



Research Article

Statistical Estimation of Natural Flood and Discharge Estimation with Different Return Periods (Case Study, Sivand River)

Rahim Hajibagheri¹, Amirhossein Bazae², Roozbeh Aghamajidi^{3*}

1 -Master of Urban Engineering, Urban Design, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Beiza Unit, Fars, Iran

2 -Instructor, Department of Civil Engineering, Islamic Azad University, Firoozabad Branch (Meymand Center), Fars, Iran

3 -Assistant Professor, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Sepidan Unit, Fars, Iran

Received: 25 May 2022; Revised: 04 June 2022; Accepted: 04 June 2022; Published: 04 June 2022

Abstract

The phenomenon of flood, in spite of all its complexities, can be studied and appropriate solutions can be sought to control and reduce its damage and even economic exploitation of floods. On the other hand, before constructing any hydraulic structure such as dams, overflows, diversion channels, temporary dams, etc., it is necessary to have the information of maximum possible flood and flood hydrograph with different return periods in order to estimate the magnitude of different floods and predicted the maximum height of the river flood zone, the maximum area and width of the river flood in different areas, the maximum flow velocity, changes in shear stress, flood volume, changes in landing number and hydraulic radius, etc. flood routing and zoning operations or quantifying river confluence for flood alert systems. in this study, by selecting the case of Sivand river in fars province in the specified time period, flood frequency analysis was performed with the help of Smada and Easyfitt software and the maximum flood discharge was determined with different return periods. then, by selecting tangbolaghi hydrometric station as the representative station of Sivand river, hydraulic flood routing and zoning operations were attempted by Mike11 computer model.

Keywords:

Flood, Sivand river, Frequency distribution, Determination of river area

Cite this article as: Hajibagheri R, Bazae A, Aghamajidi R. (2022). Statistical Estimation of Natural Flood and Discharge Estimation with Different Return Periods (Case Study, Sivand River). Civ Proj J, 4(3), 11–25. <https://doi.org/10.22034/cpj.2022.04.03.1136>

ISSN: 2676-511X / **Copyright:** © 2022 by the authors.

Open Access: This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Journal's Note: CPJ remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



نشریه عمران و پروژه

<http://www.cpjournals.com/>

برآورد آماری سیلاب طبیعی و تخمین دبی با دوره بازگشت‌های مختلف (مطالعه موردی، رودخانه سیوند)

رحیم حاجی باقری^۱، امیرحسین بازایی^۲، روزبه آقامجیدی^{۳*}

۱. کارشناس ارشد مهندسی شهرسازی گرایش طراحی شهری، دانشکده مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیضاء، فارس، ایران

۲. مربی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزآباد (مرکز میمند)، فارس، ایران

۳. استادیار، دانشکده مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سپیدان، فارس، ایران

تاریخ دریافت: ۰۴ خرداد ۱۴۰۱؛ تاریخ بازنگری: ۱۴ خرداد ۱۴۰۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۴ خرداد ۱۴۰۱؛ تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴ خرداد ۱۴۰۱

چکیده

پدیده‌ی سیل علی‌رغم همه‌ی پیچیدگی‌هایش قابل بررسی و مطالعه بوده و می‌توان در جهت مهار و کاهش خسارات آن و حتی بهره‌برداری اقتصادی از سیل راه‌حل‌های مناسبی جستجو کرد. از طرفی قبل از احداث هر سازه هیدرولیکی نظیر سد، سرریز، کانال‌های انحراف، بندهای موقت و غیره نیاز به داشتن اطلاعات حداکثر سیلاب محتمل و هیدروگراف سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف می‌باشد تا بتوان بزرگی سیلاب‌های مختلف را تخمین زده و حداکثر ارتفاع پهنه سیل‌گیر رودخانه، حداکثر مساحت و عرض سیل‌گیر رودخانه در مناطق مختلف، حداکثر سرعت جریان، تغییرات تنش برشی جریان، حجم سیلاب، تغییرات عدد فرود و شعاع هیدرولیکی و غیره را پیش‌بینی نمود و در جهت طراحی یا عملیات روندیابی و پهنه‌بندی سیل یا تعیین حریم کمی رودخانه برای سیستم‌های اعلام هشدار سیل اقدام نمود. در این تحقیق با انتخاب موردی رودخانه سیوند استان فارس در بازه زمانی تعیین شده نسبت به تحلیل فراوانی سیلاب با کمک نرم‌افزارهای Smada و Easyfitt اقدام شده و حداکثر دبی سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف تعیین گردید. سپس با انتخاب ایستگاه هیدرومتری تنگ بلاغی به عنوان ایستگاه معرف رود سیوند به عملیات روندیابی و پهنه‌بندی هیدرولیکی سیلاب توسط مدل کامپیوتری Mike11 اهتمام ورزیده شد.

کلمات کلیدی:

سیلاب، رودخانه سیوند، توزیع فراوانی، تعیین حریم رودخانه

۱. مقدمه

هنگام وقوع بارندگی‌های شدید، اگر رودخانه‌ها و مسیل‌ها گنجایش و ظرفیت کافی برای هدایت آب را نداشته باشند و خاک نیز به خاطر شدت بارندگی و یا طولانی شدن آن، اشباع گردیده و قدرت جذب آن را نداشته باشد، جریان آب به صورت غیرطبیعی در محیط اطراف جاری می‌شود و سبب تخریب خانه‌ها، تأسیسات، مزرعه‌ها و در کل بروز حوادث مالی و جانی می‌گردد. (م.دهقانی، ۱۳۹۴) بیشتر سیل‌های خطرناک در کشورمان، در فصل‌های پر باران مانند بهار و پاییز جاری می‌شوند.

این سیل‌ها هر ساله خسارت‌های زیادی را به وجود می‌آورند. گاهی هم بارندگی‌های ناگهانی و شدید در فصل‌های دیگر باعث جاری شدن سیل می‌شود. مطابق آمار ارائه شده در سایر تحقیقات و مراجع مختلف، در میان بلایای طبیعی، سیل و طوفان بیش‌ترین تلفات و خسارات را حتی بیشتر از زلزله به جوامع بشری تاکنون وارد آورده است، به گونه‌ای که تنها در یک دهه گذشته میزان خسارات ناشی از سیل و طوفان ۲۰٪ بیشتر از خسارات ناشی از زلزله بوده است.

(ژژانگ، ۲۰۲۰) در طی سال‌های گذشته حدود ۷۰٪ اعتبارات سالانه طرح کاهش اثرات بلایای طبیعی و ستاد حوادث غیرمترقبه صرف جبران خسارات ناشی از سیل شده است. واضح است که به دلیل کوشش‌های موثر و کنترل روش‌های ساخت‌وساز و رعایت ضوابط و مقررات، ایمنی سازه‌ها و تأسیسات در مقابل خطرانی چون زلزله افزایش یافته اما با توجه به سرعت رشد و توسعه در کشورهای در حال توسعه نظیر ایران و حتی کشورهای همسایه مانند ترکیه باعث برهم خوردن نظم اکو سیستم و تخریب محیط زیست و منابع طبیعی شده که این مهم باعث بروز افزایش سیل و ایجاد خسارات متعدد گردیده که متأسفانه روز به روز در حال افزایش می‌باشد. (اسفندیاری، ۱۳۹۷) رشد بیش از ۲۵٪ خسارات ناشی از سیل در کشور طی پنج دهه گذشته مؤید این ادعا می‌باشد. بر اساس جغرافیای طبیعی کشورمان ایران و میزان حادثه‌خیزی برخی مناطق آن، در بعضی موارد اثرات سوء ناشی از وقوع سیل کمتر از زلزله نبوده و عدم پیشگیری از وقوع آن باعث بروز خسارات جانی و مالی جبران‌ناپذیری گردید. ایران به لحاظ برخورداری از موقعیت کوهپایه‌ای و آب و هوای خشک و نیمه خشک، اگرچه در مقایسه با دیگر کشورها مقدار بارش در آن کم بوده و طی سال‌های نرمال، میزان بارشی حدود ۲۵۰ میلی‌متر دارد، اما بارش‌ها در برخی نقاط کشور با شدت و دبی سریع صورت گرفته و با در نظر گرفتن خشکی طبیعت، پس از یک بارش بلافاصله رواناب ایجاد شده و در صورت شدت بارش باعث می‌شود سیلاب پدید آمده خسارات هنگفتی به منابع کشاورزی و مالی مردم برسد (ل.مینگ، ۲۰۱۹).

بدون تردید مهم‌ترین علت وقوع سیلاب در رودخانه‌ها و مسیل‌ها، بارش در حوضه آبریز مناطق سیل گرفته و بالادست آن‌ها می‌باشد، اما آنچه که مهم است، بررسی دلایل تشدید خسارات سیل ناشی از چنین بارندگی‌هایی می‌باشد. بنابراین از مهم‌ترین عوامل در طراحی سازه‌های هیدرولیکی رودخانه‌ها و مدیریت منابع آب، دبی حداکثر لحظه‌ای می‌باشد، لذا برآورد آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از روش‌های برآورد دبی حداکثری سیلاب، استفاده از روش توزیع آماری است که معمولاً از چندین روش قابل تحلیل و تخمین می‌باشد. دبی حداکثری سیل، جریان محتمل یک سیل فرضی است که در شدیدترین و بحرانی‌ترین شرایط هواشناسی و هیدرولوژیکی قابل وقوع در منطقه، اتفاق آن را می‌توان انتظار داشت.

بر اساس علم هیدرولوژی نمی‌توان زمان دقیق وقوع پدیده سیل را معین نمود اما می‌توان بر اساس زمان و حوادث سیلاب‌های قبلی، احتمال وقوع و دوره بازگشت آن را تخمین زد و بوسیله برنامه‌های مدیریت محیطی نظیر طراحی سازه‌های کنترل سیلاب، اراضی حاشیه رودخانه را بر اساس آن طراحی نمود.

بنابراین برای طراحی و استفاده از روش‌های کنترل سیلاب، تثبیت آبراهه‌ها و تعیین بستر رودخانه، نیاز به تعیین دبی حداکثری سیل در دوره بازگشت‌های مختلف، نیازمندیم. (ا.حبیب-نژاد، ۱۳۹۵)



شکل ۱ وقوع سیل در شیراز - ۱۳۹۸ [۱۷]

۲. هدف تحقیق

در این تحقیق تلاش گردیده به کمک روش‌های آماری و استفاده از توزیع‌های مختلف اطلاعات، حداکثر سیل محتمل پیش بینی و مقدار دبی حداکثری سیل برآورد گردد. شایان ذکر است که با پیش بینی وقوع سیل می‌توان خسارات ناشی از آن را کاهش داد. از جمله مزیت‌های استفاده از این روش تحقیقی، پیش بینی وقوع سیل و اعلان خطر به اهالی منطقه برای حفظ جان و مال می‌باشد و یا حتی در صورتی که به اندازه‌ی کافی فرصت باقیمانده باشد، می‌توان دارای‌هایی را که در معرض سیل قرار دارند از محل دور کرده و یا با اقدامات ایمنی مانند چیدن کیسه‌های شن و غیره زیان‌ها را کاهش داد. از طرفی تحلیل فراوانی وقوع سیلاب‌ها به منظور طراحی تأسیساتی است که در مناطق سیل خیز قرار خواهند گرفت. به عنوان مثال برای طراحی سدها، پل‌های بزرگ، راه‌ها و راه آهن، آب‌گذرها، سیستم‌های تأمین آب و ساختمان‌های کنترل سیل از روابط بین احتمال و مقدار سیل استفاده می‌شود. (م.دهقانی، ۱۳۹۴) با توجه به تغییرات مکانی و زمانی بارش و همچنین پتانسیل سیل خیزی در کشور ما، احتمال وقوع و یا دوره بازگشت سیلاب‌ها و همچنین اطلاع از محدوده گسترش سیل می‌تواند برنامه ریزان و متخصصان کشور را در زمینه ارائه راهکارهای کنترل این پدیده مخرب یاری نماید. در این تحقیق با انتخاب موردی بازه مطالعاتی رودخانه سیوند ابتدا به تحلیل فراوانی سیلاب به کمک نرم‌افزارهای SMADA و Easyfitt پرداخته شد و حداکثر دبی سیلاب و هیدروگراف‌های سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف تعیین گردیده و سپس با انتخاب ایستگاه هیدرومتری تنگ بلاغی به عنوان ایستگاه معرف رود سیوند، به عملیات روندیابی و پهنه‌بندی هیدرولیکی سیلاب توسط مدل کامپیوتری Mike11 اهتمام ورزیده شده و پارامترهای مختلف هیدرولیکی این رودخانه در طول بازه مطالعاتی مورد نظر محاسبه گردیده‌اند.

۳. پیشینه تحقیق

تیمبادیا و همکاران در سال ۲۰۱۴ میلادی، به بررسی یک بعدی مدل هیدرودینامیکی سیل و تراز هیدروگراف سیلاب در رودخانه تاپی^۱ در هند پرداختند. برای این منظور آن‌ها چهار ایستگاه هیدرومتری کاکراپور^۲، منداوی^۳، روستای قلا^۴ و ایستگاه پل نهرو^۵ را به عنوان ایستگاه‌های معرف، انتخاب و بزرگترین سیلاب به وقوع پیوسته را بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۶ انتخاب نمودند. سپس با تعریف مقاطع عرضی مساحی شده با نرم‌افزار Mike11 به کمک مدل موج دینامیکی سیل به شبیه‌سازی جریان سیلاب پرداختند. نتایج خروجی این تحقیق با نتایج واقعی مقایسه و کالیبراسیون نتایج صورت پذیرفت. نتایج آنان در این بازه از رودخانه تاپی، حاکی از برتری مشهود مدل حداقل مربعات در شبیه‌سازی هیدرودینامیکی سیل بود.

غریب و همکاران در سال ۱۳۹۷ به بررسی روشی برای تعیین مناطق مولد سیل بر اساس رابطه بین شاخص سیل خیزی و پارامترهای مورفومتری پرداختند. هدف این تحقیق، اولویت بندی سیل خیزی حوزه آبخیز تنگراه به روش توزیعی و ارائه روشی برای تعیین مناطق مولد سیل بوده است. بدین منظور، ابتدا ورودی‌های مدل بارش-رواناب استخراج و سپس مدل ModClark

¹ Tapi

² Kackrapour

³ Mendavi

⁴ Ghala

⁵ Nahrou

واسنجی و اعتبارسنجی شد. در مرحله بعد، برای تعیین سیل خیزی واحدهای همگن و زیرحوضه‌ها، با اجرای روش عکس العمل سیل واحد در قالب حذف متوالی واحدهای همگن و شبیه سازی آبنمود سیل، ابتدا بارش طراحی در محل ایستگاه بارانسنج ثبات پارک ملی گلستان استخراج شد، سپس میزان تأثیر هر یک از واحدها و زیرحوضه‌ها بر آبنمود خروجی کل حوزه آبخیز به دست آمد و در نهایت برای سیل با دوره بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ سال برای حوزه‌های فاقد آمار، با رابطه رگرسیونی چند متغیره مناسب بین پارامترهای مورفومتری و شاخص سیلخیزی ارائه شد. نتایج حاصل از نقشه پتانسیل تولید رواناب با دوره بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ ساله، نشان داد که پتانسیل تولید رواناب از بالادست به سمت پایین دست حوضه افزایشی بوده و واحد همگن ۱۱۶ به عنوان مؤثرترین واحد در پتانسیل تولید رواناب بالا شناخته شد که به دلیل بارش بیشتر و همچنین شیب تند در این واحد همگن، پتانسیل تولید رواناب در نزدیک خروجی حوضه نسبت به مناطق بالادست بیشتر است. نتایج این تحقیق نشان داد که با تلفیق سامانه اطلاعات جغرافیایی^۶ مدل‌های هیدرولوژیکی، می‌توان kn اثر متقابل عوامل فیزیو گرافیک و اقلیمی را بر پتانسیل سیل خیزی حوزه‌های آبخیز مورد بررسی قرار دهند و با در نظر گرفتن همزمانی دبی اوج و نقش روندیابی سیل در رودخانه‌ها، اولویت بندی زیرحوضه‌ها را به نحو مطلوب انجام داد.

طهماسبی و همکاران در سال ۱۳۹۲ به انتخاب مناسب ترین توزیع آماری در تحلیل و برآورد فراوانی سیل طی دوره بازگشت‌های مختلف با مطالعه موردی تعدادی از ایستگاه‌های حوضه آبخیز شهرستان کشکان پرداختند. هدف از این تحقیق، انتخاب مناسب ترین توزیع آماری برای برآورد دبی‌های سیلابی در دوره بازگشت‌های مختلف بوده است. برای اثبات این موضوع پس از انتخاب دوره آماری مشترک در تعدادی از ایستگاه‌های حوضه آبخیز کشکان، با استفاده از نرم افزارهای Easyfit، SMADA تحلیل فراوانی سیل انجام پذیرفت و توزیع لوگ پیرسون نوع سوم در اکثر ایستگاه‌های اندازه گیری و مناسب ترین توزیع تشخیص داده شد. در ادامه مقادیر دبی‌های سیلابی در دوره‌های بازگشت ۲۵ و ۵۰ ساله، به کمک نرم افزار SMADA، با دقت قابل قبولی برآورد گردید. نهایتاً نتیجه گرفته شد در طرح‌های آبخیزداری و مهندسی رودخانه با استفاده از خروجی این تحلیل‌های عددی، نرم افزار Easyfit به دلیل دارا بودن توزیع‌های آماری بیشتر و نرم افزار SMADA به دلیل برآورد دبی‌های سیلابی می‌تواند با قابلیت اطمینان بالایی استفاده گردد.

با توجه به مطالب گفته شده طراحی سازه‌های آبی و برنامه ریزی برای بهره برداری از منابع آب رودخانه نیاز به برآورد مناسبی از مقادیر سیلاب‌ها و کم آبی دارد. ساده ترین راه در جهت اطمینان از محاسبات، برآورد بیش از اندازه این پارامترها می‌باشد. در هر دو مورد، برآورد بیش از حد سیلاب باعث بالا رفتن هزینه‌های اجرایی سازه‌های آبی خواهد شد و برآورد بیش از حد در مورد کم آبی‌ها، باعث عدم استفاده از آب موجود در رودخانه در فصول کم آبی می‌شود. بر این اساس، بررسی آماری و توزیع آماری مناسب این پارامترها در نقاط مختلف، امری ضروری و اجتناب ناپذیر است. در این راستا از نرم‌افزارهای SMADA، Easyfitt، و Mike11 بهره گیری شد و تا ضمن اشاره به روش‌های مختلف روندیابی، مدل موج دینامیکی کامل مورد استفاده قرار گیرد.

۴. معرفی مطالعه موردی

رودخانه سیوند از ارتفاعات ۳۹۴۰ متری جنوب اقلید سرچشمه گرفته و سطح حوضه آن حدود ۸۷۰۰ کیلومترمربع برآورد شده است. رودخانه سیوند یک رود دایمی است به طول ۱۱۰ کیلومتر که از شهرستان‌های آباده و مرودشت عبور می‌کند. برای مطالعه موردی رودخانه سیوند، اطلاعات ایستگاه‌های تنگ بلاغی، دشتبال، چم ریز، پل خان و همچنین روندیابی از ایستگاه تنگ بلاغی تا بازه‌ای به طول حدود ۳۶ کیلومتر بعد از آن انتخاب گردید. (رادمنش، بازایی، ۱۴۰۰) منطقه مورد مطالعه در شمال غرب شهرستان شیراز و در استان فارس واقع شده است. جریان سالانه رودخانه سیوند دائمی بوده و لذا جریان پایه در رودخانه‌ای این منطقه وجود دارد. میانگین بارش سالانه بر روی این رودخانه ۶۰۰ تا ۸۵۰ میلی متر است. دبی پایه این رودخانه از ۳/۶ مترمکعب

⁶ Gis

بر ثانیه تا ۱۷ مترمکعب بر ثانیه در فصول مختلف سال ثبت شده است. اما به طور متوسط دبی ۱۰ متر مکعب بر ثانیه را می‌توان برای آن انتخاب نمود. دبی اوج مشاهداتی پس از هر بارندگی در بازه مطالعاتی مقدار قابل ملاحظه‌ای دارد. (احسب-نژاد، ۱۳۹۵)



شکل ۲ تصویر هوایی و زمینی از رودخانه سیوند فارس [۱۸]

۵. تحلیل عددی

برای تحلیل فراوانی هیدرولوژی، نیاز به تفسیر حوادث اندازه‌گیری شده گذشته جهت تعیین احتمال وقوع در آینده است. سه گام اصلی این فرآیند عبارت است از: (م.دهقانی، ۱۳۹۴)

(الف) انتخاب یک نمونه از سری داده‌ها که معیارهای آماری چون تصادفی بودن، استقلال، همگنی و ایستایی را دارا باشند و داده‌های پرت آن‌ها نیز کنترل شده باشد.

(ب) برازش بهترین توزیع احتمالی نظری به این نمونه با بکارگیری بهترین روش برازش.

(پ) به‌کارگیری توزیع برازش داده شده جهت برگزاری استنباط آماری نمونه تحت مطالعه، یعنی سری طولانی از داده‌های نظری.

۵-۱. تحلیل عددی و توزیع فراوانی

نظر به ماهیت تصادفی پدیده‌های طبیعی و وابستگی سایر پدیده‌ها به طبیعت، ناگزیر بایستی از علم آمار و احتمالات در تجزیه و تحلیل پدیده‌های فوق استفاده کرد. تحلیل فراوانی یکی از مفیدترین و کاربردی‌ترین روش‌های علم آمار است که در تحلیل پدیده‌های مختلف به کار می‌رود. روش فوق، احتمال وقوع یا عدم وقوع یک پدیده و یا عکس آن یعنی دوره بازگشت یک پدیده به همراه مشخصات دیگری از داده‌های در دست مطالعه را مشخص می‌کند که خود ابزار بسیار مفیدی در تصمیم‌گیری‌های علمی و عملی است. با توجه به تغییرات مکانی و زمانی بارش و همچنین پتانسیل سیل‌خیزی در کشور ما، اطلاع از احتمال وقوع و یا دوره بازگشت سیلاب‌ها و همچنین اطلاع از محدوده گسترش سیل می‌تواند برنامه‌ریزان و متخصصان کشور را در زمینه راهکارهای کنترل این پدیده مخرب یاری نماید. اگر احداث سازه‌های دریایی مختلف و همچنین توسعه شهرها و روستاها بر

اساس پیش‌بینی سیل و اطلاع از بزرگی و محدوده گسترش آن صورت پذیرد، تا حدود زیادی می‌توان خطر سیل را کاهش داد. این امر با استفاده از تحلیل فراوانی سیل امکان‌پذیر است. (احیب-نژاد، ۱۳۹۵) شایان ذکر است که در هیدرولوژی "توزیع‌های فراوانی" به توزیع گسسته یا پیوسته تقسیم می‌شوند که شامل موارد زیر می‌باشند:

- توزیع احتمالاتی نرمال
- توزیع احتمالاتی لوگ نرمال
- توزیع تئوری گاما
- توزیع تئوری پیرسون تیپ ۳
- توزیع تئوری گامبل

۲-۵. آزمون داده‌های پرت

آزمون گروپز و بک^۷ یا مختصراً G.B برای تشخیص داده‌های پرت می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در این آزمون کمیت‌های X_H و X_L توسط روابط زیر محاسبه می‌شوند: (ل.مینگ، ۲۰۱۹)

$$X_H = \exp(\bar{X} + k_N S) \quad (۱)$$

$$X_L = \exp(\bar{X} - k_N S) \quad (۲)$$

که در آن \bar{X} و S به ترتیب میانگین و انحراف معیار لگاریتم طبیعی (LN) داده‌های نمونه است و k_N آماره‌ی B.G است که برای اندازه‌های نمونه مختلف و سطوح اعتماد متفاوت توسط گروپز و بک (G.B) ارائه شده است. همچنین مقادیر نمونه بزرگ‌تر از X_H به عنوان داده‌های پرت بالا در نظر گرفته می‌شود در حالی که مقادیر کمتر از X_L به عنوان مقادیر داده‌های پرت پایین در نظر گرفته می‌شود.

۳-۵. آزمون نیکویی برازش

از جمله آزمون‌هایی که امروزه از آن‌ها جهت انتخاب توزیع استفاده می‌شود می‌توان به آزمون مربع کای، آزمون کلموگروف و اسمیرنوف، آزمون اندرسون دارلینگ و آزمون برآورد حداقل مربعات خطا اشاره کرد. (ل.مینگ، ۲۰۱۹)

۴-۵. معادلات حاکم بر روندیابی هیدرولوژیکی سیلاب

روندیابی هیدرولوژیکی جریان سیل بر اساس معادله پیوستگی جریان بنیان نهاده شده است: (ل.مینگ، ۲۰۱۹)

$$I - O = \frac{dS}{dt} \quad (۳)$$

که با استفاده از انتگرال‌گیری به صورت زیر در می‌آید: (ل.مینگ، ۲۰۱۹)

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_{t_1}^{t_2} I \cdot dt - \int_{t_1}^{t_2} O \cdot dt \quad (۴)$$

که در آن I آهنگ جریان ورودی، O آهنگ جریان خروجی، t زمان و S به عنوان ذخیره برای یک بخش معین می‌باشد. در کارهای هیدرولوژیکی معمولاً میانگین جریان‌های لحظه‌های $t_2 - t_1$ را به عنوان متوسط در فاصله بین $t_2 - t_1$ نمایش داده و آن را پریود روندیابی^۸ می‌نامند: (ل.مینگ، ۲۰۱۹)

$$\frac{I_1 + I_2}{2} \cdot t - \frac{O_1 + O_2}{2} \cdot t = S_2 - S_1 \quad (۵)$$

^۷ Gerobez & Bak

^۸ Routing Period

معادله ۵ اساس بسیاری از روش‌های روندیابی سیل است. در معادله بالا I_1 ، I_2 و O_1 ، S_2 معلوم بوده و مجهولات رابطه S_2 ، O_1 می‌باشد و از آنجا که مسئله دارای دو مجهول بوده، فقط معادله فوق برای حل آن در دسترس است، بنابراین یک رابطه دیگر بین جریان و انباشت مورد نیاز است که مشکل اصلی در کار، تعیین روند انباشتگی مربوط به همین رابطه دوم است. بنابراین طبق رابطه ۶ باید میزان هیدروگراف در فاصله زمانی t به صورت یک خط مفروض گردد و عامل کنترل کننده در گزینش t (پریود روندیابی) میزان حدقلی در نظر گرفته شود تا بتوان به این فرضیه استناد نمود. میزان t (پریود روندیابی) هیچگاه نباید بیشتر از زمان عبور موج سیلابی از طول مخزن مورد نظر باشد. در غیر اینصورت ممکن است همه بخش اوج سیلاب در یک فاصله t از محل ذخیره عبور کرده و از این حیث، میانگین گیری از جریان‌ها در ابتدا و انتهای زمان t و کاربرد میانگین جریان در فرمول‌ها منجر به نتایج غیر واقعی می‌گردد. (ل.مینگ، ۲۰۱۹)

$$\frac{I_1 + I_2}{2} = \bar{I} \quad (۶)$$

۵-۵. معادلات حاکم بر روندیابی هیدرولیکی جریان سیلاب:

مطالعات حاکم بر روندیابی هیدرولیکی امواج سیل شامل مجموعه معادلات پیوستگی ۹ و معادله ممنت (اندازه حرکت) ۱۰ می‌باشد که به معادله سنت‌ونانت معروف است. معادله پیوستگی یک حجم کنترل برای جریان غیردائمی با جرم مخصوص متغیر را می‌توان مطابق با رابطه ۷ نوشت: (ل.مینگ، ۲۰۱۹)

$$\frac{d}{dt} \iiint p dV + \iint p V dA = 0 \quad (۷)$$

مطابق فرم فوق، با در نظر گرفتن المان حجمی به طول dx با سه مقطع طولی، پلان و عرض آن و جریان ورودی با دبی Q بالادست، دارای جریان جانبی q در واحد عرض المان است که بر این اساس، دبی عرضی در طول المان برابر با $q dx$ خواهد بود. دبی جرمی خروجی از حجم کنترل برابر است با: (ل.مینگ، ۲۰۱۹)

$$\iint p V dA = p(Q + \frac{\partial Q}{\partial X} dx) \quad (۸)$$

که در آن $\frac{\partial Q}{\partial X}$ نرخ تغییرات دبی در طول آبراهه است.

۵-۶. معادله اندازه حرکت

معادله اندازه حرکت بر حسب رقوم ارتفاعی سطح آزاد آب h ، برابر است با: (ل.مینگ، ۲۰۱۹)

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(\beta \frac{Q^2}{A})}{\partial x} + gA(\frac{\partial h}{\partial x} + S_f + S_e) - \beta q v_x + W_f B = 0 \quad (۹)$$

معادلات سنت-ونانت مشتمل بر معادله پیوستگی و معادله اندازه حرکت همان معادلات حاکم بر جریان غیردائمی و غیریکنواخت یک بعدی در آبراهه‌ها می‌باشد. مقادیر ترم‌های معادله اندازه حرکت (رابطه ۸) نشانگر آفت انرژی ناشی از عبور جریان از آبراهه است که نشان از ارتباط نزدیک انرژی و اندازه حرکت در تشریح جریان می‌باشد. معادلات سنت-ونانت به دلیل اینکه محدوده وسیعی از انواع جریان در رودخانه‌ها، نظیر بررسی سیلاب‌ها و نیز تغییرات شدید امواج شکست سد را پوشش می‌دهد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در عین حال فرم غیرمانای معادله اندازه حرکت بر واحد عرض جریان نیز با صرف نظر کردن از آفت‌های گردابی، تاثیر تنش برشی باد و جریان جانبی (به دلیل کوچک بودن در مقابل ترم‌های دیگر در معادله اندازه حرکت)، به صورت رابطه زیر تعریف می‌گردد: (ل.مینگ، ۲۰۱۹)

⁹ Continuity Equation

$$\frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial x} + g \left(\frac{\partial y}{\partial x} - S_0 + S_f \right) = 0 \quad (10)$$

۵-۷. مدل هیدرودینامیک (HD)

مدول هیدرودینامیک MIKE11 با استفاده از روش عددی Abbott-Ionescu (روش تفاضلات محدود) و به صورت ضمنی، معادلات پیوستگی، اندازه حرکت را در حالت غیردائمی حل می‌کند و محاسبات جریان غیردائمی در آبراهه‌ها، دریاچه‌ها و مخازن را انجام می‌دهد. همچنین این مدل از روش گام به گام استاندارد برای حل معادلات پیوستگی - انرژی در جریان دائمی استفاده می‌کند.

۶. یافته‌ها

۶-۱. آزمون داده‌های پرت

آزمون داده‌های پرت بر روی سری دراز مدت دبی‌های حداکثر لحظه‌ای اعمال شد که نتیجه‌ی حاصل در جدول ۱ ارائه شده است. مشاهده می‌شود که در داده‌های سیلاب ایستگاه‌ها، داده پرت حد بالا و پایین وجود ندارد و نیازی به حذف داده‌های سیلاب نیست.

جدول ۱. نتایج حاصل از کنترل آزمون داده‌های پرت بر روی ایستگاه‌های مطالعاتی

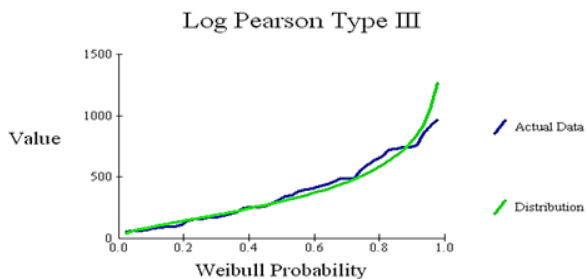
ردیف	ایستگاه	حداقل (MIN)	حداکثر (MAX)	میانگین (AVRAGE)	انحراف معیار (SD)	تعداد نمونه‌ها	ضریب داده‌های پرت (KN)	حد پایین YL	حد بالا YH	وضعیت
۱	چمریز	۵۱/۳۹	۹۶۶	۳۷۴/۹	۰/۳۶۳	۴۶	۲/۷۳۶	۲۸/۶۳	۲۷۷۴/۳۹	قابل قبول
۲	تنگ بلاغی	۶/۹	۵۷۰/۳۶	۹۲/۸۱	۰/۴۴۲	۳۵	۲/۶۱۸	۳/۶۵	۷۵۳/۶۲	قابل قبول
۳	دشتبال	۱/۶۰	۶۰۰	۹۲/۶	۰/۶۸۷	۴۶	۲/۷۳۶	۰/۴۳	۲۲۱۳/۱۳	قابل قبول
۴	پل خان	۳۳/۵۹	۱۹۶۷/۶۹	۲۱۸	۰/۴۰۴	۴۶	۲/۷۳۶	۱۰/۴۱	۲۱۸۲/۱۱	قابل قبول

۶-۲. آزمون نیکویی برازش

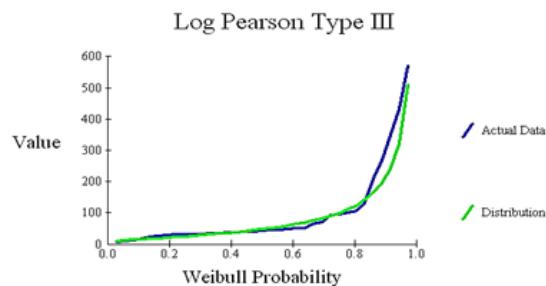
بهترین توزیع آماری در هر آزمون نیکویی برازش، که بهترین تطابق را با داده‌های مشاهداتی دارد، در جدول شماره ۲ نمایش داده شده است. همچنین مطابق نمودارهای شماره ۱ تا ۴ بهترین توزیع برازش شده بین دبی‌های مشاهداتی و محاسباتی در هر ایستگاه نشان داده شده است.

جدول ۲. خلاصه‌ی نتایج آزمون نیکویی برازش

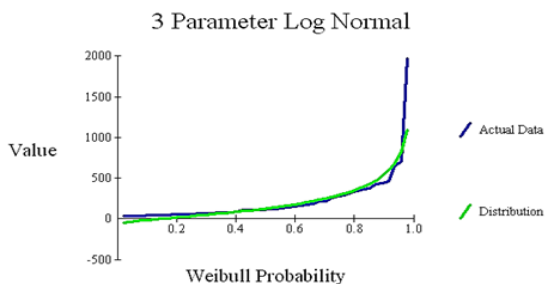
ردیف	ایستگاه	توزیع حاکم
۱	چمریز	لوگ پیرسون (۳)
۲	تنگ بلاغی	لوگ پیرسون (۳)
۳	دشتبال	لوگ نرمال (۳)
۴	پل خان	لوگ نرمال (۳)



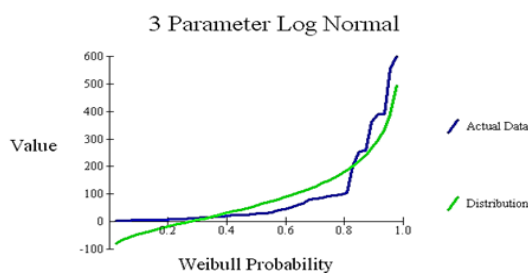
نمودار ۲ توزیع برازش داده شده بین دبی‌های مشاهداتی و محاسباتی در ایستگاه چمریز



نمودار ۱ توزیع برازش داده شده بین دبی‌های مشاهداتی و محاسباتی در ایستگاه تنگ



نمودار ۴ توزیع برازش داده شده بین دبی‌های مشاهداتی و محاسباتی در ایستگاه دشتبال



نمودار ۳ توزیع برازش داده شده بین دبی‌های مشاهداتی و محاسباتی در ایستگاه پل

۷. برآورد دبی با دوره بازگشت‌های مختلف

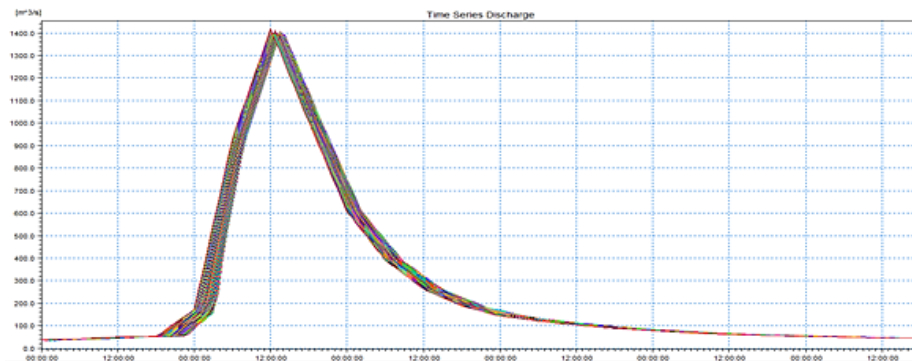
مهم‌ترین قسمت در بحث تحلیل فراوانی سیل، برآورد حداکثر سیلاب لحظه‌ای با دوره بازگشت‌های مختلف است. پس از انجام آزمون نیکویی برازش و انتخاب بهترین توزیع آماری برای هر ایستگاه هیدرومتری، حداکثر سیلاب لحظه‌ای محتمل با دوره بازگشت‌های مختلف، توسط نرم‌افزار SMADA محاسبه شده است. جدول ۳ مقادیر دبی‌های محاسبه شده با دوره‌ی بازگشت‌های ۲، ۳، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله را نشان می‌دهد.

جدول ۳. دبی با دوره‌های بازگشت مختلف در ایستگاه‌های مختلف

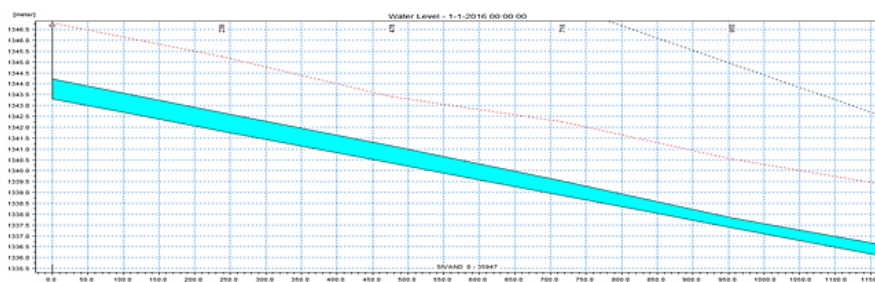
ردیف	ایستگاه	توزیع	سال ۲	سال ۳	سال ۵	سال ۱۰	سال ۲۵	سال ۵۰	سال ۱۰۰	سال ۲۰۰
۱	چمریز	لوگ پیرسون (۳)	۳۰۰/۳۰	۴۲۶/۵۱	۵۸۱/۶۹	۷۹۱/۹۰	۱۰۷۱/۰۹	۱۲۸۳/۴۴	۱۴۹۶/۳۳	۱۷۰۹/۲۴
۲	تنگ بلاغی	لوگ پیرسون (۳)	۴۷/۳۲	۷۵/۱۸	۱۲۱/۲۵	۲۱۱/۳۱	۴۰۱/۷۷	۶۲۶/۱۲	۹۵۱/۷۹	۱۴۱۹/۹۶
۳	دشتبال	لوگ نرمال (۳)	۵۷/۴۲	۱۱۳/۴۰	۱۸۰/۹۸	۲۷۳/۳۰	۴۰۰/۶۹	۵۰۲/۹۲	۶۱۱/۱۳	۷۲۵/۹۱
۴	پل خان	لوگ نرمال (۳)	۱۲۷/۲۸	۲۲۱/۱۴	۳۴۸/۱۱	۵۴۲/۸۵	۸۴۶/۹۷	۱۱۱۷/۴۲	۱۴۲۶/۸۱	۱۷۷۹/۰۲

۸. مدل عددی موج دینامیکی

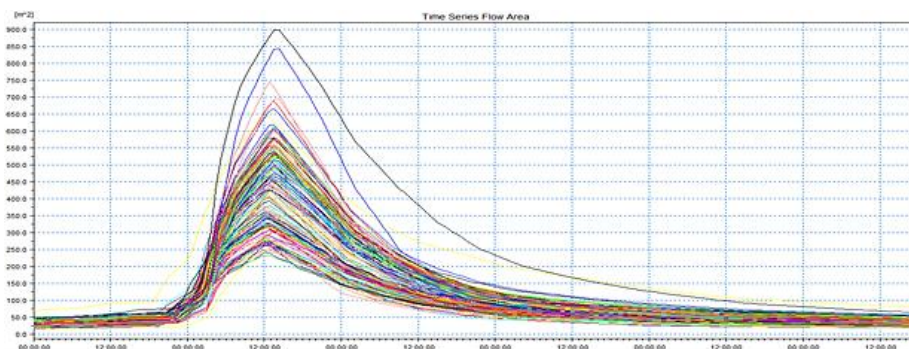
در این روش تمام ترم‌های معادله سنت-ونانت شامل گرادیان فشار، شتاب انتقالی و محلی، ترم نیروی ثقل و ترم نیروی اصطکاکی لحاظ می‌گردد. نتایج بدست آمده از نرم افزار MIKE11 از روش اختلاف محدود برای حل یک بعدی معادلات حاکم بر جریان آب استفاده می‌کند. مدل هیدرودینامیکی در واقع عنصر زیربنایی سیستم مذکور است و پایه‌ای برای سایر مدل‌های موجود در برنامه نظیر پخش و انتشار، کیفیت آب و حمل رسوبات می‌باشد.



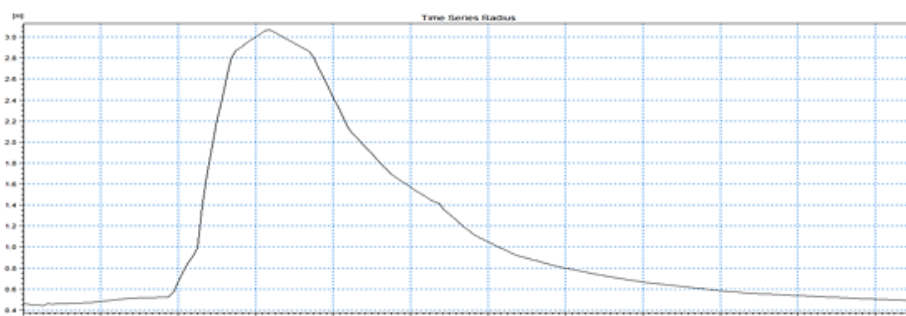
نمودار ۵. تغییرات هیدروگراف سیلاب در طی عبور از بازه مطالعاتی رودخانه سیوند



نمودار ۶. تراز سطح آب قبل از وقوع سیل در بازه مطالعاتی سیوند (کیلومتر + تا ۳۵/۹۴۷)



نمودار ۷. تغییرات مساحت جریان طی عبور سیل از بازه مطالعاتی رودخانه سیوند در تمامی مقاطع



نمودار ۸. تغییرات شعاع هیدرولیکی رودخانه سیوند (کیلومتر ۳۵/۹۴۷)

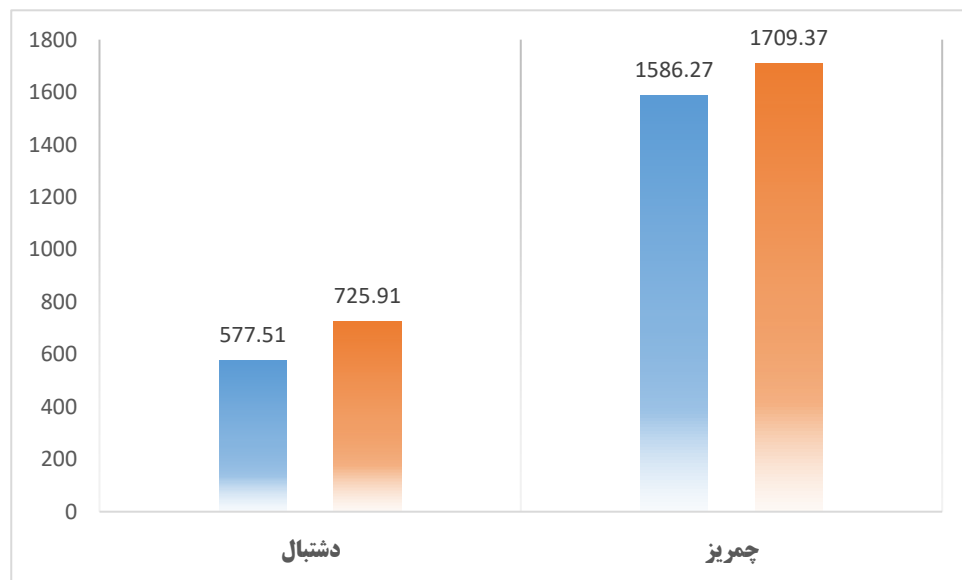
۹. مقایسه تاثیر طول دوره آماری در نتایج تحلیل فراوانی

تحلیل فراوانی در دو ایستگاه چمریز و دشتبال، با دو دوره آماری ۳۵ سال و ۴۶ سال، انجام شده است. به عبارت دیگر تاثیر تغییر دوره آماری داده‌ها از ۳۵ به ۴۶ سال بررسی شده است. همانطور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، هرچند در دو ایستگاه، توزیع آماری برتر که بیشترین تطابق را با داده‌های مشاهده‌ای دارد، تغییر نکرده است (توزیع حاکم در ایستگاه هیدرومتری چمریز طی دوره آماری ۳۵ و ۴۶ سال همان لوگ پیرسون سه پارامتری و توزیع حاکم در ایستگاه هیدرومتری

دشتبال نیز همان لوگ نرمال سه پارامتری باقی مانده است)، اما مقادیر دبی تخمین زده شده با دوره بازگشت ۲۰۰ سال، دستخوش بسیاری است، به گونه ای که مقدار دبی به طور محسوسی تغییر یافته. همچنین میزان افزایش طول دوره آماری از ۳۵ به ۴۶ سال در ایستگاه هیدرومتری چمریز، دبی حداکثر سیلاب با دوره بازگشت ۲۰۰ سال را به مقدار ۷/۷۶ درصد افزایش داده است (از مقدار ۱۵۸۶ مترمکعب بر ثانیه به ۱۷۰۹ مترمکعب بر ثانیه). در ادامه افزایش طول دوره آماری از ۳۵ به ۴۶ سال در ایستگاه هیدرومتری دشتبال، دبی حداکثر سیلاب با دوره بازگشت ۲۰۰ سال را به مقدار ۲۵/۶۹ درصد افزایش داده است (از مقدار ۵۷۷ مترمکعب بر ثانیه به ۷۲۵ مترمکعب بر ثانیه). این تغییرات در طراحی سازه‌های آبی و کنترل سیل نقش به سزایی دارند، به طوری که افزایش مقدار دبی، سبب ایجاد ضریب اطمینان بیشتر در طراحی و کاهش دبی، موجب صرفه‌جویی‌هایی اقتصادی می‌شود، اما در مقابل خطر ریسک سیلاب را بالا می‌برد. نتایج نشان داد هرچه طول دوره آماری بیشتر باشد مقدار دبی محاسبه شده با دوره بازگشت ۲۰۰ سال دارای حاشیه ایمنی بالاتری در طراحی خواهد بود.

جدول ۴. مقایسه‌ی مقادیر دبی محاسباتی با طول دوره‌ی آماری متفاوت

ردیف	ایستگاه	دوره	حداقل (Min)	حداکثر (Max)	میانگین (Average)	انحراف معیار (SD)	تعداد نمونه N	ضریب داده پرت KN	حد پایین YL	حد بالا YH	وضعیت
۱	چمریز	دوره ۴۶ سال	۵۱/۳۹	۹۶۶	۳۷۴/۹۲	۰/۳۶۳	۴۶	۲/۷۲۶	۲۸/۶۳	۲۷۷۴	قابل قبول
۲		دوره ۳۵ سال	۵۱/۳۹	۹۶۶	۳۸۵/۱۰۴	۰/۳۴۸	۳۵	۲/۶۱۸	۲۶/۲۱	۲۴۰۴	قابل قبول
۳	دشتبال	دوره ۴۶ سال	۱/۶	۶۰۰	۹۲/۶۴	۰/۶۷۸	۴۶	۲/۷۲۶	۰/۴۳	۲۲۱۳	قابل قبول
۴		دوره ۳۵ سال	۲/۵۹	۵۵۵/۴۳	۶۶/۳۳	۰/۵۵۸	۳۵	۲/۶۱۸	۰/۹۹	۸۳۳/۳۸	قابل قبول

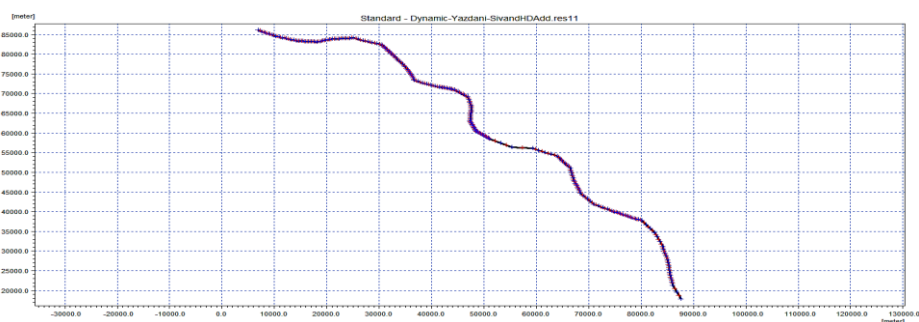


نمودار ۹. تاثیر دوره آماری بر دبی حداکثر سیل با دوره بازگشت ۲۰۰ سال

۱۰. پهنه بندی سیلاب

برای انجام محاسبات هیدرولیک و پروفیل سطح آب نیاز به اطلاعات و کلیه پارامترهای هندسی و هیدرولیکی رودخانه، نظیر شکل آبراهه، وضعیت آبراهه، بستر رودخانه، سیلاب، شاخه‌های فرعی، موانع، پوشش گیاهی، هندسه مقاطع، شیب و ارتفاع خط

آب در بازه‌های مختلف رودخانه می‌باشد. همچنین جهت مطالعات هیدرولیک، مشخصات هندسی رودخانه که در بخش روندیابی هیدرولیکی به نرم‌افزار تعریف شده از مهم‌ترین داده‌های ورودی می‌باشد. این اطلاعات در استخراج پهنه سیل‌گیر رودخانه، بررسی چگونگی تغییرات شیب و تاثیر آن در رفتار هیدرولیک جریان امری ضروری است. در محدوده مطالعاتی رودخانه سیوند، مصالح بستر و کناره‌ها ریزدانه بوده و مقطع رودخانه در این بازه دارای شکل نامنظم و تغییرات شدید می‌باشد. همچنین بستر رودخانه دارای پوشش گیاهی قابل توجهی است و پوشش گیاهی انبوهی در سیلابدشت موجود است. مقدار ضریب زبری مانینگ در سیلاب دشت‌ها و مقطع اصلی محدوده با توجه به جنس بستر اصلی رودخانه و دشت سیلاب‌گیر آن، استحصال گردید. به طور کلی در محاسبات پهنه‌بندی سیلاب، شرایط مرزی برای جریان دائم شامل تراز سطح آب به ازای دبی مشخص، عمق بحرانی، عمق نرمال و منحنی سنجه مقطع می‌باشد که این شرایط را می‌توان به بالادست یا پایین‌دست اعمال نمود. همچنین طبق جدول شماره ۵ خروجی نرم‌افزار MIKE11 در محاسبه سطح سیلاب (پهنه‌بندی سیل) مربوط ابتدا و انتهای بازه مطالعاتی ضمیمه شده است.



نمودار ۱۰ پلان رودخانه سیوند در بازه مطالعاتی (نرم‌افزار MIKE11)

جدول ۵. نمونه نتایج پهنه‌بندی سیل در تمامی مقاطع در بازه مطالعاتی (برحسب مترمربع)

SIVAND 25429.8	SIVAND 18038.1	SIVAND 10071.4	SIVAND 5686.5	SIVAND 0	Date Time
35848.3	22169.527	13510.14	6545	5817	1/1/2016 0:00
35844.3	22043.883	13518.73	6580	5824	1/1/2016 0:45
38598.7	22021.648	13530.19	6601	5839	1/1/2016 1:30
38499.2	22125.939	13535.18	6614	5854	1/1/2016 2:15
38448	22225.168	13540.16	6627	5869	1/1/2016 3:00
38794.6	22298.584	13545.12	6640	5884	1/1/2016 3:45
38976.9	22371.729	13550.06	6653	5898	1/1/2016 4:30
39135.6	22444.604	13554.99	6665	5913	1/1/2016 5:15
39293.7	22517.213	13559.91	6678	5928	1/1/2016 6:00
39451.4	22589.559	13564.82	6695	5975	1/1/2016 6:45
39608.5	22661.746	13577.6	6737	6023	1/1/2016 7:30
39765.1	22809.533	13593.98	6778	6070	1/1/2016 8:15
39943.8	23048.637	13609.9	6819	6116	1/1/2016 9:00
40356.3	23282.822	13625.52	6859	6162	1/1/2016 9:45
40874.2	23511.691	13641.22	6900	6208	1/1/2016 10:30
41378.9	23740.477	13656.6	6939	6254	1/1/2016 11:15
41875.4	23965.521	13671.85	6978	6298	1/1/2016 12:00
42373	24187.107	13686.91	7011	6308	1/1/2016 12:45
42873.6	24405.973	13692.81	7020	6318	1/1/2016 13:30
43359.2	24533.082	13695.96	7028	6327	1/1/2016 14:15
43812.9	24579.111	13699.1	7036	6336	1/1/2016 15:00
44161.6	24624.525	13702.24	7044	6346	1/1/2016 15:45
44231.1	24669.848	13705.37	7052	6355	1/1/2016 16:30
44300.1	24715.078	13708.5	7060	6365	1/1/2016 17:15
44369.3	24760.219	13711.62	7068	6374	1/1/2016 18:00
44438.1	24805.27	13715.62	7189	6919	1/1/2016 18:45
44506.7	24856.848	13873.61	7681	7411	1/1/2016 19:30
44575.5	26635.311	14056.42	8125	8092	1/1/2016 20:15
45102.9	29574.428	14225.34	8546	8293	1/1/2016 21:00
49660.2	32126.572	14379.33	8940	8488	1/1/2016 21:45
53102.5	34325.402	14521.57	9308	8674	1/1/2016 22:30

جدول ۶. نتایج عرض جریان سیل در ابتدا و انتهای بازه مطالعاتی (برحسب متر)

SIVAND 35947.1	SIVAND 35947.1	SIVAND 35947.1	SIVAND 35947.1	SIVAND 0	Date Time
68.321	72.696	46.277	46.011	48.721	1/1/2016 0:00
67.847	74.656	46.351	45.929	48.779	1/1/2016 0:45
67.389	76.391	46.421	45.803	48.904	1/1/2016 1:30
66.922	80.959	46.492	45.895	49.028	1/1/2016 2:15
66.454	83.364	46.567	45.766	49.152	1/1/2016 3:00
66.046	85.748	46.641	45.993	49.276	1/1/2016 3:45
65.754	88.117	46.711	45.979	49.399	1/1/2016 4:30
65.471	90.449	46.759	45.995	49.522	1/1/2016 5:15
65.185	92.771	46.778	46.035	49.645	1/1/2016 6:00
64.89	95.13	46.793	46.058	50.043	1/1/2016 6:45
64.614	95.304	46.808	46.08	50.441	1/1/2016 7:30
64.34	93.449	46.823	46.102	50.835	1/1/2016 8:15
	91.545	46.838	46.123	51.225	1/1/2016 9:00
	89.632	46.853	46.145	51.612	1/1/2016 9:45
	87.741	46.897	46.167	51.995	1/1/2016 10:30
	85.863	47.583	46.207	52.375	1/1/2016 11:15
	83.988	48.907		52.751	1/1/2016 12:00
	82.156	50.157		52.834	1/1/2016 12:45
	80.284	51.197		52.912	1/1/2016 13:30
	76.418	52.194		52.991	1/1/2016 14:15
	75.507	53.299		53.069	1/1/2016 15:00
		58.707		53.148	1/1/2016 15:45
		66.283		53.226	1/1/2016 16:30
		68.533		53.304	1/1/2016 17:15
		70.747		53.382	1/1/2016 18:00
				57.951	1/1/2016 18:45
				62.069	1/1/2016 19:30

جداول شماره ۵ و ۶ پهنه‌بندی سیلاب در مقاطع و زمان‌های مختلف را نشان می‌دهد. در مطالعات پهنه‌بندی سیلاب مشخص گردید که حداکثر سطح ناشی از سیل در ابتدای بازه مطالعاتی در ساعت ۱۲:۰۰ روز دوم از شروع سیل به مقدار ۱۳۱۴۱/۳۷۵ مترمربع و به عرض سیلاب ۱۱۰/۰۶۲ متر رخ خواهد داد و نیز حداکثر سطح سیلاب‌گیر ناشی از این رخداد مشخص سیلاب در انتهای بازه مطالعاتی رودخانه سیوند (کیلومتر ۳۵/۹۴۷) به مقدار ۶۴۵۹/۲۱۶ مترمربع و به عرض سیلاب‌گیر ۹۵/۳۰۴ متر روی می‌دهد.

۱۱. نتیجه گیری

از نکات قابل اهمیت در تحلیل فراوانی سیل، بررسی شرایط داده‌هاست. در صورتی که داده‌های مشاهداتی شرایط لازم را جهت تحلیل فراوانی سیل داشته باشند، نتایج حاصل از این روش از دقت بیشتری برخوردار خواهد بود. آزمون داده‌های پرت، از جمله کنترل‌هایی می‌باشد که می‌بایست بر روی داده‌های مشاهداتی انجام گیرند. پس از انجام آزمون نیکویی برازش و انتخاب بهترین توزیع آماری برای هر ایستگاه هیدرومتری، حداکثر سیلاب لحظه‌ای محتمل با دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه شد و طبق نتایج بدست آمده مشخص شد که از بین توزیع‌های آماری استفاده شده در حوضه‌ی مورد مطالعه، توزیع لوگ پیرسون (تیپ ۳) و لوگ نرمال ۳ پارامتری برازش بهتری نسبت به دیگر توزیع‌های دیگر داشته است.

طول دوره‌ی آماری در بحث تحلیل فراوانی سیل از اهمیت بالایی برخوردار است، به گونه‌ای که هر چه میزان آمار حداکثر دبی لحظه‌ای بیشتر و کامل‌تر باشد، نتایج حاصل از تحلیل فراوانی از دقت بیشتری برخوردار است و دبی‌های تخمین زده شده با دوره بازگشت‌های بالاتر، از دقت بیشتری برخوردار است و تفاوت قابل ملاحظه‌ای با مقادیر دبی برآورد شده با دوره‌های آماری کمتر خواهد داشت. با توجه به نتایج بدست آمده از تحلیل فراوانی در ایستگاه‌های مورد نظر نیز در دو ایستگاه که توزیع آماری برتر که بیشترین تطابق را با داده‌های مشاهداتی دارد، لوگ پیرسون نوع ۳ بوده و در ۲ ایستگاه دیگر، توزیع حاکم لوگ نرمال ۳ پارامتری بوده است. این تغییرات در طراحی سازه‌های آبی و کنترل سیل نقش بسزایی دارند، به گونه‌ای که در صورت تغییر توزیع حاکم، نتایج پیش‌بینی سیلاب متفاوت خواهد شد. روش عددی موج دینامیکی کامل قابلیت محاسبه و پیش‌بینی تمامی خصوصیات

جریان سیلاب نظیر تغییرات سرعت، دبی، تنش برشی بستر، عمق جریان، حجم سیلاب، مساحت تحت پوشش سیل، عرض جریان سیلاب و غیره در تمامی مقاطع بین بازه مطالعاتی را دارا می باشد.

۱۲. پیشنهادات

به منظور بررسی بیشتر در این زمینه پیشنهاد می شود در مطالعات آینده، مدل سازی حرکت جریان به صورت سه بعدی توسط مدل نرم افزاری MIKE3 انجام شده و حرکت همزمان آب و رسوب در بازه مطالعاتی و در نتیجه تغییرات مورفولوژی رودخانه ناشی از فرسایش و رسوب مورد بررسی قرار گیرد و پیشنهاد می شود در مطالعات آینده دوره بازگشت های مختلف توسط نرم افزار Easyfit نیز محاسبه و با نتایج این تحقیق مقایسه گردد.

مراجع

1. Bebran.P, Nazli.H (1387) "Water Crisis In The World And Iran, Strategic Research Center Of The Expediency Council" (In Persian)
2. Bakhtyarikia, M., Pirasteh, S., Pradhan, B., Mahmud, A. R. Sulaiman, W. N. A. And Moradi, A. 2012. (In Persian)
3. Artificial Neural Network Model For Flood Simulation Using GIS: Johor River Basin, Malaysia. Environmental Earth Sciences, 67 (1): 251-264. Doi:10.1007/S12665-011-1504-Z. Foody, G. M., Ghoneim, E. M. And Arnell, N. W. 2004. Predicting Locations Sensitive To Flash Flooding In An
4. Arid Environment. Journal Of Hydrology, 292(1-4): 48-58. Doi: 10.1016/J.Jhydrol.2003.12.045. Ghavidelfar, S., Alvankar, S. R. And Razmkhah, A. 2011. Comparison Of The Lumped And Quasi-Distributed
5. Clark Runoff Models In Simulating Flood Hydrographs On A Semi-Arid Watershed. Water Resources Management, 25(6): 1775-1790. Doi 10.1007/S11269-011-9774-5. Jiang, Y., Liu, Ch., Li, X., Liu, L. And Wang, H. 2015. Rainfall-Runoff Modeling, Parameter Estimation And
6. Sensitivity Analysis In A Semiarid Catchment. Environmental Modelling And Software, 67: 72-88. Jongman, B., Hochrainer-Stigler, S., Feyen, L., Aerts, J. C., Mechler, R., Botzen, W.W., Bouwer, L. M., Pflug, G., Rojas, R. And Ward, P.J. 2014. Increasing Stress On Disaster-Risk Finance Due To Large Floods. Nat. Clim.
8. Change, 4 (4): 264-268. Kull, D.W. And Feldman, A. D. 1998. Evaluation Of Clark's Unit Graph Method To Spatially Distributed Runoff.
9. Journal Of Hydrologic Engineering, ASCE, 3(1): 9-19. Li, T. And Gao, Y. 2016. Runoff And Sediment Yield Variations In Response To Precipitation Changes, Water, 7,
10. 5638-5656. Los Linde, A. H., Aerts, J. C. J. H., Hurkmans, R. T. W. L. And Eberle, M. 2008. Comparing Model Performance Of
11. Two Rainfall-Runoff Models In The Rhine Basin Using Different Atmospheric Forcing Data Sets, Hydrology And Earth System Sciences, 12: 943-957. Paudel, M., Nelson, E. J. And Scharffenberg, W. 2009. Comparison Of Lumped And Quasi-Distributed Clark
12. Runoff Models Using The SCS Curve Number Equation, Journal Of Hydrology Engineering, ASCE, 34(3): 1098-1106. Doi: 10.1061/ASCE HE.1943-5584.0000100. Pilgrim, D. H. And Cordery, I. 1975. Rainfall Temporal Patterns For Design Floods. Journal Of The Hydraulics
14. Division, 101(1): 81-95. Saghafian, B., Julien, P. Y. And Rajaie, H. 2002. Runoff Hydrograph Simulation Based On Time Variable
15. Isochrones Technique, Journal Of Hydrology, 261: 193-203. Saghafian, B. And Khosroshahi, M. 2005. Unit Response Approach For Priority Determination Of Flood Source
16. Areas. Journal Of Hydrology Engineering, ASCE, 10(4): 270-277, Doi: 10.1061/(ASCE)1084-0699. Saghafian, B., Ghermezcheshmeh, B. And Kheirkhah, M. M. 2010. Iso-Flood Severity Mapping: A New Tools For
17. <https://Fa.Wikipedia.Org/>
18. <https://Google.Earth.Com/>