



ارزیابی روش‌های برآورد دبی پیک سیلاب در حوضه آبخیز شهری جهت کنترل سیلاب زهرا زراعتکار^۱، فرزاد حسن‌بور^۲، مرضیه تابع^۳

۱- کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، بیرجند

۲- استادیار گروه مهندسی آب دانشکده آب و خاک دانشگاه زابل

۳- دانشجوی دکتری بیابان زدایی دانشگاه کاشان

چکیده

گسترش روزافزون شهرها و تغییر کاربری اراضی زراعی و مرتتعی به اراضی مسکونی و صنعتی و بحران سیل در نقاط شهری و به موازات آن تغییرات ایجاد شده در نفوذپذیری، فریب رواناب و تبخیر و تعرق باعث می‌گردد که رفتار هیدرولوژیکی حوضه‌های آبخیز شهری نسبت به حوضه‌های طبیعی غیرعادی و نامنظم گردد. عوامل متعددی در ظهور سیلاب و شدت آن موثر می‌باشند که امکان بررسی این عوامل نیاز به تحقیقات جامع تری دارد. برای این منظور در بسیاری از آبخیزهای کوچک به دلیل عدم وجود ایستگاه هیدرومتری و یا وجود نواقص آماری زیاد، نیاز به انتخاب روش‌های مناسب با توجه به شرایط و خصوصیات حوضه‌ها می‌باشد. در این تحقیق با هدف بررسی و ارزیابی دبی پیک سیلاب حوزه‌های آبخیز شهر بیرجند، از مدل هیدرولوژیکی بارش- رواناب و روش-های تجربی استفاده گردیده است. بدین منظور در تحقیق حاضر برای منطقه‌ای کردن مدل از آمار و اطلاعات ۱۱ ایستگاه هیدرومتری مجاور منطقه مطالعاتی استفاده شد. در ادامه برای بدست آوردن توزیع مناسب و محاسبه دبی با دوره بازگشت‌های مختلف در حوضه مورد تحقیق از نرم افزار HYFA استفاده و مقادیر دبی حداکثر سیلاب حوضه‌های مشابه فاقد آمار را در دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه گردید. نتایج بدست آمده از روش‌های تجربی حاکی از آن است که این روش‌ها برای ایستگاه‌های مورد مطالعه نتایج قابل قبول و مناسبی ارائه نمی‌دهد، در حالی که روش مدل هیدرولوژیکی بارش- رواناب نتایج قابل قبولی را ارائه داده است.

کلمات کلیدی: حوضه آبخیز، سیلاب، مدل هیدرولوژیکی بارش- رواناب، نرم افزار HYFA، هیدرومتری.



Assessment of the Estimation Methods of Flood Peak Discharge in Urban Catchment for Controlling Flood

Zahra Zeraatkar¹, Farzad Hasan Pour², Marziye Tabee³, Farideh Jafari⁴

1- Master of Science in Water Resources Engineering, Birjand

2- Department of Water and Soil and Water Engineering School, University of Zabol

3- desertification PhD student at University of Kashan

4- Master of Science in Food Industry, Birjand

Abstract

Increasing development of cities and changing the agricultural and pasture land use into the residential and industrial lands and flood crisis in urban areas and in parallel, the created changes in infiltration, runoff deviation and evaporation and transpiration lead to abnormal and irregular hydrological behavior of the urban watersheds toward the natural basins. Many factors influence on emerging floods and its intensity, and studying them require more comprehensive researches. For this purpose, in many small watersheds there is a need to select appropriate methods due to the basin conditions and features because of the lack of hydrometric station or many statistical flaws. This research aims to study and assess the peak discharge of flood in Birjand's watershed. For this purpose, the hydrological method of rainfall-runoff and empirical methods were used. In this article, for zoning the model, the data of 11 hydrometric stations near to the studied area were used. Then, HYFA software was used to obtain proper distribution and calculate the discharge with different return periods in the area; and the maximum discharge amounts of floods in the similar basins without statistics were calculated in different return periods. The results from empirical methods indicate that these methods do not provide acceptable and suitable for the studied stations, while hydrologic model of rainfall-runoff have acceptable results.

Keywords: Watershed, flood, rainfall-runoff hydrologic model, HYFA software, hydrometer.

الف- مقدمه

رشد جمعیت، توسعه شهری و صنعتی شدن جوامع تأثیرات نامطلوبی در هیدرولوژی حوضه آبریز می‌گذارد و موجب تشدید سیلاب-ها، افزایش آلودگی در قسمت‌های پایاب، کاهش جریان‌های پایه و کاهش تغذیه آب‌های زیرزمینی می‌شود(طاهری بهبهانی، ۱۳۷۵). امروزه به علت عدم توازن مسائل زیست محیطی و تخریب ناشی از فعالیت‌های انسان، مشکلات زیادی در جهت مهار سیلاب‌ها وجود دارد و هر ساله سیلاب‌ها، خسارت‌های زیادی به زمین‌های کشاورزی وارد می‌کنند. همچنین تلفات جانی و زیان-های مالی فراوانی به همراه دارند. به همین دلیل، لزوم تحقیق در امور مربوط به پیش‌بینی و کنترل سیلاب‌ها احساس و در این زمینه اقدام‌هایی صورت گرفته است. در طراحی بیشتر سازه‌های آبی از قبیل سرریزها، مجاری فاضلاب‌های شهری، طرح‌های کنترل سیلاب و برنامه‌های مهندسی در حوزه‌های آبخیز، بیشترین بدء سیل اهمیت زیادی دارد. با توجه به اینکه حوزه‌های آبخیز کوچک، به طور معمول فاقد ایستگاه آب‌سنجی یا دارای نواقص آماری هستند، نیاز به انتخاب روش‌های مناسب با توجه به شرایط و

* Corresponding Author's E-mail (rahab84.wre@gmail.com)



خصوصیات حوزه‌هاست(نجمایی، ۲۰۰۰) ۱۳۶۹ . در کشور ایران با توجه به هزینه‌های بسیار زیاد ایستگاه‌های هیدرومتری از نظر احداث، نگهداری و آماربرداری، شاهد کمبود این ایستگاه‌ها در خروجی حوضه‌های آبخیز می‌باشیم. علاوه بر این متوفانه ایستگاه‌های موجود در بسیاری از موارد دارای نواقص آماری می‌باشند. لذا به منظور تعیین میزان دبی پیک خروجی رودخانه‌ها که فاقد ایستگاه و آمار دبی می‌باشند می‌توان از مدل‌ها و روش‌های تجربی مانند کریگر، فولر، دیکن، منحنی پوش سیلاب و دیگر روش‌های تجربی استفاده نمود. در میان روش‌های تجربی، هر روشی که با شرایط اقلیمی مورد نظر سازگاری بیشتر داشته و نیز پارامترهای اساسی‌تری را در نظر بگیرد نتایج آن به واقعیت نزدیک‌تر خواهد بود. عوامل متعددی در ظهور سیلاب و شدت آن مؤثر می‌باشند که امکان بررسی کمی این عوامل نیاز به تحقیقات جامع منطقه‌ای دارد. بهترین و دقیق‌ترین روش برآورد دبی سیلابی با دوره بازگشت معین، استفاده از آمار ایستگاه‌های هیدرومتری می‌باشد(سلاجقه، ۱۳۷۳). از آنجایی که مجهز کردن همه مناطق به این ایستگاه‌ها با تجهیزات لازم مستلزم هزینه‌های سنگین است و تاکنون بسیاری از حوضه‌ها در کشورهای مختلف فاقد این دستگاه‌های اندازه‌گیری اند، هیدرولوژیست‌ها جهت برآورد قریب به واقعیت از روش‌های دیگری استفاده می‌کنند. این روش‌ها براساس عوامل مؤثر بر سیلاب پایه‌گذاری شده‌اند که هر کدام از آن‌ها بسته به اینکه چه مقدار از عوامل طبیعی در تشکیل سیل را در روابط خود لحاظ کرده باشند، اهمیت می‌یابند(شاهدی، ۱۳۷۹). از این‌رو با توجه به فقدان ایستگاه هیدرومتری در منطقه مورد مطالعه در تحقیق حاضر اقدام به مقایسه چند روش برآورد دبی پیک سیلاب و انتخاب مناسب‌ترین روش شد. در جستجوهای انجام شده تعدادی از مطالعات موردي که توسط کارشناسان و محققین داخل و خارج از کشور به انجام رسیده است، بدست آمد که در زیر مورد اشاره قرار می‌گیرد: تلوی در سال ۱۳۸۲ کارایی برخی روش‌های تجربی نظیر کریگر، هورتون و فولر را برای برآورد بیشترین بدنه سیل در حوزه آبخیز کرخه مورد ارزیابی قرار داده و به این نتیجه رسیده است که روش فولر به دلیل در نظر گرفتن ویژگی‌های زمین‌شناسی کمی، پوشش گیاهی و اقلیمی، روشی مناسب در برآورد بیشترین بدنه سیلاب در اغلب زیرحوضه‌های منطقه مورد مطالعه بوده است. مهدوی و همکاران در سال ۱۳۸۳ در تحقیقی ده مدل تجربی را برای حوزه‌های آبخیز بزرگ و اصلی ایران واسنجی کردند و ضرایب مناسب برای هر مدل را بدست آوردند، در این تحقیق مناسب‌ترین و نامناسب‌ترین مدل‌ها برای هر حوضه با حداقل کردن مجموع مربعات دبی اوج مشاهده‌ای و تخمینی معرفی شده است. حسن ترابی پوده و همکاران در سال ۱۳۸۵، ضمن مروری بر روابط تجربی و تحقیقات انجام شده در برآورد سیلاب حداکثر، بدلیل کاربرد زیاد روش دیکن در منطقه خوزستان، اقدام به واسنجی این روش کرد. پس از بررسی‌های لازم و بازسازی و تکمیل ۱۱ ایستگاه هیدرومتری در غرب و جنوب غربی جلگه خوزستان، معادله‌ای را بر حسب مساحت و دوره بازگشت با استفاده از رابطه همبستگی بدست آورده و در نهایت دبی حداکثر سیلاب در منطقه مورد مطالعه با سطح اعتماد ۹۹٪ برای حوضه‌های آبریز تا ۱۰۰۰ کیلومتر مربع قابل استفاده می‌باشد را محاسبه نمود. یزدانی و همکاران، در سال ۱۳۸۵ برای یافتن روشی قابل قبول به منظور برآورد بیشترین بدنه حوزه‌های آبخیز کوچک، دوروش، یکی مبتنی بر سطح حوضه و دیگری مبتنی بر خصوصیات فیزیوگرافی و بارش حوضه را مورد بررسی قرار دادند. از میان روش‌های مبتنی بر سطح روش هورتون و از بین روش‌های مبتنی بر خصوصیات فیزیوگرافی و بارش حوضه روش ترسیمی سازمان حفاظت خاک امریکا دارای کمترین خطأ بودند. هدف از این مطالعه تعیین روش مناسب در برآورد دبی اوج می‌باشد. جلیلی و همکاران در سال ۱۳۸۶، در تحقیقی کارایی و دقت روش‌های استدلالی و شماره منحنی را در طراحی سیلاب حوضه‌های آبخیز کوچک طبیعی مورد بررسی قرار دادند. هادیان و علی (۱۳۸۹) جهت محاسبه دبی اوج سیلاب در حوضه آبخیز آفسر شهرستان ساری روش‌های استدلالی، منطقه‌ای، شماره منحنی و فولر را به کار برندند. محمود حسن‌نژاد و همکاران در سال ۱۳۹۰، به بررسی و تعیین کارایی دبی حداکثر لحظه‌ای فولر و کریگر که بر مبنای سطح حوضه ارائه شده‌اند در چند حوزه آبخیز منتخب در مناطق مختلف اقلیمی کشور و بررسی رابطه آن با خصوصیات فیزیوگرافی حوزه‌های آبخیز مانند مساحت، محیط و ... انجام گرفت

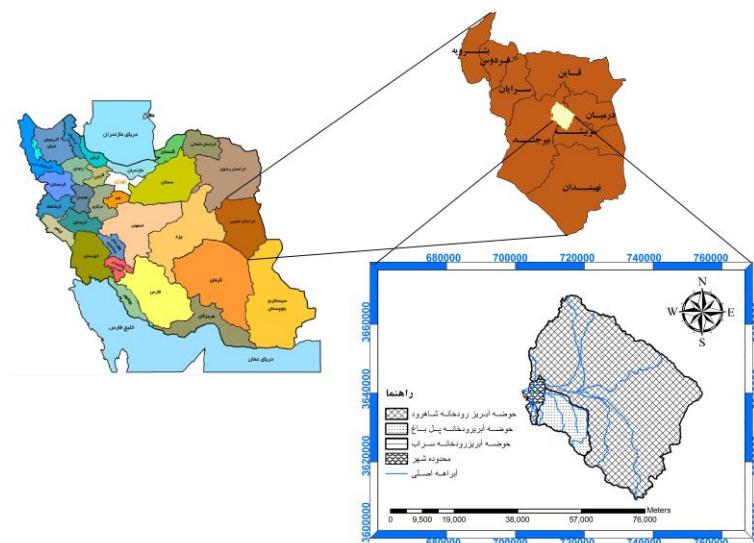


پرداختند. نتایج بدست آمده از مدل‌های فولر و کریگر حاکی از آن است که روش فولر برای ایستگاه‌های مورد مطالعه نتایج قابل قبول و مناسبی ارائه نمی‌دهد، در حالی که روش کریگر برای ایستگاه‌های مذکور نتایج قابل قبول تری را ارائه داده است.

ب-مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز شهر بیرجند به مساحت تقریبی ۱۸۰۰ کیلومتر مربع در حدفاصل طول جغرافیایی $59^{\circ} ۵۹' \text{ تا } ۴۴^{\circ} ۴۴'$ طول شرقی و $۳۲^{\circ} ۷' \text{ تا } ۳۴^{\circ} ۳۲'$ عرض شمالی در استان خراسان جنوبی واقع است. این محدوده از نظر سیاسی جزء شهرستان‌های سربیشه و بیرجند می‌باشد. حوزه آبخیز شهری شهرباز شامل زیرحوزه‌های شاهرود، پل باغ، سراب می‌باشد. اقلیم حوزه بر اساس تقسیم بندي تورننت وايت از خشك تا اقلیم سرد ارتفاعات متغير می‌باشد. شکل یک موقعیت منطقه مورد مطالعه را در ایران، استان خراسان جنوبی و در شهر بیرجند نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان خراسان جنوبی

محاسبه پارامترهای فیزیوگرافی

با استفاده از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری کشور و امکانات نرم افزار Arc GIS 9.3 مرز حوزه، آبراهه‌ها، خطوط میزان رقومی و بر اساس آن نقشه‌های مدل رقومی ارتفاع، شبیب و سایر موارد مورد نیاز محاسبه گردید. بر اساس نقشه رقومی آبراهه و توپوگرافی، حوزه‌های شاهرود، پل باغ و سراب حوزه‌های مشرف به شهر بیرجند می‌باشد. برای محاسبه زمان تمرکز حوزه‌ها نیز روش‌های چاو، کرپیچ، برانسی و بیلیامز، کالیفرنیا مورد بررسی و سپس با انجام بازدیدهای میدانی و نظرات کارشناسی زمان تمرکز مناسب انتخاب گردید. در جدول شماره ۱ مشخصات مرغولوژیکی حوزه‌های مشرف به شهر بیرجند مشخص گردید.

جدول ۱- مشخصات مرغولوژیکی حوزه‌های مشرف به شهر بیرجند

نام حوضه	مساحت(کیلومترمربع)	محیط(کیلومتر)	طول آبراهه اصلی(کیلومتر)	شبیب آبراهه اصلی(درصد)	حداکثر ارتفاع(مترا)	حداقل ارتفاع(مترا)	شیب حوزه(درصد)	زمان تمرکز (ساعت)	ارتفاع متوسط(متر)
----------	--------------------	---------------	--------------------------	------------------------	---------------------	--------------------	----------------	-------------------	-------------------



۱۹۰۱	۷/۸	۵/۶	۱۴۹۱	۲۷۰۶	۰/۹	۶۵/۷۶	۲۱۸	۱۵۸۹	شاهدود
۱۸۵۳	۳/۵	۱۱/۴۹	۱۴۷۷	۲۵۱۳	۱/۸	۳۱/۵	۷۰	۱۷۴	پل باغ
۱۹۵۳	۰/۷	۲۳/۰۱	۱۴۹۴	۲۵۱۷	۵/۷	۸	۲۰	۱۴	سراب

محاسبه پارامترهای هواشناسی

ایستگاه های سینوپتیک بیرجند، باران سنجی بیرجند، تبخیرسنگی بیرجند و اسفزار در داخل حوزه آبخیز شهر بیرجند قرار دارد که خوشبختانه از نظر طول دوره آماری و موقعیت مکانی و ارتفاعی در جایگاه مناسبی قرار دارند. بر این اساس با استفاده از آمار ایستگاهها و طول دوره آماری مربوط به هر یک ابتدا دوره آماری ۱۳۸۹ تا ۱۳۵۶ با در نظر گرفتن شاخص های انتخاب دوره از جمله در برداشتن سال های تر و خشکسالی انتخاب و آمار از نظر صحت و دقیقت مورد بررسی و نوافص آماری بازسازی گردید. در جدول ۲ پارامترهای هواشناسی حوزه آبخیز شهری بیرجند ارائه شده است.

جدول ۲- پارامترهای هواشناسی حوزه آبخیز شهری بیرجند

نام زیرحوزه	(میلی متربر ساعت)	تمرکز	شدت بارندگی در زمان	حداکثر بارندگی سالانه(میلی متر)	حداقل بارندگی سالانه(میلی متر)	دماهی متوسط سالانه در ارتفاعات	دماهی متوسط سالانه در خروجی
شاهدود	۱۴۶	۲۸۱/۳	۶۲/۵	۱۶/۵	۱۰/۴	۱۱/۳	۱۱/۴
پل باغ	۶۷	۲۶۳/۳	۶۲/۵	۱۶/۵	۱۱/۵		
سراب	۱۴	۲۶۲	۶۲/۵	۱۶/۵	۱۱/۴		

محاسبات هیدرولوژیکی

متاسفانه تاکنون در منطقه مورد مطالعه هیچ گونه ایستگاه هیدرومتری تأسیس نشده است، لذا به منظور تعیین پارامترهای اقلیمی محدوده مطالعاتی از ایستگاه های مجاور محدوده مورد تحقیق که تقریباً دارای اقلیم مشابه منطقه هستند استفاده شده است. از این رو مشخصات و موقعیت ایستگاه های هیدرومتری مجاور محدوده مورد تحقیق به شرح جدول ۲ مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق برای برآورد دبی سیلابی از روش های تجربی کریگر، فولر، منحنی پوش و SCS بعد از کالیبراسیون ضرایب منطقه ای مدل ها و در نهایت با انجام بازدیدهای مختلف میدانی، بررسی داغ آب رودخانه های اصلی و اطلاعات محلی، مدل مناسب انتخاب گردید.

جدول ۳: مشخصات ایستگاه های هیدرومتری

نام ایستگاه هیدرومتری	کلاته رحمان	باغ عباسی	مساحت	ارتفاع	منصورآباد	فرخی	خونیک علیا	افین	دوآب	جعفرمشهدی	صنوبر	تیمنک	غارشیشه
۱۸۵۵	۱۵۷۰	۱۶۳۰	۲۸۵	۶۷۰	۱۱۵۵	۱۳۱۰	۱۴۰۰	۶۷۰	۱۲۲۰	۱۶۹۰	۱۱۴۰	۱۵۴۵	۱۵۷۰
۳۴۱	۱۱۵	۲۸۵	۶۳۲۱	۸۵	۳۶۶۹	۲۵۰۷/۸	۶۶۵	۶۳۲۱	۲۹۲۴	۱۰۵	۷۵	۱۱۵	۳۶۶۹

بعد از جمع آوری داده های مربوط به بارندگی، با توجه به اینکه داده های مورد استفاده باید دارای سه شرط کفايت، درستی و مرتبط بودن را داشته باشند، اطلاعات مورد نظر ایستگاه های مورد مطالعه جمع آوری و آزمون یکنواختی در مورد آنها انجام و مورد بازسازی قرار گرفت. نهایتاً پس از انجام تست همگنی مشخص شد که ایستگاه های انتخاب شده همگن می باشند. پس از بازسازی دبی های



حداکثر لحظه‌ای، با توجه به متفاوت بودن طول دوره آماری ایستگاه‌ها اقدام به بازسازی و تطویل سیلاب حداکثر ایستگاه‌های دارای کمبود آمار تا سقف دوره پایه ۳۰ ساله (۱۳۵۷-۵۸-۸۷-۱۳۸۶) گردید. سپس با استفاده از نرم افزار GIS محدوده حوضه مورد تحقیق تعیین و سپس به کمک آن مشخصات هیپسومتری حوضه مورد نظر استخراج گردید. به منظور دستیابی به میزان حداکثر سیلاب حوضه از روش‌های منحنی پوش سیلاب، کریگر، فولر، دیکن و آنالیز منطقه‌ای سیلاب استفاده گردید. برای محاسبه سیلاب با دوره برگشت‌های مختلف نرم افزار HYFA به کار گرفته شد. بدین منظور پس از انجام آزمون همبستگی و بازسازی داده‌ها بهترین توزیع انتخاب و براساس آن دبی سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف بدست آمد.

مدل ریاضی منطقه‌ای

همبستگی چندگانه یکی از تکنیک‌هایی است که در آنالیز منطقه‌ای کاربرد فراوان دارد. در این روش سعی می‌شود از متغیرهای مستقلی که تأثیر معنی‌داری بر متغیر وابسته دارند در تهیه مدل ریاضی بهره‌گیری شود. یکی از این مدل‌ها که برای سیلاب‌های حداکثر لحظه‌ای توسط بنسون پیشنهاد شده به صورت زیر است:

$$Q_T = \alpha P^b A^c \quad (1)$$

P متوسط بارندگی سالانه حوضه (میلی متر)

a، b، c ضرایب ثابت

A سطح حوضه (کیلومتر مربع)

QT دبی حداکثر لحظه‌ای با دوره برگشت T (متر مکعب بر ثانیه)

به منظور منطقه‌ای کردن مدل بنسون از آمار و اطلاعات ۱۱ ایستگاه هیدرومتری مجاور منطقه مطالعاتی استفاده شد و رگرسیون چند متغیره بین حداکثر سیلاب حوضه‌های مجاور منطقه با متوسط بارندگی سالانه و مساحت با استفاده از نرم‌افزار Eviews برقرار گردید.

منحنی پوش سیلاب

اساس کار در رابطه منحنی پوش سیلاب معادله نمایی زیر است که در آن مقدار K با توجه به مناطق مختلف براساس معادلاتی مناسب با همان منطقه برآورد می‌گردد.

$$Q_p = 10^6 \times (A \times 10^{-8})^{(1-0.1 \times K)} \quad (2)$$

در این فرمول K اصطلاحاً ضریب سیل خیزی می‌باشد که بستگی به شرایط منطقه‌ای و دوره بازگشت دارد. مقدار K برای منطقه خراسان از معادله زیر بدست می‌آید:

$$K = 2.065 + 1.022 \log T - (0.08 \times (\log T)^2) \quad (3)$$

Q_p : دبی حداکثر لحظه‌ای سیلاب با تناب T ساله (متر مکعب بر ثانیه) A: سطح حوضه (کیلومتر مربع)

K: ضریب مدل

روش کریگر

یکی از فرمول‌هایی که بطور گسترده برای تعیین دبی حداکثر سیل در سطوح حوضه‌های آبخیز بزرگ و کوچک مورد استفاده قرار گرفته است، فرمول کریگر (Creager) می‌باشد که به صورت زیر بیان می‌گردد:

$$Q = 46CA^{(0.894A^{-0.048})} \quad (4)$$

C: ضریب حوضه Q: حداکثر سیل (cfs) A: مساحت حوضه (مايل مربع)



روش فولر

در برخی از فرمول‌های تجربی، جهت محاسبه دبی حداکثر سیل سعی گردیده است که عامل تناوب نیز تا حدودی در فرمول در نظر گرفته شود. فرمول فولر (Fuller) در زمرة این فرمول‌ها محسوب می‌شود. فولر فرمول‌های خود را جهت رسیدن به دبی حداکثر سیل به شرح زیر بیان داشت.

$$Q_{av\theta} = CA^{0.8} \quad (5)$$

$$Q_{max} = Q_{av\theta} (1 + 0.8 \times \log T) \quad (6)$$

$$Q_p = Q_{max} (1 + 2.66A^{-0.3}) \quad (7)$$

C : ضریب حوضه (کیلومترمربع) A : مساحت حوضه (کیلومترمربع)

$Q_{av\theta}$: متوسط سیل 24 ساعته حوضه (m^3/s) Q_{max} : حداکثر سیل 24 ساعته در زمان بازگشت T سال (m^3/s)

Q_p : حداکثر سیل احتمالی در زمان بازگشت T سال (m^3/s)

روش دیکن

معادله معروف دیگری که در برآورد دبی پیک مورد استفاده قرار می‌گیرد، معادله دیکن (Dicken) است. شکل کلی این معادله به صورت زیر می‌باشد:

$$Q = Q_0 \left(\frac{A}{A_0} \right)^{0.75} \quad (8)$$

Q : دبی سیلاب حوضه مورد مطالعه بر حسب (m^3/s) Q_0 : دبی سیلاب ایستگاه مرجع بر حسب (m^3/s)

A : سطح حوضه آبریز مورد مطالعه (Km^2) A_0 : سطح حوضه آبریز ایستگاه مرجع (Km^2)

شکل کاربردی این معادله به صورت رابطه ساده شده زیر می‌باشد:

$$Q = CA^{0.75} \quad (9)$$

C : ضریب رابطه دیکن

روش شماره منحنی رواناب

در روش شماره منحنی که توسط اداره حفاظت منابع طبیعی آمریکا (NRCS) ارائه شده است، ابتدا ارتفاع رواناب محاسبه و سپس دبی محاسبه می‌گردد. از روابط 10 و 11 در این روش استفاده می‌گردد.

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (10)$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (11)$$

که در آن Q ارتفاع رواناب، CN شماره منحنی، S نگهداشت سطحی (میلیمتر) و P ارتفاع بارندگی (میلی متر) می‌باشد.

نتایج و بحث



کاربرد روش‌های مختلف برآورد آبدهی در حوضه‌های فاقد آمار روشی بسیار مفید در مطالعات آبخیزداری است، چرا که اغلب حوضه‌های آبریز فاقد آمار دبی هستند و یا اینکه دارای دوره آماربرداری کوتاه و ناکافی هستند که برای تحلیل‌های هیدرولوژیکی کافی نمی‌باشند. از سوی دیگر انتخاب روش مناسب برآورد آبدهی سالانه از بین روش‌هایی که برای برآورد آبدهی سالانه حوضه به کار گرفته شده‌اند، کاری دشوار است. اضافه بر آن اینکه ارقام حاصله گاهی مقادیر نزدیکی را نسبت به یکدیگر نشان نمی‌دهند. علت این امر را در این مطلب می‌توان خلاصه نمود که فاکتورهای مؤثر در هریک از روش‌های فوق الذکر با یکدیگر متفاوت می‌باشد. همچنین هرکدام از این روش‌ها در مناطق خاصی کاربرد داشته و استفاده از آنها در سایر مناطق همواره با کمبودها و ضعف‌هایی مواجه است (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۷۳). با استفاده از روش مدل ریاضی منطقه‌ای در نهایت مدل‌های زیر برای محاسبه حداکثر دبی لحظه‌ای در دوره بازگشت‌های مختلف ارائه گردید که در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴: دبی پیک (m^3/S) محاسبه شده برای زیر حوضه‌ها با روش مدل ریاضی منطقه‌ای

حوضه سراب	حوضه پل باغ	حوضه شاهروod	ضریب همبستگی	معادله	دوره بازگشت
4.54	12.54	36.64	۰/۹۶	$Q_{20} = 8.2 \times 10^{-5} P^2 A^{0.4}$	۲۰
10.32	28.51	77.33	۰/۹۷	$Q_{25} = 8.2 \times 10^{-5} P^{2.1} A^{0.4}$	۲۵
37.13	97.61	254.61	۰/۹۷	$Q_{50} = 18.7 \times 10^{-5} P^{2.2} A^{0.38}$	۵۰
65.70	177.30	480.54	۰/۹۷	$Q_{100} = 7 \times 10^{-5} P^{2.5} A^{0.39}$	۱۰۰

مقادیر حداکثر دبی سیلان در دوره بازگشت‌های مختلف با استفاده از روش منحنی پوش سیلان در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵: دبی پیک (m^3/S) محاسبه شده برای زیر حوضه‌ها با روش منحنی پوش سیلان

K	3.26	3.34	3.57	3.79	
حوضه	T Area	20	25	50	100
شاهروod	1589	582	635	821	1046
پل باغ	174	131	145	198	265
سراب	14	22	26	37	53

مقادیر حداکثر دبی سیلان در دوره بازگشت‌های مختلف با استفاده از روش کریگر و فولرو دیکن در جدول ۶، ۷ و ۸ ارائه شده است.



جدول ۶- مقدار C روش کریگر منطقه‌ای در دوره بازگشت‌های مختلف

	T	20	25	50	100
کریگر منطقه‌ای	C	3.95	4.42	6.14	8.29
کریگر نقطه‌ای	C	3.45	3.65	4.2	4.68

جدول ۷: دبی پیک (m^3/S) محاسبه شده برای زیر حوضه‌ها با روش کریگر

حوضه	T	20	25	50	100
	A(Km^2)				
کریگر منطقه‌ای	شهرود	1589	349	391	542
	پل باغ	174	111	125	173
	سراب	14	21	23	32
کریگر نقطه‌ای	شهرود	1589	305	322	371
	پل باغ	174	97	103	118
	سراب	14	18	19	22

جدول ۸- مقدار C روش فولر در دوره بازگشت‌های مختلف (منطقه‌ای)

	T	20	25	50	100
فولر منطقه‌ای	C	0.54	0.58	0.73	0.89
فولر نقطه‌ای	C	0.47	0.48	0.49	0.5

جدول ۹: دبی پیک (m^3/S) محاسبه شده برای زیر حوضه‌ها با روش فولر

حوضه	T	20	25	50	100
	A(Km^2)				
فولر منطقه‌ای	شهرود	1589	517	580	806
	پل باغ	174	107	120	167
	سراب	14	20	22	31
فولر نقطه‌ای	شهرود	1589	448	474	546
	پل باغ	174	93	98	113
	سراب	14	17	18	21



جدول ۱۰- مقدار C روش دیکن در دوره بازگشت‌های مختلف

	T	20	25	50	100
دیکن منطقه ای	C	2.25	2.52	3.51	4.75
دیکن نقطه ای	C	1.89	2	2.31	2.57

جدول ۱۱: دبی پیک (m^3/s) محاسبه شده برای زیرحوضه‌ها با روش دیکن

حوضه	T	20	25	50	100
	A(Km^2)				
دیکن منطقه ای	شهرود	1589	567	635	884
	پل باغ	174	108	121	168
	سراب	14	16	18	25
دیکن نقطه ای	شهرود	1589	477	504	581
	پل باغ	174	91	96	110
	سراب	14	14	14	17

جدول ۱۲: دبی پیک (m^3/s) محاسبه شده برای حوضه‌ها با روش SCS

حوضه	T Area	20	25	50	100
شهرود	1589	88	208	323	464
پل باغ	174	23	51	76	107
سراب	14	3	6	9	13

در این تحقیق، جهت تولید آمار برای نقاط فاقد ایستگاه‌های هیدرومتری از شش مدل مدل ریاضی منطقه‌ای، منحنی پوش سیلاب، کریگر، فولر، دیکن و روش SCS استفاده گردید. همانطور که ملاحظه می‌گردد، مدل‌های مختلف تجربی برآورد دبی اوج سیلاب مقادیر متفاوتی را نشان می‌دهند. براساس نتایج بدست آمده از ارزیابی روش‌های مختلف، می‌توان نتیجه گرفت که روش کریگر اختلاف بیشتری نسبت به سه روش فولر، دیکن و منحنی پوش سیلاب دارد. علت آن شاید در انتخاب ایستگاه‌های مشابه از نظر دارابودن شرایط اقلیمی یکنواخت باشد. برآورد دبی حداقل سیل با استفاده از روش SCS نیز بیانگر آن است که این روش، نتایج خوبی با مقادیر مشاهده‌ای دارد. با توجه به هیدروگراف واقعی محاسبه شده حاصل از داغاب سیل توسط شرکت آب منطقه‌ای، بازدیدهای متعدد میدانی، نقشه‌برداری از خروجی آبراهه و محاسبه دبی سیلابی با روش مانینگ و دانش بومی هیدروگراف واقعی محاسبه و سپس پس از بررسی شاخص‌های نیکویی برآش مدل SCS به واقعیت نزدیکتر بوده و به عنوان بهترین مدل محاسبه حداقل دبی سیلابی انتخاب گردید. حداپرست و همکاران در سال ۱۳۸۸، به ارزیابی کارایی مدل HEC-HMS در حوزه



سد طرق برای برآورد جریان‌های سیلابی پرداخته است. نتایج حاصله نشان داد که، این نرم افزار قابلیت برآورد دبی پیک حوضه مورد مطالعه را، با خطای کمتر از یک درصد نسبت به دبی‌های مشاهده‌ای دارد.

۵- منابع

باقری، ر.، ۱۳۷۲. تعیین دبی مانع محدوده ای در حوزه های آبریز فاقد آمار سد زاینده رود، پایاننامه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۴۲ ص.

تراپی پوده، ح.، فتحی مقدم، م.، ۱۳۸۵. کالیبراسیون روش دیکن در برآورد سیلاب حداکثر در حوضه فاقد آمار خوزستان. مجموعه مقالات اولین همایش منطقه‌ای بهره‌برداری از منابع آب حوضه‌های کارون و زاینده‌رود (فرصت‌ها و چالش‌ها).

تلوری، ع.، ۱۳۸۲. واسنجی و مقایسه کاربرد برخی روش‌های تجربی برای برآورد دبی های حداکثر لحظه‌ای در حوزه آبخیز کرخه، وزارت جهاد کشاورزی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری تهران.

جلیلی، خ.، روحانی، ف.، حصادی، ه.، جلیلی، ج.، ۱۳۸۶. کارایی و دقیقی روش‌های استدلالی و شماره منحنی در طراحی سیلاب حوضه‌های آبخیز کوچک طبیعی. مجموعه مقالات سومین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک. کرمان.

حسن نژاد، م.، وروانی، ج.، ۱۳۹۰. بررسی و تعیین کارایی روش‌های تجربی برآورد دبی حداکثر سیلاب در حوضه‌های مختلف (با تأکید بر روش‌های فولر و کریگر). مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک کشور.

خدایپرست، ر.، دستورانی، م.، ت.، وفاخواه، م.، طالبی، ع.، و دشتی، ج.، ۱۳۸۸. ارزیابی کارایی HEC-HMS در برآورد جریان‌های سیلابی. همایش ملی بحران آب در کشاورزی و منابع طبیعی. آبان ماه ۱۳۸۸، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر ری، صفحات ۵۶ تا ۴۲.

سلاجقه، ع.، ۱۳۷۳. برآورد دبی‌های پیک سیلابی در حوضه‌های کوچک ایران، پایاننامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

شاهدی، ک.، ۱۳۷۹. برآورد دبی‌های سیلابی با استفاده از مقطع پر رودخانه) مطالعه موردی حوضه گرگان‌رود، پایاننامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

طاهری بهبهانی، محمد طاهر و بزرگ زاده، مصطفی، ۱۳۷۵، سیلاب‌های شهری، انتشارات مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران

مهدوی و همکاران، ۱۳۸۳. بررسی حساسیت تعدادی از روش‌های تجربی هیدرولوژیکی در برآورد دبی اوج نسبت به سطح حوضه در برخی از حوزه‌های آبخیز ایران، مجله منابع طبیعی ایران، (۳)، ۴۰۳-۴۰۴، (۵۷)، (۳).

نجمایی، محمد، ۱۳۶۹. هیدرولوژی مهندسی، ج ۱ و ۲، انتشارات دانشگاه علم و صنعت، ۶۱۰ ص.

یزدانی و همکاران، ۱۳۸۵. برآورد بیشترین بدنه لحظه‌ای سیل در حوزه‌های آبخیز کوچک، مجله منابع طبیعی ایران، (۲)، (۵۹)، ۳۵۳-۳۶۳.

وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۷۳. واسنجی و مقایسه کاربرد روش‌های تجربی برای برآورد دبی های حداکثر لحظه ای در حوزه های آبخیز کرخه (حوزه آبخیز غرب رود کارون) و معرفی روش مناسب، معاونت آموزش و تحقیقات، ۱۲۱ ص.

هادیان امری، م.، علوی طبری، م.، ۱۳۸۹. مجموعه مقالات کنفرانس ملی مدیریت سیلاب شهری. دانشگاه تربیت مدرس تهران.

Silviera , L.F., Charbonnier and L. Genta. 2000. The Antecedent Soil Moisture Condition.

Hydrological Sciences Journal. 45(3): 3-12.