرح فرايند تراوش با هم ترکيب مي‌شوند (شکل ۳).




شكل ۳- نمودار روابط تابعي بين ظرفيت نفوذ (**f**) و رطوبت خاک (**s**) وبين تراوش (**g**) و رطوبت خاک (**s**)

همچنان‌که در شکل ۳ ديده مي‌شود با افزايش رطوبت موجود در خاک ميزان نفوذپذيري بيشينه($f_o$) به سمت نفوذپذيري کمترين ($f_c$) متمايل مي‌شود. هنگامی که ظرفيت رطوبتي خاک به بيشينه خود رسيده ($S=S_m$) و يا اينکه خاک اشباع شود بيشينه نفوذپذيري ($f_0$) برابر با کمينه نفوذ شده و طي اين فرايند ميزان تراوش به سمت بيشينه متمايل مي‌شود. يعني اينکه با اشباع شدن خاک سطحي نرخ تراوش با کمينه نفوذپذيري ($f_c$) برابر مي‌شود.

رابطه بين ميزان ذخيره در مخزن $S(t)$ وظرفيت نفوذ $f(t)$، به صورت رابطه خطي کاهنده در رابطه (۱) مشخص شده است.

$$f(t)=f_0-(f_0-f_c)S(t)/S_m \qquad (۱)$$

در عين حال خروجي محيط ذخيره،نماينده ميزان تراوش از لايه بالائي خاک بوده $g(t)$ و با يک رابطه خطي فزاينده بين ذخيره در مخزن و تراوش در رابطه (۲) نشان داده شده است.

$$g(t)=f_cS(t)/S_m \qquad (۲)$$

میزان متغیر ثابت ذخیره S(t) در هر لحظه از زمان (t) تغییر میکند که‌این نرخ بستگي به میزان ورودي و خروجي از محیط ذخیره دارد. رابطه بین این سه متغیر را بنابر قانون بقاي ماده میتوان به صورت زیر نوشت.

$$q(t)-g(t)=ds/dt \qquad (۳)$$

کاربرد مهم روش شرح داده شده در بالا،محاسبه تغییر ظرفیت نفوذ وهمچنین تغییر نرخ تراوش در طول یک رگبار بارندگي مي‌باشد.

در آغاز با مشخص بودن مشخصه‌هاي مدل($f_o$،$f_c$،$S_m$)و میزان اولیه متغیرها، میزان اولیه g(t)، f(t) با بهره‌گیری از معادله‌های ۱و۲ بدست میآید. سپس محاسبه‌ها براي دوره‌هاي زماني پی در پی انجام مي‌شود.

با گزینش یک دوره زماني ($\Delta t=t_{j+1}-t_j$) معادله ۳ را میتوان به صورت زیر نوشت.

$$S_e-S_b=(q_b-q_e)\Delta t/2-(g_b-g_e)\Delta t/2 \qquad (۴)$$

که b وe به ترتیب نماینده آغاز و پایان دوره است و طول دوره زماني با $\Delta t$ نشان داده مي‌شود.

با توجه به تعاریف نفوذ واقعي(q) و همچنین میزان شدت بارش در طول زمان، سه حالت ممکن است رخ دهد:

حالت اول

شدت بارندگي در آغاز و پایان دوره زمان بیشتر از ظرفیت نفوذ است، یعني $r>r_a$ و $r>f_b$ در این حالت $q_e=f_e$ و $q_b=f_b$. در این صورت معادله ۴ را میتوان با توجه به معادله‌های ۱و۲ به صورت زیر بازنویسي نمود.

$$S_e=(f_0\Delta t+S_b(1-f_0\Delta t/2S_m))/(1+f_0\Delta t/2S_m) \qquad (۵)$$

حالت دوم

شدت بارندگي در آغاز و پایان دوره زمان کمتر از ظرفیت نفوذ است. یعني $r<f_b$ و $r<f_e$ در این حالت: $(q_e+q_b)/2=r$. در این صورت معادله ۴ با توجه به معادله ۱ بصورت زیر باز نویسي مي‌شود.

$$S_e=(S_b(1-f_c\Delta t/2S_m)+r\Delta t)/(1+f_c\Delta t/2S_m) \qquad (۶)$$

حالت سوم

شدت بارندگي کمتر از ظرفیت نفوذ در آغاز دوره زماني و بیشتر از ظرفیت نفوذ در پایان همان دوره زماني است. یعني $r>f_e$ و $r<f_b$. که این حالت در لحظه تولید رواناب رخ مي دهد. در این حالت در لحظه‌اي درون $\Delta t$ ظرفیت نفوذ با شدت بارندگي برابر خواهد شد.

محتواي رطوبتي خاک در این لحظه که با $S_r$ نشان داده مي‌شود با جانشین کردن r=f(t) در معادله ۱ بدست مي‌آید.

$$S_r=(f_0-r)S_m/(f_0-f_c) \qquad (۷)$$

سپس باجایگزین کردن $S_e=S_r$ و $\Delta t=\Delta t_1$ زمان برابر بارندگي و نفوذ به کمک رابطه زیر قابل محاسبه مي‌شود.

$$\Delta t_1=(Sr-S_b)/(r-(S_b+S_t)f_c/2S_m)(0<\Delta t_1<\Delta t) \qquad (۸)$$

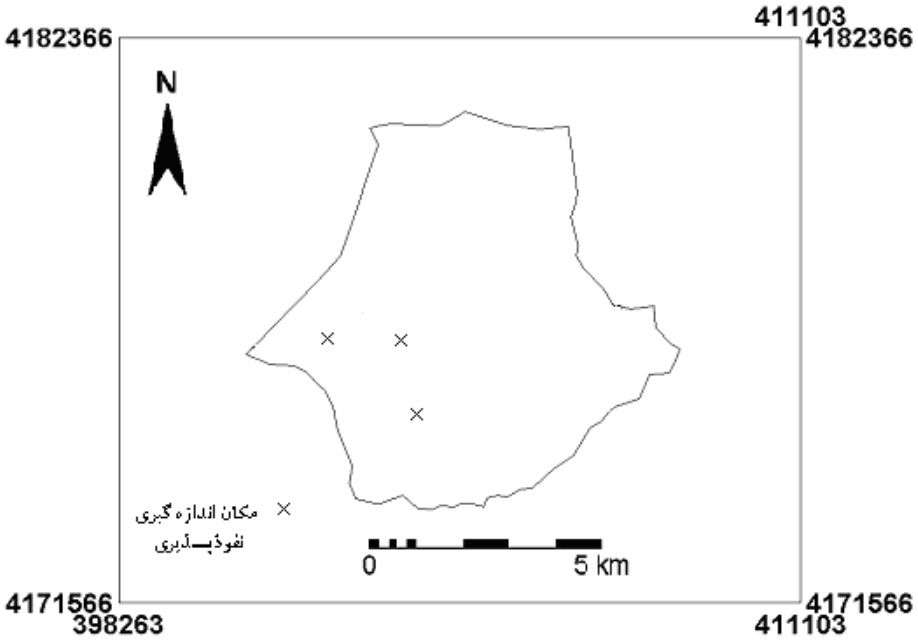
در نهایت میزان $S_e$ یا محتواي رطوبت خاک در پایان دوره زمان از معادله زیر قابل محاسبه است.

$$S_e=(f_0\Delta t_2+S_r(1-f_0\Delta t_2/2S_m))/(1+f_0\Delta t_2/2S_m \qquad (۹)$$

جمع آوري داده‌های مورد نیاز و اجراي مدل

در این بخش مدل شرح داده شده در قبل، براي رویدادهاي بارش ثبت شده اجراء مي‌شود. در این مرحله با گزینش یک دوره زماني براي رگبارهاي بارندگي (که در اینجا دوره‌هاي۱۰ دقیقه‌اي در نظر گرفته شده است) و محاسبه شدت بارندگي درهر دوره وهمچنین با مشخص بودن مشخصه‌هاي مدل (بیشینه وکمینه نفوذپذیري خاک-

بيشينه رطوبت قابل پذيرش خاک)، محاسبه‌ها شروع مي‌شود و به ترتيب ميزان ذخيره رطوبتي خاک، ظرفيت نفوذ، ميزان تراوش و سپس بارش مازاد براي آن دوره زماني محاسبه مي‌شود. براي اجراي اين مدل،در مرحله اول آمار و داده‌هاي بارندگي ايستگاه ثبَات حوزه آبخيز کچيک از سازمان جهاد کشاورزي استان گلستان جمع آوري و سپس رگبارهايي که به طور نسبي شدت آنها بيش از ميانگين نفوذپذيري اندازه گيري شده بود و احتمال رخداد رواناب در آنها وجود داشت گزينش شدند. در مرحله بعد براي تعيين ميزان بيشينه و کمينه نرخ ميزان نفوذپذيري کارهای صحرائي شامل اندازه گيري ميزان نفوذپذيري با بهره‌گيری از نفوذ سنج يا استوانه‌هاي دوتائي انجام شد. همچنين به منظور محاسبه بيشينه رطوبت موجود در خاک، اقدام به نمونه برداري از خاک سطحي درکاربريهاي متفاوت موجود در منطقه مورد بررسی شد (نقشه شماره ۱ موقعيت نقاط نمونه برداري را نشان مي‌دهد). سپس در آزمايشگاه در صد وزني رطوبت خاک تعيين وبا بهره‌گيری از رابطه‌های موجود درخاک‌ها در صد حجمي‌رطوبت خاک محاسبه شد. در پايان با در اختيار داشتن آمار و داده‌های مورد نياز در کاربريهاي متفاوت و با بهره‌گيری از رابطه‌های شرح داده شده در بالا ميزان تغيير نرخ تراوش در مورد چند رگبار بارندگي محاسبه شد که به نتايج بدست آمده از يکي از رگبارها به عنوان مثال اشاره مي‌شود.




نقشه ۱- موقعيت نقاط اندازه‌گيري شده نفوذپذيري در منطقه کچيک (استان گلستان)

## نتايج

پس از جمع آوري آمار و داده‌های بارندگي‌هاي رگباري در حوزه مورد بررسی و گزينش دوره‌های زماني ۱۰ دقيقه‌اي، نتايج زير،که به طور خلاصه در جدول‌های ۱و۲ آورده شده، بدست آمد.

۱- باتوجه به جدول ۱، ميزان $f_0$ برابر با ۳۶۰ ميليمتر در ساعت و ميزان $f_c$ برابر با ۶ ميليمتر در ساعت مي‌باشد.

۲- ميزان رطوبت اوليه خاک و بيشينه رطوبت موجود در خاک در اين کاربري به ترتيب ۱۰و۳۵ ميليمتر در صد سانتيمتر مکعب بدست آمده است.

۳- همان طور که در جدول ۲ ديده مي‌شود، ۵/۱۶ ميليمتر بارش مازاد از اين بارش بدست آمده است.

۴- تغيير ظرفيت نفوذپذيري در طي اين رگبار به ترتيب در دوره‌هاي ۱۰ دقيقه‌اي ۲۵۸/۸۶، ۲۲۹/۹۸، ۲۰۷/۲،

۱۴۴/۶۸، ۱۴۲/۳۴، ۷۵/۸۴، ۱۱/۷۷، ۱۷/۳۵، ۲۶/۹۶، ۳۶/۳۱۱، ۴۵/۳۹۳، ۵۴/۲۲، ۶۲/۸ میلیمتر در ساعت بدست آمده است.

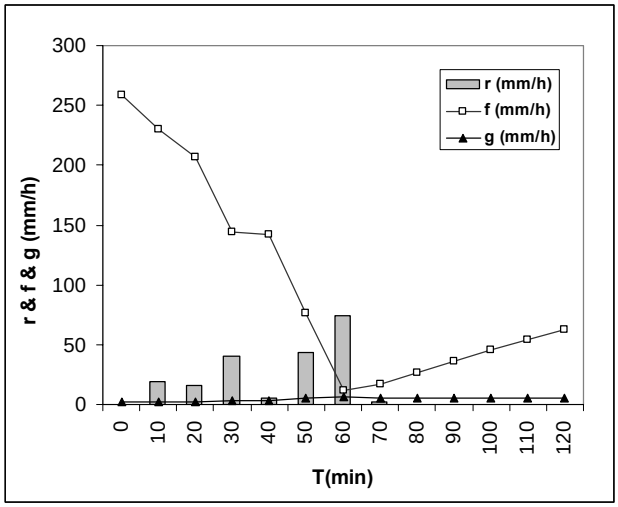
۵- میزان نرخ تراوش ازلایه بالائي خاک در طي اين رگبار بـه ترتيـب در دورههـاي ۱۰ دقيقـهاي ۱/۷۱، ۲/۲، ۲/۵۹، ۳/۶۵، ۳/۶۸، ۴/۸۱، ۵/۹، ۵/۸، ۵/۶۴، ۵/۴۸، ۵/۳۳، ۵/۱۸، ۵/۰۳ میلیمتر در ساعت بدست آمده است.

جدول ۱- نتايج اندازه گيري نفوذپذيري به روش استوانه مضاعف در زمينهاي كشاورزي در حوزه آبخيز كچيک

| ردیف | زمان (دقیقه) | نفوذ تجمعي (ميليمتر) | زمان (ساعت) | نفوذ (ميليمتر در ساعت) |
|---|---|---|---|---|
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۱ | ۱ | ۶ | ۰/۰۱۶ | ۳۶۰ |
| ۲ | ۲ | ۱۱ | ۰/۰۳۳ | ۳۰۰ |
| ۳ | ۳ | ۱۵ | ۰/۰۵ | ۲۴۰ |
| ۴ | ۵ | ۲۰ | ۰/۰۸۳ | ۱۵۰ |
| ۵ | ۷ | ۲۳ | ۰/۱۱ | ۹۰ |
| ۶ | ۱۰ | ۲۶ | ۰/۱۶۶ | ۶۰ |
| ۷ | ۱۵ | ۳۰ | ۰/۲۵ | ۴۸ |
| ۸ | ۳۰ | ۳۴ | ۰/۵ | ۱۶ |
| ۹ | ۶۰ | ۳۸ | ۱ | ۸ |
| ۱۰ | ۹۰ | ۴۱ | ۱/۵ | ۶ |
| ۱۱ | ۱۲۰ | ۴۴ | ۲ | ۶ |
| ۱۲ | ۱۵۰ | ۴۷۰ | ۲/۵ | ۶ |

جدول ۲- نتايج بدست آمده از تعيين تغيير نرخ تراوش در كاربري كشاورزي در حوزه آبخيز كچيک براي رگبار۸۴/۵/۹

| زمان، T (دقيقه) | ميزان بارندگي (ميليمتر) | شدت بارندگي (ميليمتر در ساعت) | تغيير رطوبتي (ميليمتر در ساعت) | تغيير نفوذپذيري (ميليمتر در ساعت) | نرخ تراوش (ميليمتر در ساعت) | بارش مازاد (ميليمتر) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۰ | ۰ | ۰ | ۱۰ | ۲۵۸/۸۶ | ۱/۷۱۴ | ۰ |
| ۱۰ | ۳/۱۸ | ۱۹/۱۵ | ۱۲/۸۵ | ۲۲۹/۹۸ | ۲/۲۰۴ | ۰ |
| ۲۰ | ۲/۶۵ | ۱۵/۹۶ | ۱۵/۱۱ | ۲۰۷/۲ | ۲/۵۹ | ۰ |
| ۳۰ | ۶/۷ | ۴۰/۳۶ | ۲۱/۲۹ | ۱۴۴/۶۸ | ۳/۶۵ | ۰ |
| ۴۰ | ۰/۸۴ | ۵/۰۶ | ۲۱/۵۲ | ۱۴۲/۳۴ | ۳/۶۸۹ | ۰ |
| ۵۰ | ۷/۲۸ | ۴۳/۸۵ | ۲۸/۰۹ | ۷۵/۸۴۹ | ۴/۸۱۶ | ۰ |
| ۶۰ | ۱۲/۳۹ | ۷۴/۶۳ | ۳۴/۴۳ | ۱۱/۷۷ | ۵/۹۰۲ | ۵/۱۶ |
| ۷۰ | ۰/۴۲ | ۲/۵۳ | ۳۳/۸۸ | ۱۷/۳۵۳ | ۵/۸۰۸ | ۰ |
| ۸۰ | ۰ | ۰ | ۳۲/۹۳ | ۲۶/۹۶۹ | ۵/۶۴۵ | ۰ |
| ۹۰ | ۰ | ۰ | ۳۲ | ۳۶/۳۱۱ | ۵/۴۸۶ | ۰ |
| ۱۰۰ | ۰ | ۰ | ۳۱/۱۱ | ۴۵/۳۹۳ | ۵/۳۳۲ | ۰ |
| ۱۱۰ | ۰ | ۰ | ۳۰/۲۳ | ۵۴/۲۲ | ۵/۱۸۳ | ۰ |
| ۱۲۰ | ۰ | ۰ | ۲۹/۳۸ | ۶۲/۸ | ۵/۰۳۷ | ۰ |




شكل ۴- هايتوگراف بارش و ميزان نرخ تراوش

## بحث

روشي كه در اينجا براي شرح فرايند تراوش بحث شده است،روشي به نسبت ساده بوده كه شامل دو محيط، سه مشخصه و دو متغير ثابت مي‌باشد.مشخصه‌هاي اين روش عبارت اند از كمينه و بيشينه نفوذپذيري($f_o$،$f_c$)و بيشينه رطوبت موجود در خاك($S_m$)و همچنين متغيرهاي ان عبارت‌اند ازتغيير نفوذپذيري$f(t)$ و تغيير رطوبت موجود در خاك($S_m$). كاربرد اصلي مدل محاسبه تغيير ظرفيت نفوذپذيري و تغيير نرخ تراوش در طول و پس از رگبار بارندگي است كه به شكل‌هايتوگراف موجود است. نتايج اجراي مدل براي رگبار ۸۴/۵/۹ در حوزه آبخيز كچيک نشان مي‌دهد كه از ۳۳/۴۶ميليمتر بارندگي كه ۷۰ دقيقه دوام داشته است ۵/۱۶ ميليمتر بارش مازاد بدست آمده است. همچنين زمان آغاز بارش مازاد در دقيقه ۶۰ بارندگي بوده است. همان‌طور كه در جدول ۲ ديده مي‌شود ظرفيت نفوذپذيري با شروع بارش آغاز به كاهش نموده و پس از كم شدن بارندگي دوباره سير افزايشي پيدا ميكند.همچنين طي بارندگي نرخ تراوش در آغاز افزايش و سپس روند كاهشي پيدا ميكند كه‌اين ميزان متناسب با ميزان محتواي رطوبتي خاك مي‌باشد (شكل۴).

به طور كلي نتايج نشان مي‌دهند كه تا زماني كه شدت بارش از ظرفيت نفوذپذيري كمتر است،ميزان نرخ ظرفيت تراوش افزايش وپس از آن كاهش مي‌يابد. كاهش ظرفيت نفوذ درزماني صورت مي‌گيرد كه شدت بارش به ميزاني بيشتر از كمينه نرخ ظرفيت نفوذپذيري ($f_c$) برسد.همچنين ظرفيت نفوذ زماني كه شدت بارش كمتر از كمينه نرخ ظرفيت نفوذپذيري ($f_c$) باشد ويا درزمان قطع بارندگي افزايش يافته وبه بيشينه ممكن مي‌رسد. همان‌طور كه در رابطه ۲ نيز ديده مي‌شودميزان نرخ تراوش رابطه مستقيم با كمينه نرخ ظرفيت نفوذپذيري ($f_c$) دارد. همچنين با كاهش ميزان ظرفيت نفوذپذيري، به دليل افزايش ميزان ذخيره رطوبت سطحي خاك، ميزان نرخ تراوش افزايش مي‌يابد.

نتايج بدست آمده از اجراي مدل در حوزه آبخيز كچيک نشان مي‌دهد كه ارتباط بين شدت بارندگي و شدت نفوذپذيري خاک عامل مهم وتعيين كننده در توليد رواناب موثر (بارش مازاد) مي‌باشد.در اين ارتباط در صورتي كه شدت بارندگي كمتر يا برابر كمينه نفوذپذيري خاک باشد همه ميزان بارندگي در خاک نفوذ نموده و ميزان رواناب صفر مي‌شود. و در صورتي كه شدت بارندگي بيشتر از

كمينه نفوذپذيري و كمتر از ظرفيت نفوذباشد دو وضعيت رخ مي‌دهد: در حالت اول اگر بارندگي پيش از زمان رسيدن خاک به حالت اشباع قطع شود رواناب صفر مي‌شود.و اگر بارندگي تا زماني ادامه پيدا كند كه خاک به حالت اشباع در آيد در نتيجه نفوذ، ظرفيت و توان خاک به نفوذ واقعي نزديک شده و بارندگي مازاد بر تلفات خاک (نفوذواقعي)تبديل به رواناب مي‌شود. همچنين در صورتي كه شدت بارندگي بيشتر از ظرفيت نفوذ باشد بارندگي مازاد برظرفيت و توان نفوذ به رواناب تبديل مي‌شود. كه اين موارد با نتايج بايز (۶)، ورما (۱۳)، سينگ (۱۲) و آرون و همكاران (۴) و ديسكن و نازيموو (۹)، همانندی دارد. به طور كلي نتايج بدست آمده از آزمون مدل نشان مي‌دهد كه ميزان بارش مازاد بدست آمده به ميزان های قابل انتظار نزديک بوده و ظرفيت نفوذپذيري تا زماني كه شدت بارش از كمينه ظرفيت نفوذپذيري بيشتر باشد، كاهش مييابد. و همچنين تا زماني كه شدت بارندگي بسيار كم و يا صفر است، ظرفيت نفوذپذيري افزايش مي‌يابد.

## منابع


۱- عليزاده، امين. (۱۳۷۷). اصول هيدرولوژي كاربردي. انتشارات آستان قدس رضوي.۶۳۴ صفحه.

۲- نورا، نادر. (۱۳۸۴). جزوه درسي هيدرولوژي كاربردي. دانشگاه علوم كشاورزي ومنا بع طبيعي گرگان. ۲۵۰ صفحه.

۳- وزارت جهاد كشاورزي. (۱۳۷۹). شناسنامه حوزه آبخيز معرف و زوجي كچيک. ۳ صفحه.

4- Aron, G&B.A.Dempsey (1998).Pen state runoff model user manual. Department of Civil and Environmental engineering, Pennsylvania.

5- Basha, H. A., (1999). One-dimensional non linear infiltration water resources research. 35(6).pp.1697-1704.

6- Bauer, S.W. (1974).A modified Horton equation during intermittent rainfall.Hydrol.Sci Bull., 19(2-6).PP.219-224.

7- Cousin, I., B. Nicoullaud & C. Coutadeu, (2003). Influence of rock fragments on the water retention and water percolation in a calcareous soil. Catena 53.pp.97-114.

8- Chow, V. T. Maidmet, D.R and Mays, L.W. (1998).Applied Hydrology. Mc Graw-Hill inc.Newyork, USA.

9- Diskin, M. H. &N Nazimov, (1997). Linear reservoir with feedback regulated inlet as a model for the infiltration process, Journal of Hydrology 172.PP. 313-330.

10- Huang, H.C., Chen, S.K., Chen, S.W.,Liu, C.W,(2003).Analysis of percolation and seepage through paddy bunds. Journal of Hydrology 284.PP. 13-25.

11- Katul, G.Todd, P., &Pataki.(1997).Soil water depletion by oak trees and influence for root water uptake on the moisture content spatial statistics. Water resources research, 3(4). PP.611-623.

12- Sing, V. P. (1989) Infiltration in Hydrologic system, vol. 2. prentice Hall, Englewood Cliffs, Nj.

13- Verma, S. C. (1982). Modified Horton's infiltration equation. J. Hydrology., 58.PP.385-388.

14- Wigneron, J. P., &Olioso. A. (1999). Estimating root zone soil moisture from surface soil moisture data and soil-vegetation-atmosphere transfer modeling. Water Resources Research. 35(12).PP.3735-3745.

# Determination of percolation during a rainfall storm (Case study: Kechik catchment, Golestan province)

**N. Noora[*1], A. Kabir[2], M.R.Naghavi[3] and B. Bayat[4]**
[1] Faculty member, Gorgan, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, I. R. Iran
[2] Ph.D. Student of Watershed Science, Research and Science Branch, Islamic Azad University, I. R. Iran
[3] Member of Watershed Management Office of Golestan province, I. R. Iran
[4] M.Sc. Student, Gorgan, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, I. R. Iran
(Received: 14 January 2006, Accepted: 28 October 2008)

## Abstract

Understanding the processes involved in infiltration and percolation in soils is one of the important factors in evaluating the generation of runoff, the supply of soil water and the potential for recharge. Percolation is the process of entry moisture from the upper soil layer to lower layers. The rate of percolation depends on the type of soils at the location considered and on the moisture content of the upper soil layer. For a given location, this rate is a function of the actual infiltration rate and the moisture content of the upper soil layer. In this research three parameters of the maximum soil moisture content, maximum and minimum infiltration capacity rate as inputs are used to calculate variation of soil moisture, and infiltration rate during a rainfall event. Numerical results show the effects of surface flow, storm rainfall intensity and soil moisture variability on the percolation rate in ten minutes time interval in Kechik catchment of Golestan province, Iran.

**Keywords**: Percolation rate, Moisture content, Upper soil layer, Infiltration varieties, Maximum and minimum infiltration capacity rate.

* Corresponding author: Tel: +98 911 1779694 , Fax: +98 171 2245886 E-mail: nadernoura@yahoo.com