

## بررسی عملکرد سازه چند منظوره نوکنده استان گلستان در کنترل سیلاب با استفاده از مدل HEC-HMS

\*مهرز نورعلی قاضی‌محله<sup>۱</sup>، علی نجفی‌نژاد<sup>۲</sup> و نادر نورا<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، استادیار گروه آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، استادیار گروه آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان  
تاریخ دریافت: ۸۴/۴/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۱۱/۲۴

### چکیده

برای پیشگیری خسارات ناشی از وقوع سیلاب، می‌بایست احتمال وقوع و بزرگی سیلاب‌های مهم برآورد شده و با به‌کارگیری روش‌های مناسب و تأسیسات خاص، اثرات سیلاب کنترل گردد. علاوه بر این باید تأثیر سدهای مخزنی از نظر حجم سیلاب عبوری و میزان کاهش دبی حداکثر لحظه‌ای سیل در پایین دست رودخانه برآورد شود. مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS برای شبیه‌سازی فرآیند بارش- رواناب حوزه‌های آبخیز طراحی شده است. با وارد کردن اطلاعات مخزن، هیدروگراف سیلاب شبیه‌سازی شده در صورت احداث مخازن مشاهده خواهد شد و میزان تأثیر سازه در کنترل سیلاب تشخیص داده می‌شود. هدف از این تحقیق بررسی عملکرد سازه چند منظوره نوکنده استان گلستان در مهار سیلاب و کاهش دبی اوج سیلاب‌هاست. بنابراین پارامترهای موردنیاز برای اجرای مدل مذکور در شرایط قبل و بعد از احداث مخازن مربوط به بارش یک ساعته به مدل معرفی شد. نتایج حاصل از اجرای مدل نشان داد که مخازن احداث شده در کاهش دبی پیک سیلاب ورودی موثرند و از ۴۰ درصد تا ۸۳ درصد از دبی اوج را در دوره بازگشت‌های مختلف کاهش می‌دهند. به‌علاوه در دوره بازگشت‌های مختلف با افزایش دبی اوج ورودی، نقش مخازن در کاهش دبی اوج سیلاب ورودی کم می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** کنترل سیلاب، مدل HEC-HMS، فرآیند بارش - رواناب، حوزه نوکنده، استان گلستان

### مقدمه<sup>۱</sup>

ارزیابی فرایندی است که جهت تجزیه و تحلیل و بررسی داده‌های جمع‌آوری شده از فرایند نظارت به کار می‌رود (بروکز و گریگرسون، ۱۹۸۰). اولین گام در زمینه ارزیابی عملکرد طرح‌های آبخیزداری توسط بنت و همکاران در سال ۱۹۳۲ انجام شد.

قدوسی (۲۰۰۰) در ارزیابی عملیات آبخیزداری اظهار می‌دارد که در بسیاری از موارد به دلیل اشتباه در انتخاب نوع سازه، احداث غیراصولی سازه‌ها و عدم حفاظت و نگهداری از اقدامات انجام شده توسط بهره‌برداران، عملیات سازه‌ای نه تنها باعث مهار فرسایش خاک و هدر رفت آب نمی‌شود بلکه باعث تشدید تخریب و هدررفت خاک از یک سو و افزایش فراوانی وقوع سیلاب‌های مخرب از سوی دیگر می‌شود. هورن (۱۹۸۷) یک روش

\*مسئول مکاتبه: mahrouznourali@yahoo.com

مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS<sup>۱</sup> برای شبیه‌سازی فرایند بارش - رواناب حوزه‌های آبخیز طراحی شده است. با قراردادن داده‌های مربوط به جزء مخزن که از اجزاء هیدرولوژیکی مدل حوزه است، می‌توان هیدروگراف سیلاب شبیه‌سازی شده را در صورت احداث مخزن مشاهده نمود و به میزان تأثیر سازه در کنترل سیلاب پی‌برد.

با بررسی‌های محلی از حوزه آبخیز نوکنده، عمده‌ترین سیلاب‌ها در این حوزه در خرداد ۱۳۶۷ و همچنین مرداد ۱۳۷۸ رخ داده است که علت‌های اصلی آن، شیب زیاد رودخانه اصلی در بالادست و عرض و عمق کم رودخانه در محل ورود به دشت، تصرف بشر به حریم رودخانه اصلی و کم عرض نمودن آن، تجاوز به بستر شاخه‌های فرعی برای زراعت، دستکاری طبیعت از طریق احداث جاده‌های نامناسب جنگلی و قطع بی‌رویه درختان بوده است (سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان، ۲۰۰۲). با توجه به آمار سیلاب‌های حادث شده در حوزه آبخیز نوکنده و خسارات ناشی از آن به اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی پایین دست، بویژه شهر نوکنده و جاده ارتباطی ساری - گرگان لزوم اجرای طرحی جهت کنترل سیلاب و کاهش دبی پیک سیلاب در محل مناسب را ضروری است. هدف این مقاله، بررسی عملکرد سازه چند منظوره نوکنده در مهار و کاهش دبی اوج سیلاب‌هاست.

### مواد و روش‌ها

**منطقه مورد مطالعه:** حوزه آبخیز نوکنده با مساحتی حدود ۶۷۹۲ هکتار در محدوده جغرافیایی ۱۶" و ۳۸' و ۳۶° تا ۱۳" و ۴۴' و ۳۶° عرض شمالی و ۴۳" و ۴۹' و ۵۳° تا ۵۳" و ۵۵' و ۵۳° طول شرقی قرار گرفته است، به طوری که از شمال به نوکنده، از جنوب به حوزه آبخیز نکا، از شرق به رودخانه استون آباد و از غرب به حوزه آبخیز گرگانرود محدود می‌شود.

جدید ترسیمی جهت برآورد دبی اوج خروجی از مخازن ارائه نمود. در این روش دبی اوج خروجی به صورت یک تابع از پارامترهای ورودی - ذخیره و خصوصیات خروجی برآورد می‌شود. طبق این روش، برای هر مخزن می‌توان منحنی یا منحنی‌هایی تهیه کرد و با دانستن دبی حداکثر جریان ورودی و زمان تا اوج آن و پارامترهایی از مخزن، یک عدد بدون بعد را به دست آورد و از طریق منحنی، درصد کاهش دبی اوج را نتیجه‌گیری کرد. هلمن (۱۹۹۹) به اجرای مدل HEC-HMS در حوزه آبخیز رودخانه ماکاتاوا، با استفاده از یک سطح ذخیره سیل در یکی از زیرحوزه‌های بالاتر رودخانه پرداخت. نتایج اجرای مدل نشان داد که سطح ذخیره سیل باعث کاهش دبی اوج سیل می‌گردد. لی و همکاران (۲۰۰۱) به تخمین میزان کاهش سیل در حوزه آبخیز کونگ - تاین<sup>۱</sup> در تایوان جنوبی پرداختند. برای شبیه‌سازی جریان ورودی به سد از مدل KW-GIUH<sup>۲</sup> استفاده گردید. محاسبه هیدروگراف خروجی از سد به روش رانگ کوتا<sup>۳</sup> (رون‌دیابی هیدرولوژیکی سطح مخزن) انجام گرفت. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که نسبت کاهش سیل از ۰/۱۱ تا ۰/۱۷ و نسبت ذخیره از ۰/۵۴ تا ۰/۶۷ برای دوره‌های بازگشت مختلف می‌باشد. همچنین، نسبت کاهش سیل با افزایش پیک جریان ورودی به مخزن کاهش می‌یابد. لوپز و همکاران (۲۰۰۲) به مطالعه تأثیر مخزن یسا در رودخانه آراگون اسپانیا پرداختند. نتایج نشان داد که مقدار دبی اوج سیل‌های خروجی از مخزن در دوره بازگشت‌های مختلف، کاهش یافته است.

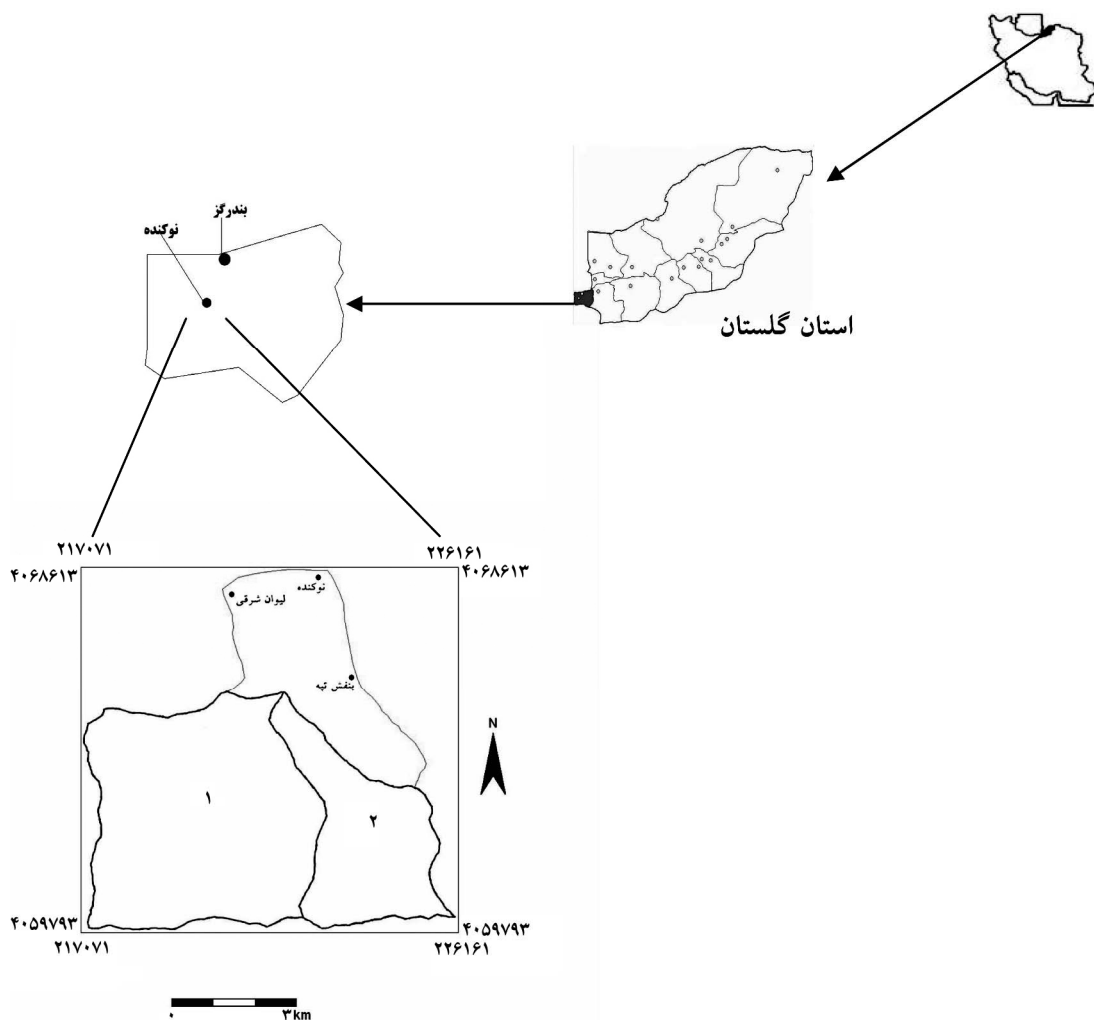
امرسون و همکاران (۲۰۰۳) به مدل‌سازی بارش - رواناب با استفاده از مدل HEC-HMS پرداختند. نتایج حاصل از اجرای مدل نشان داد که سطوح ذخیره، مقدار پیک جریان را برای واقعه رگبار کاهش می‌دهند.

4- Hydrologic Engineering Center- Hydrologic Modeling System

1- Akung - Tien  
2- Kinematic Wave - Geomorphic Instantaneous Unit Hydrograph  
3- Runge - Kuta

می‌شود. به منظور بررسی عملکرد این سازه روی هیدروگراف سیل، مساحت حوزه آبخیز نوکنده تا محل احداث سد کاهش یافته و فقط زیرحوزه‌های ۱ و ۲ انتخاب شدند. مساحت این محدوده، ۴۷۸۳ هکتار می‌باشد (شکل ۱). پس از تعیین محدوده مورد نظر بر روی نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، برخی از خصوصیات فیزیکی حوزه نظیر مساحت، محیط، شیب متوسط وزنی حوزه، طول آبراه اصلی، ارتفاع حداقل و حداکثر حوزه و زمان تمرکز محاسبه شدند (جدول ۳).

بلندترین نقطه ارتفاعی حوزه ۱۷۴۰ متر و حداقل ارتفاع آن ۱۰۰ متر است. سازه نوکنده حدود ۱۰۰ متر پایین‌تر از محل اتصال زیرحوزه‌های شماره ۱ و ۲، در رودخانه اصلی حوزه احداث شده است. این سازه، یک سازه چندمنظوره با هدف کاهش دبی سیلاب و به تله انداختن رسوبات شناور است. شکل ۲ نقشه توپوگرافی مخازن سد را نشان می‌دهد. مخزن ۱ در محل ورودی آن به مخزن ۲ دارای یک سرریز و یک لوله آبیگر می‌باشد. مخزن ۲ به مخزن ۳ هم توسط یک لوله، مرتبط است. اما آب از مخزن ۲ به رودخانه توسط سرریز دیگری منتقل



شکل ۱- زیر حوزه‌های آبخیز نوکنده و موقعیت آنها در استان گلستان.

جدول ۱- مشخصات کلی ایستگاه‌های هواشناسی در محدوده منطقه مورد مطالعه.

نام ایستگاه	مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌ها			نوع ایستگاه هواشناسی
	طول	عرض	ارتفاع (متر)	
اوارد	۵۳-۴۰	۳۶-۳۷	۱۲۰۰	بارانسنجی
وطنا	۵۳-۰۱	۳۶-۴۴	۲۶	بارانسنجی
بارکلا	۵۴-۰۱	۳۶-۳۵	۱۳۳۰	بارانسنجی
دارایکلا	۵۳-۱۳	۳۶-۳۴	۱۴۰	بارانسنجی
سفیدچاه	۵۳-۵۵	۳۶-۳۴	۱۰۰۰	کلیماتولوژی
تیرتاش	۵۳-۴۰	۳۶-۳۴	۰	کلیماتولوژی

جدول ۲- معادلات رگرسیونی عوامل بارندگی و ارتفاع ایستگاه‌های محدوده مورد مطالعه.

دوره بازگشت	معادلات رگرسیونی	ضریب همبستگی به درصد
۲	$y = 56.75e^{-0.0003x}$	۷۸
۵	$y = 69.51e^{-0.0002x}$	۸۱
۱۰	$y = 79.66e^{-0.0002x}$	۷۸
۲۰	$y = 88.39e^{-0.0002x}$	۷۶
۵۰	$y = 93.61e^{-0.0002x}$	۷۳
۱۰۰	$y = 97.57e^{-0.0002x}$	۷۲
۲۰۰	$y = 119.63e^{-0.0002x}$	۷۲

جدول ۳- ویژگی‌های فیزیوگرافی منطقه مورد مطالعه در حوزه آبخیز نوکنده.

پارامتر	زیرحوزه ۱	زیرحوزه ۲
مساحت (هکتار)	۳۳۲۸/۸۷	۱۴۵۴/۳۵
محیط (کیلومتر)	۲۴/۶۷	۱۹/۵
ارتفاع حداکثر (متر)	۱۶۷۶	۱۷۴۰
ارتفاع حداقل (متر)	۱۳۰	۱۲۰
شیب متوسط وزنی حوزه (درصد)	۱۶/۳۸	۲۰/۲۹
تراکم زهکشی (کیلومتر کیلومتر مربع)	۱/۳۳	۱/۱۶
طول آبراهه اصلی (کیلومتر)	۹/۳۷۵	۷/۵
زمان تمرکز به روش کریپچ (ساعت)	۰/۷۴	۰/۵۶

می‌باشد (USACE, 2000). مطالعه و بررسی مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS نشان داد که یکی از نقاط ضعف این مدل، عدم لحاظ مقدار رسوب وارده به سد می‌باشد. در صورتی که پس از مطالعه سیلاب‌های استان ملاحظه می‌گردد که در هنگام وقوع سیلاب‌ها، رسوبات زیادی وارد شده و حجم مخزن را کاهش می‌دهند و در نتیجه از میزان ذخیره و قدرت کاهش دبی اوج سیلاب‌ها به مقدار زیادی کاسته می‌شود. مدل HMS بدون در نظر

روش کار: مدل HEC-HMS، توسط مرکز مهندسی هیدرولوژی ارتش ایالات متحده آمریکا، برای تهیه هیدروگراف سیل ارائه شد. این مدل از انواع مدل‌های ریاضی رایانه‌ای بوده که خود دارای چندین زیر مدل در بخشهای رواناب، جریان سطحی، آب پایه و جریان کانالی می‌باشد و برای شبیه‌سازی رفتار هیدرولوژیک حوزه‌های آبخیز بکار می‌رود. این مدل دارای سه بخش اصلی به نام‌های مدل حوزه، مدل اقلیمی و شاخص‌های کنترل

وزیری، مقدار بارش یک ساعته زیرحوزه‌ها در دوره بازگشت‌های مختلف و سپس توزیع زمانی آنها به‌دست آمد (جدول‌های ۵ و ۶). رابطه وزیری به‌صورت زیر می‌باشد:

(۱)

$$P(10Y, 1H) = (1.3352 - 0.1964 \ln(PD_{max})) * PD_{max}$$

(۲)

$$P = (0.4601 + 0.2363 \ln(T - 0.4643)) * (-1.3823 + 2.399 t^{0.1311}) * P(10Y, 1H) \quad 0.1 \leq t \leq 2$$

(۳)

$$P = (0.4847 + 0.2251 \ln(T - 0.4112)) * (-0.0158 + 1.0197 t^{0.3753}) * P(10Y, 1H) \quad 2 \leq t \leq 12$$

$P(10Y, 1H)$  مقدار بارندگی با مدت تداوم یک ساعت

و دوره بازگشت  $T$  سال به میلی‌متر

$PD_{max}$  مقدار بارندگی حداکثر ۲۴ ساعته به میلی‌متر،

$T$  دوره بازگشت به سال و  $t$  مدت تداوم بارندگی به

ساعت است. با توجه به نبود باران سنج ثبات در منطقه،

به‌منظور انجام توزیع زمانی بارش از الگوی توزیع زمانی

بارش در ایستگاه سینوپتیک گرگان استفاده گردید

(تلوری، ۲۰۰۱).

گرفتن رسوبات وارده به مخزن اجرا گردید. بدین‌منظور پس از انجام محاسبات فیزیکی مربوط به حوزه آمار و اطلاعاتی نظیر بارش متوسط زیرحوزه‌ها و پارامترهای مورد نیاز برای مدل شامل شماره منحنی متوسط وزنی زیرحوزه‌ها، تلفات اولیه و زمان تأخیر به‌دست آمدند. ابتدا نزدیکترین ایستگاه‌های باران سنجی و کلیماتولوژی به حوزه آبخیز نوکنده، شامل اوارد، وطن، بارکلا، دارابکلا، سفیدچاه و تیرتاش انتخاب و آمار بارش حداکثر ۲۴ ساعته آنها در دوره بازگشت‌های مختلف و در یک دوره آماری مشترک ۲۰ ساله (۱۳۸۱-۱۳۶۱) به‌دست آمد (سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان، ۲۰۰۲). سپس با توجه به ارتفاع ایستگاه‌ها بهترین رابطه همبستگی بین عوامل بارندگی و ارتفاع محاسبه شد (جدول ۲).

در این روابط،  $h$  ارتفاع ایستگاه‌ها به متر و  $p$  بارش حداکثر ۲۴ ساعته ایستگاه‌ها به میلی‌متر می‌باشد. با توجه به ارتفاع متوسط زیرحوزه‌ها، بارش حداکثر ۲۴ ساعته زیرحوزه‌ها در دوره بازگشت‌های مختلف به‌دست آمد (جدول ۴). با توجه به اینکه در این مطالعه زمان تمرکز حوزه حدود یک ساعت است هیدروگراف طرح براساس باران‌های یک ساعته استخراج می‌شود، با استفاده از رابطه

جدول ۴- متوسط حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته زیرحوزه‌های ۱ و ۲ در دوره‌های بازگشت مختلف به میلی‌متر.

دوره بازگشت	۲	۵	۱۰	۲۰	۵۰	۱۰۰	۲۰۰
زیرحوزه ۱	۴۴/۶۴	۵۹/۲۳	۶۷/۸۸	۷۵/۳۲	۷۹/۷۶	۸۳/۱۴	۱۰۱/۹۴
زیرحوزه ۲	۴۲/۴۶	۵۷/۳	۶۵/۶۷	۷۲/۸۷	۷۷/۱۷	۸۰/۴۴	۹۸/۶۳

جدول ۵- مقدار تراکمی بارش یک ساعته زیرحوزه‌های ۱ و ۲ در دوره‌های بازگشت مختلف به میلی‌متر.

دوره بازگشت	۲	۵	۱۰	۲۰	۵۰	۱۰۰	۲۰۰
زیرحوزه ۱	۱۵/۰۱	۲۶/۲۶	۳۴/۷۳	۴۳/۳	۵۳/۲۶	۶۱/۰۷	۷۵/۷۴
زیرحوزه ۲	۱۴/۵۱	۲۵/۷۱	۳۴/۰۳	۴۲/۴۵	۵۲/۲۳	۵۹/۹۱	۷۴/۳۹

جدول ۶- مقادیر توزیع زمانی بارش یک ساعته زیرحوزه‌های ۱ و ۲ در دوره‌های بازگشت مختلف به میلی‌متر.

درصد از مدت بارش								
۱۰۰		۷۵		۵۰		۲۵		دوره بازگشت
زیرحوزه ۲	زیرحوزه ۱	زیرحوزه ۲	زیرحوزه ۱	زیرحوزه ۲	زیرحوزه ۱	زیرحوزه ۲	زیرحوزه ۱	
۲/۰۱	۲/۰۸	۴/۸۸	۵/۰۵	۵/۶	۵/۷۹	۲/۰۱	۲/۰۸	۲
۳/۵۶	۳/۶۴	۸/۶۵	۸/۸۴	۹/۹۲	۱۰/۱۴	۳/۵۶	۳/۶۴	۵
۴/۷۱	۴/۸۱	۱۱/۴۵	۱۱/۶۹	۱۳/۱۴	۱۳/۴۱	۴/۷۱	۴/۸۱	۱۰
۵/۸۸	۶/۰۰	۱۴/۲۹	۱۴/۵۷	۱۶/۳۹	۱۶/۷۲	۵/۸۸	۶/۰۰	۲۰
۷/۲۳	۷/۳۸	۱۷/۵۸	۱۷/۹۲	۲۰/۱۶	۲۰/۵۶	۷/۲۳	۷/۳۸	۵۰
۸/۳	۸/۴۶	۲۰/۱۶	۲۰/۵۵	۲۳/۱۳	۲۳/۵۸	۸/۳	۸/۴۶	۱۰۰
۱۰/۳۱	۱۰/۵	۲۵/۰۴	۲۵/۴۹	۲۸/۷۲	۲۹/۲۴	۱۰/۳۱	۱۰/۵	۲۰۰

آب‌خیز نوکنده انتقال داده شد. مقدار CN و ضریب تلفات اولیه (a) با توجه به روابطه SCS (روابط ۴ تا ۱۰) و اسنجی شد. در قسمت انتقال، رواناب مستقیم حوزه، مدل‌سازی می‌گردد که در این تحقیق از روش هیدروگراف واحد SCS استفاده شد که روابط آن به صورت زیر است:

$$U_p = 2.08 \frac{A}{T_p} \quad (7)$$

$$T_p = \frac{\Delta t}{2} + T_{lag} \quad (8)$$

$$T_{lag} = \frac{L^{0.8} (S+1)^{0.7}}{1900 W_s^{0.5}} \quad (9)$$

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

که در آنها  $U_p$ ، دبی اوج هیدروگراف واحد برحسب مترمکعب بر ثانیه،  $A$  مساحت حوزه برحسب کیلومتر مربع،  $T_p$  زمان تا اوج هیدروگراف واحد برحسب ساعت،  $\Delta t$  فاصله زمانی محاسباتی در مدل HMS که برای تعیین مناسب دبی های جزئی هیدروگراف واحد، لازم است که مقدار آن از ۲۹ درصد زمان تأخیر حوزه کمتر باشد (USACE, 2000).  $T_{lag}$ ، زمان تاخیر حوزه که اختلاف زمانی بین مرکز ثقل منحنی تراکمی بارش مؤثر و دبی اوج هیدروگراف واحد است و برحسب ساعت بیان می‌شود.  $L$  طول آبراهه اصلی حوزه برحسب فوت،

اجرای مدل HEC-HMS: ابتدا اجزاء هیدرولوژیک حوزه به صورت شماتیک ترسیم و خصوصیات آنها وارد شده است (شکل های ۳ و ۴). مدل حوزه دارای سه بخش تلفات، انتقال و آب پایه می‌باشد. مقدار تلفات اولیه از طریق روش SCS و با توجه به روابط زیر به دست آمد:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (4)$$

$$I_a = aS \quad (5)$$

$$S = \frac{25400 - 254CN}{CN} \quad (6)$$

که در آنها  $P_e$  ارتفاع بارش مؤثر (رواناب) به میلی‌متر،  $P$  ارتفاع بارندگی به میلی‌متر،  $S$  حداکثر پتانسیل ذخیره حوزه به میلی‌متر،  $CN$  شماره منحنی متوسط حوزه،  $I_a$  تلفات اولیه به میلی‌متر و  $a$  ضریبی است که در این تحقیق ۰/۱۹ در نظر گرفته شده است. در این تحقیق شماره منحنی مربوط به شرایط رطوبت پیشین خاک متوسط (II) می‌باشد. با توجه به عدم ایستگاه هیدرومتری در رودخانه نوکنده از آمار دبی ایستگاه هیدرومتری وطن واقع در حوزه آب‌خیز رودخانه گز به عنوان نزدیک‌ترین ایستگاه هیدرومتری استفاده گردید. با توجه به تشابه خصوصیات دو حوزه آب‌خیز نوکنده و حوزه آب‌خیز رودخانه گز و با استفاده از روابط تجربی (رابطه فولر) مقادیر دبی ایستگاه هیدرومتری وطن به خروجی حوزه

این کار به تفکیک برای هر زیرحوزه انجام شده است. اطلاعات ورودی به مدل حوزه شامل مساحت، شماره منحنی، تلفات اولیه و زمان تأخیر با توجه به روابط ۴ تا ۱۰ به دست آمده است (جدول ۷).

WS شیب متوسط وزنی حوزه برحسب درصد، S حداکثر پتانسیل ذخیره حوزه برحسب اینچ و CN شماره منحنی متوسط وزنی حوزه است. در این بخش تنها زمان تأخیر حوزه برحسب ساعت یا دقیقه به مدل وارد می‌شود که

جدول ۷- اطلاعات ورودی به مدل حوزه در زیرحوزه‌های مختلف منطقه.

پارامتر	زیرحوزه ۱	زیرحوزه ۲
شماره منحنی متوسط وزنی	۵۵	۶۷
تلفات اولیه به میلی متر	۳۹/۴۸	۲۳/۷۶
زمان تأخیر به ساعت	۲/۳۹	۱/۳۲

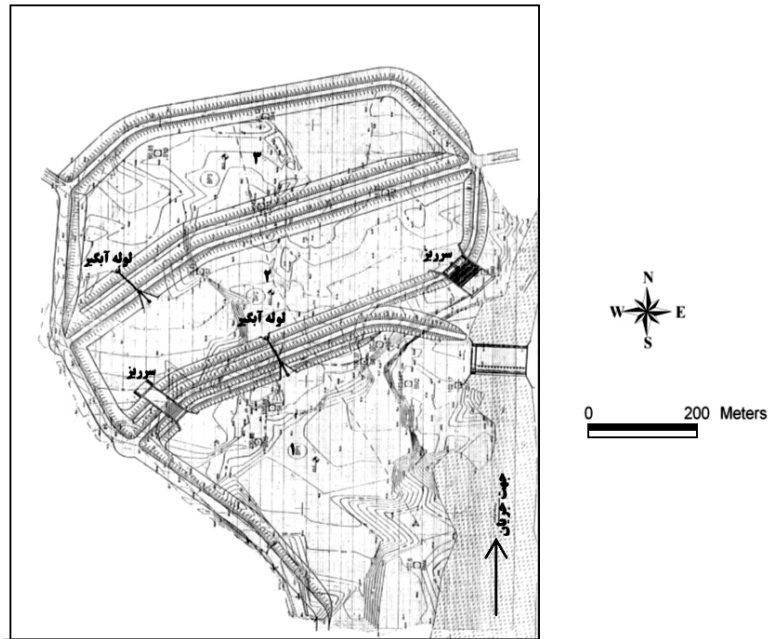
برای به دست آوردن دبی خروجی از مخزن ۱ از رابطه مربوط به سرریزها و لوله‌های آبرگیر استفاده شد. معادلات ۱۱ و ۱۲ محاسبه دبی خروجی مربوط به سرریزها و لوله‌ها را نشان می‌دهد (مهدوی، ۱۹۹۹).

$$Q = CA \sqrt{2gH} \quad (11)$$

$$Q = CLH^{1.5} \quad (12)$$

C: ضریب روزنه یا سرریز که در مورد سرریز این مخازن معادل ۱/۹۱ و در مورد لوله‌ها معادل ۰/۶ در نظر گرفته شده است (حسینی و ابریشمی، ۱۹۹۹؛ مدنی، ۱۹۹۶). A: سطح مقطع روزنه که در مورد لوله‌های آبرگیر این مخازن، قطر لوله ۰/۵ متر می‌باشد. L: عرض سرریز که در مورد سرریز مخزن ۱ معادل ۱۰ متر و عرض سرریز مخزن ۲ ورودی به رودخانه معادل ۱۹/۹۴ متر می‌باشد (سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان، ۲۰۰۲). H: ارتفاع آب بالاتر از مرکز ثقل روزنه یا ارتفاع آب قبل از رسیدن به سرریز است. جدول ۸ مقادیر ذخیره - دبی خروجی مخازن ۱ و ۲ را با در نظر گرفتن سرریزها و لوله‌ها نشان می‌دهد. پس از اجرای مدل، هیدروگراف سیل خروجی در دوره‌های بازگشت مختلف به دست آمد.

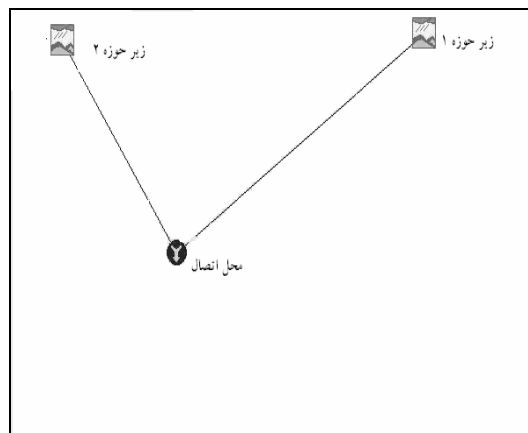
سپس مقدار بارش ۱ ساعته در دوره‌های بازگشت مختلف و توزیع زمانی آن در زیر حوزه‌های مختلف منطقه مورد مطالعه به مدل اقلیمی وارد شدند. در قسمت شاخص‌های کنترل باید تاریخ شروع و پایان شبیه‌سازی و فاصله زمانی هیدروگراف خروجی به مدل معرفی گردد. در این تحقیق فاصله زمانی هیدروگراف، ۱۰ دقیقه انتخاب می‌شود. پس از ورود داده‌ها و تکمیل مدل حوزه، مدل اقلیمی و شاخص‌های کنترل، مدل HEC-HMS اجرا شد و هیدروگراف شبیه‌سازی شده مدل در هر دوره بازگشت به دست آمد. سپس مدل مذکور با در نظر گرفتن مخزن احداث شده اجرا شد. داده‌های ورودی به مخازن شامل جدول‌های ذخیره- خروجی یا ذخیره- خروجی- ارتفاع و یا ارتفاع- سطح- خروجی می‌باشند. بقیه داده‌های ورودی به مدل حوزه همان مقادیر مرحله قبل (بدون در نظر گرفتن مخازن) می‌باشند. در تحقیق حاضر از روندیابی هیدرولوژیکی *level pool* به منظور روند یابی سیل مخزن نوکنده استفاده شد. برای به دست آوردن حجم مخازن از نقشه توپوگرافی مخازن سد استفاده گردید. شکل ۲ که نقشه توپوگرافی مخازن سد را نشان می‌دهد، ابتدا حجم مخزن ۱ و حجم فواصل بین خطوط تراز و سپس دبی خروجی معادل با آن ارتفاع به دست آمد.



شکل ۲- نقشه توپوگرافی مخازن سد.

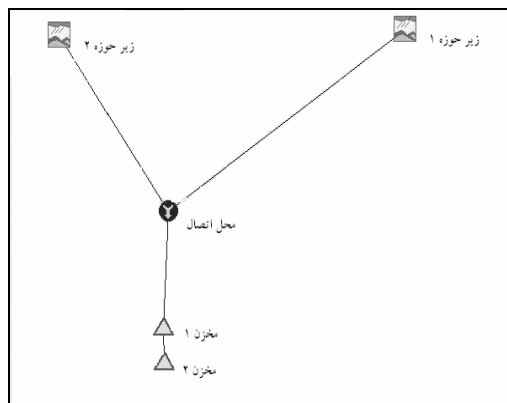
جدول ۸- مقادیر ذخیره- دبی خروجی مخازن.

مخزن ۲		مخزن ۱	
دبی (مترمکعب بر ثانیه)	ذخیره (هزار مترمکعب)	دبی (مترمکعب بر ثانیه)	ذخیره (هزار مترمکعب)
۳۸/۰۸	۱۹۶/۹۷	۰/۵۲ (لوله)	۱/۰۲۰
۵۰/۰۶	۲۰۰/۹۵	۰/۷۳ (لوله)	۴/۴۱
۶۳/۰۸	۲۰۴/۸	۰/۹ (لوله)	۱۰/۹۷
۷۷/۰۸	۲۰۸/۹۳	۱/۰۴ (لوله)	۲۲/۳۳
۹۱/۹۷	۲۱۲/۸۸	۲۰/۲۶ (لوله+سرریز)	۳۷/۶۶
۱۰۷/۷۲	۲۱۶/۹۷	۵۵/۲۹ (لوله+سرریز)	۵۴/۶
		۱۰۰/۶۱ (لوله+سرریز)	۵۵/۹۸



شکل ۳- طرح شماتیک مدل حوزه بدون در نظر گرفتن مخازن.





شکل ۴- طرح شماتیک مدل حوزه با در نظر گرفتن مخازن.

بارش ۱ ساعته هستند. شکل ۵ نمونه‌ای از هیدروگراف شبیه‌سازی شده زیر حوزه‌های ۱ و ۲ و کل حوزه را در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله نشان می‌دهد.

### نتایج

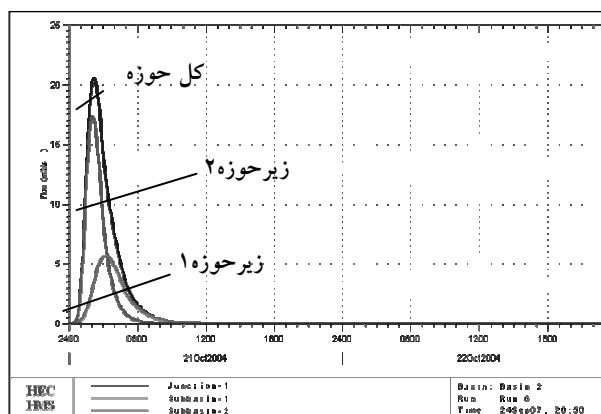
جدول‌های ۹ و ۱۰ دبی اوج و حجم سیل هیدروگراف‌ها را پس از اجرای مدل و بدون در نظر گرفتن مخازن نشان می‌دهد. این هیدروگراف‌ها مربوط به

جدول ۹- دبی اوج سیل زیرحوزه‌های منطقه در دوره‌های بازگشت مختلف.

دبی اوج سیل به مترمکعب بر ثانیه						دوره بازگشت
۲۰۰	۱۰۰	۵۰	۲۰	۱۰	۵	
۱۴/۹۵	۵/۶۳	۲/۳۷	۰/۱۹	۰	۰	زیرحوزه ۱
۳۱/۱۷	۱۷/۳۶	۱۱/۳۸	۵/۲	۱/۶۵	۰/۰۶۵	زیرحوزه ۲
۴۰/۱۸	۲۰/۵۶	۱۲/۵۹	۵/۳	۱/۶۵	۰/۰۶۵	کل حوزه

جدول ۱۰- حجم سیل زیرحوزه‌های منطقه در دوره‌های بازگشت مختلف.

حجم سیل به هزارمترمکعب						دوره بازگشت
۲۰۰	۱۰۰	۵۰	۲۰	۱۰	۵	
۱۷۹/۲۳	۶۷/۵۲	۲۸/۴۴	۲/۲۹	۰	۰	زیرحوزه ۱
۲۱۲/۰۲	۱۱۷/۷۲	۷۶/۶۰	۳۵/۲۸	۱۱/۲۸	۰/۴۳	زیرحوزه ۲
۳۹۱/۲۵	۱۸۵/۲۴	۱۰۵/۰۴	۳۷/۵۷	۱۱/۲۸	۰/۴۳	کل حوزه



شکل ۵- هیدروگراف‌های شبیه‌سازی شده زیرحوزه‌های ۱ و ۲ و کل حوزه در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله.

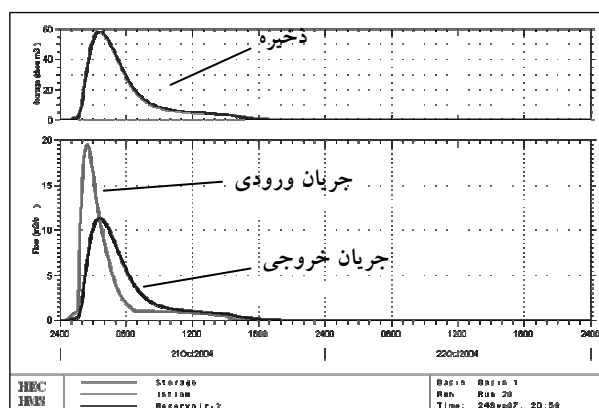
همچنین جدول‌های ۱۱ و ۱۲ دبی اوج و حجم سیل منطقه را با در نظر گرفتن مخازن در دوره‌های بازگشت مختلف، مربوط به بارش ۱ ساعته نشان می‌دهد. شکل ۶ نمونه‌ای از هیدروگراف سیل شبیه‌سازی شده کل منطقه را با در نظر گرفتن مخازن مربوط به بارش ۱ ساعته و در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله نشان می‌دهد.

جدول ۱۱- دبی اوج سیل در محل اتصال دو زیرحوزه و در محل مخازن ۱ و ۲.

دبی اوج سیل به مترمکعب بر ثانیه						
دوره بازگشت	۵	۱۰	۲۰	۵۰	۱۰۰	۲۰۰
محل اتصال دو زیرحوزه	۰/۰۶۵	۱/۶۵	۵/۳	۱۲/۵۹	۲۰/۵۶	۴۰/۱۸
مخزن ۱	۰/۰۵۱	۰/۷۴	۱/۹۱	۱۱/۲۹	۱۹/۴۹	۳۹/۶۹
مخزن ۲	۰/۰۱۱	۰/۳۲	۱/۱۴	۶/۰۵	۱۱/۲۹	۲۴/۱۲

جدول ۱۲- حجم سیل در محل اتصال دو زیرحوزه و مخازن ۱ و ۲.

حجم سیل به هزارمترمکعب						
دوره بازگشت	۵	۱۰	۲۰	۵۰	۱۰۰	۲۰۰
محل اتصال دو زیرحوزه	۰/۴۳	۱۱/۲۸	۳۷/۵۷	۱۰۵/۰۴	۱۸۵/۲۴	۳۹۱/۲۵
مخزن ۱	۰/۴۳	۱۱/۲۸	۳۷/۵۷	۱۰۵/۰۴	۱۸۵/۲۴	۳۹۱/۲۵
مخزن ۲	۰/۴۳	۱۱/۲۸	۳۷/۵۷	۱۰۵/۰۴	۱۸۵/۲۴	۳۹۱/۲۵



شکل ۶- هیدروگراف شبیه‌سازی شده خروجی از مخزن ۲ در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله تغییرات دبی اوج سیل کل حوزه در شرایط قبل و بعد از احداث مخازن.

## بحث و نتیجه‌گیری

امرسون و همکاران، (۲۰۰۳) مطابقت دارد. به‌علاوه، پس از محاسبه درصد کاهش دبی اوج سیلاب‌ها ملاحظه گردید که در دوره بازگشت‌های مختلف با افزایش دبی اوج ورودی نقش مخازن در کاهش دبی اوج سیلاب ورودی کم می‌شود و این با نتایج مهاجر استرآبادی (۱۹۹۸) و لی و همکاران (۲۰۰۱) مطابقت دارد. مهاجر استرآبادی (۱۹۹۸) در تحقیق خود نشان داد که در تمام سیل‌های

مقایسه نتایج مربوط به اجرای مدل HMS با در نظر گرفتن مخازن و بدون آنها مربوط به بارش طرح (بارش ۱ ساعته) نشان داد که مخازن احداث شده در کاهش دبی پیک سیلاب ورودی موثرند (جدول ۱۳) و این با نتایج (مهاجر استرآبادی، ۱۹۹۸؛ لورمورنو و همکاران، ۲۰۰۲؛ لی و همکاران، ۲۰۰۱؛ هورن، ۱۹۸۷؛ هولمن، ۱۹۹۹؛

احداث شده از ۴۰ درصد تا ۸۳ درصد از دبی اوج را در دوره بازگشت‌های مختلف کاهش می‌دهند. با توجه به رسوبات وارده به مخزن پیشنهاد می‌شود که در حوزه آبخیز سدهایی که در حال احداث هستند، عملیات آبخیزداری و مبارزه با فرسایش صورت گیرد تا این مشکل به وجود نیاید. به منظور مدیریت بهتر حوزه آبخیز نوکنده و کاهش دبی پیک سیلاب خروجی از مخزن توصیه می‌شود که عملیات اصلاح و احیای پوشش گیاهی در بالادست حوزه صورت گیرد و با توجه به وجود پوشش جنگلی در حوزه، جلوگیری از قطع و بهره‌برداری نامناسب از جنگل‌ها از اولویت اجرایی آبخیزداری در منطقه باشد.

مطالعه شده بجز سیل ۱۳۶۰ با افزایش دبی اوج ورودی نقش مخازن فرعی در کاهش دبی اوج سیلاب ورودی کم می‌شود. نتایج نشان داد که به کمک روندیابی سیل مخزن نوکنده می‌توان هیدروگراف جریان (مقدار و زمان جریان) را در یک نقطه از مسیر سیل با استفاده از هیدروگراف‌های یک یا چند نقطه بالادست تعیین کرد که در این تحقیق از روش روندیابی هیدرولوژیکی **level pool** به منظور محاسبه هیدروگراف خروجی مخزن استفاده گردید. مهاجر استرآبادی (۱۹۹۸) با فرض افقی بودن سطح آب مخزن از روش روندیابی **level pool** به منظور روندیابی سد گرگان استفاده کرد و به تعیین هیدروگراف خروجی مخزن پرداخت. بررسی عملکرد سازه چند منظوره نوکنده استان گلستان در کنترل سیلاب نشان داد که مخازن

جدول ۱۳- اثر احداث مخازن بر دبی اوج سیل کل حوزه مورد مطالعه.

دبی اوج سیل (مترمکعب برثانیه)			دوره بازگشت
درصد کاهش	با مخزن	بدون مخزن	
۸۳	۰/۰۱۱	۰/۰۶۵	۵
۸۰/۶	۰/۳۲	۱/۶۵	۱۰
۷۸/۵	۱/۱۴	۵/۳	۲۰
۵۱/۹۴	۶/۰۵	۱۲/۵۹	۵۰
۴۵/۱	۱۱/۲۹	۲۰/۵۶	۱۰۰
۴۰	۲۴/۱۲	۴۰/۱۸	۲۰۰

### منابع

1. Brooks, K.N., and Gregerson, H.M. 1980. Economic appraisal of watershed management projects, F.A.O.
2. Emerson, C.H., Welty, C., and Traver, R.G. 2003. Application of HEC-HMS to model the additive effects of multiple detention basins over a range of measured storm volumes, Civil Engineering Database, Part of world water & Environmental Resources Congress 2003 and Related Symposia.
3. Ghoddoosi, J. 2000. Evaluation of watershed projects, Research project, Soil Conservation and Watershed Management Research Center, Ministry of Agricultural Jihad.
4. Holman, D. 1999. A Hydrologic Study of Macatawa River watershed, Hydrologic Studies Unit, Michigan Department of Environmental Quality (MDEQ) Publications, 39p.
5. Horn, D.R. 1987. Graphic estimation of peak flow reduction in reservoirs, J. Hydraulic Eng, ASCE, 113(11):1441-45.
6. Hosseini, S.M., and Abrishami, J. 1999. Open channel hydraulics, Imam Reza Press, Mashhad, 615p.
7. Lee, K.T., Chang, C.H., Yang, M.S., and Yu, W.S. 2001. Reservoir attenuation of floods from ungauged basins, Hydrological Sciences Journal, 46(3):349-362.

8. Lopez-Moreno, J.I., Begueria, S., and Garcia-Ruiz, J.M. 2002. Influence of the Yesa reservoir on floods of the Aragon river, central Spanish Pyrenees, *Hydrology and Earth System sciences*, 6(4):753-762.
9. Madani, H. 1996. *Fluid mechanics and hydraulics*, Majed Press, Tehran Univ, 602p.
10. Mahdavi, M. 1999. *Applied Hydrology*, Tehran Univ Press, 401p.
11. Mohajer Esterabadi, M. 1998. Reservoir routing in Voshmgir dam, A thesis of Master of Science, Watershed Management Engineering. Tarbiat Modarres Univ. 135p.
12. Organization of Agricultural Jihad of Golestan Province. 2002. Basic and administrative report of Nowkandeh watershed, Watershed management manager of Golestan province, Ministry of Agricultural Jihad, 320p.
13. Telvari, A. 2001. Final report of research project, The study of precipitation characteristics in relation to methods of estimation of flood in Iran, Soil Conservation and Watershed Management Research Center, Ministry of Agricultural Jihad.
14. USACE. 2000. HEC-HMS. Technical Manual, Hydrological Engineering Center, Davis, CA, 187p.
15. USACE. 2000. HEC-HMS. User's Manual, Hydrological Engineering Center, Davis, CA, 188p.

## **The study of performance of Nowkandeh multipurpose dam in province of Golestan for flood control by using HEC-HMS model**

**\*M. Nourali Ghazimahalleh<sup>1</sup>, A. Najafi Nejad<sup>2</sup> and N. Noura<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Former M.Sc. Student, Dept. of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, <sup>2</sup>Assistant Prof., Dept. of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, <sup>3</sup>Assistant Prof., Dept. of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

---

---

### **Abstract**

Probability and the large of important floods must be estimated and the effects of flood with use of suitable methods and special installations must be controlled For prevention of damages resulted from the occurrence of flood. In additional to that above mentioned, the effect of reservoirs from the point of flood volume and rate of reduction of peak discharge must be estimated in down stream. HEC\_HMS Hydrological model has been designed for simulation of rainfall\_runoff process in watershed. By setting the data of reservoir, simulated flood hydrograph will be observed if reservoirs is constructed and the effect of reservoir for flood control will be recognized. The purpose of this research is to study performance of Nowkandeh Multipurpose dam for flood control and reduction of peak discharge. Thus the necessary parameters for running model related to one-hour rainfall in after and befor construction of reservoir was introduced to the model. The results of running model show that constructed reservoirs influence in reduction of inflow peak discharge and decrease from 40% to 83% peak discharge in different return periods. In additional to, the effect of reservoirs in reduction of inflow peak discharge decreases corresponding to higher return periods.

**Keywords:** Flood control; HMS model; Rainfall- Runoff process; Nowkandeh watershed; Golestan province

---

\*-Corresponding Author; Email: mahrouznourali@yahoo.com