Integrated Watershed Management, Summer, 2023, 3(2), 67-79 **Article Type: Research**

doi: 10.22034/IWM.2023.2002536.1078 **Online ISSN: 2783-4581**

Evaluation and Prediction of the Effects of Watershed Check Dams on Peak Flows (Case Study: Gol-Gol Watershed, Ilam)

Mohsen Tavakoli[*1], Mahsa Kohzadi[1], Haidar Ebrahimi[2]

1. Department of range and watershed management, Ilam University, Ilam, Iran
2. Department of range and watershed management, Kashan University, Kashan, Iran

***Corresponding Author:** m.tavakoli@ilam.ac.ir

(Received: 16 May 2023 Revised: 23 June 2023 Accepted: 20 July 2023)

Extended Abstract

Introduction: According to global data, flood is one of the most important natural disasters, which has the highest number of occurrences and a high volume of coverage. Therefore, it has extensive damage and consequences that cause destruction all over the world every year. Watershed management can be very important and effective in preventing floods and their damage. The analysis of watershed projects is one of the most fundamental measures that is carried out for the long- term planning in relation to executive plans and natural resources management. The loss of water and soil resources in watershed has been increasing in recent decades due to irrational exploitation of resources. This problem leads to a decrease in the useful life of dam reservoirs, a decrease in the production, and loss of the country's capital, while intensifying the occurrence of floods and increasing sediment generation and deprecation of equipment and structures. The construction of watershed structures played an obvious and significant role in reducing erosion and consequently preventing these sediments from entering the reservoir, which is the supplier of the major part of the drinking water in Ilam city. In the current study, an assessment of the impacts of watershed management implementations of Gol-Gol, Ilam province watershed has been done using HEC-HMS.

Materials and method: Gol-Gol watershed is located in Ilam province, in Ilam and Malekshahi county as one of the sub-basins of Ilam dam. Gol-Gol watershed has geographic coordinates of 46°16′44″ to 46°18′24″ east longitude and 33°19′4″ to 46°32′12″ north latitude. Its area was estimated to be 24950 hectares. The maximum and minimum height of the Gol-Gol watershed is 2605 and 1076m above sea level, respectively. The average rainfall is 570.6 mm and the average temperature is 16.8℃. In this study, first, all the data and related maps were collected and the HEC- HMS hydrological model was calibrated and validated using the observed rainfall and runoff data. In this stage, the data of 2004-2005 period were used for calibration and the data of 2006 were used for the validation. Also, the effectiveness of the hydrological model in simulating the flood hydrograph in the calibration and validation stages were evaluated using peak flows, average flows, Nash-Sutcliffe efficiency and correlation coefficient. Then, a daily event with a return period of 25 years and time steps of 10 minutes was selected to investigate the effects of watershed implementation, and their results were analyzed in this stage as two main scenarios (the presence of a watershed structure and the absence of a watershed structure).

Results and discussion: The calibration results showed that the maximum observed flow rate is 90 m^3/s, while the simulated flow rate is 89.7 m^3/s. The correlation coefficient and dispersion of the data used in the calibration stage were 80% and the NSE was 79%, which show the acceptable results of the simulation. Then, the results were validated using the optimized parameter of the model during the one- year period of 2006. The maximum observed flow rate was 67.7 m^3/s and the simulated value was 67.1 m^3/s. The efficiency index of the model was obtained with a correlation coefficient of 77% and a cliff settlement factor of 76%. Based on the results of the calibration and validation of the model and the low percentage of difference between the observed and simulated flow rate in the used events, it was determined that HEC- HMS model has the necessary efficiency to simulate the Gol-Gol watershed basin. In addition, the evaluation of the effect of watershed structures on the flow rate results showed that in the first scenario (the presence of a watershed structure), the simulated peak flow was calculated as 137 m^3/s, but the calculations showed the value of 114.2 m^3/s for the second scenario (the absence of a watershed structure).

Conclusion: This study was performed with the aim of evaluating the effect of watershed management measures on runoff in the Gol-Gol watershed, using the HEC-HMS hydrological model. In order to check the effect of the proposed devices, the flood behavior was simulated for the existing events. The criteria of peak discharge and flood volumes were determined for evaluation and their values were calculated for two situations before and after watershed measures. The results of the statistical comparison showed that these measures have a significant effect on reducing runoff and discharge in the study area. The calibration results also showed that the curve number parameter is one of the most sensitive and effective parameters on runoff. Since the numerical value of this parameter depends on the hydrological group of the soil of the region, land use, hydrological status of the region and previous soil moisture status, these factors can be controlled by management measures. The evaluation phase of watershed structures and their efficacy on the flow resulting from a storm with a return period of 25 years showed a decrease of 22.8 m^3/s of he maximum flow, which can finally be concluded that the creation and construction of watershed structures is the best solution to prevent floods in this area, which confirms the effect of structures on reducing floods.

Keywords: Watershed Management, Gol-Gol Watershed, HEC- HMS, Water Reources

Citation: Tavakoli, M., Kohzadi, M., & Ebrahimi, H. (2023). Evaluation and Prediction of the Effects of Watershed Check Dams on Peak Flows (Case Study: Gol-Gol Watershed, Ilam). *Integrated Watershed Management*, 3(2), 67 -79. doi: 10.22034/iwm.2023.2002536.1078

Copyrights:
Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Integrated Watershed Management. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/ by/4.0).

مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، سال سوم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲، صفحات (۷۹-۶۷) نوع مقاله: پژوهشی

شاپا الکترونیکی: ۴۵۸۱-۲۷۸۳ doi: 10.22034/IWM.2023.2002536.1078

ارزیابی و پیش‌بینی اثرات احداث سازه‌های آبخیزداری بر دبی‌های حداکثر (مطالعه موردی: حوزه آبخیز گل‌گل، ایلام)

محسن توکلی*[1]، مهسا کهزادی[1]، حیدر ابراهیمی[2]

۱- گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

۲- گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

***نویسنده مسئول:** m.tavakoli@ilam.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۶ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۴/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۹)

چکیده

در چند دهه اخیر، افزایش رو به رشد تلفات منابع آب‌وخاک موجود در حوزه‌های آبخیز در اثر بهره‌برداری غیراصولی از منابع، شدت فزاینده‌ای یافته است. این اقدامات باعث تخریب اراضی و کاهش عمر مفید سدها و درنتیجه کاهش تولیدات شده است. بر این اساس، تحقیق حاضر با هدف ارزیابی تأثیر اقدامات آبخیزداری در حوزه آبخیز گل‌گل با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS انجام شده است. برای این منظور ابتدا تمامی داده‌ها و نقشه‌های مربوط به داده‌ها، جمع‌آوری و مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS با استفاده از داده‌های بارندگی و رواناب مشاهده‌شده، واسنجی و اعتبارسنجی گردید. مرحله واسنجی نتایج نشان داد که دبی حداکثر مشاهده‌شده ۹۰ مترمکعب بر ثانیه و در مقابل دبی شبیه‌سازی شده ۸۹/۷ مترمکعب بر ثانیه است، ضریب همبستگی و پراکندگی داده‌های مورداستفاده نیز در مرحله واسنجی ٪۸۰ و ضریب نش-ساتکلیف ٪۷۹ به دست آمد که نشان‌دهنده نتایج قابل‌قبول شبیه‌سازی است. در ادامه با استفاده از پارامترهای بهینه‌شده مدل طی دوره زمانی یک‌ساله اعتبارسنجی شد که دبی حداکثر مشاهده‌شده ۶۷/۷ مترمکعب بر ثانیه و مقدار شبیه‌سازی‌شده ۶۷/۱ مترمکعب بر ثانیه بوده و شاخص‌های کارایی مدل با ضریب همبستگی ٪۷۷ و ضریب نش ساتکلیف ٪۷۶ به‌دست‌آمده است. سپس یک رویداد روزانه با دوره بازگشت ۲۵ سال و مراحل زمانی ۱۰ دقیقه برای بررسی اثرات اجرای آبخیزداری انتخاب شد که نتایج آن‌ها در این مرحله به‌صورت دو سناریوی اصلی (وجود سازه آبخیزداری و عدم وجود سازه آبخیزداری) موردبررسی قرار گرفت. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که در سناریوی اول و دوم پیک دبی شبیه‌سازی‌شده به ترتیب ۱۳۷ مترمکعب بر ثانیه و ۱۱۴/۲ مترمکعب بر ثانیه محاسبه شده که تأثیر سازه‌ها بر دبی پیک را با کاهش ۲۲/۸ مترمکعب بر ثانیه نشان می‌دهد. نتیجه‌گیری کلی اینکه با انجام اقدامات مناسب و مدیریت شده می‌توان دبی حداکثر سیلاب‌ها را به مقدار مناسبی کاهش داد، همان‌گونه که در گذشته نیز تأثیرگذار بوده‌اند.

واژه‌های کلیدی: آبخیزداری، حوزه آبخیز گل‌گل، مدل HEC-HMS، منابع آب

استناد: توکلی، م.، کهزادی، م؛ و ابراهیمی، ح. (۱۴۰۲). ارزیابی و پیش‌بینی اثرات احداث سازه‌های آبخیزداری بر دبی‌های حداکثر (مطالعه موردی: حوزه آبخیز گل‌گل، ایلام). *مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز*، (۲)۳، ۷۹-۶۷.

حق چاپ:

حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این نشریه به‌صورت آزاد در وب‌سایت نشریه برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل‌دسترس است.

مقدمه

هرچند کشور ایران به‌عنوان کشوری خشک و نیمه‌خشک در دنیا محسوب می‌شود، اما بااین‌حال مقدار قابل‌توجهی از آب در کشور از نقاط مرتفع حوزه‌های آبخیز خارج شده و به مناطق پایین‌دست حرکت و از دسترس خارج می‌شود. این هرز روی آب در کشور عمدتاً از عدم استفاده و یا بهره‌برداری نادرست از منابع آب در کل حوزه آبخیز ناشی می‌گردد که به نظر می‌رسد با مدیریت مناسب و کنترل این منبع می‌توان بسیاری از مشکلات مرتبط با آب‌وخاک در کشور را حل کرد (Dehghani, 2009). ایران به‌عنوان کشوری که در فلات قاره قرار دارد و از دو رشته‌کوه البرز و زاگرس تشکیل می‌شود، دارای رودهای زیادی بوده و شهرها و روستاها در امتداد این رودها قرار دارند و این امر سبب شده که در معرض سیلاب و خسارت ناشی از آن قرار بگیرند. علاوه بر سیلاب و خسارات آن در سطح وسیعی از ایران، اثرات جانبی و ثانویه آن نیز باعث خسارت است و علل زیادی برای آن قابل‌تصور است که از آن جمله به از بین بردن پوشش گیاهی و جنگل‌ها، خشک‌سالی و بیابان‌زایی، تغییر کاربری و توسعه نامتناسب شهری می‌توان اشاره کرد (Dehghani, 2009). بر اساس آمارهای جهانی، سیلاب جزو مهم‌ترین بلایای طبیعی است که بیش‌ترین تعداد وقوع و حجم دربرگیری را دارد به همین علت خسارات و عوارض وسیعی نیز دارد که در سراسر جهان هرساله موجب نابودی می‌شود (Khosrowshahiو Thaghafian 2005). در این راستا مطالعات خارجی و داخلی زیادی نشان داده‌اند که آبخیزداری در پیشگیری از بروز سیلاب و خسارات آن می‌تواند بسیار مهم و کارساز باشد که سه سناریوی اصلی عملیات مکانیکی، بیولوژیکی و بیومکانیکی انجام می‌شود و نیاز به طراحی و مدیریت اجرا دارد (Moghadasi *et al, 2014*). در ایران نیز روند افزایشی در بروز سیلاب وجود دارد که هرساله نقاطی را درگیر می‌نماید و علت اصلی آن نیز از بین رفتن پوشش گیاهی و تغییر کاربری‌هاست و این احتمال برای تمام نقاط ایران وجود دارد. ارزیابی تدابیر سازه‌ای از زوایای مختلفی صورت می‌گیرد که تحلیل و بررسی پروژه‌های مربوط به آبخیزداری امروزه از مهم‌ترین و لازم‌ترین مواردی است که در همه کشورها به‌منظور برنامه‌ریزی‌های کلان و خرد در زمان حال و آینده در زمینه طرح‌های اجرایی و مدیریت منابع طبیعی انجام می‌گیرد (Sadeghi *et al*., 2013). تحلیل پروژه‌های آبخیزداری از بنیادی‌ترین اقداماتی است که به‌منظور برنامه‌ریزی‌های بلندمدت در رابطه با طرح‌های اجرایی و مدیریت منابع طبیعی انجام می‌گیرد. از دست رفتن منابع آب‌وخاک حوزه‌های آبخیز در چند دهه اخیر در اثر بهره‌برداری غیرمنطقی و غیراصولی از منابع، شدت فزاینده‌ای یافته است. این مسئله ضمن تشدید وقوع سیلاب‌ها و افزایش تولید رسوب و استهلاک تجهیزات و سازه‌ها؛ منجر به کاهش عمر مفید مخازن سدها گشته و موجبات کاهش تولید و تلفات سرمایه‌های کشور را فراهم نموده است (Hosseini *et al*., 2008). مطالعات مختلفی در زمینه مدل‌سازی هیدرولوژیکی با تمرکز بر روی مدل HEC-HMS و ارزیابی اقدامات گوناگون بر روی خصوصیات هیدرولوژیک یک حوزه در ایران و سایر نقاط جهان ارائه‌شده است. Fasahat و همکاران در سال ۲۰۱۱، تأثیر احداث سد مخزنی در کاهش دبی اوج سیلاب پایین‌دست با استفاده از نرم‌افزار HEC-HMS در حوزه آبخیز جونقان- فارسان استان چهارمحال و بختیاری را بررسی کردند و نشان دادند که احداث سدها باعث شده که به‌طور متوسط دبی اوج سیل خروجی ۳۴ درصد کاهش یابد، این کاهش برای سیلاب‌های با دوره بازگشت‌های کمتر بزرگ‌تر بود. در پژوهشی دیگر، Eskandari و همکاران در سال ۲۰۱۲، رژیم و سیستم جریان را با طرح آبخیزداری بررسی کردند که نشان داد ۴۲ درصد در اجرا و ۷۰ درصد پس از اجرا منجر به کاهش دبی پیک می‌شود. Hashemi در سال ۲۰۱۳، با مدل HEC-HMS به بررسی اثر سازه‌های خشکه چین بر دبی در سمنان پرداخت که تا ۱۶/۷ درصد کاهش دبی پیک را به همراه داشت. Dehghani-Firouz

Abadi و همکاران در سال ۲۰۱۳ و در تحقیقی در ناحیه طرزجان با مدل HEC-HMS اثر آبخیزداری و سیلاب را سنجیده و نشان دادند که تلفیق و ترکیب و هم‌زمانی اقدام مکانیکی با بیولوژیکی باعث کاهش دبی تا ۱۹/۷ درصد خواهد شد. Noorali Ghazi و Chahreman در سال ۲۰۱۵، به‌منظور ارزیابی اثربخشی اقدامات آبخیزداری از شاخص‌های دبی اوج سیلاب و حجم جریان استفاده کردند. برای کمی کردن تأثیر این اقدامات از شبیه‌سازی جریان با HEC-HMS مدل استفاده شد. نتایج نشان داد که انجام عملیات بیولوژیکی و مکانیکی باعث کاهش مقدار دبی اوج سیلاب تا ۳۶/۲۱ درصد و کاهش حجم سیلاب تا ۳۴/۷۸ درصد در دوره بازگشت‌های مختلف می‌شوند و هم‌چنین با افزایش دوره بازگشت، تأثیر درصد اقدامات آبخیزداری بر دبی اوج و حجم سیلاب کاهش می‌یابد. با انجام این تحقیق تأثیر اقدامات آبخیزداری بر دبی اوج و حجم سیلاب حوزه آبخیز مثبت ارزیابی شد. سپس برای کمی کردن تأثیر این اقدامات از شبیه‌سازی جریان با مدل HEC-HMS استفاده کرده‌اند. هم‌چنین Bani Asadi و Haj Sir Alikhani در سال ۲۰۱۶، طی تحقیقی در حوزه آبخیز دره مرید در استان کرمان به ارزیابی تأثیر عملیات آبخیزداری بر روی تغییر رفتار حوزه در کاهش سیلاب و سیل‌خیزی حوزه آبخیز پرداختند. روش کار بر اساس بررسی گزارش مطالعات انجام شده و مقایسه آن با پیشنهادهای اجرایی و همچنین حجم عملیات اجرا شده انجام گرفت. در تحقیقی دیگر، Chamanpira و Roghani در سال ۲۰۱۷، با بررسی حجم عملیات سازه‌های اجرا شده و آگاهی از تعداد وضعیت و مشخصات آن‌ها با استفاده از مدل HEC-HMS نسبت به برآورد سیلاب اقدام کردند. نتایج حاصل از شبیه‌سازی و مقایسه هیدروگراف‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده نشان داد که مدل از کارایی لازم برای شبیه‌سازی حوزه دادآباد در استان لرستان برخوردار بوده و به پارامترهای شماره منحنی و تلفات اولیه حساسیت زیادی دارد. سپس با محاسبه حجم مخازن، قابلیت آن‌ها در ذخیره‌سازی رواناب و سیلاب و کاهش خطر سیلاب برای اراضی پایین‌دست موردبررسی قرار گرفت. Damadi و همکاران در سال ۲۰۱۹، با استفاده از نقشه مدل ارتفاعی رقومی (DEM) و با کمک برنامه‌های الحاقی Arc-Hydro و Geo HEC-HMS مدل حوزه و زیرحوزه‌ها را در حوزه آبخیز سرباز سیستان و بلوچستان تهیه کردند و نتایج حاکی بر این بود که این حوزه دارای نفوذپذیری کم و از طرفی حجم رواناب بالایی است. Aliye و همکاران در سال ۲۰۲۰، با استفاده از دو مدل هیدرولوژیکی SWAT و HEC-HMS برای پیش‌بینی جریان در حوزه رودخانه Katar، اتیوپی استفاده کردند و عملکردهای این دو مدل به‌منظور انتخاب مدل مناسب برای حوزه مطالعه مقایسه شد. هر دو مدل به ترتیب با داده‌های جریان ۱۱ سال (۱۹۹۰-۲۰۰۰) و ۷ سال (۲۰۰۱-۲۰۰۷) واسنجی و اعتبارسنجی شدند.

Guduru و همکاران در سال ۲۰۲۲، با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS برای پیش‌بینی جریان در حوزه رودخانه Meki، اتیوپی استفاده کردند. یافته‌ها نشان داد که مدل می‌تواند در طول واسنجی بسیار خوب (R^2 =۰/۹۱ ،NSE =۰/۸۳) و (NSE =۰/۸۰۴ ،R^2 ۰/۸۹ =) در دوره اعتبارسنجی عمل کند. همچنین سیلاب‌های پیش‌بینی‌شده در ۲، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال به ترتیب ۱۳۳/۲، ۱۷۸/۱، ۲۳۹/۷، ۳۱۳/۲ و ۳۴۶/۱۹ مترمکعب بر ثانیه در حوزه آبخیز بود.

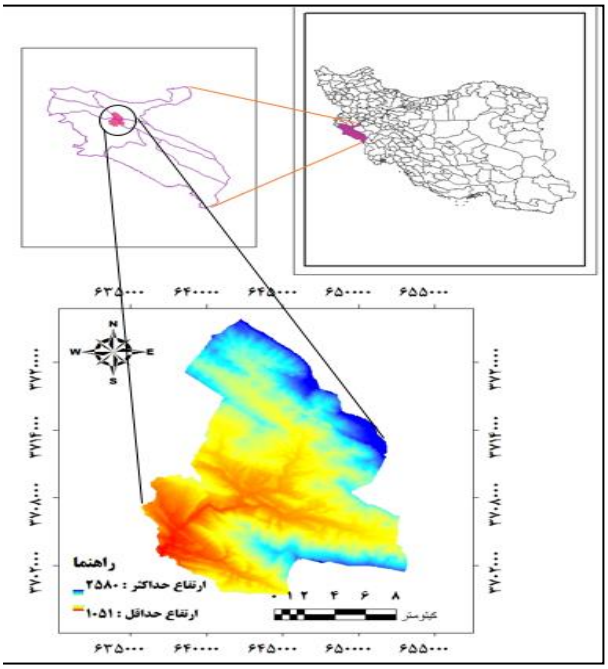
احداث سازه‌های آبخیزداری در حوزه آبخیز سد ایلام با هدف کاهش فرسایش و به‌تبع آن جلوگیری از ورود این رسوبات به مخزن سد که تأمین‌کننده بخش عمده آب مصرفی شهر ایلام است، نقش مهمی داشته است. در این پژوهش، اثرات احداث سازه‌های آبخیزداری بر دبی حداکثر لحظه‌ای در حوزه آبخیز گل‌گل شبیه‌سازی و بررسی شده است و از مدل HEC-HMS برای مقایسه دبی قبل و بعد از اقدامات آبخیزداری استفاده شد. طبق بررسی صورت گرفته، تاکنون پژوهشی در این مورد در این حوزه انجام نشده است. آبخیزداری و مدیریت کاربری اراضی در واقع نقش پیشگیری در بروز سیلاب را در محل نزول بارش بر عهده دارد و تا قبل از تشکیل

آبراهه‌های بزرگ و تولید رواناب و رسوب قابل‌ملاحظه، سیلاب با مشکلات و هزینه‌های کمتری قابل‌کنترل است.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه موردمطالعه

حوزه آبخیز گل‌گل در استان ایلام و در شهرستان‌های ایلام و ملکشاهی به‌عنوان یکی از زیرحوزه‌های سد ایلام قرارگرفته است. حوزه آبخیز گل‌گل دارای مختصات جغرافیایی طول شرقی ''۴۴'۱۶°۴۶ تا''۲۴'۱۸°۴۶ و عرض جغرافیایی شمالی ''۴'۱۹°۳۳ تا ''۱۲'۳۲ °۳۳ و مساحت آن ۲۴۹۵۰ هکتار است. موقعیت حوزه آبخیز گل‌گل در استان ایلام و ایران در شکل ۱ نمایش داده شده است. حداکثر و حداقل ارتفاع حوزه آبخیز گل‌گل به ترتیب ۲۶۰۵ و ۱۰۷۶ متر از سطح دریا است. میانگین بارندگی ۵۷۰/۶ میلی‌متر و میانگین دما ۱۶/۸ درجه سانتی‌گراد است. بارندگی‌ها عمدتاً در فصل زمستان و بعدازآن در فصل پاییز و سپس بهار تداوم دارند. تابستان فصل خشک منطقه است و از خرداد تا اواسط آبان ماه، ماه‌های خشک سال است. به علت ورود سامانه‌های بارش‌زا و ویژگی‌های فصل بهار، عمدتاً بارش‌ها در این فصل رگباری بوده و به دلیل عدم پوشش گیاهی مناسب، اکثراً سیلابی هستند. حوزه موردمطالعه در زون زاگرس چین‌خورده قرارگرفته و این زون یکی از زون‌های ساختاری ایران است که در بخش غربی کشور قرارگرفته و از سمت شرق به سنندج- سیرجان و زاگرس مرتفع، از سمت شمال به زون سنندج- سیرجان و از جنوب به زون مکران محدود می‌گردد. سازندهای زمین‌شناسی منطقه از قدیم به جدید عبارت‌اند از سروک، سورگاه، ایلام، گورپی، پابده، آسماری، گچساران و رسوبات آبرفتی دوران کواترنری بوده و واحدهای سنگی و آبرفتی موجود در حوزه مربوط به ادوار مختلف زمین‌شناسی می‌باشند. پوشش درختی غالب منطقه موردمطالعه شامل بلوط، بنه، زالزالک است. گیاهان غالب عموماً مشتمل بر گندمیان، پهن برگان علفی و یا بوته‌ها است (Statistical Yearbook of Ilam Province, 2014).



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز گل‌گل در استان ایلام و ایران

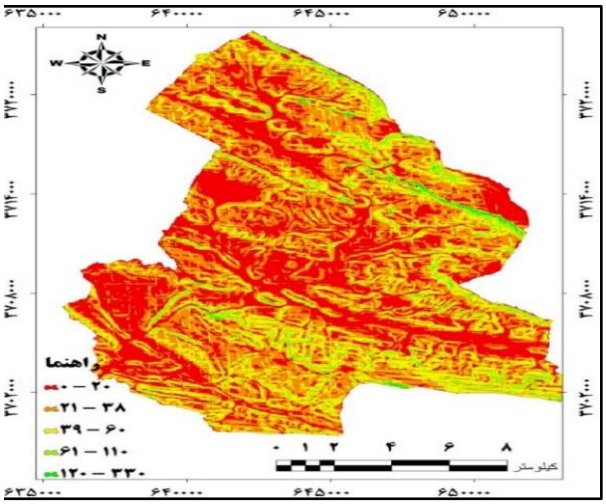
Figure 1- Location of Gol-Gol watershed in Ilam province and Iran

روش تحقیق

در این تحقیق از مدل HEC-HMS برای مدل‌سازی حوزه آبخیز گل‌گل استفاده شده است. از قابلیت‌های مدل HEC-HMS این است که می‌توان برای آن نیز مخازن ذخیره آب بر سر راه جریان تعریف نمود و با این قابلیت، در این تحقیق حجم مخزن سازه‌های آبخیزداری به‌عنوان مخازن ذخیره آب در هر یک از زیرحوزه‌ها تعریف شد. این مدل بر اساس روش بارش- رواناب بنا شده است. روش بارش-رواناب یکی از روش‌های مفهومی برای استخراج هیدروگراف و دبی حداکثر لحظه‌ای سیلاب‌ها است (USCA, 2000). در این تحقیق برای محاسبه زمان تمرکز حوزه، روش‌های کرپیچ، کالیفرنیا و برانسبی ویلیامز موردبررسی قرار گرفت.

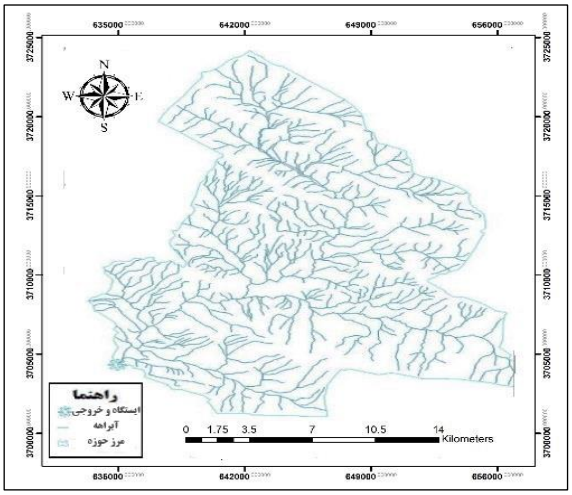
در این بررسی با توجه به اهداف پژوهش، در مرحله اول، به‌منظور شناخت حوزه آبخیز، نقشه‌ها و اطلاعات مربوط به شیب (شکل ۲)، نقشه شبکه آبراهه حوزه آبخیز گل‌گل

در ایستگاه هیدرومتری سرجوی گل‌گل (شکل ۳)، نقشه کاربری اراضی (شکل ۴، مطالعه آب منطقه‌ای ایلام در سال ۲۰۰۵) و نقشه بافت خاک حوزه مطالعاتی (شکل ۵) جمع‌آوری و موردبررسی قرار گرفت. سپس به‌منظور تعیین اثر اقدامات آبخیزداری بر سیل‌خیزی، اقدام به تعیین شماره منحنی در هر زیر حوزه، با توجه به نوع کاربری اراضی، گروه هیدرولوژیک خاک و تلفیق آن‌ها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی گردید (شکل ۶).



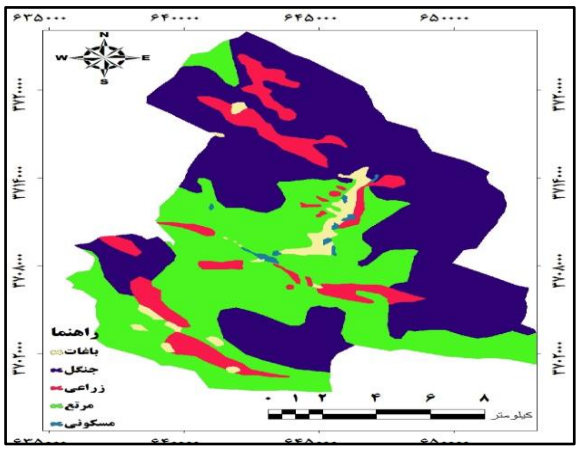
شکل ۲ – نقشه شیب حوزه آبخیز گل‌گل

Figure 2- Slope map of Gol-Gol watershed



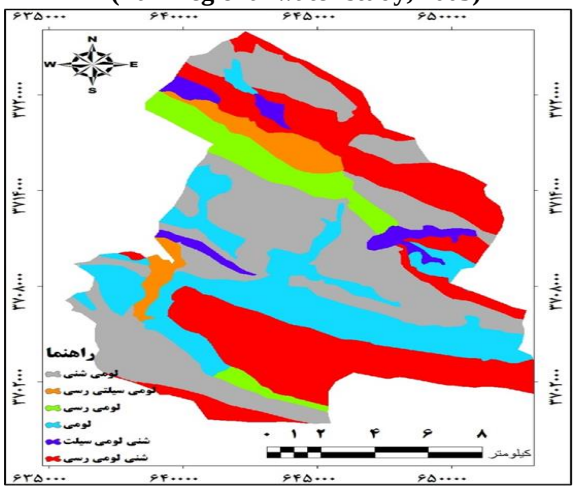
شکل ۳- نقشه آبراهه‌های حوزه آبخیز گل‌گل

Figure 3- Streams map of Gol-Gol watershed



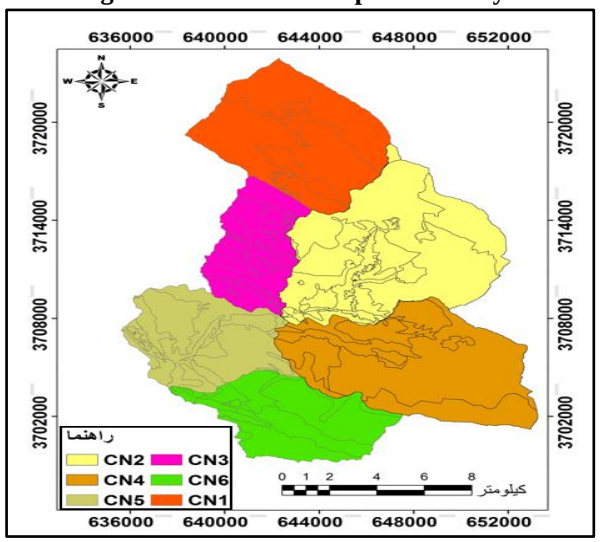
شکل ۴- نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز گل‌گل (مطالعه آب منطقه‌ای ایلام، ۲۰۰۵)

Figure 4- Land use map of Gol-Gol watershed (Ilam regional water study, 2005)



شکل ۵- نقشه بافت خاک حوزه مطالعاتی

Figure 5- Soil texture map of the study area



شکل ۶ – نقشه شماره منحنی حوزه آبخیز گل‌گل

Figure 6- Curve number map of Gol-Gol watershed

در ادامه جمع‌آوری داده‌های بارش و هیدرومتری خروجی
حوزه صورت گرفته و پس از بررسی و تعیین پارامترهای مربوط به بارندگی حوزه، اجرا و بهینه‌سازی مدل مورداستفاده بر اساس داده‌های موجود (۷۵٪ داده‌های واسنجی و ۲۵٪ داده‌های اعتبارسنجی) و داده‌های پیش‌فرض HEC-HMS واسنجی و اعتبارسنجی مدل انجام‌گرفته و کارایی مدل هیدرولوژی در شبیه‌سازی هیدروگراف سیل در مرحله واسنجی و اعتبارسنجی برای دو پارامتر دبی اوج و میانگین دبی با استفاده از شاخص‌های زیر مورد ارزیابی قرار گرفت.

روش نش ساتکلیف (NS)

در این مطالعه شاخص نش ساتکلیف با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد. (Nash *et al.*, 1970)

رابطه (۱) $$NS= 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(Qs_i - Q_{oi})^2}{\sum_{i=1}^{n}(Q_{oi} - Q\bar{o})^2}$$

که در این رابطه، Qs_i دبی شبیه‌سازی‌شده، Qo_i دبی مشاهداتی و $Q\bar{o}$ مقدار میانگین دبی مشاهداتی است. میزان NS بین منفی بی‌نهایت و یک متغیر است که هر چه به یک نزدیک‌تر باشد، تطابق بین داده‌های مشاهداتی و محاسباتی بالاتر خواهد بود.

ضریب همبستگی (R^2)

ضریب همبستگی (R^2) که به‌وسیله ارزش ریشه ضریب همبستگی Bravais- Pearson تعریف می‌شود، از رابطه (۲) به دست می‌آید (Akhavan et al., 2010).

رابطه (۲) $$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n}(o_i - \bar{o})(p - \bar{p})_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^{(n}(o_i - \bar{o})^2}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(p - \bar{p})^2}}\right.$$

در این تحقیق بر اساس اهداف تعیین شده، دو سناریو برای شرایط قبل و بعد از احداث سازه‌ها، با استفاده از شبیه‌سازی هیدروگراف سیل و بر اساس اطلاعات فوق برای یک رویداد روزانه با دوره بازگشت ۲۵ سال و مراحل زمانی ۱۰ دقیقه برای بررسی اثرات اجرای آبخیزداری انتخاب شد.

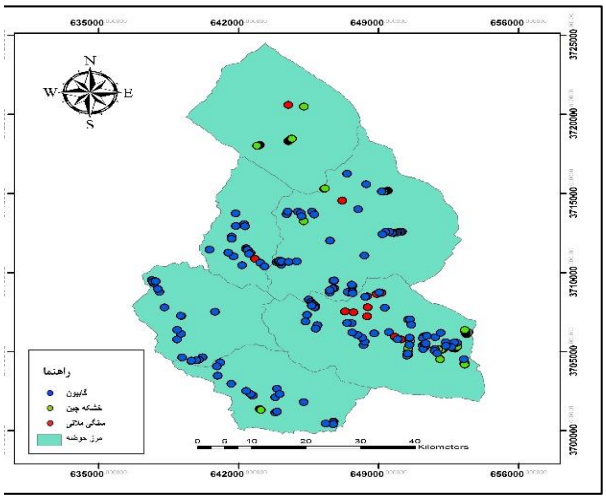
اقدامات آبخیزداری پیشنهادی در منطقه موردمطالعه

در حوزه موردمطالعه، به‌منظور کنترل رسوب و جلوگیری از ورود آن به سد مخزنی ایلام که یکی از اهداف آن فراهم کردن آب شرب شهر ایلام است (در پایین‌دست ایستگاه هیدرومتری گل‌گل و در فاصله ۸ کیلومتری آن واقع شده است)، طی مطالعه‌ای که از طرف شرکت آب منطقه‌ای ایلام با مشارکت دانشگاه ایلام انجام شده است تعدادی سازه آبخیزداری پیشنهاد شده است که هدف این مطالعه ارزیابی اثر سازه‌های پیشنهادی (بند سنگی ملاتی، بند گابیونی، سازه‌های خشکه چین) بر روی دبی حداکثر لحظه‌ای در سیلاب با دوره بازگشت یکسان است (شکل ۷ و جدول ۱).

جدول ۱- حجم مخزن سازه‌های اصلاحی پیشنهادی در زیرحوزه‌های حوزه آبخیز گل‌گل

Table 1- Reservoir volume of the proposed checkdams in subcatchments of Gol-Gol watershed

ردیف Row	زیرحوزه‌ها Subcatchments	حجم مخزن سازه‌های پیشنهادی (مترمکعب) Tank volume of proposed structures (cubic meters)	تعداد سازه‌های پیشنهادی The number of proposed structures
1	IDB_01	6194.9	22
2	IDB_{int}_02	66136.4	56
3	IDB_03	63554.5	18
4	IDB_04	231577.4	81
5	IDB_{int}_05	89320.5	19
6	IDB_06	27073.2	21

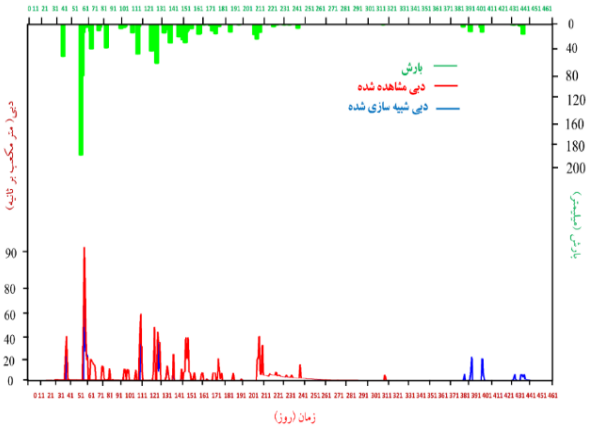


شکل ۷- موقعیت سازه‌های پیشنهادی منطقه موردمطالعه

Figure 7- Location of proposed chek dams in the study area

نتایج

در این مطالعه، دوره زمانی ۲۲ سپتامبر ۲۰۰۴ تا ۲۱ سپتامبر ۲۰۰۵، برای مرحله واسنجی در نظر گرفته شد که در اولین اجرای مدل نتایج رضایت‌بخشی حاصل نگردید. بر این اساس پارامتر شماره منحنی برای به دست آوردن نتیجه بهینه در محدوده مجاز بارها تغییر داده شد و هر بار نتایج مدل با داده‌های مشاهده‌ای مقایسه شد تا درنهایت بهترین نتیجه به دست آمد. نتایج این مرحله در جدول ۲ و شکل ۸ ارائه شده است.



شکل ۸- هیدروگراف جریان مشاهده‌ای و شبیه‌سازی‌شده در مرحله واسنجی مدل

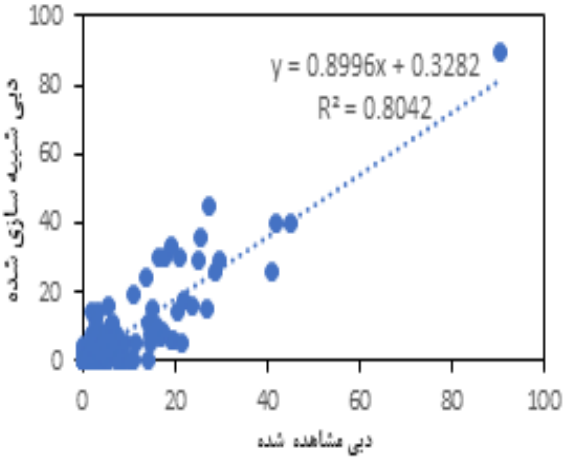
Figure 8- Observed and simulated flow hydrograph in the model calibration step

جدول ۲- مقایسه حجم و دبی مشاهده‌ای و شبیه‌سازی‌شده در مرحله واسنجی

Table 2- Comparison of observed and simulated volume and flow in the calibration step

پارامتر Parameter	مشاهده‌شده Observed	شبیه‌سازی‌شده Simulated
دبی حداکثر Peak flow	90 (m^3/s)	89.7 (m^3/s)
حجم Volume	388.39 (m^3)	392.97 (m^3)

در شکل ۹ و جدول ۳ ضریب همبستگی و پراکندگی داده‌ها و مقادیر شاخص‌های کارایی مدل در مرحله واسنجی مشاهده می‌شود.



شکل ۹ - ضریب همبستگی و پراکندگی داده‌های مورداستفاده در مرحله واسنجی

Figure 9- Correlation coefficient and dispersion of the data used in the calibration step

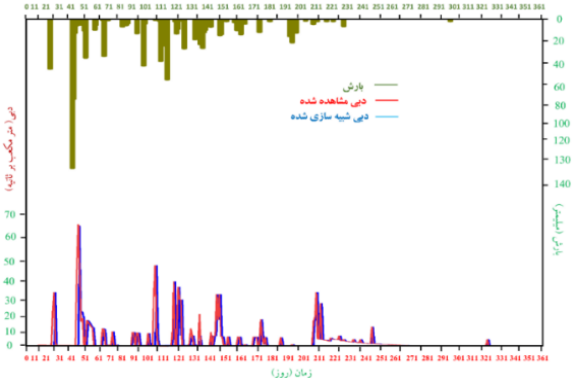
جدول ۳- مقادیر شاخص‌های کارایی مدل در مرحله واسنجی

Table 3- Values of model efficiency indicators in the calibration step

شاخص Indicator	مقدار کارایی The amount of efficiency
ضریب نش – ساتکلیف Nash-Sutcliffe coefficient	0.79
ضریب همبستگی Correlation coefficient	0.80

نتایج مرحله اعتبارسنجی مدل

با استفاده از پارامترهای بهینه‌شده، مدل اعتبارسنجی شد که نتایج آن در جداول ۴ و ۵ و شکل‌های ۱۰ و ۱۱ ارائه شده است.



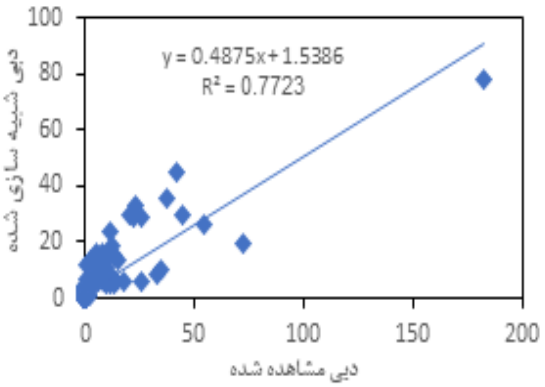
شکل ۱۰- هیدروگراف جریان مشاهده‌ای و شبیه‌سازی‌شده در مرحله اعتبار سنجی

Figure 10- Observed and simulated flow hydrograph in the validation step

جدول ۴- مقایسه حجم و دبی مشاهده‌شده و شبیه‌سازی‌شده در مرحله اعتبار سنجی

Table 4- Comparison of the observed and simulated water volume in the validation step

پارامتر Parameter	مشاهده‌شده observed	شبیه‌سازی‌شده Simulated
دبی حداکثر Peak flow	67.7	67.1
حجم Volume	392.77	397.75



شکل ۱۱ – همبستگی بین دبی مشاهده‌ای و شبیه‌سازی‌شده در مرحله اعتبارسنجی

Figure 11- Correlation between observed and simulated discharge in the validation phase

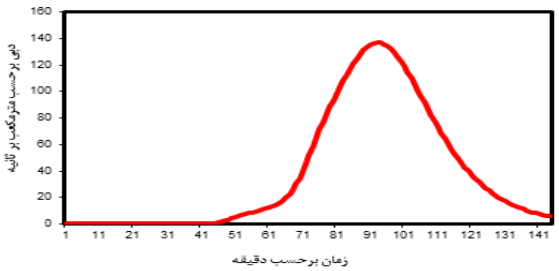
جدول ۵- مقادیر شاخص‌های کارایی مدل در مرحله اعتبار سنجی

Table 5- Values of model performance indicators in the validation step

شاخص Indicator	مقدار کارایی The amount of efficiency
ضریب نش – ساتکلیف Nash-Sutcliffe coefficient	76%
ضریب همبستگی Correlation coefficient	77%

مرحله پیش‌بینی مدل (ارزیابی عملکرد سازه‌های آبخیزداری)

در مرحله پیش‌بینی اثرات هیدرولوژیک اقدامات مکانیکی دو سناریوی اصلی موردبررسی قرار گرفت: در سناریوی اول جریان خروجی حوزه بدون وجود سازه‌های آبخیزداری شبیه‌سازی و پیش‌بینی شد. در سناریوی دوم جریان خروجی حوزه باوجود سازه‌های آبخیزداری شبیه‌سازی و پیش‌بینی شد که نتایج آن در جداول ۶ و ۷ و شکل‌های ۱۲ و ۱۳ نشان داده شده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، وجود و احداث سازه‌های آبخیزداری تأثیر مثبت و مؤثری بر کاهش دبی حداکثر و دبی میانگین حوزه موردمطالعه داشته است که نتایج این تحقیق با مطالعه Mostafazadeh و همکاران در سال ۲۰۰۸ که به بررسی حوزه آبخیز در استان گلستان با استفاده از مدل HEC-HMS پرداخته‌اند، مطابقت دارد.



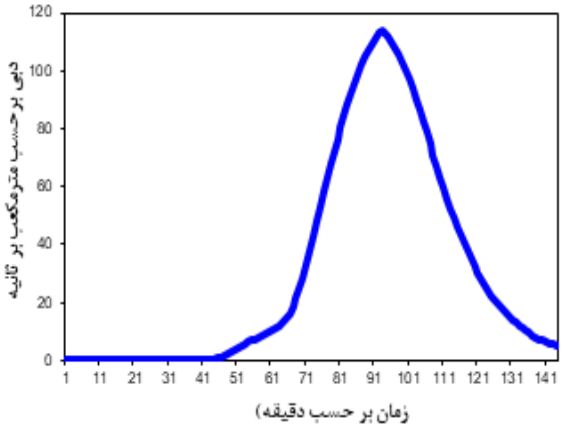
شکل ۱۲ – هیدروگراف پیش‌بینی‌شده جریان با گام‌های زمانی ۱۰ دقیقه‌ای برای یک رگبار ۲۴ ساعته در حالت عدم وجود سازه آبخیزداری

Figure 12- Predicted flow hydrograph with 10-minute time steps for a 24-hour rainstorm in the absence of a watershed structure

جدول ۶. مقادیر دبی اوج و ارتفاع رواناب پیش‌بینی‌شده قبل از اجرای سازه‌های آبخیزداری

Table 6- The values of the peak discharge and the height of the predicted runoff before the implementation of watershed structures

دبی اوج **Peak flow**	137 (m^3/s)
ارتفاع رواناب **Runoff**	12.9 (mm)



شکل ۱۳ – هیدروگراف پیش‌بینی‌شده جریان با گام‌های زمانی ۱۰ دقیقه‌ای برای یک رگبار ۲۴ ساعته در حالت وجود سازه آبخیزداری

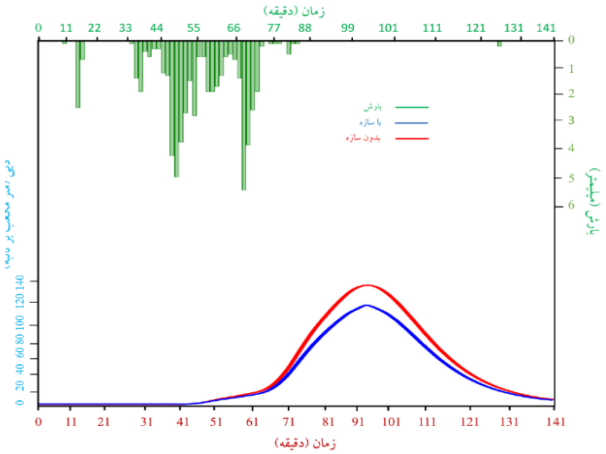
Figure 13- Predicted flow hydrograph with 10-minute time steps for a 24-hour rainstorm in the presence of a watershed structure.

جدول ۷- نتایج مقادیر دبی اوج و ارتفاع رواناب پیش‌بینی‌شده بعد از اجرای سازه‌های آبخیزداری

Table 7- The results of peak discharge values and predicted runoff height after the implementation of watershed structures

دبی اوج **Peak flow**	114.2(m^3/s)
ارتفاع رواناب **Runoff**	10.77(mm)

مقایسه هیدروگراف سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ سال در شرایط قبل و بعد از اقدامات آبخیزداری در شکل ۱۴ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود دبی حداکثر در هیدروگراف بدون سازه ۱۳۷ مترمکعب بر ثانیه و هیدروگراف جریان در حالت با سازه ۱۱۴/۲ مترمکعب بر ثانیه است.



شکل ۱۴– مقایسه هیدروگراف پیش‌بینی‌شده جریان با گام‌های زمانی ۱۰ دقیقه‌ای برای یک رگبار ۲۴ ساعته در حالت وجود و عدم وجود سازه آبخیزداری

Figure 14- Comparison of the predicted flow hydrograph with 10-minute time steps for a 24-hour rainstorm in the presence and absence of a watershed structure

بحث

پس از جمع‌آوری داده‌های بارش و هیدرومتری خروجی حوزه، پارامترهای مربوط به بارندگی حوزه بررسی شد. سپس مدل بر اساس داده‌های موجود در سال‌های ۲۰۰۴-۲۰۰۵ اجرا و بهینه‌سازی شد که نتایج نشان داد که دبی حداکثر مشاهده‌شده ۹۰ مترمکعب بر ثانیه و در مقابل دبی شبیه‌سازی‌شده ۸۹/۷ مترمکعب بر ثانیه است. ضریب همبستگی و پراکندگی داده‌های مورداستفاده نیز در مرحله واسنجی ۸۰٪ و ضریب نش- ساتکلیف ۷۹٪ به دست آمد که نشان‌دهنده نتایج قابل‌قبول شبیه‌سازی است در ادامه با استفاده از پارامترهای بهینه‌شده مدل طی دوره زمانی یک‌ساله ۲۰۰۶ اعتبارسنجی شد که دبی حداکثر مشاهده‌شده ۶۷/۷ مترمکعب بر ثانیه و مقدار شبیه‌سازی‌شده ۶۷/۱ مترمکعب بر ثانیه به دست آمد. همچنین شاخص‌های کارایی مدل با ضریب همبستگی ۷۷٪ و ضریب نش ساتکلیف ۷۶٪ به‌دست‌آمده است. بر اساس نتایج حاصل از واسنجی و اعتبارسنجی مدل و با توجه به درصد کم اختلاف بین دبی‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی‌شده در وقایع مورداستفاده مشخص شد مدل HEC-HMS از کارایی لازم برای شبیه‌سازی حوزه آبخیز

گل‌گل برخوردار است. در ارزیابی عملکرد سازه‌های آبخیزداری بر روی دبی به‌منظور ارزیابی عملکرد سازه‌های آبخیزداری پیشنهاد شده و تأثیر آن‌ها بر روی دبی حداکثر حاصل از یک رگبار با دوره بازگشت ۲۵ ساله بر اساس یک سناریو با گام‌های زمانی ۱۰ دقیقه‌ای به مدل HEC-HMS وارد شد که نتایج آن‌ها در این مرحله به‌صورت دو سناریوی اصلی موردبررسی قرار گرفت. در سناریوی اول جریان خروجی حوزه بدون وجود سازه‌های آبخیزداری شبیه‌سازی و پیش‌بینی شد که دبی حداکثر لحظه‌ای پیش‌بینی‌شده ۱۳۷ مترمکعب بر ثانیه مشاهده شد و در سناریوی دوم دبی حداکثر لحظه‌ای پیش‌بینی‌شده با پیش‌بینی احداث سازه‌های آبخیزداری، ۱۱۴/۲ مترمکعب بر ثانیه محاسبه شد که بیانگر کاهش ۲۲/۸ مترمکعب بر ثانیه دبی (معادل ۱۷٪) کاهش دبی است.

نتایج این تحقیق با مطالعه Nasiri Moghadam در سال ۲۰۱۳ که به بررسی حوزه آبخیز در ناحیه گلابدره و دربند تهران با استفاده از مدل HEC-HMS پرداخته‌اند مطابقت دارد و تأییدکننده تأثیر اقدامات آبخیزداری در کاهش کنترل سیلاب است. در مطالعه‌ای دیگر Misbah و همکاران در سال ۲۰۰۷، ارزیابی اثر اجرای طرح‌های آبخیزداری بر کاهش سیلاب را انجام دادند. نتایج نشان داد طرح‌های اجراشده اثر چشمگیری بر کاهش سیلاب خروجی حوزه دارند. با توجه به اینکه در تحقیق حاضر نیز سازه‌های آبخیزداری در ناحیه موردمطالعه موجب کاهش سیلاب شده است، با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. همچنین در تحقیقی دیگر، Mazloumi و همکاران در سال ۲۰۰۹، تأثیر اقدامات آبخیزداری در حوزه آبخیز قاضی‌آباد در استان آذربایجان غربی را موردبررسی قراردادند. نتایج آن‌ها نیز نشان داد که اجرای پروژه‌های آبخیزداری در کاهش سیلاب مؤثر است که نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق اشاره شده مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری کلی

مطالعه حاضر با هدف ارزیابی تأثیر اقدامات آبخیزداری بر دبی حداکثر و میانگین رواناب در حوزه آبخیز گل‌گل، با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS انجام گرفت. برای ارزیابی تأثیر سازه‌های پیشنهادی اقدام به شبیه‌سازی رفتار سیلاب برای رخدادهای موجود گردید. معیارهای دبی اوج و حجم سیلاب برای ارزیابی تعیین و مقادیر آن‌ها برای دو وضعیت قبل و بعد از اقدامات آبخیزداری محاسبه گردید. نتایج مقایسه آماری نشان داد این اقدامات تأثیر بسزایی در کاهش رواناب و دبی منطقه موردمطالعه دارد. نتایج واسنجی نیز نشان داد که پارامتر شماره منحنی یکی از حساس‌ترین و مؤثرترین پارامترها بر روی رواناب است. مرحله ارزیابی سازه‌های آبخیزداری و تأثیر آن‌ها بر روی دبی حاصل از یک رگبار با دوره بازگشت ۲۵ سال بیانگر کاهش ۲۲/۸ مترمکعب بر ثانیه دبی حداکثر بود که درنهایت می‌توان نتیجه گرفت ایجاد و ساخت سازهای آبخیزداری بهترین راه‌حل در جلوگیری از سیل در این منطقه است که تأییدکننده تأثیر سازه‌ها بر کاهش سیلاب است. بر اساس اصول آبخیزداری، شرایط توپوگراقی، اقلیمی و ادافیکی یک حوزه تعیین‌کننده روش مورداستفاده برای کنترل فرسایش و رسوب و همچنین مدیریت منابع آب است. با توجه به اهمیت حوزه آبخیز موردمطالعه در تأمین آب شرب شهر ایلام، روش‌های مختلف و متعددی شامل روش‌های بیولوژیکی، اجتماعی و مکانیکی برای کنترل و کاهش رسوب و دبی‌های حداکثر در دستور کار بوده که بدون شک تلفیق این روش‌ها بهترین نتایج را خواهد داشت. لذا پیشنهاد می‌شود اثر سایر روش‌ها نیز در محاسبات مدنظر قرارگرفته و با بررسی اثر اقدامات انجام شده بر رسوب‌دهی آبخیز و مشخص نمودن نقاط قوت و ضعف طرح، قضاوت بهتری از تأثیر عملیات ارائه شود.

References

Aliye, M.A., Aga- A. O., Tadesse, T. & Yohannes, P. (2020). Evaluating the Performance of HEC-HMS and SWAT Hydrological Models in Simulating the Rainfall-RunoiT Process for Data Scarce Region of Ethiopian Rift Valley Lake Basin. Open *Journal of Modern Hydrology*, 10, 105-111.

Bani Asadi, M. & Haj Seyyed Alikhani, N. (2016). Investigation of the effect of water management operations in reducing floods in the Merid Baft Valley watershed, *Irrigation and Water Scientific Research Quarterly*, 30, 211-226. (In Persian)

Chamanpira, R. & Roghani, M. (2017). Investigating the effect of mechanical water management measures on the reduction of peak flood discharge using the HEC-HMS model, a case study (Nahand watershed of East Azerbaijan), *Scientific Research Journal of Engineering and Management*, 10, 350. (In Persian)

Damadi, S., Zahwari, A., Dehmarde Qala-no, M. & Ebrahimian, M. (2019). Technical report of flood hydrograph simulation using HEC-HMS model in Sarbaz watershed, Sistan and Baluchistan, *watershed management research journal*, 287-295.

Dehghani, M. (2009). A research plan for drought assessment and forecasting in South Khorasan Province with emphasis on fuzzy logic in data reconstruction, *South Khorasan Province Agriculture and Natural Resources Research Center*, 105. (In Persian)

Dehghani-Firouz Abadi, N., Jamali, A.A. & Hassanzadeh Nafuti, M. (2013). Investigation of the effect of water management measures on the reduction of flood in the watershed with the help of HEC-HMS mathematical model (case study: Yazd watershed). *Space Geography Scientific-Research Quarterly*, 47, 163-182. (In Persian)

Eskandari, M., Dosturani, M., Fatahi, A. & Nasri, M. (2012). Evaluation of the effects of water management measures on the flow regime of the Zayinde Rood watershed (case study: Manderjan sub-basin), *the third National Water Management Conference, Dama Manshaba Agriculture and natural resources*. 21-29. (In Persian)

Fasahat, V., Hanarbakhsh, A., Samadi Borujni, H. & Zamani, A. (2011). the effect of reservoir dam construction in reducing the peak discharge of the downstream flood using HEC-HMS software (case study: Junghan-Farsan watershed, Chehar Mahal province and Bakhtiari), *7th National Conference on Water Management Science and Engineering, Isfahan Industrial University*, 3-5 (In Persian).

Guduru, J.U., Jilo, N.B., Rabba, Z.A. & Namara, W.G. (2023). Rainfall-runoff modeling using HEC-HMS model for Meki River watershed, rift valley basin, Ethiopia. *Journal of African Earth Sciences*. 197, 104743.

Hashemi, A. (2013). The effect of dry rock dams on the reduction of peak flood discharge in arid and semi-arid areas (case study: watershed in Jezin Semnan), *Journal of Agricultural Science and Technology and Natural Resources*, 66, 171 - 159. (In Persian)

Hosseini, S., Mohseni Sarvi, Ahmadi, H. & Najafinejad, A. (2008). Evaluation of watershed management projects (case study of Viro Ramian watershed), *Journal of Faculty of Natural Resources*, 2, 348-335. (In Persian)

Khosrowshahi, M. & Thaghafian, B. (2005). Spatial prioritization of flood dam areas as a solution for implementing flood containment and control operations in watersheds using the HEC-HMS model, *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 12, 128- 138, (In Persian)

Mazloumi, P., Khanmohammadi, N., Scottiaskowi, R. & Rezaei, H. (2009). Evaluation of the impact of water management activities in reducing the occurrence of floods, a case study of Qaziabad watershed in West Azerbaijan. *The second international conference on comprehensive water resources management.* Shaheed Bahoner University of Kerman. 7-1. (In Persian) 1.

Mostafazadeh, R., Sadoddin, A., Bahremand, A., Sheikh, V. & Nazarnejad, H (2008).

(case study of Gosh and Behra watershed), *Watershed Management Research Journal*, 7th year, 13, 60. (In Persian)

Nasiri Moghadam, F. (2013). evaluation of the effect of irrigation operations on the flood of deposits using hydrological models, *the first regional water conference, publication year 1385*, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, 138. (In Persian)

Nash, J.E. & Sutcliffe, J.V. (1970). River flow forecasting through conceptual models part I - A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, 10(3): 282–290.

Sadeghi, S. H. R., Sharifi, F., Fortun, A. & Rezaei, M. (2013). Quantitative evaluation of the performance of watershed management measures (case study: Keshar watershed). *Journal of Research and Construction in Natural Resources*, 65, 102-96. (In Persian)

Statistical Yearbook of Ilam Province, (2014). USACE (US Army Corps of Engineers), (2000). *HEC-HMS Technical Refrence Manual. Hydrologic Engineering Center*, Davis, C.A, 157, 234-238.

Assessing Hydrological Effects of Jafar-Abad Watershed Management Project in Golestan Province Using HEC-HMS Model, T*he fifth national conference Watershed Science and Engineering of Iran*, 1-12.

Moghadasi, N., Sheikh, V.B. & Karimirad, A. (2014). Evaluation of the hydrological effect of mechanical water management measures (case study: Bostan Dam watershed). *The second national conference on engineering and agricultural management, environment and sustainable natural resources*. 1-15.

Misbah, S.H. & Fakharizadeh, A. (2007). Evaluation of the effect of implementing watershed management plans on flood control in Firozabad Preziton area, Fars. *The first national conference on comprehensive management of water exploitation*, Shahid Bahonar University, Kerman. 3-5. (In Persian)

Noorali Ghazi Mahalle, M. & Chahreman B. (2015). Evaluation of the impact of watershed management operations on the flood pattern using the HEC-HMS model