



تعیین شاخص سیلخیزی به و اولویت بندی حوزه ی دوراهان جهت انجام عملیات اصلاحی از طریق HEC – HMS

امیرعلی عالی^۱، سعیدسلطانی کوپایی^۲، حسین بشری^۳

چکیده

بررسی پتانسیل سیلخیزی حوزه ها به منظور مکان یابی اجرای عملیات های اصلاحی از اهمیت بالایی برخوردار است و احداث سدهای مختلف و همچنین انجام سایر عملیات اصلاحی نظیر اقدامات بیولوژیک و بیومکانیکی در مناطق دارای پتانسیل سیلخیزی بالا میتواند منجر به کاهش خطرات ناشی از وقوع سیل و اصلاح و بهبود وضعیت خاک و پوشش گیاهی گردد. لذا جهت انجام این کار از روشهای زیادی استفاده می شود که مهمترین و پرکاربردترین آنها استفاده از شاخص های f و $F\%$ می باشد. هدف از تعیین شاخص سیلخیزی حوزه ی دوراهان اولویت بندی زیرحوزه ها جهت انجام عملیات اصلاحی می باشد. به همین منظور از مدل HEC-HMS استفاده شده است. نتایج به دست آمده براساس شاخص $F\%$ نشان داد که زیرحوزه ی ۶ و ۷ به ترتیب با مقادیر ۳۹,۳ و ۲۷,۵ در اولویت سیلخیزی قرار دارند. ولی در روش آنالیز سیلخیزی شاخص f ، فاکتور مساحت حذف می شود و بر اساس آن شاخص سیلخیزی تعیین می گردد. نتایج حاصل از این روش نشان داد که زیرحوزه های ۲ و ۵ به ترتیب با مقادیر ۴,۱ و ۳,۶ دارای اولویت سیلخیزی بالاتری نسبت به سایر زیرحوزه ها هستند. که بر اساس این شاخص اولویت بندی زیرحوزه ها برای انجام عملیات اصلاحی صورت گرفت.

واژه های کلیدی: سیلخیزی، مدل HEC-HMS، شاخص f و $F\%$ ، حوزه ی دوراهان، اولویت بندی زیرحوزه ها

مقدمه

با توجه به اهمیت حوزه های آبخیز به عنوان واحدهای مطالعاتی و اجرایی هیدرولوژی، برنامه ریزی جامع و مبتنی بر اصول علمی جهت مدیریت جامع آنها در راستای کاهش اثرات مخرب سیلاب حائز اهمیت است. نگرش سیستمی به حوزه آبخیز، عامل اصلی ایجاد مدل های هیدرولوژیکی است زیرا در این مدل ها خروجی حوزه آبخیز به عنوان تابعی از رفتار هیدرولوژیکی آن در برابر ورودی فرض میشود. تعدد و تنوع فاکتورهای مؤثر در فرآیند بارش - رواناب عامل رواج انواع مدل ها شده است.

برای رسیدن به حفظ آب و خاک در حوزه ی آبخیز بایستی از وضعیت پارامترهای هیدرولوژیکی، فیزیوگرافی، ژئومورفولوژی و خاک شناسی حوزه آبخیز اطلاع و آگاهی کافی داشت تا بتوان تصمیم مناسب اتخاذ نمود (بروکس و همکاران ۱۹۹۱).

۱ دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه صنعتی اصفهان Amirali_aali65@hotmail.com

۲ دانشیار دانشگاه صنعتی اصفهان - دانشکده ی منابع طبیعی ssoltani@cc.iut.ac.ir

۳ استادیار دانشگاه صنعتی اصفهان - دانشکده ی منابع طبیعی hbashari@cc.iut.ac.ir



آگاهی از میزان تأثیر وارزیابی عملکرد اجرای عملیات آبخیزداری در نواحی آسیب پذیر واقع در حوزه می تواند کمک شایانی در اتخاذ تدابیر و تصمیم گیری صحیح به مدیران ارائه نماید. اقدامات کنترل سیلاب از طریق احداث سازه های کوچک و اجرای روش های بیولوژیکی کنترل سیلاب در حوزه حصول می شود که آگاهی از میزان تأثیرگذاری این اقدامات تنها با بهره گیری از مدل های توزیعی و منطقه ای مناسب می باشد. در حال حاضر مدل های شبیه سازی ابزاری کارآمد در تجزیه و تحلیل فرآیندها و عکس العمل های حوزه ی آبخیز می باشند. بنابراین کاربرد آنها با هدف شبیه سازی رفتار هیدرولوژیکی حوزه ی آبخیز می تواند در بررسی واکنش حوزه و تحلیل تغییرات حاصل از اجرای پروژه های کنترل سیلاب و آبخیزداری در فرآیند تبدیل بارش به رواناب سودمند باشد.

مدل های مبتنی بر اصول و روش های هیدرولوژیکی نسبت به مدل های مبتنی بر اصول هیدرولیکی در زمینه ی پیش بینی رواناب دارای قابلیت بیشتری می باشند (جهان تیغ مقدم ۱۳۷۸).

رواناب یکی از مهم ترین متغیرهای هیدرولوژیکی است که در مطالعات منابع آب مورد بررسی قرار می گیرد. بنابراین مدل هایی توسعه یافته اند که همگی از داده های هیدرولوژیکی و هواشناسی جهت شبیه سازی استفاده می کنند. پرکاربردترین و بهترین مدل برای این منظور مدل HEC-HMS می باشد.

شقاقی (۱۳۸۰) سیستم مدل های هیدرولوژیکی را برای شبیه سازی دبی حداکثر در شاخه های فرعی حوزه آبخیز احمدآباد گلستان به کار برد و با استفاده از آمار بارندگی مقادیر رواناب حاصل را برآورد نمود و آن را با مقادیر مشاهداتی واقعی مورد مقایسه قرار داد و نتایج نهایی بسیار رضایت بخش ارزیابی گردید.

به طور کلی افزایش سطوح غیرقابل نفوذ باعث افزایش حجم رواناب، افزایش دبی اوج و کاهش زمان تاخیر می شود بنابراین توسعه ی شهرها و افزایش سطوح غیرقابل نفوذ در اطراف رودخانه ها سهم معنی داری در افزایش سیلخیزی دارد.

آشوری و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از مدل HEC-HMS به بررسی توسعه ی اثرات شهری و افزایش پهنه ی سیلگیر و خطرات ناشی از آن در حوزه آبخیز رودخانه ی دارآباد تهران پرداختند. داده های جریان را در دوره بازگشت های مختلف به دست آوردند. نتایج نشان داد که به ازای ۸ درصد توسعه ی شهری و تغییر کاربری در دوره ی ۱۴ ساله ۸ تا ۹ درصد پهنه ی سیلگیر افزایش پیدا می کند.

همچنین می توان با استفاده از مدل هیدرولوژیکی تأثیر اجرای عملیات های اصلاحی مختلف بر حجم رواناب و دبی اوج را مورد بررسی قرار داد.

رادوان (۱۹۹۹) با استفاده از مدل HEC-1 به بررسی اقدامات مختلف کنترل سیلاب شامل جنگل کاری، تراس بندی، سدهای ذخیره ای، سدهای کنترلی و ترکیب آنها در منطقه ی Petra در اردن پرداخت.



نتایج شبیه سازی با استفاده از مدل مربوطه برای گزینه های مختلف نمایانگر تقلیل دبی اوج و حجم سیلاب تا ۷۰ درصد بوده است.

عربی و همکاران (۱۳۸۸) اثر عملیات آبخیزداری بر روی سیلاب را با استفاده از مدل HEC-HMS در حوزه تجریش بررسی کرده است. پس از واسنجی مدل، سیلاب در دوره بازگشت های مختلف شبیه سازی شد. نتایج نشان داد که اثر عملیات آبخیزداری روی هیدروگراف سیل در دوره بازگشت کم قابل توجه بوده است و با افزایش دوره بازگشت این اثر کاهش می یابد.

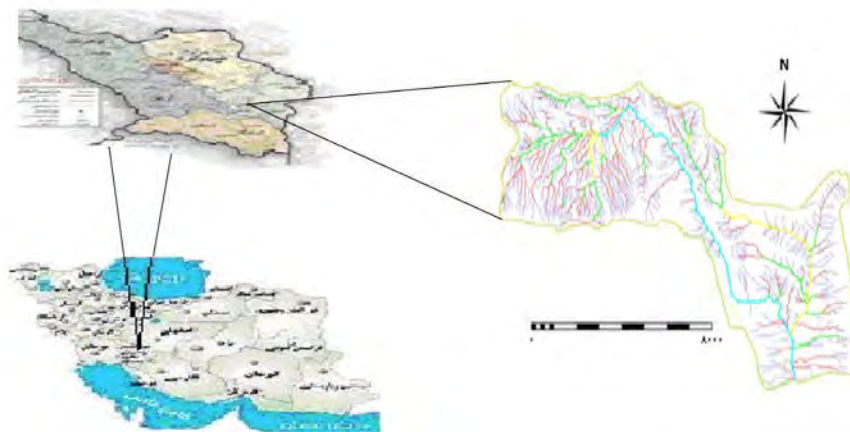
بنی حبیب و همکاران (۱۳۸۸) در حوزه ی باروت آغاجی در جنوب غربی شهر زنجان به ارزیابی راندمان مهارسیلاب طرح های آبخیزداری با استفاده از مدل HEC-HMS پرداخته است. در این تحقیق پارامترهای کاهش اولیه، شماره منحنی و زمان تأخیر زیرحوزه ها به عنوان مشخصات هیدرولوژیکی حوزه در شبیه سازی استفاده شده اند. نتایج نشان داد که پس از انجام عملیات آبخیزداری پیشنهادی ۲۰ درصد دبی اوج، حدود ۱۲ درصد حجم جریان در سیلاب با دوره بازگشت ۵۰ ساله کاهش و زمان تمرکز نیز ۳۶ درصد افزایش یافته است.

به طور کلی هدف از انجام این مطالعه تعیین شاخص سیلخیزی زیرحوزه ها و اولویت بندی آنها جهت انجام عملیات های اصلاحی می باشد. در این تحقیق برای روندیابی سیل از روش هیدروگراف واحد SCS استفاده شده و در نهایت سیل خیزی زیرحوزه ها با توجه به مشارکت آن ها در دبی خروجی کل حوزه اولویت بندی شده و نقشه ی اولویت بندی مناطق حساس به تولیدسیل تهیه گردید.

مواد و روش ها

موقعیت جغرافیایی منطقه ی مورد مطالعه

حوزه آبخیز دوراهان با مساحت ۷۸,۸۷ کیلومتر مربع در فاصله ۱۱۰ کیلومتری جنوب شرقی شهرکرد قرار دارد. این حوزه بین طولهای جغرافیایی ۵۱°۳' تا ۵۱°۱۲' شرقی و عرضهای جغرافیایی ۳۱°۳۶' تا ۳۱°۴۲' شمالی واقع گردیده است. این حوزه بین رقوم ارتفاعی ۲۰۵۰ تا ۲۹۶۹ متر از سطح دریا قرار دارد. راه دسترسی به این منطقه جاده بروجن - لردگان می باشد که از قسمت شرقی حوزه عبور می کند. حوزه مذکور از نظر توپوگرافی جزء مناطق کوهستانی بوده و در قسمت شمال غرب به ارتفاعات سبز کوه ختم می گردد.



نقشه ی (۱): موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

مدلسازی مولفه های حوزه آبخیز

الف- مدل حوزه

در این بخش اجزای هیدرولوژیک یک حوزه آبخیز مانند زیرحوزه ها، محل تلاقی دو آبراهه، بازه ی رودخانه، مخازن، کانال های انحراف آب و... به صورت شماتیک ترسیم می گردد. سپس روش های مناسبی برای تعیین تلفات اولیه، رواناب سطحی حوزه، آب پایه و روندیابی سیل در رودخانه انتخاب شده و اطلاعات فیزیکی حوزه آبخیز وارد می گردد.

ب- مدل اقلیمی

در بخش مدل اقلیمی باید داده های بارندگی و تبخیر و تعرق برای شبیه سازی حوزه وارد گردند. داده های بارندگی باید دارای توزیع زمانی و مکانی در سطح حوزه آبخیز باشند که بدین منظور روش هایی چون هیدروگراف کاربر، روش وزن دهی کاربر به ایستگاههای باران سنجی، روش عکس وزنی فاصله و روش باران شبکه ای و روش رگبار فرضی SCS و... در محیط HEC-HMS وجود دارد. در این مطالعه از روش رگبار استاندارد پروژه استفاده شد.

ج- شاخص های کنترلی

در بخش شاخص های کنترلی، باید تاریخ وساعت شروع و پایان شبیه سازی و فواصل زمانی مورد نظر وارد گردد.

بر آورد شماره منحنی (CN) در زیر حوزه ها

CN عامل بدون بعدی است که با استفاده از آن ارتفاع رواناب بر آورد می گردد. مقدار CN بین (۰-۱۰۰) متغیر است. اگر بارندگی به رواناب تبدیل نشود، میزان CN برابر صفر و هر چه مقدار رواناب افزایش یابد،



مقدار CN به ۱۰۰ نزدیک می شود. مقدار CN با توجه به وضعیت گروههای هیدرولوژیک، نوع بهره وری از زمین و شرایط رطوبت قبلی خاک تعیین می شود. مقادیر CN برای مناطق مختلف در سه حالت خشک، نرمال و مرطوب قابل بررسی می باشد. مقادیر CN از زیر حوزه ها در جدول شماره (۱) ارائه گردیده است.

- هیدروگراف واحد :

هیدروگراف واحد را می توان به صورت طبیعی در صورت وجود ایستگاه هیدرومتری، از یک هیدروگراف طبیعی محاسبه شده، با توجه به اطلاعات ثبت شده ایستگاه بدست آورد. در غیر این صورت از روشهای مصنوعی استفاده کرد. با توجه به عدم وجود ایستگاه هیدرومتری در حوزه و یا قسمت خروجی حوزه، در این گزارش از روش مصنوعی SCS استفاده شده است.

الف) : محاسبه زمان تأخیر حوزه T_L

$$TL = \frac{L^{0/8} * (S + 1)^{0/7}}{1900 * Y^{0/5}} \quad (1)$$

tl : زمان تأخیر (ساعت)

L : طول آبراهه اصلی (فوت)

y : شیب آبراهه اصلی (در صد)

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad (2)$$

S : نگهداشت سطحی

ب) : انتخاب زمان بارندگی: (D)

زمان مورد نظر در روش SCS برای هیدروگراف واحد انتخابی است. معمولاً زمان بارندگی را کمتر از ۲۵٪ زمان تمرکز در نظر گرفته می شود. زمان تمرکز نیز برابر با ۱/۶۷ زمان تأخیر می باشد.

$$Tc = 1.67tl \quad (3)$$

T_C : زمان تمرکز (ساعت)

tl : زمان تأخیر (ساعت)

ج) : زمان رسیدن به دبی اوج (TP)

$$Tp = \frac{D}{2} + tl \quad (4)$$

tl : زمان تأخیر (ساعت)

T_p : زمان رسیدن به اوج (ساعت)

D : مدت بارندگی (ساعت)

د) : دبی اوج (Q_p)



$$Q_p = \frac{0.028 * A}{T_p} \quad (5)$$

Q_p = دبی اوج (متر مکعب بر ثانیه)

A = مساحت (کیلومتر مربع)

T_p = زمان رسیدن به دبی اوج (ساعت)

ه) : زمان پایه هیدروگراف (T_p) که معادل ۸,۳ زمان رسیدن به دبی اوج در نظر گرفته می شود.

جدول شماره (۲) مقادیر پارامترهای مورد نیاز هیدروگراف واحد را در زیر حوزه های دو راهان نشان می دهد همچنین مقادیر دبی اوج شبیه سازی شده در جدول (۳) و نقشه ی اولویت بندی زیرحوزه ها براساس دبی اوج در شکل (۲) نشان داده شده است.

$$F\% = \frac{\Delta Q}{Q_p} * 100 \quad (6)$$

$F\%$: سهم مشارکت زیرحوزه در دبی خروجی حوزه برحسب درصد

ΔQ : میزان کاهش دبی خروجی حوزه در نتیجه ی حذف زیرحوزه ی موردنظر (m^3/s)

Q_p : دبی خروجی حوزه (m^3/s)

مقادیر $F\%$ در جدول (۴) و نقشه ی اولویت بندی براساس شاخص $F\%$ در شکل (۳) آمده است.

$$f = \frac{\Delta Q}{A} \quad (7)$$

f : شاخص سیلخیزی بدون در نظر گرفتن فاکتور مساحت

ΔQ : میزان کاهش دبی خروجی حوزه در نتیجه ی حذف زیرحوزه ی موردنظر (m^3/s)

A : مساحت هر زیرحوزه (km^2)

مقادیر شاخص سیلخیزی f در جدول (۵) و نقشه ی اولویت بندی براساس شاخص سیلخیزی f در

شکل (۴) آمده است.

نتایج و بحث

جدول شماره (۱) : مقادیر CN در حالت های مرطوب ، نرمال و خشک در زیر حوزه های دوراهان

D_7	D_6	D_5	D_4	D_3	D_2	D_1	زیر حوزه
۸۱/۵	۸۰	۸۰/۵	۸۲	۸۰	۸۶	۸۶	CN (نرمال)
۶۵	۶۳	۶۳/۵	۶۶	۶۳	۷۲	۷۲	CN (خشک)
۹۲	۹۱	۹۱/۵	۹۲	۹۱	۹۴	۹۴	CN (مرطوب)

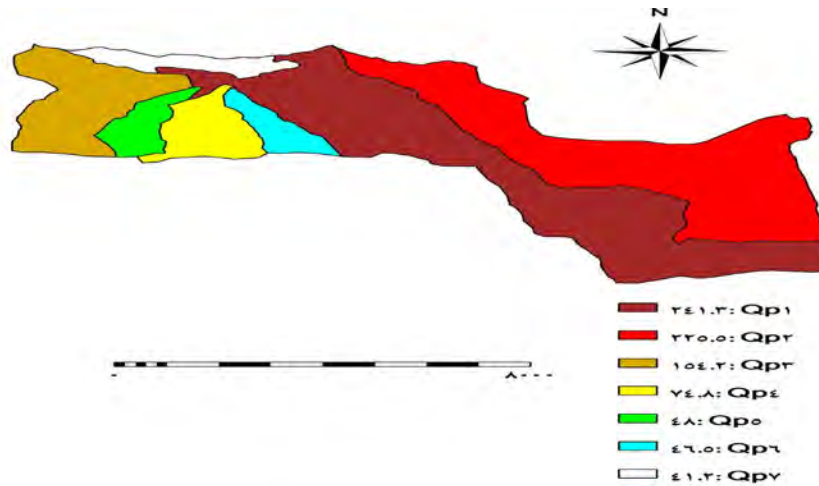


جدول شماره (۲) : مقادیر پارامتر های مربوط به محاسبات هیدروگراف واحد

زیر حوزه	طول آبراهه اصلی (متر)	شیب خالص (%)	T_L زمان تاخیر (ساعت)	T_C زمان تمرکز (ساعت)	T_p زمان رسیدن به اوج (ساعت)	Q_p دبی اوج (m^3/s)
D1	۴۴۶۰	۵/۱	۰/۷۱	۱/۱۸	۰/۸	۰/۱
D2	۵۱۸۷	۱۰	۰/۵۷	۰/۹۵	۰/۶۷	۰/۴
D3	۴۲۷۵	۱۴/۸	۰/۴۶	۰/۷۷	۰/۵۱	۰/۱۶
D4	۵۲۷۴	۱۲	۰/۵۸	۰/۹۷	۰/۶۸	۰/۲
D5	۳۳۸۰	۱۴/۵	۰/۳۸	۰/۶۳	۰/۴۳	۰/۱۶
D6	۱۳۶۹۰	۵/۶	۱/۹	۳/۱۷	۲/۱	۰/۳۴
D۷	۲۲۸۴۰	۶	۲/۶۴	۴/۴۱	۳/۱۴	۰/۷

جدول (۳): مقادیر دبی اوج شبیه سازی شده ی زیرحوزه ها در مدل HEC-HMS

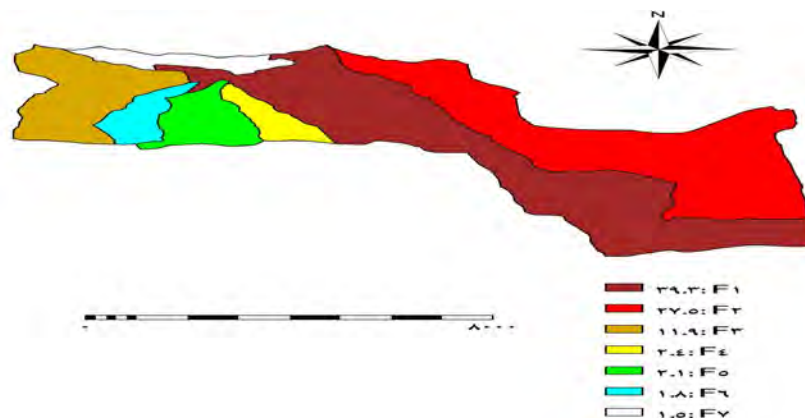
ردیف	زیرحوزه	مساحت (km^2)	دبی اوج (m^3/s)
۱	۱	۲,۸۸	۴۱,۲
۲	۲	۹,۵۸	۱۵۴,۲
۳	۳	۲,۸۴	۴۸
۴	۴	۴,۷۱	۷۴,۸
۵	۵	۲,۵۲	۴۶,۵
۶	۶	۲۶,۱۸	۲۲۵,۵
۷	۷	۳۰,۱۶	۲۴۱,۳



شکل (۲): نقشه ی اولویت بندی زیرحوزه ها بر اساس دبی اوج

جدول (۴): مقادیر شاخص F برای زیرحوزه های حوزه ی دوراهان

ردیف	زیرحوزه	مساحت (km2)	F%
۱	۱	۲,۸۸	۱,۵
۲	۲	۹,۵۸	۱۱,۹
۳	۳	۲,۸۴	۱,۸
۴	۴	۴,۷۱	۲,۱
۵	۵	۲,۵۲	۲,۴
۶	۶	۲۶,۱۸	۲۷,۵
۷	۷	۳۰,۱۶	۳۹,۳



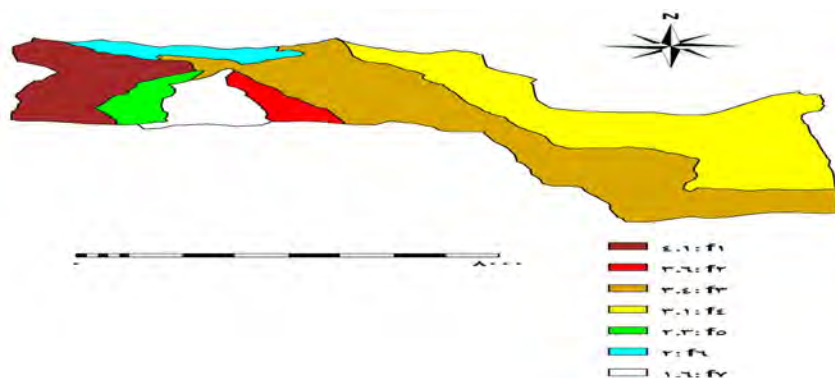
شکل (۳): نقشه ی اولویت بندی زیرحوزه ها بر اساس شاخص F%

جدول (۵): مقادیر شاخص سیلخیزی f برای زیرحوزه های حوزه ی دوراهان

ردیف	زیرحوزه	مساحت (km2)	f
۱	۱	۲,۸۸	۲



۴,۱	۹,۵۸	۲	۲
۲,۳	۲,۸۴	۳	۳
۱,۶	۴,۷۱	۴	۴
۳,۶	۲,۵۲	۵	۵
۳,۱	۲۶,۱۸	۶	۶
۳,۴	۳۰,۱۶	۷	۷



شکل (۴): نقشه ی اولویت بندی زیرحوزه ها بر اساس شاخص سیلخیزی f

نتیجه گیری

با استفاده از نقشه های پایه ای و داده هایی نظیر CN و زمان تاخیر، شاخص سیلخیزی برای زیرحوزه های مختلف محاسبه شد و بوسیله ی این شاخص زیرحوزه ها اولویت بندی شدند و زیرحوزه ی ۲ و ۵ به ترتیب با مقادیر ۴,۱ و ۳,۶ دارای خطر سیلخیزی بالاتری نسبت به سایر زیرحوزه ها بودند و در اولویت اقدامات اصلاحی قرار دارند.

فهرست منابع

- 1- Amatya, D. M., G. M. Chescheir, G. P. Fernandez, R. W. Skaggs, And J. W. Gilliam. 2004. DRAINWAT-based methods for estimating Nitrogen transport in poorly drained watersheds. Trans.ASAE 47(3): 677-687.
- 2- Arnold, J.G., Srinivasan, R., Muttiah, R.S., Williams, J.R., 1998. Large area hydrologic modeling and assessment part I: model development. J. Am. Water Resour. Assoc. 34 (1), 73–89.
- 3- Arnold, J. G., and P. M. Allen. 1999. Automated methods for estimating Baseflow and ground water recharge from streamflow records. J. American Water Resources Assoc. 35(2): 411-424.
- 4- Baffaut, C. and Dellenr, J.W., 1989. Expert system for calibrating SWMM. J. Water Resour. Planning Manage, 115(3): 278-298.



- 5- Bashford, K., Beven, K.J., Young, P.C., 2002. Model structures, observational data and robust, scale dependent parameterisations: explorations using a virtual hydrological reality. *Hydrol.Process.* 16 (2), 293–312.
- 6- Beck, M.B., 1987. Water quality modeling: a review of the analysis Of uncertainty. *Water Resour. Res.* 23 (8), 1393–1442.
- 7- Benedini , M , Duckstein , L , E.J. Plate , 1988 " Water Engineering Reliability and Risk: A System Frame work " *Engineering Reliability and Risk in Water Resources* , (ed.by L. Duckstein , E.J. Plate),Martinus Nijhoff Publishers , Boston , 1988.Mays
- 8- Beven, K., 2006a. A manifesto for the equifinality thesis. *J. Hydrol.* 320, 18–36.
- 9-Brazil,L.E.,1988.Multilevel calibration strategy for complex hydrologic simulation models. Ph.D. Thesis, Department of Civil Engineering,Colorado State University, Fort Collins.
- 10- Brazil, L.E. and Hudlow, M.D., 1980. Calibration procedures use with the National Weather Service River Forecast system. In: Y.Y. Halmes and J. Kindler (Editors), *Water and Related Land Resources*.Pergamon, New York, pp. 457-566.
- 11- Brookes , K.N.et al. (1991) , "Hydrology the management of watershed " Iowa state university , vol14pp220
- 12- Burnash, R.J.C., Ferral, R.L. and McGNire, R.A., 1973. A generalized streamflow simulation system: Conceptual models for digital computers. Joint Federal-State River Forecast Center, Sacramento, CA.
- 13- Chow , vente , maidment , D , Mays , L, 1988 , "Applied Hydrology " MC Grow-Hill Book Company
- 14- Duan, Q., Sorooshian, S. and Ibbitt, R.P., 1988. A maximum likelihood criterion for use with data collectedAt unequal time intervals. *Water Resour. Res.*, 24(7): 1163-1173.
- 15- Duan, Q., Sorooshian, S. and Gupta, V.K., 1992. Effective and efficient global optimization for conceptualRainfall-runoff models. *Water Resour. Res.*, 28(4): 1015-1031.
- 16- Duan, Q., Gupta, V.K. and Sorooshian, S., 1993. A shuffled complex evolution approach for effective andEfficient optimization. *J. Optimization Theory Appl.*, 76(3): 501-521.
- 17- Gupta, V.K. and Sorooshian, S., 1983. Uniqueness and observability of conceptual rainfall-runoff model