



## Investigating Maximum Discharge of Runoff Values in Shiraz Hydro Geomorphic Basin Using Gamble Distribution Model

Shahram Roostaei <sup>a\*</sup>, Hassan Eftekhari <sup>b</sup>, Fariba Karami <sup>c</sup>, Saeed Negahban <sup>d</sup>

<sup>a</sup> Professor in Geomorphology, Tabriz University, Tabriz, Iran

<sup>b</sup> PhD Candidate in Geomorphology, Tabriz University, Tabriz, Iran

<sup>c</sup> Professor in Geomorphology, Tabriz University, Tabriz, Iran

<sup>d</sup> Associate Professor in Geomorphology, Shiraz University, Shiraz, Iran

Received: 20 June 2022

Revised: 3 August 2022

Accepted: 11 August 2022

### Abstract

Among natural hazards, floods are of special importance in terms of financial and human losses. According to available statistics and information, flood damage in most parts of the world, especially in developing countries, is the the most destructive and generally makes socio-economic and environmental damages. So, efforts for reducing the damage are the duties of related agencies. Estimating and determining the maximum amount of flood is one of the first steps for reducing its damage. Therefore, providing a definition of it is a fundamental step. In this regard, the selection of the maximum possible flood plays an important role. By definition, the maximum possible flood is the largest flood that can reasonably be expected to occur in a particular region and time (World Meteorological Organization, 1986). Frequency analysis is one of the reliable methods in flood estimation if there are sufficient statistics and it is possible to fit a suitable distribution function. This method, which uses a complete statistical series (all available data), often uses normal statistical distributions, normal logs, three-factor normal logs, limit values distribution, Pearson, Pearson logs, and WebStud program (13). The purpose of frequency analysis of events in hydrology is to obtain the maximum probability of occurrence of values. The selected area for studying the geomorphic basin of Shiraz is in the sections of Aliabad, Maroon, Eghbalabad, Chenar Sukhteh and Bagh-e-Safa stations. In this study, long-term precipitation statistics in the rain gauge station of Shiraz geomorphic basin over a period of 50 years and maximum daily discharge statistics in a period of 44 years were used.

**Keywords:** Flood, Maximum Discharge, Gamble Distribution Model, Shiraz Basin

\*. Corresponding author: Shahram Roostaei Email: roostaei@tabrizu.ac.ir Tel:+989143134410

**How to cite this Article:** Roostaei, S., Eftekhari, H., Karami, F., & Negahban, S. (2024). Investigating maximum discharge of runoff values in Shiraz hydro geomorphic basin using Gamble distribution model. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 12(4), 117-137.

DOI:10.22067/geoeh.2022.77273.1245



Journal of Geography and Environmental Hazards are fully compliant With open access mandates, by publishing its articles under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

## Geography and Environmental Hazards

Volume 12, Issue 4 - Number 48, Winter 2024

<https://geoeh.um.ac.ir>

<https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.77273.1245>

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دوازدهم، شماره چهل و هشتم، زمستان ۱۴۰۲، صص ۱۳۷-۱۱۷  
مقاله پژوهشی

### بررسی حداکثر دبی مقادیر سیلاب حوضه آبریز شیراز در توزیع گمبل تیپ یک (مطالعه موردی: رودخانه خشک، استان فارس)

شهرام روستایی<sup>۱</sup> - استاد ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران  
حسن افتخار - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران  
فریبا کرمی - استاد ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران  
سعید نگهبان - دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۳/۳۰ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۵/۱۲ تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۵/۲۰

#### چکیده

پژوهش حاضر با هدف شناسایی مطالعه جامع، جهت مقادیر دبی‌های مؤثر بر وقوع سیلاب‌های شهری رودخانه خشک شیراز انجام شده است. حوضه آبریز شیراز با مساحت برابر ۱۸۶۵/۱۰ کیلومترمربع و اقلیم خشک و نیمه‌خشک، همراه با پوشش گیاهی متوسط به دلیل خشکسالی‌ها و تغییرات کاربری اراضی است که نشان از شرایط سیلابی حوضه در زمان رخداد رگبارهای ناگهانی دارد. روش تحقیق آماری-تحلیلی و نوع آن کاربردی است. بدین منظور در جمع‌آوری داده‌ها از آمار درازمدت بارش در ایستگاه باران‌سنجی حوضه آبریز شیراز در یک دوره ۵۰ ساله و آمار دبی حداکثر روزانه در یک دوره ۴۴ ساله ایستگاه‌های آب‌سنجی موجود در منطقه، پس از بررسی موقعیت مکانی، کیفیت تجهیزات، مدت و کیفیت داده‌های ایستگاه‌های آب‌سنجی، استفاده شده است. سپس به‌منظور انتخاب توزیع مناسب، داده‌های هر ایستگاه در محیط "Excle" وارد شده و اقدام به استخراج ماکزیمم مقادیر دبی شده و خروجی‌ها و ضوابط جبری در نرم‌افزار 16 Graphers محاسبه و تهیه شده است. در مرحله بعد جهت رفع اوریب یا بایاس از میانگین و انحراف استاندارد مقادیر دبی در تابع احتمال تیپ یک گمبل، با محاسبه گشتاور دوم توزیع حد

Email: roostaei@tabrizu.ac.ir

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۴۳۱۳۴۴۱۰

نحوه ارجاع به این مقاله:

روستایی، شهرام؛ افتخار، حسن؛ کرمی، فریبا؛ نگهبان، سعید؛ ۱۴۰۲. بررسی حداکثر دبی مقادیر رواناب حوضه هیدروژئومورفیک

شیراز با استفاده از مدل توزیع گمبل. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ۱۲(۴). صص ۱۳۷-۱۱۷

<https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.77273.1245>

آستانه از ساختار جز به جز ریمان استفاده شده است. در نهایت این تحقیق نشان داد تا قبل از فاجاریه دقیقاً توسعه فیزیکی شهر شیراز خارج از محدوده عبور رودخانه خشک بوده است؛ اما به تدریج با روند توسعه شهرنشینی، عدم رعایت حریم رودخانه و مدیریت‌های غلط شهری در حال حاضر کوچک‌ترین بارش‌های سالانه موجب وقوع سیلاب شهری شیراز شده است؛ به طوری که با این تفاسیر بروز فاجعه در به وقوع پیوستن دبی بیک طی صدسال با احتمال ۷۰ در صد با حدود ۲۰۰ مترمکعب در ثانیه حتمی است، اما این به معنای وقوع سیل در شیراز طریق رودخانه خشک نبوده است.

**کلیدواژه‌ها:** سیل، دبی حداکثر، توزیع گمبل، حوضه شیراز.

#### ۱- مقدمه

سیل ممکن است در اثر بروز یک بارندگی شدید و یا مستمر و یا ذوب ناگهانی برف‌ها در یک حوضه آبخیز به وقوع بپیوندد (اصغری مقدم، ۱۳۸۲). پهنه‌بندی سیلاب تقسیم‌بندی سطح زمین به یک سری از پهنه‌های دارای ارزش معین است. پهنه‌بندی سیلاب به تعیین ناحیه‌هایی در داخل دشت سیلابی اطلاق می‌شود که برای کاربری‌های مختلف از قبیل فضا‌های باز تفریحی، کشاورزی، محوطه‌های صنعتی و مسکونی مورد استفاده قرار می‌گیرد و همچنین با توجه به تعاریف وزارت نیرو پهنه‌بندی سیل را این چنین تعریف می‌کند: تعیین پهنه‌های سیل گیر برای سیلاب‌های با دوره بازگشت‌های معین را پهنه‌بندی سیل می‌گوییم. (نشریه ۳۰۷ وزارت نیرو). مخاطرات طبیعی به‌عنوان تهدیدی در حال رشد در ارتباط با رفاه و توسعه جوامع مطرح‌اند و خسارت‌های ناشی از مخاطرات طبیعی، هم از دیدگاه تکرار و هم از نظر صدمه‌هایی که به بار می‌آورند، بر جامعه اثر می‌گذارند (پورطاهری و همکاران، ۱۳۹۰). تشدید صعودی خسارت سیل در دو دهه گذشته سبب شده که آرزوی دیرینه درباره حل قطعی مسئله سیل و رواناب‌ها جای خود را به واقع‌گرایی و درک این واقعیت دهد که همیشه نمی‌توان در مهار سیلاب‌ها موفق بود، بلکه باید کوشید تا پیامدهای مخرب و زیان‌بار آن را کاهش داد (صفاری و همکاران، ۱۳۹۰). در این میان رودخانه‌ها به‌عنوان اصلی‌ترین منابع تأمین‌کننده آب برای انسان و سایر موجودات به شمار می‌روند و بعضاً این منشأ زندگی باعث نابودی و وارد شدن خسارت‌های جبران‌ناپذیری می‌شود؛ بنابراین پیش‌بینی رفتار هیدرولیکی رودخانه‌ها در مقابل سیلاب‌های احتمالی برای کاهش خسارت‌های وارده بر مناطق شهری و روستایی، تأسیسات در حال ساخت، مزارع و سایر کاربری‌های موجود در اطراف رودخانه دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشند (عسکری و همکاران، ۱۳۹۴)؛ زیرا به‌وسیله آن‌ها می‌توان تصمیم‌ها و راهکارهایی را برای مهار سیلاب و به حداقل رساندن خسارت‌های ناشی از آن کسب نمود (حجازی و همکاران، ۱۳۹۸). در ادامه به بررسی برخی از تحقیقات داخلی و خارجی انجام گرفته در مورد خطر سیلاب پرداخته شده است. اهداف پهنه‌بندی با توجه به نیازها می‌تواند متفاوت باشد. تعیین بستر و حریم، تهیه نقشه خطر سیلاب، بیمه‌گذاری و تعیین پهنه خسارت از جمله اهداف اصلی پهنه‌بندی سیل است. مطالعات متعددی در مورد روش‌های

ارزیابی خطر سیلاب انجام گرفته است که در ادامه به چند مورد آن اشاره می‌شود: (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۱) به شبیه‌سازی سیلاب رودخانه کشکان به مطالعه پرداخته‌اند نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد که روند افزایش سطح سیل گیر در دوره بازگشت‌های ۵ تا ۱۰۰ سال سیر صعودی‌تر دارند؛ در حالی که مساحت پهنه سیلاب در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله و ۲۰۰ ساله اختلاف چندانی باهم ندارند. در ایران حدود ۲ درصد اراضی مستعد ابتلا به مخاطره سیلاب هستند و ۳ درصد دارای احتمال خطر سیلاب با ریسک بسیار زیاد است (خسروی و همکاران، ۲۰۲۱). در سال‌های اخیر، ارزیابی‌ها و برآورد سیلاب به دلیل افزایش شهرنشینی و تمرکز سکونتگاه‌های مسکونی در اطراف رودخانه‌ها و دشت‌های سیلابی به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است (آوند<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۱). سیل یکی از مخرب‌ترین مخاطرات طبیعی است؛ بخصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک (با سیل‌های ناگهانی) که بارندگی زیادی را تجربه می‌کنند. این مخاطره ناشی از پیوند چندین عامل طبیعی و انسانی است. سیلاب هنگامی رخ می‌دهد که دبی رودخانه به حدی افزایش می‌یابد که آب از سواحل رودخانه عبور کرده و مناطق مجاور را غرقاب می‌کند، در نتیجه جوامعی را که در مجاورت رودخانه‌ها ساکن هستند، تحت تأثیر قرار می‌دهد علاوه بر آن تغییرات آب و هوایی احتمال وقوع سیل و بزرگی آن‌ها را افزایش می‌دهد (ترمه<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۸؛ ازین<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۲۰). سیل سالانه به‌طور متوسط ۷۵ میلیون نفر را در سراسر جهان تحت تأثیر قرار می‌دهد (حدود ۲۰۰۰۰ تلفات در هر سال)، ضرر اقتصادی حاصل از آن ۹۵ میلیارد دلار بوده است در سال‌های اخیر، فراوانی سیل بیش از ۴۰٪ افزایش یافته است؛ زیرا تغییرات آب و هوایی به‌طور قابل توجهی بر شدت، الگو و بزرگی‌های سیلاب‌ها تأثیر داشته است. به‌ویژه کشورهای آسیایی با برخورد نسبتاً زیاد در معرض سیل و زلزله قرار دارند در آسیا بیش از ۹۰٪ تلفات انسانی ناشی از بلایای طبیعی به علت جاری شدن سیل است (چانگ<sup>۴</sup> و چن<sup>۵</sup>؛ خسروی<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۸، ۲۰۲۱). ایران اخیراً سیلاب‌های فاجعه باری را تجربه کرده است که علاوه بر تأثیر تغییرات آب و هوایی، تأثیر فعالیت‌های انسانی ناشی از مدیریت ضعیف حوضه آبریز از جمله جنگل‌زدایی، چرای بیش‌ازحد دام، توسعه سکونتگاه‌های روستایی و شهری باعث کاهش فضای هیدرولیک رودخانه‌ها شده است، سیل‌های مارس و آوریل ۲۰۱۹ در ایران که ۲۵ استان از ۳۱ استان کشور را تحت تأثیر قرار داده است، در نتیجه بیش از ۷۷ نفر تلفات انسانی و خساراتی به ارزش ۲/۲ میلیارد دلار به سکونتگاه‌های شهری و روستایی و زمین‌های کشاورزی وارد شده است (https://en.wikipedia.org/wiki/2019\_Iran\_floods). در پژوهشی دیگر پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از مدل هیدرولیک (HEC-RAS) در رودخانه سرباز استان سیستان و بلوچستان به مطالعه پرداخته شده و ابتدا دبی با دوره

1 Avand

2 Termeh

3 Ezzine

4 Chang and Chen

5 Khosravi

بازگشت‌های مختلف با استفاده از مدل SCS در نرم‌افزار HEC-HMS محاسبه شده و نقشه پهنه‌بندی سیلاب حوزه آبخیز سرپاز محدود شهر راسک با دوره بازگشت‌های مورد نظر با کمک مدل هیدرولیکی HEC-RAS تهیه شده است (دامادی و همکاران، ۱۴۰۰). (خاتاک و همکاران، ۲۰۱۶) به تهیه نقشه دشت سیلابی با کمک HEC-RAS و GIS رودخانه کابل پاکستان به مطالعه پرداخته‌اند که در این مطالعه با کمک داده‌های هندسی مدل رقومی ارتفاعی DEM داده‌های هندسی رودخانه تهیه شده و دوره بازگشت‌ها را بیان کرده است که ۴۰ درصد ناحیه در معرض سیل قرار دارد که با تصویر MODIS مقایسه شده و نتایج مدل مورد تأیید واقع شده است. (کابنگی و همکاران، ۲۰۱۷) به توصیف مخاطره سیلاب در مناطق فاقد اطلاعات با استفاده از تکنیک سنجش‌ازدور و شاخص احتمال خطر سیلاب مبتنی بر GIS به مطالعه پرداخته‌اند؛ فاکتورهایی از قبیل شیب، جریان تجمعی، تراکم شبکه زهکشی فاصله از کانال زهکشی کاربری اراضی شدت بارندگی و زمین‌شناسی به‌عنوان عوامل ایجادکننده سیل مورد استفاده قرار گرفت که همه این فاکتورها از داده‌های سنجش‌ازدور LANDSAT، SRTM، به جز زمین‌شناسی استخراج گردیده است و با کمک آنالیز سلسله‌مراتبی تأثیر فاکتورها مشخص شده و در نهایت نقشه سیلاب تهیه و کاربری متناسب با مناطق سیل پیشنهاد شده است. (زلناکوا<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۹) به مدل‌سازی احتمال خطر سیلاب رودخانه -اسلاوینس در اسلاواکی به مطالعه پرداخته‌اند که با تلفیق GIS و ارزیابی آسیب‌های سیل را با استفاده از تحلیل هزینه (CA) انجام داده‌اند که این مدل در (HEC-RAS) اجرا شده است که در نهایت مناطق احتمال خطر سیلاب مشخص گردیده است و میزان خسارت محاسبه شده است. در تمامی این تحقیقات به مطالعه پهنه‌های سیلابی، دوره‌های بازگشت مختلف و مقادیر آب‌گرفتگی در هر کاربری مورد تجزیه و تحلیل قرار داده شده است. نواحی خشک و نیمه‌خشک در اثر بارش‌های شدید به‌طور مسلم دارای وقوع شرایط سیلابی شدیدتری هستند. در منطقه مورد مطالعه حوضه آبریز شیراز با توجه به شرایط اقلیمی منطقه، وقوع بارش‌های سیل‌آسا در زمان‌های کوتاه‌مدت، خصوصاً در ارتفاعات شمالی حوضه موجب به راه افتادن حجم عظیمی از دبی گشته است که این مقادیر دبی از طریق مسیلی تحت عنوان رودخانه خشک، از میان شهر شیراز گذر کرده و به سمت دریاچه مهارلو به‌عنوان زهکشی این حوضه سرازیر می‌شود؛ اما با روند توسعه شهرنشینی و دست‌اندازی بر حریم مسیل، امروزه شاهد بروز سیلاب و خسارات ناشی از آن هستیم که نمونه بارز آن اتفاق فاجعه‌بار سیلاب ۱۳۹۸ در بخش دروازه قرآن شیراز بوده است. لذا ضرورت انجام این تحقیق، بر مطالعه مقادیر دبی حداکثری بر روند وقوع سیلاب شهری است. اهمیت دوچندان این مطالعه دلالت بر سازوکارها و مدیریت غلط شهری، تغییر کاربری اراضی و عدم رعایت حریم رودخانه بوده است که موجب شده مقادیر حداکثری

1 Khattak

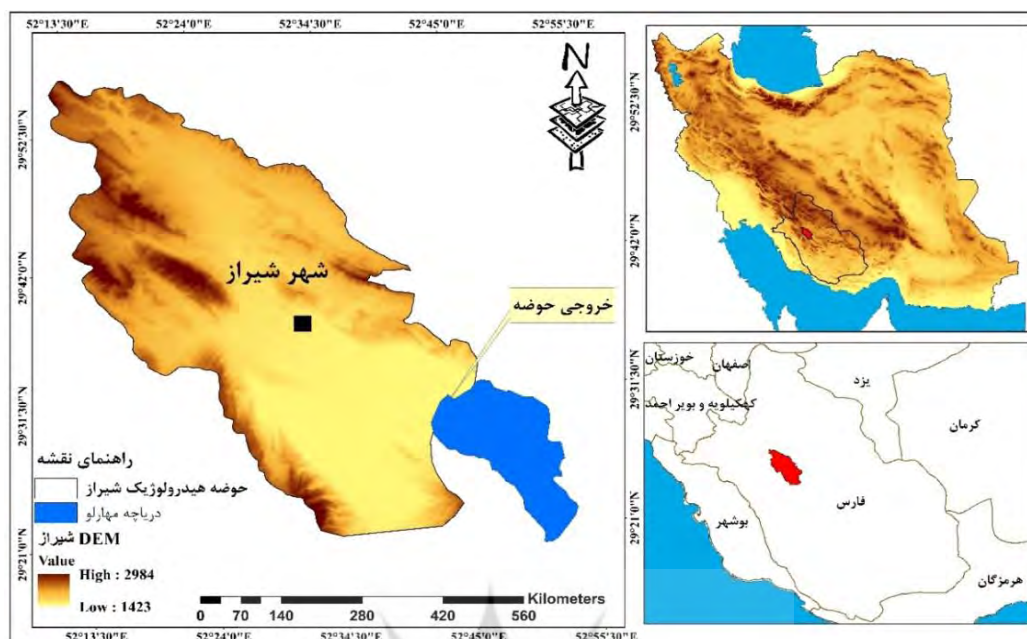
2 Kabenge

3 Zelenakova

دبی که در زمان‌های گذشته موجب رخداد و خساراتی نشده است، چگونه امروزه با کوچک‌ترین شدت و مدت زمان کوتاه یک بارش، نتواند از طریق مسیل خود زهکشی شده و موجب وقوع سیلاب در حوزه شهری شیراز شود.

## ۲- موقعیت منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه حوضه آبریز شیراز دارای محیطی برابر با ۲۳۴/۵ کیلومتر و مساحتی برابر با ۱۸۹۸/۲۴ کیلومتر مربع و محدوده سیاسی استان فارس واقع شده است. این حوضه در مختصات جغرافیایی بین عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۵۲ درجه ۵۲ دقیقه شرقی واقع شده است. حداکثر ارتفاع حوضه از سطح دریا ۲۷۵۰ متر و حداقل ارتفاع نیز ۱۳۵۰ متر است. خروجی آب از یان حوضه، به سطح اساس دریاچه مهارلو منتهی می‌گردد که تمامی جریانات وارده به این حوضه از طریق مسیلی تحت عنوان رودخانه خشک زهکشی می‌گردد و از نظر ژئومورفولوژیکی در واحد زاگرس چین‌خورده قرار دارد و از نظر زمین‌شناسی سنگ کف، دو ناحیه عمیق در محدوده دشت شیراز که توسط طاقدیس‌های سنگ‌آهک‌های آسماری از هم جدا شده است، عمدتاً از رسوبات ماسه‌سنگ، کنگلومرا، گچ و آهک به رنگ زرد و قرمز تشکیل شده است. رسوبات این حوضه متعلق به دوران چهارم بوده و منطقه وسیعی از دشت شیراز را به صورت آبرفت پوشانده است. این رسوبات از شن و ماسه و رس تشکیل شده که ضخامت آن حداکثر به ۲۵۰ متر می‌رسد (آق‌ناتی، ۱۳۸۳). بارش متوسط حوضه طی دوره آماری ۲۰ ساله ۳۱۰٫۵۱ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۸٫۴۶ درجه سلسیوس بوده است و بر مبنای اقلیم آمبرژه بارندگی‌های این ناحیه اکثراً از سیکلون‌های غرب و برخورد هوای سرد سیبری و مدیترانه‌ای منشأ می‌گیرد. رطوبت موجود در هوای مدیترانه بر اثر صعود به دامنه‌های زاگرس موجب بارندگی در نواحی غربی ایران شده به نحوی که میزان آن از غرب به شرق نقصان می‌یابد و شروع فعالیت سیکلون‌های مدیترانه‌ای از اوایل پاییز است که تا اواسط بهار ادامه می‌یابد.



شکل ۱- نقشه موقعیت حوضه آبریز شیراز، در استان و کشور

### ۳- مواد و روش‌ها

این تحقیق بر پایه روش آماری-تحلیلی و از نوع کاربردی است. در این پژوهش از نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ شیراز-کازرون، زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ و داده‌های مرکز مطالعات آب منطقه‌ای استان فارس، در خصوص آمار دبی ایستگاه‌های هیدرومتری این سازمان استفاده شده است. در ابتدا محدوده حوضه آبریز شیراز در محیط نرم‌افزار Arc Gis معین گردیده است. که حوزه مدنی شیراز نیز در بخشی از این حوضه آبریز واقع شده است. در مرحله بعد از داده‌های ایستگاه‌های هیدرومتری علی‌آباد، مارون‌اقبال‌آباد، چنارسوخته و پل باغ صفا جهت تعیین بیشترین مقادیر دبی این ایستگاه‌ها در یک دوره ۴۴ ساله در محیط Excle استفاده شده است. پس از آن از ساختار گمبل تیپ یک برای تعیین پیک حداکثر مقادیر دبی ثبت شده در رودخانه خشک، از طریق رابطه ثابت اولر-ماسکرونی استفاده شده است. همچنین این ساختار توزیعی از طریق ضوابط جبری، جهت محاسبه گشتاور اول و دوم، انحراف استاندارد مقادیر دبی، پیش‌بینی‌های جریان‌ات طغیانی تغییرات چگال از طریق توزیع نرمال گاوس، توزیع ارگودیک هولومورفیک حد آستانه، پیش‌یابی ارگودیک فاصله اطمینان و خروجی‌های مربوطه در محیط Graphers 16 انجام پذیرفته است و در آخر مقادیر به دست آمده را با استفاده از روش انتگرال جز به جز ریمان، بر روی ساختار توزیع گمبل پیاده‌سازی کرده و به بررسی چگونگی روند پیک‌های حداکثری بر وقوع سیلاب ۴۴ ساله پرداخته شده است.

در ساختار عمومی توزیع نارایب حد آستانه حداکثر گمبل از منفی تا مثبت بی نهایت داریم که :

$$f(X) = \left(\frac{1}{\beta}\right)e^{\left(-\frac{x-\mu}{\beta}\right)}e^{(-e)^{\left(-\frac{x-\mu}{\beta}\right)}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در توزیع فوق  $\beta$ : انحراف استاندارد تعدیل شده گمبل از جامعه از دبی های حداکثر و  $\mu$ : میانگین تعدیل شده گمبل از دبی های حداکثر می باشد. همان گونه که از تابع گمبل معلوم هست در حقیقت مقادیر انحراف استاندارد و میانگین دبی های حداکثر حوضه شیراز بایاس (اریب) تابع گمبل می باشند. جهت رفع نارایی مذکور ابتدا  $\mu$  را برابر صفر و  $\beta$  را برابر یک فرض می نماییم. در این صورت جهت محاسبه G.S.C در تابع استاندارد گمبل حد آستانه حداکثر تیپ یک، داریم که :

$$f(X) = e^{-x}e^{-e^{-x}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

با توجه به این که تابع احتمال گمبل به صورت خودکار چگال می باشد؛ بنابراین داریم که :

$$F(X) = \left(\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-x}e^{-e^{-x}} dx\right) = 1 \quad \text{رابطه (۳)}$$

#### ۴- بحث و نتایج

##### ۴-۱- تحلیل پیک دبی های رودخانه خشک شیراز در ساختار گمبل تیپ یک

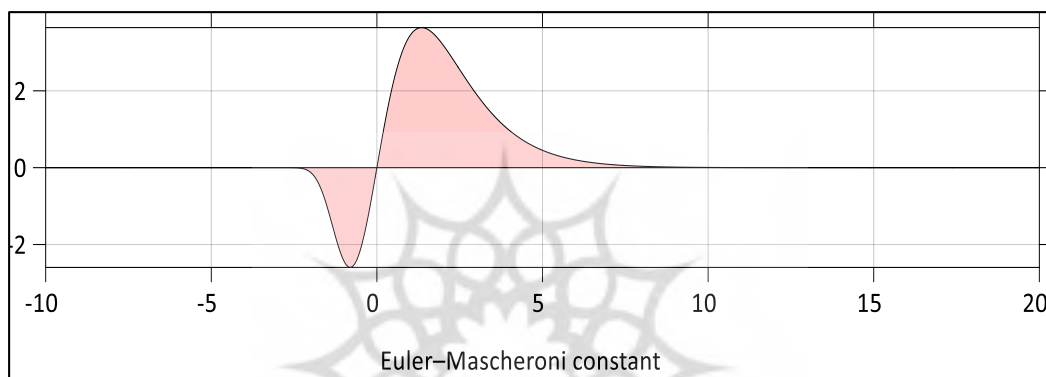
یکی از راهکارهای محاسبه در برآورد مقادیر حد آستانه دبی حاصل از بارش ها، ساختار گمبل تیپ یک است. بدیهی است که با این تحلیل بیشترین و کمترین مقادیر وقوع دبی در حوضه شیراز و این که وقوع این مقادیر حد آستانه هر چند وقت یک بار اتفاق خواهد افتاد را می توان محاسبه کرد. در این آنالیز، ۴۴ سال دیتاهای حداکثر دبی رودخانه خشک مورد استفاده قرار داده شده است. جهت رفع بایاس از مقادیر حداکثری دبی حاصل از بارش های ۴۴ ساله حوضه شیراز ایستگاه های علی آباد، مارون، اقبال آباد، چنار سوخته و پل باغ صفا واقع در شهر شیراز، برداشت گردیده است. از داده های هیدرومتری ایستگاه پل فسا که در محل اوتلت (خارجی) رودخانه خشک به این رودخانه می پیوندد، صرف نظر شده است. به دلیل این که نقشی در توزیع روان آب احتمالی بر سطح حوضه و شهر شیراز ندارد. بدیهی است در صورتی که در مطالعات کل حوضه هیدروژئومورفولوژیک مهارلو، مورد بررسی قرار گیرد نه تنها این شاخه از رودخانه، بلکه شاخه های جنوبی حوضه، شامل زیر حوضه سروستان بوده و باید در محاسبات



حتماً اعمال گردند. در هر حال برای محاسبه گشتاور اول تابع توزیع گمبل که برابر امید ریاضی  $EG(X)$  است. از طریق تابع چگال احتمال رابطه (۴) داریم که :

$$F(X) = \left( \int_{-\infty}^{+\infty} (x)(e^{-x}e^{-e^{-x}} dx) \right) = 0.577215664902 \quad \text{رابطه (۴)}$$

این تابع احتمال برابر است با 0.577215664902 که این مقدار برابر با ثابت اویلر - ماسکرونی بوده و حاصل مذکور از محاسبه انتگرال جز به جز از ساختار ریمان در نمودار زیر قابل محاسبه می باشد.

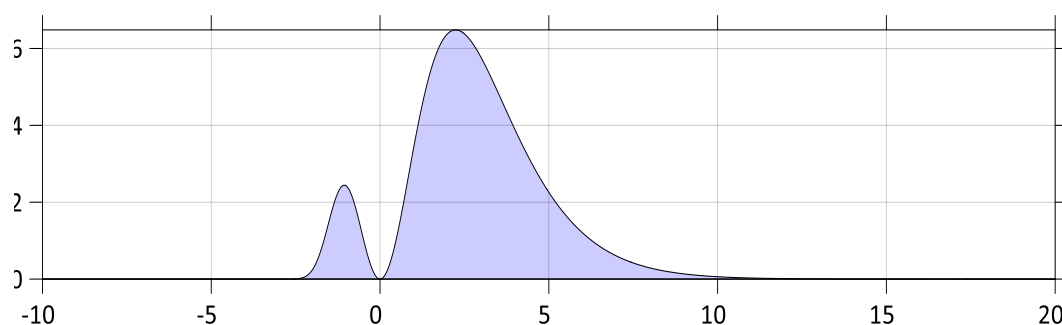


شکل ۲- مقدار گشتاور اول توزیع حد آستانه نوع اول گمبل

در ادامه جهت رفع ابیاس ، میانگین و انحراف استاندارد دبی های رودخانه خشک در تابع احتمال نوع یک گمبل با محاسبه گشتاور دوم توزیع حد آستانه گمبل از ساختار جز به جز ریمانی رابطه (۵) داریم که :

$$F(X^2) = \left( \int_{-\infty}^{+\infty} (x^2)(e^{-x}e^{-e^{-x}} dx) \right) = 1.97811199066 \quad \text{رابطه (۵)}$$

این مقدار فوق، سطح محصور زیر منحنی انتگرال جز به جز گشتاور دوم گمبل، از ساختار ریمان را نشان داده است. نمودار زیر از طریق رفع ابیاس مقادیر حداکثر سالانه دبی رودخانه خشک حوضه مطالعاتی به دست آمده است.



Variance of Gumbel Distribution

شکل ۳- مقدار گشتاور دوم گمبل از ساختار ریمان

در مرحله بعد جهت محاسبه انحراف استاندارد توزیع احتمال گمبل، روابط (۶ و ۷) را داریم که :

$$\text{VAR}(P) = 1.97811199066 - 0.577215664902^2 = \text{رابطه (۶)}$$

$$\text{STD}(P) = \text{رابطه (۷)} 1.64493406684$$

$$\sqrt{(1.97811199066) - (0.577215664902^2)} = 1.28254983016$$

با محاسبه گشتاور اول و دوم و انحراف استاندارد تابع احتمال چگال گمبل، در رفع بایاس دبی‌های حداکثری حوضه رودخانه خشک شیراز، از طریق محاسبه ضریب کشیدگی گمبل تیپ یک، روابط (۸ و ۹) به دست آمده‌اند.

$$\text{Geometric Gumbel Kurtosis} \left( \frac{\mu}{\text{STD}(P)} \right) = \left( \frac{0.577215664902}{1.28254983016} \right) = 0.450053207457 \quad \text{رابطه (۸)}$$

$$\text{Gumbel Ratio (STDP)} = \left( \frac{1}{\text{STD}(P)} \right) = \left( \frac{1}{1.28254983016} \right) = 0.779696801235 = ((\beta\pi)/\sqrt{6}) \quad \text{رابطه (۹)}$$

بنابراین در توزیع استاندارد حد آستانه ماکزیمم گمبل تیپ یک، در تحلیل دبی‌های حداکثر سالانه رودخانه خشک که در حوضه شیراز واقع هست، رابطه (۱۰) را داریم که این مقدار برابر است با:

$$\text{Mean} = \left( \int_{-\infty}^{+\infty} (x)(e^{-x}e^{-e^{-x}} dx) \right) = 0.577215664902 \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

با این شرط که در حالت استاندارد  $\mu$  برابر صفر و  $\beta$  برابر یک فرض می‌گردد. مقدار *Mean* برابر خواهد بود با ثابت اویلر - ماسکرونی، یعنی مقدار 0.577215664902. به همین طریق اگر  $\mu$  برابر صفر گردد بنابراین *Mode* در ساختار توزیع یک گمبل برابر با رابطه (۱۱) :

$$Mode = \mu = 0$$

رابطه (۱۱)

و در صورتی که در حالت استاندارد گمبل تیپ یک، مقدار  $\mu$  برابر صفر فرض شود در محاسبه کمیت مقدار مد توزیع برابر 0.366512920582 است.

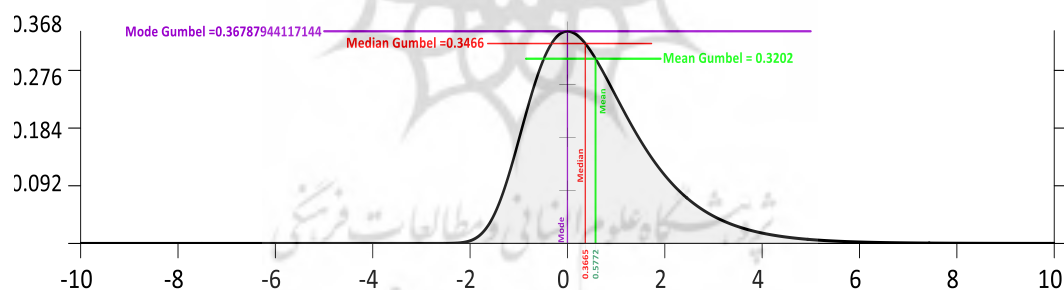
$$f(X) = (e^{-x}e^{-e^{-x}}) \sim (e^{-(\mu)}e^{-e^{-(\mu)}}) = (e^{-(0)}e^{-e^{-(0)}}) = 0.366512920582 \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

همچنین برای تعیین مقدار میانه در توزیع گمبل حد آستانه تیپ یک، براساس روابط (۱۳) و (۱۴) برابر است با:

$$F(X) = \left( \int_{-\infty}^x e^{-x}e^{-e^{-x}} dx \right) = 0.5 \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

$$F(X) = Median = \mu - \beta(\ln(\ln(2))) = 0.3665129 \quad \text{رابطه (۱۴)}$$

بر این اساس توزیع حد آستانه جبری گمبل تیپ یک، دارای چولگی مثبت ۱,۱۳۴ می باشد و شدیداً به سمت راست چولگی دارد که با توجه به نوع عملکرد این ساختار کاملاً منطقی است. هم چنین میزان کشیدگی جبری توزیع نیز ۵,۴ می باشد.



Standard Distribution of Gumbel Maximum Extreme Value Type 1

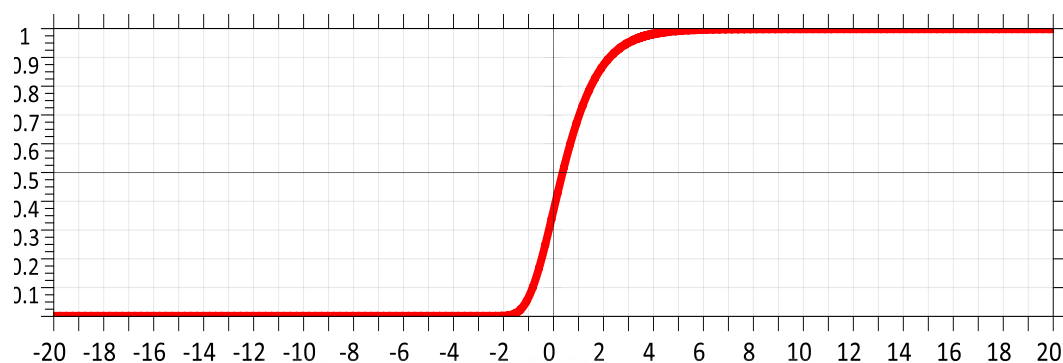
شکل ۴- میزان کشیدگی جبری توزیع گمبل تیپ یک

در محاسبه توزیع تجمعی احتمال حد آستانه گمبل تیپ یک رابطه (۱۵) برقرار است که:

$$P = e^{-e^{-y}}$$

رابطه (۱۵)

در شکل ۵ محور افقی سری زمانی و محور عمودی احتمال وقوع مطلق است. باید در نظر داشت که محاسبه فوق و نمودار زیر هر دو در حالت کلاسیک توزیع تجمعی را نشان می دهند که در تحلیل های حوضی باید بایاس در دیتاهای به دست آمده رفع گردد.



Cumulative Distribution of Gumbel Maximum Extreme Value Type 1

#### شکل ۵ - حالت کلاسیک توزیع تجمعی سری زمانی و احتمال وقوع مطلق

در رفع بایاس توزیع تجمعی حد آستانه گمبل در دبی های پیک، در رودخانه شیراز به طور عام از طریق رابطه زیر قابل محاسبه است :

$$P = e^{(-e)^{\left(-\frac{x-\mu}{\beta}\right)}}$$

رابطه (۱۶)

در واقع ساختار فوق که در تحلیل آن ناریبی های  $\beta$  و  $\mu$  اعمال می گردد، نه تنها باید در محاسبات دبی های حد آستانه حداکثر تیپ یک گمبل حوضه شیراز طبق (جدول ۱) اعمال شود، بلکه در سایر آنالیزهای مشابه نیز صادق است.

جدول ۱- مقادیر دبی ۴۴ ساله حوضه هیدروژئومورفیک شیراز

سال	سور صعودی حداکثر دبی روزانه در سال به متر مکعب	میانگین متحد	انحراف استاندارد جامعه	ت ر ک	CV = STDP/MEAN	G. D. R	(G. D. R)-CV
1387	0.248	42.95629545	38.48801561		0.895980792	0.39894228	0.497038512
1386	0.669	43.94951163	38.37149686		0.873081302	0.39894228	0.474139022
1388	1.23	44.98	38.23305208		0.850001158	0.39894228	0.451058878
1355	2.4	46.04707317	38.07356052		0.826839968	0.39894228	0.427897688
1360	5.77	47.13825	37.90802777		0.804188271	0.39894228	0.405245991
1357	8.18	48.19897436	37.80026128		0.784254474	0.39894228	0.385312194
1392	9.67	49.25210526	37.72541613		0.765965555	0.39894228	0.367023275
1358	11.2	50.32189189	37.65877356		0.748357666	0.39894228	0.349415386
1375	12.79	51.40861111	37.60161877		0.731426466	0.39894228	0.332484186
1396	12.9	52.512	37.55595215		0.715187998	0.39894228	0.316245718
1359	15.01	53.67705882	37.47566783		0.698169174	0.39894228	0.299226894
1354	15.32	54.84878788	37.42063292		0.682250864	0.39894228	0.283308584
1398	16.6	56.0840625	37.33240481		0.665650867	0.39894228	0.266708587
1353	17.55	57.35774194	37.23915263		0.649243701	0.39894228	0.250301421
1389	19.8	58.68466667	37.12676974		0.632648558	0.39894228	0.233706278
1361	21.09	60.02551724	37.04040437		0.617077637	0.39894228	0.218135357
1379	24.6	61.41607143	36.94476508		0.601548816	0.39894228	0.202606536
1378	25.8	62.77962963	36.92435445		0.588158208	0.39894228	0.189215928
1393	27.5	64.20192308	36.89482234		0.574668492	0.39894228	0.175726212
1363	28.57	65.67	36.87330384		0.561493891	0.39894228	0.162551611
1370	28.63	67.21583333	36.83140247		0.547957239	0.39894228	0.149014959
1385	28.9	68.89347826	36.71491411		0.532922927	0.39894228	0.133980647
1372	31.7	70.71136364	36.51367817		0.516376383	0.39894228	0.117434103
1394	35	72.56904762	36.34301792		0.500806048	0.39894228	0.101863768
1391	35.4	74.4475	36.23196722		0.486678092	0.39894228	0.087735812
1390	35.8	76.50263158	36.01911332		0.470821887	0.39894228	0.071879607
1369	36.88	78.76388889	35.66932282		0.452863912	0.39894228	0.053921632
1364	38	81.22764706	35.18351779		0.433147076	0.39894228	0.034204796
1384	48.5	83.929375	34.51316768		0.411216784	0.39894228	0.012274504
1368	<b>51.84</b>	<b>86.291333</b>	<b>34.37015815</b>		<b>0.39830371</b>	<b>0.3989</b>	<b>-0.0006</b>
1381	53.7	88.75214286	34.27613084		0.3862006	0.39894228	-0.01274168
1362	57.6	91.44846154	34.10930346		0.372989363	0.39894228	-0.02595292
1367	58.81	94.26916667	34.01419396		0.360819928	0.39894228	-0.03812235
1374	61.38	97.49272727	33.72607222		0.345934237	0.39894228	-0.05300804
1395	70.5	101.104	33.28270638		0.329192776	0.39894228	-0.0697495
1371	75.1	104.5044444	33.39446631		0.31955068	0.39894228	-0.0793916
1382	82	108.18	33.6600921		0.311148938	0.39894228	-0.08779334
1373	83.94	111.92	34.3941623		0.307310242	0.39894228	-0.09163204
1377	91.7	116.5833333	35.04128121		0.300568531	0.39894228	-0.09837375
1376	93	121.56	36.39871426		0.299430028	0.39894228	-0.09951225
1380	93.7	128.7	37.43240575		0.290850084	0.39894228	-0.1080922
1366	94.1	140.3666667	36.38409298		0.259207502	0.39894228	-0.13973478
1383	144	163.5	19.5		0.119266055	0.39894228	-0.27967622
1397	183	183	0		0	0.39894228	-0.39894228

μ

بنابراین می توان مشاهده نمود که پیک دبی های واقع شده طی ۴۴ سال از ۰,۲۴۸ مترمکعب بر ثانیه تا ۱۸۳ مترمکعب در ثانیه در سال ۱۳۹۷ متغیر بوده است. بدیهی است که حتی دبی های پیک حداکثری در سال های آماربرداری نیز نمی توانند جز، روان آبی بیش در نظر گرفته شوند که سبب ایجاد جریان طغیانی در رودخانه خشک شده است؛ اما امروزه بنا به دلیل مدیریت های غلط شهری و عدم رعایت حریم رودخانه، تبدیل به سیلاب شهری گشته است. در تعیین دبی که می تواند به عنوان منشأ جریان طغیانی در رودخانه خشک در پیش بینی آینده شود، از طریق اعمال ضریب تغییرات چگال توزیع نرمال گاوس قابل محاسبه است که بر اساس روابط (۱۷ و ۱۸) برابر است با:

$$f(x) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{(-0.5x^2)} dx = \sqrt{(2\pi)} \quad \text{رابطه (۱۷)}$$

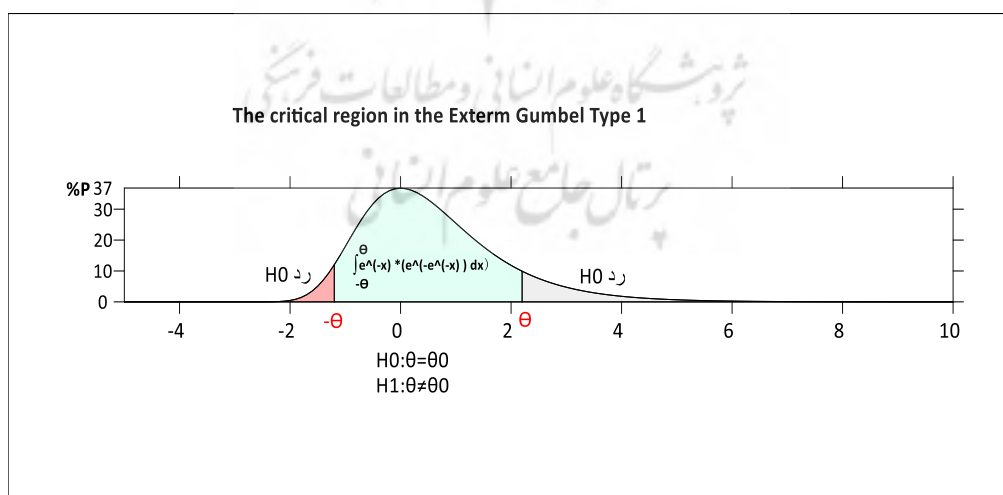
$$\text{Gauss Density Ratio} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} = \frac{1}{2.506628275} = 0.39894228 \quad \text{رابطه (۱۸)}$$

پس باید ضریب تغییرات دبی، حداقل مقدار 0.39894228 باشد که همان مقدار چگال توزیع گاوس است؛ بنابراین بر اساس محاسبات تحلیلی فوق‌الذکر از دبی‌های ۴۴ ساله قابل تحلیل در ساختار گمبل، آن‌هایی روایی دارند که مقدار آن‌ها حداقل بیشتر از 51.48 مترمکعب در ثانیه باشد.

در ادامه برای پیش‌بینی فاصله اطمینان دبی حداکثر در محاسبه حد آستانه دبی‌های رودخانه خشک، ابتدا باید بایاس‌های ساختار گمبل محاسبه گردد. بنابراین در یک ساختار مجموع کلاسیک نامعین در برآورد فاصله اطمینان بین دو مقدار از دبی‌های حد آستانه رودخانه خشک شیراز برابر توزیع حد آستانه‌ای حداکثر گمبل تیپ یک [رابطه \(۲۲\)](#) حاکم است:

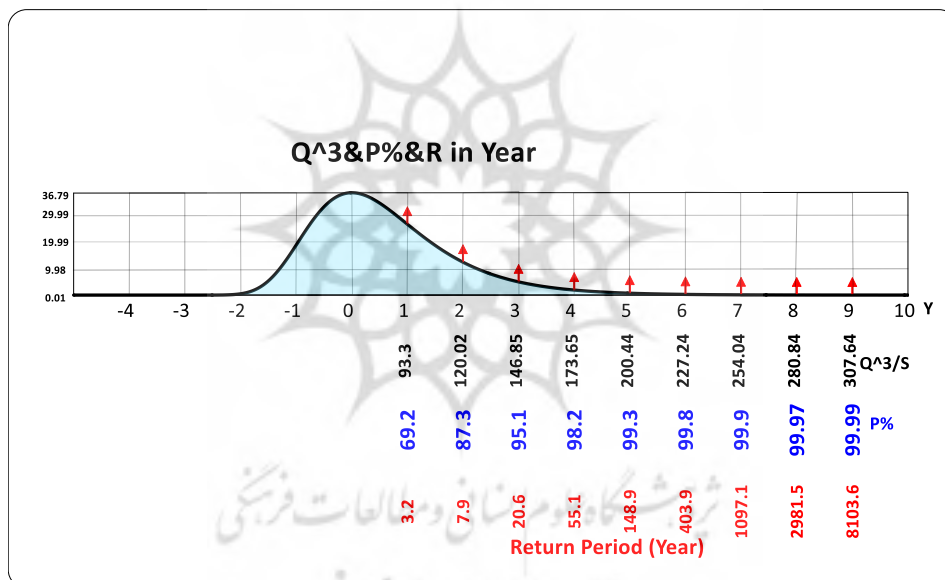
$$F(X) = \left( \int_a^b e^{-x} e^{-e^{-x}} dx \right) \quad \text{رابطه (۱۹)}$$

و چون تابع هولومورف فوق به صورت هندسی چگال می‌باشد بنابراین کافی است که مقادیر (a, b) به توزیع احتمال مذکور تزریق گردد. نباید از نظر دور داشت که توزیع احتمال گمبل تیپ یک، از یک شبکه ارگودیک پیروی می‌نماید. در این شبکه، مقادیر x از لگاریتم طبیعی روی محور عرضی (Y) محاسبه می‌گردد و سپس این سیستم ارگودیک، به صورت نمای ثابت (e) قرار می‌گیرد (شکل ۶)؛ بنابراین می‌توان به مکانیزم عملگر متغیرهای سه‌گانه (a,b,x) در این شبکه ارگودیک هولومورف به خوبی پی برد.



شکل ۶- ساختار حد آستانه استاندارد تیپ یک گمبل

در توزیع استاندارد گمبل اریب (Bias) به راحتی ابتدا مقادیر (a,b) محاسبه می‌گردد. این دو مقدار یک سری زمانی هستند که تابع سیر لگاریتم طبیعی هستند. به بهترین وجهی ساختار ارگودیک گمبل با رفع بایاس این دو مقدار را به صورت نارایب (UnBias) تبدیل می‌نماید. در این تبدیل ارگودیک گمبل ابتدا انحراف استاندارد پیک دی‌های روزانه رودخانه خشک را در ضریب 0.779696801235 (تابع شماره ۹) مقیاس می‌نماید. شکل ۷ دارای ضریب انحراف استاندارد مذکور می‌باشد). یا به سخن دیگر هر انحراف استاندارد از جمله انحراف استاندارد دی‌های حداکثر روزانه رودخانه خشک، اگر به صورت مستقیم (روی متغیرهای x,a,b) یا به طور غیرمستقیم فقط روی متغیرهای a,b اعمال گردد، بایاس انحراف استاندارد گمبل در این برآورد رفع خواهد شد. همچنین توزیع حد آستانه گمبل دارای یک kurtosis هندسی است که مقدار آن برابر با 0.450053207457 است. (ضابطه شماره ۸).



شکل ۷- انحراف استاندارد دی‌های حداکثر روزانه

بنابراین در ساختار ارگودیک هولومورفیک گمبل حد آستانه تپ یک، Y ها که در حقیقت سری زمانی منشعب از یک تابع نمایی مضاعف هولومورف هستند باید در وهله اول با مقدار تابع شماره ۹ و سپس با مقدار تابع شماره ۸ رفع بایاس گردند. در محاسبه این ساختار مجموع نارایب نامعین رابطه (۲۰) حاکم است که داریم:

$$F(X) = \int \left( \frac{1}{\beta} \right) e^{-\frac{x-\mu}{\beta}} e^{-e^{-\frac{x-\mu}{\beta}}} dx \quad \text{رابطه (۲۰)}$$

باید در نظر داشت که مقدار تابع دیفرانسیل شماره 20 بر خلاف تابع احتمال شماره (3) به صورت خودکار چگال نمی‌باشد. همچنین تابع باید در مقدار  $(\frac{1}{\beta})$  ضرب گردد تا به کورتیس مورد نیاز چگال برسد. تفسیر عملی فوق روی شکل 7 توزیع حد آستانه ماکزیمم تیپ یک گمبل می‌باشد. ورای اعمال دوره بازگشت دبی‌های حد آستانه بین 150 تا 250 مترمکعب بر ثانیه روزانه در طول سال روابط (21 و 22) برقرار است که:

$$150 = 86.29133 + (34.37016((0.779697 * Y) - 0.450053208) \quad \text{رابطه (21)}$$

$$250 = 86.29133 + (34.37016((0.779697 * Y) - 0.450053208) \quad \text{رابطه (22)}$$

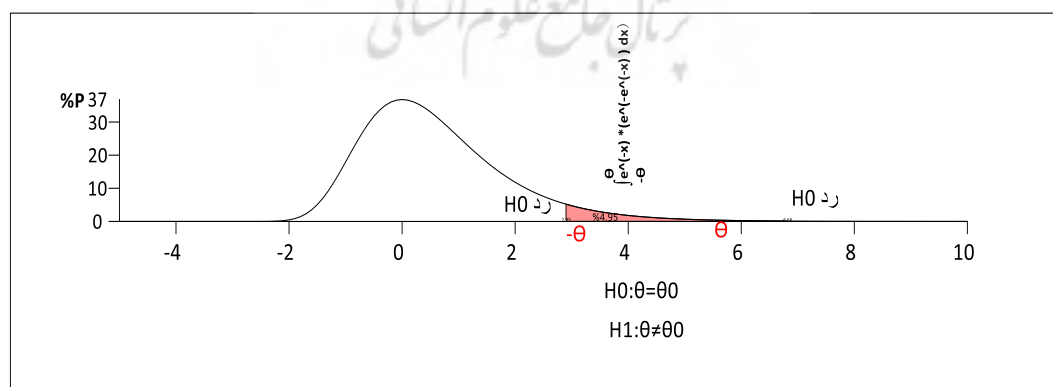
$$Y(150m^3) = \left( \left( \frac{150 - 86.29133}{34.37016} \right) + 0.450053208 \right) / 0.77969 = 2.95455$$

$$Y(250m^3) = \left( \left( \frac{250 - 86.29133}{34.37016} \right) + 0.450053208 \right) / 0.77969 = 6.68619$$

در دو ضابطه 21 و 22 ضرایب بایاس از ضوابط 8 و 9 استخراج شده است. پس با محاسبه مقادیر Y در توزیع استاندارد تابع دیفرانسیل گمبل تیپ یک، با روش جز به جز ریمان از ضابطه (23) نشان می‌دهد که:

$$F(X) = \left( \int_{2.95455}^{6.68619} e^{-x} e^{-e^{-x}} dx \right) = 0.04952 \quad \text{رابطه (23)}$$

در تابع اولیه احتمال فوق فاصله اطمینان احتمال وقوع دبی‌های بین 150 تا 250 متر مکعب در ثانیه، حداکثر برابر با 4,9 درصد است و باید کاملاً دقت داشت که این کمیت یک فاصله اطمینان روی توزیع استاندارد تابع احتمال گمبل تیپ یک می‌باشد.



شکل 8- فاصله اطمینان مقادیر توزیع استاندارد تابع احتمال گمبل تیپ یک



در حقیقت مقادیر  $Y$  های به دست آمده روی مقادیر مورد پیشنهاد شده از نمودار ۶، به نواحی روی نمودار ۷ انتقال یافته‌اند. در این تحلیل حتماً و حتماً باید مقادیر  $Y$  بین  $\theta -$  و  $\theta$  واقع گردد. در غیر این صورت فرض  $H1$  به وقوع خواهد پیوست که رد فرض  $H0$  می‌باشد؛ به عبارتی دیگر جهت قبول فرض  $H0$  باید رابطه (۲۴) حاکم باشد:

$$Y | -\theta < Y < \theta \quad \text{رابطه (۲۴)}$$

مقادیر  $Y$  ساختار ارگودیک لگاریتم نپین، منشعب از یک سری زمانی معکوس است. به این معنی که در سری زمانی گمبل عامل عملگر به جای  $p$  که بیانگر احتمال وقوع واقعی است، از  $q$  استفاده شده است.

$$p = \frac{1}{T} \quad \text{رابطه (۲۵)}$$

در ضابطه فوق:  $p$ : احتمال وقوع مطلق و  $T$ : زمان به سال است. باید توجه داشت که زمان به سال می‌باشد؛ بنابراین نمی‌توان زمان را صفر در نظر گرفت بلکه باید حداقل یک سال و کسری از یک سال باشد. در محاسبات حد آستانه ماکزیمم تیپ یک گمبل، از احتمال عدم وقوع استفاده می‌شود. چون درصد محاسبه احتمال حداکثری است. در این تحلیل ساختار ۲۶ برقرار است:

$$q = 1 - p \quad \text{رابطه (۲۶)}$$

پس در محاسبه  $Y$  داریم که:

$$Y = -\ln(-\ln(q)) \quad \text{رابطه (۲۷)}$$

بنابراین:

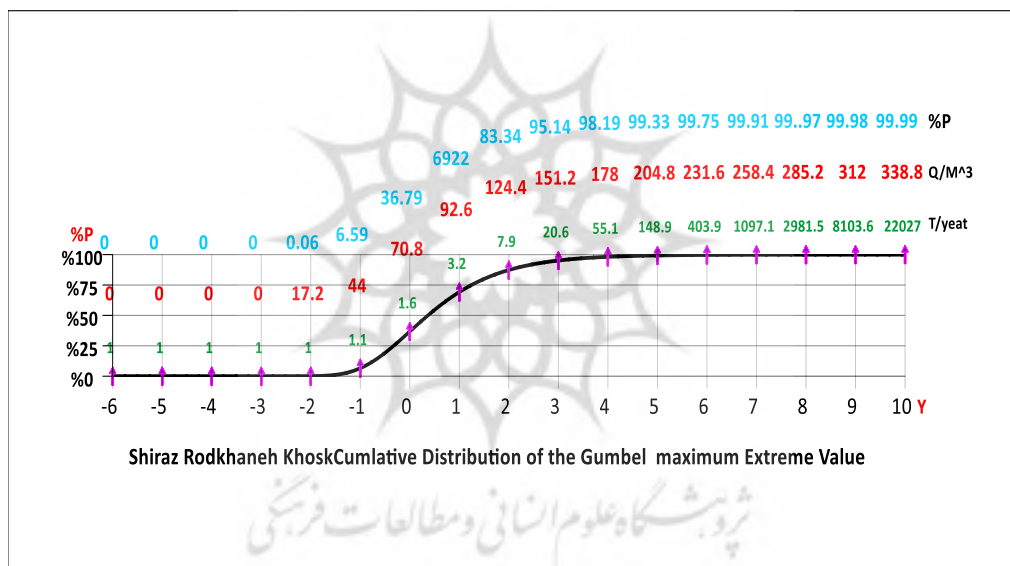
$$Y = -\ln\left(-\ln\left(1 - \left(\frac{1}{T}\right)\right)\right) \quad \text{رابطه (۲۸)}$$

به خوبی آشکار است که عامل  $Y$  در ساختار تیپ یک گمبل، یک عملگر ارگودیک از یک سری زمانی است که ترکیبی از احتمال وقوع و عدم احتمال وقوع ( $p$  &  $q$ ) هست. بنابراین جهت محاسبه مقدار دبی حداکثر با استفاده از مقدار  $Y$  محاسبه شده در ساختار توزیع تیپ یک ماکزیمم برابر است با:

$$Q/M^3 = \bar{Q} + (\sigma(Q) * ((0.779696801235 * Y) - 0.450053207457)) \quad \text{رابطه (۲۹)}$$

بر این اساس علت ارگودیک بودن ساختار گمبل تیپ یک ماکزیمم، این است که در این سیستم پژوهشگر با حداقل ده بعد شامل احتمال وقوع، عدم احتمال وقوع، محور طولی  $x$  که با  $Y$  ارگودیک می‌گردد، محور  $Y$  که با  $P$  مطلق و نسبی ارگودیک می‌گردد و نموداری که یکی دارای ضریب هندسی Skewness برابر 0.779 مثبت به راست بوده، با kurtosis در حد 0.45 هندسی است.

در تحلیل بر روی فاصله اطمینان بین دو مقدار ارگودیک دوره بازگشت، احتمال و مقدار دبی حداکثر بیانگر، ساختار حداکثرهای آستانه در هر نقطه بوده و این ساختار کاملاً ارگودیک است. که این ساختار با ساختارهای کلاسیک احتمال دامنه به راست، هم‌خوانی داشته، ضمناً عمل کرد آن بسیار مجزاست. اعمال این ساختار روی پیک دبی‌های روزانه رودخانه خشک شیراز در طول یک سال طی دوره آماری ۴۴ ساله در شکل ۹ قابل تفسیر و مشاهده است.



شکل ۹- ساختار حد آستانه تجمعی حداکثر تیپ یک گمبل در پیش بینی فاصله اطمینان دبی

که در تفسیر احتمال کلاسیک راست دامنه داریم که :

$$H_0: \theta \leq \theta_0 \text{ پذیرش فرض}$$

$$H_0: \theta > \theta_0 \text{ رد فرض}$$

در بیان احتمال کلاسیک فوق برای مثال در رودخانه خشک شیراز، دبی پیک ۱۲۴ مترمکعب طی روزانه طی یک سال، حداکثر بیشتر از ۸۴ درصد، طی ۸ سال احتمال وقوع ندارد و این دقیقاً از ساختارهای نرمال و گاما بیس تبعیت می‌نماید. باید توجه نمود که در تمام تحلیل‌های گمبل تیپ یک اگر ضریب انحراف استاندارد و چولگی گمبل اعمال

گردد، نتایج ناریب Un Bias و در غیر این صورت اریب یا Bias خواهند بود. تبیین محاسباتی بر روی دبی های روزانه حداکثری واقع شده در رودخانه خشک شیراز که شکل ۹ از آن استخراج شده است به شرح جدول شماره ۲ است.

جدول ۲- تبیین محاسباتی دبی های روزانه حداکثری رودخانه خشک

Y	$\beta$	G.G.K	AVE	STD(p)	Q/M/ $\wedge$ 3	P	%p	T/Year
-5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	0	3.50739E-65	3.50739E-63	1
-4.5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	0	8.05483E-40	8.05483E-38	1
-4	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	0	1.94234E-24	1.94234E-22	1
-3.5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	0	4.1509E-15	4.1509E-13	1
-3	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	0	1.89218E-09	1.89218E-07	1
-2.5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	3.827177	5.11929E-06	0.000511929	1.000005
-2	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	17.22633	0.000617979	0.061797899	1.000618
-1.5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	30.62548	0.011314286	1.131428638	1.011444
-1	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	44.02463	0.065988036	6.598803585	1.07065
-0.5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	57.42378	0.192295646	19.22956455	1.238077
0	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	70.82293	0.367879441	36.78794412	1.581977
0.5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	84.22208	0.545239212	54.52392119	2.198958
1	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	97.62124	0.692200628	69.22006276	3.24887
1.5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	111.0204	0.800010713	80.0010713	5.000268
2	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	124.4195	0.873423018	87.34230185	7.900331
2.5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	137.8187	0.921193655	92.11936552	12.68933
3	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	151.2178	0.951431993	95.14319929	20.58969
3.5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	164.617	0.970254003	97.02540026	33.61797
4	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	178.0161	0.981851073	98.18510731	55.09968
4.5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	191.4153	0.988952481	98.89524805	90.51806
5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	204.8144	0.993284702	99.32847021	148.9137
5.5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	218.2136	0.995921568	99.5921568	245.1923
6	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	231.6127	0.997524317	99.75243174	403.929
6.5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	245.0119	0.99849769	99.84976904	665.6418
7	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	258.4111	0.999088534	99.90885337	1097.133
7.5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	271.8102	0.999447069	99.94470686	1808.542
8	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	285.2094	0.999664594	99.96645936	2981.458
8.5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	298.6085	0.999796552	99.97965523	4915.269
9	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	312.0077	0.999876598	99.98765978	8103.584
9.5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	325.4068	0.999925151	99.9925151	13360.23
10	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	338.806	0.999954601	99.99546011	22026.97

##### ۵- نتیجه گیری

سیل یکی از بلایای طبیعی است که هر ساله موجب خسارات جبران ناپذیری در کل دنیا می گردد و علل مختلفی موجب وقوع این اتفاق می شود. از جمله شرایط توپوگرافیک، تغییرات اقلیمی، ضعف مدیریت های حوضی جهت مطالعه صحیح و دست اندازی بر حریم رودخانه ها سبب تلفات جانی و مالی فراوانی گشته است. در این مطالعه به اندازه گیری مقادیر دبی حداکثری ایستگاه های هیدرومتری واقع شده بر روی رودخانه خشک، بر ایجاد سیلاب در حوضه آبریز شیراز طریق محاسبه ضوابط جبری توزیع گمبل تیپ یک برای بررسی روند یک دوره ۴۴ ساله پرداخته شد. بدین صورت که ابتدا جهت رفع ابیاس میانگین و انحراف استاندارد مقادیر دبی و محاسبه گشتاور اول و دوم از ساختار انتگرال جز به جز ریمانی، استفاده شده است. تا توزیع استاندارد حد آستانه ماکزیمم گمبل تیپ یک، در

تحلیل دبی‌های حداکثری به دست آید که برابر با  $0/577215664902$  بوده است. شرط لازم مقدار میانگین برابر با ثابت اوایلر - ماسکرونی بوده و نشان‌دهنده نوع عملکرد منطقی توزیع جبری است. در مرحله بعد با رفع بایاس دیتاهای به دست آمده مشخص شد که پیک دبی‌های  $44$  ساله بین  $0/248$  تا  $183$  مترمکعب بر ثانیه متغیر بوده که این مقادیر امروزه تحت عنوان سیلاب شهری مشکل ساز شده در صورتی که در بستر اصلی حریم رودخانه هرگز سیلابی، به حساب نیامده و نهایتاً یک جریان طغیانی بوده است. همچنین در پیش‌یابی فاصله اطمینان دبی حداکثری برای اعمال دوره‌های بازگشت در ساختار ارگودیک هولومورفیک گمبل، مقادیر دوره بازگشت دبی‌های حد آستانه بین  $150$  تا  $250$  مترمکعب بر ثانیه در طول سال، برابر با  $4,9$  درصد طبق (جدول شماره ۲) بوده است. به طوری که به وقوع پیوستن دبی پیک طی صدسال با احتمال  $70$  درصد، با حدود  $200$  مترمکعب در ثانیه امروزه موجب سیلاب گردیده و اگر این بستر به تصرف مهندسی غلط شهری در نیامده بود، به معنای وقوع سیلاب تلقی نمی‌گردید.

#### کتابنامه

- آقانباتی، علی؛ ۱۳۸۳. زمین‌شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.  
<https://www.gisoom.com/book/11083834>
- اصغری مقدم، محمدرضا؛ ۱۳۸۲. جغرافیای طبیعی شهر. انتشارات مسعی. چاپ اول.  
<https://fapool.ir/file/100446>
- پورطاهری، مهدی؛ سجاسی قیداری، حمدالله؛ صادقلو، طاهره؛ ۱۳۹۰. ارزیابی تطبیقی روش‌های رتبه‌بندی مخاطرات طبیعی در مناطق روستایی مطالعه موردی استان زنجان. فصلنامه پژوهش‌های روستایی. ۲ (۳): صص ۵۴-۳۱.  
[https://jrur.ut.ac.ir/article\\_23686\\_393270fa8b50712c7eb57e6aeb55448.pdf](https://jrur.ut.ac.ir/article_23686_393270fa8b50712c7eb57e6aeb55448.pdf)
- حجازی، اسدالله؛ خدایی قشلاق، فاطمه؛ خدایی قشلاق، لیلا؛ ۱۳۹۸. پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب در حوضه آبریز ورکش چای با استفاده از نرم افزار HEC-RAS و الحاقیه HEC-GEO-RAS. فصلنامه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. ۱۹ (۵۳). صص ۱۵۶-۱۳۷.  
<https://ensani.ir/file/download/article/1567840579-9495-53-8.pdf>
- حسین‌زاده، محمدمهدی؛ بیرانوند، سعیده؛ حسینی، امین؛ ۱۳۹۱. شبیه‌سازی سیلاب رودخانه کشکان. فصل‌نامه سنجش‌ازدور و GIS ایران. دوره پنجم، شماره یک.  
[https://scj.sbu.ac.ir/article\\_95131\\_ac33d529b3311132417ad9cfe4b1af5f.pdf](https://scj.sbu.ac.ir/article_95131_ac33d529b3311132417ad9cfe4b1af5f.pdf)
- دامادی، سکینه؛ دهواری، عبدالحمید؛ دهمرده قلعه نو، محمدرضا؛ ابراهیمیان، محبوبه؛ ۱۳۹۹. پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS رودخانه سرباز استان سیستان و بلوچستان. نشریه علمی-پژوهشی مهندسی مدیریت آبخیز. جلد ۱۳. شماره ۳. صص ۵۹۰-۶۱۰.  
[https://jwem.areeo.ac.ir/article\\_124225\\_24569bd322a2487d6beccc1adc2e7627.pdf](https://jwem.areeo.ac.ir/article_124225_24569bd322a2487d6beccc1adc2e7627.pdf)

صفاری، امیر؛ ساسان‌پور، فرزانه؛ موسی وند، جعفر؛ ۱۳۹۰. ارزیابی آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر خطر سیل با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و منطق فازی مطالعه موردی منطقه ۳ تهران. *فصلنامه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*. ۲۰: ۵۰-۱۲۹. <https://jgs.khu.ac.ir/article-1-599-fa.pdf>

عسکری، شمس‌الله؛ احمدی، مهدی؛ همتی، موسی؛ ۱۳۹۴. فرسایش کناری رودخانه چرداول با استفاده از مدل HEC-RAS در محیط GIS. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*. ۳۰ (۱). صص ۸۰-۷۱. [https://jgr.ui.ac.ir/article\\_18101\\_003406c2a28d8a4262704c9d3c64f0de.pdf](https://jgr.ui.ac.ir/article_18101_003406c2a28d8a4262704c9d3c64f0de.pdf)

علیزاده، امین؛ ۱۳۸۸. *اصول هیدرولوژی کاربردی*. انتشارات دانشگاهی امام رضا (ع). چاپ بیست و هفتم. <https://www.gisoom.com/book/1636893>

محمد، مهدوی؛ ۱۳۸۴. *هیدرولوژی کاربردی*. انتشارات دانشگاه تهران. جلد اول. چاپ پنجم. <https://www.gisoom.com/book/11276752>

محمد، مهدوی؛ ۱۳۸۷. *هیدرولوژی کاربردی*. انتشارات دانشگاه تهران. جلد دوم، چاپ دوم. <https://www.gisoom.com/book/1651515>

وزارت نیرو، سازمان مدیریت منابع آب ایران؛ ۱۳۸۴. راهنمای پهنه‌بندی سیل و تعیین حد بستر و حریم رودخانه‌ها. دفتر استانداردها و معیارهای فنی. نشریه شماره ۳۰۷. <https://shaghoool.ir/Files/CODE307.pdf>

Avand, M.T., Moradi, H.R., and M, Ramazanzadeh., 2021. Spatial modeling of flood probability using geo-environmental variables and machine learning models, case study: Tajan watershed, Iran. *Advances in Space Research*, 67: 3169-3186 .

<https://doi.org/10.1016/j.asr.2021.02.011>

Brierley, G.L., and Fryirs, K., 2005. geomorphology and river management application of the River style framework. Blackwell Publishing, Malden. MA. pp 398.

<https://www.academia.edu/8547408>

Chang, H.S., Chen, T.L., 2016. Spatial heterogeneity of local flood vulnerability indicators within flood prone areas in Taiwan. *Environmental Earth Sciences*, 75(23): 1-14.

<https://doi.org/10.1007/s12665-016-6294-x>

Ezzine, A., Saidi, S., Hermassi, T., Kammessi, I., Darragi, F., Rajhi, H., 2020. Flood mapping using hydraulic modeling and Sentinel-1 image: Case study of Medjerda Basin, northern Tunisia: The Egyptian. *Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 23: 303-310.

<https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2020.03.001>

Kabenge, M., Elaru, J., Wang, H., Li, F. 2017. Characterizing flood hazard risk in data scarce areas, using a remote sensing and GIS-based flood hazard index. *Nat. Hazards* 89 (3), 1369–1387. <https://www.researchgate.net/publication/319273965>

Khattak, M.S., Anwar, F., Saeed, T., Sharif, M., Sheraz, K., Ahmed, A. 2016. Floodplain Mapping Using HEC-RAS and ArcGIS: A Case Study of Kabul River. *Arab J Sci Eng.* 41:1375–1390. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13369-015-1915-3>

Khosravi, K.h., Panahi, M., Golkarian, A., Keesstra, S.D., Saco, P.M., Tien, B.D., Lee, S., 2021. Convolutional neural network approach for spatial prediction of flood hazard at national scale of Iran. *Journal of Hydrology*, 591: 2-35. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125552>

Khosravi, K.h., Pham, B.T., Chapi, K., Shirzadi, A., Shahabi, H., Revhaug, I., Prakash, I., TienBui, D., 2018. A comparative assessment of decision trees algorithms for flash flood

- susceptibility modeling at Haraz watershed, northern Iran. Science of The Total Environment, 627: 744-755. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.266>
- Termeh, S.V.R., Kornejady, A., Pourghasemi, H.R., Keesstra, S., 2018. Flood susceptibility mapping using novel ensembles of adaptive neuro fuzzy inference system and metaheuristic algorithms. Science of the Total Environment, 615: 438-451. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.262>
- Zelenakova, M., Fijko, R., Labant, S., Weiss, E., Markovic, G., Weiss, R., 2019. Flood risk modelling of the Slatvinec stream in Kru \_ zlov village, Slovakia. Journal of Cleaner Production, 212:109-118. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.008>

