



ایجاد و بررسی مدل‌های مختلف تحلیل منطقه‌ای تناوب سیلاب تابعی از دوره بازگشت (مطالعه موردی: استان اردبیل)

*علی رسول‌زاده^۱، الناز آذرناج^۲ و پریسا فرضی^۳

^۱دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه محقق اردبیلی، ^۲دانشجوی کارشناسی ارشد گروه آبخیزداری، دانشگاه محقق اردبیلی،

^۳دانشجوی کارشناسی ارشد گروه آبخیزداری، دانشگاه تربت‌حیدریه

تاریخ دریافت: ۹۲/۵/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۹/۱۱

چکیده

سابقه و هدف: توسعه روش‌های برآورد فراوانی منطقه‌ای سیلاب در مناطق فاقد ایستگاه‌های اندازه‌گیری یکی از اولین اهداف اصلی در مسایل روز هیدرولوژی می‌باشد. ارزیابی فراوانی سیلاب در حوضه‌های فاقد ایستگاه‌های اندازه‌گیری، معمولاً توسط ایجاد روابط مناسب آماری (مدل‌ها) بین سیلاب و ویژگی‌های فیزیکی حوضه انجام می‌گیرد. در این پژوهش، تحلیل منطقه‌ای بین دبی سیلاب به‌عنوان عامل وابسته و ویژگی‌های فیزیکی به‌عنوان عامل مستقل با به‌کارگیری روش معکوس در حوضه‌های استان اردبیل انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: منطقه مورد پژوهش، در نواحی مرکزی استان اردبیل قرار دارد که شامل ۹ ایستگاه هیدرومتری همگن می‌باشد. از ایستگاه‌های همگن موجود، ۷ ایستگاه برای واسنجی (ایجاد مدل) و ۲ ایستگاه برای صحت‌سنجی مدل‌های ایجاد شده، مورد استفاده قرار گرفتند. برای حصول به مدل واحد، دوره بازگشت به‌عنوان عامل مستقل در مدل در نظر گرفته شد. چهار نوع مدل شامل مدل‌های مساحت، مساحت-شیب، مساحت-شیب-طول آبراه‌ها و مدل فولر مورد مطالعه قرار گرفت.

یافته‌ها: از بین چهار مدل مورد مطالعه، مدل فولر عملکرد مناسبی برای تخمین سیلاب نشان نداد. مدل مساحت با $RMSE = 23/30$ و $23/51$ (مترمکعب بر ثانیه) کم‌ترین دقت و مدل مساحت-شیب-طول آبراه‌ها با $RMSE = 9/51$ و $6/32$ (مترمکعب بر ثانیه) بیش‌ترین دقت را در برآورد دبی سیلاب در ۲ ایستگاه صحت‌سنجی داشتند.

نتیجه‌گیری: مدل مساحت-شیب-طول آبراه‌ها برای دوره بازگشت‌های کم‌تر از ۵۰ سال دقت قابل‌قبولی را نشان داد. بنابراین با توجه به دقت این مدل برای دوره بازگشت‌های کم و متوسط، می‌توان به‌منظور تحلیل منطقه‌ای سیلاب در منطقه مورد مطالعه که دارای اقلیم نیمه‌خشک می‌باشد استفاده گردد. با افزایش دوره بازگشت، دقت همه مدل‌ها کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: تحلیل منطقه‌ای سیلاب، روش معکوس، رگرسیون، حوضه‌های اردبیل

مقدمه

سیل یکی از مهم‌ترین بلایای طبیعی است که سبب خسارات جانی و مالی زیادی می‌گردد. پژوهشگران زیادی در مورد تحلیل منطقه‌ای سیلاب به پژوهش پرداخته‌اند. کندی و همکاران (1978) و استامی و هس (1993) روش‌هایی را برای تخمین دبی‌های سیلابی با دوره‌های بازگشت مختلف ارائه و نشان دادند سطح حوضه مؤثرترین پارامتر تأثیرگذار در تخمین سیلاب می‌باشد (8, 3). روگر و همکاران (2012) نشان دادند در اکثر حوضه‌های مورد مطالعه، روش مونت‌کارلو مقدار سیلاب را بیش‌تر از روش تحلیل فراوانی سیلاب برآورد می‌کند (6). در سطح ملی، چاوشی بروجنی و اسلامیان (1999) نشان دادند، در دوره‌های بازگشت کوتاه، دقت مدل هیبریدی بیش‌تر از روش رگرسیونی است (2). نساچیان‌زواره و همکاران (2010) نشان دادند بهترین دبی شاخص، دبی با دوره بازگشت دو سال است (5). شادمانی و همکاران (2011) نشان دادند بهترین ساختار، شبکه عصبی مصنوعی پیشخور با دو لایه پنهان به ترتیب دارای 5 و 4 عنصر پردازشگر می‌باشد (7).

هدف از این پژوهش، تحلیل منطقه‌ای سیلاب با استفاده از رگرسیون غیرخطی بین دبی سیلاب به‌عنوان عامل وابسته و ویژگی‌های فیزیکی به‌عنوان عامل مستقل با به‌کارگیری روش معکوس در حوضه‌های استان اردبیل می‌باشد. برای حصول به مدل واحد و کاستن تعدد مدل‌ها، دوره بازگشت به‌عنوان عامل مستقل در مدل در نظر گرفته شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش، در نواحی مرکزی استان اردبیل قرار دارد که شامل 9 ایستگاه هیدرومتری همگن می‌باشد. از ایستگاه‌های همگن موجود،

7 ایستگاه برای واسنجی (ایجاد مدل) و 2 ایستگاه برای صحت‌سنجی مدل‌های ایجاد شده، مورد استفاده قرار گرفتند. کفایت داده‌ها با استفاده از روش ماکوس و همچنین همگنی داده‌ها با استفاده از آزمون ران تست انجام شد (1, 4).

در این پژوهش، آمارهای حداکثر دبی سالیانه مد نظر قرار گرفته و برای برآورد دبی سیلاب با دوره‌های بازگشت مختلف و انتخاب بهترین توزیع آماری از نرم‌افزار SMADA استفاده گردید. بهترین توزیع، توزیع لوگ پیرسون نوع 3 تشخیص داده شد. با استفاده از توزیع لوگ پیرسون نوع 3، در 9 ایستگاه هیدرومتری ذکر شده، دبی سیلاب با دوره بازگشت 2، 5، 10، 25، 50، 100 و 200 سال محاسبه گردید.

در این پژوهش از مدل مساحت که فقط از مساحت، مدل مساحت-شیب که علاوه بر مساحت از شیب حوضه و مدل مساحت-شیب-طول آبراه‌ها که از سه ویژگی مساحت، شیب و طول کل آبراه‌های حوضه را در نظر می‌گیرند استفاده گردید. با به‌کارگیری روش معکوس و آلوگوریتم لونیبرگ-مارگوارت به‌وسیله نرم‌افزار SPSS ضرایب تجربی مدل‌های ذکر شده، برآورد گردید. تابع هدف در روش معکوس حداقل کردن اختلاف دبی اوج سیلاب برآورد شده با مدل‌های ذکر شده و دبی سیلاب محاسبه شده با توزیع لوگ پیرسون نوع 3 می‌باشد.

به‌طورکلی مدل‌های متعددی برای محاسبه دبی سیلاب ارائه شده است. یکی از مدل‌های مورد استفاده در این پژوهش، مدل فولرمی‌باشد (4). مزیت اصلی مدل فولر در نظر گرفتن دوره بازگشت به‌عنوان متغیر مستقل در مدل می‌باشد. این امر سبب می‌گردد تا به‌جای ارائه یک معادله برای هر دوره بازگشت، فقط یک معادله ارائه گردد که تابعی از دوره بازگشت بوده و با جایگزینی دوره بازگشت، دبی سیلاب متناظر با آن محاسبه گردد.

برای صحت‌سنجی مدل‌های ایجاد شده از معیار آماری جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج واسنجی مدل‌های ذکر شده، در جدول ۱ ارائه شده است. این جدول نشان می‌دهد با افزایش دوره بازگشت، ضریب تعیین (R^2) کاهش می‌یابد. بنابراین مدل‌های واسنجی شده برای دوره بازگشت‌های کم نتایج بهتری ارائه می‌دهد و با افزایش دوره بازگشت ضریب تعیین کاهش و میزان خطا افزایش می‌یابد. این نتیجه با نتایج چاوشی‌بروجنی و اسلامیان (1999) و نساجیان‌زواره و همکاران (2011) همخوانی دارد (2, 5). برای تمام دوره بازگشت‌ها، مدل مساحت-شیب-طول

آبراهه‌ها، R^2 بیش‌تری نسبت به سایر مدل‌ها دارا بود (جدول ۱). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت بهترین مدل برای تحلیل منطقه‌ای سیلاب، در منطقه مورد مطالعه، مدل مساحت-شیب-طول آبراهه‌ها می‌باشد. با توجه به جدول ۱ مشاهده می‌گردد اولاً تعدد مدل‌ها زیاد بوده به‌طوری‌که برای هر دوره بازگشت یک مدل ارائه شده است. ثانیاً مدل‌های ارائه شده مختص به همان دوره بازگشت خاص بوده و برای دوره بازگشت غیر از دوره بازگشت‌های ذکر شده کاربرد ندارد. به‌عبارت بهتر مدل‌های ایجاد شده حالت عمومی نداشته و برای هر دوره بازگشت دلخواه، غیر از دوره بازگشت‌های ذکر شده نمی‌توان به‌کار برد. بنابراین مدل فولر که تابعی از دوره بازگشت بوده برای ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه، واسنجی گردید (جدول ۲).

جدول ۱- مدل‌های واسنجی شده برای برآورد دبی اوج سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف.

Table 1. Calibrated models for estimating the peak discharge of flood in different return period.

$Q_t = cA^n$	R^2	$Q_t = cA^n S^m$	R^2	$Q_t = cA^n S^m L^d$	R^2
$Q_2 = 0.79A^{0.35}$	0.48	$Q_2 = 0.02A^{0.51}S^{0.98}$	0.51	$Q_2 = 0.02A^{0.1}S^{0.991}L^{0.41}$	0.52
$Q_5 = 2.96A^{0.27}$	0.45	$Q_5 = 0.12A^{0.44}S^{0.74}$	0.46	$Q_5 = 0.11A^{0.22}S^{0.86}L^{0.20}$	0.48
$Q_{10} = 6.39A^{0.22}$	0.42	$Q_{10} = 0.17A^{0.40}S^{0.90}$	0.44	$Q_{10} = 0.63A^{0.16}S^{0.51}L^{0.2}$	0.46
$Q_{25} = 13.77A^{0.18}$	0.28	$Q_{25} = 0.19A^{0.43}S^{0.92}$	0.29	$Q_{25} = 4.65A^{0.10}S^{0.10}L^{0.20}$	0.32
$Q_{50} = 21.87A^{0.16}$	0.21	$Q_{50} = 0.26A^{0.41}S^{0.97}$	0.24	$Q_{50} = 6.35A^{0.10}S^{0.10}L^{0.20}$	0.26
$Q_{100} = 32.39A^{0.15}$	0.16	$Q_{100} = 0.44A^{0.39}S^{0.93}$	0.17	$Q_{100} = 8.5A^{0.10}S^{0.10}L^{0.20}$	0.23
$Q_{200} = 45.64A^{0.14}$	0.14	$Q_{200} = 0.74A^{0.37}S^{0.89}$	0.16	$Q_{200} = 11.10A^{0.10}S^{0.10}L^{0.20}$	0.19

کاهش تعداد مدل‌ها و به‌دست آوردن یک مدل واحد برای دوره بازگشت‌های مختلف، در مدل‌های تجربی ارائه شده در جدول ۱، دوره بازگشت، به‌عنوان متغیر مستقل در مدل وارد گردید، بدین ترتیب با داشتن تنها یک مدل می‌توان دبی حداکثر سیلاب را برای هر دوره بازگشت دلخواه تخمین زد.

ضریب تعیین (R^2) به‌دست آمده برای واسنجی مدل فولر ۰/۱۲ می‌باشد که بیانگر عدم برازش مناسب مدل فوق برای منطقه مورد مطالعه می‌باشد. با این‌که مدل فولر حالت عمومی داشته و برای تمام دوره بازگشت‌ها می‌توان استفاده نمود ولی به‌علت پایین بودن ضریب تعیین آن دارای اعتبار بالایی برای برآورد سیلاب در منطقه مورد مطالعه ندارد. بنابراین به‌منظور

استاندارد و همچنین حدود اطمینان در سطح ۹۵ درصد در مرحله واسنجی (ایجاد مدل) با روش معکوس محاسبه گردید. خطای استاندارد پارامترهای مدل فولر، پارامتر C در مدل مساحت، پارامترهای C و m در مدل مساحت-شیب و پارامترهای n و d در مدل مساحت-شیب-طول آبراه‌ها که در جدول ۱ نشان داده شده است نسبت به مقادیر پارامترهای تخمین زده شده خیلی بزرگ برآورد گردید. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت واسنجی نسبت به این پارامترهای تخمین زده شده خیلی حساس نمی‌باشد.

نتایج واسنجی مدل‌های مساحت، مساحت-شیب و مساحت-شیب-طول آبراه‌ها با در نظر گرفتن دوره بازگشت به‌عنوان متغیر مستقل در مدل، در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد از بین سه مدل ذکر شده، بالاترین ضریب تعیین را مدل مساحت-شیب-طول آبراه‌ها و کم‌ترین ضریب تعیین را مدل مساحت دارند. جدول ۲ نشان می‌دهد هر چه مدل‌ها تابعی از ویژگی فیزیکی بیشتری باشد شرایط حوضه بیش‌تر لحاظ شده و مدل دارای دقت بالاتری می‌باشد. یکی از مشخصات مهم در روش معکوس که باید مد نظر قرار گیرد خطای استاندارد و حدود اطمینان می‌باشد. مقادیر خطای

جدول ۲- مدل‌های واسنجی شده برای برآورد دبی اوج سیلاب با در نظر گرفتن دوره بازگشت به‌عنوان متغیر مستقل.

Table 2. Calibrated models for estimating of the peak discharge of flood with taking into account return period as the independent factor.

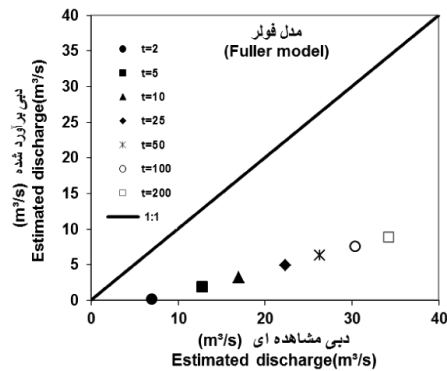
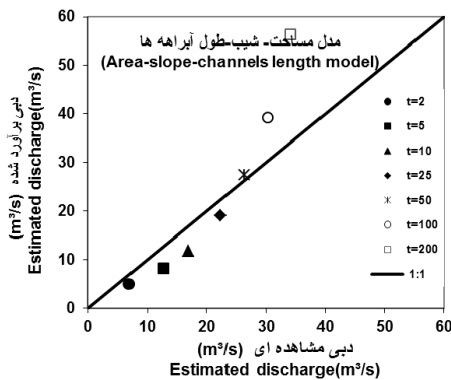
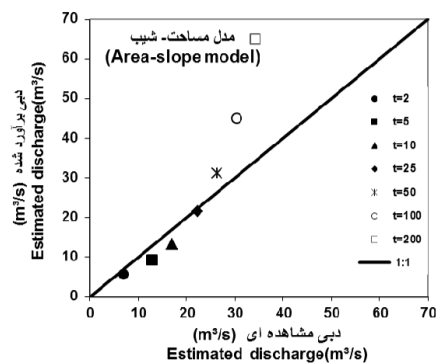
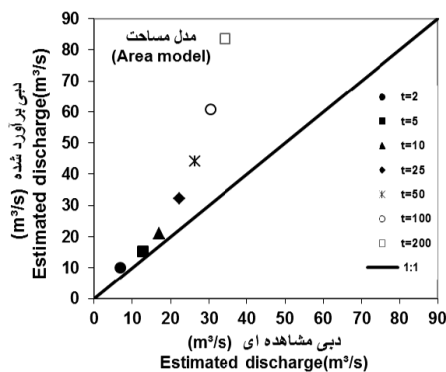
R^2	معادله (Equation)	مدل (Model)
0.12	$Q_t = -0.02A^{0.8} (1 - 3.85 \log t)(1 + 2.66A^{-0.3})$	فولر (Fuller)
0.47	$Q_t = 3.79A^{0.15} t^{0.46}$	مساحت (Area)
0.48	$Q_t = 0.25A^{0.30} S^{0.49} t^{0.53}$	مساحت-شیب (Area-slope)
0.51	$Q_t = 0.08A^{0.17} S^{0.76} L^{0.20} t^{0.52}$	مساحت-شیب-طول آبراه‌ها (Area-slope-channels length)

این منظور، از آمار ۲ ایستگاه واقع در منطقه مورد مطالعه استفاده گردید، که در مرحله واسنجی برای ایجاد مدل‌ها، از آن‌ها استفاده نشده بود. مقادیر دبی در ۲ ایستگاه صحت‌سنجی (ایستگاه‌های عموقین و نوران)، طبق مدل‌های ایجاد شده (جدول ۲) برآورد با مقادیر مشاهده‌ای ایستگاه‌های فوق رسم گردید

همچنین بازه حدود اطمینان برای پارامترهای ذکر شده در سطح ۹۵ درصد بزرگ بوده بنابراین پارامترهای ذکر شده از عدم اطمینان بالاتری نسبت به پارامترهای دیگر برخوردار بودند. برای اطمینان از دقت عملکرد مدل‌های ایجاد شده در این پژوهش، صحت‌سنجی مدل انجام شد. برای

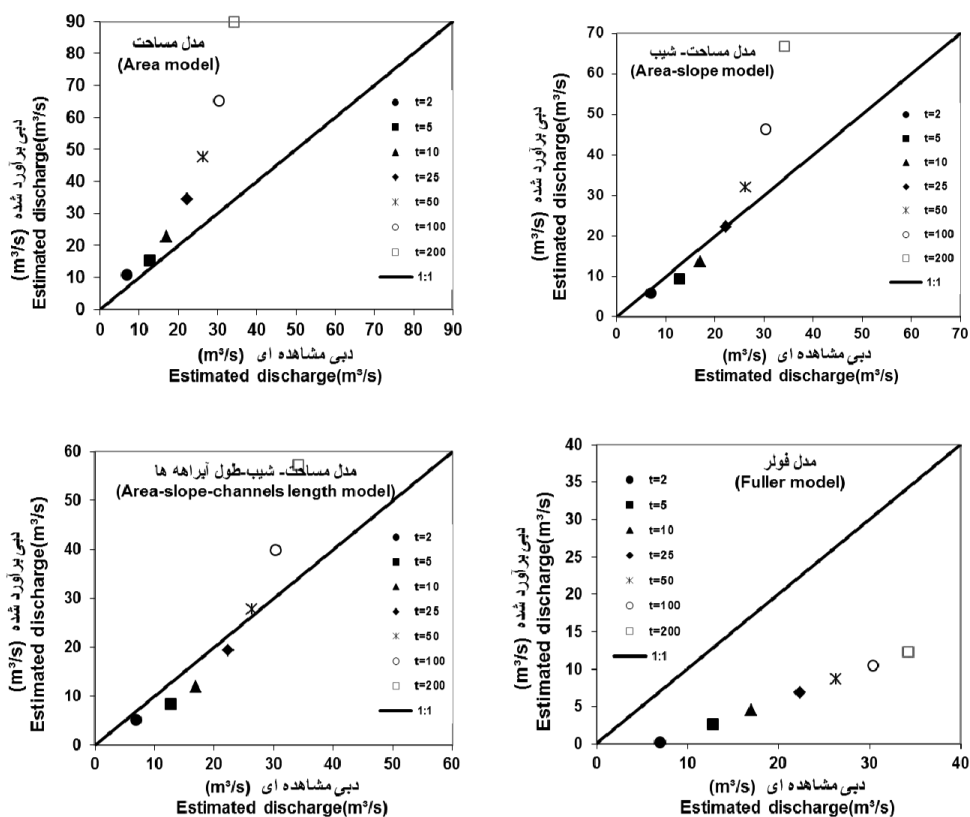
(جدول ۳). جدول ۳ نشان می‌دهد مدل مساحت با کمترین RMSE ۲۳/۳۰ و ۲۳/۵۱ (مترمکعب بر ثانیه) دقت و مدل مساحت-شیب-طول آبراه‌ها با RMSE ۹/۵۱ و ۶/۳۲ (مترمکعب بر ثانیه) بیش‌ترین دقت را در برآورد دبی سیلاب برای ایستگاه‌های عموقین و نوران داشتند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت مساحت-شیب و طول آبراه‌ها از مؤثرترین ویژگی‌های مؤثر در برآورد سیلاب می‌باشند.

(شکل‌های ۱ و ۲). شکل‌های ۱ و ۲ نشان می‌دهد مدل فولر از عملکرد مناسبی در تخمین دبی سیلاب برخوردار نمی‌باشد. مدل‌های مساحت، مساحت-شیب و مدل مساحت-شیب-طول آبراه‌ها تا دوره بازگشت ۵۰ سال، دبی سیلاب را با دقت مناسبی برآورد می‌کنند. با افزایش دوره بازگشت دقت مدل‌های ذکر شده کاهش می‌یابد. برای مقایسه کمی سه مدل ذکر شده که دارای دقت بهتری دارند، از جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده گردید



شکل ۱- دبی‌های مشاهده‌ای و برآورد شده با مدل‌های مختلف برای ایستگاه صحت‌سنجی عموقین با دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سال.

Figure 1. Observed and estimated discharge with the return period of 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 year using different model for Amoghini validation gauging stations.



شکل ۲- نمودار همبستگی بین دبی‌های مشاهده‌ای و برآورد شده با مدل مختلف برای ایستگاه صحت‌سنجی نوران با دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سال.

Figure 2. Observed and estimated discharge with the return period of 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 year using different model for Noran validation gauging stations.

جدول ۳- مقدار RMSE (m³/s) برای ایستگاه‌های صحت‌سنجی.

Table 3. RMSE (m³/s) value for the validation gauging stations.

نوران (Noran)	عموقین (Amoghin)	مدل (Model)
23.51	23.30	مساحت (Area)
10.53	13.21	مساحت - شیب (Area-slope)
6.32	9.51	مساحت - شیب - طول آبراهه‌ها (Area-slope-channels length)

منابع

1. Alizadeh, A., Kamali, Gh.A., Mousavi, F., and Mousavi-Baygi, M. 2009. Weather and Climate. Ferdowsi University Press. 381p.
2. Chavoshi, S., and Eslamian, S. 1999. Regional flood frequency analysis in Zayandeh-Roud watershed using the Hybrid method. *J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour. Water Soil Sci.* 3: 3. 1-12.
3. Condie, R.P., Pilon, J., Harvey, K.D., and Goertz, H. 1987. Comparison of regional flood frequency methods in southern Ontario using analysis of variance techniques. *Proceedings of the International Symposium on Flood Frequency and Risk Analysis*, Louisiana State University, Baton Rouge, Pp: 213-222.
4. Mahdavi, M. 2007. *Applied Hydrology*. Vol. 2, Tehran University Press. 437p.
5. Nassajian Zavareh, M.H., Vafakhah, M., and Telvari, A.R. 2010. Regional Flood Frequency Analysis in the Part of Large Central Watershed of Iran. *Iran-Watershed Management Science and Engineering*. 4: 11. 49-52.
6. Rogger, M., Kohl, B., Pirkl, H., Viglione, A., Komma, J., Kirnbauer, R., Merz, R., and Blöschl, G. 2012. Runoff models and flood frequency statistics for design flood estimation in Austria – Do they tell a consistent story? *J. Hydrol.* 456-457: 30-43.
7. Shadmani, M., Marofi, S., Mohammadi, K., and Sabziparvar, A.A. 2011. Regional flood discharge modeling in Hamedan province using Artificial Neural Network. *J. Water Soil Cons.* 18: 4. 21-42.
8. Stamey, T.C., and Hess, G.W. 1993. Techniques for estimating magnitude and frequency of floods in rural basins in Georgia. *Water Resources Investigations Report 93-4016*, USGS Publication, 94p.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 22(4), 2015
<http://jwsc.gau.ac.ir>

Short Technical Report

Derivation and investigation of regional flood analysis models as a function of return period (Case study: Ardabil province)

*A. Rasoulzadeh¹, E. Azartaj² and P. Farzi³

¹Associate Prof., Dept. of Water Engineering, University of Mohaghegh Ardabili,

²M.Sc. Student, Dept. of Watershed Management, University of Mohaghegh Ardabili,

³M.Sc. Student, Dept. of Watershed Management, Torbat Heidariye University

Received: 08/18/2013; Accepted: 12/02/2014

Abstract

Background and Objectives: Improving techniques of regional flood frequency estimation at ungauged sites is one of the foremost goals of contemporary hydrology. The evaluation of the frequency of flood events in ungauged catchments are usually approached by deriving suitable statistical relationships (models) between flood statistics and basins characteristics. In this study, regional flood frequency was carried out between flood as a dependent factor and physical characteristics as independent factors using inverse method in the catchments of Ardabil province.

Materials and Methods: Study area is located in the central region of Ardabil province which consists 9 gauging stations. Seven gauging stations for calibration and 2 gauging stations for validation were used. To yield a single model, return period was taken into account as the independent factor. Four types of models including Area, Area-slope, Area-slope-channels length models and Fuller model were studied.

Results: Fuller model did not show suitable estimation of flood. Area model with RMSE equal to 25.30 and 23.51 (m³/s) showed lowest accuracy and Area-slope-channels length model with RMSE equal to 9.51 and 6.32 (m³/s) highest accuracy for estimation of flood in the validation gauging stations.

Conclusion: Area-slope-channels length model estimated flood with good accuracy for return period less than 50 year. It can be concluded that this model can be used for the frequency of flood events in the study area. Accuracy of all models decreased with increasing return period.

Keywords: Regional flood analysis, Inverse method, Regression, Ardabil catchments

* Corresponding Author; Email: rasoulzadeh@uma.ac.ir