Archive of SID

مجله علمی - پژوهشی
علوم و مهندسی آبخیـــزداری ایران
Iran-Watershed Management Science & Engineering
سال چهارم - شماره ۱۱ - تابستان ۱۳۸۹
Vol. 4, No. 11, Summer 2010

گزارش فنی

مدل سازی بارش، روان آب و رسوب

سمیه فضلی[۱]، سیدحمیدرضا صادقی[۲] و عبدالواحد خالدی درویشان[۳]

تاریخ دریافت: ۸۸/۰۵/۱۰ تاریخ پذیرش: ۸۸/۰۹/۲۵

چکیده

پژوهش حاضر به‌منظور تحلیل روابط جامع متغیرهای بارش، روان‌آب و رسوب معلق در مقیاس رگبار در حوزه‌ی آبخیز معرف خامسان با مساحت ۴۱۹۳ هکتار در استان کردستان انجام شد. بدین منظور تعداد ۴ رگبار منجر به تولید روان‌آب و طبعاً تولید رسوب از مجموع ۹ واقعه‌ی اتفاق افتاده در فرصت مطالعه استفاده گردید. سپس مدل‌های مختلف رگرسیون دو متغیره برای تخمین مقدار رسوب رگبار تهیه شد. نتایج پژوهش حاضر بر توانایی برتر مدل رگرسیونی خطی حاصل از کاربرد حداکثر شدت بارش با ضریب تبیین و کارآیی به‌ترتیب بیش از ۰/۸۴۳ و ۰/۸۴ و خطای تخمین حدود ۳۹ درصد در تخمین رسوب رگبار تأکید داشت.

واژه‌های کلیدی: حوزه‌ی آبخیز خامسان، رسوب معلق، رسوب‌نگار، رگرسیون دو متغیره، مدل بارش-روان‌آب-رسوب معلق

مقدمه

برآورد صحیح بار رسوب، برای طراحی دقیق مخازن و سازه‌های حفاظت خاک، محاسبات شکل‌شناسی رودخانه، مطالعات ارزیابی تأثیر عملیات مدیریتی کاربری‌های مختلف اراضی و در نهایت مدیریت صحیح یک حوزه‌ی آبخیز مورد نیاز است [۱۰ و ۱۱]. از آن جایی که بار معلق به‌طور متوسط بیش از ۸۵ درصد بار کل حوزه‌ی آبخیز را شامل می‌شود [۱۴]، لذا بررسی مؤلفه‌های مرتبط با رسوب معلق دارای اهمیت خاصی است. اغلب بررسی‌های دقیق در ارتباط با رسوب معلق رودخانه‌ها در قالب رسوب نگارها[۴] مطرح می‌باشد و در بیشتر اوقات به همراه آب‌نگارها در مقیاس رگبار تهیه می‌شوند [۳ و ۷]. از طرفی بررسی دقیق روابط فرآیندی بین بارندگی به‌عنوان ورودی[۵] به سامانه‌ی آبخیز، روان‌آب به‌عنوان یکی از خروجی‌های اولیه حوزه‌ی آبخیز و در نهایت رسوب خروجی[۶] از حوزه‌ی آبخیز برای درک شرایط حاکم بر سامانه‌ی مذکور و در نهایت مدیریت جامع آن ضروری است. از این‌رو نیاز به مدل‌سازی فرآیندهای تبدیل بارش به روان‌آب و تأثیر هر یک از آن‌ها در کنترل تولید رسوب و برآورد بار رسوب با استفاده از داده‌های زودیافت بارش و روان‌آب بدیهی به‌نظر می‌رسد. در این راستا مطالعات متنوع و لکن محدودی انجام شده است که در این میان می‌توان برای مثال به بررسی‌های روویرا و باتالا [۱۵]، لانا-رینائولت و همکاران [۱۱]، زابالتا و همکاران [۲۰]، نادال- رومرو و همکاران [۱۲] و صادقی و همکاران [۱۶] در خارج از کشور و نیز تلوری و همکاران [۲] و غلامی و همکاران [۵] در ایران اشاره کرد. سوابق پژوهش نشان می‌دهد که مدل‌سازی ارتباط تولید رسوب با استفاده از کاربرد هم‌زمان متغیرهای بارش و روان‌آب کم‌تر مورد توجه بوده است. لذا پژوهش حاضر به‌منظور بررسی روابط میان متغیرهای بارش، روان‌آب و رسوب در مقیاس رگبار در حوزه‌ی آبخیز معرف خامسان در استان کردستان به‌دلیل امکان پایش‌های مناسب مد نظر قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

حوزه‌ی آبخیز معرف خامسان یکی از زیر حوزه‌های آبخیز سیروان در استان کردستان با مساحت ۴۱۹۳ هکتار، محیط ۲۹/۰۷۸ کیلومتر و تراکم زهکشی ۳/۳ کیلومتر بر کیلومترمربع، متوسط بارندگی سالانه‌ی ۶۰۵ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالانه‌ی ۱۳/۵ درجه سانتی‌گراد، پوشش غالب مرتعی و در حد واسط ً۵ ،َ۴ ،ْ۴۷ تا ً۴۴ ،َ۱۰ ،ْ۴۷ طول شرقی و ً۵۱ ،َ۵۷ ،ْ۳۴ تا ً۲۹ ،َ۱ ،ْ۳۵ عرض شمالی می‌باشد [۱].

اندازه‌گیری مقدار رسوب رگبارها از طریق تهیه‌ی رسوب نگارها طی رگبارهای به‌وقوع پیوسته در دورهٔ مطالعاتی اسفند ۱۳۸۷ تا اردیبهشت ۱۳۸۸ صورت گرفت. بدین منظور نمونه‌برداری رسوب معلق با فاصله‌ی زمانی ۱ ساعت و به روش انتگراسیون عمقی [۸ و ۱۵] توسط متصدی ایستگاه هواشناسی انجام و سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و غلظت رسوب معلق با استفاده از روش تخلیه

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس
۲- نویسنده مسئول و دانشیار مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران sadeghi@modares.ac.ir
۳- دانشجوی دکتری، مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

4- Sedimentgraph
5- Input
6- Output

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱ - مؤلفه‌های بارش، روان‌آب و مقدار رسوب رگبارهای به‌وقوع پیوسته در دوره‌ی پایش حوزه‌ی آبخیز معرف خامسان

تاریخ رگبار / متغیر	۱۳۸۷/۱۲/۲۰	۱۳۸۷/۱۲/۲۹	۱۳۸۸/۰۱/۱۰	۱۳۸۸/۰۱/۱۶	۱۳۸۸/۰۱/۲۳	۱۳۸۸/۰۱/۲۴	۱۳۸۸/۰۱/۲۸	۱۳۸۸/۰۲/۰۶	۱۳۸۸/۰۲/۰۹
میزان بارش (میلی‌متر)	۱۱/۳۰۰	۳/۶۰۰	۳/۴۰۰	۵/۸۰۰	۶/۷۰۰	۱۰/۵۰۰	۲/۵۰۰	۳/۴۰۰	۴/۳۰۰
حداکثر شدت بارش (میلی‌متر بر ساعت)	۵/۴۰۰	۱/۲۰۰	۱/۲۰۰	۴/۲۰۰	۳/۶۰۰	۸/۴۰۰	۳	۳	۱۱/۴۰۰
متوسط شدت بارش (میلی‌متر بر ساعت)	۱/۵۶۰	۰/۳۰۰	۰/۲۴۰	۰/۹۰۰	۲/۰۴۰	۱/۶۸۰	۰/۶۰۰	۰/۶۰۰	۰/۴۸۰
شدت ۳۰ دقیقه‌ای (میلی‌متر بر ساعت)	۴/۲۰۰	۱/۰۲۰	۱/۰۲۰	۳/۴۲۰	۳	۴/۲۰۰	۱/۸۰۰	۱/۹۸۰	۴/۰۲۰
دوام بارش (دقیقه)#	۴۳۰	۷۵۰	۷۹۰	۳۷۰	۱۷۰	۳۶۰	۲۳۰	۳۲۰	۵۰۰
انرژی جنبشی باران (تن‌متر بر هکتار)	۱۹۴/۱۴۵	۳۹/۷۹۳	۳۷/۷۶۴	۸۳/۴۵۰	۱۰۰/۸۹۶	۱۷۵/۰۷۳	۳۵/۱۷۰	۴۳/۲۹۸	۷۰/۴۵۱
حجم روان‌آب (مترمکعب)	۵۲۸/۰۰۰	۰	۰	۳۰۴	۷۴۳/۰۰۰	۱۱۹۴/۰۰۰	۰	۰	۰
ارتفاع روان‌آب (میلی‌متر)	۰/۰۱۳	۰	۰	۰/۰۰۷	۰/۰۱۸	۰/۰۲۹	۰	۰	۰
دبی اوج (مترمکعب بر ثانیه)	۰/۰۴۹	۰	۰	۰/۰۴۲	۰/۰۵۵	۰/۰۸۰	۰	۰	۰
دبی متوسط (مترمکعب بر ثانیه)	۰/۰۲۳	۰	۰	۰/۰۱۷	۰/۰۲۶	۰/۰۳۷	۰	۰	۰
زمان پایه آب‌نگار (دقیقه)	۳۹۰/۰۰۰	۰	۰	۲۷۰	۴۵۰	۵۱۰	۰	۰	۰
زمان تا اوج آب‌نگار (دقیقه)	۳۳۰/۰۰۰	۰	۰	۹۰	۱۲۰	۳۰۰	۰	۰	۰
تولید رسوب (کیلوگرم)	۱۲۸۴/۰۰۰	۰	۰	۱۹۹۶	۱۱۸۲	۵۶۰۵	۰	۰	۰

برخی از رگبارهای مزبور به‌صورت منقطع و با فواصل کم رخ داده که امکان تفکیک جزئی آن‌ها از یک‌دیگر میسر نشده است و لذا تمام بخش‌های کوچک بارندگی به‌صورت یک واقعهٔ نسبتاً طولانی مدت مد نظر قرار گرفته است.

آب[1] [۱۳ و ۱۸] انجام شد. سپس داده‌های باران‌نگار و لیمنوگراف برای رگبارهای به‌وقوع پیوسته جمع‌آوری گردید. با توجه به اهداف مورد نظر در پژوهش حاضر، خصوصیّات رگبار شامل مقدار بارش، شدت متوسط و حداکثر بارش، دوام، حداکثر شدت ۳۰ دقیقه‌ای، انرژی جنبشی باران و هم‌چنین خصوصیات روان‌آب مربوطه شامل دبی اوج، حجم روان‌آب، زمان تا اوج و زمان پایه با توجه به سهولت اندازه‌گیری به‌عنوان متغیرهای مستقل و مقدار رسوب رگبار به‌عنوان متغیر وابسته محاسبه و مد نظر قرار گرفتند.

برای تعیین ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته از رگرسیون دو متغیره[2] [۴] و در قالب شکل‌های ساده و تغییر یافته و نیز ترکیب متغیرهای مورد بررسی به‌کمک نرم‌افزار SPSS 16.0 استفاده شد. سپس انتخاب بهترین مدل از طریق شاخص‌های ضریب تبیین[3]، خطای نسبی[4] تخمین، جذر میانگین مربعات خطا[5] و ضریب کارایی[6] [۴، ۹، ۱۶ و ۱۷] صورت گرفت.

نتایج

در طی پایش حوزه‌ی آبخیز معرف، ۹ رگبار به‌شرح مشخصات مندرج در جدول (۱) اتفاق افتاد. دقت در جدول (۱) نشان‌گر پاسخ هیدرولوژیکی حوزه‌ی آبخیز معرف به‌صورت وقوع روان‌آب فقط در ۴ رگبار به‌وقوع پیوسته در اسفند ۱۳۸۷ و بهار ۱۳۸۸ می‌باشد. نتایج مربوط به مدل‌سازی مقدار رسوب به‌وسیله خصوصیات بارش و روان‌آب منجر به تهیه‌ی بیش از صد رابطه‌ی معنی‌دار و قابل قبول شد که از میان آن‌ها تنها دو رابطه‌ی بهینه برای برآورد مقدار رسوب رگبارها انتخاب گردید. از میان کلیه‌ی روابط دو متغیره به‌دست آمده، روابط درجه دو و بیش‌تر علی‌رغم برخورداری نسبی از عمل‌کرد بهتر در مقایسه با سایر مدل‌ها به‌دلیل عدم ارائه روند مشخص و نیز تغییرات نوسانی آن‌ها از مجموع روابط حذف گردیدند. در نهایت روابط زیر بین حداکثر شدت بارش (I_{max}) به میلی‌متر بر دقیقه و مقدار رسوب رگبارها (S_{st}) به کیلوگرم با ضریب تبیین، کارآیی و خطای تخمین به‌ترتیب برابر ($P=۰/۰۸۲$) ۰/۸۴۳ و ۰/۸۴۰ و ۳۸/۷۰۱ درصد و حاصل ضرب حداکثر شدت بارش در دبی اوج (Q_p) به متر مکعب بر ثانیه و مقدار رسوب رگبارها با ضریب تبیین، کارآیی و خطای تخمین به‌ترتیب برابر ($P=۰/۰۴۵$) ۰/۹۱۲ و ۰/۸۰۴ و ۴۶/۶۳۶ درصد از کارآیی بهتری برای منطقه‌ی مذکور برخوردار بود.

رابطهٔ (۱) $S_{st} = ۵/۳۹ \times ۱۰^{۴} I_{max} - ۲/۳۷ \times ۱۰^{۳}$

رابطهٔ (۲) $S_{st} = ۵/۱۵۲ \times ۱۰^{۵} \times (I_{max} \times Q_p) + ۲۹۷/۴۶۱$

1- Decentation
2- Two Variable Regression (Bivariate Regression)
3- Determination Coefficient
4- Relative Error
5- Root Mean Square of Error
6- Efficiency Coefficient

www.SID.ir

بحث و نتیجه‌گیری

روابط (۱) و (۲) نشان می‌دهد که با استفاده از شدت حداکثر و ترکیب آن با دبی اوج روان‌آب می‌توان با اعتماد آماری لازم میزان رسوب‌دهی رگبارها در حوزه‌ی آبخیز خامسان را برآورد نمود. تأثیر معنی‌دار شدت بارش در کنترل مراحل آغازین فرسایش خاک و تأمین مواد فرسایش در حوزهٔ آبخیز کوچک مورد مطالعه و سپس قابلیت و توانایی دبی جریان در انتقال ذرات فرسوده و متناسب با توان حمل جریان از استدلال‌های منطقی دست‌یابی به چنین نتیجه‌ای می‌باشد. یافته‌ها و استدلال‌های ارائه شده‌ی فوق با اظهارات بنت [۶] در خصوص نقش مؤثر و آغازین باران در فرسایش خاک، غلامی و همکاران [۵] در بیان نقش معنی‌دار بارش‌های با دوام کم و در حدود ۲۰ دقیقه در حوزه‌ی آبخیز چهل گزی استان کردستان، ویلیامز [۱۹] در تهیه‌ی مدل MUSLE رگبارها هم‌خوانی کامل دارد. اگرچه انجام پژوهش مشابه با تعداد رگبار بیش‌تر و بازه‌ی زمانی مطالعاتی طولانی‌تر به‌منظور مقایسه‌ی دقیق‌تر واکنش حوزه‌ی آبخیز به رگبارهای فصول و ماه‌های مختلف سال در حوزهٔ آبخیز معرف خامسان پیشنهاد می‌شود.

منابع

۱- اداره کل منابع طبیعی استان کردستان. ۱۳۷۹. گزارش مطالعات پایه حوزه‌ی آبخیز معرف خامسان (استان کردستان). ۹۸ص.

۲- تلوری، ع. ر.، بیرودیان، ن. و منوچهری، ا. ۱۳۸۶. مدل‌سازی تغییرات زمانی رسوب مطالعه‌ی موردی: حوزه‌ی آبخیز گاران در استان کردستان. پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شمارهٔ ۷۵، ۶۵-۷۰.

۳- صادقی، س.ح.ر.، توفیقی، ب. و مهدوی، م. ۱۳۸۴. تهیه‌ی مدل تخمین رسوب لحظه‌ای در حوزه‌ی آبخیز زرین‌درخت. منابع طبیعی ایران، جلد ۵۸، شماره‌ی ۳، ۷۵۹-۷۶۷.

۴- صادقی، س. ح. ر.، مرادی، ح.، مزین م. و وفاخواه م. ۱۳۸۴. کارآیی روش‌های مختلف تجزیه و تحلیل آماری در مدل‌سازی بارش- روان‌آب (مطالعه موردی: حوزه‌ی آبخیز کسیلیان). علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، جلد ۱۲، شمارهٔ ۳، ۸۱-۹۰.

۵- غلامی، ل.، صادقی، س. ح. ر.، خالدی‌درویشان، ع. و تلوری، ع. ۱۳۸۷. مدل‌سازی رسوب ناشی از رگبارها با استفاده از متغیرهای باران و روان‌آب. آب و خاک، جلد ۲۲، شماره‌ی ۲، ۲۶۳-۲۸۴.

6- Bennett, H.H. 2001. Soil Conservation for Sustainable Agriculture, Updesh Prohit for Agrobios (India) Jodhpur, 903p.

7- Das, G. 2000. Hydrology and Soil Conservation Engineering. Prentice-Hal of India Press. 486p.

8- Edwards, T.K. and Glysson, G.D. 1999. Field Methods for Measurement of fluvial Sediment. USGS Open-file Report 1-97 p. Availableat:http://water.usgs.gov/osw/techniques/Edwards-TWRI.pdf1999.

9- Green, I.R.A. and Stephenson, D. 1986. Criteria for Comparison of Single Event Models. Hydrological Sciences Journal, 31: 395-411.

10- Kothyari, U.C., Tiwari, A.K. and Singh, R. 1997. Estimation of Temporal Variation of Sediment Yield from Small Catchments through the Kinematic Method. Journal of Hydrology, 203: 39-57.

11- Lana-Renault, N., Regüés, D., Martí-Bono, C., Beguería, S., Latron, J., Nadal, E., Serrano, P. and García-Ruiz, J.M. 2007. Temporal Variability in the Relationships Between Precipitation, Discharge and Suspended Sediment Concentration in a Mediterranean Mountain Catchment, Nordic Hydrology, 38(2): 139-150.

12- Nadal-Romero, E., Regues, D. and Lateron, J. 2008. Relationships among Rainfall, Runoff, and Suspended Sediment in a Small Catchement with Badland. Catena. 74: 127-136.

13- Putjaroon, W. and Pongboon, K. 1987. Amount of Runoff and Soil Losses from Various Land. Use Sampling Plots in Province, Thailand. In: Proceedings of Forest Hydrology and Watershed Management August 1987, IAHS-AISH Publication: 167-178.

14- Rendon-Herro, O. 1974. Estimation of Wash Load Produced on Certain Small Watershed. Journal of Hydraulics Division. HY7 (100): 848-853.

15- Rovira, A. and Batalla, R. 2006. Temporal Distribution of Suspended Sediment Transport in a Mediterranean Basin: The Lower Tordera (NE SPAIN). Geomorphology. 79:58-71.

16- Sadeghi, S.H.R., Mizuyama, T., Miyata, S., Gomi, T., Kosugi, K., Fukushima, T., Mizugaki, S. and Onda, Y. 2008. Development, Evaluation and Interpretation of Sediment Rating Curves for a Japanese Small Mountainous Reforested

www.SID.ir

Prediction with Universal Equation Using Runoff Energy Factor, Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yield and Sources. ARS-S-40. US Department of Agriculture. Agricultural Research Service: 244-252.

20- 41- Zabaleta, A., Martínez, M., Uriarte, J.A. and Antigüedad, I. 2007. Factors Controlling Suspended Sediment Yield during Runoff Events in Small Headwater Catchments of the Basque Country. Catena. 71: 179-190.

Watershed. Journal of Geoderma. 144: 198-211.

17- Sadeghi, S.H.R., Mizuyama, T., Miyata, S., Gomi, T., Kosugi, K., Mizugaki, T.F. and Onda, Y. 2008. Determinant Factors of Sediment Graphs and rating Loops in a Reforested Watershed. Journal of Hydrology. 356: 271- 282.

18- Walling, D.E., Collins, A.L, Sichingabula, H.A. and Leeks, G.J.L. 2001. Integrated Assessment of Catchment Suspended Sediment Budgets: A Zambian Example. Land and Degradation Development. 12: 387-415.

19- Williams, J.R. 1975. Sediment Yield

www.SID.ir