

ارزیابی عملکرد سدهای انحرافی سیستان و زهک بر رودخانه سیستان به کمک

مدل هیدرولیکی HEC-RAS

میثم امیری^{۱*}

Meysam.amiri@uoz.ac.ir

مهدی کیخا^۲

فرزاد حسن پور^۳

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۷/۰۷

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۰۵

چکیده

زمینه و هدف: رودخانه‌ها به‌عنوان شریان‌های اصلی حیات بشری محسوب می‌شود، از این‌رو مهار نمودن و بهره‌برداری صحیح از این منابع سطحی مستلزم شناخت صحیح رفتار آن‌ها و سرمایه‌گذاری در زمینه ساماندهی رودخانه‌ها می‌باشد. با استفاده از بررسی و ارزیابی پروژه‌های انجام پذیرفته در این زمینه می‌توان جنبه‌های مثبت و منفی اجرای این طرح‌ها را بررسی نموده و از نتایج حاصله به منظور رفع نواقص طرح‌ها، بهبود کارایی آن‌ها و ثمربخشی بیشتر طرح‌های آتی استفاده نمود.

روش بررسی: رودخانه سیستان به‌عنوان مهم‌ترین رودخانه مرزی ایران و افغانستان می‌باشد که حیات سیستان به آن وابسته است. طول این رودخانه در خاک ایران به حدود ۷۰ کیلومتر می‌رسید. در این تحقیق به بررسی عملکرد سازه‌های سد انحرافی سیستان و زهک و سازه‌های جانبی در مسیر این رودخانه به کمک مدل هیدرولیکی HEC-RAS پرداخته شده است.

یافته‌ها: وجود این سازه‌ها در مسیر رودخانه باعث افزایش حداکثر توان عبوری سیلاب رودخانه سیستان در حالت عدم وجود این سازه‌ها از ۵۰۰ مترمکعب بر ثانیه به ۸۱۰ مترمکعب بر ثانیه شده است. هم‌چنین با توجه به اهمیت برآورد میزان ضریب زبری مانینگ با دقت بالا برای انجام محاسبات هیدرولیکی در طراحی‌های مهندسی رودخانه، میزان ضریب زبری بستر اصلی رودخانه سیستان ۰/۰۲ و برای سیلاب

دشت‌ها ۰/۰۳۵ برآورد گردید. از دیگر یافته‌های این تحقیق می‌توان به رابطه دبی-دوره بازگشت به صورت $Q = 360.6Ln(T) + 16.56$ اشاره کرد.

۱- مربی گروه پژوهشی پژوهشکده تالاب بین المللی هامون، دانشگاه زابل، زابل، ایران. * (مسئول مکاتبات)

۲- مربی گروه پژوهشی پژوهشکده تالاب بین المللی هامون، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

بحث و نتیجه‌گیری: وجود سازه سدهای انحرافی در مسیر رودخانه‌های غیرقابل پیش‌بینی چون رودخانه سیستان توان عبوری جریان را می‌توانند در بعضی موارد نزدیک به دو برابر افزایش دهند، در این تحقیق تأثیر افزایش ۳۱۰ مترمکعبی بر توان عبوری رودخانه سیستان مشاهده گردید که یکی از دلایل تأثیر به نسبت کم (انتظار ما بیش از این بوده است) شیب ناچیز دشت سیستان و پخش شدن آب در بستر سیلابی و پس‌زدگی آب در مسیر جریان رودخانه سیستان می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: شبیه‌سازی هیدرولیکی، سامانه رودخانه، HEC-RAS.

Evaluating the performance of Sistan and Zahak diversion dams in Sistan River using HEC-RAS hydraulic model

Meysam Amiri ^{1*}

Meysam.amiri@uoz.ac.ir

Mahdi Kaikha ²

Farzad Hassanpour ³

Admission Date: September 29, 2015

Data Received: December 26, 2014

Abstract

Background and Objective: Rivers are the main arteries of human life, thus control and proper exploitation of these surface resources require a proper understanding of their behavior and investment in the river improvement. By reviewing and evaluating the projects carried out in this area, their positive and negative aspects can be checked and the obtained results can be used to overcome the projects shortcomings, improve their efficiency and make the future projects more fruitful.

Method: Sistan River is the major border river between Iran and Afghanistan and Sistan life depends on it. The length of this river in Iran is about 70 Km. This study attempts to evaluate the performance of Sistan and Zahak diversion dam structures and the structures alongside the river using HEC-RAS hydraulic model.

Findings: The results show that these structures increase the maximum Sistan flood power transmission in the absence of these structures from 500 m³/s to 810 m³/s. Considering the importance of estimating Manning roughness coefficient with high precision for hydraulic calculation in the river engineering projects, the main river bed roughness coefficient for the main river and the flood plains of Sistan were estimated as 0.02 and 0.035, respectively. It was also found that Discharge-Return period relation can be expressed as $Q = 360.6Ln(T) + 16.56$. Existence of diversion dam structures on the unpredictable rivers such as Sistan River may double the flood power transmission in some cases.

Discussion and Conclusion: In this study, the effect of 310 m³ per power transmission increase through Sistan River was observed. The reasons for the relatively low impact (the expectation was more) are slight slope of Sistan plain, and water expansion on flood plain and back water in the direction of Sistan River flow.

Keywords: Hydraulics Simulation, River System, HEC-RAS.

1- Instructor, Hamoun International Wetland Research Institute, Department of Water Resources, University of Zabol, Zabol, Iran. * (*Corresponding Author*)

2- Instructor, Hamoun International Wetland Research Institute, Department of Water Resources, University of Zabol, Zabol, Iran.

3-Associate Professor, Department of Water and soil, Faculty of Water Engineering, University of Zabol, Zabol, Iran.

مقدمه

سدهای انحرافی یکی از سازه‌های عظیم آبی محسوب می‌شوند که به منظور انحراف و انتقال آب رودخانه‌ها با افزایش هد آب، برای مصارف شرب، کشاورزی و صنعت ساخته می‌شوند. این سدها با تغییر در تراز بستر، عرض کانال و اندازه مصالح بستر و سواحل، بر هندسه هیدرولیکی رودخانه بالادست و پایین‌دست تأثیر می‌گذارند (۱).

بررسی خصوصیات جریان در یک بازه رودخانه‌ای نظیر عمق، سرعت و ضریب زبری در مسیر اصلی و کناره‌های رودخانه از نیازهای اساسی در طرح‌های مهندسی رودخانه است. با وجود این، نیاز حداقل به اطلاعات صحرائی، حجم محاسباتی اندک و درجه اعتماد کاربرد مدل‌های ریاضی در شرایط رودخانه‌های طبیعی موردنظر می‌باشد (۲).

مقاومت در برابر حرکت جریان آب در مجاری باز (رودخانه‌ها، کانال‌ها) تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله جنس مصالح بستر و بدنه، شکل مقطع و میزان نامنظمی آن، پوشش گیاهی، خم‌های رودخانه، شکل پلان مسیر مجرا و ... قرار دارد. این امر در هیدرولیک رودخانه اثر گذاشته و کلیه این عوامل در ضریب زبری نمایان می‌گردد. از جمله روابط مورد استفاده در تحلیل مقاومت جریان، رابطه مانینگ می‌باشد. تجربه نشان می‌دهد که حساسیت مدل‌های پیش‌بینی کننده مشخصات جریان در مجاری باز نسبت به ضریب مانینگ زیاد بوده و لذا انتخاب صحیح آن در پروژه‌های مهندسی رودخانه از اهمیت به‌سزایی برخوردار است.

ماینرلی در سال ۲۰۰۶، مدل ارتفاع رودخانه را که مفهوم کلی آن استفاده از شبیه‌سازی هیدرولوژیکی برای ایجاد سطح آب رودخانه براساس خواص فیزیکی و هیدرولوژیکی از شبکه کانال داده است، برای حالت کلی در تحقیقی مورد بررسی قرارداد و اظهار کرد با فرض اطلاعات کافی در مورد کانال با انجام شبیه‌سازی، ارتفاعات آب در طول کانال، به‌عنوان تابعی از میزان جریان تولید می‌شود (۳).

آندام در سال ۲۰۰۳ در مقایسه رژیم رودخانه‌های جنگلی و خارج از جنگل با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS و الحاقیه HEC-Geo-RAS تغییرات سرعت و عدد فرود را در این دو نوع رودخانه مورد بررسی قرارداد و تأثیر پوشش گیاهی بر رژیم و رفتار هیدرولیکی جریان را با این مدل مقایسه کرد و نتیجه گرفت که استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS می‌تواند مقادیر عددی مناسبی را جهت مطالعه رژیم و سایر خصوصیات هیدرولیکی جریان رودخانه در اختیار محققین قرار دهد (۴).

جانسون^۴ و همکارانش در سال ۱۹۹۹، به کمک مدل HEC-RAS در طول ۱۰ کیلومتر از رودخانه ویومینگ گری بول^۵ در آمریکا به تعیین حد اراضی مرطوب پرداختند. آن‌ها با استفاده از مدل مذکور پروفیل سطح آب رودخانه را شبیه‌سازی کردند. هم‌چنین با انحراف آب برای یک مخزن جدید و تعیین شرایط مرزی با و بدون انحراف با مقیاس مشابه، پیش‌بینی کردند که کل مساحت زیر سیل در مواقع انحراف ۲۸۳۱۳ لیتر بر ثانیه از ۱۶۷/۲ به ۱۴۹/۷ هکتار کاهش یابد (۵).

حسین روشان و همکاران در سال ۱۳۹۲، در تحقیقی با بررسی رفتار هیدرولیکی رودخانه بشار، استان کهگیلویه و بویراحمد به کمک مدل HEC-RAS به این نتیجه رسیدند که این مدل می‌تواند مقادیر عددی مناسبی را برای مطالعه خصوصیات هیدرولیکی جریان در رودخانه‌ها ارائه دهد و جهت پهنه‌بندی سیلاب با دقت بالا و هزینه اندک مورد استفاده قرار گیرد (۶).

مینا سیفی زاده و همکاران در سال ۱۳۹۲، با استفاده از مدل‌های ریاضی (HEC-RAS)، تغییرات مورفولوژی رودخانه پلرود را در پایاب سد برای یک دوره کوتاه‌مدت پس از احداث سد، پیش‌بینی کردند. سپس نتایج آن با حالت عدم وجود سد مقایسه شد. نتایج نشان داد که در حالت وجود سد، فرسایش بیشتری در رودخانه ایجاد می‌شود (۷).

3- Andam
4- Johnson
5- Wyoming, Grey bull

1- Diversion dams
2- Minnerly

عملکرد سازه‌های موجود در مسیر این رودخانه، انجام این تحقیق ضروری به نظر می‌رسد. در این تحقیق تأثیر سدهای انحرافی سیستان و زهک بر عملکرد رودخانه سیستان در یک بازه ۷۰ کیلومتری در شرایط حاضر توسط نرم‌افزار HEC-RAS شبیه‌سازی شد و در نهایت سناریوهای مختلفی جهت ارزیابی عملکرد چون حداکثر توان عبوری رودخانه سیستان در شرایط وجود و عدم وجود سازه-های انحرافی سد سیستان و زهک، عملکرد سیلبر زهک-نیاتک و عملکرد سازه‌های جانبی (کانال‌های طاهری، شهر، شیب آب و پشت آب) در دبی متوسط رودخانه سیستان مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی دشت سیستان

رودخانه سیستان با آب‌دهی متوسط سالانه ۲/۶ میلیارد مترمکعب و نوسانات بسیار زیاد از هیرمند منشعب شده و بعد از آبیاری دشت سیستان به هامون هیرمند تخلیه می‌شود. طول رودخانه سیستان به حدود ۷۰ کیلومتر می‌رسد که ارتفاع ابتدای آن ۴۹۲ متر و ارتفاع انتهایی آن در پایین‌ترین نقطه ۴۷۳ متر از سطح دریا می‌باشد.

حاجی قلی زاده در سال ۱۳۸۳ به بررسی نقش دخالت‌های انسانی بر رفتار سیل در بخشی از رودخانه کن تهران با استفاده از نرم‌افزار هیدرولیکی HEC-RAS پرداخت و نقش دخالت‌های انسانی شامل پل‌ها، آب‌گذرها، آب‌شکن‌ها و احداث پارک ارم را در طول بازه‌ای به طول ۷ کیلومتر در دوره بازگشت‌های متفاوت بررسی کردند. نتایج پژوهش وی حاکی از تأثیر متفاوت هر یک از دخالت‌های مذکور بر عمق و سطح سیل گیری بوده و تعیین دوره بازگشت بهینه برای هریک از سازه‌ها در بازه مورد نظر مشخص نمود که آب‌گذرها و شیب‌شکن‌ها به ترتیب، بیشترین و کمترین تأثیر را در عمق و سطح سیل گیری دارند (۸).

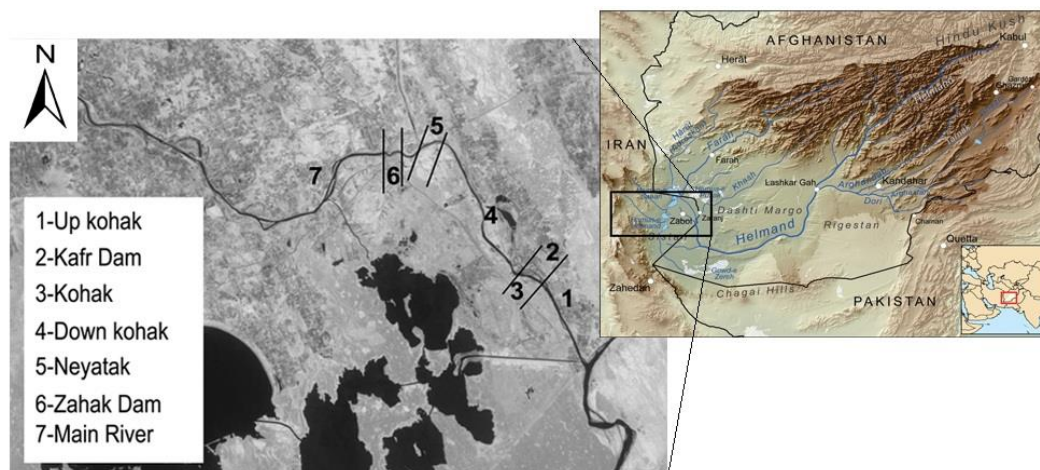
بیاتی خطیبی در سال ۱۳۸۷، به بررسی نحوه تأثیر سد سهند بر تغییرات مورفولوژی بستر جریان رودخانه قرن قو، بر ویژگی‌های فرسایشی و رسوب‌زایی آن پرداخته و تغییرات عمده‌ای را در مقطع عرضی، طولی بستر جریان و ... مشاهده کرد (۹).

نتایج مطالعات گذشته نشان می‌دهد که نرم‌افزار HEC-RAS می‌تواند به‌عنوان یک نرم‌افزار مرسوم در شبیه‌سازی رودخانه مورد استفاده قرار گیرد و با توجه به ضریب تغییرات زیاد دبی جریان در رودخانه سیستان و عدم بررسی کامل و جامع نحوی

جدول ۱- مشخصات سازه‌های موجود در مسیر رودخانه سیستان (به ترتیب قرارگیری در مسیر)

Table1- Specifications structures in in the way of Sistan River (by position on track)

توضیحات	نوع سازه
حدود ۲/۴ کیلومتر بالادست سد زهک و در ساحل راست رودخانه سیستان، طول ۱۰۵ متر و ارتفاع ۲ متر، چهار دهانه ۵/۲۵ متری، حداکثر توان عبوری ۵۹۰ مترمکعب بر ثانیه	سیلبر زهک- نیاتک
۱۷ کیلومتر بعد از ورود به مرز، طول آن ۵۳/۴ متر و دارای هشت دریچه به ابعاد $۳/۸ \times ۵/۸$ متر می‌باشد	سد انحرافی زهک
از ساحل چپ بالادست سد زهک، با سه دریچه به ابعاد $۲/۸ \times ۲/۵$ متر، ظرفیت ورودی ۳۰ مترمکعب بر ثانیه.	کانال طاهری
از ساحل راست بالادست سد زهک با سه دریچه به ابعاد $۲/۵ \times ۳/۱$ متر، ظرفیت ورودی ۳۰ مترمکعب بر ثانیه	کانال شهر
به فاصله ۱۷ کیلومتر بعد از سد به طول ۱۵۴ متر با ۶ دریچه به ابعاد $۳/۲ \times ۲۴$ متر زهک احداث گردیده است.	سد انحرافی سیستان
در ساحل چپ رودخانه سیستان از سراب سد سیستان منشعب شده و طول آن تقریباً ۱۹ کیلومتر با سه دریچه $۲/۲ \times ۶$ و ظرفیت ورودی ۳۰ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد.	کانال شیب آب
در ساحل راست رودخانه سیستان از سراب سد سیستان منشعب و به طول تقریبی ۲۵ کیلومتر طراحی گردیده است، سه دریچه $۲/۲ \times ۶$ ، ظرفیت ورودی ۳۰ مترمکعب بر ثانیه	کانال پشت آب



شکل ۱- موقعیت رودخانه سیستان و تقسیم‌بندی بازه‌های مطالعاتی

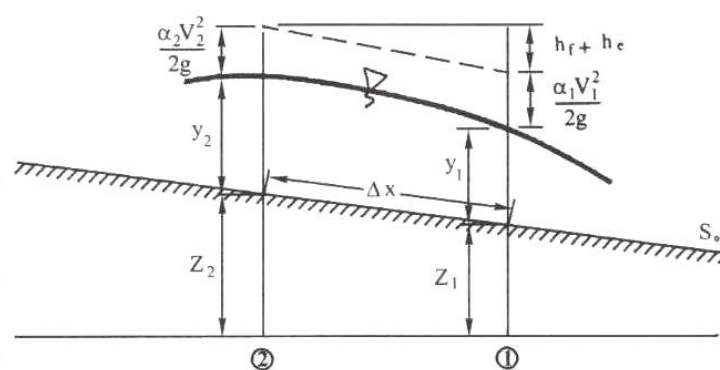
Figure 1- Location of Sistan River and classification study area

محاسبه پروفیل سطح آب

در این تحقیق شبیه‌سازی جریان به صورت دایمی و در دبی‌های مختلف با استفاده از مدل HEC-RAS انجام می‌شود. معادله انرژی در مدل HEC-RAS به روش گام‌به‌گام استاندارد پروفیل سطح آب را محاسبه می‌کند (۱۰).

روش محاسبه پروفیل سطح آب در مدل هیدرولیکی از یک مقطع به مقطع بعدی در شرایط جریان دایمی از طریق حل معادله انرژی به روش گام‌به‌گام استاندارد می‌باشد (شکل ۲). معادله انرژی یا معادله ساده برنولی عبارت است از (۱۰):

در این تحقیق برای تحلیل هیدرولیک جریان از مدل ریاضی HEC-RAS که نسخه تکمیل شده HEC-2 می‌باشد استفاده شده است. این مدل قادر به شبیه‌سازی جریان‌های یک‌بعدی دایمی و غیردایمی بوده و به خوبی می‌تواند سازه‌های عرضی نظیر سدهای انحرافی، آبگیرها و پل‌ها را مدل کند و دارای قابلیت‌های مختلف و توانایی گرافیکی در مورد شبیه‌سازی پدیده‌های رودخانه‌ای است و در طرح‌های مهندسی رودخانه مانند پهنه‌بندی سیل، تهیه پروفیل سطح آب با توجه به شرایط رودخانه، بررسی وضعیت و مشخصات جریان استفاده می‌شود.



شکل ۲- پروفیل سطح آب در معادله برنولی

Figure 2- Profiles water level in Bernoulli's Equation

که در آن h_s (افت ناشی از اصطکاک) مجموع دو افت طولی (h_f) و افت موضعی (h_e) می‌باشد.

$$Y_2 + Z_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + h_s \quad (1)$$

$$h_e = c_e \left| \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} - \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} \right| \quad (10)$$

که مقدار c_e از جدول زیر محاسبه می‌شود (جدول ۲):

جدول ۲- مقادیر c_e برای افت موضعی

Table 2-The values for c_e

وضعیت تبدیل	انبساط	انقباض
کانال منشوری (بدون تبدیل)	۰	۰
تبدیل تدریجی	۰/۳	۰/۱
تبدیل ناگهانی	۰/۸	۰/۶

روش مناسب دیگر در برآورد مقدار h_e (افت موضعی) به‌منظور نمودن آن در افت طولی و افزایش دادن درصد ناچیزی به مقدار ضریب زبری مانینگ می‌باشد. این روش محاسبه را نیز ساده می‌کند.

اگر $h = z + y$ را به‌عنوان تراز سطح آب نسبت به سطح مبنا نمایش دهیم:

$$h = z + y$$

$$H = h + \alpha \frac{v^2}{2g}$$

$$\begin{cases} z_2 = H_1 + h_f + h_e \\ or \\ h_2 + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} = h_1 + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} + h_f + h_e \end{cases} \quad (11)$$

روش میانگین ضریب انتقال HEC-RAS پیش‌فرض روش محاسبه میانگین شیب اصطکاکی در نرم‌افزار می‌باشد که کاربر می‌تواند به‌دلخواه روش محاسباتی را تغییر دهد. لازم به ذکر است که این نرم‌افزار قادر است بر اساس رژیم جریان و نوع پروفیل سطح آب، روش مناسب محاسبه میانگین شیب خط انرژی را انتخاب نماید.

برآورد دبی سیلاب

تجزیه و تحلیل داده‌های هیدرولوژی بدون وارد شدن به محاسبات احتمالی امکان‌پذیر نیست، یکی از واژه‌هایی که در آمار و احتمالات زیاد استعمال می‌شود، فراوانی با تعداد دفعاتی

$$h_s = h_f + h_e \quad (2)$$

مقدار h_f را می‌توان با استفاده از رابطه زیر به‌دست آورد.

$$h_f = \bar{S}_f \cdot \Delta X = \frac{1}{2}(s_{f1} + s_{f2}) \cdot \Delta X \quad (3)$$

ΔX = میانگین وزنی طول کانال است.

$$\Delta X = \frac{L_{lob} Q_{lob} + L_{ch} Q_{ch} + L_{rob} Q_{rob}}{Q_{lob} + Q_{ch} + Q_{rob}} \quad (4)$$

L_{lob}, L_{rob}, L_{ch} = طول جریان بین مقاطع به ترتیب در ساحل راست، کانال اصلی و ساحل چپ.

Q_{lob}, Q_{ch}, Q_{rob} = میانگین دبی جریان بین مقاطع به ترتیب در ساحل راست، کانال اصلی و ساحل چپ.

S_f = شیب خط انرژی بین دو مقطع که با استفاده از رابطه مانینگ قابل محاسبه می‌باشد.

$$S_f = \frac{n^2 v^{22}}{R^{\frac{4}{3}}} = \frac{Q^2 n^2}{R^{\frac{4}{3}} A^2} \quad (5)$$

با محاسبه شیب خط انرژی در دو مقطع مجاور می‌توان به روش‌های زیر میانگین شیب خط انرژی را به‌دست آورد:

$$\bar{S}_f = \frac{S_{f1} + S_{f2}}{2} \quad (6)$$

میانگین هندسی شیب

$$\bar{S}_f = \sqrt{S_{f1} \times S_{f2}} \quad (7)$$

میانگین ضریب انتقالی

$$\bar{S}_f = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2 \quad (8)$$

که K ضریب انتقال مقطع است و مقدار آن در سیستم انگلیسی:

و در سیستم متریک:

$$K = \frac{AR^{\frac{2}{3}}}{n} \quad (9)$$

در برآورد h_e (افت موضعی) روش منطقی مشخصی وجود ندارد ولی معمولاً مقدار آن به‌صورت زیر محاسبه می‌گردد:

در هیدرولوژی غالباً به جای کلمه احتمال از واژه دوره بازگشت (Return Period) نیز استفاده می‌شود. دوره‌ی بازگشت عکس احتمال است و آن تعداد سال‌هایی است که به‌طور متوسط بین وقوع در حادثه مشابه وجود دارد. اگر دوره بازگشت T (سال) و احتمال وقوع P باشد، رابطه آن برابر است با:

$$T = \frac{1}{P} \quad (13)$$

واسنجی مدل (کالیبراسیون)

به‌منظور واسنجی ارتفاع سطح آب محاسبه‌شده توسط مدل HEC-RAS از ارتفاع سطح آب اندازه‌گیری شده در ایستگاه هیدرومتری پایاب کهک از سال آبی ۱۳۶۸-۱۳۹۱ استفاده گردید. هم‌چنین جهت این کار به سد کهک رفته و مقطع عرضی ایستگاه هیدرومتری سد کهک نقشه‌برداری شد و ارتفاع سطح آب اندازه‌گیری و به مدل وارد گردید (شکل ۳).



شکل ۳- سد انحرافی کهک-محل کالیبراسیون

Figure 3- Kohak diversion dam- calibration location

است که یک پارامتر مشخص در مدت زمان معین می‌اتفاق افتد. برای محاسبه‌ی دبی حداکثر سیلابی با توجه به داشتن دبی حداکثر سالانه به کمک فرمول تحلیل فراوانی وقوع و دوره بازگشت می‌توان فرمول حداکثر دبی را برای دوره بازگشت‌های مختلف برازش داد.

برای این عمل چنانچه آمار یک مدت مشخص بدون توجه به سال وقوع به ترتیب صعودی ردیف شود، احتمال وقوع هر یک را می‌توان از فرمول زیر محاسبه کرد (ویبول (weibull).

$$P = \frac{m}{n+1} \quad (12)$$

P = احتمال وقوع

شماره ردیف (شماره‌ای که بعد از مرتب کردن

m = داده‌ها به‌صورت صعودی به آن‌ها اختصاص داده می‌شود)

n = تعداد کل داده (سال)

$$z^*(x_i) = \text{مقدار خروجی از مدل در نقطه } \hat{A}_m.$$

$$z(x_i) = \text{مقدار مشاهده‌شده در نقطه } \hat{A}_m.$$

$$n = \text{تعداد کل داده‌ها.}$$

نتایج

برآورد دبی سیلاب با دوره بازگشت مختلف رودخانه

سیستان

در راستای تعیین سیلاب با دوره بازگشت‌های متفاوت، با توجه به وقوع سیلاب‌های متعدد در رودخانه سیستان از روش تحلیل

ارزیابی مدل

بهترین مدل، مدلی است که کمترین اختلاف با واقعیت را داشته باشد. معیارهای ارزیابی استفاده‌شده در این مطالعه RMSE می‌باشد.

RMSE: مجذور میانگین مربع خطا است و به‌صورت معادله زیر محاسبه شود:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (z_i^* - z_i)^2}{n}} \quad (14)$$

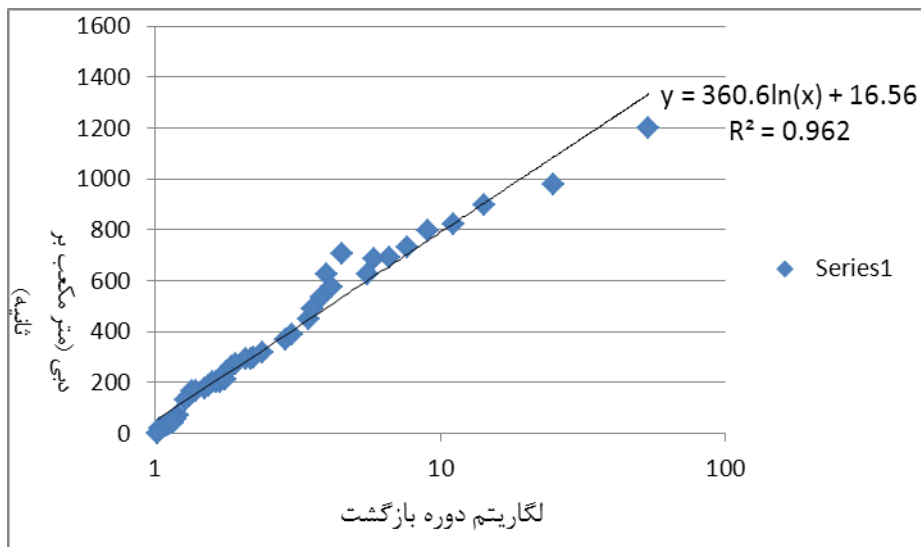
طراحی با دبی‌های موجود از سال ۱۳۳۷ تا ۱۳۹۰ به مدت ۵۳ سال با استفاده از فرمول ویبول انجام شد (جدول ۳).

فراوانی وقایع استفاده شد. این روش در هیدرولوژی برای به- دست آوردن احتمال وقوع یک حادثه مانند حداکثر لحظه‌ای سیلاب و امثال آن به کار می‌رود. بر این اساس تعیین سیلاب

جدول ۳- دبی حداکثر لحظه‌ای در سال‌های آماری ۱۳۳۷-۱۳۹۰

Table 3-Maximum discharge (1958-2011)

سال آبی	ردیف	احتمال	دوره (سال)	دبی (مترمکعب بر ثانیه)	سال آبی	ردیف	احتمال	دوره (سال)	دبی (مترمکعب بر ثانیه)
۳۷-۳۸	۱۶	۰/۲۹	۳۷/۳	۵/۴۴۶	۶۴-۶۵	۲۱	۰/۳۹	۲/۵۷	۳۴۹/۶
۳۸-۳۹	۲۴	۰/۴۵	۲۵/۲	۲۹۹	۶۵-۶۶	۴۳	۰/۷۹	۱/۲۵	۱۰۷/۳
۳۹-۴۰	۱۱	۰/۲۵	۹۱/۴	۶۲۴	۶۶-۶۷	۳۷	۰/۶۸	۱/۴۶	۱۷۱/۱
۴۰-۴۱	۴۴	۰/۸۱۵	۲۳/۱	۱۰۲	۶۷-۶۸	۳	۰/۵۶	۱۸	۹۲۲
۴۱-۴۲	۳۲	۰/۵۹	۶۹/۱	۲۰۳	۶۸-۶۹	۱۲	۰/۲۲	۵/۴	۵۹۶/۷
۴۲-۴۳	۸	۰/۱۵	۷۵/۶	۶۸۹	۶۹-۷۰	۱	۰/۰۲	۵۴	۱۱۹۸/۶
۴۳-۴۴	۵	۰/۰۹	۸/۱	۵/۸۲۳	۷۰-۷۱	۱۷	۰/۳۱	۱۸/۳	۴۰۴/۵
۴۴-۴۵	۴۱	۰/۷۶	۳۲/۱	۱۴۶	۷۱-۷۲	۲۳	۰/۴۲	۳۵/۲	۳۱۴/۸۲
۴۵-۴۶	۴	۰/۰۷	۵/۱۳	۸۹۶	۷۲-۷۳	۴۶	۰/۸۵	۱۷/۱	۹۱۵/۵۵
۴۶-۴۷	۱۹	۰/۳۵	۸۴/۲	۳۷۰	۷۳-۷۴	۲۹	۰/۵۴	۱/۸۶	۲۵۹/۶۳۱
۴۷-۴۸	۱۴	۰/۲۶	۸۶/۳	۵/۵۳۴	۷۴-۷۵	۲۰	۰/۲۷	۷/۲	۳۵۲
۴۸-۴۹	۲۲	۰/۴	۴۵/۲	۳۲۰,۲	۷۵-۷۶	۳۸	۰/۷	۱/۴۲	۱۷۱
۴۹-۵۰	۴۹	۰/۹۱	۱/۱	۱/۲۸	۷۶-۷۷	۱۸	۰/۳۳	۳	۳۸۷
۵۰-۵۱	۱۵	۰/۲۸	۶/۳	۴۹۰	۷۷-۷۸	۳۹	۰/۷۲	۱/۳۸	۱۶۸
۵۱-۵۲	۴۰	۰/۷۴	۳۵/۱	۹/۱۶۳	۷۸-۷۹	۵۱	۰/۹۴	۱/۶	۲۵۵
۵۲-۵۳	۳۶	۰/۶۷	۵/۱	۹/۱۷۴	۷۹-۸۰	۵۲	۰/۹۶	۴/۱	۱۷,۲
۵۳-۵۴	۲۵	۰/۴۶	۱۶/۲	۲۹۴	۸۰-۸۱	۵۳	۰/۹۸	۲/۱	۰
۵۴-۵۵	۶	۰/۱۱	۹	۷۹۵	۸۱-۸۲	۳۳	۰/۶۱	۶۴/۱	۲۰۱/۷
۵۵-۵۶	۳۴	۰/۶۳	۵۸/۱	۲۰۰	۸۲-۸۳	۴۸	۰/۸۹	۱۲/۱	۴۲/۳۲
۵۶-۵۷	۲۶	۰/۴۸	۷/۲	۲۹۴	۸۳-۸۴	۲۸	۰/۵۲	۹۳/۱	۲۷۳/۷
۵۷-۵۸	۳۵	۰/۶۵	۵۴/۱	۱۸۵	۸۴-۸۵	۴۷	۰/۸۷	۱۵/۱	۷۰۹/۳۹
۵۸-۵۹	۷	۰/۱۳	۷۱/۷	۷۲۹	۸۵-۸۶	۱۳	۰/۲۴	۱۵/۴	۵۷۶,۱
۵۹-۶۰	۱۰	۰/۱۸	۴/۵	۶۲۵	۸۶-۸۷	۴۲	۰/۷۸	۲۸/۱	۱۳۲,۴
۶۰-۶۱	۲	۰/۰۴	۲۷	۹۷۶	۸۷-۸۸	۳۰	۰/۵۶	۱/۸	۲۴۰/۷۹
۶۱-۶۲	۹	۰/۱۷	۶	۶۸۸	۸۸-۸۹	۳۱	۰/۵۷	۱/۷۴	۲۰۹
۶۲-۶۳	۴۵	۰/۸۳	۲/۱	۴/۷۱	۸۹-۹۰	۲۷	۰/۵	۲	۲۸۰
۶۳-۶۴	۵۰	۰/۹۳	۸/۱	۱/۲۴					



شکل ۴- نمودار دبی - دوره بازگشت رودخانه سیستان

Figure 4- Discharge-Return period of Sistan River

برای واسنجی مدل ابتدا به کمک داده‌های دبی-اشل ۲۰ سال اخیر رودخانه سیستان (جدول ۴) رابطه آن محاسبه گردید که وجود $R^2=0/855$ نشان‌دهنده دقت لازمه این رابطه می‌باشد (شکل ۵). سپس با انجام عملیات نقشه‌برداری در محل سد کهک، سطح مقطع پایین‌دست این سد با دقت بالایی به‌عنوان مقطع کنترل به مدل داده و عملیات واسنجی انجام گردید.

با توجه به شکل (۴) بهترین رابطه دبی-دوره بازگشت به صورت زیر می‌باشد:

$$Q = 360.6Ln(T) + 16.56$$

Q = دبی (مترمکعب بر ثانیه)

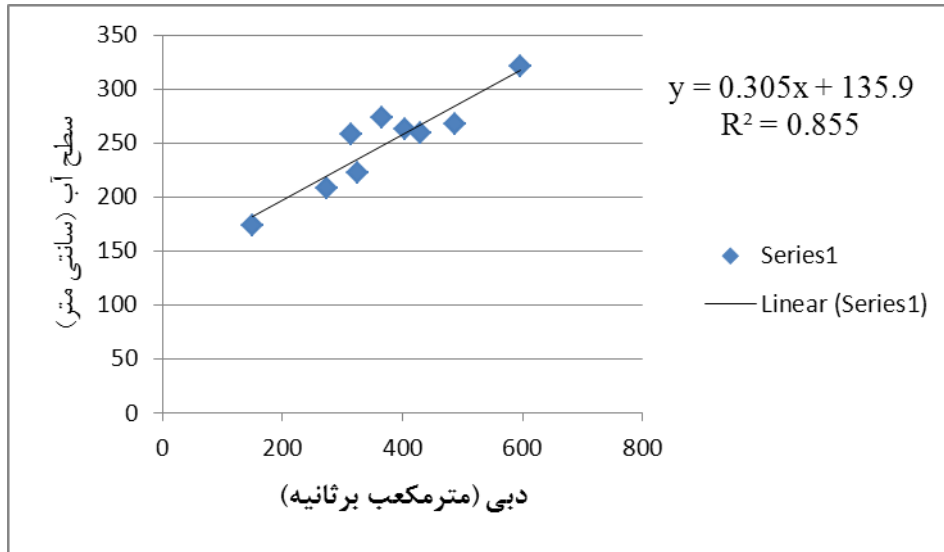
T = دوره بازگشت (سال)

نتایج واسنجی مدل (کالیبراسیون)

جدول ۴- اشل سطح آب در دبی‌های مختلف رودخانه

Table 4-water level in Different discharge river

سال	دبی (مترمکعب بر ثانیه)	اشل (سانتی‌متر)
۶۹-۶۸	۵۹۶	۳۲۱
۷۱-۷۰	۴۰۴	۲۶۳
۷۲-۷۱	۳۱۴	۲۵۸
۸۴-۸۳	۲۷۳	۲۰۸
۸۶-۸۵	۳۲۵	۲۲۲
۸۷-۸۶	۴۸۸	۲۶۷
۸۸-۸۷	۳۶۶	۲۷۳
۹۰-۸۹	۴۲۹	۲۵۹
۹۱	۱۴۹	۱۷۴



شکل ۵- رگرسیون دبی- اشل

Figure 5- Discharge-stage regression

صحت سنجی مدل

عدد ۱ نزدیک تر باشد نشان دهنده‌ی واسنجی مناسب می‌باشد) و RMSE محاسبه گردید (جدول ۵).

به منظور صحت سنجی مدل کالیبره شده، خروجی‌های مدل با واقعیت مقایسه گردید. مقادیر نسبت انحراف (نسبت انحراف برابر است با نسبت عمق محاسباتی به عمق مشاهداتی، که هر چه به

جدول ۵- صحت سنجی مدل

Table 5-Validation of the model

سال	دبی (مترمکعب بر ثانیه)	عمق (سانتی‌متر)	HEC-RAS مدل (سانتی‌متر)	نسبت انحراف
۶۹-۶۸	۵۹۶	۳۲۱	۳۳۵	۱/۰۴۳۶
۷۱-۷۰	۴۰۴	۲۶۳	۲۸۵	۱/۰۸۳۶
۷۲-۷۱	۳۱۴	۲۵۸	۲۶۰	۱/۰۰۷۷
۸۴-۸۳	۲۷۳	۲۰۸	۲۲۰	۱/۰۵۷
۸۶-۸۵	۳۲۵	۲۲۲	۲۳۵	۱/۰۵۸
۸۶-۸۷	۴۸۸	۲۶۷	۲۸۰	۱/۰۴۸
۸۸-۸۷	۳۶۶	۲۷۳	۲۸۴	۱/۰۴۰
۹۰-۸۹	۴۲۹	۲۵۹	۲۶۵	۱/۰۲۳
۹۱	۱۴۹	۱۷۴	۱۹۰	۱/۰۹۱

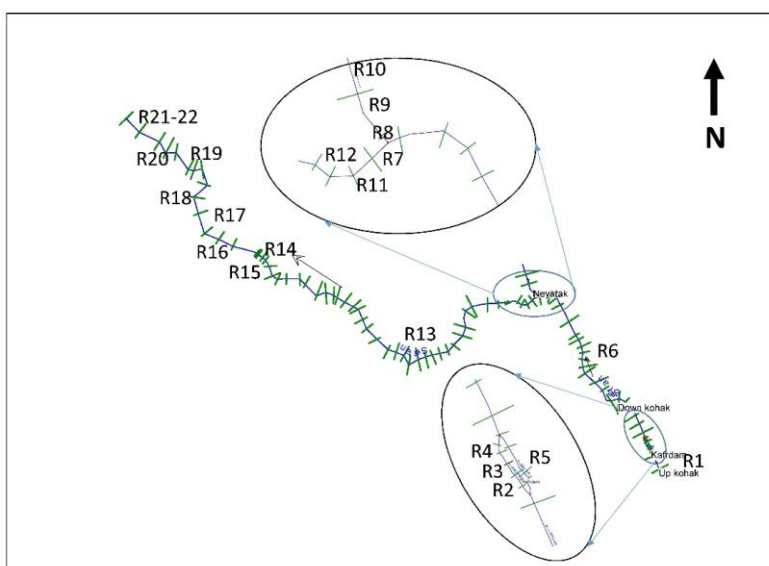
وجود سدهای انحرافی زهک و سیستان

به منظور بررسی عملکرد سازه‌های سد انحرافی سیستان و زهک در کنترل سیلاب این رودخانه در مرحله اول این تحقیق، با در نظر گرفتن عدم وجود این سازه‌ها، جریان رودخانه در مدل HEC-RAS شبیه‌سازی شد و ماکزیمم توان عبوری در این حالت برابر با ۵۰۰ مترمکعب بر ثانیه برآورد گردید (جدول ۶).

مقدار خطای RMSE برابر ۱۳/۲۴ سانتی‌متر و میانگین نسبت انحراف ۱/۰۵۰ به دست آمده که نشان‌دهنده دقت مناسب کالیبراسیون می‌باشد.

هم‌چنین در پایان انجام واسنجی بهترین ضریب زبری مانینگ برای کانال اصلی ۰/۰۲ و برای سیلاب دشت‌ها ۰/۰۳۵ در مدل به دست آمد.

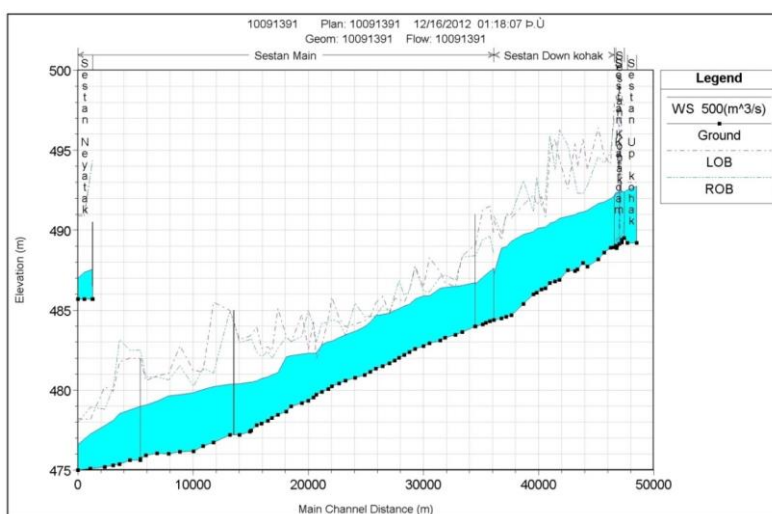
تعیین ماکزیمم جریان رودخانه سیستان در شرایط عدم



شکل ۶- موقعیت شاخه‌های فرعی و نقاط جهت محاسبات دبی سیلابی

Figure 6- Location of secondary branches and the points to computing flood discharge

- در این حالت فرض بر این است که آب از هیچ‌یک از مقاطع عرضی خارج و وارد سیلاب‌دشت نشده است (شکل ۷).



شکل ۷- پروفیل سطح آب در دبی ۵۰۰ مترمکعب بر ثانیه در شرایط عدم وجود سد انحرافی سیستان و زهک

Figure 7- Water Surface Profile in 500 m³/s Without Sistan and Zehak diversion dam

جدول ۶- خروجی HEC-RAS در دبی ۵۰۰ مترمکعب بر ثانیه در شرایط عدم وجود سدهای انحرافی زهک و سیستان

Table 6- HEC-RAS Output in 500 m³/s Without Sistan and Zehak diversion dam

Reach	River Sta	Q Total	Min Ch Elev	W.S. Elev	E.G. Elev	Froude
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	
بالادست کهک	R1	۵۰۰	۴۸۹/۲	۴۹۲/۷۵	۴۹۲/۸۱	۰/۲۵
کهک	R2	۱۹۳/۴۴	۴۸۹/۱۵	۴۹۲/۳۸	۴۹۲/۴۲	۰/۱۶
کهک	R3	Inl Struct				
کهک	R4	۱۹۳/۴۴	۴۸۹/۱۵	۴۹۲/۳۶	۴۹۲/۴	۰/۲۳
کافردم	R5	۳۰۶/۵۶	۴۸۹/۲۳	۴۹۲/۴۴	۴۹۲/۵	۰/۲۱
ادامه کهک	R6	۵۰۰	۴۸۸/۹۳	۴۹۲/۱۵	۴۹۲/۳۲	۰/۴۲
نیاتک	R7	۱۶۱/۲۳	۴۸۵/۷	۴۸۷/۶	۴۸۷/۶۳	۰/۱۸
نیاتک	R8	Inl Struct				
نیاتک	R10	۱۶۱/۲۳	۴۸۵/۷	۴۸۷/۵۶	۴۸۷/۵۹	۰/۱۹
نیاتک	R9	۱۵۲/۲۳	۴۸۵/۷	۴۸۷/۳۸	۴۸۷/۴۵	۰/۳۲
سیستان	R13	۳۳۸/۷۷	۴۸۴/۴	۴۸۷/۶۳	۴۸۷/۶۵	۰/۱۴
سیستان	R11	Lat Struct				
سیستان	R12	Lat Struct				
سیستان	R16	۳۰۱/۱۵	۴۸۴	۴۸۶/۷۳	۴۸۶/۷۸	۰/۲۲
سیستان	R14	Lat Struct				
سیستان	R15	Lat Struct				
سیستان	R17	۲۲۴/۴۳	۴۷۷/۲۱	۴۸۰/۳۸	۴۸۰/۳۹	۰/۰۷
سیستان	R18	Bridge				
سیستان	R19-22	۲۲۴/۴۳	۴۷۵/۶۴	۴۷۸/۷۵	۴۷۸/۸	۰/۲۸

مترمکعب بر ثانیه توانایی خروج دبی ۱۶۱/۲۳ مترمکعب بر ثانیه را دارد. در ادامه دبی ۱۸/۵۵ مترمکعب بر ثانیه از هر کدام از کانال طاهر و کانال شهر خارج می‌شود. کانال‌های شیب آب و پشت آب که در بالادست سد انحرافی سیستان قرار دارند هر کدام به ترتیب در دبی ۵۰۰ مترمکعب بر ثانیه دارای دبی ۳۸/۷ و ۳۷/۱۵ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد (جدول ۷).

با قرار دادن نرم‌افزار در حالت بهینه‌سازی جریان مشاهده می‌شود که دبی ورودی به شاخه کافردم (۳۰۶/۵۶) مترمکعب بر ثانیه) بیشتر از دبی ورودی به شاخه کهک (۱۹۳/۹۴) مترمکعب بر ثانیه) بوده است که می‌توان علت آن را خارج کردن سد کهک از مسیر جریان و هدایت آب به سمت کافردم یا لایروبی‌های اخیر در کف شاخه کافردم دانست. سیلبر نیاتک جهت کنترل سیل در بالادست سد انحرافی زهک احداث شده است. مشاهده شد که این سازه در دبی ۵۰۰

جدول ۷- خروجی HEC-RAS در دبی ۵۰۰ مترمکعب بر ثانیه در آبگیرهای جانبی در شرایط عدم وجود سد سیستان و زهک

Table 7-HEC-RAS Output in 500 m³/s on Lateral with Sistan and Zehak diversion dam

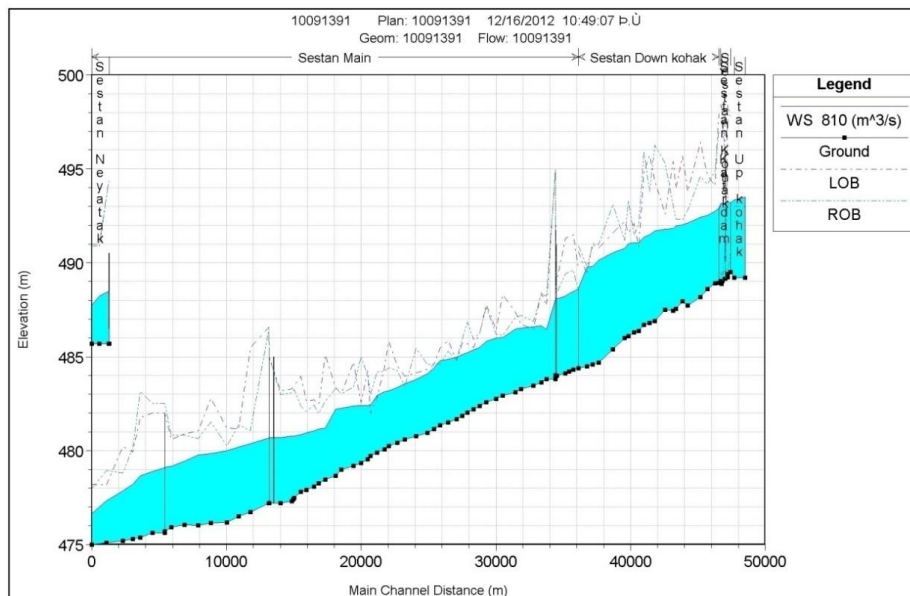
آبگیرهای جانبی				
	Reach	River Sta	Q US (m ³ /s)	Q Gates (m ³ /s)
کانال طاهری	Main	R11	۳۳۸/۷۷	۱۸/۵۵
کانال شهر	Main	R12	۳۳۸/۷۷	۱۸/۵۵
کانال شیب آب	Main	R14	۳۰۱/۱۵	۳۷/۱۵
کانال پشت آب	Main	R15	۳۰۱/۱۵	۳۸/۷

• سازه‌های سد انحرافی زهک و سیستان در حداکثر توان عبور خود قرار دارند (باز بودن تمام دریچه‌های این سازه‌ها). در شکل (۸) پروفیل سطح آب به خوبی شاهد تأثیر سد انحرافی زهک برافزایش ارتفاع سطح آب در پشت آن و در پی آن افزایش دبی سیلبر نیاتک از ۱۶۱/۲۳ به ۳۷۳/۲۱ مترمکعب بر ثانیه نسبت به حالت عدم وجود سد انحرافی سیستان می‌باشیم که این خود توان عبوری رودخانه سیستان را بالا می‌برد.

تعیین ماکزیمم جریان رودخانه سیستان در شرایط حداکثر توان عبوری سدهای انحرافی زهک و سیستان در مرحله دوم برای مشاهده عملکرد سازه‌های سد انحرافی سیستان و زهک، پروفیل سطح آب رودخانه با شرایط وجود این سازه‌ها در مدل HEC-RAS شبیه‌سازی شد.

در این سناریو فرض بر این است:

• آب از هیچ کدام از مقاطع عرضی رودخانه خارج نمی‌شود (وارد سیلاب‌دشت نمی‌شود).



شکل ۸- پروفیل سطح آب با دبی ۸۱۰ مترمکعب بر ثانیه در آبگیرهای جانبی در شرایط وجود سد سیستان و زهک

Figure 8- Water Surface Profile in 810 m³/s on Lateral with Sistan and Zehak diversion dam

دبی محاسبه در این سناریو ۸۱۰ مترمکعب بر ثانیه است که دارای دوره بازگشت ۹ ساله می‌باشد (جدول ۸).

جدول ۸- خروجی HEC-RAS در دبی ۸۱۰ مترمکعب بر ثانیه در شرایط حداکثر توان عبوری سد انحرافی سیستان و زهک

Table 8- HEC-RAS Output in 810 m³/s on flow capacity maximum Sistan and Zehak diversion dam

رودخانه	بازه	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	E.G. Elev	Froude
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	
بالادست کهک	R1	۸۱۰	۴۸۹/۲	۴۹۳/۵	۴۹۳/۵۶	۰/۲۲۳
کهک	R2	۳۰۷/۷۹	۴۸۹/۵	۴۹۳/۲	۴۹۳/۳۴	۰/۳
کهک	R3	Inl Struct				
کهک	R4	۳۰۷/۷۹	۴۸۹/۱۵	۴۹۳/۱۷	۴۹۳/۲۳	۰/۲۲
کافر دم	R5	۵۰۲/۲۱	۴۸۹/۲۳	۴۹۳/۲۵	۴۹۳/۳۴	۰/۲۳
ادامه کهک	R6	۸۱۰	۴۸۸/۹۳	۴۹۲/۹۱	۴۹۳/۱۴	۰/۴۲
نیاتک	R7	۳۷۳/۶۴	۴۸۵/۷	۴۸۸/۵۴	۴۸۸/۶۲	۰/۲۳
نیاتک	R8	Inl Struct				
نیاتک	R10	۳۷۳/۶۴	۴۸۵/۷	۴۸۸/۴۸	۴۸۸/۵۶	۰/۲۴
نیاتک	R9	۳۶۴/۶۴	۴۸۵/۷	۴۸۸/۲۲	۴۸۸/۳۷	۰/۳۸
سیستان	R11	Lat Struct				
سیستان	R12	Lat Struct				
سیستان	R16	۳۳۱/۰۱	۴۸۴	۴۸۸/۱۲	۴۸۸/۱۴	۰/۱۲
سیستان	R14-a	Inl Struct				
سیستان	R16	۳۳۱/۰۱	۴۸۳/۸۲	۴۸۶/۴۴	۴۸۷/۰۳	۰/۸۲
سیستان	R14	Lat Struct				
سیستان	R15	Lat Struct				
سیستان	R17	۲۴۵/۶۱	۴۷۷/۲۱	۴۸۰/۶۹	۴۸۰/۷	۰/۰۷
سیستان	R16-a	Inl Struct				
سیستان	R19	۲۴۵/۶۱	۴۷۷/۲۱	۴۸۰/۶۶	۴۸۰/۶۹	۰/۱۷
سیستان	R18	Bridge				
سیستان	R20-22	۲۴۵/۶۱	۴۷۵/۶۴	۴۷۸/۸۹	۴۷۸/۹۴	۰/۲۷

R16-a و R14-a به ترتیب سدهای زهک و سیستان می‌باشند.

با توجه به حجم آب ورودی به سازه‌های سد انحرافی سیستان و زهک و خروجی دریاچه‌های این سازه‌ها می‌توان گفت که عملکرد همه سازه‌ها در شرایط ایده‌آل بوده است (جدول ۹ و ۱۰).

سیلبر نیاتک در دبی ۸۱۰ مترمکعب بر ثانیه، دبی ۳۷۳/۲۱ مترمکعب بر ثانیه از سیلاب را از خود عبور می‌دهد که با توجه به توان عبوری این سازه عملکردش در دبی ۸۱۰ مترمکعب بر ثانیه در حالت ایده‌آل قرار دارد.

جدول ۹- خروجی HEC-RAS در دبی ۸۱۰ مترمکعب بر ثانیه در سازه‌ها در شرایط وجود سدهای انحرافی سیستان و زهک

Table 9- HEC-RAS Output in 810 m³/s With Sistan and Zehak diversion dam

رودخانه	بازه	E.G. Elev	W.S. Elev	Q Total	Q Gates
		(m)	(m)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
کهک	R3	۴۹۳/۲۶	۴۹۳/۲	۳۰۷/۷۹	۳۰۷/۷۹
نیاتک	R8	۴۸۸/۶۲	۴۸۸/۵۴	۳۷۳/۶۴	۳۷۳/۲۱
زهک	R14-a	۴۸۸/۱۴	۴۸۸/۰۶	۳۳۱/۰۱	۳۳۱/۰۱
سیستان	R16-a	۴۸۰/۷	۴۸۰/۶۹	۲۴۵/۶۱	۲۴۵/۶۱

جدول ۱۰- خروجی HEC-RAS در دبی ۸۱۰ مترمکعب بر ثانیه در آبگیرهای جانبی در شرایط وجود سد سیستان و زهک

Table 10- HEC-RAS Output in 810 m³/s on Lateral with Sistan and Zehak diversion dam

موقعیت	باره	River Sta	Q US	Q Gates
			(m ³ /s)	(m ³ /s)
کانال طاهری	R11	۴۳۶/۳۶	۳۳۱/۰۱	۵۲/۱۱
کانال شهر	R12	۴۳۶/۳۶	۳۳۱/۰۱	۵۲/۱۱
کانال شیب آب	R14	۳۳۱/۰۱	۲۴۵/۶۱	۴۱/۹
کانال پشت آب	R15	۳۳۱/۰۱	۲۴۵/۶۱	۴۳/۶۴

نتیجه‌گیری

• با توجه به اهمیت ویژه در مورد پارامترهای هیدرولیکی در محاسبات مهندسی رودخانه، داشتن اطلاعات دقیق در این زمینه کمک بزرگی به مدیریت هرچه بهتر این موضوع به ما خواهد کرد. از این رو با انجام محاسبات بهترین ضریب زبری مانینگ برای بستر اصلی رودخانه سیستان ۰/۰۲ و برای سیلاب دشت‌ها ۰/۰۳۵ به دست آمد.

منابع

- 1- Yasi, M., 2008. Assessment of Nazlou bridge construction by using Water breakers in the physical model of Nazlou River. 6th Iranian Hydraulic Conerence. Shahrekord University, Iran. (Persian).
- 2- Beygi, B. and Yasi, M., 2008. Comparison of flow properties in the physical model of Nazlou River under

• بهترین رابطه برازش داده شده توسط داده‌های ۵۰ ساله رودخانه سیستان برای دبی-دوره بازگشت به صورت زیر به دست آمد (که در آن Q دبی برحسب مترمکعب بر ثانیه و T دوره بازگشت برحسب سال می‌باشد)

$$Q = 360.6Ln(T) + 16.56$$

• ماکزیمم جریان رودخانه سیستان (توان عبوری) در شرایط عدم وجود سدهای انحرافی زهک و سیستان ۵۰۰ مترمکعب بر ثانیه است که دارای دوره بازگشت ۳/۸ ساله می‌باشد.

• هم‌چنین ماکزیمم جریان رودخانه سیستان در شرایط حداکثر توان عبوری سدهای انحرافی زهک و سیستان ۸۱۰ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد که دارای دوره بازگشت ۹ ساله می‌باشد. این امر نشان‌دهنده تأثیر و افزایش توان عبوری این رودخانه به اندازه ۳۱۰ مترمکعب بر ثانیه در حالت عدم وجود این سازه‌ها می‌باشد.

- Iranian Society of Irrigation & Water Engineering. Vol. 12, pp. 5970 . (Persian).
- 8- Sadeghi, S.H.R., HajiGholizadeh, M. and Vafakhaf, M., 2006. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources. Effects of groins and drops on flood depth and extension (Case study: Tehran Kan river). Vol. 13, pp. 109-113 . (Persian).
- 9- Bayati, M., 2009. Investigating the Effect of Sahand Dam on Morphological Change of the Fluvial Basin of the Khoranqo River on the Characteristics of Erosion and Its Sedimentation. Case Study; Khorandukhay Basin, Eastern Sahand Mountains (Northwest of Iran). Geography and Development Iranian Journal. Vol. 11, pp. 199-220. (Persian).
- 10- Hosseini, S.M and Abrishami, J., 2014. Open channel hydraulics. (Persian).
- 11- U. S. Army Corps of Engineers., 1986. HEC-RAS River Analysis System. Hydrologic Engineerin Center. User's Manual.
- the conditions of organization with simulation results from mathematical models HEC-RAS and BRI-STARS. 12th National Conference on Irrigation and Evaporation Reduction. Shahid Bahonar University of Kerman. Iran. (Persian).
- 3- Minnerly, B., 2006. River elevation modeling. An integrated HEC-RAS ArcGIS approach, Final project: CE 547.
- 4- Andam, K.S., 2003. Comparing physical habitat condition in forest and non-forested streams. Msc Thesis, University of Vermont, USA, 136 pp.
- 5- Johnson, GD., Strickland, M.D., Buyok., J.P and Derby., C.E., 1999. Quantifying impacts to Riparian Wetlands Associated with Reduced Flows along the Greybull River, Wyoming. Wetlands Journal. Vol. 19, pp.71-77.
- 6- Roshun, H., Vahabzadeh, Gh., Solaimani, K. and Farhadi, R., 2013. Simulation of River Hydraulics Behavior Using HEC-RAS Model in GIS Environment (Case Study: Beshar River, Kohgiloyeh and Boyerahmad Province). Journal of Watershed Management Research. Vol. 4, pp. 70-84. (Persian).
- 7- Safizadeh, M., Emadi, A. and Fazlavali, R., 2013. Polerood river morphological variations in the downstream of dam, pre and post dam construction in short term scale. The