

Research Paper

## Zoning and Analyzing of Two and Fifty-Year Floods of Selected Rivers Using HEC-RAS Model

Mohammad Hossein Taghavi Parsa<sup>1</sup> and Omid Reza Taheri<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>PhD, Department of Civil Engineering, Imam Hossein Comprehensive University, Tehran, Iran

<sup>2</sup>PhD Scholar, Department of Civil Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran

### Article information

**Received:** April 16, 2021  
**Revised:** July 09, 2021  
**Accepted:** July 09, 2021

### Keywords:

Flood Zoning  
 Hydraulic Parameters  
 River  
 Sistan va Baluchestan

\*Corresponding author:  
[omidrezataheri@aut.ac.ir](mailto:omidrezataheri@aut.ac.ir)



### Abstract

In Sistan and Baluchestan Province, the rivers are prone to flooding, but few studies have assessed the floods in these rivers. Given the substantial importance of the border rivers in this province, flood hydraulics for four border rivers, namely Mashkil, Surin, Gezo, and Biraban, were studied in this research. To this end, hydraulic modeling of floods and preparation of flood zone maps with 2- and 50-yr return periods were performed using the HEC-RAS model, ArcGIS software, and HEC GeoRAS extension. According to the calculation and comparison of various hydraulic parameters, in 2-year return period discharge or dominant discharge, the Mashkil river had the highest depth and extent of floods, and the Gozo river had the highest average flood velocity among the studied rivers. In the 50-year return period discharge, Mashkil and Gozo rivers had a greater potential for flooding. Finally, comparing the ratio of changes in different hydraulic parameters with the change of flood return period from 2 to 50 years indicated that the increase of discharge (5.8-28.3 times) in the studied rivers had greater effects on the flood volume (3.3-7.8 times) and its extent (2.3-4.5 times).

© Authors, Published by **Environment and Water Engineering** journal. This is an open-access article distributed under the CC BY (license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



### Introduction

Flood is one of the most abundant and important natural phenomena. Analysis of flood behavior and recognition of river flood zone is a very important step to managing this phenomenon and reducing the damage caused by it. Many studies have been conducted to examine flood-affected rivers' behavior so far. In this research, four border rivers of Sistan and Baluchestan province have been considered and flood zones with return periods of 2 and 50 yr in these rivers have been determined. Then, by calculating and comparing different hydraulic parameters of rivers under these floods, the trend of changes in different

parameters by changing the flood discharge has been evaluated.

### Materials and methods

The rivers examined in the present study include Mashkil, Surin, Gazu, and Biraban rivers located in Sistan and Baluchestan province. Table (1) lists the characteristics of these rivers along with the geographical coordinates of their beginning and end points.

The tools employed in the present research include HEC-RAS and ArcGIS software as well as HEC GEO RAS plugins. Data required for hydraulic modeling include DEM (Digital



Elevation Model) maps of the area, river discharges, and Manning's roughness coefficient. Since the determination of the roughness coefficient is always associated with many

uncertainties, the sensitivity of the flow parameters to the roughness coefficient has been evaluated by performing a sensitivity analysis.

Table 1 Characteristics of studied seasonal rivers

River Name	Mashkil		Surin		Gezu		Biraban	
Coordinates of starting point (UTM)	X=521765.366 Y=2996130.931		X=435082.062 Y=3142836.483		X=393904.467 Y=3158069.309		X= 348994.745 Y=3213128.638	
Coordinates of end point (UTM)	X=534211.391 Y=3001041.607		X=440701.823 Y=3143503.234		X=397932.696 Y=3157469.410		X= 360504.143 Y=3201387.729	
River Length (km)	26		6.5		2.5		18	
Interval Length (km)	0 - 2	2 - 26	0 - 1.5	1.5 - 6.5	0 - 2.5	0 - 12.5	12.5- 14	14- 18
2-yr discharge (m <sup>3</sup> /s)	134	127.2	21.1	40.1	41.9	94.4	121.6	117
50-yr discharge (m <sup>3</sup> /s)	2430.2	2388.6	169.9	331.6	1185	518.6	795.6	767.4

For this purpose, the Mashkil River model was considered in flood conditions with a return period of 50 yr and the roughness coefficient was considered as increasing and decreasing changes ( $\pm 15\%$ ) in the model. Then, by running the model, the percentage change of flow variables has been evaluated. As results demonstrated in Fig. 1 indicate, different hydraulic parameters are slightly sensitive to changes in river roughness coefficient, indicating that results are reliable.

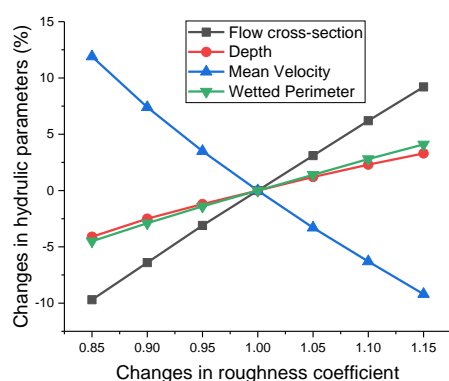


Fig. 1 The percentage variations in hydraulic parameters with changes in roughness coefficient.

## Results

After hydraulic modeling using HEC-RAS software, flood distribution manner was determined with the desired return periods in various cross-sections of the studied rivers (Fig. 2 shows a sample of these results for the Mashkil river). After determining flood distribution in various cross-sections of the studied rivers, the present research transferred current modeling data from HEC-RAS software to ArcGIS software and prepared flood zoning maps for each river in 2-year and 50-year return periods on the river's satellite map using the HEC GEO RAS plugin (Fig. 3).

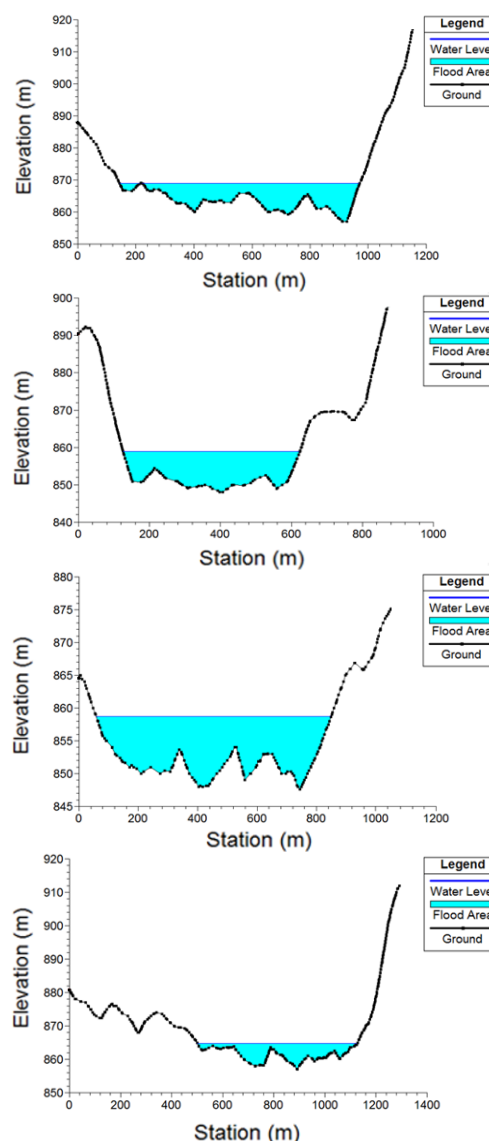


Fig. 2 Examples of flood zone modeling with a return period of 50 years in various cross-sections of the Mashkil River

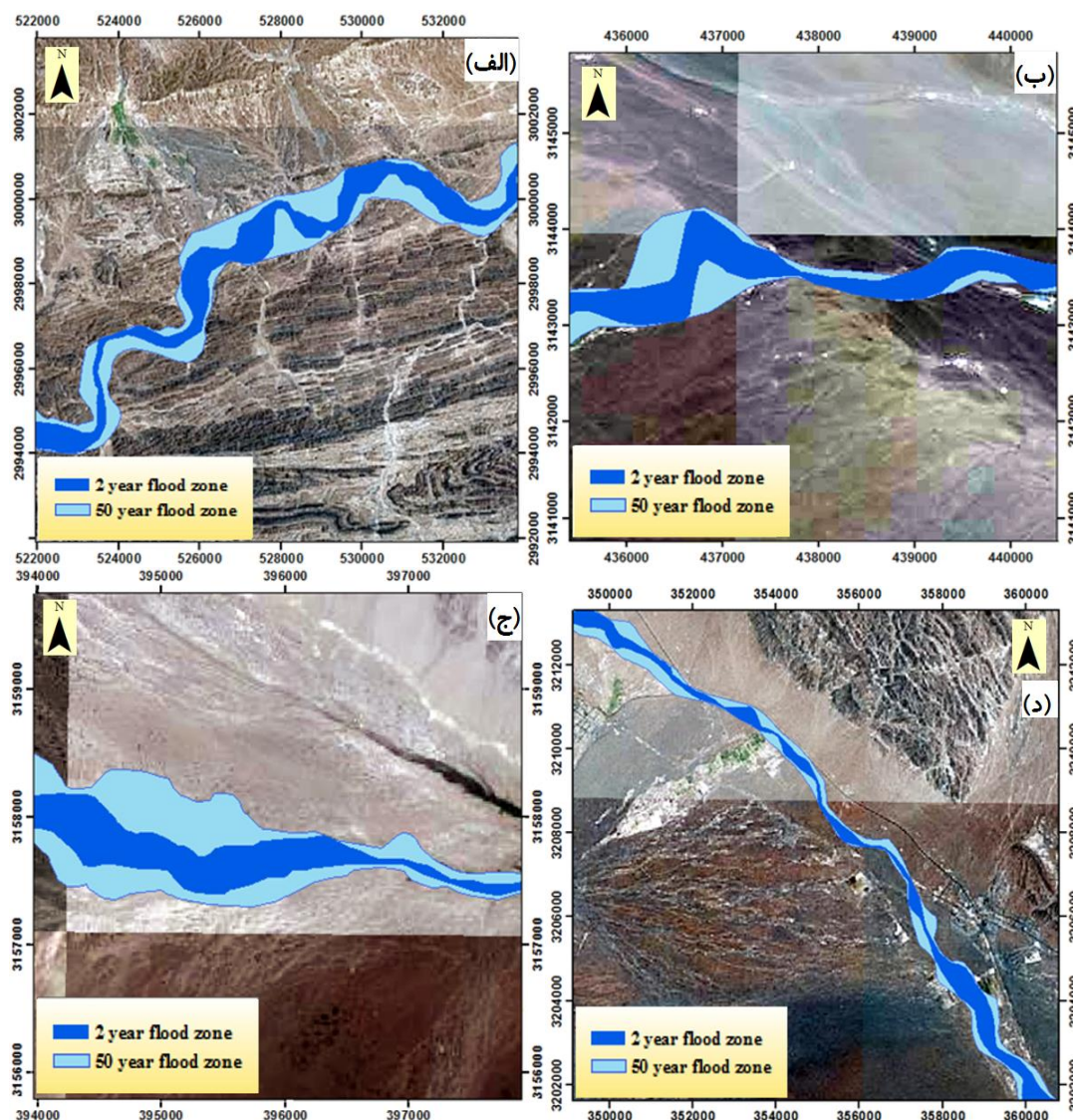


Fig. 3 Flood zoning map for 2 and 50 yr return periods at rivers of: Mashkil, b) Surin, c) Gezu, and d) Biraban

Table 2 Hydraulic parameters changes for 2 and 50 yr flood in studied rivers

River name	Flood return period	Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Velocity (m/s)	Flow Cross-section (m <sup>2</sup> )	Maximum water depth (m)	Wetted perimeter (m)
Mashkil	2 Year	127.96	0.48	570.89	4.49	265.96
	50 Year	2393.22	0.83	3292.57	9.71	764.77
Surin	2 Year	35.72	0.42	198.68	3.32	114.67
	50 Year	294.28	0.77	662.46	5.65	266.5
Gezu	2 Year	41.9	0.97	105.01	1.76	109.63
	50 Year	1185	1.93	822.25	4.57	490.52
Biraban	2 Year	100.43	0.66	235.49	3.52	167.67
	50 Year	583.15	0.7	937.19	5.82	411.67

Table (2) shows the calculated values for the different hydraulic parameters. The values of all these parameters were averaged along the river

route. According to Table (2), in the 2-year return period discharge (dominant discharge), Mashkil River and then Biraban River have the

highest depth and extent of floods (according to wetted perimeter parameter) among the studied rivers. In the Gozo River, due to the higher flow velocity, the issue of erosion and sedimentation is more important. In the 50-year return period discharge, Mashkil and Gozo rivers have a greater potential for flooding. Table (3) shows the ratio of changes in various hydraulic parameters by changing the flood return period for all studied rivers. According to Table (3), river discharges have increased from 5.8 up to 28.3 times due to the change in flood return period from 2 to 50 year. Regarding the

parameters of velocity and flow cross-section which are associated with river discharge, changes in the flow cross-section have been more significant. Moreover, regarding the parameters of maximum water depth and wetted perimeter that are associated with the flow cross-section, wetted perimeters have undergone greater changes. Therefore, it can be concluded that in all studied rivers, a significant increase in 50-yr discharge compared to 2-yr discharge has the greatest impact on the area of land covered by flood.

Table 3 the ratio of hydraulic parameters changes due to the change in flood return periods from 2 to 50 year

River name	Discharge	Velocity	Flow Cross-section	Maximum water depth	Wetted perimeter
Mashkil	18.7	1.7	5.8	2.2	2.9
Surin	8.2	1.8	3.3	1.7	2.3
Gazu	28.3	2	7.8	2.6	4.5
Biraban	5.8	1.1	4	1.7	2.5

### Conclusion

The present study developed flood zoning maps for four border rivers in Sistan and Baluchestan province including Mashkil, Surin, Gazu, and Biraban rivers with 2 and 50-year return periods. According to the calculation and comparison of various hydraulic parameters, in 2-year return period discharge or dominant discharge, the Mashkil river had the highest depth and extent of floods, and the Gozo river had the highest average flood velocity among the studied rivers. In the 50-year return period discharge, Mashkil and Gozo rivers had a greater potential for flooding. Comparing the ratio of changes in different hydraulic parameters with the change of flood return period from 2 to 50 year indicated

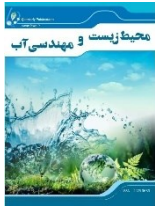
that the increase of discharge in the studied rivers had greater effects on the flood volume and its extent.

### Data Availability

The data can be sent on request by the corresponding author via email.

### Conflicts of Interest

The author(s) of this article declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.



ISSN: 2476-3683

محیط زیست و مهندسی آب

Homepage: [www.jewe.ir](http://www.jewe.ir)

مقاله پژوهشی

## پهنه‌بندی و تحلیل سیلاب‌های دو و پنجاه ساله در رودخانه‌های منتخب با استفاده از مدل HEC-RAS

محمد حسین تقوی پارسا<sup>۱</sup> و امیدرضا طاهری<sup>۲\*</sup>

<sup>۱</sup>دکترای تخصصی، گروه عمران، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران  
<sup>۲</sup>دانشجوی دکتری، گروه عمران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

## اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: [۱۴۰۰/۰۱/۲۷]

تاریخ بازنگری: [۱۴۰۰/۰۴/۱۸]

تاریخ پذیرش: [۱۴۰۰/۰۴/۱۸]

## واژه‌های کلیدی:

پارامترهای هیدرولیکی

پهنه‌بندی سیلاب

رودخانه

سیستان و بلوچستان

## \*نویسنده مسئول:

[omidrezataheri@aut.ac.ir](mailto:omidrezataheri@aut.ac.ir)

## چکیده

علی‌رغم اینکه رودخانه‌های استان سیستان و بلوچستان از رودخانه‌های سیل‌خیز کشور محسوب می‌شوند، تاکنون مطالعات کمی در زمینه مطالعه سیلاب آن‌ها انجام شده است. با توجه به اهمیت ویژه رودخانه‌های مرزی این استان، در این پژوهش چهار رودخانه مرزی ماشکیل، سورین، گزو و بیرآبان به لحاظ هیدرولیک سیلاب بررسی شدند. بدین‌منظور با استفاده از مدل HEC-RAS، نرم‌افزار ArcGIS و افزونه HEC-GeoRAS به مدل‌سازی هیدرولیکی سیلاب و تعیین نقشه‌های پهنه‌بندی سیل با دوره‌های بازگشت ۲ و ۵۰ YT در این رودخانه‌ها پرداخته شد. با محاسبه پارامترهای هیدرولیکی مختلف مشخص شد که در شرایط دبی با دوره بازگشت ۲ یا دبی غالب، رودخانه ماشکیل دارای بیش‌ترین مقدار عمق و گستردگی سیلاب در بین رودخانه‌های مورد مطالعه است. همچنین رودخانه گزو دارای بیش‌ترین مقدار سرعت متوسط سیلاب بود. در شرایط دبی با دوره بازگشت ۵۰ YT نیز رودخانه‌های ماشکیل و گزو قابلیت سیل‌خیزی بیش‌تری را داشتند. در نهایت نسبت تغییرات پارامترهای هیدرولیکی مختلف با تغییر دوره بازگشت سیلاب از ۲ به ۵۰ YT بررسی شد. نتایج نشان داد که افزایش دبی بین ۵/۸ تا ۲۸/۳ برابر در رودخانه‌های مورد مطالعه تأثیر بیش‌تری را روی حجم سیلاب با نسبت ۳/۳ تا ۷/۸ برابر و مقدار گستردگی سیلاب با نسبت ۲/۳ تا ۴/۵ برابر داشت.

## ۱- مقدمه

سیلاب یکی از فراوان‌ترین و مهم‌ترین پدیده‌های طبیعی محسوب می‌شود. عدم توجه به وضعیت سیل‌گیری رودخانه‌ها و ایجاد کاربری و انجام ساخت‌وساز در حاشیه آن‌ها اغلب خسارات جانی و مالی زیادی را به همراه دارد. به همین دلیل تحلیل رفتار سیلاب و شناخت پهنه سیلاب رودخانه‌ها اقدامی بسیار مهم در جهت مدیریت این پدیده طبیعی و کاهش خسارات ناشی از آن است. تاکنون مطالعات

سیلاب یکی از فراوان‌ترین و مهم‌ترین پدیده‌های طبیعی محسوب می‌شود. عدم توجه به وضعیت سیل‌گیری رودخانه‌ها و ایجاد کاربری و انجام ساخت‌وساز در حاشیه آن‌ها اغلب خسارات جانی و مالی زیادی را به همراه دارد. به همین دلیل تحلیل رفتار سیلاب و شناخت پهنه سیلاب رودخانه‌ها اقدامی بسیار مهم در جهت مدیریت این پدیده طبیعی و کاهش خسارات ناشی از آن است. تاکنون مطالعات



احداث سازه‌ها بر روی رودخانه موجب افزایش سطح و نیز عمق سیل در دوره بازگشت‌های مختلف می‌شود. et al. Yamani (2012) به مدل‌سازی سیلاب با دوره‌های بازگشت مختلف در رودخانه طالقان پرداختند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که از کل مساحت در قلمرو سیل  $YI$  ۲۰۰ حدود  $16\%/88$  مستعد سیل‌گیری توسط سیل‌های با دوره برگشت  $YI$  ۲۵ و کم‌تر از آن است. Hosseini et al. (2015) پهنه‌های سیل‌گیر رودخانه کشکان را بررسی کردند. مطابق با نتایج ارائه شده، در این رودخانه وقوع سیلاب حتی با دوره بازگشت کوتاه‌مدت (۲ تا  $YI$  ۲۵) می‌تواند تلفات انسانی و خسارات اقتصادی زیادی را به همراه داشته باشد. Abdollahzadeh et al. (2016) به بررسی تأثیر میزان ضریب رواناب آبخیز و پهنه‌های سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف بر کاربری مسکونی فعلی و کاربری مسکونی بر مبنای مدل سیستمی آمایش سرزمین در حوضه زیارت استان گلستان پرداختند. آن‌ها برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب از نرم‌افزارهای اشاره‌شده استفاده کردند. مطابق با مطالعه این محققان با افزایش دوره بازگشت، مساحت مناطق تحت تأثیر سیلاب در هر دو کاربری فعلی و نیز کاربری آمایشی افزایش خواهد داشت. در نتیجه آن‌ها پیشنهاد کردند در توسعه کاربری سکونتگاهی موجود بهتر است، در کنار لحاظ نمودن توان اکولوژیکی منطقه، سیلاب را به‌عنوان یک خطر طبیعی موردتوجه قرار داد. Rezaei moghadam et al. (2016) به بررسی خطر وقوع سیل در دشت سیلابی رودخانه زربینه‌رود پرداختند. آن‌ها علاوه بر پهنه‌بندی سیلاب، با محاسبه پارامتر توان رودخانه و در نظر گرفتن فرسایش‌پذیری مواد کناره‌ها به بررسی پدیده فرسایش و رسوب‌گذاری در رودخانه مورد مطالعه پرداختند. Kazemi et al. (2017) به شناخت مکان‌های طبیعی مستعد سیل و بررسی مخاطرات و پیامدهای ناشی از وقوع آن در رودخانه سیمینه‌رود پرداختند. Hejazi et al. (2019) به تعیین پهنه سیلاب رودخانه ورکش چای با دوره‌های بازگشت ۲۵ و  $YI$  ۵۰ پرداخته و به کمک آن روستاهایی که در مجاورت رودخانه در معرض وقوع سیلاب با دوره‌های بازگشت مذکور قرار دارند را شناسایی نمودند. Miraki et al. (2020) به بررسی تغییرات مشخصات سیلاب ناشی از شکست سد وحدت در رودخانه قشلاق در مناطقی که مقطع رودخانه به‌دلیل فعالیت‌های انسانی دچار تغییر شده است پرداختند. بر طبق مطالعه آن‌ها پیشروی انسان در رودخانه و ایجاد تغییرات غیرطبیعی در

مدل HEC1 و با استفاده از نرم‌افزار GIS-ILWIS به ارزیابی تأثیر تغییر کاربری زمین‌های کشاورزی بالادست بر الگوی پخش سیلاب در پایین‌دست حوضه پرداخت. او به این نتیجه رسید که کاربری اراضی بالادست تأثیر مستقیم بر سیلاب در پایین‌دست حوضه دارد. Liang and Mohanty (1997) و هم‌چنین Tate and Maidment (1999) با تلفیق مدل HEC-RAS و نرم‌افزار Arc GIS به ترتیب به مطالعه سیلاب در ناحیه ماهانادی<sup>۱</sup> کشور هند و مطالعه سیلاب در رودخانه والکرکیک<sup>۲</sup> کشور امریکا پرداختند. آن‌ها تلفیق این نرم‌افزارها را روشی مناسب برای بررسی و آنالیز پهنه سیل‌گیر به‌منظور کنترل سیلاب معرفی کردند. با استفاده از این روش Patel and Gundaliya (2016) به بررسی پهنه‌های سیلاب رودخانه تپی<sup>۳</sup> در شهر سورات<sup>۴</sup> کشور هندوستان پرداختند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که اغلب نواحی شهر سورات در اثر سیل با دوره بازگشت  $YI$  ۳۲ تحت تأثیر پهنه سیلاب قرار می‌گیرند. استفاده از نرم‌افزار مدل‌سازی هیدرولیکی MIKE11 و تلفیق نتایج آن با نرم‌افزار Arc GIS به‌منظور مطالعه سیلاب، توسط Usul and Turan (2006) انجام شد. آن‌ها در مطالعه خود سیلاب حوضه اولوس<sup>۵</sup> در کشور ترکیه را بررسی و به تعیین نقشه‌های پهنه‌های سیل‌گیر در این ناحیه پرداختند. در داخل کشور نیز مطالعات زیادی به‌منظور مدل‌سازی رفتار سیلاب با کمک مدل HEC-RAS و نرم‌افزار Arc GIS انجام شده است. Derakhshan et al. (2011) رفتار هیدرولیکی رودخانه‌های گوهر رود و سیاه رود را شبیه‌سازی کردند. آن‌ها به کمک نتایج به‌دست‌آمده از مدل‌سازی، در شهر رشت مکان‌هایی که امکان مسدود شدن کانال‌های زهکشی وجود داشته را مشخص نموده و مکان‌هایی مناسب برای احداث کانال‌های زهکشی معرفی کردند. et al. (2012) Jahanbakhsh به پهنه‌بندی سیلاب رودخانه کلکان چای پرداختند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که سیلاب‌های با دوره بازگشت بیش‌تر از  $YI$  ۵ از مقطع رودخانه مطالعاتی خارج شده و منجر به ایجاد خسارت به زمین‌های اطراف می‌شود. Bakhtiari et al. (2012) به بررسی و مقایسه پهنه سیلاب در دو حالت وجود سازه‌های عرضی و عدم وجود این سازه‌ها پرداختند. مطابق با نتایج ارائه شده توسط این محققان،

<sup>1</sup>Mahanady

<sup>2</sup>Waller Creek

<sup>3</sup>Tapi

<sup>4</sup>Surat

<sup>5</sup>Ulus

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- رودخانه‌های مورد مطالعه

رودخانه‌های مورد بررسی در این تحقیق شامل رودخانه‌های ماشکیل، سورین، گزو و بیرآبان واقع در ناحیه مرزی استان سیستان و بلوچستان هستند. در جدول (۱) ویژگی‌های این رودخانه‌ها به همراه مختصات جغرافیایی نقاط ابتدا و انتهای آن‌ها ذکر شده است. توجه به اینکه رودخانه‌های مذکور، از رودخانه‌های مهم مرزی می‌باشند، مطالعه وضعیت سیلاب آن‌ها می‌تواند در جهت اهداف ساماندهی و حفاظت از مرزها مورد استفاده قرار گیرد.

مقاطع آن، می‌تواند منجر به کاهش قابل‌ملاحظه ظرفیت عبور جریان شود.

با وجود سیل‌خیز بودن رودخانه‌های استان سیستان و بلوچستان تاکنون مطالعات هیدرولیکی اندکی به‌منظور بررسی پدیده سیلاب در آن‌ها انجام شده است. در این پژوهش، نخست به مدل‌سازی هیدرولیکی و تعیین پهنه‌های سیلاب با دوره‌های بازگشت ۲ و ۵۰ Yr در چهار رودخانه مرزی و استراتژیک این استان پرداخته شده است. سپس با محاسبه و مقایسه پارامترهای مختلف هیدرولیکی در این رودخانه‌ها تحت سیلاب‌های مورد مطالعه، روند تغییرات این پارامترها با تغییر دبی سیلاب مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول ۱- ویژگی‌های رودخانه‌های فصلی مطالعاتی

Table 1 Characteristics of the seasonal rivers studied

River Name	Mashkil	Surin	Gezu	Biraban
Coordinates of Starting Point (UTM)	X=521765.366 Y=2996130.931	X=435082.062 Y=3142836.483	X=393904.467 Y=3158069.309	X= 348994.745 Y=3213128.638
Coordinates of End Point (UTM)	X=534211.391 Y=3001041.607	X=440701.823 Y=3143503. 234	X=397932.696 Y=3157469.410	X= 360504.143 Y=3201387.729
River Length (km)	26	6.5	2.5	18
Interval Length (km)	0 - 2    2 - 26	0 - 1.5    1.5 - 6.5	0 - 2.5    0 - 12.5	12.5 - 14    14 - 18
2-Yr Discharge (m <sup>3</sup> /s)	134    127.2	21.1    40.1	41.9    94.4	121.6    117
50-Yr Discharge (m <sup>3</sup> /s)	2430.2    2388.6	169.9    331.6	1185    518.6	795.6    767.4

فوق‌بحرانی، طراحی کالورت، قابلیت شبیه‌سازی انتقال رسوب و مواردی از این قبیل اشاره کرد (Daneshfaraz et al. 2020). با توجه به توانایی اثبات‌شده این نرم‌افزار برای مدل‌سازی هیدرولیک رودخانه‌ها توسط محققین مختلف و هم‌چنین هماهنگی و ارتباط آن با نرم‌افزار ArcGIS از طریق افزونه HEC-GeoRAS در این پژوهش از این نرم‌افزار جهت مدل‌سازی هیدرولیکی استفاده شد.

### ۲-۲-۱- روند انجام مدل‌سازی هیدرولیکی

در این مطالعه ابتدا با استفاده از افزونه HEC-GeoRAS در نرم‌افزار Arc GIS و با کمک تصاویر ماهواره‌ای، لایه خطی مسیر رودخانه تهیه شد. این لایه علاوه بر تعیین مسیر رودخانه، به‌منظور تعیین جهت جریان رودخانه و تعیین محدوده قرارگیری مقاطع عرضی مختلف در طول مسیر رودخانه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در ادامه به‌منظور تعیین سواحل چپ و راست رودخانه، لایه سواحل رودخانه به‌صورت خطی بر روی تصاویر ماهواره‌ای ترسیم گردیده است. این لایه به‌منظور مشخص کردن ابعاد هیدرولیکی جریان مورد استفاده قرار می‌گیرد. در گام بعد نقشه‌های مدل رقومی

### ۲-۲-۲- روش انجام مطالعه

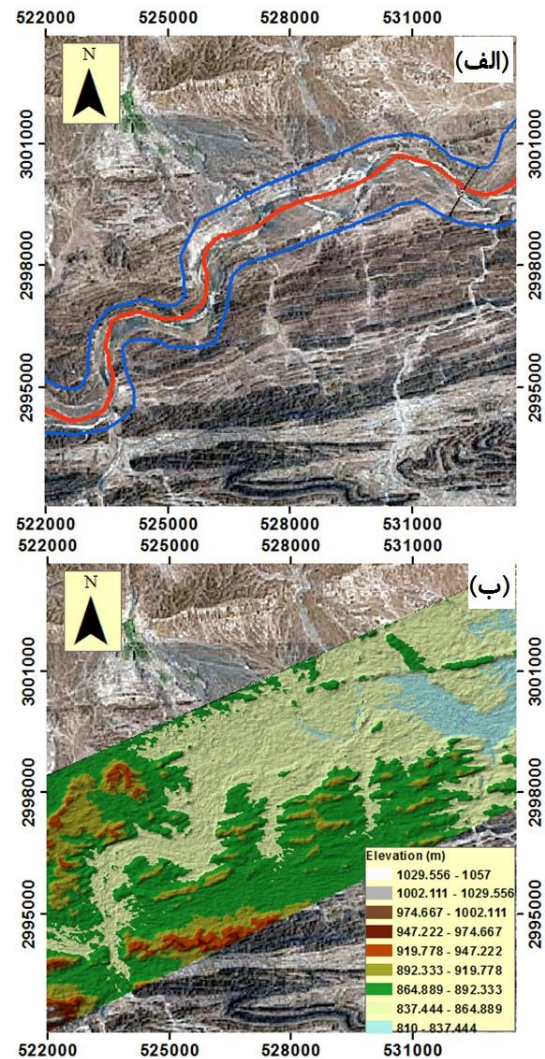
در این مطالعه به‌منظور انجام مدل‌سازی و تعیین پهنه‌های سیل‌گیر رودخانه‌های معرفی‌شده، از مدل هیدرولیکی HEC-RAS، نرم‌افزار ArcGIS به همراه افزونه الحاقی HEC-GeoRAS در این نرم‌افزار استفاده شد. مزیت استفاده از نرم‌افزار ArcGIS در مدل‌سازی هیدرولیک رودخانه‌ها، پتانسیل بالای آن برای به دست آوردن اطلاعات توپوگرافی مربوط به مقاطع با دقت بسیار بالا بر اساس مدل رقومی زمین است (Miraki et al. 2020). افزونه‌ای از نرم‌افزار ArcGIS که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته، افزونه HEC-GEO-RAS است. از این افزونه می‌توان برای استخراج مقاطع عرضی رودخانه قبل از مدل‌سازی هیدرولیکی و هم‌چنین ترسیم پهنه‌های سیلاب بر روی نقشه‌های ماهواره‌ای پس از مدل‌سازی هیدرولیکی استفاده کرد. نرم‌افزار HEC-RAS توانایی مدل‌سازی هیدرولیکی کامل شبکه‌ها، کانال‌ها و رودخانه‌های شاخه‌ای یا تکی را دارا می‌باشد. از قابلیت‌های این نرم‌افزار می‌توان به آنالیز جریان‌های ماندگار و غیرماندگار، جریان‌های زیربحرانی و



اطلاعات رقومی فایل TIN پروفیل هر مقطع عرضی توسط افزونه HEC-GeoRAS ترسیم شده است (شکل ۲). پس از تعیین پروفیل مقاطع عرضی، اطلاعات مقاطع مختلف جهت انجام مدل‌سازی هیدرولیکی نحوه پخش سیلاب به مدل HEC-RAS انتقال داده شده است. در این مطالعه برای انجام مدل‌سازی هیدرولیکی از مقادیر دبی با دوره‌های بازگشت ۲ سال و ۵۰ YI استفاده شد به منظور برآورد دبی سیلابی با دوره‌های بازگشت موردنظر از آمار دبی حداکثر سالانه ارائه شده توسط سامانه ارائه آمار و گزارش شرکت مدیریت منابع آب ایران (Iran Water Resources Management Company, 2020) که بر مبنای اطلاعات شرکت آب منطقه‌ای استان سیستان و بلوچستان می‌باشند استفاده شد. بدین منظور با استفاده از نرم‌افزار Hyfran Plus با برآزش توزیع آماری پیرسون تیپ ۳ به آمار دبی، توزیع فراوانی سیلاب و در نتیجه مقادیر سیلاب با دوره‌های بازگشت مختلف محاسبه شده است. در جدول (۱) مقادیر این دبی‌ها در هر یک از رودخانه‌های مطالعاتی ذکر شده است.

یکی دیگر از پارامترهای موردنیاز برای انجام مدل‌سازی هیدرولیکی ضریب زبری رودخانه است. در مطالعه حاضر به منظور تعیین این ضریب از ضابطه شماره ۶۸۸ دفتر استانداردهای فنی، مهندسی آب و آبفا وزارت نیرو با عنوان راهنمای تعیین ضریب زبری هیدرولیکی رودخانه‌ها استفاده شد (Iran's Ministry of Energy 2016). بدین منظور روش جداول تجربی چاو که در این نشریه ارائه شده مورداستفاده قرار گرفته است. بر اساس این روش، با توجه به اینکه رودخانه‌های مطالعاتی در دسته رودخانه‌های بزرگ که عرض بالایی در تراز حداکثر سطح آزاد آن‌ها بیش‌تر از ۳۳ m است قرار می‌گیرند و هم‌چنین با توجه به مقطع نامنظم این رودخانه‌ها مقدار ضریب زبری برابر ۰/۱ انتخاب شده است. از آنجایی که تعیین ضریب زبری همواره با عدم قطعیت‌های زیادی همراه است، با انجام آنالیز حساسیت، مقدار حساسیت پارامترهای جریان نسبت به ضریب زبری، ارزیابی شده است. بدین منظور مدل رودخانه ماشکیل در شرایط سیلاب با دوره بازگشت ۵۰ YI در نظر گرفته شده و ضریب زبری به صورت تغییرات افزایشی و کاهش (±/۱۵) در مدل منظور شده است.

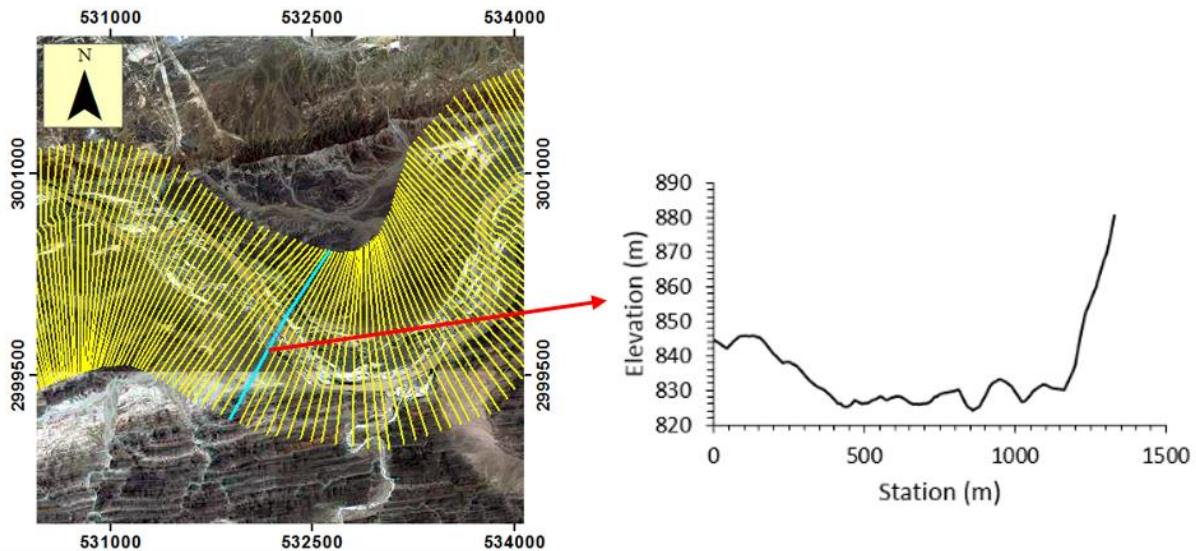
ارتفاعی با دقت  $12/5 \times 12/5$  m از سایت Earth Data تهیه شده است (Earth Data 2020). سپس با استفاده از این نقشه‌ها و به کمک قابلیت‌های نرم‌افزار Arc GIS فایل TIN از محدوده قرارگیری رودخانه ساخته شده است. فایل TIN ساخته شده دربرگیرنده اطلاعات رقومی زمین به منظور استخراج مقاطع عرضی مختلف از مسیر رودخانه است.



شکل ۱ - الف) لایه‌های خطی ترسیم شده برای مسیر رودخانه (خط قرمز رنگ) و سواحل چپ و راست (خطوط آبی رنگ) و ب) فایل TIN ساخته شده برای رودخانه ماشکیل (به عنوان نمونه)

در شکل (۱) لایه‌های ترسیم شده و فایل TIN ساخته شده به عنوان نمونه برای رودخانه ماشکیل آورده شده‌اند. در گام بعد مقاطع عرضی متعدد به فاصله ۵۰ m از هم (به طور مثال برای رودخانه ماشکیل تعداد ۵۲۰ عدد مقطع عرضی) در جهت عمود بر مسیر جریان رودخانه ترسیم شده و با کمک





شکل ۲- نمونه‌ای از مقاطع عرضی استخراج‌شده توسط افزونه HEC-Geo-RAS در بخشی از رودخانه ماشکیل

Fig. 2 Example of exploited cross section by HEC-GeoRAS extension in a part of Mashkil river

جدول ۲- تغییرات پارامترهای هیدرولیکی با تغییر ضریب زبری به همراه مقادیر حساسیت نسبی (رودخانه ماشکیل - سیلاب ۵۰ yr)

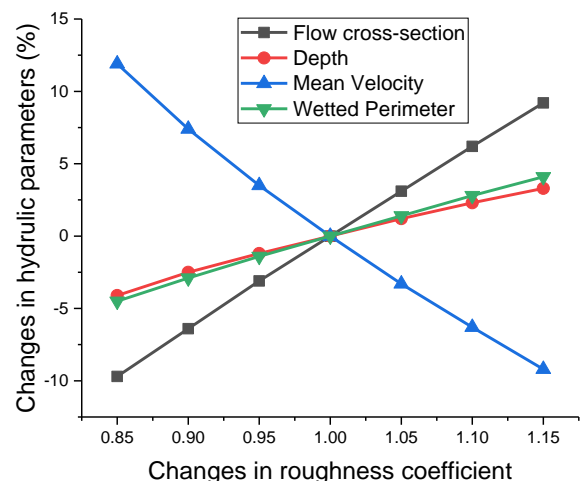
Table 2 Changes of hydraulic parameters with changes in roughness coefficient along with the amount of relative sensitivity (Mashkil river-50-year flood)

Ratio of roughness coefficient changes	Percentage of changes in hydraulic parameters			
	Mean velocity (m/s)	Flow cross section (m <sup>2</sup> )	Depth (m)	Wetted perimeter (m)
0.85	11.9	-9.7	-4.5	-4.1
0.9	7.4	-6.4	-2.9	-2.5
0.95	3.5	-3.1	-1.4	-1.2
1	0	0	0	0
1.05	-3.3	3.1	1.4	1.2
1.1	-6.3	6.2	2.8	2.3
1.15	-9.2	9.2	4.1	3.3
relative sensitivity (S <sub>r</sub> )	-0.68	0.61	0.28	0.21

در این پژوهش به‌منظور نمایش تغییرات ذکرشده در ضریب زبری از پارامتر نسبت تغییرات ضریب زبری استفاده شد که بیانگر حاصل تقسیم ضریب زبری تغییر داده‌شده به ضریب زبری اولیه است. سپس با اجرای مدل درصد تغییر دیگر متغیرهای جریان مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این راستا تغییرات متوسط سرعت جریان، متوسط سطح مقطع جریان، متوسط ارتفاع آب و متوسط پیرامون مرطوب به ازای تغییرات ضریب زبری محاسبه شده است که نتایج حاصله در جدول (۲) و شکل (۳) ارائه شده است.

هم‌چنین به‌منظور محاسبه حساسیت نسبی پارامترهای مختلف نسبت به ضریب زبری از رابطه (۱) استفاده شد (Mostafazadeh et al. 2018).

$$S_r = \frac{O_2 - O_1}{P_2 - P_1} \times \left( \frac{P}{O} \right) \quad (1)$$



شکل ۳- درصد تغییرات پارامترهای هیدرولیکی با تغییرات ضریب زبری

Fig. 3 The percentage variations in hydraulic parameters with changes in roughness coefficient

ثابت شدن شیب ورودی ادامه می‌یابد. بدین ترتیب نتایج مدل تغییراتی نکرده و قابل استناد خواهند بود.

### ۳- یافته‌ها و بحث

#### ۳-۱- تعیین تغییرات پهنه سیل در مقاطع عرضی

بعد از انجام مدل‌سازی هیدرولیکی با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS در هر یک از رودخانه‌های مورد مطالعه، پهنه سیل با دوره بازگشت مورد نظر در مقاطع عرضی مختلف برداشت شده از رودخانه مشخص شده است. در شکل (۴) نمونه‌هایی از تغییرات پهنه سیل با دوره بازگشت ۵۰ YI در مقاطع عرضی استخراج شده از رودخانه ماشکیل نمایش داده شده است. خروجی‌های نمایش داده شده در شکل (۴) بیانگر عرض و عمق پهنه سیلاب در مقاطع عرضی استخراج شده هستند و از آنها می‌توان برای تعیین نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب رودخانه‌های مورد مطالعه استفاده کرد.

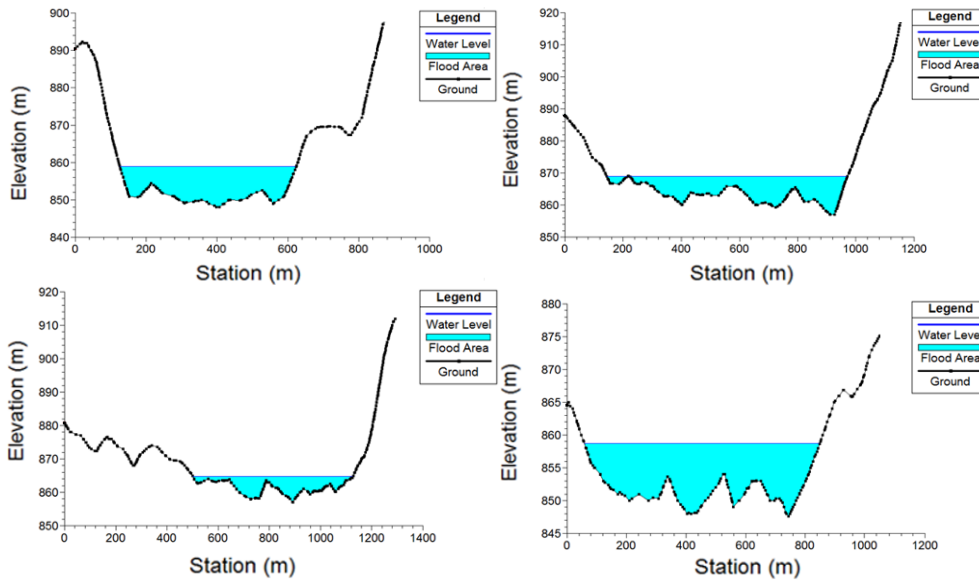
#### ۳-۲- پهنه‌بندی سیلاب

به منظور تعیین پهنه‌های سیل‌گیر رودخانه‌های مطالعاتی، پس از مشخص شدن وضعیت پخش سیلاب در مقاطع عرضی مختلف برداشت شده از مسیر رودخانه‌ها، اطلاعات مدل‌سازی جریان از نرم‌افزار HEC-RAS به نرم‌افزار ArcGIS منتقل شده و به کمک افزونه HEC-GeoRAS پهنه‌های سیلاب به تفکیک هر رودخانه برای دوره‌های بازگشت ۲ و ۵۰ YI بر روی نقشه‌های ماهواره‌ای آن‌ها ترسیم شده است. در شکل (۵) نتایج به دست آمده برای رودخانه‌های مورد مطالعه ارائه شده است. در نقشه‌های ارائه شده در شکل (۵)، عددهای پیرامون هر نقشه مختصات در سیستم UTM را نشان می‌دهند. این نقشه‌ها می‌توانند به عنوان نقشه‌های مبنا برای مدیریت و بهره‌برداری از سواحل رودخانه و همچنین طراحی سازه‌های مرتبط با مهندسی رودخانه مورد استفاده قرار گیرند. در این راستا پیشنهاد می‌گردد که از ایجاد کاربری در نواحی سیل‌گیر این رودخانه‌ها پرهیز گردد. اما در صورت لزوم استفاده از اراضی سیل‌گیر حاشیه رودخانه، از روش‌های ساماندهی رودخانه و کنترل سیلاب مثل خاکریز طولی، دیوار سیل‌بند، آب‌سنگن و غیره استفاده شود.

که،  $S_r$  ضریب حساسیت نسبی بوده که بیانگر میزان تغییر در خروجی مدل به ازای تغییر یک درصدی در پارامتر ورودی است. پارامتر  $O$  میانگین مقادیر خروجی مدل ( $O_1$  و  $O_2$ ) و پارامتر  $P$  میانگین مقادیر ورودی مدل ( $P_1$  و  $P_2$ ) هستند. هرچه قدر مقدار محاسباتی  $S_r$  بیش‌تر باشد، بیانگر حساسیت بیش‌تر پارامتر مورد بررسی به ضریب زبری است. مقادیر محاسبه شده برای این پارامتر نیز در جدول (۲) نمایش داده شده است.

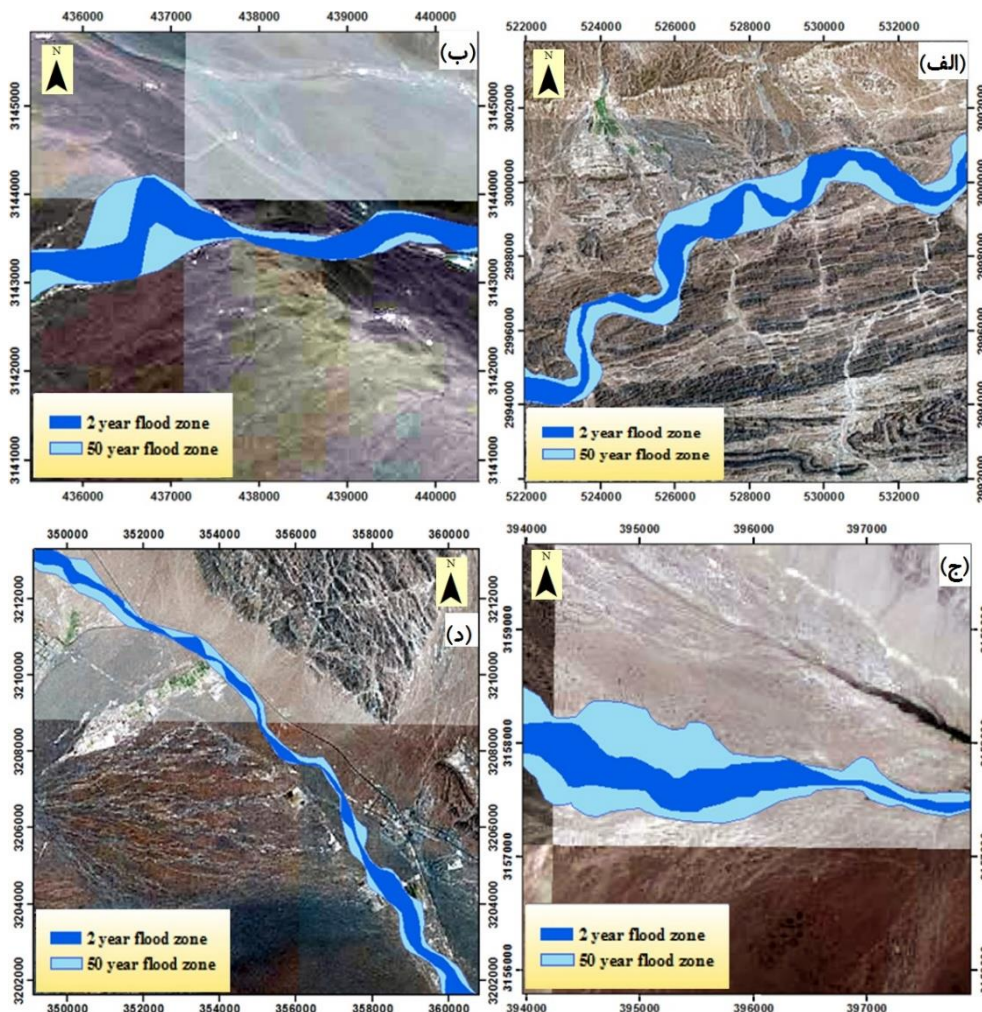
با توجه به نتایج ارائه شده در جدول (۲) و شکل (۳)، مشخص است که پارامترهای مختلف هیدرولیکی نسبت به تغییر ضریب زبری رودخانه از حساسیت کمی برخوردار هستند. توجه به مقادیر پارامتر  $S_r$  نشان می‌دهد که متوسط سرعت جریان و سطح مقطع جریان حساسیت بیش‌تری نسبت به تغییر ضریب زبری داشته‌اند اما با این وجود تغییرات آن‌ها بسیار کم و قابل قبول است.

در نهایت برای اجرای مدل هیدرولیکی در نرم‌افزار HEC-RAS نیاز به تعیین شرایط مرزی رودخانه است. بدین منظور اگر در بازه مطالعاتی، جریان زیربحرانی باشد، شرط مرزی در پائین‌دست، اگر جریان فوق بحرانی باشد، شرط مرزی در بالادست و چنانچه رژیم مختلط وجود داشته باشد (شرایط ترکیبی)، شرط مرزی هم در بالادست و هم در پائین‌دست باید مشخص شود. در مدل HEC-RAS برای تعریف شرایط مرزی گزینه‌های مختلفی وجود دارد که شامل شیب (عمق) نرمال، سطح آب مشخص، عمق بحرانی و منحنی دبی - اشل می‌شوند (Miraki et al. 2020). در این مطالعه به دلیل تغییرات شیب در طول مسیر و امکان تشکیل جهش هیدرولیکی، شرایط ترکیبی به مدل معرفی شده است. در این راستا با توجه به اطلاعات موجود، از شیب نرمال در مرز بالادست و پایین‌دست استفاده شده است. به منظور تعیین شیب نرمال، ابتدا متوسط شیب بستر رودخانه در طول چند مقطع ابتدایی در بالادست و همچنین چند مقطع انتهایی در پایین‌دست به دست آمده و به عنوان شیب اولیه به مدل معرفی می‌شود (Amini et al. 2021). پس از اجرای مدل و به دست آمدن شیب‌های خط انرژی در مقاطع فوق، این میانگین با شیب ورودی اولیه مورد مقایسه قرار می‌گیرد. در صورتی که هر دو یکسان باشند شیب ورودی معیار محاسبه بوده و در صورت مغایرت، میانگین شیب‌های خط انرژی در مقاطع فوق به عنوان شیب ورودی به مدل معرفی می‌شود و این فرآیند تا



شکل ۴ - چند نمونه از مدل‌سازی پهنه سیل با دوره بازگشت ۵۰ Yr در مقاطع عرضی مختلف رودخانه ماشکیل

Fig. 4 Examples of flood zone modeling with a return period of 50 years in various cross-section of the Mashkil River



شکل ۵- نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب با دوره‌های بازگشت ۲ ساله و ۵۰ Yr در رودخانه‌های: الف) ماشکیل، ب) سورین، ج) گزو، و د) بیرابان

Fig. 5 Flood zoning map for 2 and 50 yr return periods at rivers of: Mashkil, b) Surin, c) Gazu, and d) Birabam

## ۳-۳- محاسبه پارامترهای هیدرولیکی با دوره‌های

## بازگشت ۲ و ۵۰ yr

در این قسمت پارامترهای مختلف هیدرولیکی تحت سیلاب‌های با دوره بازگشت ۲ و ۵۰ yr برای هر یک از رودخانه‌های محدوده طرح محاسبه و در جدول (۳) ارائه شده است. این پارامترها شامل سرعت جریان، سطح مقطع جریان، ماکزیمم عمق آب و پیرامون مرطوب می‌شوند که در کنار تغییرات دبی رودخانه مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. مقادیر همه این پارامترها به صورت متوسط در طول مسیر رودخانه محاسبه شد.

مطابق با مطالعه Wolman (1955) دبی با دوره بازگشت حدود ۲ yr بیانگر دبی غالب رودخانه است. دبی غالب مقداری از دبی است که ویژگی‌های شکل مقاطع عرضی و پلان یک رودخانه را تعیین می‌نماید. به کمک جدول (۳) با مقایسه مقادیر پارامترهای مختلف در وضعیت سیلاب با دوره بازگشت ۲ yr می‌توان به نتایجی که در ادامه ارائه می‌شوند دست یافت. رودخانه ماشکیل در بین رودخانه‌های مورد مطالعه بیشترین مقدار دبی غالب را دارد. همچنین پارامترهای سطح مقطع جریان، ماکزیمم عمق آب و پیرامون مرطوب در این رودخانه از بقیه رودخانه‌ها بیشتر است. رودخانه بیرابان، بعد از رودخانه ماشکیل دارای بیشترین

مقادیر پارامترهای دبی غالب، سطح مقطع جریان، ماکزیمم عمق آب و پیرامون مرطوب است. رودخانه گزو دارای بیشترین مقدار سرعت متوسط جریان بین رودخانه‌های مطالعاتی بوده اما پارامترهای سطح مقطع جریان، ماکزیمم عمق آب و پیرامون مرطوب در آن از بقیه رودخانه‌ها کم‌تر است. رودخانه سورین دارای کمترین مقدار دبی غالب و همچنین کمترین مقدار سرعت متوسط جریان بوده و بعد از رودخانه گزو کمترین مقدار پارامترهای سطح مقطع جریان، ماکزیمم عمق آب و پیرامون مرطوب را دارد. بدین ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که رودخانه ماشکیل و بعد از آن رودخانه بیرابان در شرایط دبی غالب دارای بیشترین عمق بوده و اراضی بیش‌تری را در اطراف خود اشغال می‌کنند. در رودخانه گزو به خاطر سرعت بیش‌تر جریان، مسئله فرسایش و رسوب دارای اهمیت بیش‌تری بوده و در صورت احداث سازه‌های هیدرولیکی در بستر این رودخانه، مقدار نیروهای هیدرودینامیکی در واحد سطح وارد از طرف جریان در این رودخانه بیش‌تر خواهد بود. اما مقدار عمق و پخش‌شدگی جریان در این رودخانه کمتر است. رودخانه سورین به خاطر سرعت کم‌تر جریان قابلیت فرسایش و انتقال رسوب ضعیف‌تری را دارد. هم‌چنین عمق و پخش سیلاب آن نسبت به رودخانه‌های ماشکیل و بیرابان کم‌تر است.

جدول ۳- تغییرات پارامترهای هیدرولیکی برای سیلاب‌های ۲ و ۵۰ yr در رودخانه‌های مورد مطالعه

Table 3 Hydraulic parameters changes for 2 and 50 yr flood in studied river

River name	Flood return period	Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Velocity (m/s)	Flow Cross-section (m <sup>2</sup> )	Maximum water depth (m)	Wetted perimeter (m)
Mashkil	2 yr	127.96	0.48	570.89	4.49	265.96
	50 yr	2393.22	0.83	3292.57	9.71	764.77
Surin	2 yr	35.72	0.42	198.68	3.32	114.67
	50 yr	294.28	0.77	662.46	5.65	266.5
Gezu	2 yr	41.9	0.97	105.01	1.76	109.63
	50 yr	1185	1.93	822.25	4.57	490.52
Biraban	2 yr	100.43	0.66	235.49	3.52	167.67
	50 yr	583.15	0.7	937.19	5.82	411.67

هم‌چنین با وجود اینکه این رودخانه در وضعیت سیلاب ۲ yr دارای کم‌ترین مقدار پارامتر پیرامون مرطوب بود در وضعیت سیلاب ۵۰ yr بعد از رودخانه ماشکیل بیش‌ترین مقدار این پارامتر را داراست. رودخانه‌های سورین و بیرابان در مقایسه با رودخانه‌های ماشکیل و گزو تغییرات به نسبت کم‌تری را در مقدار دبی و سایر پارامترهای هیدرولیکی

مطابق با نتایج جدول (۳) در وضعیت سیلاب با دوره بازگشت ۵۰ yr، رودخانه ماشکیل همانند وضعیت سیلاب ۲ yr دارای بیش‌ترین مقادیر دبی غالب، سطح مقطع جریان، ماکزیمم عمق آب و پیرامون مرطوب است. رودخانه گزو بعد از رودخانه ماشکیل دارای بیش‌ترین مقدار دبی غالب بوده و سرعت جریان آن از همه رودخانه‌های مطالعاتی بیش‌تر است.

جریان داشته‌اند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که به‌طور کلی در بین رودخانه‌های مورد مطالعه، مخاطرات سیلاب ۵۰ Yr در رودخانه‌های ماشکیل و گزو بیش‌تر است. در جدول (۴) نسبت تغییرات پارامترهای هیدرولیکی مختلف با تغییر دوره بازگشت سیلاب برای کلیه رودخانه‌های مطالعه شده آورده شده است.

جدول ۴ - نسبت تغییرات پارامترهای هیدرولیکی مختلف با تغییر دوره بازگشت سیلاب از ۲ سال به ۵۰ سال

Table 4 the ratio of hydraulic parameters changes due to the change in flood return periods from 2 to 50 year

River name	Discharge	Velocity	Flow Cross-section	Maximum water depth	Wetted perimeter
Mashkil	18.7	1.7	5.8	2.2	2.9
Surin	8.2	1.8	3.3	1.7	2.3
Gazu	28.3	2	7.8	2.6	4.5
Biraban	5.8	1.1	4	1.7	2.5

۱- در این پژوهش، نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب با دوره‌های بازگشت ۲ و ۵۰ Yr سال در رودخانه‌های مورد مطالعه تهیه شد.

۲- در شرایط دبی غالب (دبی با دوره بازگشت ۲ Yr) در بین رودخانه‌های مورد مطالعه، رودخانه ماشکیل و بعد از آن رودخانه بیرآبان دارای بیش‌ترین مقدار عمق بوده و اراضی بیش‌تری را در اطراف خود اشغال می‌کنند. همچنین رودخانه گزو دارای بیش‌ترین مقدار سرعت متوسط سیلاب است.

۳- در شرایط دبی با دوره بازگشت ۵۰ Yr رودخانه‌های ماشکیل و گزو در بین رودخانه‌های مورد مطالعه دارای قابلیت سیل‌خیزی بیش‌تری بودند.

۴- افزایش دبی ناشی از افزایش دوره بازگشت سیلاب، در همه رودخانه‌های مورد مطالعه، تأثیر بیش‌تری را روی حجم سیلاب و مقدار گسترش آن در دشت سیلابی داشت.

بنابراین، توجه به قابلیت سیل‌گیری اراضی مجاور رودخانه و تبعات ناشی از آن، در مدیریت سیلاب و انتخاب روش مناسب ساماندهی این رودخانه‌ها بسیار حائز اهمیت است.

### دست‌رسی به داده‌ها

داده‌ها حسب درخواست، از طرف نویسنده مسئول قابل ارسال است.

### تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که، هیچ‌گونه تضاد منافی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

مطابق با نتایج این جدول، با تغییر دوره بازگشت سیلاب از ۲ سال به ۵۰ سال دبی رودخانه‌ها بین ۵/۸ تا ۲۸/۳ برابر افزایش یافته است. در مورد پارامترهای سرعت جریان و سطح مقطع جریان که در ارتباط با دبی رودخانه هستند، سرعت جریان بین ۱/۱ تا ۲ برابر و سطح مقطع جریان بین ۳/۳ تا ۷/۸ برابر افزایش یافته‌اند. بنابراین تغییر دبی تأثیر بیش‌تری بر تغییر سطح مقطع جریان داشته است. همچنین در مورد دو پارامتر ماکزیمم عمق آب و پیرامون مرطوب که در ارتباط با سطح مقطع جریان هستند، ماکزیمم عمق آب بین ۱/۷ تا ۲/۶ برابر و پیرامون مرطوب بین ۲/۳ تا ۴/۵ برابر افزایش یافته‌اند. بنابراین در این مورد تغییرات پیرامون مرطوب بیش‌تر بوده است. از آنجایی که پارامتر پیرامون مرطوب بیانگر اراضی تحت پوشش سیل است، می‌توان نتیجه گرفت که در همه رودخانه‌های مورد مطالعه افزایش قابل‌ملاحظه دبی ۵۰ ساله نسبت به دبی ۲ ساله بیش‌ترین تأثیر را بر روی مساحت اراضی قرار گرفته در زیر سیل دارد. این قضیه با توجه به اهمیت استراتژیک رودخانه‌های مرزی مطالعاتی و در نظر گرفتن این موضوع که اراضی حاشیه این رودخانه‌ها در حال حاضر فاقد کاربری هستند، بیانگر اهمیت توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب ارائه شده به‌منظور احداث هرگونه سازه و یا ایجاد کاربری در مجاورت رودخانه می‌باشد.

### ۴- نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت ویژه رودخانه‌های مرزی و نقش استراتژیک آن‌ها، در این پژوهش چهار رودخانه مرزی واقع در استان سیستان و بلوچستان با نام‌های ماشکیل، سورین، گزو و بیرآبان به لحاظ هیدرولیکی مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج حاصل به‌شرح زیر هستند:

## References

- Abdollahzadeh, A., Ownegh, M., Sadoddin, A. and Mostafazadeh, R. (2016). Constraints to residential land use development arising from flood and runoff coefficient in a land use planning framework, case study: Ziarat Watershed, Golestan Province. *Watershed Eng. Manage.*, 8(2), 221-235. DOI: 10.22092/ijwms.2016.106462 [In Persian].
- Amini, A., Bahrami, J. and Miraki, A. (2021). Effects of dam break on downstream dam and lands using GIS and Hec Ras: a decision basis for the safe operation of two successive dams. *Int. J. River Basin Manage.*, DOI: 10.1080/15715124.2021.1901728
- Bakhtiari, M., Kashefipour, S. M. and Asghari Pari, S. A. (2012). Evaluation the effect of transverse structures on the flood plain using hydraulic model Hec-Ras in Geographic Information Systems (GIS). *J. Irrig. Sci. Eng.*, 35(3), 37-46 [In Persian].
- Daneshfaraz, R., Dasineh, M. and Ghaderi, A. (2019). Evaluation of scour depth around bridge piers with HEC-RAS (Case study: bridge of Simineh Rood Miandoab, Iran). *Environ. Water Eng.*, 5(2), 91-102. DOI: 10.22034/jewe.2019.177408.1310 [In Persian].
- Derakhshan, S. H., Gholami, V. and Taghva Salimi, E. (2011). Modeling of Goharood and Siahrood rivers hydraulic behavior with GIS and HEC-RAS. *J. Geog. Sci.*, 16(19), 65-79 [In Persian].
- Earth Data, NASA. (2020). Alaska Satellite Facility (ASF) DAAC. Available online at: <https://earthdata.nasa.gov/>, Accessed 18, August 2020.
- Hejazi, A., Khodaie Gheshlagh, F. and Khodaie Gheshlagh, L. (2019). Zoning the villages at flood risk in the Varkesh-Chai drainage basin by GIS and HEC - RAS software and HEC-GEO - RAS extension. *J. Appl. Res. Geog. Sci.*, 19(53), 137-155. DOI: 10.29252/jgs.19.53.137 [In Persian].
- Hosseini, S. M., Jafar-Beiglu, M. and Geravand, F. (2015). Modeling of hydraulic behavior of Kashkan river and determination of floodplain limits using HEC-GEO-RAS. *Environ. Hazard. Manage.*, 2(3), 355-369. DOI: [10.22059/jhsci.2015.58102](https://doi.org/10.22059/jhsci.2015.58102)
- Iran Water Resources Management Company. (2020). Water Resources Base Studies Bureau, Statistics and Reporting System, Available on: <http://wrbs.wrm.ir>. Accessed 7, September 2020.
- Iran's Ministry of Energy. (2016). Guideline for determination of the hydraulic roughness coefficient of rivers. Bureau of Technical, Engineering, Social and Environmental standards of water and waste water. Publication No. 688 [In Persian].
- Jahanbakhsh, S., Rezaei Banafsheh, M. and Sadrafshari, S. (2012). Flood zoning of the Kalqan river by rainfall-runoff analysis by HEC-RAS model. *J. Geog. Notion.* 6(12). 127-144 [In Persian].
- Kazemi, A., Rezaei Moghaddam, M. H., Nikjoo, M. R., Hejazi, M. A. and Khezri, S. (2017). Zoning and management of the hazards of floodwater in the Siminehrood river using the HEC-RAS hydraulic model. *Environ. Hazard. Manage.*, 3(4), 379-393. DOI: [10.22059/jhsci.2016.62373](https://doi.org/10.22059/jhsci.2016.62373) [In Persian].
- Liang, S. and Mohanty, C. R. C. (1997). Optimization of GIS-based flood hazard zoning - a case study at the Mahanady command area in Cuttack district, Orissa, India. *J. Chin. Soil Water Conserv.*, 28(1). 11-20.
- Miraki, A., Bahrami, J. and Amini, A. (2020). Investigation of flood characteristics due to dam failure in the narrow section of the river. *Environ. Water Eng.*, 6(4), 388-401. DOI: 10.22034/JEWE.2020.245577.1411
- Mostafazadeh, R., Mirzaei, S., Esmali, A. and Zabihi, M. (2018). Sensitivity analysis of the flow hydrograph components due to changes in Clark's time-area model in Mohammad-Abad watershed, Gloestan Province. *Iran. J. Soil Water Res.*, 49(1), 91-99. DOI: 10.22059/ijswr.2018.221333.667580
- Patel, C. G. and Gundaliya, P. J. (2016). Floodplain delineation using HEC-RAS model - a case study of Surat city. *J. Mod. Hydrol.*, 6(1), 34-42. DOI: 10.4236/ojmh.2016.61004
- Rezaei Moghadam, M. H., Rajabi, M., Daneshfaraz, R. and Kheirizadeh, M. (2016). Zonation and investigating the morphological effects of flooding on Zarrineh-roud river



- (from Sariqamish to Noruzlu dam). *Geogr. Environ. Hazard.*, 5(1), 1-20. DOI: [10.22067/geo.v5i1.52330](https://doi.org/10.22067/geo.v5i1.52330) [In Persian].
- Suwanwerakamtorn. R. (1994). GIS and hydrologic modeling for management of small watersheds. *ITC J.*, 4, 343-349.
- Tate, E. and Maidment, D. (1999). Floodplain mapping using HEC-RAS and ArcView GIS. Center for Research in Water Resources, Report 99-1, The University of Texas at Austin, Austin, USA. 215 pp.
- Usul N. and Turan, B. (2006). Flood forecasting and analysis within the Ulus basin, Turkey, using geographic information systems. *Nat. Hazard.*, 39, 213-229. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-006-0024-8>
- Hazard., 39, 213-229. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-006-0024-8>
- Wolman, M. G. (1955). The natural channel of Brandywine Creek, Pennsylvania. USGS Numbered Series, Professional Paper 271, Pennsylvania, USA. 56 pp. DOI: 10.3133/pp271
- Yamani, M., Toorani, M. and Chezghe. S. (2012). Determination of the flooding zones by using Hec-Ras model (Case study: upstream the Taleghan dam). *J. Geogr. Environ. Hazard.*, 1(1), 1-16. DOI: [10.22067/geo.v1i1.16519](https://doi.org/10.22067/geo.v1i1.16519) [In Persian].

---

#### How to cite this paper:

Taghavi Parsa, M. H. and Taheri, O. R. (2022). Zoning and analyzing of two and fifty-year floods of selected rivers using HEC-RAS Model. *Environ. Water Eng.*, 8(2), 453-467. DOI: [10.22034/JEWE.2021.281577.1552](https://doi.org/10.22034/JEWE.2021.281577.1552)

---