همایش ملی
بحران آب در کشاورزی و منابع طبیعی
آبان ماه ۱۳۸۸ – دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرری

ارزیابی کارایی مدل HEC-H M S در برآورد جریانهای سیلابی (مطالعه موردی: حوزه سد طرق مشهد)

ربابه خداپرست[1*] ، محمد تقی دستورانی [2] مهدی وفاخواه[3] ، علی طالبی[2] ، جمال دشتی [1]

۲- *دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد،۳- دانشگاه تربیت مدرس تهران*

* *پست الکترونی:sd.khodaparast@gmail.com*

چکیده

بدلیل این که اساس روش های معمول محاسباتی جهت انجام تحلیل های هیدرولوژیکی ،بر نتایج تجربی و محاسباتی دستی استوار است، لذا با ایجاد هر نوع خطایی ، توجیه این سرمایه گذاریهای کلان به خطر می افتد. ما با بهره گیری از مدل هیدرولوژیکی **HEC– HMS** قادر خواهیم بود، تا علاوه بریافتن پاسخ هیدرولوژیکی رواناب حوضه، و هیدرگراف های نقاط مختلف از مسیر جریان، با استفاده از قابلیت واسنجی مدل، مقادیر حقیقی پارامتر هایی را که به صورت فرضی و یا بر اساس نتایج حوضه های دیگر ،در مدلسازی بکار رفته است را، تعیین نماییم . این تحقیق با بکارگیری نرم افزار **HEC–HM** و داده های سیستم اطلاعات جغرافیایی **GIS** در حوضه سد طرق که دارای مساحت ۱۳۱.۳۴کیلومتر مربع، در محدوده شهرستان مشهد در استان خراسان رضوی است، صورت گرفت. در ابتدا ۲۰ رگبارکه دارای داده های هیدروگراف و هایتوگراف نظیر بودند انتخاب گردید، سپس همگی این رگبارها شبیه سازی شد. از این میان، ۷رگبار به صورت تصادفی انتخاب گردید . در مرحله بعد عملیات واسنجی (کالیبراسیون)جهت تعیین مقادیر حقیقی دبی پیک و برخی پارامترهای حوضه انجام پذیرفت. نتایج حاصله نشان داد که، این نرم افزار قابلیت برآورد دبی پیک حوضه مورد مطالعه را، با خطای کمتر از یک درصد(۱٪)، نسبت به دبی های مشاهده ای را دارد.

واژه های کلیدی : **HEC - HMS** – هیدروگراف - هایتوگراف – واسنجی

۱- دانشجویان کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابان دانشگاه یزد ۲- استاد یار و عضو هیأت علمی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد
۳- استاد یار گروه مهندسی آبخیزداری ،دانشکده منابع طبیعی ،دانشگاه تربیت مدرس

1- مقدمه

سیل یک رویداد سریع و مخرب است که هر ساله در نقاط مختلف جهان وکشور، باعث بروز خسارات جانی و مالی محسوس و نامحسوس فراوان می شود. برای مدیریت جامع مهار وکاهش خسارات سیل قبل از هر چیز باید مناطق سیل خیز در درون حوضه تعیین شود[۱]. بررسی های انجام شده نشان می دهد موضوعات مرتبط با این تحقیق، عمدتا در زمینه تاثیر تغییرات کاربری اراضی بر روی بروز سیلاب و تغییر رفتار حوضه های آبخیز ، تعیین مناطق سیل خیز بر پایه روشهای نموداری و فرمول های تجربی، تحلیل آماری داده ها ی سیلاب ، داده های دور سنجی و سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل های رایانه ای بارش - رواناب بوده و همچنین از دیدگاه تولید سیل در سطح حوضه های آبخیز یکپارچه، مطرح هستند[۲].**HEC-HMS**[۲] یک سیستم مدل سازی هیرولوژیکی است که توسط مرکز مهندسی هیدرولوژی انجمن مهندسین ارتش امریکا تهیه شده است[۳]. عدل (۱۳۷۳) ، به منظور توسعه هیدروگراف واحد برای زیر حوضه‌های رودخانه کرج مدل**HEC-1** را به کار گرفته است. در این تحقیق، توسعه هیدروگراف واحد برای هر زیر حوضه با روش اشنایدر، و نفوذ سطحی آب در خاک، براساس توسعه شماره منحنی **CN** در مقایسه با حوضه‌ها و خاکهای مشابه انجام یافته است، و روندیابی سیل در آبراهه‌ها با توجه به شیب زیاد آنها با روش موج سینماتیک انجام شده است. در مجموع دبی اوج سیلاب های محاسبه شده با مقادیر اندازه‌گیری شده در بارندگی های متفاوت مطابقت داشته است [۴]. خسروشاهی (۱۳۸۰)، با بکارگیری مدل هیدرولوژیکی **HEC-HMS** به بررسی نقش مشارکت زیر حوزه‌های آبخیز در شدت سیل‌خیزی حوزه آبخیز دماوند پرداخته است. وی با تقسیم حوضه به ۷ زیر حوضه، و با تعیین خصوصیات فیزیکی کل حوضه و زیر حوضه‌ها با استفاده از **GIS** در فرمت رقومی، محاسبه هیدروگراف‌های سیل منتاظر با بارش‌های طراحی برای هر یک از زیر حوضه‌ها، حذف متوالی زیر حوضه‌ها در هر بار اجرای مدل، دبی خروجی کل حوضه را بدون زیر حوضه موردنظر، را محاسبه کرده که در نتیجه آن میزان تأثیر هر یک از زیرحوضه‌ها را در تولید سیل خروجی بدست آورده است.در تحقیقی دیگر، برای تعیین سیل خیزی زیر حوضه های رودخانه شاپور در استان فارس، با استفاده از شبیه سازی جریان های سیلابی، میزان مشارکت هر یک از زیر حوضه ها در هیدروگراف خروجی سیل حوضه، برآورد شده است [۶].

۲- مواد و روش :

به منظور مطالعه رفتار حوضه آبخیز مورد تحقیق، بررسی های اولیه شامل بررسی منابع، تعیین حوضه و زیر حوضه ها، جمع آوری داده ها، تهیه نقشه ها و رقومی کردن نقشه ها ضروری است. لذا پس از جمع آوری و تهیه این داده ها، اقدام به کنترل نقشه ها گردید. و در نهایت مدل شبیه سازی و اجرا شد.

رودخانه طرق یکی از شاخه های رودخانه کشف رود می باشد، محدوده جغرافیایی آن بین عرض جغرافیایی ۰۶-۳۶ تا ۱۳-۳۶ شمالی و طول شرقی ۱۷-۵۹ تا ۳۳-۵۹ قرار دارد. و مساحت آن ۱۳۱.۳۴کیلومتر مربع می باشد. بر روی رودخانه طرق ایستگاه هیدرومتری کرتیان با ۴۱ سال آمار آبدهی و سد طرق، قرار دارد. سد طرق در ۲۵ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان مشهد، در ۱۰۰ متری بالادست محل بند قدیمی طرق قرار گرفته است. محدوده حوضه آبریز از نظر پوشش گیاهی بسیار ضعیف می باشد. در جدول شماره (۱) مساحت و مقدار بارندگی متوسط در محل های مورد نظر آمده است.

فیزیوگرافی مشخصات فیزیکی و مورفولوژیکی حوضه آبخیز است، که این خصوصیات بر شکل هیدروگراف حوضه اثر دارد. پارامتر های فیزیوگرافی نظیر سطح حوضه، شیب رودخانه، ارتفاع متوسط پروفیل طولی رودخانه، توزیع سطح

2 - Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System

برحسب ارتفاع و غیره می باشد . محاسبات فیزیوگرافی در این مطالعات با استفاده از نقشه افست ۱:۲۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی کشور برای محل ایستگاه هیدرومتری کرتیان و محل سد انجام گردیده است(جدول شماره ۲).

جدول شماره ۱- مساحت ومقدار بارندگی متوسط در محلهای مورد نظر طرح

رودخانه -محل	سطح حوضه (کیلو متر مربع)	باران متوسط سالیانه(میلیمتر)
کرتیان	۱۳۱.۳۴	۳۲۰.۲
سد طرق	۱۵۵۶	۳۱۸

جدول ۲- خصوصیات فیزیوگرافی حوضه

پارامتر مورد مطالعه	مقدار بر حسب واحد
مساحت حوضه	۱۳۱.۳۴کیلومتر مربع
محیط حوضه	۵۹۲۵۷.۶۱متر
ضریب فرم فاکتور	۰.۴۰۶
ضریب فشردگی	۱.۳۰۷
طول بلندترین آبراهه	۲۳۹۹۹.۸۲متر
شیب متوسط	۳۹.۱۲
فاصله خروجی از مرکز ثقل حوضه	۱۰.۳۳کیلومتر
حداکثر ارتفاع حوضه	۲۶۸۰ متر
حداقل ارتفاع حوضه	۱۲۲۰ متر

سیتم آبی منطقه از یک رژیم خشک تا نیمه خشک تشکیل یافته است که فصل مرطوب آن در زمستان و بهار، و فصل خشک آن در تابستان و اوایل پاییز قرار دارد. به این دلیل حدود ۶۶/۶۵٪از مساحت حوضه را مراتع فقیر تشکیل می دهد.که بیشترین میزان مساحت حوضه را شامل می شود، و بقیه شامل ۱۵٪ مزارع شخصی و باغات، و ۱۹٪درصد آن را مراتع متوسط تشکیل می دهد.

تحلیل داده ای بارش-رواناب

به منظور مدل سازی حوضه مورد مطالعه از طریق بکارگیری مدل ریاضی، استفاده از داده های همزمان بارش-رواناب برای واسنجی مدل ضروری است. در ابتدا ۲۰ رگبار که دارای هایتوگراف و هیدروگراف نظیر بودند، انتخاب شد. همه رگبارها شبیه سازی شدند، و از این میان۷رگبار به صورت تصادفی انتخاب گردید.

شبیه سازی بارش- رواناب بابکارگیری مدل HEC-HMS

مدل **HEC-HMS** برای شبیه سازی بارش - رواناب ، حوضه آبخیز را با مولفه های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی نمایش می دهد. این مدل با ترکیب مولفه های مذکور، پس از محاسبات لازم، اقدام به ترمیم و محاسبه هیدروگراف می نماید. بنابراین با تلفیق نقشه رستری تهیه شده از گروههای هیدرولوژیکی خاک و کاربری اراضی، مقادیر **CN** برای حوضه بدست آمد. از مقادیر **CN** بدست آمده، مقادیر تلفات اولیه، زمان تاخیر باروش های اشنایدر و **SCS**، و زمان تمرکز حوضه با روش**SCS** ، نیز به عنوان پارامتر های اساسی ورودی مدل **HEC-HMS** محاسبه گردید، سپس میزان رواناب و جریان پایه هم محاسبه شد.

پس از آماده شدن پارامترهای ورودی مدل **HEC-HMS**، مدل مزبور اجرا گردیده و واسنجی مدل با فرض انتخاب بهترین پارامتر ها برکم بودن درصد خطای پیک ، صورت گرفت (۱).

$$E = \left[1 - \frac{\sigma_E^2}{\sigma_0^2}\right] \qquad (1)$$

که E راندمان مدل‌سازی، صورت کسر، واریانس خطاهای دبی محاسباتی، و مخرج کسر واریانس خطاهای دبی مشاهداتی می‌باشد[۷]. مجموع مربعات خطاها و راندمان مدل‌سازی توابع کاملی برای مدل‌سازی بارش- رواناب نیستند، ولی از آنجا که بزرگترین خطاها در نزدیکی دبی اوج رخ می‌دهند و در این معیارها خطاها به توان می‌رسند، لذا این خطاها، نسبت به آب پایه بارزتر خواهند بود، که از مزیت‌های تابع هدف محسوب می‌شود. در برخی شبیه‌سازی‌ها حتی اگر دبی اوج صحیح پیش‌بینی گردد، این معیارها ممکن است نسبت به خطای زمان پیش‌بینی حساس باشند[۸].

۳- بحث ونتیجه گیری:

نتایج حاصله از محاسبات مربوط به **CN** و تلفات اولیه حوضه برای ۷رگبار انتخاب شده (قبل از واسنجی و بعد از واسنجی)، در مدل برای دو روش **SCS** و اشنایدر در جدول شماره (۳) ارایه شده است. که نتیجه حاصله از جدول مربوطه نشانگر این است که، همبستگی نزدیکی بین داده های حاصله از زمان تاخیر اشنایدر و **SCS** وجوددارد. پس استفاده از هر کدام در مدل تفاوت زیادی ندارد. بررسی دیگری که به عمل آمد، مقایسه زمان تاخیر با روش **SCS** و روش اشنایدر می باشد، که در جدول شماره (۴) آمده است. با توجه به درصد اختلاف کمتر بین دبی های مشاهداتی و محاسباتی و همچنین بررسی هیدروگراف ها، در نهایت روش **SCS** به عنوان بهترین روش برای محاسبه زمان تاخیر انتخاب شد. واسنجی مدل برای پارامتر های تلفات اولیه **CN** و زمان تاخیر در رگبارهای مزبور صورت گرفت. در شکل شماره (۱) نمونه ای از هیدروگراف مشاهده ای و واسنجی شده برای رگبار ۷۶.۱۱.۹ ارائه شده است. همچنین دبی های پیک (اوج) برای رگبار های انتخاب شده محاسبه شد ، که در جدول شماره (۵) ارائه شده است. همانطور که در جدول هم مشخص است، بیشترین دبی پیک حوضه مذکور ۸.۴۹ متر مکعب در ثانیه مربوط به سال **71.3.2**می باشد. خطای برآورد دبی پیک توسط مدل **HEC – HMS** در این حوضه بطور متوسط ۰.۹۶ درصد است. علاوه بر این، در محاسبه دبی پیک، روش **SCS** (برای محاسبه زمان تاخیر) کمترین میزان خطا (۰.۹۱٪)را در مقایسه با روش اشنایدر(۱.۰۱٪) دارد . در مورد استفاده از سامانه مدل سازی نیز، همانطور که سایرین (کارآموز و حیدری، ۱۳۷۷ ، ۱۳۸۱) [۸ و۹]بیان کردند، می توان اذعان داشت که، از این مدل به دلیل قابلیت های بالا و دسترسی به روش های مختلف می توان در مطالعات کنترل سیل و هیدرولوژی (به شرط منظور کردن پارامتر های منطقی و واسنجی) استفاده نمود.

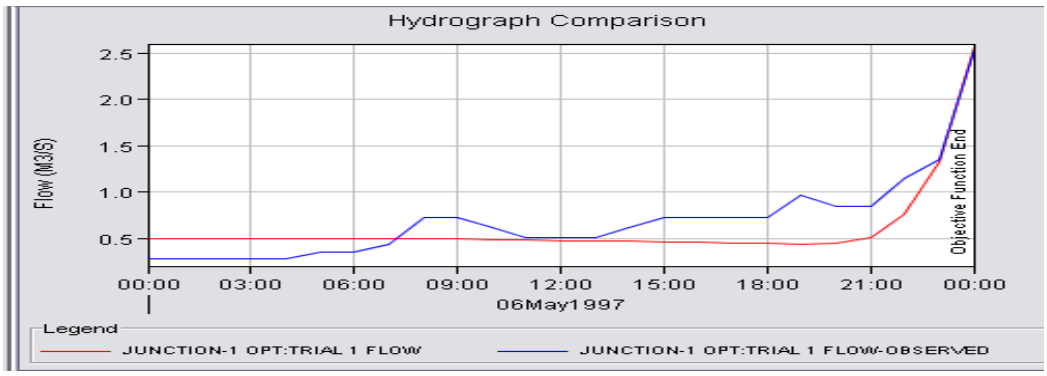
جدو ل ۳- محاسبات مربوط به CN و تلفات اولیه حوضه برای ۷رگبار انتخاب شده قبل و بعد از واسنجی

تاریخ وقوع رگبار	69.12.24	71.2.3	72.2.31	70.12.6	71.11.26	73.9.13	76.11.19
CN قبل از واسنجی	۵۸	۵۸	۵۸	۷۶.۴۲	۵۸	۷۶	۵۸
CN بعد از واسنجی با زمان تاخیر **SCS**	۶۱	۶۱	۶۰	۷۶.۰۱	۵۹	۷۶.۰۲	۶۱
CN بعد از واسنجی با	۶۲	۶۲	۶۳	۷۶.۰۸	۶۱	۷۷	۶۴

زمان تاخیر اشنایدر							
تلفات اولیه قبل از واسنجی	۳۶	۳۶	۳۶	**15.67**	**36**	**15.67**	**36**
تلفات اولیه بعد از واسنجی با زمان **SCS** تاخیر	۳۵.۴۲	۳۵	۳۳	**14.80**	**41**	**15.01**	**33**
تلفات اولیه بعد از واسنجی با زمان تاخیر اشنایدر	۳۰	۳۲	۳۱	۱۲.۷۰	**32.5**	**14.02**	**30**

جدول ۴- مقایسه زمان تاخیر به روش SCS و روش اشنایدر (بر حسب ساعت)

تاریخ	**69.12.24**	**71.2.3**	**72.2.31**	**70.12.6**	**71.11.26**	**73.9.13**	**76.11.19**
زمان تاخیر اشنایدر اولیه	**8.8**	**8.8**	**8.8**	**8.8**	**8.8**	**8.8**	**8.8**
زمان تاخیر اشنایدر بعد واسنجی	**6.12**	**6.85**	**5.40**	**6.60**	**5.90**	**6.59**	**6.21**
زمان تاخیر **SCS** اولیه	**6.61**	**6.61**	**6.61**	**6.61**	**6.61**	**6.61**	**6.61**
زمان تاخیر **SCS** بعد واسنجی	**7.59**	**7.25**	**7.01**	**7.21**	**7.16**	**8.4**	**8**



شکل(۱) نمونه ای از هیدروگراف مشاهده ای وواسنجی شده رگبار۷۶/۱۱/۱۹

جدول ۵- دبی های پیک محاسبه شده توسط مدل HEC-HMS برای رگبار های انتخاب شده

تاریخ وقوع رگبار	زمان تاخیر (ساعت)	دبی اوج مشاهده ای m^3/s	دبی اوج محاسباتی m^3/s	درصد خطا
۲۴.۱۲.۶۹	اشنایدر۶.۱۲	۱.۷۱	۱.۶۹	**0.5**
	SCS۷.۵۹		۱.۷	۰.۴
۷۱.۲.۳	اشنایدر۶.۸۵	۸.۵	۸.۳۹	۰.۹
	SCS ۷.۲۵		۸.۴۹	۰.۸

۷۲.۲.۳۱	اشنایدر ۵.۴۰	۱.۹۵۰	۱.۹۰	۰.۲
	scs ۷.۰۱		۱.۹۲	۰.۱
۷۰.۱۲.۶	اشنایدر ۶.۶۰	**3.90**	**3.692**	۰.۶
	7.21 scs		۳.۶۹۴	۰.۵
۷۱.۱۱.۲۶	اشنایدر ۵.۹	۳.۷۰9	۳.۶۹۱۴	۰.۹
	Scs ۷.۱۶		۳.۷۰۵۸	۰.۸
۷۳.۹.۱۳	اشنایدر ۶.۵۴	۷.۶	۶.۸۷۲۲	۳.۸
	scs ۸.۴		۷.۰۴۹۹	۳.۷
۷۶.۱۱.۱۹	اشنایدر ۶.۲۱	۲.۵۵	۲.۵۲۵	۰.۲
	Scs ۸		۲.۵۳۵	۰.۱

۴- نتیجه گیری :

به طور خلاصه نتایج حاصله از این پژوهش عبارت است از :

۱- در محاسبه **CN** و تلفات اویله جریان توسط مدل ، استفاده از روش های اشنایدر و **SCS** برای محاسبه زمان تاخیر حوضه، تفاوت چندانی وجود ندارد(همبستگی زیادی بین داده های حاصل از این دو روش وجود دارد).

۲- جهت محاسبه دبی پیک حوضه ، روش **SCS** با خطای ۰.۹۱درصد ، بهترین روش برای برآورد زمان تاخیر در این حوضه می باشد.

۳- حداکثر دبی پیک حوضه ۸.۰۴۹ متر مکعب در ثانیه با خطای کمتر از ۱ درصد نسبت به دبی مشاهداتی برآورد گردید.

۴- با توجه به نتایج حاصله ، می توان اذعان داشت که، این مدل به دلیل قابلیت های بالا و امکان دسترسی آسان به روش های مختلف برای محاسبه پارامتر های مختلف هیدرولوژیکی، مدل مناسبی جهت مطالعات کنترل سیل و هیدرولوژی (به شرط منظور کردن پارامتر های منطقی و واسنجی) می باشد.

منابع :

۱- تلوری، ع، طرح های جامع کنترل سیلاب ، سمینار کاهش اثرات و پیش گیری از سیل ، گرگان، ۱۳۸۱

2- Suwanwerakamtorn ,R .1994.GIS and Hydrologic modeling for Management of Mail watershed,Itc,Journal ,No ,4 ,p.343.

3- موسوی ندوشنی، س، داننده مهر، ع، سیستم مدل سازی هیدرولوژیکی **HEC-HMS**، موسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران،۱۳۸۴

۴- عدل، الف، ارزیابی هیدرولوژیکی آبهای سطحی در حوضه رودخانه کرج تا سد امیرکبیر با کاربرد نرم افزار **HEC-1**، ۱۳۷۹ .

۵- خسروشاهی، م. . تعیین نقش زیر حوضه های آبخیز در شدت سیل خیزی حوضه ، رساله دکترای دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۰.

۶- روغنی ، م، مهدوی، م، غفوری، ع، معرفی روشی در مکان یابی سطوح موثر بر دبی اوج سیل به منظور برنامه ریزی مهار سیلاب ها وکاهش خسارات آن در حوضه های آبخیز کشور (مطالعه موردی حوضه رودک)، مجله پژوهش و سازندگی، ۶۱: ۱۸-۲۷، ۱۳۸۲.

۷- تلوری،ع، مدل های هیدرولوژی به زبان ساده ،چاپ اول.انتشارات سازمان جنگل ها و مراتع، ۱۳۷۵.

۸- کارآموز ، ج، بررسی سیل خیزی زیر حوضه های رودخانه شاپور با استفاده از شبیه سازی جریان های سیلابی .پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری .دانشگاه تربیت مدرس ، ۱۲۶ ص، ۱۳۸۱.

۹- حیدری ،ع. پیش بینی سیل در زمان واقعی با در نظر گرفتن عدم قطعیت پارامترهای مدل بارش رواناب، ۱۳۷۷.