

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 به منظور تحلیل روابط جامع متغیرهای بارش، روان آب و رسوب معلق در مقیاس رگبار در حوزه ی آبخیز معرف خامسان با مساحت ۴۱۹۳ هکتار در استان کردستان انجام شد. بدین منظور تعداد ۴ رگبار منجر به تولید روان آب و طبعاً تولید رسوب از مجموع ۹ واقعه ی اتفاق افتاده در فرصت مطالعه استفاده گردید. سپس مدل های 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 کارایی به ترتیب بیش از ۰/۸۴۳ و ۰/۸۴ و خطای تخمین حدود ۳۹ درصد در تخمین رسوب رگبار تأکید داشت. واژه های کلیدی: حوزه ی آبخیز خامسان، رسوب معلق، رسوب نگار، رگرسیون دو متغیره، مدل بارش-روان آب-رسوب معلق

مقدمه

برآورد صحیح بار رسوب، برای طراحی دقیق مخازن و سازه های حفاظت خاک، محاسبات شکل شناسی رودخانه، مطالعات ارزیابی تأثیر عملیات مدیریتی کاربری های مختلف اراضی و در نهایت مدیریت صحیح یک حوزه ی آبخیز مورد نیاز است [۱۰ و ۱۱]. از آن جایی که بار معلق به طور متوسط بیش از ۸۵ درصد بار کل حوزه ی آبخیز را شامل می شود [۱۴]، لذا بررسی مؤلفه های مرتبط با رسوب معلق دارای اهمیت خاصی است. اغلب بررسی های دقیق در ارتباط با رسوب معلق رودخانه ها در قالب رسوب نگارها^۴ مطرح می باشد و در

- ۱- دانش آموخته 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

بیشتر اوقات به همراه آب نگارها در مقیاس رگبار تهیه می شوند [۳ و ۷]. از طرفی بررسی دقیق روابط فرآیندی بین بارندگی به عنوان ورودی^۵ به سامانه ی آبخیز، روان آب به عنوان یکی از خروجی های اولیه حوزه ی آبخیز و در نهایت رسوب خروجی^۶ از حوزه ی آبخیز برای درک شرایط حاکم بر سامانه ی مذکور و در نهایت مدیریت جامع آن ضروری است. از این رو نیاز به مدل سازی فرآیندهای تبدیل بارش به روان آب و تأثیر هر یک از آن ها در کنترل تولید رسوب و برآورد بار رسوب با استفاده از داده های زودیافت بارش و روان آب بدیهی به نظر می رسد. در این راستا مطالعات متنوع و لکن محدودی انجام شده است که در این میان می توان برای مثال به بررسی های روویرا و باتالا [۱۵]، لانا-ریناوتولت 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 می دهد که مدل سازی ارتباط تولید رسوب با استفاده از کاربرد هم زمان متغیرهای بارش و روان آب کم تر مورد توجه بوده است. لذا پژوهش حاضر به منظور بررسی روابط میان متغیرهای بارش، روان آب و رسوب در مقیاس رگبار در حوزه ی آبخیز معرف خامسان در استان کردستان به دلیل امکان پایش های مناسب مد نظر قرار گرفته است.

مواد و روش ها

حوزه ی آبخیز معرف خامسان یکی از زیر حوزه های آبخیز سیروان در استان کردستان با مساحت ۴۱۹۳ هکتار، محیط ۲۹/۰۷۸ کیلومتر و تراکم زهکشی ۳/۳ کیلومتر بر کیلومتر مربع، متوسط بارندگی سالانه ی ۶۰۵ میلی متر و متوسط درجه حرارت سالانه ی ۱۳/۵ درجه سانتی گراد، پوشش غالب مرتعی و در حد واسط^۵، ۴، ۴۷ تا ۴۴، ۱۰، ۴۷ طول شرقی و ۵۷، ۵۱ و ۳۴ تا ۲۹، ۱، ۳۵ عرض شمالی می باشد [۱].

اندازه گیری مقدار رسوب رگبارها از طریق تهیه ی رسوب نگارها طی رگبارهای به وقوع پیوسته در دوره مطالعاتی اسفند ۱۳۸۷ تا اردیبهشت ۱۳۸۸ صورت گرفت. بدین منظور نمونه برداری رسوب معلق با فاصله ی زمانی ۱ ساعت و به روش انتگراسیون عمقی [۸ و ۱۵] توسط متصدی ایستگاه هواشناسی انجام و سپس نمونه ها به آزمایشگاه منتقل و غلظت رسوب معلق با استفاده از روش تخلیه

5- Input

6- Output

جدول ۱ - مؤلفه های بارش، روان آب و مقدار رسوب رگبارهای به وقوع پیوسته در دوره ی پایش حوزه ی آبخیز معرف خامسان

تاریخ رگبار	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 (میلی متر)	۱۱/۳۰۰	۳/۶۰۰	۳/۴۰۰	۵/۸۰۰	۶/۷۰۰	۱۰/۵۰۰	۲/۵۰۰	۳/۴۰۰	۴/۳۰۰
حداکثر شدت بارش (میلی متر بر ساعت)	۵/۴۰۰	۱/۲۰۰	۱/۲۰۰	۴/۲۰۰	۳/۶۰۰	۸/۴۰۰	۳	۳	۱۱/۴۰۰
متوسط شدت بارش (میلی متر بر ساعت)	۱/۵۶۰	۰/۳۰۰	۰/۲۴۰	۰/۹۰۰	۲/۰۴۰	۱/۶۸۰	۰/۶۰۰	۰/۶۰۰	۰/۴۸۰
شدت ۳۰ دقیقه ای (میلی متر 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 (تن متر بر هکتار)	۱۹۴/۱۴۵	۳۹/۷۹۳	۳۷/۷۶۴	۸۳/۴۵۰	۱۰۰/۸۹۶	۱۷۵/۰۷۳	۳۵/۱۷۰	۴۳/۲۹۸	۷۰/۴۵۱
حجم روان آب (متر مکعب)	۵۲۸/۰۰۰	۰	۰	۳۰۴	۷۴۳/۰۰۰	۱۱۹۴/۰۰۰	۰	۰	۰
ارتفاع روان آب (میلی متر)	۰/۰۱۳	۰	۰	۰/۰۰۷	۰/۰۱۸	۰/۰۲۹	۰	۰	۰
دبی اوج (متر مکعب بر ثانیه)	۰/۰۴۹	۰	۰	۰/۰۴۲	۰/۰۵۵	۰/۰۸۰	۰	۰	۰
دبی متوسط (متر مکعب بر ثانیه)	۰/۰۲۳	۰	۰	۰/۰۱۷	۰/۰۲۶	۰/۰۳۷	۰	۰	۰
زمان پایه آب نگار (دقیقه)	۳۹۰/۰۰۰	۰	۰	۲۷۰	۴۵۰	۵۱۰	۰	۰	۰
زمان تا اوج آب نگار (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 به صورت منقطع و با فواصل کم رخ داده که امکان تفکیک جزئی آن ها از یک دیگر میسر نشده است و لذا تمام بخش های کوچک بارندگی به صورت یک واقعه نسبتاً طولانی مدت مدنظر قرار گرفته است.

نتایج

در طی پایش حوزه ی آبخیز معرف، ۹ رگبار به شرح مشخصات مندرج در جدول (۱) اتفاق افتاد. دقت در جدول (۱) نشان گر پاسخ هیدرولوژیکی حوزه ی آبخیز معرف به صورت وقوع روان آب فقط در ۴ رگبار به وقوع پیوسته در اسفند ۱۳۸۷ و بهار ۱۳۸۸ می باشد. نتایج مربوط به مدل سازی مقدار رسوب به وسیله خصوصیات بارش و روان آب منجر به تهیه ی بیش از صد رابطه ی معنی دار و قابل قبول شد که از میان آن ها تنها دو رابطه ی بهینه برای برآورد مقدار رسوب رگبارها انتخاب گردید. از میان کلیه ی روابط دو متغیره به دست آمده، روابط درجه دو و بیش تر علی رغم برخورداری نسبی از عمل کرد بهتر در مقایسه با سایر مدل ها به دلیل عدم ارائه روند مشخص و نیز تغییرات نوسانی آن ها از مجموع روابط حذف گردیدند. در نهایت روابط زیر بین حداکثر شدت بارش (I_{max}) به میلی متر بر دقیقه و مقدار رسوب رگبارها (S_{st}) به کیلوگرم با ضریب تبیین، کارایی و خطای تخمین به ترتیب برابر ($P=0/082$) و $0/843$ و $0/840$ و $38/701$ درصد و حاصل ضرب حداکثر شدت بارش در دبی اوج (Q_p) به متر مکعب بر ثانیه و مقدار رسوب رگبارها با ضریب تبیین، کارایی و خطای تخمین به ترتیب برابر ($P=0/045$) و $0/912$ و $0/804$ و $46/636$ درصد از کارایی بهتری برای منطقه ی مذکور برخوردار بود.

$$رابطه (۱) \quad S_{st} = 5/39 \times 10^4 I_{max} - 2/37 \times 10^3$$

$$رابطه (۲) \quad S_{st} = 5/152 \times 10^5 \times (I_{max} \times Q_p) + 297/461$$

آب^۱ [۱۳ و ۱۸] انجام شد. سپس داده های باران نگار و لیمنوگراف برای رگبارهای به وقوع پیوسته جمع آوری گردید. با توجه به اهداف مورد نظر در پژوهش حاضر، خصوصیات رگبار شامل مقدار بارش، شدت متوسط و حداکثر بارش، دوام، حداکثر شدت ۳۰ دقیقه ای، انرژی جنبشی باران و هم چنین خصوصیات روان آب مربوطه شامل دبی اوج، حجم روان آب، زمان تا اوج و زمان پایه با توجه به سهولت اندازه گیری به عنوان متغیرهای مستقل و مقدار رسوب رگبار به عنوان متغیر وابسته محاسبه و مدنظر قرار گرفتند.

برای تعیین ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته از رگرسیون دو متغیره^۲ [۴] و در قالب شکل های ساده و تغییر یافته و نیز ترکیب متغیرهای مورد بررسی به کمک نرم افزار SPSS 16.0 استفاده شد. سپس انتخاب بهترین مدل از طریق شاخص های ضریب تبیین^۳، خطای نسبی^۴ تخمین، جذر میانگین مربعات خطا^۵ و ضریب کارایی^۶ [۴، ۹، ۱۶ و ۱۷] صورت گرفت.

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

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 حوزه‌ی 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 چهل‌گزی استان کردستان، ویلایم [۱۹] در تهیه‌ی مدل MUSLE رگبارها هم‌خوانی کامل دارد. اگرچه انجام پژوهش مشابه با تعداد رگبار بیش‌تر و بازه‌ی زمانی مطالعاتی طولانی‌تر به منظور مقایسه‌ی دقیق‌تر واکنش حوزه‌ی آبخیز به رگبارهای فصول و ماه‌های مختلف سال در حوزه‌ی آبخیز معرف خامسان پیشنهاد می‌شود.

منابع

- 8- Edwards, T.K. and Glysson, G.D. 1999. Field Methods for Measurement of fluvial Sediment. USGS Open-file Report 1-97 p. Available at: <http://water.usgs.gov/osw/techniques/Edwards-TWRI.pdf> 1999.
- 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., Regués, 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 Catchment 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
- ۱- اداره کل منابع طبیعی استان کردستان. ۱۳۷۹. گزارش مطالعات پایه حوزه‌ی آبخیز معرف خامسان (استان کردستان). ۹۸ص.
- ۲- تلوری، ع. ر.، بیرویدیان، ن. و منوچهری، ا. ۱۳۸۶. مدل‌سازی تغییرات زمانی رسوب مطالعه‌ی موردی: حوزه‌ی آبخیز گاران در استان کردستان. پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره 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، شماره ۳، ۷۵۹-۷۶۷.
- ۴- صادقی، س.ح. ر.، مرادی، ح.، مزین م. و وفاخواه م. ۱۳۸۴. کارایی روش‌های مختلف تجزیه و تحلیل آماری در مدل‌سازی بارش- روان‌آب (مطالعه موردی: حوزه‌ی آبخیز کسلیان). علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، جلد ۱۲، شماره 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، شماره 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.

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, Sickingabula, 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

*Abstract (Technical Note)***Rainfall- Runoff- Sediment Modelling**S. Fazli¹, S.H.R. Sadeghi² and A.V. KhalediDarvishan³

The present study aimed to analyze the comprehensive relationships between suspended sediment yield, and rainfall and runoff characteristics on storm basis in Khamsan Representative Watershed with an area of 4193 ha in Kurdistan Province, Iran. In due course, 9 storm events occurred during study period were analyzed 4 of which generated runoff and consequently yielded sediment. Different bivariate regression models were then applied for estimating sediment yield. The results of the analysis verified better performance of linear regression developed based on maximum rainfall intensity with respective determination and efficiency coefficients, and estimation error of 0.843, 0.84 and 39%.

Keywords: *Bivariate Regression, Iran, Khamesan Watershed, Rainfall-Runoff-Suspended Sediment Model, Sedimentgraph and Suspended Sediment.*

1- Former Master Student, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran..

2- Associate Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran, sadeghi@modares.ac.ir.

3- Ph.D. Student, Department of Watershed Management Engineering, College of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran.