

ارزیابی مدل زمان-مساحت در پیش بینی تغییرات زمانی رسوب در حوزه آبخیز گاران در استان
کردستان

Evaluation of Tim-Area model in predicting of temporal variation of sediment yield in Garan Watershed, Kurdistan province

اسماعیل منوچهری^۱

کارشناسی ارشد آبخیزداری

عبدالرسول تلوری^۲

عضو هیات علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور

چکیده

رابطه بین غلظت رسوب و بارندگی در یک سیستم رودخانه نتیجه کنش های پیچیده فاکتورهای درون حوزه و خصوصیات رویدادهای بارندگی می باشد. با این وجود تخمین بار رسوب معلق در طول رویدادهای بارندگی برای پیش بینی میزان بار رسوبی ناشی از یک واقعه بارندگی ضروری می باشد. رودخانه گاران زیرشاخه ای از سیروان در استان کردستان در طول ۱۲ رویداد بارندگی از آذر ۸۲ تا اردیبهشت ۸۳ مورد بررسی و آمار برداری قرار گرفت و یک مدل مفهومی ایجاد شده با ترکیب مدل زمان-مساحت و سریهای زمانی فاکتور فرساینده در طول هر رویداد برای شبیه سازی تغییرات زمانی رسوب معلق در طول رویداد های بارندگی مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه منحنی های رسوب مشاهدهای و محاسبه ای با استفاده از معیارهای اشتباه نسبی و مربع اشتباه کل مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج بدست آمده نشان می دهد که روش مدت-مساحت حتی پس از واسنجی نیز کارایی لازم را در پیش بینی میزان رسوبدهی ندارد. اما با این وجود، مدل به خوبی تغییرات رسوبدهی را از نظر کیفی بیان می کند. واژگان کلیدی: تغییرات زمانی رسوب، باررسوب معلق، مدل زمان-مساحت، حوزه گاران.

The relationship between suspended sediment concentration and rainfall in a river system is the result of a complex interaction of factors within the basin and of specific storm events. Nevertheless, estimation of suspended sediment concentration during storm events is essential for prediction of loading from storm controlled river basin to the received waters. The Garan River a tributary of Sirvan River, Kurdistan, with a basin area of 400 km² has been monitored during twelve storm events between December 2003 and May 2004. A conceptual catchment's model generated by convolution of the instantaneous unit sediment graph (Tim-Area method) with rainfall erosivity factor at time series during storms were used to simulate the temporal and spatial variability of sediment response during individual events. The measured and calculated sediment curves were assessed using Relative Error (RE) and integral square error (ISE). The results showed that the Tim-Area method even after calibration doesn't have a good efficiency to prediction of sediment yield but nevertheless it Qualitative represent temporal variation of sediment yield goodness.

Keywords: temporal variation model, suspended sediment concentration, Tim-area method, garan watershed

Email: Zeribarsm@Yahoo.Com

Email: telvari@Yahoo.Com

مقدمه

کمبود اطلاعات آماری راجع به توزیع زمانی رسوب طی جریان سیلابها از دیر باز جزء مشکلات قدیمی پروژه های حفاظت آب و خاک بوده، در حالیکه بدست آوردن چنین اطلاعاتی مستلزم صرف انرژی و هزینه می باشد. تهیه مدل های مربوط به منحنی های رسوب می تواند تا حدودی مشکلات موجود در زمینه رسوب در حوزه های آبخیز را برطرف نماید (صادقی، ۱۳۸۰). به غیر از مسأله کیفیت آب، منحنی های رسوب برای سازه های مؤثر کنترل رسوب و مخازن دارای اهمیت می باشند. همچنین آگاهی از چگونگی توزیع رسوب در طول سیل های بزرگ مهندسان را در طراحی سازه ها برای بیشترین تله اندازی رسوب یاری می نماید. با وجود اهمیت تغییرات لحظه ای رسوب و منحنی های رسوب، در ایستگاههای رسوب سنجی کشور، برداشت نمونه های رسوب بصورت تصادفی می باشد و هیچگونه ارزیابی از الگوی توزیع زمانی رسوب در رگبار ها و وقایع بارندگی صورت نمی پذیرد (توفیقی، ۱۳۸۱) و برای برآورد غلظت در سایر اوقات، منحنی های سنجه رسوب با استفاده از داده های غلظت و دبی متناظر با آن ترسیم می شود. این در حالی است که رفتارهای متفاوت میزان بار معلق حمل شده در شاخه صعودی یک هیدروگراف در مقایسه با شاخه نزولی هرگونه استفاده از فرمولهای سنتی انتقال رسوب را که در آن دبی و غلظت رسوب با یک شیوه ساده ریاضی (منحنی های سنجه رسوب) با هم مرتبط شده اند، مورد تردید قرار می دهد (دساتر و دیگران، ۲۰۰۱). تحقیق حاضر سعی در بررسی ارزیابی مدل زمان - مساحت جهت پیش بینی توزیع زمانی رسوب در طول رویداد های منفرد بارندگی در حوزه آبخیز گاران دارد.

روش تحقیق

۱ - منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز گاران با وسعت ۴۰۰ کیلومتر مربع بخشی از حوزه آبریز سیروان در استان کردستان می باشد که در شرق شهر مریوان و در فاصله طولهای جغرافیای " ۱۶' ۱۴" ۶۶° تا " ۲۸' ۵۴" ۶۶° شرقی و عرضهای جغرافیایی " ۲۹' ۴۵" ۳۵° تا " ۲' ۴۷" ۳۵° شمالی قرار دارد. رودخانه گاران به طول تقریبی ۲۵ کیلومتر تا محل ایستگاه هیدرومتری سرچشمه در خروجی حوزه اصلی ترین رودخانه و زهکش هرزآبهای منطقه مذکور می باشد. ارتفاع متوسط وزنی حوزه ۱۷۷۳ متر و شیب متوسط آن ۱۸/۹ درصد می باشد. منطقه ای نسبتاً کوهستانی بوده و بالغ بر ۷۲ درصد آنرا کوهها و تپه های مرتفع تشکیل می دهد. متوسط بارندگی حوزه بر اساس آمار ایستگاه باران سنجی گاران - سرچشمه که در خروجی حوزه قرار دارد ۷۵۶/۷ میلیمتر می باشد. حجم آبدی سالیانه رودخانه گاران ۱۷۷/۳۵ میلیون متر مکعب و دبی متوسط آن ۵/۶۷۵ متر مکعب در ثانیه برآورد شده است. کل رسوبدهی سالیانه حوزه ۲۰۰۰۶۰/۸۸ تن در سال و یا ۵/۰۰۱۵ تن در هکتار در سال می باشد و رسوبدهی برآوردی حوزه نیز بر اساس معادله پسیاک ۹/۰۱ تن در هکتار در سال بوده است. (مشاورین سنجش از دور، ۷۶).

۲- مواد و روشها

۲-۱- نحوه نمونه برداری از دبی جریان و رسوب

در این مرحله همزمان با وقوع ۱۲ رویداد بارندگی در محل ایستگاه هیدرومتری گاران- سرچشمه که در خروجی حوزه واقع گشته است از جریان آب رودخانه نمونه برداری به عمل آمد. نمونه برداری از جریان رسوب رودخانه با استفاده از دستگاه نمونه برداری *U.S.D.H.48*، تقریباً از مرکز رودخانه و به روش انتگراسیون عمقی و در فواصل زمانی یک تا دو ساعته صورت می گرفت. همزمان با برداشت هر نمونه رسوب، سرعت جریان رودخانه نیز با استفاده از دستگاه مولینه اندازه گیری و سپس دبی به روش میانگین مقطع اندازه گیری می شد.

۲-۲- طبقه بندی مدل‌های فرسایش خاک (از نظر کاربردی):

در کل مدل های هدر رفت خاک می توانند به دو دسته یکی بر اساس تحلیل رگبارها و در پایه های زمانی کوتاه مدت (یک رویداد بارندگی) و دیگری در پایه های زمانی طولانی مدت (سالانه) تقسیم بندی شوند. مدل های تحلیل رگبارها همچنین مدل های رسوبگراف نیز نامیده می شوند (کومار و داس، ۲۰۰۰).

۲-۲-۱- مدل‌های پویا^۲ (دینامیک)

مدل های پویا همان مدل‌های بیان کننده تغییرات زمانی رسوب در پایه های کوتاه مدت هستند که در اینجا برای تحلیل رویداد های منفرد بارندگی مورد استفاده قرار گرفته شده اند.

۲-۲-۱-۱- ترکیب مدل زمان - مساحت با معادله جهانی فرسایش خاک

بسیاری از بررسی ها نشان می دهد که *USLE* و *RUSLE* تخمین های خوبی از مقدار خاک جدا شده (فرسایش سطحی) در حوزه های کوچک به دست می دهند (کوتیاری و جاین، ۲۰۰۲). در حوزه های بزرگتر قسمتی از خاکی که از مناطق بالاتر فرسایش یافته قبل از رسیدن به خروجی حوزه در داخل حوزه ترسیب می شوند. بنابراین در این حوزه ها برای جبران ناهمگنی های فضایی سطح حوزه را به زیر سطح هایی تقسیم می کنند. روش مدت- مساحت یکی از روشهای مناسب تقسیم حوزه به زیرحوزه های کوچکتر می باشد. در این روش تغییرات ویژگی های فضایی به طور جزئی تر مورد بررسی قرار می گیرد (کوتیاری و جاین، ۲۰۰۲). جهت تفکیک حوزه به زیر بخشهای کوچکتر به روش مدت- مساحت، طولانی ترین مسیر جریان آب را در حوزه انتخاب و پروفیل طولی (ارتفاع در برابر مسافت) آن از روی نقشه های ۱/۵۰۰۰۰ ترسیم می شود. در ادامه مسافت روی محور به N بخش مساوی بر اساس زمان پیمایش تقسیم می گردد و محل های برخورد در امتداد محور Y امتداد داده می شود تا منحنی پروفیل طولی را قطع کند. سپس نقطه های برخورد از محل تقاطع با منحنی به موازات محور X امتداد می یابد تا محور Y ها را قطع کند. ارتفاع زیر بخشهای اندازه گیری شده به نقشه توپوگرافی حوزه منتقل می شود و هر کدام از بخشها یک واحد

-Kumar and Das.2000

-Dynamic Models

- Kothyari and Jain. 2002

مدت - مساحت را تشکیل می دهد. (سابرامانیا، ۱۹۹۴). در شکل (۱) نقشه ایزوکرون (خطوط هم زمان تمرکز) حوزه آبخیز گاران نشان داده شده است.

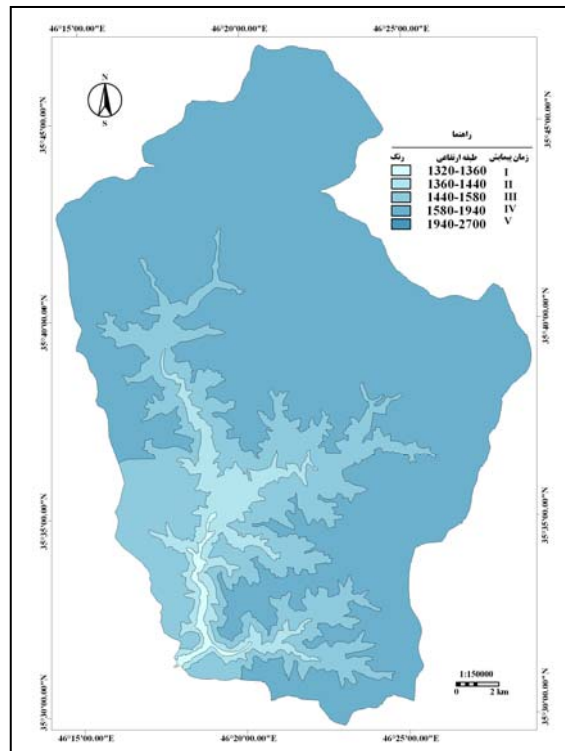
با بکار گیری معادله جهانی فرسایش خاک تخمینی از مقدار فرسایش ناخالص هر واحد کاری در حوزه بدست می آید. در ادامه رسوب فرسایش یافته از هر شبکه به خروجی آن با استفاده از مفهوم نسبت تحویل رسوب بدست می آید که می توان آنرا بصورت رابطه (۱) برای روش مدت - مساحت بکار برد.

$$Dr = \exp \left[- \gamma \frac{l_i}{a_i \sqrt{\theta_i}} \right] \quad (1)$$

جهت محاسبه مقدار Dr در هر شبکه ابتدا باید مقدار γ را بدست آورد. برای این کار ابتدا مقدار نسبت تحویل رسوب حوزه را که قبلاً محاسبه شده است و برابر 0.7 می باشد در فرمول بالا قرار داده و γ محاسبه و سپس محاسبه Dr در هر واحد انجام گرفت.

رسوبدهی هر شبکه در ابتدا برای مقدار واحد فاکتور فرسایش باران با استفاده از معادله جهانی فرسایش خاک و مقادیر Dr در واحدهای کاری محاسبه می شود. رسوب تولید شده در هر واحد کاری انتظار می رود که با جریان سطحی به سمت خروجی حوزه حرکت کند. بنابراین گراف مقادیر رسوبدهی (رسوب تولیدی) در برابر زمان پیمایش های مربوطه هر واحد کاری منحنی تغییرات زمانی رسوبدهی را نشان می دهد. در ادامه رسوبگراف ایجاد شده از طریق مفهوم مخازن خطی جهت محاسبه زمان تأخیر ناشی از اثر مخزن بر جریان سطحی روندیابی می شود.

با توجه به اینکه زمان تمرکز حوزه حدوداً برابر ۵ ساعت بود بر این اساس با استفاده از روش مدت - مساحت، سطح حوزه به ۵ قسمت با زمان تمرکز های یک ساعته تقسیم گردید. سپس در هر قسمت پارامتر های معادله جهانی فرسایش خاک برآورد شد و در ادامه رسوبدهی واحد ها برای مقادیر واحد فرسایش خاک و در طول تداوم واحد انتخاب شده برای رویدادهای بارندگی محاسبه گشت.



() () ()

۲-۱-۲-۲- معادله جهانی فرسایش خاک

کوتیاری و جاین^۱ (۲۰۰۲) معادله جهانی فرسایش خاک را بصورت رابطه (۲) برای تخمین میزان فرسایش در سلولهای متفاوت ارائه نموده اند و رسوب فرسایش یافته از هر بخش به خروجی شبکه نیز با استفاده از مفهوم نسبت تحویل رسوب بیان شده است:

$$S_{Ei} = R.K.Ls.C.P \quad (2)$$

که در آن: SEi فرسایش داخل هر شبکه (Mg ha-1)، R فاکتور فرساینده گی باران (Mg-m/ha-cm)، K فاکتور فرسایش پذیری خاک (Mg/ha)، Ls فاکتور طول و درجه شیب (بدون بعد)، C فاکتور مدیریت پوشش (بدون بعد) و P فاکتور حفاظت خاک (بدون بعد).

مقادیر فاکتور R مورد استفاده در معادله جهانی فرسایش خاک توسط ویشمایر و اسمیت ۱۹۵۸ شاخص فرسایش پذیری سالانه خاک را بدست می دهد و قابل استفاده برای رویدادهای منفرد بارندگی نیست و در این حالت روش کولی (۱۹۸۰)، ارائه شده در رابطه (۳)، به دلیل اینکه تخمین های واقعی از میزان فرسایش برای رویداد های منفرد رگبار می دهد، برای استفاده در مورد رویدادهای منفرد بارندگی انتخاب شده است (به نقل از کوتیاری و جاین، ۲۰۰۲)

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (E_i D_i)}{100} I_p \quad (3)$$

که در آن: R انرژی بارندگی برای یک رویداد رگبار (Mg/ha)، Di میزان بارندگی در طول تداوم I به سانتی متر (mm)، I₃₀ ماکزیمم شدت بارندگی ۳۰ دقیقه ای رگبار (mm/hr)، i زمان پیمایش های توگراف، n تعداد زمان پیمایشهای یک بارندگی و Ei انرژی جنبشی باران در طول I امین بخش رگبار بر حسب مگاژول در هکتار در واحد میلی متر باران (MJ/ha-mm) می باشد که برای I_i کوچکتر از ۷۷/۲ میلی متر بر ساعت (I_i < ۷۷/۲ mm/hr)، بر طبق رابطه (۴) و برای I_i بزرگتر از ۷۷/۲ میلی متر بر ساعت (I_i > ۷۷/۲ mm/hr) به صورت رابطه (۵) می باشد. (نووتنی و اولسوم، ۱۹۹۴، شریدان و روزول^۳، ۲۰۰۳)

$$E_i = 0.119 + 0.0873 \log_{10}(I_i) \quad (4)$$

$$E_i = 0.289 \quad (5)$$

روابط زیادی جهت تخمین فاکتور Ls وجود دارد که در این بررسی رابطه تئوریک (۶)، ارائه شده توسط مور و ویلسون مورد استفاده قرار گرفته است

$$Ls = \left[\frac{As}{22/13} \right]^n \left[\frac{\sin \beta}{0.0896} \right]^m \quad (6)$$

که در آن: As سطح ویز [A/b] که بعنوان مساحت در واحد عرض متوسط در جهت جریان تعریف شده β درجه شیب و n و m پارامترهای معادله که به ترتیب برابر ۰/۴ و ۱/۳ می باشند. (به نقل از کوتیاری و جاین، ۲۰۰۲)

-Kothyari and Jain. 2002

-Novotny and Olem, 1994

-Sheridan and Rosewell, 2003

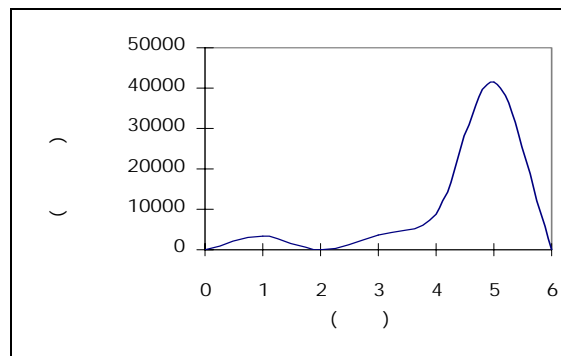
در ادامه مقادیر فاکتورهای K, C و P برای واحدهای مختلف مدت- مساحت محاسبه شده است که نتایج آن در جدول (۱) آورده شده است.

(۱):

نام واحد	خط ارتفاعی مناظر	مساحت (هکتار)	ضریب کاربری اراضی	فاکتورهای معادله جهانی فرسایش خاک				میزان خاک فرسایش یافته برای یک واحد R (تن در هکتار)	میزان خاک فرسایش یافته برای یک واحد R (تن در ساعت)	نسبت حمل رسوب	رسوبدهی برای یک واحد R (تن در ساعت)
				K	Ls	C	P				
A _۱	۱۳۶۰	۷۰۰	۳/۰۸	۰/۱۶	۷۵	۰/۴۵	۰/۹	۴/۸۴۷	۳۳۹۳/۴	۰/۹۸	۳۳۲۵/۵
A _۲	۱۴۴۰	۱۵۰۰	۱/۹۲	۰/۳۷	۱۷/۷	۰/۰۶۵	۱	۰/۰۴۳	۶۵/۰۶	۰/۹۶	۶۲/۴۹۵
A _۳	۱۵۸۰	۸۳۰۰	۰/۷۶	۰/۰۷	۵۴/۲	۰/۱۲۴	۱	۰/۴۷۲	۳۹۱۶/۸۵	۰/۹۲	۳۶۰۳/۵
A _۴	۱۹۴۰	۲۰۵۰۰	۰/۷۶	۰/۱۸	۵۵/۲	۰/۰۵۲	۱	۰/۵۲۵	۱۰۷۶۶/۴۷	۰/۸۲	۸۸۲۸/۵
A _۵	۲۷۰۰	۹۰۰۰	۱/۵۵	۰/۲۶	۱۲۶	۰/۱۵	۱	۴/۹۰۹	۴۴۱۸۰/۱۶	۰/۹۴	۴۱۵۲۹/۳

۳-۲- روندیابی رسوب

در روندیابی رسوب انتظار می رود که رسوب ایجاد شده در حوزه با سرعت جریان سطحی و همراه با آن از حوزه خارج شود. بنابراین رسوب تولید شده در هر کدام از واحدها با زمان تاخیرهای یک ساعته به خروجی حوزه می رسند. گراف مقادیر رسوبدهی در برابر زمان پیمایش های مربوطه منحنی تغییرات زمانی رسوبدهی (رسوبگراف واحد حوزه) را تشکیل می دهد (شکل ۲). در صورتی که این رسوبگراف واحد برای سری های زمانی مقادیر فاکتور فرسایش ناشی از هر رویداد بارندگی روندیابی شود رسوبگراف ناشی از رویداد بارندگی محاسبه می گردد. در شکل های ۳ تا ۸ تغییرات زمانی رسوبدهی ناشی از هر رویداد بارندگی برای داده های مشاهده ای و تخمینی برای شش رویداد نشان داده شده است. مقایسه رسوبگراف های مشاهده ای و تخمینی رویداد های بارندگی با توجه به هم مقیاس نبودن آنها نشان می دهد که مدل زمان - مساحت تنها قادر به بیان الگوی تغییرات زمانی رسوب می باشد.



(۲):

اگر فرض شود که رسوبگراف ایجاد شده در مفهوم مخازن خطی بیانگر وروی S_i و S_s ذخیره مخزن در زمان t باشد در آنصورت رسوب خروجی این مخزن S_o با استفاده از معادله پیوستگی زیر بدست می آید.

$$S_i(t) - S_o(t) = \frac{ds_s(t)}{dt} \quad (7)$$

رسوب خروجی از مفهوم مخزن خطی بنظر می رسد که بصورت رابطه (۸) مربوط به ذخیره مخزن باشد:

$$S_s(t) = K_r \cdot S_o(t) \quad (8)$$

که در آن: K_r ضریب ذخیره می باشد که از طریق مقایسه نمودار تغییرات زمانی رسوبدهی مشاهده شده و محاسبه شده بدست می آید. حل همزمان معادلات (۷) و (۸) تغییرات زمانی مقادیر S_o را که بعنوان رسوبگراف واحد حوزه بکار می رود، ایجاد می کند. این رسوبگراف واحد تغییرات زمانی رسوبدهی ایجاد شده ناشی از بارش یکنواخت را برای مقدار واحد فاکتور فرسایندگی باران در معادله جهانی فرسایش خاک نشان می دهد. نمودار رسوبگراف واحد بدست آمده از این طریق می تواند با مقدار فاکتور فرسایندگی باران ناشی از هر رویداد بارندگی ترکیب شود و رسوبگراف بارندگی را ایجاد کند.

۲-۴- بررسی اعتبار سنجی مدل‌های بدست آمده

از جمله معیار های مقایسه کمی خطای نسبی رابطه (۹) و کل مربعات اشتباه، رابطه (۱۰) می باشند. شرط پذیرفته شدن مدل ها اینست که خطای نسبی کمتر از ۴۰٪ و مجذور میانگین مربعات خطا به صفر مایل گردد.

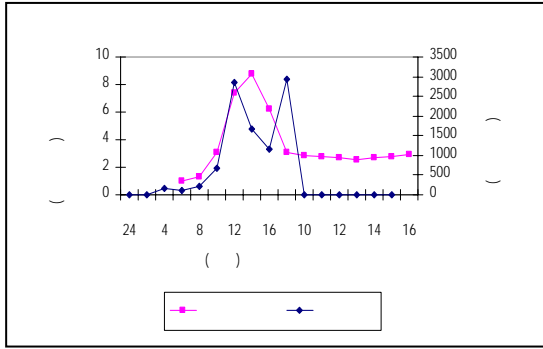
$$ISE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (Se_i - So_i)^2}{\sum_{i=1}^m So_i}} \times 100\% \quad (10) \quad \text{و} \quad RE = \frac{|So_i - Se_i|}{So_i} \times 100 \quad (9)$$

که در آنها: ISE = مربع کل اشتباه^۱، Se_i = رسوب محاسبه ای، So_i = رسوب مشاهده ای، RE = خطای نسبی^۲

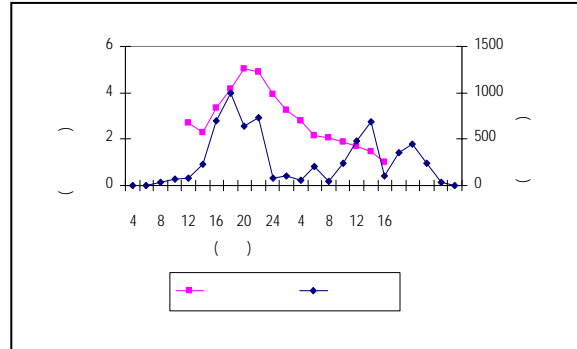
نتایج مدل‌های تغییرات زمانی رسوب

همانطور که از شکل های ۳ تا ۸ دریافت می شود (شکل های دیگر به دلیل محدودیت جا آورده نشده اند) مشکل اصلی استفاده از این مدل، تخمین بیش از اندازه میزان رسوبدهی در طول رویداد های بارندگی نسبت به داده های مشاهده ای می باشد.

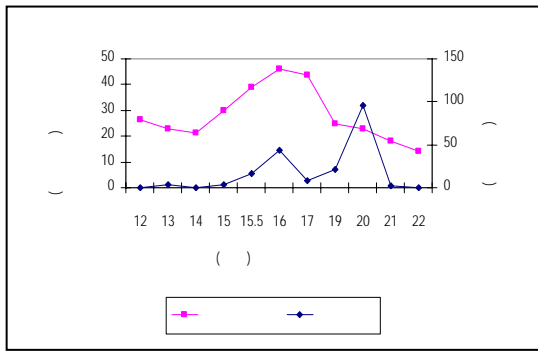
-
- Integral Square error
 - Relative Error



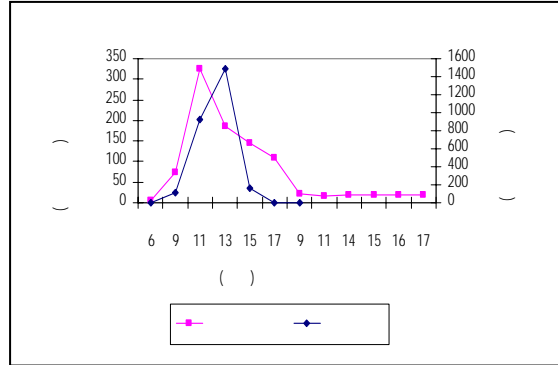
- : ()
/ /



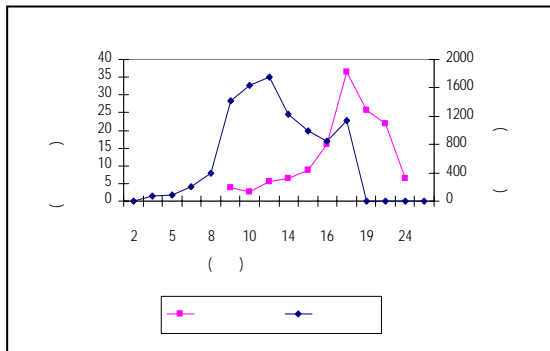
- : ()
/ /



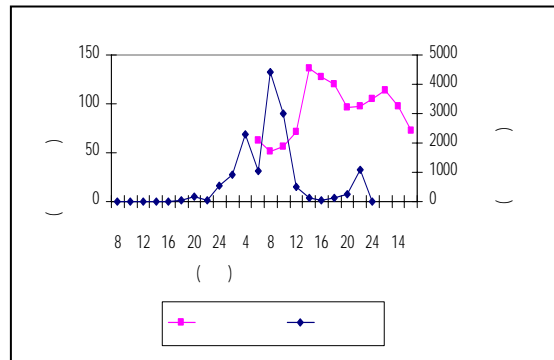
- : ()
/ /



- : ()
/ /



- : ()
/ /



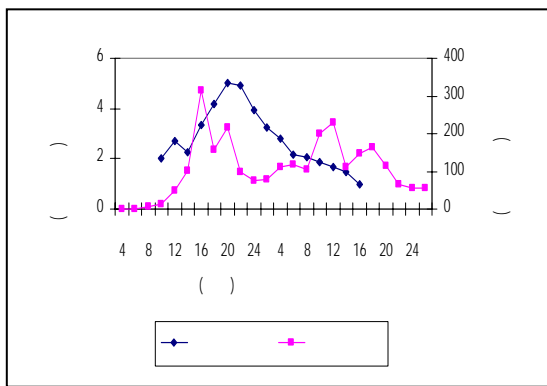
- : ()
/ /

جهت رفع این مشکل برای تعدادی از رگبارها اقدام به واسنجی مدل بر اساس مفهوم روندیابی مخازن خطی و معادلات ۷ و ۸ شد. نتایج بکارگیری مفهوم روندیابی خطی منجر به ارائه معادلاتی بصورت رابطه (۱۱) برای تخمین ضریب ذخیره گردید.

(۱۱)

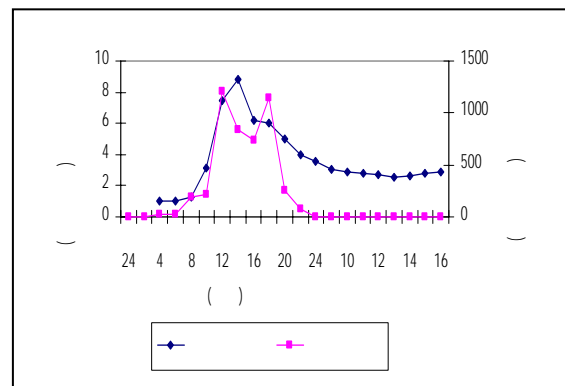
$$K_r = \begin{cases} 30.517R_{i-4} + 7331R_{i-3} + 37380R_{i-2} \\ -110.635 + 44600.06R_m \\ -56/5 + 40905R_{i-4} \end{cases} \quad \begin{aligned} R^2 &= \%75 \\ R^2 &= \%93/4 \\ R^2 &= \%90/6 \end{aligned}$$

که در آن $R_{i-4}, R_{i-3}, R_{i-2}$ به ترتیب میزان فاکتور فرساینده رگبار در همان لحظه، سه ساعت و چهار ساعت ماقبل هستند و R_m حداکثر مقدار فاکتور فرساینده در طول رگبار می باشد. نتایج واسنجی در مقایسه با داده های مشاهده ای برای شش رویداد دیگر مورد آزمایش قرار گرفت که در شکل های ۹ تا ۱۴ آورده شده است. در جدول (۲) نیز نتایج حاصل از اعتبار سنجی مدل در مقایسه با مدل زمان - مساحت ارائه شده است.



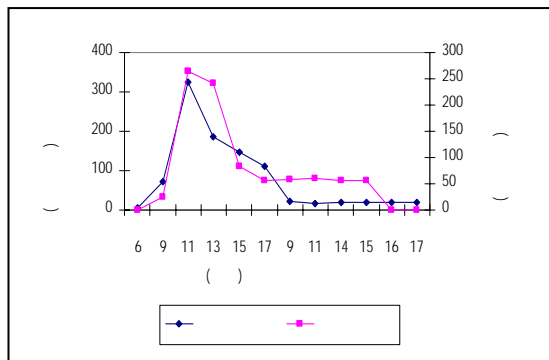
()

//



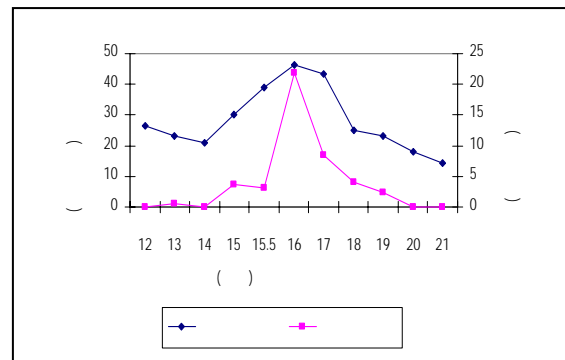
()

//



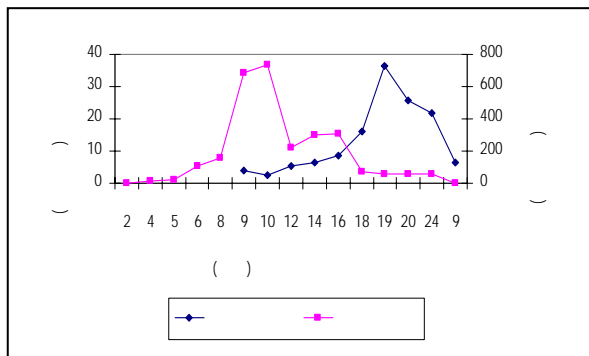
()

//



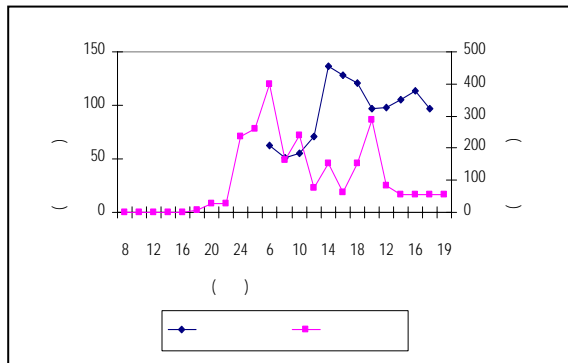
()

//



()

//



()

//

جدول ۲: نتایج مقایسه مدل زمان - مساحت با داده های مشاهده ای

تاریخ وقوع رگبار	رسوب مشاهده ای (تن)	رسوب محاسبه ای (تن)	RE	ISE
۸۲/۱۰/۱۳	۶۹/۷	۴۷۱۹/۵	۶۶۱۳/۶	۲۹۰۴/۲
۸۲/۱۰/۱۷	۴۲/۶	۲۱۱۵/۴	۲۰۷۲۷۷/۳	۱۴۰۲/۵
۸۲/۱۱/۲۲	۹۶۲/۳	۹۰۱/۵	۶/۳۱	۱۶/۰۹
۸۲/۱۲/۱۷	۳۰۹/۴	۴۴/۲	۸۵/۶	۲۶/۷۱
۸۳/۱/۲۸	۱۲۹/۵	۱۸۱۱/۷	۱۲۹۸/۲۵	۸۵۹/۰۳
۸۳/۲/۴	۱۲۰۷/۰۱	۱۸۴۳/۹	۵۲/۷	۳۷/۹۴

بحث و نتیجه گیری

نتایج حاصل از روندیابی رسوب در طول رویدادهای منفرد بارندگی با استفاده از مدل زمان - مساحت که آمیزه ای از رسوبگراف واحد حوزه (رسوب ناشی از بارندگی با تداوم واحد یک واحد شاخص فرساینده باران) و استفاده از مفهوم روندیابی خطی در طول رویداد، برای ۱۲ رویداد بارندگی مورد استفاده قرار گرفت که شش نمونه آن در شکل های ۳ تا ۸ آمده است. همانطور که از شکل های مذکور پیداست مدل زمان- مساحت به خوبی توانسته است تغییرات زمانی رسوبدهی را برای رویدادهای بارندگی پیش بینی نماید. اما مشکل اصلی مدل تخمین بیش از اندازه میزان رسوبدهی می باشد. به همین جهت اقدام به واسنجی مدل برای ۶ رویداد بر اساس رابطه ۱۱ و تخمین ضریب ذخیره خطی مخزن (Kp) شد. نتایج حاصل از برازش مدل منجر به بدست آوردن سه رابطه برای تخمین ضریب ذخیره برای شاخه های صعودی، نزولی و نقطه پیک هیدروگراف (ارائه شده در رابطه ۱۱) گردید. در ادامه مدل زمان- مساحت با استفاده از ضریب ذخیره خطی واسنجی شد و برای ۶ رویداد دیگر مورد آزمایش قرار گرفت که نتایج در شکل های ۹ تا ۱۴ آمده است. جهت اعتبار سنجی مدل داده های محاسبه ای و مشاهده ای، با استفاده از مربع اشتباهات کل و

خطای نسبی مورد مقایسه قرار گرفتند که نتایج آن در جدول ۲ آمده است. نتایج بدست آمده از محاسبه میزان رسوبدهی بر اساس روش مدت-مساحت، با توجه به شواهد بدست آمده، نشان می دهد که حتی پس از واسنجی نیز، مدل کارایی لازم را در پیش بینی میزان رسوبدهی ندارد. اما با این وجود، مدل به خوبی تغییرات رسوبدهی را از نظر کیفی بیان می کند این نشان می دهد که مدل در بخش روندیابی به درستی عمل نموده است و مشکل اصلی در روش یا نوع مدل تخمین رسوبدهی واحدها بوده است. در این بررسی از معادله جهانی فرسایش خاک، جهت تخمین رسوبدهی در واحدهایی که بر اساس روش خطوط هم زمان تمرکز از هم جدا شده بود، استفاده گردید. توفیقی (۱۳۸۱) نیز از این روش جهت بررسی تغییرات رسوبدهی در حوزه زرین درخت استفاده نمود که نتایج مشابه نتایج این تحقیق بدست آمد، در حالیکه کوتیاری و همکاران (۲۰۰۲) نیز از معادله جهانی فرسایش خاک برای محاسبه تغییرات زمانی رسوبدهی در طول رویداد های منفرد بارندگی استفاده نمودند که نتایج آنها ارزشمند و منجر به ارائه مدلی مفهومی برای بیان تغییرات زمانی رسوبدهی گردید. تفاوت اصلی کار کوتیاری و همکاران (۲۰۰۲) با کار توفیقی (۱۳۸۱) و کار ارائه شده در این تحقیق در روش تعیین و اندازه واحد های کاری می باشد به طوری که بررسی توفیقی (۱۳۸۱) و این بررسی از روش مدت مساحت و مفهوم خطوط هم زمان تمرکز یک ساعته، جهت تقسیم حوزه به واحدهای کاری کوچکتر استفاده شده اما کوتیاری و همکاران (۲۰۰۲) ابتدا سطح حوزه را با استفاده از ILWIS GIS به شبکه های بسیار کوچکتری تقسیم نمودند و فرسایش در هر شبکه را با استفاده از معادله جهانی فرسایش خاک محاسبه نمودند و سپس زمان تمرکز هر شبکه با استفاده از روابط تجربی محاسبه می شد. شاید تقسیم بندی حوزه به واحدهای کوچکتر با زمان تمرکزهای کمتر از یک ساعته بتواند مشکل تخمین بیش از اندازه رسوبدهی را در استفاده از معادله جهانی فرسایش خاک حل نماید.

فهرست منابع

۱. توفیقی، بهاره. ۱۳۸۱. تهیه مدل تغییرات زمانی رسوب در حوزه آبخیز زرین درخت در استان چهارمحال بختیاری. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده علوم دریایی و منابع طبیعی نور دانشگاه تربیت مدرس. ۹۱ صفحه.
۲. صادقی، سید حمید رضا. ۱۳۸۰. معرفی دو روش برای تهیه معادلات سنجه رسوب در شاخه های صعودی و نزولی هیدروگراف. مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت اراضی، فرسایش خاک و توسعه پایدار. اراک ص ۲۰۴-۲۰۰.
۳. منوچهری، اسماعیل. ۱۳۸۴. توسعه مدل تغییرات زمانی رسوب در حوزه آبخیز گاران در استان کردستان. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۱۳ صفحه.
۴. مهندسین مشاور سنجش از دور. ۱۳۷۶. طرح تفصیلی مدیریت منابع جنگلی حوزه آبخیز چناره. چهارده جلد.
۵. نجفی، محمد رضا. ۱۳۸۰. سیستم های هیدرولوژیکی، مدل سازی بارندگی - رواناب. جلد اول. انتشارات دانشگاه تهران. ص ۳۲۷-۳۲۲.

6. DE Sutter ,R ,Verhoeven ,R and Krein, R., 2001. Simulation of sediment transport during flood events, laboratory work and field experiments. *Hydrological sciences* 46(4):599-610
7. Kothiyari ,U .C., Jain, M .K and Rangaraju, K. G., 2002. Estimation of temporal variation of sediment yield using GIS. *Hydrological science journal* 47 (5): 698-706.
8. Kumar, A and Das, G., 2000. Dynamic model of daily rainfall, runoff and sediment yield for a Himalayan Watershed. *J. Agri. C. Engng Res* 75: 189-193.
9. Novotney and Olem, 1994 water erosion and control practices. USLE Handout. Pay particular attention to worked examples and universal Soil Loss Equation. Chapter5: 237-297.
10. Sheridan, G. J and Rosewell, C. J., 2003. An improved Victorian erosivity map. *Australian Journal of Soil Research*. 41: 141-149.