Journal of Natural Environment Hazards
Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

Journal of Natural Environmental Hazards, Vol.13, Issue 39, March 2024

Examining the maximum discharge values on the occurrence of flooding in the dimensionless gamma structure (Case study: Shiraz geomorphic basin)

Shahram Roostaei[1*], Hasan Eftekhar[2], Fariba Karami[3], Saeed Negahban[4]

1. *Corresponding Author,* Professor of Faculty of Environmental Planning, Department of Geomorphology, University of Tabriz, Tabriz, Iran
2. PhD Student of Geomorphology, Faculty of Environmental Planning, Tabriz University, Tabriz, Iran
3. Professor of Faculty of Environmental Planning, Department of Geomorphology, University of Tabriz, Tabriz, Iran
4. Associate Professor, Department of Geography, Faculty of Economics, Management and Social Sciences, Shiraz University, Shiraz, Iran

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 27 August 2022
Revised: 15 November 2023
Accepted: 24 December 2023

Keywords:
Flood, Dimensionless Gama, discharge, Shiraz basin.

ABSTRACT

The present study was conducted with the aim of a comprehensive study on the management of discharges affecting the occurrence of urban floods in the Shiraz Basin. Shiraz catchment area with an area of 1865.10 square kilometers and dry and semi-arid climate with average vegetation is due to droughts and land use changes. which indicates the flood conditions of the basin at the time of sudden showers. The statistical-analytical research method and its type are practical. For this purpose, the long-term statistics of precipitation in the rain gauge station of Shiraz Basin during the 50 years and the maximum daily discharge during the 44 years of the water gauge stations in the region have been used in data collection. Then, to choose the appropriate distribution, the data of each station was entered into the "Excel" environment the maximum discharge was extracted, and the outputs and algebraic criteria were calculated and prepared in the Graphers 16 software. In the next step, based on Pearson's coefficient of goodness of fit, the values of the k^2 difference of the discharge of each year from the average and dividing it again by the average are calculated during the Pearson-Euler chi-square analysis in an ergodic structure. Dry river, Gamma probability function with 44 years of peak flow degree of freedom, and Riemann integral method for the probability of occurrence of the variance of discharges located in the dry river have been used to predict the confidence interval and the probability of occurrence. Finally, this research showed that the use of the dimensionless gamma grouping structure, which is based on a holomorphism composed of increasing chaos and decreasing fractals, has a very reliable trend with a correlation of 0.8% and a correlation coefficient of 89% for the 44-year river discharge values. Dry with a slope gradient of 30% (16 degrees and 42 minutes), is much more realistic than other groupings, and is more effective for measuring the probability of the occurrence of peak discharges in future years and better management of urban floods.

Cite this article: Roostaei, S., Eftekhar, H., Karami, F., & Negahban, S. (2023). Examining the maximum discharge values on the occurrence of flooding in the dimensionless gamma structure (Case study: Shiraz geomorphic basin). Journal of Natural Environmental Hazards, 13(39), 25-44. DOI: 10.22111/jneh.2023.43274.1921

Publisher: University of Sistan and Baluchestan
DOI: 10.22111/jneh.2023.43274.1921

* Corresponding Author Email: roostaei@tabrizu.ac.ir

مخاطرات محیط طبیعی

شاپا چاپی: ۴۳۷۷-۲۶۷۶ شاپا الکترونیکی: ۴۳۸۵-۲۶۷۶

Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۱۳، شماره ۳۹، فروردین ۱۴۰۳

بررسی مقادیر دبی حداکثری بر وقوع سیلاب در ساختار گامای بدون بعد (مطالعه موردی: حوضه ژئومورفیک شیراز)

شهرام روستایی[1*]، حسن افتخار[2]، فریبا کرمی[3]، سعید نگهبان[4]

۱. استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز (نویسنده مسئول)

۲. دانشجوی دکتری گروه ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز

۳. استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز

۴. دانشیار بخش جغرافیا، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز، شیراز

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۰۵

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۸/۲۴

تاریخ پذیرش : ۱۴۰۲/۱۰/۰۳

واژه‌های کلیدی:

سیلاب، گامای بدون بعد، مقادیر دبی، حوضه شیراز.

چکیده

این پژوهش با هدف مطالعه جامع، مدیریت دبی‌های موثر بر وقوع سیلاب‌های شهری حوضه شیراز انجام شده است. حوضه آبریز شیراز با مساحت ۱۸۶۵/۱۰کیلومترمربع و اقلیم خشک و نیمه‌خشک، همراه با پوشش گیاهی متوسط، به‌دلیل خشکسالی‌ها و تغییرات کاربری اراضی است که نشان‌دهنده شرایط سیلابی حوضه در زمان رخداد رگبارهای ناگهانی است. روش پژوهش آماری- تحلیلی و نوع آن کاربردی است. بدین منظور در جمع آوری داده‌ها از آمار درازمدت بارش در ایستگاه باران‌سنجی حوضه شیراز طی دوره ۵۰ ساله و دبی حداکثر روزانه ۴۴ ساله در منطقه استفاده شده است. سپس به منظور انتخاب توزیع مناسب، داده‌های هر ایستگاه در محیط "Excel" وارد شده و اقدام به استخراج ماکزیمم دبی و خروجی‌ها و ضوابط جبری در نرم‌افزار Graphers 16 محاسبه و تهیه شده است. در مرحله بعد، بر اساس ضریب نکویی برازش پیرسون، مقادیر مکعب تفاضل دبی هر سال از میانگین و تقسیم مجدد آن بر میانگین، طی تحلیل کای دوی پیرسون-اویلر در یک ساختار ارگودیک محاسبه شده است. در ادامه جهت احتمال‌سنجی کای دوی حول مقادیر میانگین دبی‌های رودخانه خشک، از تابع احتمال گامای با درجه آزادی ۴۴ سال دبی پیک و روش انتگرال جز به جز ریمان برای احتمال وقوع واریانس دبی‌های واقع‌شده در رودخانه خشک برای پیش‌یابی فاصله اطمینان و احتمال وقوع استفاده شده است. درنهایت این پژوهش نشان داد که استفاده از ساختار گروه‌بندی گامای بدون بعد که مبتنی بر یک هولومورفیسم مرکب از کیاس افزاینده و فراکتال کاهنده بوده، دارای روندی بسیار قابل‌اعتبار با کرولیشن ۰,۸ درصد و ضریب همبستگی۸۹ درصد را برای مقادیر دبی ۴۴ ساله رودخانه خشک با گرادیان شیب ۳۰ درصد (۱۶ درجه و ۴۲ دقیقه) بوده، بسیار واقعی‌تر نسبت به دیگر گروه‌بندی‌ها بوده و برای احتمال‌سنجی اثر وقوع دبی‌های پیک در سالیان آینده و مدیریت بهتر وقوع سیلاب‌های شهری، موثر تر است.

استناد: روستایی, شهرام, افتخار, حسن, کرمی, فریبا, نگهبان, سعید. (۱۴۰۲). بررسی مقادیر دبی حداکثری بر وقوع سیلاب در ساختار گامای بدون بعد (مطالعه موردی: حوضه ژئومورفیک شیراز). مخاطرات محیط طبیعی ، ۱۳(۳۹), ۲۵-۴۴. DOI: 10.22111/jneh.2023.43274.1921

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان

* - شهرام روستایی (نویسنده مسئول)

Email: roostaei@tabrizu.ac.ir

مقدمه

طبق تعریف فرهنگ آب‌شناسی یونسکو، سیل عبارت است از افزایش معمولاً کوتاه‌مدت در سطح تراز آب یک رودخانه تا اوجی که سطح تراز آب از آن اوج با آهنگی آهسته‌تر عقب می‌نشیند. 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 واقع-گرایی 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 به‌شمار می‌روند و گاهی این منشا زندگی باعث نابودی و واردشدن خسارت‌های جبران‌ناپذیری می‌شود. بنابراین، پیش‌بینی رفتار هیدرولیکی رودخانه‌ها در مقابل سیلاب‌های احتمالی برای کاهش خسارت‌های وارده بر مناطق شهری و روستایی، تاسیسات درحال 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 انجام‌گرفته در مورد خطر سیلاب پرداخته شده است. اهداف پهنه‌بندی ب توجه به نیازها می‌تواند متفاوت باشد .تعیین بستر و حریم، تهیه نقشه خطر سیلاب، بیمه‌گذاری و تعیین پهنه خسارت ازجمله 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 سیل‌گیر در دوره بازگشت‌های ۵ تا ۱۰۰ سال سیر صعودی‌تر دارند درحالی‌که مساحت پهنه سیلاب در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله و ۲۰۰ ساله اختلاف چندانی باهم ندارند. در ایران حدود۲ 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 به‌دلیل افزایش شهرنشینی و تمرکز سکونتگاه‌های مسکونی در اطراف رودخانه‌ها و دشت‌های سیلابی به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافته است (آوند[1] و همکاران، ۲۰۲۱). سیل یکی از مخرب‌ترین مخاطرات طبیعی، به‌خصوص درمناطق خشک و نیمه‌خشک(با سیل‌های ناگهانی) که بارندگی زیادی را تجربه می‌کنند، می‌باشد. 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. درنتیجه 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 [2] و همکاران، ۲۰۱۸ ؛ ازین[3] و همکاران، ۲۰۲۰). سیل سالانه به‌طور متوسط ۷۵ میلیون نفر را در سراسر جهان تحت تأثیر قرار می‌دهد(حدود ۲۰۰۰۰ تلفات در هر

1-Avand
2-Termeh
3-Ezzine

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 قابل‌توجهی 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 به‌علت جاری شدن سیل است (چانک[1] و چن ۲۰۱۶؛ خسروی[2] و همکاران، ۲۰۱۸، ۲۰۲۱). ایران به‌تازگی سیلاب‌های فاجعه‌باری را تجربه کرده است که علاوه بر تأثیر تغییرات آب و هوایی، تأثیر فعالیت‌های انسانی ناشی از مدیریت ضعیف حوضه آبریز ازجمله 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 خسارت‌هایی 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) که در رودخانه سرباز استان سیستان و بلوچستان به مطالعه پرداخته شده و ابتدا دبی با دوره بازگشت‌های مختلف با استفاده از مدل SCS در نرم‌افزار HEC-HMS محاسبه شده و نقشه پهنه‌بندی سیلاب حوزه آبخیز سرباز محدوده شهر راسک با دوره بازگشت‌های مورد نظر با کمک مدل هیدرولیکی HEC-RAS تهیه شده است (دامادی و همکاران، ۱۴۰۰). در مطالعه دیگر، نقشه دشت سیلابی با کمک HEC-RAS و GIS رودخانه کابل پاکستان به مطالعه پرداخته شده که با کمک داده‌های هندسی مدل رقومی ارتفاعی DEM داده‌های هندسی رودخانه تهیه شده و دوره بازگشت‌ها را بیان کرده است و عنوان شده که ۴۰ درصد ناحیه در معرض سیل قرار دارد و با تصویر MODIS مقایسه شده و نتایج مدل مورد تایید واقع شده است (خاتاک و همکاران،[3] ۲۰۱۶). مطالعات متعددی در مورد روش‌های ارزیابی خطر سیلاب از ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ انجام شده است که مبتنی بر ۴ روش اصلی است شامل: الف) روش‌های آماری: ارزیابی خطر سیل مستلزم ثبت سیلاب‌های تاریخی طولانی مدت است و تصور می‌شود که گذشته کلیدی برای آینده است، ازجلمه (بلاک و همکاران[4] ۲۰۰۲) دوباره به ارزیابی خطر سیلاب در اسکاتلند می‌پردازد که از طریق تعداد وقوع سیلاب‌های شدید که اتفاق می‌افتد یک روش آماری جدید مبتنی بر بزرگ‌ترین سیلاب و پایگاه داده‌ایی حوضه‌ایی ایجاد کرده‌اند. ب) سیستم تصمیم‌گیری چندمعیاره: سیستم تصمیم‌گیری چندمعیاره، یک روش تحلیل تصمیم‌گیری ترکیبی از مسائل را بیان می‌کند که اولین بار توسط ووگ[5] (۱۹۸۳) ارائه گردید و پس از آن در دهه ۱۹۶۰روش‌های متعدد دیگری برای بررسی روش (MCA) پیشنهاد شد. روش جدید (MCDA) اغلب با فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (AHP) و فن سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای ارتقا دادن به این رویکرد ترکیب شده است (حجکویچ و کولینز[6]، ۲۰۰۷؛ لیو و همکاران[7]، ۲۰۱۹). روش تحلیل سلسله-مراتبی (AHP) یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که در سال ۱۹۸۰ به‌وسیله ساعتی پیشنهاد شد که

1-Chang and Chen

2-Khosravi

5- Khattak

4- Black & et al

5 - Voogd

6 - Hajkowicz and Collins

7 - lyu et al

معیارها را در یک چهارچوب سلسله‌مراتبی قرار می‌دهد که با تلفیق و رتبه‌بندی و وزن‌دهی به لایه‌ها که به دانش کارشناس بستگی دارد، نقشه‌های احتمال خطر سیلاب را تهیه می‌کند. این روش به‌دلیل سادگی در اجرا و با حداقل داده‌های در دسترس به‌طور گسترده در حوضه‌های آبریز در مقیاس بزرگ استفاده می‌شود (فرناندز و لوتز[1]، ۲۰۱۰؛ چن و همکاران[2]، ۲۰۱۱؛ خیائو و همکاران[3]، ۲۰۱۷؛ داس و همکاران[4]، ۲۰۱۹). ج) سیستم اطلاعات جغرافیای و سنجش‌ازدور: اولین بار مجیا ناوارو و همکاران[5] (۱۹۹۴) استفاده از GIS در ارزیابی خطر سیل را به‌کار گرفتند (لیو و همکاران، ۲۰۱۹) و در ادامه شوومان و همکاران[6] (۲۰۰۰) به استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای مفهومی کردن مدل‌سازی بارش رواناب به مطالعه پرداخته‌اند که در این مطالعه بیان کرده‌اند که چگونه می‌توان توصیفات آماری از ویژگی‌های حوضه‌ها برای بررسی ناهمگونی فضایی در مدل‌های مفهومی مورد استفاده قرار گیرد و مشکلات پارامترهای مبتنی بر مدل‌ها را حل کرد. چ) تجزیه‌وتحلیل مبتنی بر سناریو: این روش شامل استفاده از داده‌های توپوگرافی دقیق که یک روش کمی بوده، داده‌های مختلف را باهم ترکیب می‌کند و فراوانی در مورد احتمال خطر سیل را نشان می‌دهد. این روش برای پیش‌بینی احتمال خطر سیلاب برای مناطق کوچک استفاده می‌شود (لیو و همکاران، ۲۰۱۹). در این روش تأکید بر روی مدل‌های کمی بوده است که بیشترین کاربرد را دارد. این مدل‌ها عبارت از مدل‌های یک بعدی، دو بعدی و سه بعدی هستند. مدل‌های سیل یک بعدی مانند (MIKE 11 ،ISIS و HEC-RAS) که کانال و سیلاب‌دشت را به‌عنوان یک سری مقاطع عمود بر جهت جریان نشان می‌دهند و معادلات آب کانال را به‌صورت یک بعدی حل می‌کنند. مدل‌های یک بعدی از بین سایر مدل‌های سیلاب ساده‌تر و ازنظر محاسباتی کارآمدتر هستند (باتس و همکاران[7]، ۲۰۰۰؛ پاراهی و همکاران[8]، ۲۰۱۸؛ زلنکوا و همکاران[9]، ۲۰۱۹). مدل‌های سیلاب دو بعدی مانند (MIKE 21 , SOBEK ، TUTFLOW, HEC-RAS 2D) با استفاده از معادلات عددی مناسب جریان را در کانال رودخانه به‌صورت دو بعدی حل می‌کنند. دشت شیراز به‌علت تعدد رودخانه‌های فصلی و زیرحوضه‌های آبریز و همچنین وجود ارتفاعات و ازبین‌رفتن مراتع منطقه در سال‌های نه چندان دور کمبود پوشش گیاهی و نیز ساخت‌وسازهای وسیع و گسترده، ازجمله شهرهای سیل‌خیز استان فارس و کشور است. شهر شیراز به علت نداشتن یک سیستم جامع جمع‌آوری و تخلیه‌ی آب‌های سطحی در مواقع بارندگی، عموما با مشکلاتی مواجه است. در مناطق جنوبی شهر که شیب زمین محدود و سطح آب زیرزمینی بالاست، مشکلات به شکل حادتری خود را بروز می‌دهند. شبکه دفع آب‌های سطحی در شهر شیراز شامل مسیل‌های طبیعی، زهکشی زیرزمینی، کانال سرپوشیده و جوی‌های سر باز در طرفین خیابان‌های اصلی و جوی‌های فرعی و سطحی در معابر فرعی شهر است. رودخانه‌ی خشک و رودخانه‌ی چنار راهدار در شمال و جنوب شهر، مهم‌ترین مسیل‌های دفع آب‌های سطحی و سیلاب‌های ناشی از بارندگی در شهر شیراز هستند که نزدیک به ۷۷ درصد آب‌ها از رودخانه‌ی خشک به دریاچه‌ی مهارلو می‌ریزد. گسترش بی‌رویه‌ی شهر به‌خصوص در محور شمال غرب و ازبین‌بردن پهنه‌های طبیعی جذب رواناب-

1 - Fernández and Lutz
2 - Chen et al
3 - Xiao et al
4 - Das et al
5 - Mejia-Navarro et al
6 - Schumann .et al
7 - Bates et al
8 - Parahi et al
9 - Zelenakova et al

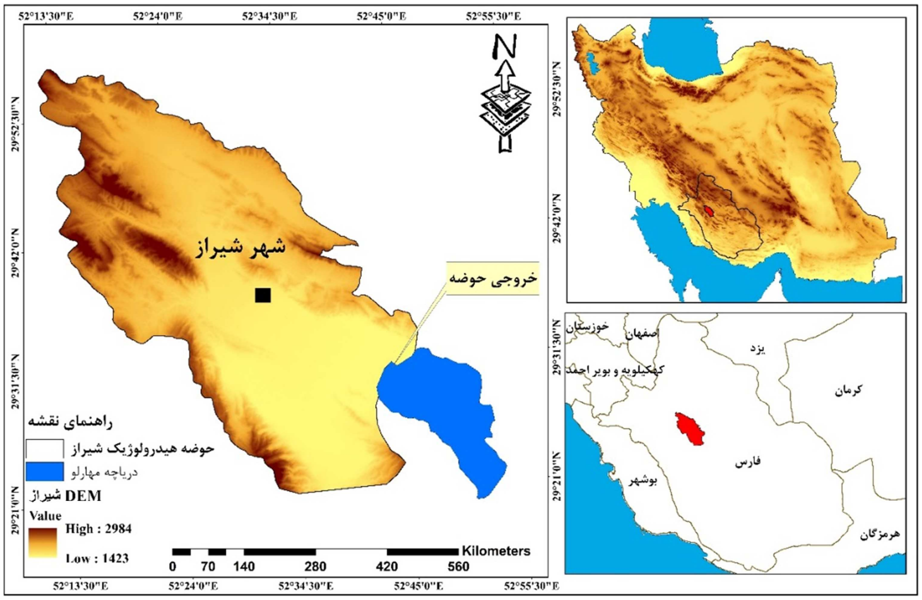
های نزولات جوی و کاهش پوشش گیاهی منطقه، سبب شده است که در بارندگی‌های با میزان بالا (بیش از ۷۰ میلی‌متر در ۲۴ ساعت) و متناوب، آب نتواند در خاک نفوذ کند و درنهایت به‌دلیل نبود زهکشی و سیستم دفع مناسب، در مسیر جاری شود. در تمامی این تحقیقات به مطالعه پهنه‌های سیلابی، دوره‌های بازگشت مختلف و مقادیر آب‌گرفتگی در هرکاربری مورد تجزیه‌وتحلیل 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 باتوجه به شرایط اقلیمی منطقه، وقوع بارش‌های سیل‌آسا در زمان‌های کوتاه مدت، به‌خصوص در ارتفاعات شمالی حوضه موجب به راه‌افتادن 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 خسارت‌های ناشی از آن هستیم که نمونه بارز آن اتفاق فاجعه‌بار سیلاب ۱۳۹۸ در بخش دروازه قرآن شیراز بوده است. پس ضرورت انجام این پژوهش، بر مطالعه مقادیر دبی حداکثری بر روند وقوع سیلاب شهری و مدیریت بهینه آن است. اهمیت دوچندان این مطالعه دلالت بر سازوکارها و مدیریت غلط شهری، تغییر کاربری اراضی و عدم رعایت حریم رودخانه بوده است، موجب شده مقادیر حداکثری دبی که در زمان‌های گذشته موجب رخداد و خسارت‌هایی نشده است، چگونه امروزه با کوچک‌ترین شدت و مدت‌زمان کوتاه یک بارش، نتواند از طریق مسیل خود زهکشی شده و موجب وقوع سیلاب در حوزه شهری شیراز شود.

داده‌ها و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه حوضه آبریز شیراز دارای محیطی برابر با ۲۳۴/۵ کیلومتر و مساحتی برابر با۱۸۹۸/۲۴کیلومترمربع 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. تمامی جریان‌های وارده به این حوضه از طریق مسیلی تحت عنوان رودخانه خشک زهکشی می‌گردد و ازنظر ژئومورفولوژیکی در واحد زاگرس چین‌خورده قرار دارد و ازنظر زمین‌شناسی سنگ کف، دو ناحیه عمیق در محدوده دشت شیراز که توسط طاقدیس‌های سنگ‌آهک‌های آسماری از هم جدا شده است، بیشتر 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 به‌صورت آبرفت پوشانده است. این رسوبات از شن و ماسه و رس تشکیل شده که ضخامت آن حداکثر به ۲۵۰ متر می‌رسد. 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 بیشتر 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: موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز شیراز

داده‌های پژوهش

پایش و بررسی وقوع رواناب و ایجاد آن همانند هر پژوهش دیگری در جهت نیل به اهداف مورد نظر پژوهشگر نیاز به ابزارها و روش‌های خاصی دارد. ازاین‌رو گردآوری داده‌های مورد نیاز پژوهش یکی از مراحل اصلی و اساسی است. در این پژوهش از مواد و ابزار زیر استفاده شده است:

❋ نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ (سازمان نقشه‌برداری کشور)

❋ نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ (سازمان زمین‌شناسی کشور)

❋ عکس‌های هوایی روند توسعه فیزیکی شهر شیراز بر بستر حوضه هیدروژئومورفولوژیک شیراز (سازمان منابع طبیعی شیراز)

❋ داده‌های اقلیمی: بارندگی، دما، فشار و رطوبت نسبی (سازمان هواشناسی استان فارس)

❋ داده‌های کمی مقادیر دبی روزانه ایستگاه‌های هیدرومتری حوضه ژئومورفولوژیک شیراز (سازمان آب منطقه‌ای استان فارس)

❋ نرم‌افزار Arc GIS 10.8

❋ DEM ۲۵ متر منطقه مطالعاتی

❋ توزیع آماری گمبل

❋ توزیع گاوس

* توزیع گاما
* توزیع کای دو
* توزیع تی استیودنت
* ساختار جبری ریمان

روش پژوهش

این پژوهش 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، ماروناقبال آباد، 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 ثبت‌شده در رودخانه خشک، از طریق رابطه ثابت اویلر - 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[1]، توزیع ارگودیک هولومورفیک حد آستانه، پیش‌یابی ارگودیک فاصله اطمینان و خروجی‌های مربوطه در محیط Graphers 16 انجام پذیرفته است. در مرحله بعد، بر اساس ضریب نکویی برازش پیرسون مقادیر مکعب تفاضل دبی هر سال از میانگین و تقسیم مجدد آن بر میانگین، طی تحلیل کای دوی پیرسون - اویلر در یک ساختار ارگودیک، جهت احتمال‌سنجی کای دوی حول مقادیر میانگین دبی‌های رودخانه خشک، از تابع احتمال گامای با درجه آزادی ۴۴ سال دبی پیک و روش انتگرال جز به جز ریمان برای احتمال وقوع واریانس دبی‌های واقع‌شده در رودخانه خشک برای پیش‌یابی فاصله اطمینان و احتمال وقوع استفاده شده است.

در ساختار عمومی توزیع ناریب حد آستانه‌ی حداکثر گمبل از منفی تا مثبت بی‌نهایت داریم که :

$$f(X) = (\frac{1}{\beta})e^{(-\frac{x-\mu}{\beta})}e^{(-e)^{(-\frac{x-\mu}{\beta})}} \qquad (۱)$$

در توزیع فوق : β : انحراف استاندارد تعدیل‌شده‌ی گمبل از جامعه از دبی‌های حداکثر و μ : میانگین تعدیل‌شده‌ی گمبل از دبی‌های حداکثر می‌باشد. همان‌گونه که از تابع گمبل معلوم هست در حقیقت مقادیر انحراف استاندارد و میانگین دبی‌های حداکثر حوضه‌ی شیراز بایاس (اریب) تابع گمبل هستند. جهت رفع ناریبی یادشده ابتدا : μ را برابر صفر و β را برابر یک فرض می‌نماییم . در این صورت جهت محاسبه‌ی G.S.C در تابع استاندارد گمبل حد آستانه‌ی حداکثر تیپ یک، داریم که :

$$f(X) = e^{-x}e^{-e^{-x}} \qquad (۲$$

[1]-Gauss

باتوجه به اینکه تابع احتمال گمبل به‌صورت خودکار چگال می‌باشد، بنابراین داریم که :

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

توزیع آماری گاما یکی از توزیع‌های احتمالی پیوسته است و دارای دو پارامتر مقیاس θ و پارامتر شکل K می‌باشد. اگر K عدد طبیعی باشد آنگاه توزیع گاما معادل است با مجموع K متغیر تصادفی با توزیع نمایی با پارامتر $\frac{1}{\theta}$.

تابع چگالی احتمال به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$f(x;k,\theta) x^{k-1} \frac{e^{-x/\theta}}{\theta^{k}\Gamma(k)} \; for \; x>0 \; and \; k,\theta>0. \quad (۴$$

که در آن Γ تابع گاما، θ پارامتر مقیاس و K پارامتر شکل است. تابع گاما، انتگرالی همگراست و مقدار آن برابر با عددی مثبت است:

هر گاه K (پارامتر شکل) یک عدد صحیح و مثبت چون n باشد، می‌توان از توزیع گاما برای تخمین زدن زمان لازم برای روی دادن n پیشامد استفاده نمود.

اگر $x_{i \sim \Gamma(k_i,\theta)}$ اگر n متغیر دو مستقل از هم باشند، آنگاه:

$$\sum_{i=1}^{N} X_{i \sim \Gamma(\sum_{i=1}^{N} k_{i,\theta})} \quad (۵$$

در نتیجه توزیع گاما بی‌نهایت تقسیم‌پذیر است.

در آمار و تئوری احتمالات، توزیع گاما جزء توابع توزیع دو پارامتری بوده و از اهمیت خاصی برخوردار است. برای مثال، تابع توزیع نمایی و کای-۲ حالت خاصی از توزیع گاما محسوب می‌شوند. بنابراین به نظر می‌رسد که باید کاربردهای متعددی برای متغیر تصادفی با این توزیع وجود داشته باشد. از طرف دیگر، استفاده از توزیع بتا نیز در بسیاری از موارد به‌خصوص استنباط بیزی می‌تواند به‌عنوان مزدوج توزیع به‌کار رود. بنابراین آگاهی از خصوصیت‌های آن می‌تواند در حل بسیاری از مسائل استنباط آماری موثر باشد. در اینجا ما نیز قصد داریم که با استفاده از گامای ۱/۵ باتوجه به داده‌های دسترس بارش بررسی نماییم که چه بازه‌های بارشی قابلیت خطر سیلاب را دارند.

یافته‌های پژوهش

طبقه‌بندی دبی‌های پیک ۴۴ ساله‌ی رودخانه خشک شیراز در ساختار گامای بدون بعد

توزیع پیرسون یک نکویی برازش از تست کای دو است و ساختار کای دو یک ساختار گاما بیس است که توسط اویلر تبیین و تحلیل گردیده است .یکی از مهم‌ترین کاربردهای این تست مرکب، تعیین دسته‌بندی مهندسی متغیرهای تصادفی است. باتوجه به اینکه دبی‌های واقع‌شده طی ۴۴ سال در رودخانه خشک شیراز تاکنون مورد چنین تفسیری قرار نگرفته است، بنابراین پر واضح هست که نتیجه‌ی اعمال ساختار تحلیلی اویلر – پیرسون می‌تواند راهگشای مدیریت عمران شهری قرار گیرد.

در این تحلیل، ابتدا جدول دبی‌های پیک روازنه در طول هر سال طی ۴۴ سال از ۱۳۵۳ تا ۱۳۹۸ تنظیم گردیده است. در این جدول ستون اول شامل تعداد سال‌های مورد استفاده است فرای سال وقوع. در ستون دوم سال‌های

رخداد دبی‌های پیک سالانه‌ی رودخانه‌ی خشک از حوضه شیراز بر اساس ضریب نکویی برازش پیرسون در ستون هفتم تنظیم می‌گردد. ستون سوم و چهارم سال‌های واقعی رخداد و مقدار دبی‌ها است که آنها هم بر اساس ضریب نکویی برازش پیرسون تنظیم گردیده‌اند. ستون‌های پنجم و ششم به‌ترتیب میانگین و انحراف استاندارد دبی‌های پیک حداکثر رودخانه خشک شیراز طی ۴۴ سال آماری هستند. ستون هفتم ضریب نکوپی برازش پیرسون است که از مکعب تفاضل دبی پیک هر سال از میانگین و تقسیم مجدد آن بر میانگین حاصل آمده است. در این محاسبه داریم که :

$$(P.G.R) = (\frac{(Q-\bar{Q})^2}{\bar{Q}}) \qquad (۶$$

در محاسبه‌ی ضریب نکویی برازش پیرسون:

Q: دبی پیک روازنه در طی سال به متر مکعب و $\bar{Q}$: میانگین دبی پیک روازنه در طی سال به متر مکعب است.

ستون آخر محاسبه مقدار Y در ساختار پیرسون است که منجر به تحلیل X^2 می‌گردد. تحلیل کای دوی پیرسون – اویلر نیز مانند تحلیل گامبل تیپ یک و دو، یک ساختار مجموع ارگودیک هستند؛ یعنی محورهای X و Y می‌توانند خود ناشی از تحلیل‌ها روی متغیرهای مستقل دیگر محاسبه گردند.

جدول ۱: محاسبات ضریب نکویی برازش پیرسون مقادیر دبی

سال	ردیف	سال شمسی	دبی ۳M^	$\bar{x}$	σ	P.G.R	Chi - ۲
۱	۳۰	۱۳۸۴	۴۸.۵	۴۲.۹۵۶۳	۳۸.۴۸۸۰۲	۰.۶۳۳۶۶۳	۵.۰۳E-۰۵
۲	۱۱	۱۳۶۴	۳۸	۴۲.۹۵۶۳	۳۸.۴۸۸۰۲	۰.۶۴۶۴۴۴	۷.۶E-۰۵
۳	۱۵	۱۳۶۹	۳۶.۸۸	۴۲.۹۵۶۳	۳۸.۴۸۸۰۲	۱.۰۰۱۱۲۲	۰.۶۲۰۶۳۱
۴	۳۶	۱۳۹۰	۳۵.۸	۴۲.۹۵۶۳	۳۸.۴۸۸۰۲	۱.۴۳۰۵۱۹	۹۰۱.۰۱۱۴
۵	۱۴	۱۳۶۸	۵۱.۸۴	۴۲.۹۵۶۳	۳۸.۴۸۸۰۲	۱.۵۲۲۳۸۱	۳۱۷۹.۸۵۲
۶	۳۷	۱۳۹۱	۳۵.۴	۴۲.۹۵۶۳	۳۸.۴۸۸۰۲	۱.۶۱۲۹۲۷	۱۰۲۲۵.۰۲
۷	۴۰	۱۳۹۴	۳۵	۴۲.۹۵۶۳	۳۸.۴۸۸۰۲	۱.۸۰۸۶۴۷	۱۰۲۷۲۷.۴
۸	۲۷	۱۳۸۱	۵۳.۷	۴۲.۹۵۶۳	۳۸.۴۸۸۰۲	۲.۱۴۹۴۸۲	۳۲۵۲۷۹۲
۹	۹	۱۳۶۲	۵۷.۶	۴۲.۹۵۶۳	۳۸.۴۸۸۰۲	۳.۷۲۲۸۸۳	۱.۵۱E+۱۱
۱۰	۱۸	۱۳۷۲	۳۱.۷	۴۲.۹۵۶۳	۳۸.۴۸۸۰۲	۳.۹۹۶۹۷۸	۵.۸۷E+۱۱
۱۱	۱۳	۱۳۶۷	۵۸.۸۱	۴۲.۹۵۶۳	۳۸.۴۸۸۰۲	۴.۲۷۳۷۶۲	۲.۰۸E+۱۲
۱۲	۲۰	۱۳۷۴	۶۱.۳۸	۴۲.۹۵۶۳	۳۸.۴۸۸۰۲	۵.۵۳۰۰۲۴	۲.۴۹E+۱۴
۱۳	۳۱	۱۳۸۵	۲۸.۹	۴۲.۹۵۶۳	۳۸.۴۸۸۰۲	۶.۸۳۶۶۵۹	۱.۱۱E+۱۶
۱۴	۱۶	۱۳۷۰	۲۸.۶۳	۴۲.۹۵۶۳	۳۸.۴۸۸۰۲	۷.۱۶۸۸	۲.۵۶E+۱۶
۱۵	۱۰	۱۳۶۳	۲۸.۵۷	۴۲.۹۵۶۳	۳۸.۴۸۸۰۲	۷.۲۴۴۱۵۵	۳.۰۷E+۱۶
۱۶	۳۹	۱۳۹۳	۲۷.۵	۴۲.۹۵۶۳	۳۸.۴۸۸۰۲	۸.۶۸۷۱۶۶	۶.۷۶E+۱۷
۱۷	۴۱	۱۳۹۵	۷۰.۵	۴۲.۹۵۶۳	۳۸.۴۸۸۰۲	۱۰.۷۶۱۰۷	۲.۱۵E+۱۹
۱۸	۲۴	۱۳۷۸	۲۵.۸	۴۲.۹۵۶۳	۳۸.۴۸۸۰۲	۱۱.۴۰۸۴۷	۵.۳E+۱۹
۱۹	۲۵	۱۳۷۹	۲۴.۶	۴۲.۹۵۶۳	۳۸.۴۸۸۰۲	۱۳.۶۹۷۳	۷.۸۵E+۲۰
۲۰	۱۷	۱۳۷۱	۷۵.۱	۴۲.۹۵۶۳	۳۸.۴۸۸۰۲	۱۳.۷۵۷۸۹	۸.۳۶E+۲۰
۲۱	۲۸	۱۳۸۲	۸۲	۴۲.۹۵۶۳	۳۸.۴۸۸۰۲	۱۸.۵۹۰۳۸	۴.۱۵E+۲۲

۹.۵۸E+۲۲	۲۰.۰۱۰۲۹	۳۸.۴۸۸۰۲	۴۲.۹۵۶۳	۸۳.۹۴	۱۳۷۳	۱۹	۲۲
۳.۴۸E+۲۳	۲۲.۶۷۱۱۷	۳۸.۴۸۸۰۲	۴۲.۹۵۶۳	۲۱.۰۹	۱۳۶۱	۸	۲۳
۱.۱۴E+۲۴	۲۵.۹۱۰۰۲	۳۸.۴۸۸۰۲	۴۲.۹۵۶۳	۹۱.۷	۱۳۷۷	۲۳	۲۴
۱.۵۴E+۲۴	۲۶.۹۲۸۷۴	۳۸.۴۸۸۰۲	۴۲.۹۵۶۳	۹۳	۱۳۷۶	۲۲	۲۵
۱.۶E+۲۴	۲۷.۰۸۱۵۲	۳۸.۴۸۸۰۲	۴۲.۹۵۶۳	۱۹.۸	۱۳۸۹	۳۵	۲۶
۱.۷۹E+۲۴	۲۷.۴۸۰۵۱	۳۸.۴۸۸۰۲	۴۲.۹۵۶۳	۹۳.۷	۱۳۸۰	۲۶	۲۷
۱.۹۴E+۲۴	۲۷.۷۹۶۸	۳۸.۴۸۸۰۲	۴۲.۹۵۶۳	۹۴.۱	۱۳۶۶	۱۲	۲۸
۷.۷۸E+۲۴	۳۶.۷۷۹۴۸	۳۸.۴۸۸۰۲	۴۲.۹۵۶۳	۱۷.۵۵	۱۳۵۳	۱	۲۹
۹.۲۹E+۲۴	۴۱.۸۴۶۶۵	۳۸.۴۸۸۰۲	۴۲.۹۵۶۳	۱۶.۶	۱۳۹۸	۴۴	۳۰
۶.۷E+۲۴	۴۹.۸۵۴۱	۳۸.۴۸۸۰۲	۴۲.۹۵۶۳	۱۵.۳۲	۱۳۵۴	۲	۳۱
۵.۵۳E+۲۴	۵۲.۰۳۱۶۷	۳۸.۴۸۸۰۲	۴۲.۹۵۶۳	۱۵.۰۱	۱۳۵۹	۶	۳۲
۳.۵E+۲۳	۷۰.۰۲۹۵۳	۳۸.۴۸۸۰۲	۴۲.۹۵۶۳	۱۲.۹	۱۳۹۶	۴۲	۳۳
۲.۹۴E+۲۳	۷۰.۹۰۱۶	۳۸.۴۸۸۰۲	۴۲.۹۵۶۳	۱۴۴	۱۳۸۳	۲۹	۳۴
۲.۷۹E+۲۳	۷۱.۱۴۹۷۶	۳۸.۴۸۸۰۲	۴۲.۹۵۶۳	۱۲.۷۹	۱۳۷۵	۲۱	۳۵
۳.۱E+۲۱	۹۰.۰۴۱۲۸	۳۸.۴۸۸۰۲	۴۲.۹۵۶۳	۱۱.۲	۱۳۵۸	۵	۳۶
۲.۲۹E+۱۹	۱۰۷.۱۷۰۷	۳۸.۴۸۸۰۲	۴۲.۹۵۶۳	۱۸۳	۱۳۹۷	۴۳	۳۷
۲.۲۹E+۱۸	۱۱۴.۵۷۸۸	۳۸.۴۸۸۰۲	۴۲.۹۵۶۳	۹.۶۷	۱۳۹۲	۳۸	۳۸
۲.۸۹E+۱۳	۱۴۷.۸۴۷۳	۳۸.۴۸۸۰۲	۴۲.۹۵۶۳	۸.۱۸	۱۳۵۷	۴	۳۹
۰.۰۰۰۸۵۲۲	۲۳۹.۶۵۶۹	۳۸.۴۸۸۰۲	۴۲.۹۵۶۳	۵.۷۷	۱۳۶۰	۷	۴۰
۵.۴۳E-۹۰	۶۸۵.۳۳۸۸	۳۸.۴۸۸۰۲	۴۲.۹۵۶۳	۲.۴	۱۳۵۵	۳	۴۱
۶.۲E-۲۴۲	۱۴۱۵.۵۱۵	۳۸.۴۸۸۰۲	۴۲.۹۵۶۳	۱.۲۳	۱۳۸۸	۳۴	۴۲
۰	۲۶۷۲.۹۶۸	۳۸.۴۸۸۰۲	۴۲.۹۵۶۳	۰.۶۶۹	۱۳۸۶	۳۲	۴۳
۰	۷۳۵۴.۸۳۳	۳۸.۴۸۸۰۲	۴۲.۹۵۶۳	۰.۲۴۸	۱۳۸۷	۳۳	۴۴

در این محاسبه ابتدا باید تابع احتمال گامای با درجه‌ی آزادی ۴۴ سال دبی‌های پیک رودخانه‌ی خشک شیراز محاسبه گردد که باتوجه به تعداد سال‌های آماری از دیتاهای ۴۴ ساله رودخانه خشک به شرح زیر محاسبه می‌گردد:

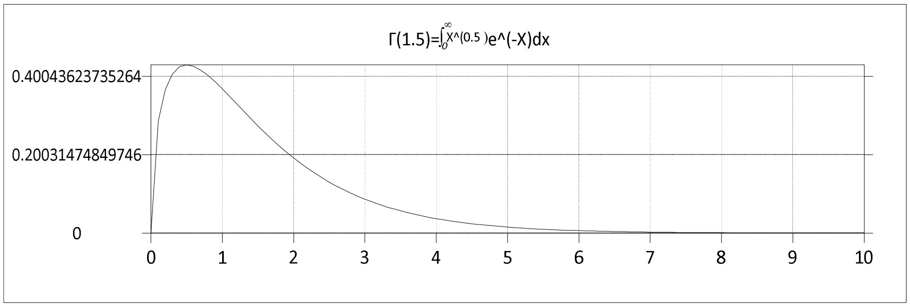
$$\Gamma(\lambda) = \int_0^{\infty} (X^{\Gamma(\lambda)}) e^{(-x)} dx \quad (۷$$

$$\Gamma(44) = \int_0^{\infty} (X^{(43)}) e^{(-x)} dx \quad (۸$$

در تابع گامای۳ :

x : مقادیر P.G.R است که از ستون ۷ جدول یک حاصل می‌آید. Γ : گامای حاصل از درجه‌ی آزادی تعداد سال‌های آماری حاصل از ستون اول جدول یک است، یعنی ۴۴ سال. بنابراین تاکید بر دو نکته در مورد تابع گامای ۲ کاملا ضروری است که :

اول: اینکه این تابع ۳ حاصل از تابع ۲ یعنی ساختار خام تعریف اویلر از گاما است. گرافیک این تابع خام در نمودار یک قابل تفسیر است. نباید فراموش نمود که نخستین تابع گاما، گامای ۱,۵ است که در شکل ۲ قابل مشاهده است.



شکل ۲: گامای خام نا چگال با درجه ی آزادی یک و نیم

دوم: تابع گامای تابع ۲ که در نمودار ۱ قابل مشاهده هست چگال نشده است. در محاسبه‌ی مقدار چگال آن ازنظر جبری داریم که :

$$Gamma\ (1.5) Density\ Value = 1.5! \quad (۹$$

$$Gamma\ (1.5) Density\ Ratio = \frac{1}{1.5!} = \left(\frac{\sqrt{\pi}}{2}\right) = 0.886226025453 \quad (۱۰$$

هدف از چگال نمودن گاما یا سایر توزیع‌های آماری با هر درجه‌ی آزادی، این هست که فضای زیر نمودار در گرافیک ۱ تا حد امکان مینیمم گردد تا با محاسبه‌ی آن از شیوه‌ی جز به جز جبری یا ریمانی بتوان احتمال وقوع واریانس دبی‌های واقع‌شده در رودخانه‌ی خشک شیراز را در فاصله‌ی اطمینان و احتمال راست یا چپ دامنه محاسبه نمود. بااین‌حال باید درنظر داشت که تابع ۳ هنوز یک تابع معمولی هست و در نتیجه قادر به احتمال‌سنجی نیست. بنابراین باید تابع یادشده در فاصله‌ی صفر تا بی‌نهایت ارگودیک محور Y که روی محور X مستقر می‌شود، چگال گردد. در نتیجه داریم که :

$$Gamma\ (44) Density\ Value = 43! \quad (۱۱$$

$$Gamma\ (44) Density\ Ratio = 1/43! \quad (۱۲$$

در نتیجه در چگال‌سازی تابع گامای ۲ برای گشتاور دوم نکوئی برازش پیرسون دبی‌های پیک رودخانه خشک شیراز داریم که :

$$\Gamma(44) = \int_0^{\infty} \left(\frac{1}{\Gamma(44)}\right)\left(X^{\Gamma(44)}\right) e^{(-x)} dx \quad (۱۳$$

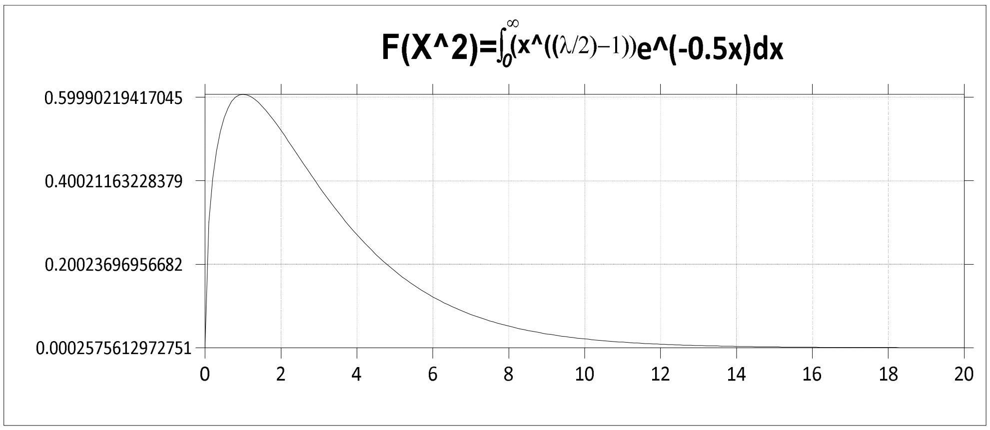
$$\Gamma(44) = \int_0^{\infty} (1.6552 * 10^{-53})\left(X^{\Gamma(44)}\right) e^{(-x)} dx \quad (۱۴$$

به عبارتی دیگر، تابع احتمال گامای ۹ در موقعیتی است که می‌تواند با گامای با درجه‌ی آزادی ۴۴ بر اساس گشتاورهای دوم پیرسون پیک روزانه طی ۴۴ سال شیراز در یک برآورد ارگودیک با محور X قرار دادن ستون ۷ جدول شماره‌ی یک $(P.G.R)$ (ضریب گامای بدون بعد پیرسون) را با هر فاصله‌ی اطمینان دو دنباله، راست و چپ دنباله احتمال‌سنجی نماید. البته باید درنظر داشت که تفاوت احتمال‌سنجی این گامای احتمال با سایر توزیع‌های احتمال در این هست که در این ساختار عامل نکوئی برازش پیرسون به‌عنوان ارگودیک x تحلیل می‌گردد که یک

گشتاور پایه‌ی دوم حول میانگین است. برای نمونه X ارگودیک نرمال گاوس گشتاور یکم حول میانگین است که همان امید ریاضی (*Expected value*) هست. بنابراین چون اساسا نکوئی برازش پیرسون روی گشتاور دوم اعمال می‌گردد، تابع احتمال گامای۲ به‌صورت تابع کای دو روی واریانس دبی‌های پیک رودخانه خشک شیراز به‌صورت زیر تعدیل می‌گردد:

$$\mathrm{dx}F(X^2) = \int_0^\infty e^{(-.5x)} x^{((\Gamma(\frac{\lambda}{2}))} \tag{۱۵}$$

ساختار گرافیکی اغراق‌شده کای دوی خام تابع ۱۰ در شکل ۳ آمده است.

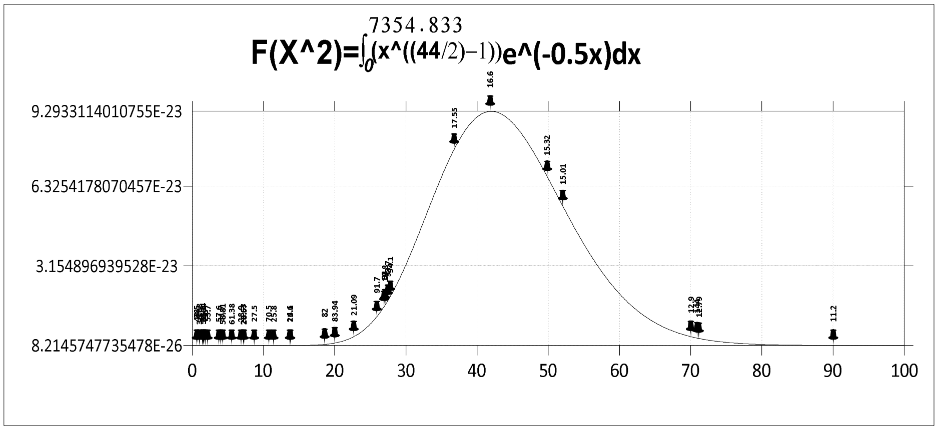


شکل ۳: ساختار ناچگال تابع کای دو با درجه آزادی پایه‌ی ۳

درنتیجه تابع کای دوی ۱۰ برای احتمال‌سنجی گشتاور دوم حول میانگین رودخانه‌ی خشک شیراز به‌صورت زیر تعدیل می‌گردد:

$$F(X^2) = \int_0^{7354.833000} e^{(-.5x)} x^{((\Gamma(\frac{44}{2}))} dx \tag{۱۶}$$

ارگودیک درجه‌ی آزادی این تابع کای دو برای دبی‌های پیک رودخانه خشک همان گونه که بیان شد ۴۴ سال است. جابه‌جایی ارگودیک اغراق‌شده‌ی ناچگال *F(X^2)* این تابع هولومورف در شکل ۴ نشان داده شده است. در این نمودار دبی‌های پیک روی بعد دوم نمودار در موقعیت هندسی خود واقع شده‌اند. نباید ازنظر دور داشت که در هریک از انتگرال‌های چگال احتمال با ناسرگی مثبت و منفی بی‌نهایت مانند گاوس یا تی استیودنت و انتگرال‌های چگال با چولگی به چپ با ناسرگی به مثبت بی‌نهایت، در صورتی که تعداد دیتاهای آماری از سی عدد بیشتر گردد، به‌صورت خودکار آن تابع ضمن حفظ ناسرگی خود و به ساختار فقط و فقط توزیع نرمال گاوس میل می‌نماید که این حالت در انتگرال کای دوی چگال زیر نیز به خوبی هویدا است. به‌عبارتی‌دیگر، انتگرال چگال زیر در ارگودیک x به حد چپ صفر و ناسرگی راست دامنه تا بی‌نهایت حدپذیر است.



شکل ۴: توزیع دبی‌های پیک روزانه طی سال روی توزیع نا چگال کای دو

همان‌گونه که در شکل ۴ هویدا هست، با وجود اینکه کلا کای دو به سمت راست چولگی دارد (چولگی مثبت)؛ اما حرکت بعد دوم ارگودیک احتمال روی بعد ارگودیک Y به حدی هست که در مقایسه با نمودار ۳ این موضوع به خوبی تجسم می‌گردد. در تمام وضعیت‌ها اگر چنانچه هدف احتمال‌سنجی فاصله‌ی اطمینان واریانس پیک‌های حداکثر، راست و چپ دامنه باشد، باید حتما تابع کای دوی ۱۱ چگال گردد. در تعیین مقدار چگال کای دوی پیرسون – اویلر با ۴۴ درجه آزادی ۴۴ ساله‌ی رودخانه خشک شیراز داریم که :

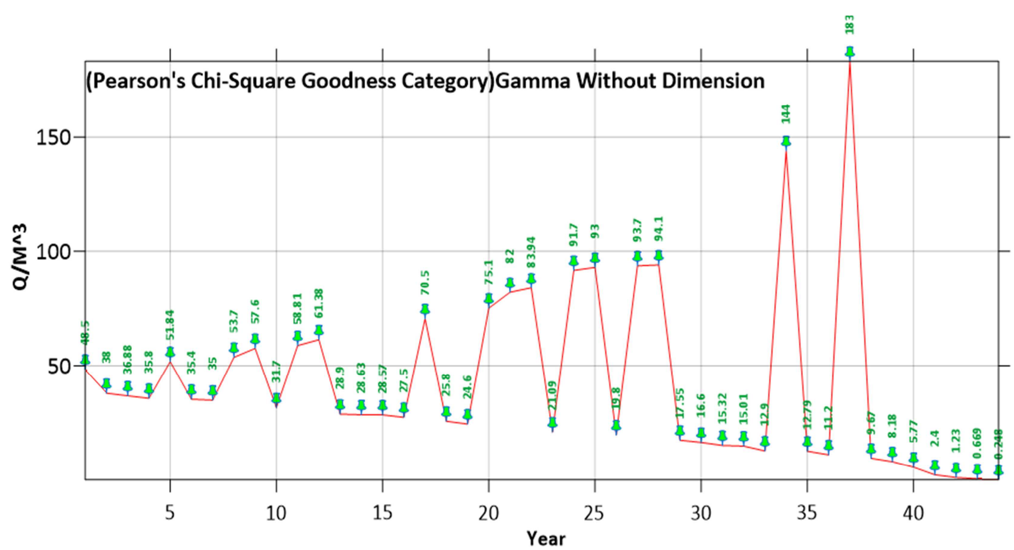
$$X^2(44)Density\ Ratio = (1/((2^{(\frac{44}{2})})\Gamma\left(\frac{44}{2}\right)) \qquad (۱۷$$

$$F(X^2) = \int_0^{7354.833000}\left(\frac{1}{\left(2^{(\frac{44}{2})}\right)\Gamma\left(\frac{44}{2}\right)}\right)e^{(-.5x)}x^{\left(\Gamma\left(\frac{44}{2}\right)\right)})dx \qquad (۱۸$$

در تابع کای دو ۱۳ که چگال شده است، می‌توان احتمال‌سنجی‌های سه‌گانه را انجام داد. تابع کای دوی ۱۱ چگال نیست. به‌عبارتی‌دیگر، درصورتی‌که تابع۱۱ به‌صورت تابع ۱۳چگال گردد، جهت احتمال‌سنجی‌های فاصله‌ی اطمینان گشتاور دوم، احتمال‌سنجی راست دامنه و چپ دامنه احتیاجی به جدول احتمال‌سنجی با درجات آزادی مرسوم نیست. در این برآورد می‌توان از محاسبه‌ی سطح محصور زیر منحنی گشتاور دوم کای دو بر اساس انتگرال جز به جز یا از طریق ساختار مجموع ریمان عمل نمود. مقدار چگال برای ۴۴ سال دبی‌های پیک رودخانه شیراز به راحتی قابل‌محاسبه است، چون عدد سال‌های دیتا برداری صحیح است. ولی اگر دیتاهایی پیوسته باشد با گردش اعشارها بعد از ممیز آنگاه حتما یا باید از شیوه‌ی جز به جز کلاسیک جبری و یا از ساختار مجموع ریمان استفاده گردد و یا از طریق جداول مرسوم در محاسبه‌ی احتمال گشتاور دوم کای دو که در همه کتاب‌های آماری موجود هست. در هر صورت، مقدار تابع چگال :

$$F(X^2) = \int_0^{7354.833000}\left(\frac{1}{\left(2^{(\frac{44}{2})}\right)\Gamma\left(\frac{44}{2}\right)}\right)e^{(-.5x)}x^{\left(\Gamma\left(\frac{44}{2}\right)\right)}dx = 0.99 \qquad (۱۹$$

بنابراین احتمال زیر منحنی چگال ۹۹ درصد هست که چون از محدوده‌ی ۹۵ درصد فاصله اطمیان بیشتر است، در حالت کلاسیک این موقعیت یعنی رد فرص H0 و قبول فرض H1. این یعنی رد فرض صحت وقوع احتمال. اما با این وجود دلیل استفاده از این تحلیل در وقوع دبی‌های پیک حداکثر رودخانه‌ی خشک حوضه‌ی هیدروژیومورفوفیک شیراز این بوده است که اگر از بعد دوم ارگودیک این ساختار چشم‌پوشی نماییم، می‌توان از بعد یک ارگودیک آن تحت عنوان تحلیل گامای بدون بعد به بررسی نوسان‌های حرکت‌های روان‌آب در رودخانه خشک شیراز پرداخت. بر این اساس، این پژوهش کار بر روی دبی‌های پیک روزانه طی هر سال آماری رودخانه‌ی خشک بوده است. بنابراین می‌توان در هر مورد با صرف‌نظر نمودن از بعد X ارگودیک ساختارهای گاما بیس و حتی خود تابع خام گامای اویلر، از این ساختار در گروه‌بندی دبی‌های پیک حداکثر طی دوره‌ی وقوع می‌توان استفاده نمود. این دسته‌بندی می‌تواند راهگشای مدیران، جهت طرح و اجرای صحیح کاربری‌های درحال مهندسی برای آینده فضای فیزیکی شهر شیراز و حتی نواحی بالا و پایین‌دستی رودخانه خشک باشد. بنابراین نتیجه نموداری این گروه‌بندی در نمودار شماره‌ی ۵ هویدا است. در تکمیل توضیحات یادشده اینکه در تنظیم نمودار و گروه‌بندی گامای بدون بعد، در حقیقت در همین تفسیر از سه ساختار استفاده گشته است تا دو بعد، مربوط به سال و دبی، روی نمودار گروه‌بندی گردد. بنابراین به-طورکامل مشخص است که ساختار گروه‌بندی گامای بدون بعد دبی‌های پیک ۴۴ ساله رودخانه خشک شیراز، نیز یک تحلیل ارگودیک است. به این صورت که روند دبی‌ها با تنظیم گشتاور دوم حول میانگین پیرسون (ستون هفتم جدول یک)، (P.G.R) امکان‌پذیر بوده است. مزیت این گروه‌بندی بر خلاف گروه‌بندی‌های آماری این هست که طبقه‌بندی دبی‌ها به‌صورت صعودی، نزولی و یا طبقه‌بندی‌های منظم صورت نمی‌گیرد. بلکه از نکوئی برازش گشتاور دوم حول میانگین پیرسون (P.G.R) در تدوین گروه‌بندی دبی‌های پیک، استفاده می‌شود. خصوصیت این گروه‌بندی این هست که برای تشخیص گروه‌ها حتما باید نتیجه‌ی جدول یک روی نمودار پیاده گردد و بر اساس آن گروه‌های دبی‌های پیک معین شود.



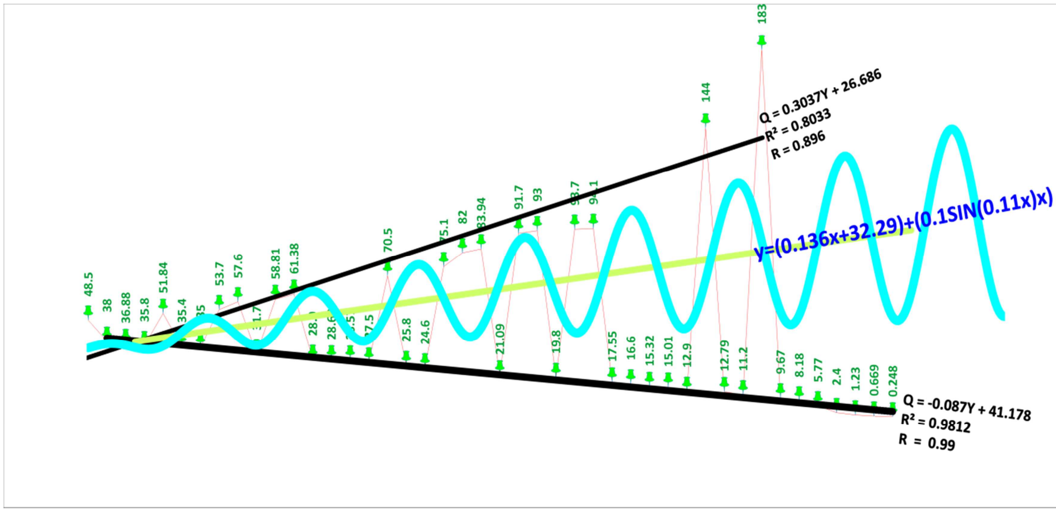
شکل ۵: روند مقادیر دبی با تنظیم گشتاور دوم حول میانگین پیرسون

جدول ۲: گروه‌بندی دبی‌های پیک رورانه‌ی ۴۴ ساله رودخانه خشک بر اساس ساختار گامای بدون بعد

48.5							
	38	36.88	35.5				
51.84							
	35.4	35					
53.7							
57.6							
	31.7						
58.81							
61.38							
	28.9	28.63	28.57	72.5			
70.5							
	25.8	24.6					
75.1							
82							
83.94							
	21.09						
91.7							
93							
	17.55	16.6	15.32	15.01	12.9		
144							
	12.79	11.2					
183							
	9.67	8.18	5.77	2.4	1.23	0.669	0.248

نتایج و بحث

همان‌گونه که در محاسبات جداول ۱ و ۲ و شکل ۵ هویداست، در حقیقت می‌توان از ساختار کای دو با ۴۴ درجه آزادی، گامای ۴۴ و نکوئی برازش پیرسون با درجه‌ی آزادی ۴۴ به یک طبقه‌بندی بدیع روی دبی‌های پیک ۴۴ ساله-ی رودخانه خشک شیراز دست یافت. روی شکل ۶ بعد از تحلیل‌های ارگودیک یک مثلث حاصل می‌آید که ضلع بالای آن روی یک سری از دبی‌هایی مستقر است که داخل خودشان یک گروه‌بندی فراکتال (داخلی) دارند. این ترند روندی بسیار قابل‌اعتبار با کرولیشن 0.8 درصد و ضریب همبستگی ۸۹ درصد را نشان می‌دهد. ترند بیان‌شده دارای گرادیان شیب ۳۰ درصد (۱۶ درجه و ۴۲ دقیقه) است.



شکل ۶: هولومورفیسم ارگودیک مرکب از کیاس و فراکتال

روی ضلع پایین مثلث هم یک سری از دبی‌های پیک ۴۴ ساله‌ی رودخانه‌ی شیراز واقع شده است که باز هم در درون خود دارای یک فراکتال ۹ وجهی (تقسیمات داخلی) است. این ضلع دارای کرولیشن 0.98 باضریت رگرسیون 99% با نشیب 0.087 برابر ۴ درجه و ۵۸ دقیقه منفی است. با اندکی تامل روی نمودار ۶ یک مثلث متواتر می‌گردد که ضلع سوم آن می‌تواند در یک ساختار کیاسیک گسترش یابد. این گسترش ممکن هست در اثر وقوع دبی‌های پیک در سالیان آینده رخ بدهد که به‌طورکامل قابل احتمال‌سنجی است. دبی‌های آینده در یک ساختار مرکب از گامای بدون بعد، می‌توانند روی یکی از دو روند نمودار ۶ با یک هولومورفیزم ارگودیک واقع گردند تا از یک ژئومتری بسیار ظریف بر پایه‌ی کای دوی مبتنی بر گاما که بر بستر نکوئی برازش پیرسون قرار دارد، جایگزین شود و به‌صورت آکاردئونی سبب گسترش نوسان‌های کیاسیک - فراکتال با ساختار y=(0.136x+32.29)+(0.1SIN(0.11x)x) گردد. این ساختار آکاردئونی فقط مخصوص دبی‌های پیک ۴۴ ساله‌ی رودخانه خشک شیراز بوده و بدیهی است که در هر یک از سال‌های آینده این ساختار دچار تغییر و نوسان می‌گردد. این روند به این صورت اعمال می‌شود که ابتدا دبی، هر سال، آینده ساختار دو روند ضلع بالایی و پایینی را تغییر می‌دهد و این دو روند یادشده فرکانس کیاسیک – فراکتالی را به‌صورت درون‌داد یا برون‌داد مشتق‌پذیر می‌نمایند و به نوبه‌ی خود تواتر فرکانس یادشده، روند را دچار تغییر فرکانس مجدد می‌نماید. همچنین باید درنظر داشت که هرگروه از دبی‌ها در یک فرکانس سینوسی قرار داشته و به خوبی هویداست که تک دبی‌های پیک که هنوز نتوانسته‌اند گروهی کامل تشکیل بدهند معمولا روی یال فرکانس‌ها واقع هستند.

به همین صورت می‌توان به پیش‌یابی نیز اقدام نمود؛ به این طریق که اگر یک مقدار تغییر از میانگین دبی‌های پیک مورد نظر مدیران عمران شهری باشد، کافی است با محاسبه گشتاور دوم حول میانگین در تابع چگال‌شده‌ی نکوئی برازش پیرسون، هم مقدار دبی مورد نظر مدیران عمران شهری و هم جایگاه آن مقدار جدید دبی پیک پیش‌بینی‌شده بر روی نمودار شماره‌ی ۶ تعیین گردد.

در حقیقت ساختار شکل ۶ مبتنی بر یک هولومورفیسم ارگودیک مرکب از کیاس افزاینده و فراکتال کاهنده بر بستری که اساس آن یک کای دوی با درجه‌ی آزادی براساس گامای با همان درجه آزادی است که این درجه آزادی را تعداد دبی‌های پیک واقع‌شده‌ی رودخانه خشک تعیین می‌کنند، قرار گرفته است. این ساختار را می‌توان در مورد مقادیر دبی‌های ماهانه و سالانه نیز مورد استفاده قرار داد.

به همین طریق از ساختار تعادل مثلث می‌توان مقادیر تعادلی دبی‌های پیک در هر دوره‌ی فرکانسی را معین نمود. ضلع سوم (تقریبا ضلع مقابل) را می‌توان در هر مقطع به‌صورت فیزیکی رسم نمود و باتوجه با دو رگرسیون بالایی و پایینی، رئوس را محاسبه نمود و سپس با مهندسی معکوس روی ساختار هولومورفیزم ارگودیک که به‌طورمفصل تشریح گردید، بین گروه‌های دبی‌های پیک مقادیر دبی تعادلی را به متر مکعب محاسبه نمود.

نتیجه‌گیری

سیل یکی از بلایای طبیعی است که هرساله موجب خسارت‌های جبران‌ناپذیری در کل دنیا می‌گردد و علل مختلفی موجب وقوع این اتفاق می‌شود. ازجمله شرایط توپوگرافیک، تغییرات اقلیمی، ضعف مدیریت‌های حوضوی جهت مطالعه صحیح و دست‌اندازی بر حریم رودخانه‌ها سبب تلفات جانی و مالی فراوانی گشته است. در این مطالعه به اندازه‌گیری مقادیر دبی حداکثری ایستگاه‌های هیدرومتری واقع‌شده بر روی رودخانه خشک، بر ایجاد سیلاب در حوضه آبریز شیراز از طریق محاسبه ضوابط جبری ساختار گامای بدون بعد برای بررسی روند یک دوره ۴۴ ساله پرداخته شد. با استفاده از توزیع پیرسون که یک نکویی برازش از تست کای دو، از مهم‌ترین کاربردهای تعیین دسته‌بندی مهندسی متغیرهای تصادفی است و باتوجه به اینکه دبی‌های واقع‌شده طی ۴۴ سال در رودخانه خشک شیراز تاکنون مورد چنین تفسیری قرار نگرفته بوده است، بنابراین پر واضح هست که نتیجه اعمال ساختار تحلیلی اویلر – پیرسون می‌تواند راهگشای مدیریت عمران شهری قرار گیرد. بدین صورت که با استفاده از ساختار گروه‌بندی گامای بدون بعد دبی‌های پیک ۴۴ ساله رودخانه‌ی خشک شیراز، شاهد یک تحلیل ارگودیک هستیم، به این صورت که روند دبی‌ها با تنظیم گشتاور دوم حول میانگین پیرسون توانسته است یک مزیت گروه‌بندی داده‌ها، بر خلاف گروه‌بندی‌های آماری باشد که طبقه‌بندی دبی‌ها را به‌صورت صعودی، نزولی و یا طبقه‌بندی‌های منظم انجام می‌دهند. خصوصیت این گروه‌بندی این هست که برای تشخیص گروه‌ها حتما باید نتیجه‌ی جدول یک روی نمودار پیاده گردد و بر اساس آن گروه‌های دبی‌های پیک معین شود که در حقیقت با استناد به ساختار شکل ۶ که مبتنی بر یک هولومورفیسم ارگودیک مرکب از کیاس افزاینده و فراکتال کاهنده، بر بستری که اساس آن یک کای دوی با درجه‌ی آزادی براساس گامای با همان درجه آزادی است را می‌توان برای احتمال‌سنجی اثر وقوع دبی‌های پیک در سالیان آینده مشخص نمود. این ساختار روندی بسیار قابل‌اعتبار با کرولیشن 0.8 درصد و ضریب همبستگی۸۹ درصد را برای مقادیر دبی ۴۴ ساله رودخانه خشک با گرادیان شیب ۳۰ درصد (۱۶ درجه و ۴۲ دقیقه) نشان داده است که بسیار واقعی‌تر نسبت به دیگر گروه‌بندی‌های بیان‌شده، جهت برخی مدیریت‌های شهری است.

منابع

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.

حجازی، اسدالله؛ خدایی قشلاق، فاطمه؛ خدایی قشلاق، لیلا. (۱۳۹۸). پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب در حوضه آبریز ورکش چای با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS و الحاقیه HEC-GEO-RAS. فصلنامه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۹ (۵۳)، صص: ۱۵۶-۱۳۷.

حسین‌زاده، محمدمهدی؛ بیرانوند، سعیده؛ حسینی، امینف. (۱۳۹۱). شبیه‌سازی سیلاب رودخانه کشکان، فصل‌نامه سنجش‌ازدور و GIS ایران، دوره پنجم، شماره‌یک.

دامادی، سکینه؛ دهواری، عبدالحمید؛ دهمرده قلعه‌نو، 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.

رستمی فتح‌آبادی، محمد؛ جعفربیگلو، منصور؛ مقیمی، ابراهیم. (۱۳۹۹). تحلیل فضایی مناطق سیل‌زده و سیل‌خیز شهر نورآباد لرستان و مخاطرات آن. مدیریت مخاطرات محیطی (دانش مخاطرات سابق)، دوره ۷، شماره ۳، صص: ۳۲۹- ۳۱۳.

صفاری، امیر؛ ساسان‌پور، فرزانه؛ موسی‌وند، 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، صص: ۱۲۹-۵۰.

عسکری، شمس الله؛ 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.

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

Bates, P.D., De Roo, A.P.J. (2000). A simple raster-based model for flood inundation simulation. Journal of Hydrology, 236, 54 – 77.

Black, A.R., Burns, J.C. (2002). Re-assessing the flood risk in Scotland. Science of The Total Environment, 294 (1), 169–184.

Brierley, G., L., and Fryirs, K., 2005. geomorphology and river management application of the river style framework. Blackwell Publishing, Malden. MA. pp 398. DOI:10.1002/9780470751367

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

Dass S. (2019). Geospatial mapping of flood susceptibility and hydro-geomorphic response to the floods in Ulhas basin, India. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 14, 60-74.

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

Fernandez, Diego., Lutz, M. A. (2010). Urban flood hazard zoning in Tucuman Province, Argentina, using GIS and multicriteria decision analysis. Engineering Geology, 111, 90–98.

Green, C., Diepernk, G., EK, K., Hegger, D., Pettersson, M., Priest, S., Tapsell, S. (2014). Flood risk management in Europe: the flood problem and interventions, Star flood.

Hajkowicz, S., Collins, K. (2007). A review of multiple criteria analysis for water resource planning and management. Water Resour Manage, 21 (9), 1553–1566.

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 SciEng. 41:1375–1390.

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., Tien Bui, 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

Lyu, H.M., Shen, S.L. Zhou, A.Y. (2019). Perspectives for flood risk assessment and management for mega-city metro system. Tunnelling and Underground Space Technology, 76, 31-46.

Mejía-Navarro, M., Wohl, E.E., Oaks, S.D. (1994). Geological hazards, vulnerability, and risk assessment using GIS: a model for Glenwood Springs Colorado. Geomorphology, 10 (1), 331–354.
Parhi, P.K. (2018). Flood Management in Mahanadi Basin using HEC-RAS and Gumbel's Extreme Value Distribution. Journal of the Institution of Engineers (India): Series A, 99(4):751–755.
Schumann, A. H., Funke, R., Schultz, G. A. (2000). Application of a geographic information system for conceptual rainfall-runoff modeling. Journal of Hydrology, 240 (1), 45–61.
Voogd, j.H. (1983). Multicriteria Evaluation for Urban and Regional Planning: Pion, London. 388 p.
Xiao, Y., Yi, S., Tang, Z. (2017). Integrated flood hazard assessment based on spatial ordered weighted averaging method considering spatial heterogeneity of risk preference. Science of The Total Environment, 599-600, 1034-1046.
Zelenakova, F.R., Labant, S., Weiss, E., Markovic, G., Weiss, R. (2019). Flood risk modeling of the Slatvinec stream in Kru_zlov village, Slovakia. Journal of Cleaner Production, 212, 109-118.
Zhu, S., Li, D., Huang, G., Chhipi-Shrestha, G., Nahiduzzaman, K.M., Hewage, K., Sadiq, R. (2020); Enhancing urban flood resilience: a holistic framework incorporating historic worst flood to Yangtze River Delta, China, International Journal of Disaster Risk Reduction, Vol 61: 1-52.

University of Sistan and Baluchestan
Journal of Natural Environment Hazards
Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

References

References (in Persian)

Askari, Sh., Ahmadi, M., Hemti, M. (2014). Side erosion of Cherdavel River using HEC-RAS model in GIS environment. Geographical Research Quarterly, 30(1), 80-71. [In Persian].

Damadi, S., Dehwari, A., Dehmarde Ghale, M., Ebrahimian, M. (2019). flood zoning using the HEC-RAS hydraulic model of the Sarbaz River in Sistan and Baluchistan province. Scientific-Research Journal of Watershed Management Engineering, Volume 13, Number 3. pp. 590-610. [In Persian].

Hejazi, A., Khodei Qashlaq, F., Khodayi Qashlaq, L. (2018). flood risk zoning in the Varkash Chai watershed using HEC-RAS software and HEC-GEO-RAS extension. Geographical Sciences Applied Research Quarterly, 19(53), 156-137. [In Persian].

Hosseinzadeh, M., Biranvand, S., Hosseini, A. (2012). Simulation of Kashkan river flood, Iranian Remote Sensing and GIS Quarterly, Volume 5, Number 1. [In Persian].

Portahari, M., Sejasi Khedari, H., Sadeghlou, T. (2017). comparative evaluation of natural hazard rating methods in rural areas, a case study of Zanjan province. Rural Research Quarterly, 2 (3): 31-54. [In Persian].

Rostami Fathabadi, M., Jafar Biglou, M., Moghimi. (2019).Spatial analysis of flood-prone and flood-prone areas of Noorabad city of Lorestan and its hazards. Environmental risk management (former risk knowledge). 7(27), pp: 313-329. [In Persian].

Safari, A., Sasanpour, F., Musa Vand, J. (2018). evaluation of the vulnerability of urban areas against flood risk using geographic information system and fuzzy logic, a case study of the 3rd district of Tehran. Geographical Sciences Applied Research Quarterly, 20: 129-50. [In Persian].

References (in English)

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

Bates, P.D., De Roo, A.P.J. (2000). A simple raster-based model for flood inundation simulation. Journal of Hydrology, 236, 54 – 77.

Black, A.R., Burns, J.C. (2002). Re-assessing the flood risk in Scotland. Science of The Total Environment, 294 (1), 169–184.

Brierley, G., L., and Fryirs, K., 2005. geomorphology and river management application of the river style framework. Blackwell Publishing, Malden. MA. pp 398. DOI:10.1002/9780470751367

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

Dass S. (2019). Geospatial mapping of flood susceptibility and hydro-geomorphic response to the floods in Ulhas basin, India. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 14, 60-74.

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

Fernandez, Diego., Lutz, M. A. (2010). Urban flood hazard zoning in Tucuman Province, Argentina, using GIS and multicriteria decision analysis. Engineering Geology, 111, 90–98.

Green, C., Diepernk, G., EK, K., Hegger, D., Pettersson, M., Priest, S., Tapsell, S. (2014). Flood risk management in Europe: the flood problem and interventions, Star flood.

Hajkowicz, S., Collins, K. (2007). A review of multiple criteria analysis for water resource planning and management. Water Resour Manage, 21 (9), 1553–1566.

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 SciEng. 41:1375–1390.

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., Tien Bui, 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

Lyu, H.M., Shen, S.L. Zhou, A.Y. (2019). Perspectives for flood risk assessment and management for mega-city metro system. Tunnelling and Underground Space Technology, 76, 31-46.

Mejía-Navarro, M., Wohl, E.E., Oaks, S.D. (1994). Geological hazards, vulnerability, and risk assessment using GIS: a model for Glenwood Springs Colorado. Geomorphology, 10 (1), 331–354.

Parhi, P.K. (2018). Flood Management in Mahanadi Basin using HEC-RAS and Gumbel's Extreme Value Distribution. Journal of the Institution of Engineers (India): Series A, 99(4):751–755.

Schumann, A. H., Funke, R., Schultz, G. A. (2000). Application of a geographic information system for conceptual rainfall-runoff modeling. Journal of Hydrology, 240 (1), 45–61.
Voogd, j.H. (1983). Multicriteria Evaluation for Urban and Regional Planning: Pion, London. 388 p.
Xiao, Y., Yi, S., Tang, Z. (2017). Integrated flood hazard assessment based on spatial ordered weighted averaging method considering spatial heterogeneity of risk preference. Science of The Total Environment, 599-600, 1034-1046.
Zelenakova, F.R., Labant, S., Weiss, E., Markovic, G., Weiss, R. (2019). Flood risk modeling of the Slatvinec stream in Kru_zlov village, Slovakia. Journal of Cleaner Production, 212, 109-118.
Zhu, S., Li, D., Huang, G., Chhipi-Shrestha, G., Nahiduzzaman, K.M., Hewage, K., Sadiq, R. (2020); Enhancing urban flood resilience: a holistic framework incorporating historic worst flood to Yangtze River Delta, China, International Journal of Disaster Risk Reduction, Vol 61: 1-52.