در
منابع طبیعی شماره ۷۵، تابستان ۱۳۸۶
پژوهش و سازندگی

مدلسازی تغییرات زمانی رسوب
مطالعه موردی: حوزه آبخیز گاران در استان کردستان

• **عبدالرسول تلوری**
عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری
• **نادر بیرودیان**
عضو هیأت علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
• **اسماعیل منوچهری**
کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تاریخ دریافت آذرماه ۱۳۸۴ تاریخ پذیرش : اردیبهشت ۱۳۸۵
Email:telvari@scwmir.ac.ir

چکیده

در یک حوزه آبخیز رابطه بین غلظت رسوب و بارندگی متأثر از اثرات متقابل عوامل درون حوزه و ویژگی‌های بارندگی می‌باشد. تخمین فرسایش و رسوب از طریق مدل‌های برآورد سالانه در بسیاری از موارد نمی‌تواند ارزیابی درستی در طراحی سازه‌های هیدرولیکی و آبخیزداری و یا برای مدیران و برنامه‌ریزان باشد و بنابراین تخمین بار رسوب معلق ناشی از واقعه بارندگی‌های منفرد ضرورت می‌یابد. در مطالعه حاضر وضعیت رسوب‌دهی بار معلق حوزه گاران، یکی از آبخیزهای حوزه رودخانه سیروان در استان کردستان، در طول ۱۲ رویداد بارندگی از آذر ۸۲ تا اردیبهشت ۸۳ آمار برداری و مورد بررسی قرار گرفت و یک مدل گسسته خطی برای شبیه‌سازی تغییرات زمانی رسوب معلق در طول رویدادهای بارندگی بدست آمد. در ادامه منحنی‌های تغییرات بار رسوب مشاهده‌ای حاصل از این مدل با استفاده از معیارهای اشتباه نسبی و مربع اشتباه کل مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که با استفاده از یک مدل گسسته خطی می توان بار رسوب معلق را به کمک ۳ پارامتر: ۱)رسوب دهی در یک ساعت قبل، ۲) شدت بارندگی یک ساعت قبل و ۳) شدت بارندگی دو ساعت قبل از هر رویداد با ضریب همبستگی ۰/۹۵ برآورد نمود و از آن در برآورد واقع بینانه تر بار رسوبی برای کلیه رگبارها در سال و پیش بینی مقدار رسوب استفاده نمود.

کلمات کلیدی: بارش‌های منفرد، تغییرات زمانی رسوب، حوزه گاران، رسوب نگار، مدل گسسته خطی

www.SID.ir

Pajouhesh & Sazandegi No 75 pp: 64-70

Model development of sediment time variability in Garan watershed, Kordestan province

By A. Telvari, Associated Professor in Soil Conservation & Watershed Management Research Institute
N. Birodian, Associated Professor in Gorgan University of Agriculture and Natural Resources
E. Manoochahri, Msc Student in Gorgan University of Agriculture and Natural Resources

Relationships between suspended sediment and rainfall in a given watershed are influenced with catchments and rainfall characteristics. Estimation of suspended sediment load causing a rainfall event is necessity in hydraulic structures. In the present study, variations of suspended sediment for Garan river watershed (an upland river of Sirvan River in Kordastan province) were studied using 12 rainfall storm accurred during Nov. 2003 to April. 2004 and a linear time disc rated model. Curves showing the time variations of observed sediment load were compared with the model simulated curves using the relative errors and square errors indices. Results show that the developed model could be able to predict suspended sediment load time variation for a given rainfall event using the parameters of one hour last sediment yield, one hour last rainfall intensity, and two hour last rainfall intensity. Correlation coefficient of this relation was estimated as 95%.

Keyword: Garan watershed, Linear discrete model, Individual rainfall, Sedimograph, Sediment time variation,

مقدمه

فرسایش و پیامدهای ناشی از آن همزمان با شروع زندگی انسان بر روی کره خاکی آغاز شده و با تشدید بهره برداری از طبیعت، اثرات منفی زیادی را به اکوسیستم حیاتی وارد ساخت، از دهه‌های اول قرن نوزدهم بررسی‌های گسترده‌ای برای شناخت علل و برآورد فرسایش خاک در حوزه‌های آبخیز آغاز شد(۷). اثرات منفی فرسایش ناشی از دخالت بشر یا فرسایش تشدید شونده نه تنها در محل اصلی وقوع آن (در حوزه‌ها و اراضی کشاورزی) به صورت کاهش توان تولیدی و تخریب خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بروز می‌کند بلکه در خارج از محل وقوع آن نیز به صورت ترسیب مواد فرسایش یافته بر روی اراضی مرغوب کشاورزی، مراتع، منابع ذخیره آب و کانال‌های آبیاری اثر گذاشته و مشکلات زیادی را به وجود می آورد.

تخمین دقیق رسوب‌دهی حوزه‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است. رسوب انتقال یافته توسط یک رودخانه به مخازن، ظرفیت ذخیره آن‌ها را کاهش می‌دهد و بر آب قابل استفاده برای نیروگاه‌های برق، آبیاری و کاربردهای صنعتی و خانگی تأثیرگذار است(۶).

کمبود اطلاعات آماری راجع به توزیع زمانی رسوب طی جریان سیلاب‌ها از دیر باز جزء مشکلات قدیمی پروژه‌های حفاظت آب و خاک بوده و بدست آوردن چنین اطلاعاتی مستلزم صرف انرژی و هزینه می‌باشد. در این صورت تهیه مدل‌های مربوط به منحنی‌های تغییرات زمانی رسوب می‌تواند تا حدودی مشکل برآورد رسوبدهی در حوزه‌های آبخیز را نیز برطرف نماید(۲).

آگاهی از چگونگی توزیع زمانی رسوب در طول یک سیلاب به عنوان یک منبع و حمل کننده آلودگی مهم می‌باشد و در مدل‌های آلودگی غیر نقطه‌ای مورد توجه قرار می‌گیرد. به غیر از مسأله کیفیت آب، منحنی‌های رسوب برای سازه‌های مؤثر کنترل رسوب و مخازن دارای اهمیت می‌باشند. همچنین آگاهی از چگونگی توزیع رسوب در طول سیل‌های بزرگ مهندسان را در طراحی سازه‌ها برای بیشترین تله اندازی رسوب یاری می‌نماید. با وجود اهمیت تغییرات لحظه‌ای رسوب و منحنی‌های رسوب، در ایستگاه‌های رسوب سنجی کشور، برداشت نمونه‌های رسوب به صورت تصادفی می‌باشد و هیچگونه ارزیابی از الگوی توزیع زمانی رسوب در رگبارها و وقایع بارندگی صورت نمی‌پذیرد(۱). برای برآورد غلظت در سایر اوقات، منحنی‌های سنجه رسوب با استفاده از داده‌های غلظت و دبی متناظر با آن ترسیم می‌شود. و 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(منحنی‌های سنجه رسوب) با هم مرتبط شده اند، مورد تردید قرار می‌دهد(۴). علاوه بر اهمیت در مدلسازی کیفیت آب، نمودار تغییرات زمانی رسوب یا رسوب نگار[1] در طراحی سازه‌های کارآمد کنترل رسوب جهت بیشترین تله اندازی رسوب مفید هستند و در صورتی که توسعه شیوه‌های روند یابی رسوب (همانند روند یابی هیدروگراف سیل) مورد نظر باشد، باید به آن توجه بیشتری گردد(۹).

با دانستن تغییرات زمانی رسوب در طول رگبارها امکان مدیریت بهتر و جامع تر حوزه‌های آبخیز مهیا می‌گردد. تحقیق حاضر نیز سعی در بررسی منحنی تغییرات زمانی رسوب و تهیه مدلی برای تغییرات لحظه‌ای رسوب در حوزه آبخیز گاران در استان کردستان می‌باشد.

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز گاران با وسعت ۴۰۰ کیلومتر مربع بخشی از حوزه آبخیز سیروان در استان کردستان می‌باشد که در شرق شهر مریوان و در فاصله طول‌های جغرافیایی ″ ۱۶ ′ ۱۴ °۴۶ تا ″ ۵۴ ′ ۲۸ °۴۶ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ″ ۴۵ ′ ۲۹ °۳۵ تا ″ ۲ ′ ۴۷ °۳۵ شمالی قرار دارد. این حوزه منطقه‌ای نسبتاً کوهستانی بوده و بالغ بر ۷۲ درصد آن را کوه‌ها و تپه‌های مرتفع تشکیل می‌دهد.

رودخانه گاران به طول تقریبی ۲۵ کیلومتر تا محل ایستگاه هیدرومتری سرچشمه در خروجی حوزه اصلی ترین رودخانه و زهکش هرزآب‌های منطقه مذکور می‌باشد. مرتفع ترین نقطه حوزه کوه قره الیاس به ارتفاع ۲۷۰۲ متر از سطح دریا در شمال غربی حوزه و پایین ترین نقطه به ارتفاع ۱۳۲۳ متر از سطح دریا در خروجی حوزه و در محل ایستگاه هیدرومتری قرار گرفته است. ارتفاع متوسط وزنی حوزه ۱۷۷۳ متر و شیب متوسط آن ۱۸/۹ درصد می‌باشد.

متوسط بارندگی حوزه ۷۵۶/۷ میلیمتر و بر اساس روش دومارتن اصلاح شده محدوده مطالعاتی دارای اقلیم مرطوب سرد می‌باشد. در حوزه آبخیز گاران بیشترین بارندگی در فصل زمستان و کمترین میزان بارندگی در فصل تابستان ریزش می‌نماید.

در حال حاضر بخش اعظم جنگل‌های منطقه گاران تخریب و در اکثر نقاط درختان بارها قطع گردیده و هم اکنون توده‌های جنگلی بیشتر به صورت جنگل‌های شاخه زاد درآمده اند. شخم اراضی جنگلی و قطع درختان به منظور تبدیل به اراضی کشاورزی در گذشته و حال با توجه به اینکه بخش عظیمی از دیمزارهای موجود نیز در دامنه‌های با شیب بالای ۱۵ درصد قرار دارند(۳) یکی از دلایل فرسایش به شمار می‌آید.

روش‌های بررسی

نحوه نمونه برداری از دبی جریان و رسوب

در این مرحله همزمان با وقوع ۱۲ رویداد بارندگی در سه فصل پاییز، زمستان و بهار 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.۴۸، تقریباً از محور مرکزی رودخانه و به روش انتگراسیون عمقی و در فواصل زمانی یک تا دو ساعت بسته به طول مدت رگبار و جریان مربوطه صورت می‌گرفت (جدول ۱). همزمان با برداشت هرنمونه رسوب، دبی جریان رودخانه نیز با استفاده از دستگاه مولینه و به روش میانگین مقطع اندازه‌گیری می‌شد. بلافاصله بعد از هر نمونه‌گیری بطری‌های نمونه برچسب گذاری شده و بعد از هر بارندگی بطری‌های جمع آوری شده جهت تعیین غلظت بار معلق به آزمایشگاه کیفیت آب امور آب استان منتقل می‌شدند.

نحوه بررسی هیدروگراف جریان و رسوب

پس از تعیین میزان دبی جریان و غلظت رسوب برای هر نمونه، جریان پایه رسوب نگار به روشی شبیه آنچه برای هیدروگراف سیل به کار می‌رود(شکل ۱) تفکیک شد. هیدروگراف رواناب رگبار و بارش مؤثر برای هر سیل با استفاده از داده‌های نمونه برداری ترسیم و محاسبه گردید. با استفاده از این منحنی‌ها بار رسوبی پایه مربوط به جریان قبل از رویداد بارش تفکیک می شود.

بررسی مدل گسسته خطی

به طور کلی مدل‌های هدر رفت خاک را به دو دسته یکی بر اساس تحلیل رگبارها و در پایه‌های زمانی کوتاه مدت (یک رویداد بارندگی) و

جدول۱: تاریخ وتعداد نمونه‌های برداشت شده از جریان و رسوب

ردیف	تاریخ رویداد	تعداد نمونه ها	فاصله زمانی(ساعت)
۱	۱۳۸۱/۹/۲۵	۱۰	۲
۲	۱۳۸۱/۱۰/۶	۲۰	۱
۳	۱۳۸۲/۱۰/۳	۱۴	۲
۴	۱۳۸۲/۱۰/۱۷	۱۵	۱
۵	۱۳۸۲/۱۱/۲۲-۲۳	۲۵	۱
۶	۱۳۸۲/۱۱/۲۳	۴۰	۱
۷	۱۳۸۲/۱۲/۱۶-۱۷	۴۱	۱
۸	۱۳۸۳/۱/۱۱-۱۲	۳۰	۱
۹	۱۳۸۳/۱/۲۸-۳۰	۶۵	۱
۱۰	۱۳۸۳/۲/۳-۵	۵۵	۲
۱۱	۱۳۸۳/۳/۱	۱۰	۱
۱۲	۱۳۸۳/۱۰/۲	۱۰	۲

Archive of SID
www.SID.ir

دیگری در پایه‌های زمانی طولانی مدت (سالانه) تقسیم بندی می شوند. مدل‌های تحلیل رگبارها را مدل‌های رسوب‌گراف نیز می‌نامید(۵). از سوی دیگر مدل‌های پویا همان مدل‌های بیان کننده تغییرات زمانی رسوب در پایه‌های کوتاه مدت هستند که برای تحلیل رویدادهای منفرد بارندگی به صورت مدل‌های گسسته خطی مورد استفاده قرار می گیرند. در بررسی حاضر نیز از همین روش استفاده شده است.

در مدل‌های گسسته خطی جریان رسوب یک حوزه تابعی از بارندگی، هرزآب و خصوصیات حوزه می‌باشد. که در پایه‌های زمانی کوتاه مدت خصوصیات حوزه تغییرات چندانی نمی‌کند و از اینرو تغییرات فضایی خصوصیات حوزه‌ای ثابت در نظر گرفته می‌شود. در واقع در مفهوم این نوع مدل، حوزه به عنوان یک سیستم یکپارچه یا جعبه سیاه در نظر گرفته می‌شود که در عمل یا کارکرد فرآیندهای فیزیکی داخل سیستم وارد نمی‌شود. در مقابل اثر بارندگی و هرزآب در رسوبدهی حوزه یک فرایند دینامیک یا پویا است که تغییرات آن در کوتاه مدت موجب تغییر در رسوبدهی حوزه می‌شود. البته رسوبدهی در هر زمان فقط وابسته به مقادیر فعلی بارندگی و رواناب نیست، بلکه به مقادیر بارندگی و رواناب قبلی هم بستگی دارد. این وضعیت مخصوصاً در حوزه‌های بزرگ صادق است که رسوب فرسایش یافته زمان قابل ملاحظه‌ای را طی می‌کند تا به خروجی حوزه برسد. بارندگی‌های قبلی بر وضعیت رطوبت پیشین حوزه و توانایی آن در تولید رواناب تأثیر می‌گذارد. رسوبدهی یک حوزه در هر زمان(Y) تحت تأثیر یکی از مقادیر فعلی بارندگی (R) و هرزآب(Q) و مقادیر پیشین بارندگی، رواناب و رسوبدهی می‌باشد. (۵). بنابراین به طور منطقی هم واضح است که یک مدل پویا فرایندهای بارندگی و رواناب را بهتر بیان می‌کند. Kumar و Das(۵) این مفاهیم را با توجه به شکل ۲ به صورت رابطه ۱ بیان نموده اند:

رابطه(۱)

$$Y = f[Q, R, (K, L, S, C, P)]$$

در این رابطه پارامترهای(K, LS, C, P) همان پارامترهای مدل جهانی فرسایش خاک(USLE) هستند که بیانگر خصوصیات یک حوزه در مقابل عوامل فرسایش می‌باشد.

تابع ریاضی فرایندهای شکل ۲ را می‌توان به صورت رابطه۲ نیز نوشت:

رابطه (۲)

$$Y = f(R_t, R_{t-1}, R_{t-2}, \ldots, R_{t-m}, Q_t, Q_{t-1}, \ldots, Q_{t-m}, Y_t, Y_{t-1}, \ldots, Y_{t-n})$$

که در آن :

Q, R, و Y به ترتیب فاکتور فرسایندگی باران، دبی جریان و میزان رسوبدهی می‌باشند.

برای توسعه مدل در ابتدا ساختار خطی برای مدل در نظر گرفته می‌شود. در این صورت معادله فوق به صورت رابطه۳ بیان می‌شود:

رابطه (۳)

$$Y_t = A_0 + \sum_{i=1}^{n} A_i R_{t-i} + \sum_{i=1}^{n} B_i Q_{t-i} + \sum_{i=1}^{n} C_i Y_{t-i}$$

مقادیر C_i, B_i, A_i, A_0 ضرایبی هستند که از طریق رگرسیون چندگانه تعیین می‌شوند. Q، R و Y همان فاکتورهای رابطه ۲ می‌باشند. برای کاهش تعداد متغییرهای مدل و ایجاد یک مدل با همبستگی بهتر و برای بیان بهتری از فرآیندهای بارندگی، رواناب و رسوبدهی با استفاده از روش رگرسیون گام به گام و برای سطح معنی داری ۵ درصد استفاده شده است.

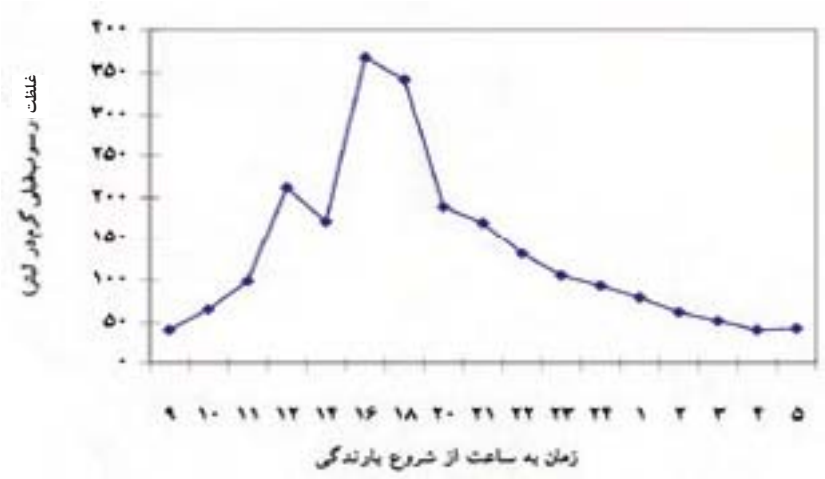
نتایج

با توجه به روش تشریح شده و به کمک داده‌های مشاهده ای حاصل از نمونه برداری رسوب و اندازه‌گیری جریان عملیات برازش مدل گسسته خطی برای ۶ رویداد و با استفاده از ۱۶ متغیر و بر اساس روابط ۲ و۳ صورت گرفت. در این مرحله به منظور کاهش تعداد متغیرها و حذف متغیرهایی که تأثیر چندانی در پیش بینی میزان رسوبدهی ندارند از تکنیک رگرسیون گام به گام و بهترین زیر مجموعه‌های آن کمک گرفته شد و تنها متغیرهای ورودی با سطح اعتماد ۹۵ درصد در مدل باقی ماندند و بقیه از مدل حذف شدند. در انتها سه متغیر در مدل باقی ماندند که مدلی با ضریب تبین(R^2= ٪۹۴) مطابق رابطه ۴ بدست آمد.

جدول۲: نتایج مقایسه مدل گسسته خطی با داده‌های مشاهده‌ای

ISE	RE	رسوب محاسبه‌ای (تن)	رسوب مشاهده‌ای (تن)	تاریخ وقوع رگبار
۸/۵۳	۰/۳۳	۶۹/۵۴	۶۹/۷	۸۲/۱۰/۱۳
۵/۸۶	۶/۴۴	۴۵/۴۳	۴۲/۶	۸۲/۱۰/۱۷
۳۳/۲	۲/۵۴	۹۸۶/۷۷	۹۶۲/۳	۸۲/۱۱/۲۳
۸/۴۴	۳/۹۹	۳۲۱/۸۲	۳۰۹/۴	۸۲/۱۲/۱۶-۱۷
۲۳/۱۸	۱/۸	۱۳۱/۹۱	۱۲۹/۵	۸۳/۱/۲۸-۳۰
۶/۷۶	۲/۷۳	۱۲۴۰/۰۷	۱۲۰۷/۰۱	۸۳/۲/۳-۵

Archive of SID
www.SID.ir



شکل۱: رسوب نگار
مربوط به رویداد بارش ۱۶ - ۱۷ اسفند ۱۳۸۱

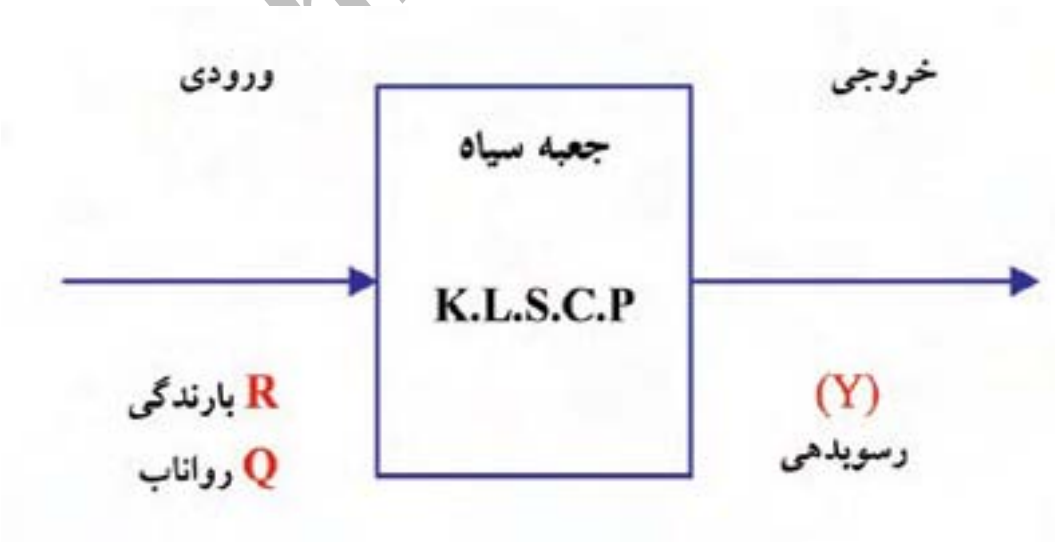
رابطه (۴)

$$Y(t)=1.04Y_{(t-1)}-0.0144R_{(t-1)}-0.00956R_{(t-2)}$$

که در آن Y(t) رسوبدهی برحسب تن در ساعت، y(t-۱) رسوبدهی بر حسب تن در ساعت در یک ساعت پیش R (t-۱) وR (t-۲) به ترتیب فاکتور فرسایندگی باران بر حسب(mm/ha-h) در یک و دو ساعت پیش از وقوع رویداد می‌باشد. اعتبارسنجی مدل به کمک شش رویداد دیگری، که در توسعه مدل(رابطه ۴) از آن‌ها استفاده نشده بود، صورت گرفت. نتایج به صورت منحنی‌های مربوط به تغییرات مقدار رسوبدهی نسبت به زمان وقوع بارندگی در شکل‌های ۳ تا ۸ ارائه شده است. همانگونه که شکل‌ها نشان می‌دهد مدل توانسته است روند تغییرات مقادیر بار رسوبی را با یک تاخیر زمانی شبیه‌سازی نماید. نتایج اعتبار سنجی مدل نیز در جدول۲ آمده است.

بحث و نتیجه‌گیری

یک مدل گسسته خطی با استفاده از ۶ رویداد و به کمک روش رگرسیون گام به گام توسعه یافته و سپس با داده‌های ۶ رویداد دیگر به کمک معیارهای خطای نسبی و مربع اشتباه کل صحت یابی شده است که خلاصه نتایج آن در جدول شماره ۲ آمده است. همانطور که از جدول مذکور پیداست خطای نسبی برای کل ۶ رویداد کمتر از ۱۰٪ می‌باشد و همچنین مربع اشتباه در ۴ رویداد کمتر از ۱۰٪ و برای دو رویداد دیگر کمتر از ۴۰٪ می‌باشد. این بدان معنی است که مدل رگرسیونی با دقت بسیار بالایی توانسته رسوبدهی



شکل۲: نمودار فرایند بارندگی رواناب و رسوبدهی در یک حوزه

www.SID.ir

را در طول وقوع بارندگی‌های منفرد پیش بینی نماید.

KumarوDas (۵) نیز از این روش جهت برآورد رسوبدهی روزانه حوزه استفاده نمودند و از میان ۱۷ متغیری که در رگرسیون گام به گام شرکت داده بودند، تنها ۴ پارامتر شدت بارندگی در زمان رویداد و دو روز قبل از رویداد، دبی دو روز قبل و فرسایش در روز ماقبل، در سطح اعتماد ۹۵ درصد در مدل باقی ماندند. ضریب دترمیناسیون این مدل را ۸۲/۳ بدست آورده اند.

Wank و همکاران(۸) نیز از یک مدل گسسته خطی برای تخمین هیدروگراف دبی آب و رسوب استفاده نمودند. در مدل آن‌ها نیز ۴ پارامتر رسوبدهی در یک و دو ساعت قبل از زمان اندازه‌گیری و دبی در زمان حاضر و یک ساعت ماقبل آن بکار گرفته شده است.

اگر چه نتایج دو تحقیق بالا نشان می دهد که دبی یکی از عوامل اصلی تخمین رسوبدهی می‌باشد اما در حوزه آبخیز گاران هیچگونه رابطه معتبری بین میزان دبی و رسوبدهی پیدا نشد. علت این امر شاید به این مسئله برمی‌گردد. که در حوزه گاران قسمتی از بارش، به صورت برف می‌بارد که ذوب آن در اواخرفصل زمستان و در طول بهار صورت می‌گیرد و اگرچه تغییراتی را در میزان دبی ایجاد می کند، ولی در این موقع شرایط پوشش گیاهی حوزه به هنگام رویدادهای بارندگی موجب تغییرات شدیدی در رژیم رسوبدهی نمی‌شود.

پاورقی

1- Sedimentograph

منابع مورد استفاده

۱. توفیقی، بهاره.۱۳۸۱؛ تهیه مدل تغییرات زمانی رسوب در حوزه آبخیز زرین درخت در استان چهار محال بختیاری. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده علوم دریایی و منابع طبیعی نور دانشگاه تربیت مدرس. ۹۱ صفحه.

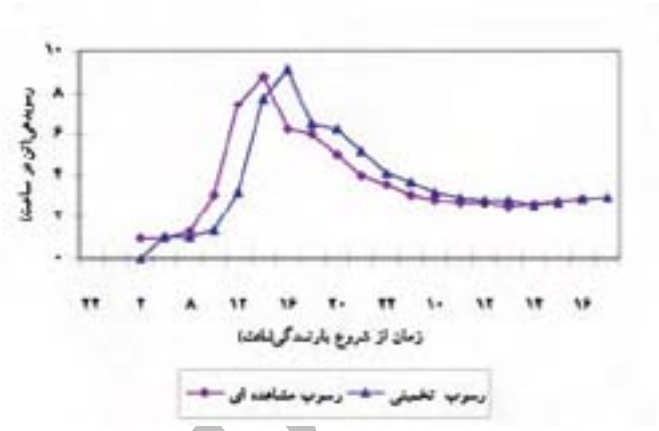
۲. صادقی، سید حمید رضا. ۱۳۸۰؛ معرفی دو روش برای تهیه معادات سنجه رسوب در شاخه‌های صعودی و نزولی هیدروگراف. مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت اراضی، فرسایش خاک و توسعه پایدار. اراک ص ۲۰۴-۲۰۰.

۳ - مهندسین مشاور سنجش از دور.۱۳۷۶؛ طرح تفضیلی مدیریت منابع جنگلی حوزه آبخیز چناره. چهارده جلد.

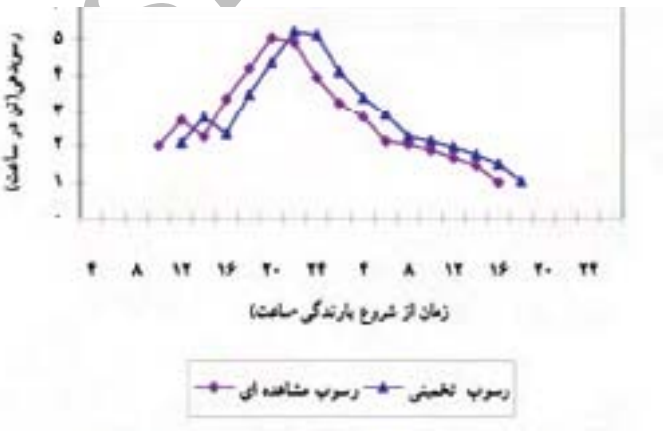
4- DE Sutter, R.; R. Verhoeven; and, R. Krein, 2001; Simulation of sediment transport during flood events, labratoary work and field experiments. Hydrological Sciences 46(4):599-610.

5- Kumar, A and G. Das, 2000; Dynamic model of daily rainfall, runoff and sediment yield for a Himalayan Watershed. J. Agri. C. Eng. Res. 75: 189-193.

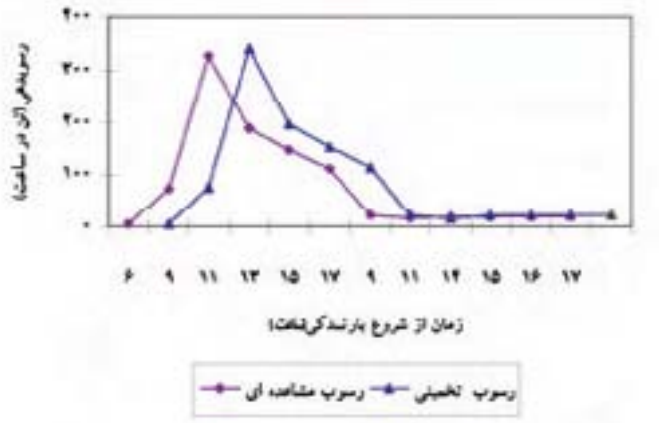
6- Kumar, S and R. A. Rastogi, 1987; A conceptual



شکل۳: منحنی‌های رسوب مشاهده ای و تخمینی
ناشی از برازش مدل رگرسیونی گسسته برای رویداد بارندگی ۸۲/۱۰/۱۳

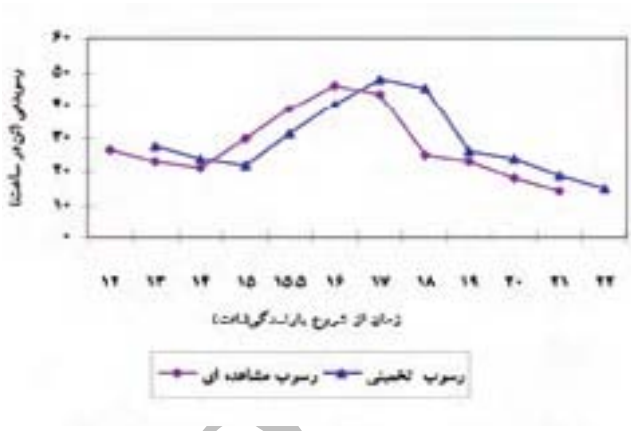


شکل۴: منحنی‌های رسوب مشاهده ای و تخمینی
ناشی از برازش مدل رگرسیونی گسسته برای رویداد بارندگی۸۲/۱۰/۱۷

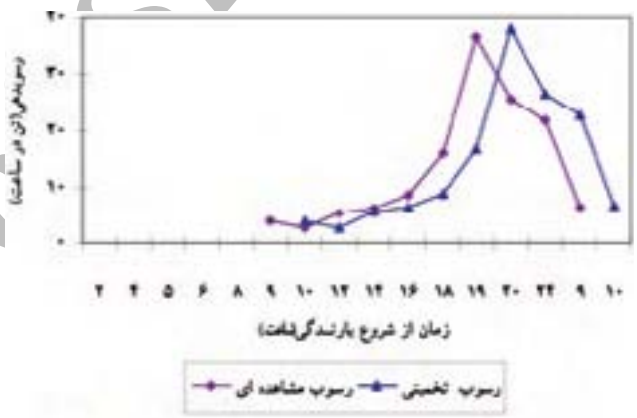


شکل۵: منحنی‌های رسوب مشاهده ای و تخمینی
ناشی از برازش مدل رگرسیونی گسسته برای رویداد بارندگی ۸۲/۱۱/۲۳

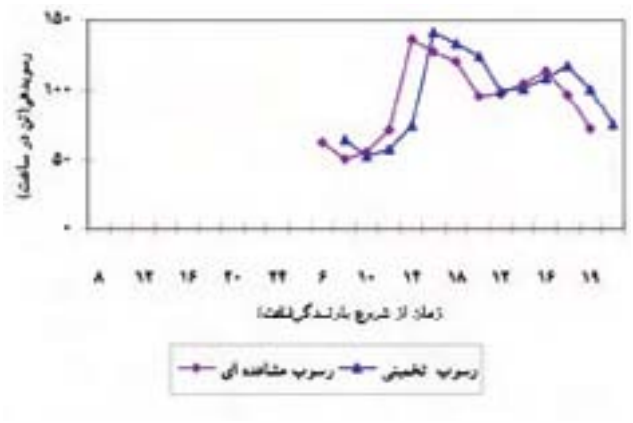
Archive of SID
www.SID.ir



شکل۶: منحنی‌های رسوب مشاهده ای و تخمینی
ناشی از برازش مدل رگرسیونی گسسته برای رویداد بارندگی ۸۲/۱۲/۱۷



شکل۷: منحنی‌های رسوب مشاهده ای و تخمینی
ناشی از برازش مدل رگرسیونی گسسته برای رویداد بارندگی ۸۳/۱/۲۸



شکل۸: منحنی‌های رسوب مشاهده ای و تخمینی
ناشی از برازش مدل رگرسیونی گسسته برای رویداد بارندگی ۸۳/۲/۳

catchment model for estimating suspended sediment flow. Journal of Hydrology 95:155-163.

7- Nicks, A.D., Williams, J.R., Williams, R.D. and Gander G.A., 1994; Estimating erosion with models having different technologies. In: Proc. 25 Annual Conf. Intl. Erosion Control Assoc., Reno, NV. February 15-18, 1994. P. 51-61.

8- Wang, G. T., V. P. Singh, C. Guo, and K. X. Huang, 1991; Discrete linear models for runoff and sediment discharge from the loess plateau of China. Journal of Hydrology. 127:153-171.

9- Williams, J. P., 1978; A sediment graph model based on an instantaneous unit sediment graph. Water Resource Res.14: 659-664.

Archive of SID

www.SID.ir