در
منابع طبیعی شماره ۷۳، زمستان ۱۳۸۵
پژوهش و سازندگی

ارزیابی کاربرد مدل AWBM در برآورد رواناب جهت طراحی سامانه‌های کوچک مقیاس سطوح آبگیر باران

• **رمضان طهاسبی**، عضو هیأت علمی موسسه آموزش عالی علمی - کاربردی وزارت جهاد کشاورزی
• **فرود شریفی**، استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری وزارت جهاد کشاورزی
• **فریدون کاوه**، استاد گروه آبیاری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات
• **ابوالقاسم توسلی**، عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج
تاریخ دریافت: اسفند ماه ۱۳۸۲ تاریخ پذیرش: آبان ماه ۱۳۸۴
Email: r_ Tahmasebi @ Yahoo.com

چکیده

در مناطق کم‌بارش، جمع‌آوری و ذخیره سازی آب باران در تودهٔ خاک با استفاده از سامانه‌های کوچک مقیاس سطوح آبگیر باران می‌تواند بخشی از آب مورد نیاز گیاهان را تأمین و موجب افزایش تولیدات گیاهی شود. اما نکتهٔ مهم در احداث یا ایجاد سامانه‌های سطوح آبگیر باران، اندازهٔ یا مساحت بهینهٔ سطح آبگیر و چگونگی تعیین و مشخص نمودن آن برای استحصال آب باران جهت مصارف مورد نظر است. به طوری که اغلب تعیین اندازه مناسب آن در فقدان دسترسی به مقادیر دقیق ضریب روآناب در شرایط مختلف خاک، شیب زمین، تراکم پوشش گیاهی و تبخیر به سهولت میسر نمی‌باشد. در این تحقیق مدل AWBM که مدلی برای شبیه‌سازی بارش ـ رواناب می‌باشد. جهت تعیین مساحت سطوح آبگیر باران روی شیب‌های مختلف اراضی و با مقادیر متفاوت تراکم گیاهی ارزیابی شده است. به طوری که، ابتدا اقدام به ایجاد ۲۰ کرت آزمایشی در ۳ کلاس شیب، ۳ گروه تراکم پوشش گیاهی طبیعی و ۵ گروه بافت خاک به عنوان سطوح آبگیر در منطقهٔ لشگرک واقع در شمال شرق تهران با اقلیم نیمه‌خشک گردید. مقادیر رواناب‌های سطحی ناشی از هر واقعه بارش ۲۴ ساعته منجر به تولید رواناب در مخازن ایجاد شده‌ی ذخیرهٔ آب از نوع بانکت‌های مسطح احداثی در قسمت پایین‌دست سطوح آبگیر اندازه‌گیری و ثبت شد. سپس با اجرای مدل AWBM که در آن شرایط مختلف آزمایش مشتمل بر ۸ گروه سطح آبگیر با ابعاد مختلف،۳ گروه شیب،۳ گروه تراکم پوشش گیاهی ۵ نوع بافت خاک بود با لحاظ مقادیر نفوذ آب در خاک و تبخیر، اقدام به برآورد رواناب گردید. در خاتمه مقادیر رواناب اندازه‌گیری شده با برآورد شده بوسیلهٔ مدل با بهره‌گیری از نتایج آزمون تجزیه واریانس مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج بدست آمده نشان داد که به رغم خطای فاحش مدل AWBM در برآورد رواناب ماهانه، دقت این مدل در برآورد مقدار رواناب سالانه (با دقت حدود ۹۵ درصد) قابل قبول می‌باشد، از این‌رو، می‌توان استفاده از مدل AWBM را برای طراحی سامانه‌های سطوح آبگیر کوچک مقیاس جهت مشخص کردن ابعاد مناسب سطح آبگیر آن‌ها توصیه نمود.

کلمات کلیدی: بانکت، رواناب، سامانه‌های سطوح آبگیر باران، شبیه‌سازی بارش- رواناب، ضریب رواناب، مدل AWBM

www.SID.ir

Pajouhesh & Sazandegi No: 73 pp: 161-170

Evaluation of area water balance model (AWBM) application in estimating surface runoff for designing small scale rainwater catchment systems

By: R.Tahmasbi,Institute of Technical and Vocational Higher Education of Ministry of Jihad-e-Agriculture. ,F. Sharifi,Soil Conservation and Watershed Management Research Center., F. Kaveh,Department of Irrigation Science and Research, Islamic Azad University., A.Gh. Tavasolli,Soil Conservation and Watershed Management Research Center.

In area with miger amount of rainfall, collection and storage of rainwater into the soil profile using small scale rainwater catchment systems can tend to supply some amount of water needed for plant production. But the important point in regard to building such systems in determining size and / or catchment area in such a way that the needed or expected water could be collected and stored. As in many cases required knowledge on runoff coefficient in relation to soil type, slope steepness, vegetation cover density and amount of evaporation are lacking it therefore, seems that calculation of depth and volume of runoff can not be an easy task. The AWBM is a model with capability of runoff simulation that appears to be a proper model for estimation of runoff for small scale rainwater catchment design in arid and semi-arid regions. In order to evaluate applicability of the AWBM in estimating resultant runoff and rainfall through consideration of different land slope and vegetation cover density, 20 experimental plots constructed on three slope classes of land with three different vegetation cover density classes in Lasgarak region located in north of Tehran city, having semi-arid climatic condition. Depth of resultant runoff each rainfall event was measured into the constructed counter bank at the toe of each plot. Runoff depth also estimated by running Area Water Balance Model (AWBM) which is capable to simulate rainfall – runoff, using 8 different catchment area size, 3 slope classes and 3 vegetation covery density classes on the 5 soil textures. Then, depth of runoff was estimated by considering the rate of infiltration for each plot. Finally, estimated depth and calculated amount of runoff were capered with the measured depth and amount of runoff by using variance analysis test. Result of the study is shown that there is not good fitness between estimated monthly runoff using AWBM in comparison to the measured one, While AWBM has a good capability for estimating annual runoff in small scale catchments in terms of rainwater catchment systems is called micro – catchments. Thus, the use of AWBM can be recommened for calculation of micro – catchment area and / or size and dimension.

KeyWords: Area water Balance Model (AWBM), Counter bank, Rainwater Catchment Systems, Rainfall Runoff Simulation, Runoff Coefficient

مقدمه

آگاهی از توان طبیعی تولید رواناب در پهنه‌های منابع طبیعی یکی از نیازهای اساسی برای برنامه‌ریزی اصولی جهت بهره‌برداری بهینه از آب‌های قابل دسترسی از طریق استحصال آب است. استفاده از فن و دانش استحصال آب باران با استفاده از ایجاد و احداث سامانه‌های سطوح آبگیر باران از دیر باز به عنوان روشی برای تأمین آب جهت مصارف مختلف به ویژه مصرف کشاورزی بوده است(۳،۱). به نحوی که شیوه‌های مختلف جمع‌آوری و ذخیره‌سازی آب‌های استحصالی با توجه به نیاز روزافزون به آب برای افزایش راندمان سامانه‌های مختلف سطوح آبگیر باران همراه با شیوه‌های نوین تکمیل و ابداع شده‌اند (۷،۵،۴).

نتایج حاصل از پژوهش‌های انجام شده درباره کارایی سامانه‌های سطوح آبگیر باران در تأمین بخشی از نیاز آبی اقدامات زراعی نشانگر این است که چنین سامانه‌هایی نقش قابل توجهی در استقرار گیاهان و افزایش تولیدات گیاهی به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک دارند. به طور مثال درخت‌کاری با استفاده از ایجاد سطوح آبگیر کوچک مقیاس برای استحصال آب باران جهت آبیاری درختان غرس شده در کرمان، حاکی از موفقیت کامل این شیوه تأمین آب در امر ایجاد باغات دیم در مناطق نیمه خشک است (۵). پژوهش انجام شده در زمینه امکان تأمین آب برای مصارف کشاورزی در ایالت آریزونا- آمریکا توسط Cluff (۹) نشانگر این بوده است که با به‌کارگیری سامانه‌های سطوح آبگیر بخش قابل توجهی از اراضی زراعی که به دلیل کمبود آب قابل کشت و زرع نبوده‌اند، با تأمین آب مورد نیاز تحت کشت قرار گرفته‌اند. افزایش تولید گندم به میزان ۸۰ درصد در اثر تأمین آب از طریق استحصال آب باران با استفاده از سطوح آبگیر در کشور بوتسوانا- آفریقا نتیجه بدست آمده از تحقیق انجام شده توسط Cartner و همکاران است که نشان دهنده موفقیت آمیز بودن بهره‌گیری از چنین سامانه‌های در فعالیت‌ها و اقدامات زراعی می‌باشد(۱۰).

با توجه به تأثیر و نقش سامانه‌های سطوح آبگیر باران در تأمین آب مورد نیاز و یا حداقل بخشی از آن جهت کشاورزی، یکی از نکات

Archive of SID
www.SID.ir

یا موارد مهم در طراحی، احداث و استفاده از سامانه‌های سطوح آبگیر باران، وسعت یا اندازه سطح آبگیر برای جمع‌آوری یا به عبارت بهتر، استحصال آب باران می‌باشد (۱۵،۱۲). زیرا اندازه سطح جمع‌آوری کننده آب باران (سطح آبگیر) باید به نحوی محاسبه شود که بتواند پاسخگوی آب مورد نیاز یا بخش قابل توجهی از آن برای مصرف مورد نیاز باشد (۱۵،۷،۶،۳،۲). در این رابطه نتیجه حاصل از اندازه مناسب سطح آبگیر باران برای تأمین آب مورد نیاز درختان پسته در پاکستان با متوسط بارندگی سالانه ۲۴۰ میلی متر، مشخص شده است که مناسب‌ترین اندازه معادل ۸۰ مترمربع است (۶، ۸).

با توجه به مجموع مطالب فوق می‌توان نتیجه گرفت که برآورد مقدار آب قابل استحصال با استفاده از سطح آبگیر باران مستلزم برآورد پتانسیل تولید رواناب در مناطق مورد نظر می‌باشد. در این رابطه هر چند می‌توان از روش‌ها و مدل‌های ارائه شده برای برآورد رواناب استفاده نمود اما، مشخص کردن مناسب‌ترین روش همواره یکی از پرسش‌های اساسی در این زمینه بوده است. به طور مثال مقایسه دو مدل برآورد رواناب SFB و AWBM توسط Sharifi و Boyd (۱۴) از یک طرف و مقایسه نتایج حاصل از برآورد رواناب با استفاده از ۷ مدل به این نتیجه دست یافته است که میزان رواناب برآورد شده با استفاده از مدل AWBM در مقایسه با مدل‌های مورد آزمون در همخوانی و تطبیق بیشتر با مقدار اندازه‌گیری رواناب می‌باشد (۱۳). هر چند نتایج بدست آمده به شرح فوق بیانگر و نشان‌دهنده کاربرد و کارایی مناسب مدل AWBM در برآورد رواناب در مقیاس حوزه آبخیز است، اما استفاده از آن در برآورد سطوح آبگیر کوچک مقیاس به عنوان یک مدل رایانه‌ای مورد توجه و نظر نبوده است. از این‌رو هدف مقاله حاضر با توجه به پژوهش انجام شده در زمینه کاربرد و کارایی این مدل برای برآورد رواناب جهت محاسبه اندازه سطح آبگیر کوچک مقیاس باران، است تا بتوان از این طریق یکی از چالش‌های موجود در طراحی سامانه سطوح آبگیر باران را برطرف نمود.

معرفی اجمالی مدل AWBM ۱

مدل AWBM بر اساس نظریه جریان از سطوح جزئی اشباع که مشابه نظریه جریان سطحی اشباع است، توسعه داده شده است. به طور کلی در مدل با در نظر گرفتن سه سطح ذخیره در یک حوزه آبخیز اقدام به شبیه سازی ضریب رواناب می‌شود. به طور کلی بیلان آب در هر سطح ذخیره به طور مستقل محاسبه می‌گردد. به این ترتیب در مدل AWBM بیلان آب در هر مساحت جزئی در هر مرحله زمانی (روز یا ساعت) محاسبه می‌شود. به نحوی که در هر مرحله بارش با توجه به ذخیره رطوبتی در هر یک از سطوح سه گانه ذخیره آب (رطوبت) در خاک و با لحاظ مقدار تبخیر و تعرق بیلان آب با استفاده از رابطه ۱ بدست می‌آید:

$$Store\ n = Store + rain - evap \qquad \text{رابطه ۱}$$

لازم به توضیح است برنامه‌های مدل AWBM به زبان توربو پاسکال بوده که قابل اجرا در رایانه های IBM می‌باشد. از توانمندی‌ها و قابلیت‌های مدل مذکور امکان نمایش گرافیکی خروجی‌ها است. سهولت دستیابی به داده‌های مورد نیاز این مدل به عنوان ورودی ها برای برآورد رواناب در آبخیزهای فاقد جریان پایه از جمله مزایای آن است که امکان استفاده از آنرا در مناطق خشک و نیمه خشک میسر می‌سازد (۱۴،۱۳).

مواد و روش‌ها

این تحقیق در اراضی مجاور نهالستان آبخیزداری شمیرانات در منطقه لشگرک واقع در شمال تهران که پهنه ای واقع در حوزه آبخیز سد لتیان با اقلیم نیمه خشک می‌باشد به شرح زیر اجرا شده است:

الف- مواد مورد استفاده

با توجه به طراحی اجرای طرح پژوهشی در قالب کرت‌های آزمایشی و مبتنی بودن دستیابی به نتایج به مقادیر بارندگی، رواناب تولیدی و ذخیره آب در توده‌ی خاک به صورت رطوبت موجود در خاک و تغییرات آن در زمان، در اجرای این تحقیق به ترتیب از مواد و وسایل زیر استفاده گردید:

۱ - ورقه‌های پلاستیکی جهت ایجاد پوشش در مخازن جمع آوری رواناب به منظور اندازه‌گیری عمق و حجم رواناب‌های ناشی از بارندگی‌های ۲۴ ساعته،

۲ - دستگاه باران‌سنج جهت انداره گیری و ثبت میزان بارندگی های ۲۴ ساعته،

۳ - تشتک تبخیر کلاس A آمریکایی جهت اندازه‌گیری میزان تبخیر،

۴ - کوادرات های ۱ × ۱ متر جهت اندازه‌گیری خصوصیات پوشش گیاهی، دستگاه اوگر برای تهیه نمونه‌های خاک به منظور مشخص کردن ویژگی‌های خاک در محل ایجاد کرت های آزمایشی و متر فلزی جهت اندازه‌گیری عمق رواناب‌های استحصالی و جمع‌آوری شده در داخل بافت‌ها (مخازن ذخیره آب باران)،

۵ - آمار بارندگی‌های ۲۴ ساعته حوزه آبخیز سد لتیان،

۶ - نرم افزارهای AWBM و Mstatc به ترتیب برای برآورد رواناب و بیلان آب و انجام محاسبات و تجزیه و تحلیل‌های آماری.

ب- روش‌ها

این تحقیق در سه مرحله شامل ۱- انتخاب پهنه تحقیق با توجه به نتایج حاصل از خصوصیات شیب، خاک و پوشش گیاهی و ایجاد و احداث کرت‌های آزمایشی، ۲- اندازه‌گیری و ثبت داده‌های مورد نیاز ۳- اجرای مدل AWBM و تجزیه و تحلیل نتایج به شرح زیر اجرا شده است:

۱ - مشخص کردن پهنه تحقیق در مجاورت نهالستان آبخیزداری شمیرانات واقع در شمال تهران بزرگ به نحوی که دارای تنوع لازم از نظر بافت خاک، شیب و تراکم پوشش گیاهی باشد. لازم به توضیح است که انتخاب محل انجام مطالعه با توجه به سوابق اطلاعاتی حاصل از مطالعات پیشین موجود از منطقه و عملیات میدانی شامل تعیین و طبقه بندی شیب زمین در پهنه تحقیق در سه گروه ۲۰- ۲، ۴۰- ۲۱ و ۶۰- ۴۱ درصد، تراکم پوشش گیاهی در سه گروه ۳۰- ۱۰، ۵۰- ۳۱ و ۷۰- ۵۱ درصد و بافت خاک در ۵ گروه سیلت رسی (si-c)، سیلت رسی لومی (si-cl)،رس لومی(c-l)، رسی (c) و شن رسی لومی(sa-cl) انجام گردید. بر اساس ۱۵ نقطه مورد بررسی بر تعیین موارد فوق انجام گردید (جدول ۱).

۲ - ایجاد کرت های آزمایشی جمع آوری کننده باران به عنوان سطوح آبگیر باران و پهنه تولید کننده رواناب‌های ناشی از بارندگی‌ها به تعداد ۲۲

Archive of SID
www.SID.ir

کرت در ۸ گروه به ابعاد: ۶ × ۴، ۶ × ۵، ۷ × ۶، ۸ × ۶، ۱۰ × ۶، ۹ × ۷، ۸ × ۸ و ۱۰ × ۸ متر(شکل ۱). لازم به توضیح است که ابعاد کرت‌ها با توجه به نتایج حاصل از پژوهش‌های انجام شده پیشین در جهان مانند پژوهش انجام شده توسط Boers (۶) اقدام به ایجاد باروهای خاکی در حاشیه هر کرت گردید.

۳ - برای اندازه‌گیری ارتفاع و حجم رواناب‌های تولیدی در هر کرت آزمایش به منظور دستیابی به اندازه مناسب و بهینه سطح آبگیر باران در شرایط طبیعی (بدون تیمار جهت افزایش تولید رواناب از طریق کاهش نفوذپذیری در پهنه سطح آبگیر) در قسمت پایاب هر کرت اقدام به احداث بانکت‌های مسطح به ابعاد ۰/۵۰ × ۰/۵۰ متر، در طول هم عرض هر کرت آزمایشی شد. به نحوی که دیواره‌ها و کف بانکت‌ها با استفاده از حفاظ ورقه‌ای پلاستیکی پوشیده و نفوذ ناپذیر گردید تا امکان اندازه‌گیری ارتفاع رواناب‌های استحصالی و ذخیره شده در داخل بانکت‌ها میسر شود. شایان ذکر است که پس از هر بار اندازه‌گیری ارتفاع رواناب در داخل بانکت‌ها اقدام به تخلیه آب‌های استحصالی با جابجایی نمودن حفاظ‌های پلاستیکی جهت آماده‌سازی مخزن برای رخداد بعدی بارندگی می‌گردد.

۴ - ارتفاع باران با قرائت ارتفاع بارش در هر بار بارندگی با استفاده از دو دستگاه باران‌سنج نصب شده در پهنه تحقیق طی دو سال آبی در طول مدت انجام پژوهش (سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۲) اندازه‌گیری و ثبت شد. اندازه‌گیری میزان تبخیر نیز به روش استاندارد با استفاده از یک دستگاه تشتک تبخیر سنجی کلاس A نوع آمریکایی در طول دوره تحقیق انجام و ثبت گردید.

۵ - تجزیه و تحلیل بارندگی منطقه با استفاده از داده‌های بارندگی مربوط به حوزه آبخیز سد لتیان که پهنه تحقیق در آن واقع گردیده به منظور استفاده از آنها برای اجرای مدل AWBM جهت برآورد رواناب و مقایسه مقادیر برآورد شده با استفاده از مدل مذکور با مقادیر اندازه‌گیری شده طی مدت تحقیق.

۶ - اجرای مدل AWBM برای محاسبه ضرایب رواناب و محاسبه مقادیر رواناب ماهانه و سالانه از طریق وارد کردن داده‌های مربوط به بارندگی، رواناب و تبخیر روزانه در یک دوره ۱۰ ساله جهت برآورد رواناب در دوره ۱۰ ساله بعدی. به طوری که با استفاده از داده‌های باران، رواناب و تبخیر روزانه یک دوره ۱۰ ساله، ضرایب نگهداشت آب در سطوح آبگیر کوچک مقیاس (کرت های آزمایشی) و مساحت گروه‌های مختلف کرت‌های آزمایشی بوسیله مدل محاسبه شده و سپس با استفاده از ضرایب مذکور ارتفاع رواناب در ۱۰ کرت آزمایشی برآورد گردید و از این طریق اقدام به مقایسه مقادیر برآورد شده ارتفاع رواناب بوسیله مدل AWBM با مقادیر اندازه‌گیری ارتفاع رواناب در ۱۰ کرت آزمایشی مشابه شد. به طوری که در نهایت اقدام به مقایسه آماری نتایج حاصل از مقادیر برآورد شده رواناب با مقادیر اندازه‌گیری شده از طریق تجزیه و تحلیل واریانس گردید.

نتایج

۱ - با توجه به بررسی وضعیت یا نوع بافت خاک، شیب زمین و میزان تراکم پوشش گیاهی در پهنه تحقیق نتایج بدست آمده در جدول ۱ ارائه شده است. بر این اساس و با در نظر گرفتن سه گروه شیب زمین به ترتیب با حداقل و حداکثر ۵ تا ۵۲ درصد، تراکم پوشش گیاهی در دو گروه به ترتیب با حداقل و حداکثر ۱۰ تا ۷۰ درصد و ۵ گروه بافت خاک از بافت

جدول ۱- خصوصیات بافت‌خاک، شیب زمین و تراکم پوشش‌گیاهی در نقاط نمونه‌برداری در محل کرت‌های آزمایشی استحصال آب باران

شماره نمونه	بافت خاک				شیب		تراکم پوشش کیاهی	
	رس (درصد)	لای (درصد)	شن درصد)	نوع بافت	میزان شیب(درصد)	گروه	میزان تراکم(درصد)	گروه
۱	۴۳	۳۶	۲۱	سیلت رسی	۷	۱	۲۵	۱
۲	۳۶	۵۰	۱۴	سیلت رسی لومی	۸	۱	۱۰	۱
۳	۳۸	۳۸	۲۴	رسی لومی	۵	۱	۵۰	۲
۴	۴۶	۳۲	۲۲	رس	۵۲	۳	۵۵	۳
۵	۴۰	۳۴	۲۶	رسی لومی	۵۲	۳	۴۸	۲
۶	۴۴	۳۴	۲۲	رس	۳۳	۲	۴۰	۲
۷	۴۲	۳۶	۲۲	رس	۳۴	۲	۵۵	۳
۸	۴۲	۲۶	۳۲	رس	۳۸	۲	۵۵	۳
۹	۴۲	۳۲	۲۶	رس	۳۸	۲	۶۰	۳
۱۰	۴۴	۳۶	۲۰	رس	۳۶	۲	۷۰	۳
۱۱	۴۲	۳۶	۲۲	رس	۱۸	۱	۴۵	۲
۱۲	۳۶	۳۰	۳۴	رسی لومی	۱۲	۱	۳۰	۱
۱۳	۴۲	۳۸	۴۲	رس	۳۶	۲	۳۰	۱
۱۴	۳۰	۲۰	۵۰	شن رسی لومی	۳۶	۲	۴۰	۲
۱۵	۳۶	۲۸	۳۶	رسی لومی	۴۶	۳	۴۰	۲

Archive of SID
www.SID.ir

رسی تا بافت شن رسی لومی از یک‌سو و مقادیر رواناب‌های تولید شده ناشی از رخداد ۱۲ واقعه بارندگی ۲۴ ساعته و در نظر گرفتن سه تکرار در قالب سه کرت آزمایشی در رابطه با ترکیب و تلفیق گروه‌های مختلف شیب زمین، تراکم پوشش گیاهی و بافت خاک از سوی دیگر، مقادیر اندازه‌گیری ارتفاع رواناب در جدول ۲ ارائه شده است.

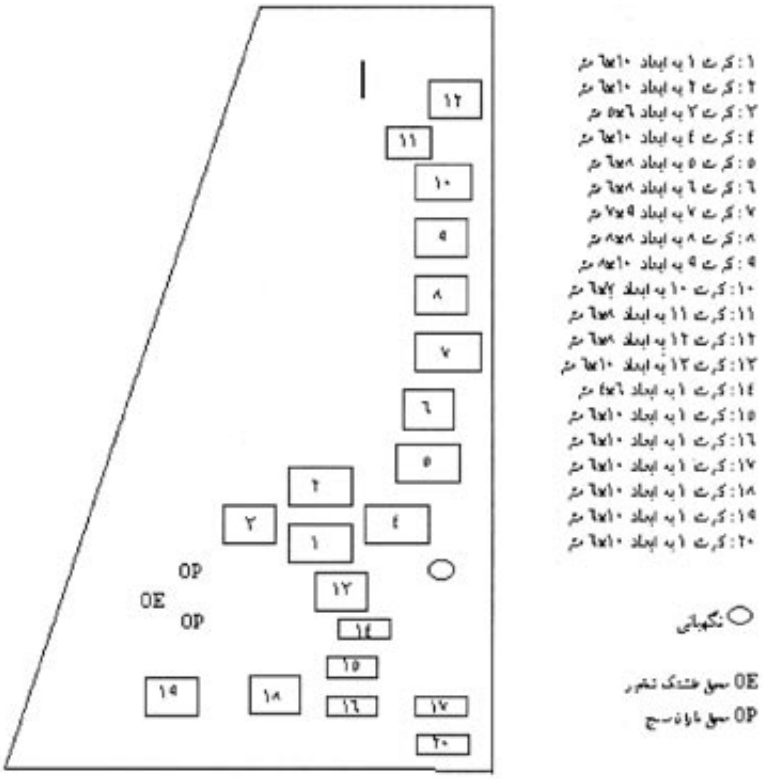
۲ - مقادیر رواناب تولیدی ناشی از ۱۲ واقعه بارندگی بیش از ۱۰ میلی متر در روز در طول مدت انجام پژوهش با توجه به اینکه به طور کلی بارش‌های کمتر از ۱۰ میلیمتر منجر به تولید رواناب در پهنه تحقیق نشدند بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام شده در مخزن کرت‌های آزمایشی (در داخل بانکت‌های مسطح دارای پوشش پلاستیکی در پایاب هر کرت آزمایشی) به تفکیک رواناب‌های ماهانه و مجموع سالانه در جدول ۲ ارائه شده است.

۳ - از آنجا که هدف از پژوهش ارزیابی کارایی و دقت مدل AWBM در برآورد رواناب سطحی در سطوح آبگیر کوچک مقیاس بوده از اینرو، مقادیر رواناب برآورده شده ماهانه و مجموع سالانه با استفاده از مدل مذکور با لحاظ ویژگی‌های مربوط به کرت‌های آزمایشی با سه تیمار شیب، پوشش گیاهی و بافت خاک هر یک در چهار تکرار و با وارد نمودن مقادیر ۱۲ واقعه بارندگی، تبخیر و رواناب اندازه‌گیری شده در پهنه تحقیق از یک طرف و واسنجی ضرایب مربوط به نگهداشت آب و مساحت سطوح آبگیر توسط مدل برای ۱۰ کرت آزمایش و برآورد مقادیر رواناب بر این اساس با لحاظ ۱۲ واقعه بارندگی ثبت شده منجر به تولید رواناب در ۱۰ کرت آزمایشی دیگر طی سال‌های آبی ۸۱- ۱۳۸۰ و ۸۲- ۱۳۸۱ از طرف دیگر نیز در جدول ۲ آورده شده است.

با توجه به مقادیر اندازه‌گیری و برآورد شده رواناب در کرت‌های آزمایشی (جدول ۲) و مقایسه آنها با یکدیگر می‌توان نتیجه گرفت که به رغم اختلاف نسبتاً فاحش بین مقادیر رواناب ماهانه اندازه‌گیری شده با مقادیر برآورد شده، مقادیر رواناب اندازه‌گیری با برآورد شده سالانه توسط مدل دارای اختلاف جزئی می‌باشند که حاکی از دقت مناسب مدل در این رابطه می‌باشد. لازم به توضیح است که در محاسبات مربوط به برآورد رواناب توسط مدل از لحاظ نمودن مقادیر متغیر مربوط به شاخص‌های جریان پایه، دبی پایه و رواناب سطحی به دلیل ناچیز بودن دبی پایه تحت تأثیر تغییرات ضرایب سطوح جزئی (A۱، A۲ و A۳) با توجه به نتایج حاصل از ۱۰ کرت آزمایشی در تمامی محاسبات برای کلیه کرت‌ها ثابت فرض گردیده است. به طوری که مقادیر شاخص‌های جریان پایه (BFI)، دبی پایه (K_{base}) و رواناب سطحی (K_{surf}) و ضرایب A۱، A۲ و A۳ به ترتیب برابر با ۰/۰۱، ۰/۸۰۶، ۰/۰۱، ۰/۱۳۴، ۰/۴۳۳ و ۰/۴۳۳ در نظر گرفته شده است. لازم است به این نکته توجه شود که مقادیر اولیه پارامتر سطوح جزئی (A۱، A۲ و A۳) در مدل ابتداء وبه طور اتوماتیک بر اساس سایر داده‌های ورودی توسط مدل مشخص و در محاسبات لحاظ شود. با شرح فوق نتیجه حاصل از انجام محاسبات در جدول ۳ ارائه گردیده است.

۴ - نتایج بدست آمده از مقادیر ارتفاع رواناب در تیمارهای مختلف شیب (سه گروه شیب زمین) با توجه به انجام آزمون تجزیه و واریانس (جدول ۴) نشانگر این است که اختلاف مقادیر ارتفاع روآناب اندازه‌گیری شده (با توجه به دقت قابل قبول آن به شرح بند ۳ نتایج) بین تیمار گروه‌های شیب ۱ و ۲ (گروه شیب‌های ۲۰- ۱ و ۴۱- ۲۱ درصد) با تیمار ۳ (گروه شیب ۶۰- ۴۱ درصد) به شرح مندرج در جدول ۱ در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار است. به طوری که میانگین ارتفاع روآناب مربوط به ۴ تکرار در هر تیمار برای گروه‌های ۳ گانه شیب ۱ تا ۳ به ترتیب ۶۲/۱، ۸۰/۷۵ و ۹۵/۵ میلی متر با ضریب تغییرات ۱۳/۲۴ بدست آمده است. این موضوع نشان می‌دهد که در سامانه های آبگیر کوچک مقیاس حتی می‌توان تنها با استفاده از لحاظ یک متغیر مانند شیب زمین (احداث سطوح آبگیر باران در شیب های بیش از ۴۰ درصد) به میزان قابل توجهی اقدام به کاهش تلفات بارندگی و در نتیجه افزایش روآناب تولیدی نمود.

۵ - نتایج حاصل از اندازه‌گیری ارتفاع روآناب با لحاظ تیمارهای سه گانه تراکم پوشش گیاهی با توجه به انجام آزمون تجزیه واریانس (جدول ۵) مبیین این است که بین مقادیر ارتفاع روآناب تولید شده در سه تیمار تراکم پوشش گیاهی شامل ۳۰- ۱۰، ۵۰- ۳۱ و ۷۰- ۵۱ درصد به ترتیب با میانگین های ۸۵/۱۵، ۷۲/۵۵ و ۶۸/۶۳ میلی متر تنها اختلاف بین تیمار



شکل ۱- نمایش نحوه استقرار کرت‌های آزمایشی در پهنه تحقیق

www.SID.ir

جدول ۲- ارتفاع رواناب اندازه‌گیری و برآورد شده توسط مدل AWBM (ارتفاع رواناب برحسب میلیمتر)

شماره کرت	ماه / نوع رواناب	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	رواناب سالانه
۱	A*	۰	۰	۰	۰	۹	۲۸/۵	۰	۰	۷	۳۹	۳۲	۰	۱۱۶
	C*	۰	۰	۰	۰	۱/۷	۱۱/۲	۰/۴	۵/۲	۸/۱	۴۲/۸	۴۶	۰	۱۱۶
۲	A	۰	۰	۰	۰	۹	۲۴	۰	۰	۵	۳۸/۵	۱۷/۵	۰	۹۴
	C	۰	۰	۰	۰	۱/۵	۱۰/۸	۰/۲	۴/۸	۵/۲	۳۸/۶	۳۲/۹	۰	۹۳/۸
۳	A	۰	۰	۰	۰	۹	۱۶	۰	۰	۵	۳۳/۵	۱۲/۵	۰	۷۶
	C	۰	۰	۰	۰	۱/۲	۱۰/۱	۰	۴/۳	۴/۹	۲۷/۱	۲۸/۴	۰	۷۵/۸
۴	A	۰	۰	۰	۰	۹	۲۱/۷	۰	۰	۶	۳۵/۵	۱۶	۰	۸۸/۲
	C	۰	۰	۰	۰	۱/۵	۱۰/۷	۰/۱	۴/۶	۵/۲	۳۶/۸	۲۹/۴	۰	۸۷/۳
۵	A	۰	۰	۰	۰	۹	۲۸	۰	۰	۹	۳۷	۱۹	۰	۱۰۲
	C	۰	۰	۰	۰	۱/۶	۱۰/۹	۰/۲	۴/۹	۵/۳	۴۱/۲	۳۷/۹	۰	۱۰۲
۶	A	۰	۰	۰	۰	۱۱	۲۱/۵	۰	۰	۹	۲۸	۱۷	۰	۸۶
	C	۰	۰	۰	۰	۱/۵	۱۰/۶	۰/۱	۴/۶	۵/۲	۳۶/۲	۲۸/۴	۰	۸۷
۷	A	۰	۰	۰	۰	۱۱	۲۲	۰	۰	۶	۲۷	۱۷	۰	۸۳
	C	۰	۰	۰	۰	۱/۴	۱۰/۵	۰	۴/۵	۵/۱	۳۲/۲	۲۸/۴	۰	۸۳
۸	A	۰	۰	۰	۰	۱۱	۲۵	۰	۰	۶	۳۱/۵	۱۹	۰	۹۳
	C	۰	۰	۰	۰	۱/۵	۱۰/۷	۰/۱	۴/۷	۵/۲	۳۰/۲	۳۲	۰	۹۳
۹	A	۰	۰	۰	۰	۱۰	۱۸	۰	۰	۶	۲۹	۱۵	۰	۷۸
	C	۰	۰	۰	۰	۱/۳	۱۰/۲	۰	۴/۴	۴/۹	۲۸/۹	۲۸/۴	۰	۷۸
۱۰	A	۰	۰	۰	۰	۱۱	۲۴	۰	۰	۶	۳۸/۵	۲۰	۰	۹۹
	C	۰	۰	۰	۰	۱/۶	۱۰/۹	۰/۲	۴/۹	۵/۳	۴۰/۴	۳۶/۳	۰	۱۰۰

ادامه جدول ۲- ارتفاع رواناب اندازهگیری و برآورد شده توسط مدل AWBM (ارتفاع رواناب برحسب میلیمتر)

شماره کرت	ماه / نوع رواناب	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	رواناب سالانه
۱۱	A	۰	۰	۰	۰	۸	۵/۱۴	۰	۰	۶	۵/۲۷	۱۴	۰	۷۰
	C	۰	۰	۰	۰	۱/۱	۸/۹	۰	۲/۴	۷/۴	۹/۲۱	۴/۲۸	۰	۷۰
۱۲	A	۰	۰	۰	۰	۱۱	۲۱	۰	۰	۶	۵/۶۶	۰	۰	۱۰۵
	C	۰	۰	۰	۰	۶/۱	۱۱	۳/۰	۹/۴	۳/۵	۴۲	۳۹	۰	۱۰۵
۱۳	A	۰	۰	۰	۰	۷	۱۵	۰	۰	۶	۵/۳۰	۵/۱۳	۰	۷۲
	C	۰	۰	۰	۰	۱/۱	۹/۹	۰	۲/۴	۸/۴	۶/۲۳	۴/۲۸	۰	۷۲
۱۴	A	۰	۰	۰	۰	۷	۱۵	۰	۰	۶	۵/۲۵	۱۳	۰	۶۷
	C	۰	۰	۰	۰	۰/۱	۶/۹	۰	۱/۴	۶/۴	۸/۱۸	۴/۲۸	۰	۶۷
۱۵	A	۰	۰	۰	۰	۷	۱۵	۰	۰	۶	۲۸	۵/۱۴	۰	۷۱
	C	۰	۰	۰	۰	۱/۱	۸/۹	۰	۲/۴	۷/۴	۳/۲۲	۴/۲۸	۰	۷۱
۱۶	A	۰	۰	۰	۰	۷	۱۵	۰	۰	۶	۲۳	۵/۱۳	۰	۶۵
	C	۰	۰	۰	۰	۹/۰	۵/۹	۰	۴	۶/۴	۱/۱۷	۴/۲۸	۰	۶۵
۱۷	A	۰	۰	۰	۰	۷	۱۵	۰	۰	۶	۵/۲۶	۵/۱۲	۰	۶۷
	C	۰	۰	۰	۰	۰/۱	۶/۹	۰	۱/۴	۷/۴	۳/۱۹	۴/۲۸	۰	۶۷
۱۸	A	۰	۰	۰	۰	۷	۱۴	۰	۰	۶	۵/۲۴	۱۲	۰	۶۳
	C	۰	۰	۰	۰	۹/۰	۴/۹	۰	۴	۶/۴	۲/۱۶	۴/۲۸	۰	۶۴
۱۹	A	۰	۰	۰	۰	۷	۱۵	۰	۰	۶	۵/۲۲	۱۲	۰	۶۳
	C	۰	۰	۰	۰	۹/۰	۴/۹	۰	۴	۵/۴	۴/۱۵	۴/۲۸	۰	۶۳
۲۰	A	۰	۰	۰	۰	۷	۵/۱۳	۰	۰	۶	۲۳	۵/۱۱	۰	۶۱
	C	۰	۰	۰	۰	۸/۰	۳/۹	۰	۹/۳	۵/۴	۱/۱۴	۲۸	۰	۶۱

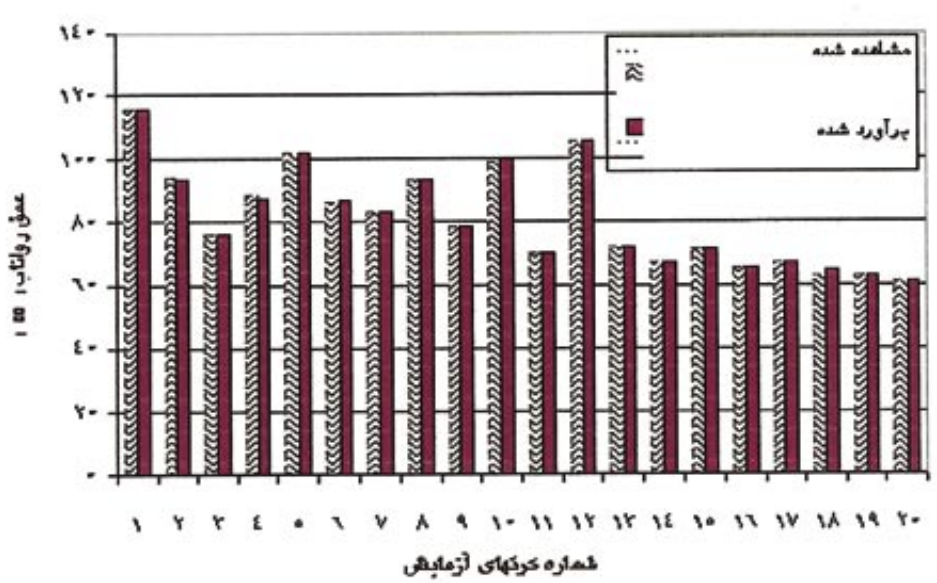
پژوهش و سازندگی www.SID.ir

اول (گروه تراکم پوشش ۳۰- ۱۰ درصد) با تیمار سوم (گروه تراکم پوشش ۷۰- ۵۱ درصد) در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار است.

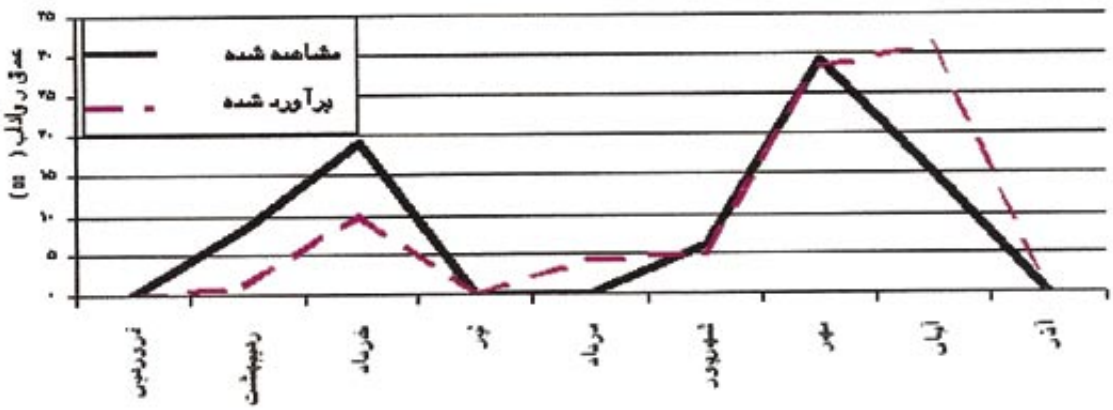
مقایسه نتایج بدست آمده از مقادیر ارتفاع رواناب‌های اندازه‌گیری شده در کرت‌های آزمایشی با برآورد شده سالانه مربوط به آنها نشان دهنده اختلاف کمتر از ۵ درصد است (شکل ۲). این در حالی است که اختلاف بین ارتفاع رواناب‌های اندازه‌گیری شده با برآورد شده ماهانه با استفاده از مدل AWBM مبیین اختلاف فاحش بین آنها است (شکل ۳).

نتیجه‌گیری و بحث

با توجه به نتیجه بدست آمده از مقادیر ارتفاع رواناب برآورد شده سالانه با استفاده از مدل AWBM در مقایسه با اندازه گیری شده و اختلاف کمتر از ۵ درصد بین آنها، می‌توان در مجموع استفاده از مدل مورد بحث را در مواردی که طراحی سامانه‌های کوچک مقیاس آبگیر باران بر پایه متوسط بارندگی سالانه مد نظر باشد، توصیه نمود. اما با توجه به اختلاف فاحش مقادیر ماهانه ارتفاع رواناب برآورد شده با استفاده از مدل AWBM



شکل ۲- نمودار مقادیر مشاهده شده و برآورد شده
رواناب با استفاده از مدل AWBM در کرت‌های آزمایشی آبگیر باران



شکل ۳- مقایسه مقادیر رواناب ماهانه مشاهده شده
و برآورد شده با استفاده از مدل AWBM در کرت‌های آزمایشی آبگیر باران

www.SID.ir

جدول ۳- مقادیر محاسبه شده ضرایب ظرفیت نگهداشت آب (C) در مساحت های جزئی (A) برای برآورد رواناب مربوط به کرتهای آزمایشی با استفاده از مدل AWBM

ردیف	نام فایل	C۱	C۲	C۳	A۱	A۲	A۳	BF۱	Kbase	Ksurf
۱	Param.Lsh	۸/۸	۸۹/۵	۱۷۹/۱	۰/۱۳۴	۰/۴۳۳	۰/۴۳۳	۰/۰۱	۰/۸۰۶	۰/۰۱
۲	Param . Ls۲	۱۰/۳	۱۰۴/۴	۲۰۹/۵	۰/۱۳۴	۰/۴۳۳	۰/۴۳۳	۰/۰۱	۰/۸۰۶	۰/۰۱
۳	Param .Ls۳	۱۲	۱۳۰/۶	۲۶۱/۲	۰/۱۳۴	۰/۴۳۳	۰/۴۳۳	۰/۰۱	۰/۸۰۶	۰/۰۱
۴	Param . Ls۴	۱۰/۷	۱۰۸/۹	۲۱۷/۷	۰/۱۳۴	۰/۴۳۳	۰/۴۳۳	۰/۰۱	۰/۸۰۶	۰/۰۱
۵	Param . Ls۵	۹/۷	۹۹/۱	۱۹۸/۲	۰/۱۳۴	۰/۴۳۳	۰/۴۳۳	۰/۰۱	۰/۸۰۶	۰/۰۱
۶	Param . Ls۶	۱۰/۸	۱۱۰/۳	۲۲۰/۶	۰/۱۳۴	۰/۴۳۳	۰/۴۳۳	۰/۰۱	۰/۸۰۶	۰/۰۱
۷	Param . Ls۷	۱۱/۴	۱۱۶/۹	۲۳۳/۸	۰/۱۳۴	۰/۴۳۳	۰/۴۳۳	۰/۰۱	۰/۸۰۶	۰/۰۱
۸	Param . Ls۸	۱۰/۴	۱۰۵/۸	۲۱۱/۶	۰/۱۳۴	۰/۴۳۳	۰/۴۳۳	۰/۰۱	۰/۸۰۶	۰/۰۱
۹	Param . Ls۹	۱۲/۴	۱۲۶/۷	۲۵۳/۳	۰/۱۳۴	۰/۴۳۳	۰/۴۳۳	۰/۰۱	۰/۸۰۶	۰/۰۱
۱۰	Param . Ls۱۰	۹/۹	۱۰۰/۸	۲۰۱/۷	۰/۱۳۴	۰/۴۳۳	۰/۴۳۳	۰/۰۱	۰/۸۰۶	۰/۰۱
۱۱	Param . Ls۱۱	۱۳/۹	۱۴۲/۴	۲۸۴/۷	۰/۱۳۴	۰/۴۳۳	۰/۴۳۳	۰/۰۱	۰/۸۰۶	۰/۰۱
۱۲	Param . Ls۱۲	۹/۵	۹۷/۳	۹۴/۶	۰/۱۳۴	۰/۴۳۳	۰/۴۳۳	۰/۰۱	۰/۸۰۶	۰/۰۱
۱۳	Param . Ls۱۳	۱۳/۶	۱۳۸/۴	۲۷۶/۸	۰/۱۳۴	۰/۴۳۳	۰/۴۳۳	۰/۰۱	۰/۸۰۶	۰/۰۱
۱۴	Param . Ls۱۴	۱۴/۶	۱۴۹/۴	۲۹۸/۸	۰/۱۳۴	۰/۴۳۳	۰/۴۳۳	۰/۰۱	۰/۸۰۶	۰/۰۱
۱۵	Param . Ls۱۵	۱۳/۸	۱۴۱/۴	۲۸۲/۷	۰/۱۳۴	۰/۴۳۳	۰/۴۳۳	۰/۰۱	۰/۸۰۶	۰/۰۱
۱۶	Param . Ls۱۶	۱۵	۱۵۳/۴	۳۰۶/۸	۰/۱۳۴	۰/۴۳۳	۰/۴۳۳	۰/۰۱	۰/۸۰۶	۰/۰۱
۱۷	Param . Ls۱۷	۱۴/۵	۱۴۸/۴	۲۹۶/۷	۰/۱۳۴	۰/۴۳۳	۰/۴۳۳	۰/۰۱	۰/۸۰۶	۰/۰۱
۱۸	Param . Ls۱۸	۱۵/۲	۱۵۵/۴	۳۱۰/۸	۰/۱۳۴	۰/۴۳۳	۰/۴۳۳	۰/۰۱	۰/۸۰۶	۰/۰۱
۱۹	Param . Ls۱۹	۱۵/۴	۱۵۷/۴	۳۱۴/۹	۰/۱۳۴	۰/۴۳۳	۰/۴۳۳	۰/۰۱	۰/۸۰۶	۰/۰۱
۲۰	Param . Ls۲۰	۱۵/۷	۱۶۰/۴	۳۲۰/۹	۰/۱۳۴	۰/۴۳۳	۰/۴۳۳	۰/۰۱	۰/۸۰۶	۰/۰۱

توضیح: * C۱، C۲، C۳ = ضرایب مربوط به ظرفیت نگهداشت آب در سطح آبگیر قبل و بعد از تشکیل رواناب،

*A۱، A۲، A۳ = مساحت‌هایی از سطح آبگیر با ضرایب نگهداشت آب معادل C۱، C۲، C۳ ،

* (BFI) = شاخص جریان پایه (Kbase) = شاخص تخلیه دبی پایه (Ksurf) = شاخص رواناب سطحی

A= ارتفاع رواناب اندازه‌گیری شده، C= ارتفاع رواناب برآورد شده

پژوهش و سازندگی www.SID.ir

جدول ۴- نتیجه آزمون تجزیه واریانس در رابطه با اثر تیمارهای شیب در ایجاد رواناب

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار Fمحاسبه شده	سطح معنی‌دار بودن
تکرار	۳	۷۷۰/۴۳	۲۵۶/۸۱	۲/۳۱۷۸	۰/۰۱۷
تیمار شیب	۲	۲۲۴۵/۸۲	۱۱۲۲/۹۱	۱۰/۱۳۴۵	۰/۰۱۱۹
خطای آزمایش	۶	۶۶۴/۸	۱۱۰/۸	-	-
کل	۱۱	۳۶۸۱	-	-	-

جدول ۵- جدول نتیجه آزمون تجزیه واریانس در رابطه با اثر تیمارهای پوشش گیاهی در ایجاد رواناب

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار Fمحاسبه شده	سطح معنیدار بودن
تکرار	۳	۱۲۲۸/۷	۴۰۹/۵۸	۶/۰۴۶	۰/۰۳۰۲
تیمار شیب	۲	۶۳۹/۰۴	۳۱۹/۵۲	۴/۷۱	۰/۰۵۸۸
خطای آزمایش	۶	۴۰۶/۴۶	۶۷/۷۴	-	-
کل	۱۱	۲۲۷۴/۲۳	-	-	-

با مقادیر ماهانه اندازه‌گیری شده، بی تردید استفاده از این مدل نمی‌تواند کارایی را داشته باشد. علت این موضوع را می‌توان به عدم اطلاع دقیق از میزان آب ذخیره شده در توده خاک در فاصله دو واقعه بارش در یک ماه نسبت داد. علاوه بر این بررسی حاصل از اجرای مدل مبین این است که ضرایب مربوط به پارامتر سطوح جزئی شامل A۲ ، A۱ و A۳ و شاخص‌های جریان پایه (BF۱)، دبی پایه (K_{base}) و رواناب سطحی (K_{surf}) مورد استفاده در مدل AWBM برای برآورد رواناب در کرت های آزمایشی به عنوان سطوح آبگیر کوچک مقیاس (در مقایسه با وسعت و اندازه زیر حوزه آبخیز و آبخیزها) به دلیل ناچیزی نسبی وسعت چنین سطوح آبگیر که در گویش انگلیسی Micro- Catchment نامیده می‌شود، را می‌توان ثابت در نظر گرفت. بدیهی است برای تعیین مقادیر هر یک از ضرایب و شاخص‌های مورد بحث که در مرحله اول به صورت اتوماتیک توسط مدل مقادیر آنها انتخاب می‌شود، لازم است با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده بارندگی، تبخیر و رواناب در سطوح آبگیر کوچک مقیاس اقدام به واسنجی نمود.

از آنجا که نتیجه حاصل از اندازه‌گیری ارتفاع روآناب در کرت های آزمایش ایجاد شده بر روی دامنه‌های شیب‌دار متفاوت و تجزیه و تحلیل داده های ثبت شده نشان دهنده ی اختلاف معنی‌دار بین دو گروه از کرت های آزمایشی سطوح آبگیر باران ایجاد شده در سطح ۹۵ درصد شامل گروه‌های شیب ۲۰- ۰ درصد ۴۰- ۲۱ با گروه شیب بیش از ۴۰ درصد می‌باشد، به این ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که در صورت ثابت یا مشابه بودن سایر ویژگی‌های مربوط به سطوح آبگیر باران (نوع و بافت خاک و نوع و تراکم پوشش گیاهی) احداث سامانه‌های سطوح آبگیر باران در اراضی با شیب بیش از ۴۰ درصد منجر به حداقل تلفات بارندگی و در نتیجه استحصال بخش اعظم بارش‌ها به صورت رواناب سطحی می‌شود. این یافته که در همخوانی و سازگاری با تحقیقات سپاس‌خواه (۱)، Banyasadi و همکاران (۵) و Kirkby (۱۱) است که نشانگر افزایش پتانسیل تولید رواناب با افزایش شیب به ویژه در اراضی با شیب بیش از ۴۰ درصد و در نتیجه در نظر گرفتن سطوح آبگیر با وسعت کمتر در مقایسه با اراضی با شیب کمتر از ۴۰ درصد است. در جمع بندی کلی با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق، استفاده از مدل AWBM جهت برآورد ارتفاع رواناب و محاسبه حجم قابل استحصال آب باران در مناطق خشک و نیمه خشک با هدف طراحی و احداث سامانه‌های کوچک مقیاس استحصال آب باران، قابل توصیه می‌باشد.

منابع مورد استفاده

۱ - سپاسخواه، علیرضا. ۱۳۷۱؛ بررسی عوامل هیدرولوژیکی در استحصال آب باران، مجموعه مقالات سمینار بررسی مسایل مناطق بیابانی ایران، یزد. صفحات

Archive of SID
www.SID.ir

۵۹-۴۶.
۲ - شـعاعی، ض. قدوسـی،ج. تلـوری،ع. مهربان،م.ج و ع. غفـوری. ۱۳۸۲؛ پروژه سیسـتم‌های سـطوح آبگیر باران به منظور توسـعه پایدار منابع زیسـت محیطی. شورای پژوهش‌های علمی‌کشور (کمیسیون کشاورزی). ۷۰۷ صفحه.
۳ - قدوسی، ج. ۱۳۷۶؛ در جستجوی آب: نگاهی به سیستم‌های سطوح آبگیر باران در ایران. وزارت جهاد سازندگی با همکاری شهرداری تهران. ۱۰۸ صفحه.
4- Anaya M.G. and J.S.Tovar .1975; Different soil treatments for harvesting water for radish production in the Mexico Valley. Proc. Water Harvesting Symp. Phoenix, AZ, ARS, W-22, USDA, pp: 315-320.
5- Banyasadi M., Ansari, A., Khosravian, F. and A. Zangi. 1997; Study of trees dry farming by surface runoff. 8th International Conference on Rainwater Catchment's Systems. Tehran _ Iran. Vol (2), pp: 921-997.
6- Boers Th.M. 1994;Rainwater harvesting systems in semiarid and arid zones. Wangningen University Press. 131P.
7- Boers Th.M. , J. Ben-Asher. 1980; Harvesting water in the desert: in annual Report 1979; International Institute for Land Reclamation and Improvement , Wangningen.The Netherlands. pp: 6-23.
8-Boers Th.M , J. Ben-Asher. 1982; A review of rainwater harvesting.Agric.Water Management. pp: 145-158.
9- Cluff C.B. 1989; Water harvesting systems in arid land. Arizona Univ. Tucson, Coll. Engineering. Desalination DSLNAH Vol.(72) pp: 149-159.
10-Cartner D.C. and S. Miller. 1991; Three years experiences with an on-farm microcatchment water harvesting system in Botswana. Agricultural Water Management.pp: 191-203.
11-Kirkby M. 2001; Modeling the interactions between soil surface properties and water, Elsevier, Catenna, pp: 89-102.
12- Pacey,A. and A. Cullis.1986; Rainwater harvesting, The collection of rainfall and runoff in rural areas. ITP.216P.
13- Sharifi F. 1997; An Investigation on. rainfall-runoff process modeling aiming at estimating runoff from ungauged catchments. Proc 8th International Conference on Rainwater Catchments System, 21-25 April 1997, Tehran- Iran. pp: 550-516.
14- Sharifi F and M. J. Boyd. 1994; A comparison of the SFB and AWBM Rainfall– Runoff Model. Proc 25th Congress of the International Association of Hydrologeologists/ International Hydrology & Water Resources Symposium of the Institution of Engineers. Australia. Adelaide 21-25 November. The Institution of Engineers, Australia, National Conference Publication No. 94/15.pp: 491-494.
15- UNESCO / ROSTAS Working Group on RWM. 1995; Rainfall water management in the arab region, Sate of the Art Report. Edited by: Khouri, J. Amer, A. and A. Salih – Rostas, Cairo. 147P.

Archive of SID

www.SID.ir