برآورد ضریب رواناب به وسیله‌ی شماره منحنی اصلاح شده با اعمال تأثیر شیب به روش هنگ

طیبه طهماسبی[۱]، خدایار عبدالهی[۲]، مهدی پژوهش[۳]
۱. دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه شهرکرد
۲. دکترای مهندسی آب، استادیار دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه شهرکرد
۳. دکترای خاکشناسی، استادیار دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه شهرکرد

چکیده

تاکنون روش‌های گوناگونی برای محاسبه رواناب ابداع شده است که استفاده از روش ارائه شده به وسیله‌ی سازمان حفاظت آب و خاک آمریکا روش SCS-CN از کاربردهای قابل ذکر است. هدف از این پژوهش بررسی اثر شیب بر مقدار شماره منحنی و ارتفاع رواناب تولیدی است. بدین منظور از سه نقشه مدل کاربری اراضی و بافت خاک و شیب برای واحدهای کاری استفاده شد. همچنین داده‌ها و نقشه‌های موردنیاز دیگر چون شماره منحنی منطقه با اعمال اثر شیب در سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه شد. نتایج واسنجی نشان داد که مقدار شماره منحنی بدست آمده در این حوزه بعد از اعمال تأثیر شیب ۷۷ است و مقدار ضریب رواناب محاسباتی در شماره منحنی اصلاح شده با اعمال اثر شیب و ضریب همبستگی ۰/۰،۴۸/۹۲ به دست آمد. از ضریب نش‌ساتکلیف برای بررسی کارائی مدل استفاده گردید. مقایسه هیدروگراف دبی شبیه‌سازی و مشاهداتی نشان دهنده بهبود یافته‌ها بعد از اعمال شیب است.

واژه های کلیدی: رواناب، روش شماره منحنی، روش هنگ، حوزه آبخیز بهشت‌آباد

مقدمه

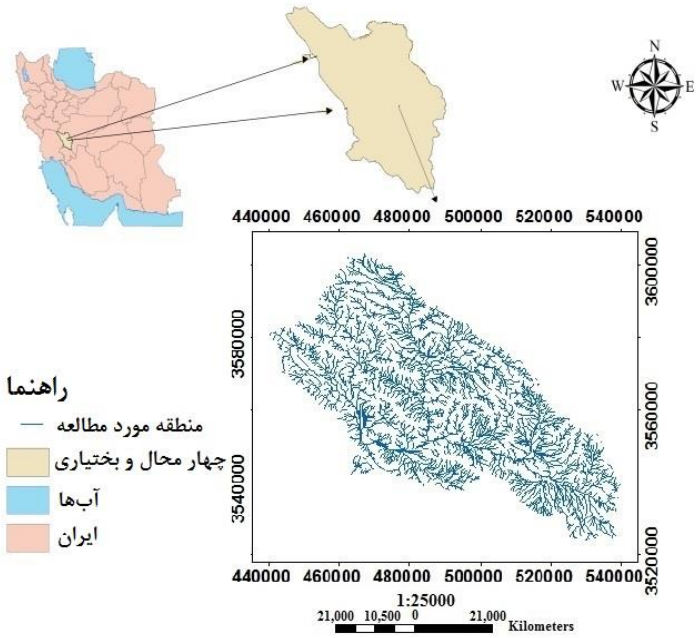
با توجه به وسعت ایران و عدم وجود ایستگاه‌های هیدرومتری در بعضی مناطق و ناقص بودن اطلاعات، تعیین رواناب و دبی حاصل از بارندگی همواره یکی از مشکلات حوزه‌های آبخیز کشور ایران است (آخوندی،۱۳۸۰). سرویس حفاظت خاک (SCS)[۱] روشی را پیشنهاد کرده است که در آن با استفاده از شماره‌ی منحنی (CN)[۲] امکان تخمین واقعی‌تری را از رواناب به دست می‌آید. این مدل کاربردهای متفاوتی دارد و توسط محققین مختلف برای برآورد رواناب به کار گرفته شده است (Anbazhagan etal,2005). Huang. etal (2006) از یک روش اصلاحی برای استفاده از مدل شماره منحنی در مناطق شیب‌دار فلات چین استفاده نمودند. بدین منظور از داده‌های ۱۱ سال بارش و رواناب استفاده گردید و برای اصلاح اثر شیب معادله‌ای ارائه گردید که باعث بهبود نتایج شد. Huang. etal (2007) از داده‌های رطوبت خاک در روش شماره منحنی برای محاسبه میزان رواناب در فلات چین استفاده نمودند، بدین منظور از رابطه‌ای بین رطوبت خاک و CN برقرار نمودند تا شرایط رطوبتی فلات چین را دقیق‌تر اندازه‌گیری نمایند. که نتایج نشان داد میزان اندازه‌گیری رطوبت خاک در عمق بالای ۱۵ سانتی‌متری دارای یک رابطه‌ی غیرخطی با شماره منحنی می‌باشد. Ansari. etal (2012) به بررسی روش SCS-CN بر پایه RS و GIS در حوزه‌آبخیز نگپور در هند پرداختند که نتایج نشان داد استفاده از ابزارهای کمکی سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی به بهتر شدن نتایج در روش شماره منحنی کمک می‌کند. Hjelmfelt etal (1981) در تحقیقی در ایالات اوهایو و میسوری آمریکا پیشنهاد نمودند در روش شماره منحنی می‌توان شرایط رطوبت پیشین خاک را از روی حداکثر ضریب نگهداشت حوضه به صورت آماری و با حدود اطمینان ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد تعیین کرد که به ترتیب نشان‌دهنده شرایط رطوبت پیشین خشک، متوسط و مرطوب می‌باشند. Hawkins etal (2002) و Woodward etal (2003) فرض اولیه شماره منحنی که مقدار ضریب نگهداشت برابر۰/۲ است را مورد بررسی قرار داده و مقدار اصلاح شده ۰/۰۵ را در معادله در نظر گرفتند که موجب بهبود نتایج

[1] Soil Conservation Service
[2] Curve Number

شده است. Akbari. etal (2016) به بررسی تاثیر شیب به روش هنگ و شارپ-ویلیامز بر روی شماره منحنی پرداختند. نتایج نشان داد که دقت روش هنگ نسبت به شارپ-ویلیامز بیشتر می‌باشد. همچنین مطالعات در ایران شامل ثروتی و همکاران (۱۳۹۰) به امکان سنجی وقوع سیل درحوزه‌آبخیز لیلان‌چای (مراغه) به روش شماره منحنی پرداختند که نتایج نشان داد که شیب یکی از پارامترهای مؤثر در ایجاد رواناب، در حوزه آبخیز لیلان‌چای است. حسین‌زاده (۱۳۹۱) با استفاده از روش SCS و روش شماره منحنی دبی اوج و ضریب رواناب را در واحدهای مختلف حوزه کجور نوشهر محاسبه نمودند که نتایج حاصله رضایت بخش بود. در این تحقیق مدل SCS-CN با در نظر گرفتن تأثیر شیب به روش هنگ (Mishra etal. 2003) در حوزه‌ی آبریز بهشت آباد اجرا شد و میزان رواناب محاسبه گردید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه بهشت‌آباد با مساحت ۳۷۷۲/۸۹ کیلومتر مربع در شمال شرق استان چهارمحال و بختیاری است. این منطقه با ارتفاع متوسط ۲۴۲۲ متر از سطح در مختصات جغرافیایی ۵۰ درجه، ۲۰ دقیقه، ۳۰ ثانیه تا ۵۱ درجه، ۲۶ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه، ۴۹ دقیقه و ۳۰ ثانیه تا ۳۲ درجه، ۳۳ دقیقه و ۳۰ ثانیه عرض شمالی قرار گرفته است. متوسط درجه حرارت حداقل و حداکثر ماهانه به ترتیب ۲/۳۲ و ۲۰/۴۳ سلسیوس، متوسط مجموع روزهای یخبندان ۱۲۱ روز و نزولات جوی سالانه به تفکیک شهرستان‌های منطقه شامل: بروجن ۳۲۲/۵ میلی‌متر، شلمزار ۳۸۹/۷۰ میلی‌متر و فارسان ۴۹۶/۸۰ میلی‌متر می‌باشد و جزو مناطق سردسیر و پرارتفاع کوهستانی است (طرح حفاظت از تنوع زیستی در چشم‌انداز زاگرس مرکزی،۱۳۹۵).



شکل۱- وضعیت عمومی منطقه بهشت آباد

محاسبه ارتفاع رواناب به روش SCS-CN

سازمان حفاظت خاک آمریکا (روش سازمان حفاظت خاک آمریکا) تا سال ۱۹۵۰ معادله‌ی مناسبی که برای همه‌ی نقاط قابل استفاده باشد را ارائه نکرده بود. بعد از تغییراتی که روی معادلات صورت گرفت در نهایت معادله (۱) توسط این سازمان برای محاسبه رواناب ارائه شد.

$$R = \frac{(P-0.2S)^2}{(P+0.8S)} \qquad (۱)$$

که در معادله (۱) مقدار ارتفاع رواناب به دو عامل ارتفاع بارندگی (P) معرف بارش برحسب میلی‌متر (mm) و حداکثر پتانسیل نفوذ (S) برحسب میلی‌متر (mm) بستگی دارد. که (S) به وسیله رابطه (۳) به پارامتر دیگری به نام شماره منحنی متأثر از شیب (CNH) که از رابطه (۲) محاسبه می‌شود (میشرا،۲۰۰۳) ارتباط داده شده است (Aron etal. 1977؛ SCS،۱۹۷۲؛۱۹۷۳؛۱۹۷۵). برای محاسبه تاثیر شیب بر روی شماره منحنی از روش هنگ استفاده می‌شود (Mishra etal.2003).

$$CN_H = CNII \times \frac{293.445+14.2\alpha}{\alpha+323.52} \quad (۲)$$

که در این رابطه CNH مقدار شماره منحنی حوزه با در نظرگرفتن شیب است، CNII همان شماره منحنی حوضه مورد مطالعه و α مقدار شیب تقسیم بر ۱۰۰ می‌باشد.

$$S = \frac{25400}{CN_H} - 254 \quad (۳)$$

برای محاسبه ضریب رواناب از رابطه (۴) استفاده می‌گردد:

$$C = \frac{\sum R}{\sum P} \quad (۴)$$

که در این رابطه R مجموع رواناب بر حسب میلی‌متر (mm) و P مجموع بارش بر حسب میلی‌متر (mm) می‌باشد.

نتایج و بحث

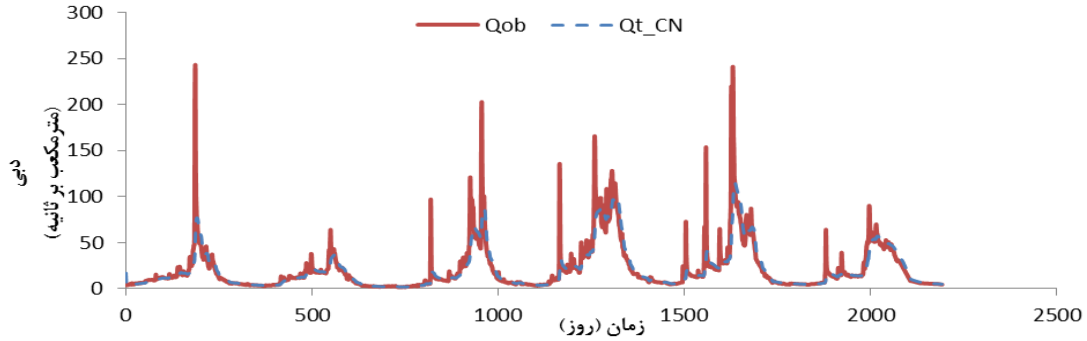
برای تهیه‌ی ورودی‌های GIS، نقشه کاربری اراضی، شیب و بافت خاک با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ در قالب رستر با پیکسل سایز ۱۰۰متر در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی استخراج گردید (شکل۲). آمار و اطلاعات بارش، و دبی از اداره آب منطقه ای شهرکرد تهیه شد که شامل داده‌های روزانه مربوط به ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک اردل، فارسان و شهرکرد که دوره ۱۳۶۲ تا ۱۳۶۷ مربوط به دوره واسنجی و دوره ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ مربوط به دوره اعتبارسنجی می‌باشد که به علت مشاهده بهتر تفاوت‌ها و به علت نبود آمار در این دوره از دوره آماری پیوسته استفاده نشده است..

بعد از تهیه آمار موردنیاز و برآورد شماره منحنی و ضریب رواناب از روابط ۲ و ۴ به ارزیابی دقت برآورد روش‌ها در دو حالت بدون اعمال تأثیر شیب و روش هنگ پرداخته شد. برای ارزیابی از شاخص‌های آماری نش-ساتکلیف و ضریب تبیین استفاده شد. جدول ۱ مقادیر پارامترهای آماری ناشی از ارزیابی روش‌های برآورد شماره منحنی و درنهایت ضریب رواناب را نشان می‌دهد.

جدول۱- مقایسه مقدار برآورد ضریب رواناب و شماره منحنی به روش SCS-CN در دوحالت بدون اعمال تاثیر شیب بر روی شماره منحنی و روش هنگ براساس شاخص‌های ارزیابی در دو دوره واسنجی و اعتبارسنجی

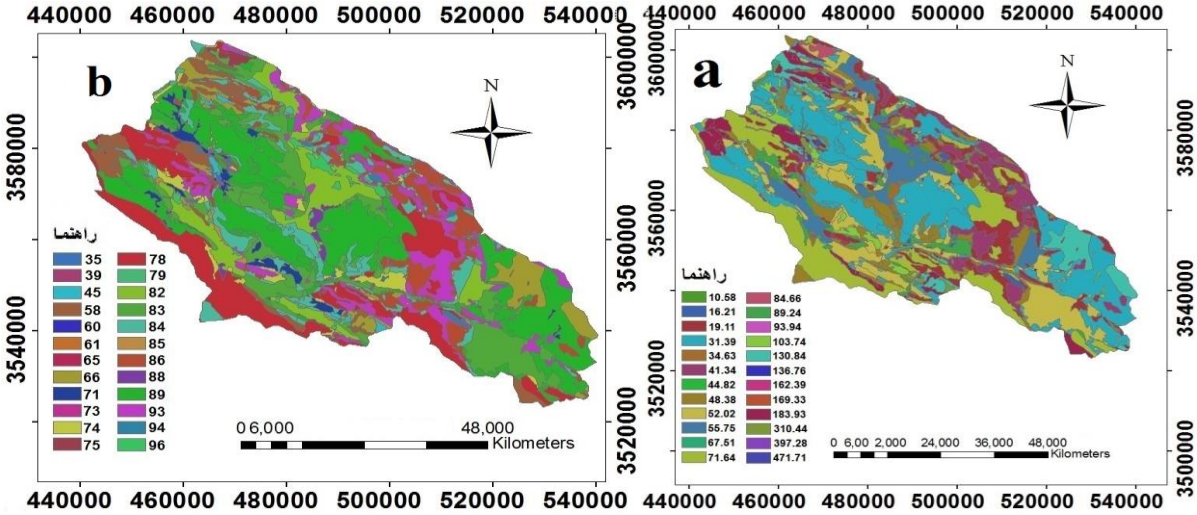
معیار		ضریب رواناب	شماره منحنی	نش-ساتکلیف	ضریب تبیین
روش/دوره					
روش SCS-CN	واسنجی	۰/۳۸	۷۳	۰/۶۸	۰/۹۱
	اعتبارسنجی	۰/۳۶		۰/۵۶	۰/۸۹
روش هنگ	واسنجی	۰/۴۸	۷۷	۰/۷	۰/۹۳
	اعتبارسنجی	۰/۴۶		۰/۶	۰/۹۱

جهت مشاهده میزان دقت در شبیه‌سازی از هیدروگراف شکل ۲ که مقایسه مقدار شبیه‌سازی در مقابل مقدار مشاهداتی است، استفاده گردید.

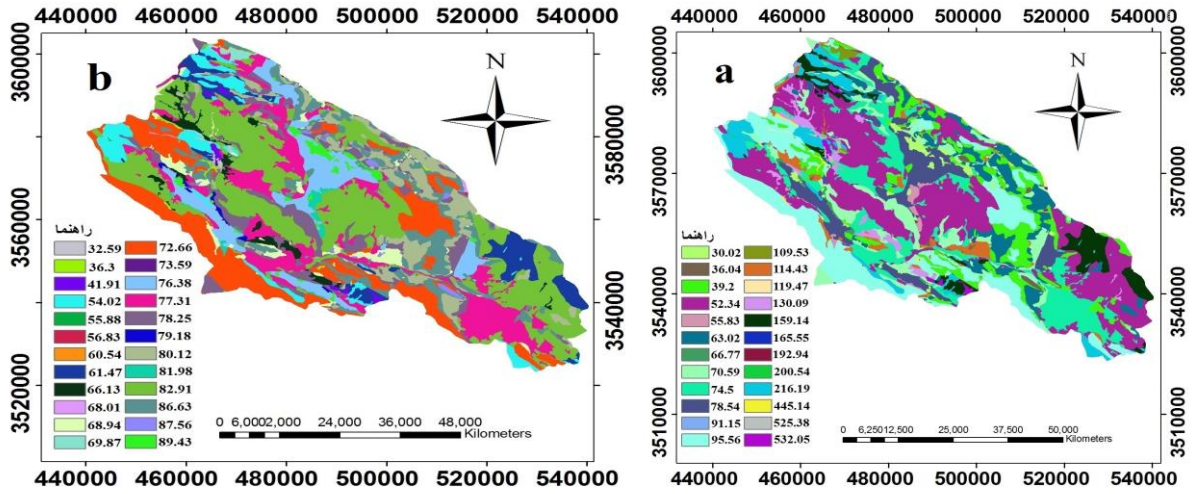


شکل۲-مقادیر جریان مشاهداتی در مقایسه با شبیه‌سازی پیوسته به روش SCS

پس از انجام محاسبات نقشه‌های خروجی شماره منحنی و ضریب نگهداشت در دوحالت عدم اعمال تأثیر شیب و روش هنگ که اعمال اثر شیب بر روی شماره منحنی است، استخراج شد که در شکل ۳ و ۴ قابل مشاهده است.



شکل۳- نقشه ضریب نگهداشت (a) و شماره منحنی (b) محدوده‌ی مورد مطالعه بدون تأثیر شیب



شکل۴- نقشه ضریب نگهداشت با شماره منحنی اصلاح شده (a) و شماره منحنی (b) محدوده‌ی مورد مطالعه به روش هنگ

با استفاده از رابطه ۴ مقدار ضریب رواناب متوسط سالانه برای دو دوره‌ی واسنجی و اعتبارسنجی محاسبه گردید. برای محاسبه شماره منحنی به روش هنگ از رابطه ۲ استفاده شد و متوسطی برای کل حوضه محاسبه گردید که در جداول ۲ و ۳ قابل مشاهده است.

جدول۲- نتایج محاسبات مقادیر ضریب رواناب از روش SCS (واسنجی)

تاریخ	مجموع رواناب (میلی‌متر)	مجموع بارش (میلی‌متر)	ضریب رواناب (بدون واحد)	شماره منحنی (CNH)
۱۳۶۲/۱/۱-۱۲/۳۱	۱۴۲/۵۳۷	۲۹۴/۷	۰/۴۸۳۶	
۱۳۶۳/۱/۱-۱۲/۳۱	۸۳/۸۴۵	۱۷۵/۷	۰/۴۷۷۲	
۱۳۶۴/۱/۱-۱۲/۳۰	۱۶۳/۳۲۷	۳۴۱	۰/۴۷۸۹	۷۷
۱۳۶۵/۱/۱-۱۲/۳۰	۲۰۰/۰۱	۴۱۰/۲	۰/۴۸۷۵	
۱۳۶۶/۱/۱-۱۲/۳۰	۱۸۶/۰۲۳۱	۳۸۱/۸	۰/۴۸۷۲	
۱۳۶۷/۱/۱-۱۲/۳۰	۱۲۳/۰۷۵	۲۵۹/۵	۰/۴۷۴۲	

جدول۳- نتایج محاسبات مقادیر ضریب رواناب از روش SCS (اعتبارسنجی)

تاریخ	مجموع رواناب (میلی‌متر)	مجموع بارش (میلی‌متر)	ضریب رواناب (بدون واحد)	شماره منحنی (CNH)
۱۳۸۹/۱/۱-۱۲/۳۱	۱۴۶/۱۴	۲۹۹/۲	۰/۴۸۸	
۱۳۹۰/۱/۱-۱۲/۳۱	۲۱۰/۰۰۲	۴۲۷/۸	۰/۴۹۰	
۱۳۹۱/۱/۱-۱۲/۳۰	۲۸۷/۵۱۳	۵۸۱/۴	۰/۴۹۴	۷۷
۱۳۹۲/۱/۱-۱۲/۳۰	۲۳۸/۳۷۴	۴۸۲/۶	۰/۴۹۳	
۱۳۹۳/۱/۱-۱۲/۳۰	۲۵۶/۴۴۴	۵۲۳/۶	۰/۴۸۹	
۱۳۹۴/۱/۱-۱۲/۳۰	۴۵/۲۳	۱۲۵	۰/۳۶۱	

بر اساس نتایج به‌دست آمده از این تحقیق شاخص همبستگی قابل قبولی را در روش دوم نسبت به روش اول در دوره واسنجی و اعتبارسنجی نشان می‌دهد. با توجه به معیار نش ساتکلیف در دو دوره واسنجی و اعتبارسنجی روش هنگ نتایج قابل قبول‌تری را ارائه داده است. در این تحقیق که در مساحتی با حدود ۳۷۷۲/۸۹ کیلومتر مربع انجام شد، مقدار ضریب نگهداشت کل حوزه ۳/۷ میلی‌متر محاسبه شد. مقدار شماره منحنی اصلاح شده به روش هنگ ۷۷ محاسبه گردید به طوری که در حالت عدم اعمال تأثیر شیب ۷۳ برآورد شده بود. باتوجه به اینکه مقدار ضریب رواناب با اعمال تأثیر شیب افزایش یافته، بیانگر این موضوع است که باتوجه به اینکه این منطقه کوهستانی است، هرچه مسیر دارای شیب تندتری باشد مقدار شماره منحنی و در نتیجه مقدار رواناب و به تبعه‌ی آن مقدار رسوب رو به افزایش گذاشته و هرچه شیب کاهش پیدا کند مقدار شماره منحنی و به تبعه‌ی آن رواناب نیز کاهش می‌یابد. از طرفی دیگر روند تشکیل جریان سطحی در هیدروگراف محاسبه شده اختلافات اندکی را در چگونگی روند محاسبات و مشاهدات نشان می‌دهد که این اختلافات در ماه‌های سرد سال بیشتر بوده و در ماه‌های گرم سال کمتر می‌باشد، اما اعمال تأثیر شیب در میزان شماره منحنی محاسباتی باعث بهبود نتایج شد. هدف از این پژوهش بررسی اثر شیب بر روی شماره منحنی بود، زیرا در مدل شماره منحنی که تحت تأثیر سه عامل گروه هیدرولوژیکی خاک، رطوبت پیشین خاک و نوع کاربری است، اثر شیب در نظر گرفته نشده است. اما اعمال اثر شیب باعث در نظر گرفتن فاکتوری است که می‌تواند در میزان رواناب تولیدی تأثیر داشته و باعث بهبود نتایج گردد. از این رو نتایج این تحقیق با Mishra etal (2003) و Akbari etal (2016) همسو می‌باشد.

منابع

آخوندی ا. ۱۳۸۰. بررسی مدل شماره منحنی در برآورد سیل با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری. دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس. ص۹۴.

ثروتی م ر. رستمی الف. خدادادی ف. ۱۳۹۰.. امکان سنجی وقوع سیل در حوزه آبخیز لیلان چای (مراغه) به روش CN، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، علمی – پژوهشی، سال هشتم، شماره ۳۲، ص۸۱-۶۷.

حسین زاده م.م. ۱۳۹۱. برآورد ارتفاع و دبی اوج رواناب در وقوع فرسایش آبراهه‌ای در منطقه کجور نوشهر البرز شمالی. فصلنامه‌ی علمی و پژوهشی فرسایش محیطی. شماره۷.

طرح حفاظت از تنوع زیستی در زاگرس مرکزی. ۱۳۹۵. خلاصه ویژگی‌های مناطق آبخیز مدیریتی (۱۰ منطقه زاگرس مرکزی). ص۲۲.

Akbari A. Azizan A. S. and Ngien S. K. 2016. Effect of slope Adjustment on curve number using global digital elevation data: new look into SHARPLY-WILLIAMS and HUANG METHODS. Second International Conference on Science. Engineering & Environment. Osaka City. Japan. Nov.21-23. ISBN: 978-4-9905958-7-6 C3051.

Anbazhagan S. Ramasamy S. M. Das Gupta S. 2005. Remote sensing and GIS for artificial recharge study, runoff estimation and planning in Ayyar basin, Tamil Nadu, India. Environmental Geology.48, pp. 158–170.

Ansari T.A. Katpatal, Y.B. Ghude, T. 2012. GIS based SCS-CN runoff model of Nagpur urban area. Visvesvaraya National Institute of Technology. https://www.researchgate.net/publication/261324537.

Aron. G. Miller JV. A. C. and Lakatos D.F. 1977. Infiltration Formula Based on SCS Curve Number. Journal of the irrigation and drainage division, proceeding of the American Society of Civil Engineers Vol. 103. No. IR4:419-427.

Hawkins, R. H., R. Jiang., D. E. Woodward., A. T. Hjelmfelt., J. A. Mullem. and Q. D. Quan. 2002. Runoff curve number method: Examination of the initial abstraction ratio. Proceedings of the Second Federal Interagency Hydrologic Modeling Conference, Las Vegas, Nevada, U.S. Geological Survey, Lakewood, Colorado, USA.

Hjelmfelt, A., L. A. Krammer and R. E. Burwell. 1981. Curve number as random variables. Proc. of the Int. Symposium on Rainfall-Runoff Modeling, Mississippi State University, USA, pp. 365-370.

Huang M. Gallichand J. Wang Z. and Goulet M. 2006. A modification to the Soil Conservation Service curve number method for steep slopes in the Loess Plateau of China. Hydrological processes. Vol.20 (3):579-589.

Huang M. Gallichand J. Dong C. Wang Z. and Shao M. 2007. Use of soil moisture data and curve number method for estimating runoff in the Loess Plateau of China. Hydrological processes, Vol.21 (11). pp.1471-1481.

Mishra S.K. Singh V.P. SansaloneJ. J. and Aravamuthan V. 2003. A modified SCS-CN method: characterization and testing. Water Resources Management. Vol.17 (1): 37-68.

Soil Conservation Service.1972. Hydrology. SCS National Engineering Hand book. Section 4.Washington. D.C.

Soil Conservation Service .1975. A Guide to Hydrologic Analysis using SCS Method. SCS. Washington D.C.

Soil Conservation Service.1973. A Method for Estimating Volume and Rate of Run off in Small watersheds. SCS, Tech. pap.149 Water Resources Publications. Washington. D.C.

Woodward, D. E., R. H. Hawkins., R. Jiang., A. T. Hjemfelt., J. A. Van Mullem and Q. D. Quan. 2003. Runoff Curve Number Method: Examination of the initial abstraction ratio. Proc. The World Water & Environmental Resources Congress and Related Symposia, PP. 111-118.

Estimation of Run-off coefficient by modified SCS curve number with applying the effect of slope by Huang method

T. Tahmasebi [1], kh. Abdollahi [2], M. Pajouhesh [3]

1. M.A in Watershed, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University
2. Ph.D in Water Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University
3.Ph.D in Soil Science, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University

Abstract

So far, various methods have been developed to calculate run-off. The method provided by America's Soil Conversation Service, application of SCS-CN method is noteworthy. The aim of this study was to investigate the effect of slope on amount and height of runoff curve number. Three maps of land use and soil texture and slope were used for the inputs model. Other data and maps of the region were developed like the curve number of region by application of the effect of slope in GIS. The results showed that the curve number obtained in this area, was 77 after the effect of slope and coefficient of runoff modified curve number by application of effect of slope and correlation coefficient were achieved 0.92, 0.48 respectively. NS coefficient was used to evaluate the performance of the model. Comparing discharge simulations and observations indicate improved findings after applying slope.

Keywords: Runoff, CN method, Huang method, Beheshtabad watershed