



واسنجی ضریب تلفات اولیه در روش شماره منحنی (CN)

(مطالعه موردی حوزه آبخیز آب ماهی استان فارس)

امین نقیعی^۱، سید مسعود سلیمانپور^۲، محمد مهدوی^۳

چکیده

سیلاب نتیجه رواناب ناشی از بارندگی‌های شدید یا ذوب ناگهانی برف است که دخالت‌های نابجای انسان در اکوسیستم موجب بهم زدن تعادل هیدرولوژیک آبخیز و در نتیجه تشدید آن می‌گردد. لذا جهت برآورد ارتفاع رواناب، استفاده از روش‌های تجربی ضروری است، تا بتوان از نتایج آنها در مدیریت حوزه‌های آبخیز استفاده کرد. استفاده از روش‌های تجربی به منظور برآورد رواناب سالیانه در حوزه‌های آبخیز مناطق خشک و نیمه‌خشک که عمدتاً فاقد ایستگاه هیدرومتری می‌باشند، از دیرباز در مطالعات هیدرولوژی مورد استفاده قرار گرفته است. لذا در مناطقی که امکان اندازه‌گیری مستقیم رواناب وجود ندارد، می‌توان جهت برآورد رواناب از مدل‌هایی که در مناطق مختلف جهان نتایج مطلوبی را داده استفاده کرد و میزان رواناب را محاسبه نمود. یکی از این روش‌ها، روش شماره منحنی است. هدف کلی در این تحقیق واسنجی ضرایب ۰/۲ و ۰/۸ در فرمول شماره منحنی در حوزه آبخیز آب ماهی می‌باشد. که پس از تهیه هیدروگراف سیل و جداسازی آب پایه و هم-چنین تهیه نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک و نقشه شماره منحنی باید مشخص شود که آیا از روش کلاسیک استفاده شود و همان ضرایب ۰/۲ و ۰/۸ به کار برده شود، و یا اینکه ضرایب استاندارد واسنجی شوند تا به ضرایب جدیدی دست یافت. پس از بررسی نتایج به‌دست آمده از تجزیه و تحلیل هیدروگراف سیل و مقادیر بارش و رواناب و همچنین انجام آزمون‌های آماری، مقدار همبستگی برابر ۰.۷۸ به‌دست آمد و لذا واسنجی و اعمال اصلاحات لازم قبل از استفاده، ضروری به‌نظر می‌رسید. بعد از تعیین ضرایب جدید تلفات اولیه، و به‌دست آوردن میانه، ضریب تلفات اولیه برابر ۰/۱۱ به‌دست آمد. مقدار

۱- کارشناس ارشد مهندسی منابع طبیعی- آبخیزداری. E-mail: aminanan2002@gmail.com

۲- دانشجوی دوره دکتری تخصصی (Ph. D.) علوم و مهندسی آبخیزداری- دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران. E-mail: m.soleimanpour@yahoo.com

۳- استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران. E-mail: mahdavi@nrf.ut.ac.ir



شماره منحنی متوسط وزنی استخراجی از جداول استاندارد SCS معادل ۸۵.۸۲ و مقدار متوسط شماره منحنی رواناب از روش معکوس نیز ۸۲.۳۱ به دست آمد. در این مرحله مجدداً مقادیر همبستگی بین رواناب‌های مشاهداتی و محاسباتی برای حوزه آب ماهی محاسبه گردید و مقدار همبستگی در این حوزه برابر ۰.۹۹ به دست آمد.

کلید واژه: واسنجی، مدل SCS، تلفات اولیه، شماره منحنی، رواناب سطحی، آب ماهی.

مقدمه

امروزه تخمین دبی حاصل از رگبارها به خصوص در حوزه‌های کوچک و فاقد آمار در میان هیدرولوژیست‌ها از اصلی‌ترین فعالیت‌ها بوده و برآورد حجم رواناب حاصل از بارندگی و بکارگیری روش‌های جمع‌آوری و مهار آب‌های سطحی چه از نظر تأمین آب و چه از نظر پیشگیری از وقوع سیلاب از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. تعیین دبی حداکثر در حوزه‌های آبخیز کوچک، به علت عدم وجود آمار، اهمیت ویژه‌ای دارد و در طراحی سازه‌های هیدرولیکی از قبیل سرریزها، سازه‌های مهار و پخش سیلاب و طراحی مجاری زهکش، به اطلاعات کاملی در مورد میزان و دبی حداکثر سیلاب نیاز است. یکی از این روش‌ها استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی می‌باشد. مدل‌ها این امکان را می‌دهند تا با شبیه سازی فرآیند بارش - رواناب، رواناب حاصل از بارندگی در حوزه‌های فاقد آمار یا دارای آمار ناقص با کمترین هزینه و حداقل زمان ارزیابی شود. یکی از روش‌های تجربی که مورد توجه بیشتری قرار گرفته روش شماره منحنی ۴ است که توسط سرویس حفاظت خاک آمریکا راه برده شده است. این روش که از اواسط سال ۱۹۵۰ به طور عموم مورد استفاده قرار گرفته است که حاصل بررسی ارتباط بارندگی - رواناب بر روی حوزه‌های آبخیز کوچک زراعی است و اساساً تماماً تجربی دارد و هم اکنون برای شرایط مختلف کاربری اراضی و در انواع خاک‌ها به طور گسترده توسط هیدرولوژیست‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. کاربرد این روش نظر به نیاز آن به داده‌های قابل حصول در بیشتر حوزه‌های آبخیز ساده بوده و از دامنه کاربرد گسترده‌ای برخوردار می‌باشد. در این

N̄- Curve number

Ö - Soil Conservation Service (SCS)



روش از شدت، مدت و نحوه توزیع بارندگی به عنوان عوامل مؤثر صرف نظر شده و تنها مقدار ریزش در طول مدت زمانی معین دارای اهمیت است. در صورتی که این مشخصات نیز می توانند بر روی خروجی آبخیز تأثیر داشته باشند و بعضاً اختلاف معنی داری را در تخمین ها به وجود می آورند. هم چنین این مدل نسبت به وضعیت رطوبت پیشین و شماره منحنی بسیار حساس می باشد. از این رو تحقیق حاضر به منظور شناسایی و درک جزئیات بیشتر حاکم بر مدل SCS، بررسی تأثیر خصوصیات مختلف سیل بر خروجی مدل و نیز تعیین مناسب ترین شرایط کاربرد آن در برآورد دبی و رواناب انجام گردیده است. هم چنین ارزیابی حساسیت مدل SCS نسبت به تغییرات ضریب تلفات اولیه در دامنه ۰/۰۵ تا ۰/۳ بررسی شده است. لذا جهت رسیدن به هدف نهایی که همان واسنجی کردن فرمول شماره منحنی برای حوزه مذکور می باشد، فرضیات زیر متصور می باشد:

- ۱- استفاده از روش استاندارد (به کار بردن ضرایب ۰/۲ و ۰/۸ در فرمول شماره منحنی)
- ۲- استفاده از ضرایب ۰/۱ و ۰/۹ به جای ضرایب ۰/۲ و ۰/۸ با توجه به شرایط توپوگرافی و پرشیب بودن منطقه و هم چنین نوع کاربری آن ها طبق توصیه SCS
- ۳- هیچ یک از موارد ۱ و ۲ برای این کار جوابگو نبوده بلکه بایستی ضرایب ۰/۲ و ۰/۸ آنقدر مرحله به مرحله تغییر داده شود تا به ضرایب جدیدی برای منطقه دست یافت.

مروری بر منابع

Hawkins, Woodward (۲۰۰۲) به بررسی فرضیه $\left(\frac{I_a}{S}\right) = 0.2$ در مناطقی از ایالات متحده پرداختند. به این منظور اطلاعات بارش- رواناب ۳۰۷ پلات در ۲۳ ایالت در شرق، غرب و جنوب ایالت متحده جمع آوری و وقایعی که دارای شرایط لازم از نظر P و Pe بودند انتخاب شدند. پس از ترسیم هیدروگراف و هیتوگراف برای آن ها و انجام محاسبات لازم، دامنه تغییرات $\left(\frac{I_a}{S}\right)$ را بین ۰/۰۰۰۵ تا ۰/۴۹۱ و میانگین آن ها را ۰/۰۴۷۶ به دست آمد و مشخص شد که با در نظر



گرفتن مقدار ۰/۰۵ برای نسبت مذکور محاسبات دقیق‌تر بوده و اختلاف بین رواناب تخمینی و مشاهداتی کمتر است. نتایج حاصله نشان داد که در مناطقی با عمق بارش کمتر و CN پایین‌تر، تأثیر استفاده از این نسبت در محاسبات بیشتر است. Chibber (۲۰۰۴) با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و GIS به مدل‌سازی بارش-رواناب در رودخانه باباس در هند پرداختند. آنها از مدل SCS برای پیش‌بینی دبی از بارش روزانه استفاده نمودند. بدین منظور با استفاده از آمار سنجش از دور، اطلاعات لازم شامل پوشش زمین و خاک که به‌عنوان ورودی‌های مدل SCS هستند را به‌دست آورده و توسط برنامه Ilwis به پردازش داده‌ها و تخمین شماره منحنی بارش-رواناب پرداختند. در نهایت این شماره منحنی‌ها به‌عنوان ورودی مدل SCS، برای تخمین رواناب مورد استفاده قرار گرفتند. آنها برای تست این روش حوزه رودخانه باباس را به ۸ زیر حوزه تقسیم نموده و با استفاده از پلیگن‌های تیسن، متوسط بارش روزانه را برای هر زیر حوزه محاسبه نمودند. در نهایت به مقایسه دبی اندازه‌گیری شده و حجم رواناب مستقیم تخمین زده شده با روش SCS پرداختند و ضریب همبستگی ماهیانه را محاسبه نمودند و به این نتیجه رسیدند که در کل همبستگی خوبی بین حجم رواناب تخمین زده شده و محاسبه شده وجود دارد.

معرفی منطقه مورد مطالعه

این حوزه آبخیز دارای ۹۷/۶۸ کیلومتر مربع مساحت است. حوزه آبخیز آب ماهی با ۱۵۴ کیلومتر فاصله از شهر شیراز، در شهرستان مرودشت قرار گرفته و از آبخیزهای رودخانه کر محسوب می‌گردد. این حوزه در زون ۳۹ و در مختصات جغرافیایی ۵۱°۵۸'۲۱" تا ۵۲°۱۴'۰۸" طول شرقی و ۳۰°۲۷'۳۸" تا ۳۰°۳۶'۲۶" عرض شمالی قرار گرفته است. از شمال به تنگ براق، از جنوب به منطقه کامفیروز، از شرق به کوه گر و از غرب به رودخانه کر منتهی می‌شود. حوزه مطالعاتی آب ماهی یکی از زیرحوزه‌های بالادست سد درودزن می‌باشد و در قسمت شمال غربی این سد قرار گرفته است. بررسی مطالعات منابع آب زیرزمینی نشان می‌دهد که منابع آب منطقه شامل چاه و چشمه می‌باشد. این حوزه دریافت‌کننده رواناب-های ناشی از بارش باران و برف از رودخانه کر است که در ضلع غربی قرار گرفته است. کل حوزه به صورت کشیده و بلندترین نقطه ارتفاعی آن از سطح دریا ۳۰۰۰ متر و حداقل ارتفاع در محدوده ۱۹۰۰ متر از سطح دریا که اختلاف ارتفاع بین حداقل و حداکثر این حوزه ۱۱۰۰ متر می‌باشد. سیلاب این حوزه از زیرحوزه‌های ۴۰ گانه منشأ گرفته و به رودخانه



کر تخلیه می‌گردد. منابع اراضی در این حوزه شامل سه تیپ کوه‌ها، تپه‌ها، فلات‌ها و تراس‌های فوقانی تشخیص داده شده-
اند. اراضی تیپ کوه‌ها ۶۴/۶۷ درصد، تپه‌ها ۳۱/۲۳ درصد و فلات‌ها و تراس‌های آبرفتی ۴/۱ درصد از کل حوزه را شامل
می‌شود. از مهم‌ترین سازندهای زمین‌شناسی منطقه می‌توان سازند سروک با سنگ‌های آهکی و آهک‌های رسی دانه ریز و
نودول‌های سیلتی به رنگ قهوه‌ای و آهک قرمز رنگ برشی را نام برد. سازند سروک با ۶۶/۷۶ درصد و رسوبات آبرفتی Q۳
با ۰/۵۵ درصد مساحت از کل حوزه، به ترتیب بیشترین و کمترین بخش از این حوزه آبخیز را تشکیل می‌دهند. اراضی مراتعی
با ۶۴/۹۹ درصد مساحت از کل حوزه، بیشترین و اراضی دیم با ۷/۶ درصد از مساحت کل حوزه، کمترین بخش از این حوزه
آبخیز را تشکیل می‌دهند.

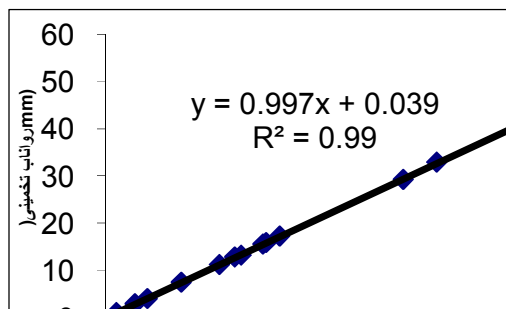
مواد و روش‌ها

پس از انجام تحقیقات کتابخانه‌ای و مراجعه به ادارات و سازمان‌های مربوطه، در مجموع ۱۳ واقعه سیل که واجد شرایط
لازم و همچنین فاقد محدودیت (از جمله داشتن آمار همزمان بارش- دبی ساعتی، داشتن حداقل مساحت، در نظر نگرفتن
آمار برف و آمار ثبت شده در زمستان از ۱۵ آذر تا پایان اسفند ماه) در روش SCS بودند، انتخاب شدند. پس از تفسیر
هیدروگراف‌های ترسیم شده، میزان ارتفاع رواناب در هر واقعه سیل به دست آمد. با بررسی مطالعات پوشش گیاهی، خاک-
شناسی، کاربری اراضی و همچنین تلفیق آن‌ها به صورت لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS، نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی
خاک و در نهایت نقشه شماره منحنی (CN) حوزه تهیه گردید. بدین ترتیب ارتفاع رواناب و مقادیر شماره منحنی در حالت-
های مختلف به دست آمد. همچنین برای برآورد حجم رواناب در حوزه آبخیز آب ماهی بر اساس روش CN، از نرم افزار
Ilwis استفاده شد. به این منظور اطلاعات خاک، پوشش سطح زمین و کاربری اراضی این حوزه را مورد استفاده قرار داده و
نقشه شماره منحنی برای حوزه به دست آمد و با داشتن اطلاعات مربوط به رگبارهای به وقوع پیوسته در منطقه و در نظر
گرفتن شماره منحنی متوسط برای منطقه ضریب رواناب به دست آمد و این ضریب با داده‌های مشاهده‌ای در محل مطابقت
داده شد.

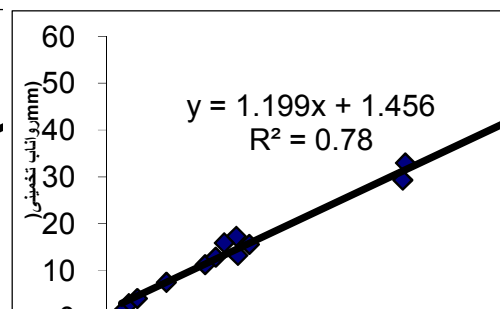
نتایج

نتایج حاصل از واسنجی ضریب تلفات اولیه برای شرایط رطوبتی متوسط (II) را ۰/۱۱ برآورد می‌نماید. و به این ترتیب با لحاظ $Ia = 0.11S$ اختلاف بین مقادیر رواناب مشاهده‌ای با تخمینی در روش SCS کمتر بوده و دبی اوج تخمینی همبستگی بیشتری با دبی اوج مشاهده‌ای دارد. که این ضریب از میانه ۱۳ ضریب واسنجی شده به دست آمد. در ضمن این ضریب، ۰/۰۹ کمتر از مقدار پیشنهادی SCS (۰/۲۵) می‌باشد. مقدار حداکثر ضریب تلفات اولیه (Ia)، ۰/۲۲ و حداقل آن ۰/۰۵ در حال نوسان بوده است. به دلیل جلوگیری از ازدیاد مطالب، در این مقاله، از ارائه هیدروگراف‌ها و جداول مربوط به محاسبه واسنجی و اصلاح ضریب تلفات اولیه، خودداری گردیده است. به این ترتیب ضرایب فرمول استاندارد روش SCS، به صورت رابطه (۱) تغییر می‌نمایند. در جداول و اشکال زیر نتایج مربوط به تجزیه و تحلیل ارائه شده است.

$$Q = Pe = \frac{(P - 0.11S)^2}{P + 0.89S} \quad \text{رابطه (۱)}$$



شکل (۲): رواناب مشاهده‌ای و تخمینی واسنجی شده



شکل (۱): رواناب مشاهده‌ای و تخمینی بدون واسنجی

جدول (۱): نتایج آنالیز T-Test جفتی برای مقادیر مختلف حجم هیدروگراف مشاهده‌ای و تخمینی

آمار	انحراف	حدود اعتماد	$\frac{t}{n}$	df	سطح معنی داری
------	--------	-------------	---------------	----	---------------



			در سطح ۹۵٪		معیار	متغیرها
			پایین	بالا		
۰/۰۰۰**	۱۲	-۵/۱۷۴	-۶/۲۸۳۰	۱/۶۱۸۱	۲/۷۵۳۱۸	رواناب مشاهده‌ای - تخمینی (بدون واسنجی)
۰/۸۸۶ ^{ns}		۰/۱۴۷	-۰/۰۹۵۹	۰/۱۰۵۶	۰/۱۱۸۹۳	رواناب مشاهده‌ای - تخمینی (واسنجی شده)

** : معنی داری اختلاف در سطح احتمال ۱ درصد، ns : هیچ اختلاف معنی داری بین دو روش وجود ندارد، df : درجه آزادی

جدول (۲): رابطه رگرسیونی برای مقادیر مختلف حجم هیدروگراف مشاهده‌ای و تخمینی

رابطه پیشنهادی	متغیر وابسته	متغیر مستقل	رواناب مشاهده‌ای - تخمینی
$CN = ۱/۱۹۹L + ۱/۴۵۶۸$	CN	L	بدون واسنجی
$CN = ۰/۹۹۷۳L + ۰/۰۳۹۵$			با لحاظ ضرایب واسنجی شده

L: ارتفاع رواناب به دست آمده از ایستگاه هیدرومتری، CN: ارتفاع رواناب به دست آمده از نقشه شماره منحنی

بحث و نتیجه گیری

براساس نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل هیدروگراف سیل و مقادیر بارش و رواناب و همچنین انجام آزمون‌های آماری، مقدار همبستگی ۰.۹۹ به دست آمد که این با نتایج به دست آمده از تحقیقات Muzik (۱۹۹۶) و خلیقی سیگارودی (۱۳۸۳) مطابقت دارد. ضریب تلفات اولیه جدید یعنی ۰/۱۱ با مقادیر دامنه پیشنهادی توسط walters (۱۹۸۷) همخوانی دارد. مقدار شماره منحنی متوسط وزنی استخراجی از جداول استاندارد SCS برابر ۸۵.۸۲ و از روش معکوس نیز ۸۲.۳۱ به دست آمد که این مقادیر با نتایج نجفی (۱۳۸۱) مطابقت دارد. سپس با لحاظ این ضرایب مقادیر رواناب جدید به دست آمد. همچنان که مشاهده می‌شود، بعد از واسنجی ضرایب مقدار ضریب همبستگی بین رواناب مشاهداتی و تخمینی بالا رفته است که این امر بر اهمیت واسنجی مدل متناسب با موقعیت حوزه مورد مطالعه اشاره دارد. زیاد بودن میزان همبستگی را می‌توان به



داشتن شیب زیاد و مساحت به نسبت کوچک و همچنین یکنواختی توزیع سطح رگبارها نسبت داد که این نتیجه با یافته‌های Thomas (۲۰۰۰) مبنی بر کاهش دقت مدل برای استفاده در حوزه‌های آبخیز بزرگ مطابقت دارد. درصد خطای نسبی (RE) برای شرایط قبل و بعد از واسنجی به ترتیب از ۴۲.۸۸ درصد به ۰.۷۳ درصد رسید. همچنین مجذور میانگین مربعات خطا برای شرایط قبل و بعد از واسنجی از ۶۳۱۲۹۶ به ۱۴۲۴۳ کاهش یافت. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که فرض $Ia=0.2S$ که به منزله در نظر گرفتن نسبتی ثابت از تلفات کل برای تلفات اولیه می‌باشد صرفاً یک فرض تسهیل کننده است و با توجه به تغییر این فرض تردیدی وجود ندارد که ضریب مزبور باید بر حسب شرایط پوشش و فصلی و مکانی حاکم بر سطح خاک در دامنه وسیعی متغییر باشد و انجام عمل واسنجی برای هر منطقه الزامی می‌باشد.

پیشنهادها

- ۱- پیشنهاد می‌شود جهت بالابردن و سرعت کار در انجام این نوع تحقیق‌ها از GIS و فن سنجش از دور استفاده شود تا علاوه بر استفاده از مزایای آنها، توانایی و دقت آنها نیز مورد ارزیابی قرار گیرد.
- ۲- نظر به تغییرپذیری زیاد ضریب تلفات اولیه در حوزه‌های مورد مطالعه و نقش بسیار مهم آن در دقت نتایج به دست آمده، لازم است که این ضریب برای مناطق اقلیمی مختلف ایران که دارای شرایط هیدرولوژیکی و فیزیوگرافی متفاوت با یکدیگر می‌باشند، مورد بررسی قرار گیرد.
- ۳- پیشنهاد می‌گردد از نتایج این مقاله و تحقیقات نظیر آن توسط سازمان‌های ذی‌ربط استفاده شده و از ضرایب منطقه‌ای به دست آمده برای مناطق مشابه به کار رود.
- ۴- توصیه می‌شود از روش شماره منحنی در مناطق کارستی و آهکی استفاده نشود. زیرا در این مناطق هدر رفت آب زیاد می‌باشد و حجم رواناب محاسبه شده در خروجی حوزه با واقعیت همخوانی ندارد.

منابع



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



- ۱- آخوندی، امیر، بررسی مدل شماره منحنی در برآورد سیل با استفاده از اطلاعات جغرافیایی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۰.
- ۲- تلوری، عبدالرسول، اصول مقدماتی مهندسی و ساماندهی رودخانه، چاپ اول، تهران، انتشارات پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۱۳۸۳.
- ۳- فرهنگ تخصصی فرسایش و رسوب، چاپ اول، تهران، انتشارات کمیته فرسایش و رسوب، ۱۳۸۲.
- ۴- مهدوی، محمد، هیدرولوژی کاربردی، جلد دوم، چاپ سوم، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۱.
- ۵- نجفی، محمد رضا (مترجم)، سیستم‌های هیدرولوژیکی (مدل‌سازی بارندگی - رواناب)، جلد اول و دوم، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۱.
- ۶- Chibber, P. ۲۰۰۴, overland flow time of concentration on flat terrains, Msc Thesis civil Engineering, Texas A&M University.
- ۷- Cristina, chad., John J. Sansalone, ۲۰۰۳, Kinematic wave Model of Urban Pavement Rainfall – Runoff subject to Traffic Loading, Journal of Environmental Engineering, Vol. ۱۲۹, No. ۷, July ۱, ۲۰۰۳.
- ۸- Hawkins and woodward., ۲۰۰۲. Rainfal and runoff for southern desert watershed: A characterization, proceeding of International Symposium on Watershed Management in ۲۱ centry, USA. P۲۶-۳۵.
- ۹- Moore. R. J. ۱۹۸۷. Combined regional flood frequency analysis and regression on catchments characteristics by maximum likelihood estimation. Proceedings of the International Symposium on Flood Frequency and Risk Analysis, Louisiana State University.
- ۱۰- Muzik. ۱۹۹۶. A GIS – derived distributed unit hydrograph. Proceedings of the Vienna Conference.