13th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و انجمن علمی سیستم‌های سطوح آبگیر باران ایران برگزار می‌کند:

سیزدهمین همایش ملی

سامانه‌های سطوح آبگیر باران

۳۰ آبان و ۱ آذرماه ۱۴۰۳

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

ISC ۴۳۲۸۴-۰۳۲۴۰

www.rcsg1403.ir

گواهی پذیرش مقاله

پژوهشگر گرامی:

فائزه عطایی ، محمد تقی دستورانی

این گواهی به پاس مشارکت ارزشمند شما در ارائه مقاله با عنوان :

تحلیل بارش های منجر به سیلاب خسارت بار مشهد در اردیبهشت 1403

به صورت سخنرانی در سیزدهمین همایش ملی سامانه‌های سطوح آبگیر باران که در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان طی روزهای ۳۰ آبان و ۱ آذر ماه ۱۴۰۳ برگزار شد، تقدیم می‌گردد.

دکتر علیرضا اسلامی

رئیس انجمن علمی سیستم‌های سطوح آبگیر باران ایران

دکتر واحدبردی شیخ

دبیر علمی همایش

کد احراز اصالت : rcsg13-00120097

سامانه احراز اصالت : www.vcert.ir

تحلیل بارش های منجر به سیلاب خسارت بار مشهد در اردیبهشت ۱۴۰۳

فائزه عطایی[۱] و محمد تقی دستورانی[۲*]

۱. دانشجوی کارشناسی مهندسی‌طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران،
Faezeh.Ataee@mail.um.ac.ir

*۲. نویسنده مسئول، استاد، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران،
dastorani@um.ac.ir

چکیده

در سال های اخیر در اثر گسترش فعالیت‌های مخرب انسانی در اطراف شهرها وقوع و خسارات سیلاب‌های شهری به ویژه در کلان‌شهرها شدت گرفته است. شاید یکی از جدیدترین موارد در این خصوص سیلاب ۲۶ اردیبهشت ۱۴۰۳ مشهد بود که متاسفانه منجر به تلفات جانی و خسارات مالی به شهروندان این کلان‌شهر شد. با توجه به اینکه در رابطه با این سیلاب اظهار نظرهای مختلفی از طرف افراد و سازمان‌ها صورت گرفت و بعضا بارش منجر به این واقعه را بسیار استثنایی و حتی با دوره بازگشت ۲۰۰ ساله اعلام کردند. در این تحقیق به بررسی و تحلیل بارش منجر به این واقعه سیلاب پرداخته شده است. با توجه به عدم وجود داده های بارش ساعتی و حتی چند ساعته، این تحقیق ناگزیر به استفاده از داده های اندازه گیری روزانه بارش در ایستگاه سینوپتیک مشهد شد. پس از اخذ بارش روزانه با طول دوره ۷۴ ساله، با روش تجربی ویبول و همچنین نرم افزار EasyFit تحلیل فراوانی انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد که بارش ۳۸ میلی‌متری که در روز ۲۶ اردیبهشت ۱۴۰۳ اتفاق افتاده در تحلیل روزانه دارای دوره بازگشت کمتر از ۱۰ سال است و شدت زیاد بخشی از این بارش و به ویژه عوامل انسان‌ساز منجر به سیلاب و تشدید خسارات آن شده است. در این تحقیق همچنین مقادیر بارش روزانه با دوره های بازگشت ۲ تا ۱۰۰۰ ساله نیز برآورد گردید.

واژه های کلیدی: سیلاب، بارش روزانه، مشهد، تحلیل فراوانی، نرم افزار EasyFit

۱. مقدمه

سیل به عنوان یکی از پدیده‌های طبیعی طی فرآیندهای پیچیده‌ای ایجاد می‌شود. این فرآیندها بستگی به دو دسته عامل طبیعی و انسانی دارد و این مخاطره با خساراتی نیز به همراه است. این خسارات به دو دسته مالی و انسانی و اجتماعی تقسیم می شود. سیل بیشتر از هر مورد دیگری روی شرایط اجتماعی و اقتصادی جامعه تاثیر می‌گذارد. سیل می‌تواند به دلایل مختلفی ایجاد و تشدید

شود. بر مبنای برنامه استراتژیک بین‌المللی کاهش بلایای سازمان ملل متحد (International Strategy for Disaster Reduction) این عوامل می‌توانند به دو دسته کلی تقسیم شوند:

- عوامل طبیعی:

۱. بارش های منطقه ای با شدت و تداوم زیاد
۲. خصوصیات جغرافیایی منطقه: در مناطق با شیب تند سرعت جریان آب افزایش یافته و باعث تجمع آب در نقاط خاصی می‌گردد.
۳. رودخانه‌های دائمی: وجود آب پایه زیاد در رودخانه‌های بزرگ در زمان بارش های سنگین، خطر سیل را افزایش می‌دهد.
۴. تغییرات اقلیمی: تغییرات اقلیمی منجر به الگوهای غیرقابل پیش‌بینی بارش و دما می‌شود که می‌تواند شدت سیل‌ها را افزایش دهد [1], [2].

- عوامل ناشی از فعالیت انسانی:

در دهه های اخیر انسان در ساختارهای طبیعی و چرخه‌های اکولوژیک بسیار دست‌اندازی نموده است که تعدادی از این عوامل موثر در سیل به شرح زیر است:

۱. تخریب جنگل‌ها: فعالیت‌هایی همچون جنگل‌زدایی برای ساخت‌وساز یا کشاورزی، منجربه کاهش پوشش‌های گیاهی می‌گردد، ظرفیت جذب آب خاک را کاهش می‌دهد و رواناب را به مراتب افزایش داد و منجر به سیلاب می‌شود [1].
۲. ساخت‌وسازهای غیرمجاز: ساخت‌وساز در حاشیه رودخانه‌ها یا در دشت‌های سیلابی علاوه بر افزایش خطر سیل، زیرساخت های مدیریت صحیح را نیز دچار اختلال می‌کند.
۳. زیرساخت‌های ناکافی: عدم وجود سازه‌های کنترل آب و سیستم های زهکشی ناکارآمد می‌تواند باعث ایجاد سیل گردد [3], [4].
٤. افزایش جمعیت: رشد بسیار سریع جمعیت و فشار بر منابع طبیعی آن منطقه، به ویژه در مناطق شهری، منجر به افزایش ساخت وساز در حومه شهر و تخریب این منابع می‌گردد [1], [5].

بدیهی است شهر نیز بخشی از حوزه آبخیز است و لزوم توجه به مدیریت حوزه آبخیز در قالب آبخیزداری شهری مورد نیاز است تا با دیدن کل حوزه در قالب یک اکوسیستم پیوسته سعی گردد با راهکارهای جامع تعادل آن حفظ و وقوع مخاطرات محیطی از جمله سیل به حداقل برسد. این راهکارها اساسا در قالب مجموعه ای از اقدامات با سهم مشخص شامل روش‌های مدیریتی، غیرسازه‌ای و سازه‌ای در محدوده سیل‌خیز و محدوده سیل‌گیر در ارتباط باهم هستند. البته در حوزه های آبخیز شهری مدیریت زیرساخت های شهرها از جمله کلان شهرها باید به گونه‌ای باشد که در صورت وقوع بارش سنگین و ایجاد رواناب زیاد نیز خسارتی ایجاد نگردد. در مناطق شهری به علت تمرکز جمعیت و املاک و مستقلات میزان خسارات سیلاب بسیار افزایش می‌یابد. علاوه بر آن خدمات عمومی مختل می‌شود و باعث هدررفت اوقات مردم و اخلال در زندگی آن‌ها می‌شود. تجمع آب و رسوب های آلوده پس از سیل می‌تواند باعث شیوع بیماری‌های واگیردار شود که سلامت عمومی جامعه و دیگر مردم منطقه را تهدید می‌کند [7] [8] [9] [10] [11]. همچنین تجربه سیل و تأثیرات روانی عمیق آن و تروماهای بعد از آن بسیار بر روی آسیب دیدگان تاثیر دارد. حتی رخداد سیل در منطقه ای، ارزش املاک آن منطقه را کاهش دهد و خریداران از خرید در مناطق خطرناک خودداری می‌کنند [6].

به همین دلیل مطالعه در این باره خصوصا در ارتباط با حوضه هایی که شهرها نیز بخشی از آن هستند، از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است و همچنین یکی از اهداف مهم در طرح های مدیریت منابع آب و آبخیزداری است. در راستای مدیریت سیلاب و کاهش خسارات آن لازم است استراتژی هایی مد نظر باشد که عمده ترین آن‌ها شامل موارد زیر می باشد:

۱. تحلیل ریسک: شناسایی مناطق پرخطر و ارزیابی آسیب‌پذیری آن.
۲. توسعه زیرساخت‌های مقاوم: سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌هایی که توانایی مقاومت در برابر سیلاب ها را دارند.
۳. آموزش و آگاهی‌رسانی: ارتقاء سطح آگاهی عمومی اعم از هر قشری از جامعه درباره خطرات سیلاب و نحوه مقابله با آن.
۴. همکاری بین‌بخشی: ایجاد هماهنگی میان نهادهای مختلف دولتی و خصوصی برای اجرای مؤثر برنامه‌های مدیریت بحران و مخاطرات محیطی.
۵. برنامه‌ریزی شهری هوشمند: طراحی فضاهای شهری در راستای استحصال و مدیریت آب باران.
۶. استفاده از فناوری‌های نوین: بهره‌گیری از فناوری‌های اطلاعات جغرافیایی و سیستم‌های پیش‌بینی سیلاب برای صورت‌گیری تصمیم‌های بهتر.

مدیریت مؤثر حوزه آبخیز نه تنها به کاهش خسارات ناشی از سیلاب‌ها کمک می‌کند، بلکه به توسعه پایدار شهری نیز یاری می‌رساند. با توجه به افزایش جمعیت و گسترش شهرها، این موضوع اهمیت بیشتری نیز پیدا کرده است [13] ,[12]. شهر مشهد بعد از شهر تهران دومین شهر بزرگ کشور ایران می‌باشد که توسعه زیرساخت های آن، غالبا بدون توجه به معیارهای جامع شهرسازی بوده است. به طور کلی بیش از ۶۰ درصد از زیرساخت‌ها در وضعیت آسیب‌پذیر هستند و فقط حدود ۵ درصد از تمام زیرساخت‌های شهری مشهد وضعیتی ایمن دارند [14]. بر همین اساس هم در بررسی تاریخی سیلاب‌های مشهد مشخص می‌گردد که مخاطره سیل در این شهر پدیده ای مرسوم بوده و موجب خسارات زیادی گردیده است. از جمله رخداد های سیلاب در شهر مشهد می‌توان به سیل ۸ خرداد ۱۳۲۹ اشاره کرد که یکی از ویرانگرترین سیلاب‌ها در تاریخ مشهد شناخته می‌شود (به نقل از اسناد قدیمی روزنامه خراسان و شهرآرا نیوز). از موارد دیگر، سیلاب ۱۶ خرداد ۱۳۷۱ می‌باشد که در سطح شهر و مناطق مسکونی اطراف رخ داده است که در آن ۲۵ نفر جان خود را از دست داده و ۱۰۰ واحد مسکونی تخریب شده است [15]. مورد دیگر سیلاب ۱ اردیبهشت ۱۳۷۴ می‌باشد که به نقل از پایگاه بین‌المللی داده مخاطرات طبیعی (EM - DAT)، تعداد ۱۰ فوتی داشته است. اخیرترین مورد هم واقعه سیلاب ۲۶ اردیبهشت ۱۴۰۳ می‌باشد که باعث تخریب مناطق مسکونی و خسارت جانی و مالی قابل توجه شد. همچنین، سه روز بعد در تاریخ ۲۹ اردیبهشت ۱۴۰۳، نیز بارش مجدد و سیلاب آن اختلالات دیگری را ایجاد نمود. مقدار بارندگی نازل شده در این دو واقعه در نقاط مختلف شهر مشهد در جدول (۱) آمده است.

با توجه به اینکه در رابطه با سیلاب ۲۶ اردیبهشت مشهد اظهار نظرهای مختلفی از طرف افراد و سازمان‌ها صورت گرفت و بعضا بارش منجر به این واقعه را بسیار استثنایی و حتی با دوره بازگشت ۲۰۰ ساله اعلام کردند، در این تحقیق به بررسی و تحلیل بارش منجر به این واقعه سیلاب پرداخته شده است. در این مطالعه به روش تجربی ویبول و همچنین با استفاده از نرم افزار EasyFit به تحلیل فراوانی و همچنین برآورد دوره بازگشت بارش‌های اتفاق افتاده پرداخته شده و پیشنهاد هایی نیز برای مدیریت چنین مخاطراتی پرداخته می‌شود.

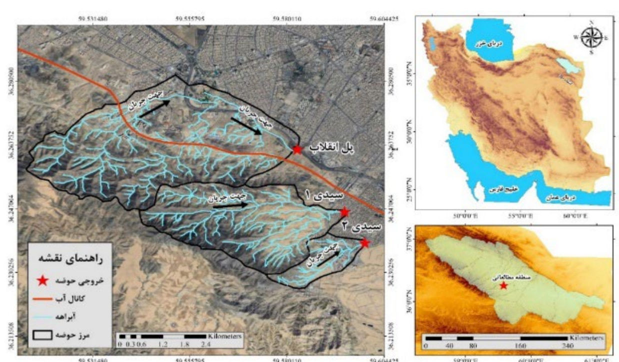
جدول (۱) میزان بارندگی سایر نقاط شهر مشهد به میلی‌متر

ایستگاه / زمان	۲۶ اردیبهشت ۱۴۰۳	۲۹ اردیبهشت ۱۴۰۳
آب و برق	15	24.4
پنجتن	13.5	24
شهرک امام	14.5	23
شهرک امام علی	9	22
فرامرز عباسی	7.5	22.5
فرودگاه مشهد	38.3	11.6
قاسم آباد	7	24
هدایت	11.5	25.5

۲. مواد و روش

۱.۲. منطقه مورد مطالعه

کلان شهر مشهد که مرکز استان خراسان رضوی می‌باشد، بر اساس آمارنامه شهرداری سال ۱۴۰۱، دارای مساحت ۳۴۳.۴۵ کیلومتر مربع و موقعیت جغرافیایی با طول شرقی ۵۹ درجه و ۲۷دقیقه تا ۵۹ درجه و ۴۳دقیقه، و عرض شمالی ۳۶ درجه و ۱۱دقیقه تا ۳۶ درجه و ۲۹دقیقه است. اقلیم آن با طبقه بندی اقلیمی دومارتن (De Martonne) گسترش یافته خشک بیابانی سرد می‌باشد (سایت اداره کل هواشناسی خراسان رضوی). این شهر در دشت مشهد در حوزه آبخیز کشف رود واقع شده است. این حوضه از شرق قوچان شروع و تا کوه های هزار مسجد و بینالود امتداد دارد. موقعیت حوضه کشف رود در شکل (۱) نشان داده شده است. بخشی از این حوضه، ارتفاعات جنوبی مشرف به شهر مشهد می‌باشد که امتداد ارتفاعات بینالود است. در این ارتفاعات رو به شمال بینالود،



شکل (۱) موقعیت محدوده مورد مطالعه در نقشه کشور و حوزه آبخیز کشف رود

حدود ۱۹ حوزه آبخیز مشرف به مشهد وجود دارد که رواناب آن‌ها به سمت شهر سرازیر میشود. این حوضه‌ها در کنار هم مجموعا به وسعت حدود ۴۵۰۰ هکتار هستند که شیب‌دار بوده و مستعد تولید رواناب در هنگام وقوع بارش می‌باشند. محدوده مرتبط با سیلاب ۲۶ اردیبهشت ۱۴۰۳ بخشی از منطقه ارتفاعات است که شامل سه حوزه آبخیز با وسعت حدود ۲۳.۵کیلومتر مربع می باشد (شکل۱). خصوصیات فیزیکی مهم این سه حوضه نیز در جدول (۲) ارائه شده است.

لازم به ذکر است که طی سال های گذشته تغییرات قابل ملاحظه ای در این حوضه‌ها صورت گرفته که همه آن‌ها در فرآیند تشدید سیل تاثیر بوده اند. از جمله این تغییرات فعالیت های توسعه ای بی‌ضابطه، برداشت مصالح سنگ و ماسه و برهم زدن تعادل دامنه‌ها، تخلیه حجم وسیعی ازنخاله های بنایی، مسدودکردن آبراهه ها و کانال اصلی و تخریب تقریبا کامل پوشش گیاهی حوضه ها است. همچنین افزایش سریع جمعیت باعث ساخت و سازهای غیراصولی به ویژه در مسیر جریان رواناب‌ها و بستر و حریمی برای آبراهه‌ها و مسیل‌ها در نظر گرفته نشده است.

جدول (۲) خصوصیات فیزیکی حوضه های مورد مطالعه

شیب آبراهه اصلی (٪)	طول آبراهه اصلی (Km)	اختلاف ارتفاع (m)	ارتفاع متوسط وزنی	ارتفاع حداقل (m)	ارتفاع حداکثر(m)	مساحت (Km^2)	نام حوضه
2.59	16.94	439	1132.59	982	1421	14.2	حوضه منتهی به پل انقلاب
13.87	3.29	456	1168.34	1011	1467	7.7	حوضه منتهی به منطقه سیدی ۱
12.75	2.67	340	1075.28	1014	1354	1.6	حوضه منتهی به منطقه سیدی ۲

۲.۲. جمع آوری اطلاعات و داده های مورد نیاز

در این تحقیق از داده های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک مشهد با موقعیت جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۸دقیقه شرقی و ۳۶ درجه و ۱۴دقیقه شمالی با ارتفاع ۹۹۹ متری از سطح دریا استفاده شده است. تحلیل رگبار اردیبهشت ماه ۱۴۰۳ مشهد، با جمع‌آوری آمار بارندگی (روزانه، ماهانه و سالانه) ایستگاه مذکور و بازخوانی آمار بارندگی روزانه دوره آماری ۷۴ ساله از سال ۱۹۵۱ تا ۲۰۲۴ میلادی انجام گرفت. این آمار و اطلاعات از اداره کل هواشناسی خراسان رضوی دریافت شده و با روش‌های مناسب آماری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. آنچه که در اداره کل هواشناسی ثبت شده و قابل تحویل بود، داده های بارش روزانه بود و متاسفانه داده های بارش ساعتی و یا مقادیر بارندگی با تداوم کمتر از روز موجود نبود. لذا به ناچار در این مطالعه برای تحلیل بارش های منجر به سیل، تحلیل فراوانی وقایع، آزمون نکوئی برازش داده‌ها با توزیع های آماری و محاسبه دوره بازگشت از بارش‌های ۲۴ ساعته ۷۴ سال آماری ایستگاه مذکور استفاده شد. آنالیز فراوانی صورت گرفته به دو صورت تجربی و تئوری انجام گرفت تا اولا دوره بازگشت داده های بارش حداکثر روزانه تعیین گردد و ثانیا با استفاده از این داده های ثبت شده مقادیر بارش روزانه با دوره بازگشت های بالاتر برآورد شود.

- آنالیز فراوانی تجربی: در این بخش با استفاده از رابطه ویبول (Weibull) که به صورت رابطه (۱) می‌باشد احتمال تجربی داده‌ها بدست آمده است و سپس با توجه به احتمال وقوع بدست آمده دوره بازگشت آن‌ها تعیین شد.

$$P=\frac{m}{n+1} \quad (۱)$$

که در آن: P: احتمال تراکمی تجربی، m: شماره ردیف داده مورد نظر (وقتی داده به صورت نزولی مرتب شده است)، n: تعداد داده‌ها می‌باشد.

- آنالیز فراوانی تئوری: در این مرحله که هدف برآورد مقادیر بارش روزانه مشهد با دوره بازگشت‌های فراتر از طول دوره اندازه‌گیری بوده از نرم افزار EasyFit 5.6 که دارای ۶۵ توزیع آماری است استفاده شده است. این توزیع‌ها شامل توابع توزیع رایج در هیدرولوژی مانند نرمال، لوگ نرمال، لوگ نرمال سه پارامتری، پیرسون تیپ ۳، لوگ پیرسون نوع سوم، گامای ۳ پارامتری، گاما و گمبل و همچنین بسیاری دیگر از توزیع های آماری مرتبط با موضوع می‌باشد. همچنین انتخاب بهترین توزیع بر مبنای آزمون های نکویی برازش کلموگروف - اسمیرنوف (Kolmogorov Smirnov)، اندرسون دارلینگ (Anderson Darling) و کای اسکوئر (Chi-Squared) انجام گرفته است. با انجام آنالیز فراوانی تئوری، مقادیر بارش در دوره‌های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ ساله برآورد شده است.

۳. نتایج و بحث

نتایج آنالیز فراوانی تجربی ویبول در جدول (۳) آمده است. نتایج نشان می‌دهد که بارش روزانه ۳۸ میلی‌متری در سری مقادیر بارش روزانه حدی دوره بازگشت ۶.۲۵ ساله دارد. همچنین نتایج آنالیز فراوانی تئوری و برازش با آزمون‌های نکویی با ۵ توزیع برتر نرم افزار در جدول (۴) آمده است. همان طور که مشخص است در بین توزیع های متداول در هیدرولوژی، توزیع‌های Johnson SB، Gen. Extreme Value و Gen. Gamma ۳ توزیع برتر برای داده های این تحقیق هستند. همچنین برآورد مقادیر حداکثر بارش روزانه با دوره های بازگشت مختلف بر اساس توزیع برتر در جدول (۵) آمده است.

جدول (۳) آنالیز فراوانی تجربی داده های اندازه گیری شده حداکثر بارش روزانه به روش ویبول

ردیف	سال	میزان بارش (mm)	احتمال وقوع (P)	دوره بازگشت (سال)	ردیف	سال	میزان بارش (mm)	احتمال وقوع (P)	دوره بازگشت (سال)
1	1998	52	0.013	75.0	38	2016	26.2	0.507	2.0
2	2017	47.2	0.027	37.5	39	2005	26.1	0.520	1.9
3	1971	47	0.040	25.0	40	1957	26	0.533	1.9
4	1963	43	0.053	18.8	41	1974	26	0.547	1.8
5	1953	42	0.067	15.0	42	1984	26	0.560	1.8
6	1983	42	0.080	12.5	43	1995	26	0.573	1.7
7	1988	40.2	0.093	10.7	44	2000	26	0.587	1.7
8	1968	40	0.107	9.4	45	2018	26	0.600	1.7

9	1989	38.4	0.120	8.3	46	2022	26	0.613	1.6
10	1956	38	0.133	7.5	47	1959	25	0.627	1.6
11	1961	38	0.147	6.8	48	1962	25	0.640	1.6
12	2024	38	0.160	6.3	49	1999	24.4	0.653	1.5
13	1964	37	0.173	5.8	50	1958	24	0.667	1.5
14	1986	37	0.187	5.4	51	1967	24	0.680	1.5
15	2013	37	0.200	5.0	52	1997	24	0.693	1.4
16	1982	36.3	0.213	4.7	53	1965	23	0.707	1.4
17	1993	36	0.227	4.4	54	1987	23	0.720	1.4
18	2003	36	0.240	4.2	55	1960	22	0.733	1.4
19	1978	35.4	0.253	3.9	56	2004	22	0.747	1.3
20	2012	34.11	0.267	3.8	57	2002	21	0.760	1.3
21	1952	34	0.280	3.6	58	2009	20.5	0.773	1.3
22	1954	34	0.293	3.4	59	2010	20.01	0.787	1.3
23	1979	33.4	0.307	3.3	60	2001	19.1	0.800	1.3
24	1969	33	0.320	3.1	61	2015	18.1	0.813	1.2
25	1973	33	0.333	3.0	62	1970	18	0.827	1.2
26	2014	32	0.347	2.9	63	1980	18	0.840	1.2
27	2020	31.9	0.360	2.8	64	1996	17.4	0.853	1.2
28	2006	30.4	0.373	2.7	65	1972	17	0.867	1.2
29	1976	30	0.387	2.6	66	1975	17	0.880	1.1
30	2019	30	0.400	2.5	67	2021	16.3	0.893	1.1
31	1991	29.4	0.413	2.4	68	2011	16	0.907	1.1
32	1977	29	0.427	2.3	69	1990	15	0.920	1.1
33	1955	28	0.440	2.3	70	2008	15	0.933	1.1
34	1992	28	0.453	2.2	71	1951	14.01	0.947	1.1
35	1981	27	0.467	2.1	72	1966	14.01	0.960	1.0
36	1985	27	0.480	2.1	73	2023	13.6	0.973	1.0
37	2007	27	0.493	2.0	74	1994	13.51	0.987	1.0
		28.18851					میانگین داده‌ها		
		9.004727					انحراف معیار داده‌ها		

جدول (۴) نتایج آزمون نکویی برازش توزیع های آماری با سری داده‌های بارش حداکثر روزانه ایستگاه سینوپتیک مشهد

ردیف	توزیع	Kolmogorov Smirnov	Anderson Darling	Chi-Squared	جمع رتبه
1	Johnson SB	1	2	34	37
2	Gen. Extreme Value	2	3	24	29

3	Gen. Gamma	3	12	17	32
4	Pearson 6 (4P)	4	9	13	26
5	Log-Pearson 3	5	7	16	28

جدول (۵) برآورد مقادیر بارش حداکثر روزانه با دوره های بازگشت مختلف با توزیع برتر در ایستگاه سینوپتیک مشهد

دوره بازگشت	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
حداکثر بارش روزانه	27.488	36.141	40.642	45.112	47.729	49.87	51.641	53.547	54.729

بارش ایجاد کننده سیلاب ۲۶ اردیبهشت ۱۴۰۳، بارشی کوتاه مدت و نسبتا شدید بود که طبق گزارش های اداره کل هواشناسی استان خراسان رضوی مقدار آن در ایستگاه سینوپتیک مشهد حدود ۳۸ میلی متر در طول شبانه روز بوده است که حدود ۲۸ میلی متر آن در طی مدت زمان حدود ۴۰ دقیقه رخ داده است. شدت متوسط بارندگی نازل شده در این ۴۰ دقیقه حدود ۴۲ میلیمتر در ساعت می‌باشد. این بارش در طبقه بندی شدت بارش ها، جزو بارش های شدید طبقه بندی می شود. ولی این نکته حائز اهمیت است که این شدت در مقابل بارش هایی با شدت بالای ۱۲۰ میلی‌متر در ساعت که در نقاط مختلف دنیا سابقه وقوع داشته‌اند، پدیده‌ای استثنایی نیست. این درحالی است که رواناب حاصل از همین بارش منجر به خسارات متعددی ازجمله تلفات انسانی گردید. لذا برای بررسی دلیل وقوع این سیل باید به شرایط منطقه توجه کرد. در بررسی شرایط منطقه مشاهده می‌شود که توسعه شهر مشهد بدون ضابطه در محدوده کانال‌های قدیمی و بدون در نظر گرفتن مسیر جریان صورت گرفته است. دو منطقه که در سیل ۲۶ اردیبهشت ۱۴۰۳ خسارت زیادی دیده‌اند شامل موارد زیر است:

۱. بخشی از منطقه سیدی در جنوب شرق مشهد
۲. محدوده پل میدان انقلاب جنب ترمینال مسافربری

در طی بررسی میدانی منطقه، فعالیت های انسانی بسیار دیده شده است. ساخت و ساز منازل در کانال قدیمی در کوچه‌های سپاه ۶۹ و ۱۸ منطقه سیدی و همچنین حوضه بالادست پل انقلاب صورت گرفته است. به طوری که بدون توجه به مسیر جریان و آبراهه های مربوط به آنها را مسدود کرده‌اند.

در منطقه سیدی، در هنگام ساخت خیابان سپاه، مسیر مناسبی برای تخلیه رواناب حوضه بالادست تعبیه نشده است. همچنین دیوار آستان قدس در این منطقه نقش کلیدی در ایجاد و تشدید خسارات این سیل داشته است. به طوری که این دیوار تقریبا در سرتاسر راستای جنوبی خیابان سپاه به ارتفاع حدود ۲ متر کشیده شده است. احداث این دیوار بدون توجه به پستی و بلندی منطقه و مسیر عبور جریان آب حوضه صورت گرفته است و به صورت تقریبا عمود بر جهت جریان آبراهه ها قرار گرفته است. این دیوار همچون مخزن ذخیره موقت، حجم قابل توجهی رواناب که از بالادست حوضه آمده را پشت خود جمع کرده تا موقعی که ارتفاع رواناب جمع شده پشت دیوار از حد تحمل آن گذر کرده و در اثر فشار جریان آب دیوار فرو می ریزد. این دیوار زمانی که فرو می ریزد حجم زیادی از آب با شدت آزاد شده که تند سیلی ایجاد می‌کند که باعث خسارات در منازل مقابل و در مسیر حرکت خود می‌شود. بدیهی است اگر این دیوار موجود نبود، رواناب ایجاد شده با دبی کمی به سمت پایین سرازیر می شد و خساران چندانی به بار نمی آورد. البته ساخت منازل خسارت دیده در داخل آبراهه های قدیمی و مسیر جریان های عبوری، فعالیت‌های توسعه‌ای بی‌ضابطه، برداشت

مصالح سنگ و ماسه و برهم زدن تعادل دامنه‌ها، تخلیه حجم وسیعی از نخاله‌های بنایی، مسدودکردن آبراهه‌های اصلی و تخریب تقریبا کامل پوشش گیاهی حوضه و کوبیدگی خاک‌ها که باعث تولید رواناب قابل توجه میشود را نیز نباید نادیده گرفت.

در منطقه پل انقلاب، به دلیل گود بودن سطح بزرگراه (نسبت به مناطق اطراف) در زیر پل مذکور رواناب زیادی انباشته شده و خسارات پدید آمده است. همانطور که در شکل (۱) دیده می‌شود، کانال آب طبیعی در گذشته وجود داشته که رواناب حوضه مربوطه را بدون هیچ خساراتی انتقال می داده است ولی پس از توسعه حاشیه شهر مشهد در این منطقه و ساخت و ساز های بسیار در آن منطقه، کانال طبیعی آب مسدود شده و کانال مصنوعی ساخته شده توسط شهرداری نیز مجددا به علل نامعلومی مسدود می‌گردد. با توجه به شواهد موجود در سیل اخیر، رواناب به دلیل مسدود شدن مسیر جریان آن، منحرف شده و به گودی زیر پل سرازیر شده است. همچنین خود بزرگراه هم در کمک به فراهم شدن رواناب نقش داشته است. بزرگراه عریض بوده و شیب آن از دو طرف به سمت پل انقلاب زیاد است که با در نظر گرفتن ضریب رواناب بالا روی آسفالت، بخشی از رواناب نیز در روی خود بزرگراه ایجاد و به قسمت گود زیر پل سرازیر شده و نقش موثری در افزایش حجم سیل داشته است.

همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود با توجه به نتایج حاصل شده از آنالیز فراوانی داده های بارش حداکثر روزانه، دوره بازگشت بارش ۳۸ میلی‌متری نازل شده در ۲۶ اردیبهشت ۱۴۰۳ حدود ۵-۶ سال می باشد. البته این نکته که بخش عمده این بارش در یک مدت زمان کوتاهتری (حدود ۴۰ دقیقه) نازل شده که منجر به وقوع یک رگبار شدید کوتاه مدت شده موضوع مهمی است ولی در کل برخلاف برخی گزارش ها این بارش به هیچ عنوان دوره بازگشت ۲۰۰ ساله نداشته و علاوه بر آن چون مقدار آن زیاد نبوده رواناب قابل توجهی هم فراهم نکرده و اگر وضعیت نامناسب محیطی ایجاد نشده بود این رواناب بصورت تدریجی تخلیه می‌شد و توان ایجاد خسارات زیاد را نداشت. این نشان می‌دهد که علت اصلی تشدید سیلاب هر دو منطقه پل انقلاب و سیدی، دخالت های انسانی مخرب بوده است. در حوضه های بالادست، کوبیدگی خاک، کوه تراشی (کوه خواری) منطقه، تخریب پوشش گیاهی، افزایش فرسایش و ازبین رفتن خاک در ارتفاعات جنوبی شهر مشهد منجر به افزایش ضریب رواناب و تشدید سیل خیزی شده است. همچنین تغییرات اقلیمی بصورت کلی در چند دهه اخیر باعث شکل‌گیری بارندگی های شدید کوتاه مدت و تغییر الگوی بارش و جابجایی زمانی آنها است. لذا هر چند حجم بارش در سیل مشهد زیاد نبوده، ولی نقش دخالت های انسانی بسیار پر رنگ‌تر می باشد به صورتی که این دخالت ها جریان نسبتا معمولی را به سیل خسارت بار اخیر تغییر داده است. بنابراین از دلایل ایجاد سیل اردیبهشت ۱۴۰۳ مشهد می‌توان به دخل و تصرف در حریم و بستر رودخانه ها، کوچک کردن مسیر رودخانه‌ها، ساخت و ساز در حریم و بستر رودخانه، طراحی های نامناسب، تغییر کاربری اراضی، تخریب ارتفاعات جنوبی اشاره کرد.

در علم آبخیزداری سیل نعمت و بخشی از چرخه هیدرولوژیکی است. مدیریت آن باید طوری باشد که مورد استفاده قرار گیرد نه باعث خسارات جانی و مالی گردد. اگر دخالت های مذکور ادامه یابد اثرات آن در آینده به مراتب شدیدتر می‌شود بنابراین باید روی اصلاح و احیا اراضی حوضه بالادست منطقه مخصوصا ارتفاعات جنوبی و بازسازی آبراهه‌ها و مسیل‌های آب تمرکز جدی شود تا در آینده شهر از خسارات مشابه در امان بماند.

مراجع

[1] D. Girma, 2023, “Flood vulnerability and Risk assessment using the Integration of Analytical Hierarchy Process (AHP), GIS, and Remote Sensing: A Case Study of southern Oromia Region.,” *OPSearch Am. J. Open Res.*, [Online]. Available: https://api.semanticscholar.org/CorpusID:261188527

[2] B. Merz *et al.*, 2021, “Causes, impacts and patterns of disastrous river floods,” *Nat. Rev. Earth Environ.*, vol. 2, no. 9, pp. 592–609, doi: 10.1038/s43017-021-00195-3.

[3] H. Mensah and D. K. Ahadzie, 2020, “Causes, impacts and coping strategies of floods in Ghana: a systematic review,” *SN Appl. Sci.*, vol. 2, no. 5, p. 792, doi: 10.1007/s42452-020-2548-z.

[4] P. B. Putra, D. Auliyani, and R. N. Adi, 2022, “Sintang Regency flood analysis of 2021,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1109, no. 1, p. 12020, doi: 10.1088/1755-1315/1109/1/012020.

[5] S. Liu *et al.*, 2019, “Identification of the Non-stationarity of Floods: Changing Patterns, Causes, and Implications,” *Water Resour. Manag.*, vol. 33, no. 3, pp. 939–953, doi: 10.1007/s11269-018-2150-y.

[6] K. Amirmoradi, A. Shokoohi, and asghar azizian, 2020, “Evaluating Risk of Economic Loss due to River Flood in Urban areas (Study Area: Kan Watershed),” *Iran. J. Soil Water Res.*, vol. 50, no. 9, pp. 2239–2259, doi: 10.22059/ijswr.2019.283115.668228.

[7] E. Najafi and M. Karimi Kerdabadi, 2020, “Flood Risk Evaluation and Zoning using with AHP-Fuzzy Combined Model with Emphasis on Urban Safety (Case Study: Region 1 of Tehran Municipality),” *J. Geogr. Environ. Hazards*, vol. 9, no. 2, pp. 43–60, doi: 10.22067/geo.v9i2.86110.

[8] E. Esmaeili Alavijeh, S. Karimi, and F. S. Alavipoor, 2020, “Vulnerability Assessment in Urban Areas against Flood with Fuzzy Logic (case study: Tehran District 22),” *J. Environ. Sci. Technol.*, no. 1, pp. 349–361, doi: 10.22034/jest.2020.10940.

[9] E. Habibi Mojandeh, 2023, “Impacts and social risks in the management of flood social issues,” *Iran. Dam Hydroelectr. Powerpl.*, vol. 10, no. 0, pp. 67–78, Sep. [Online]. Available: http://journal.hydropower.org.ir/article-1-519-fa.html

[10] B. Shaikh Baikloo Islam, 2021, “Evidence and consequences of the flood in Iran from prehistory to the present,” *Water Soil Manag. Model.*, vol. 1, no. 1, pp. 24–40, doi: 10.22098/mmws.2021.1173.

[11] H. Ahmadzadeh, R. Saeidabady, and E. Noori, 2015, “A Study and Zoning of the Areas Prone to Flooding with an Emphasis on Urban Floods (Case Study: City of Maku),” *Hydrogeomorphology*, vol. 2, no. 2, pp. 1–24, [Online]. Available: https://hyd.tabrizu.ac.ir/article_3535.html

[12] H. Amirnejad, S. Hosseini, and M. Saberi, 2021, “The Role and Importance of Ecological, Economic, Technical and Social Criteria and Indicators to Reduce Flood Damage in Iran,” *Environ. Res.*, vol. 12, no. 23, pp. 233–244, [Online]. Available: https://www.iraneiap.ir/article_137149.html

[13] R. Jia, X. Ma, and Victoria Wenxin Xie, 2022, “Expecting floods: Firm entry, employment, and aggregate implications,” *Natl. Bur. Econ. Res.*, no. w30250, [Online]. Available: https://www.nber.org/papers/w30250

[14] H. Mahmoudzadeh, A. PouyanJam, and S. AsagharZadeh, 2020, “Spatial Analysis of the Protected Zone and Vulnerability of Urban Facilities in Mashhad to Useful Airstrikes, from a Passive Security Viewpoint,” *J. Geogr. Environ. Hazards*, vol. 8, no. 4, pp. 191–203, doi: 10.22067/geo.v0i0.82738.

[15] B. Ghahreman, 2003, “A Comprehensive Study of June 6, 1992 Storm in Mashhad,” *JWSS*, vol. 7, no. 2, pp. 29–41, Jul. [Online]. Available: http://jstnar.iut.ac.ir/article-1-462-fa.html

Analysis of rainfall leading to damaging flood in Mashhad in May 2024

Faezeh Ataee[1], Mohammad Taghi Dastorani[2*]

1. B.Sc. Student of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. Faezeh.Ataee@mail.um.ac.ir

2*. Corresponding author, Professor, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. dastorani@um.ac.ir

Abstract

In recent years, due to the extensive destructive human activities around the cities, the occurrence and damages of urban floods have been intensified, especially in big cities. Perhaps one of the most recent cases in this regard was the flood of May 26, 2024 in Mashhad, which unfortunately led to loss of life and financial losses to the citizens of this metropolis. Considering that various comments were made by individuals and organizations regarding this flood, and sometimes they declared the rainfall leading to this event to be very exceptional and even with a return period of 200 years, in this research, the rainfall leading to this event was investigated and analyzed. Due to the lack of hourly and even multi-hour rainfall data, this research was forced to use maximum daily rainfall measurement data at the Mashhad synoptic station. After obtaining the daily rainfall for a period of 74 years, frequency analysis has been carried out using Weibull's experimental method as well as EasyFit software. The results show that the 38 mm rainfall that occurred on May 26, 2024 has a return period of less than 10 years in the daily analysis, and the high intensity of a part of this rainfall and especially man-made factors have led to flood and aggravated damages. In this research, maximum daily rainfall values with return periods of 2 to 1000 years were also estimated.

Key words: flood, daily rainfall, Mashhad, frequency analysis, EasyFit software