

Study of 1997-1998 Floods in North-Karun Watershed

*Raisian, R., MSc., Member of Chaharmahal and Bakhtiari Natural Resources
Research Centre*

Abstract

North - Karun watershed with an area of 14200km² in one of the flood-prone regions in Iran. Rainfalls of intensity and long duration in this watershed have caused large floods and loss of lives and properties. In less than two months (end of 1997 and beginning of 1998), three flood events have occurred. In this paper, factors responsible for these floods are analyzed, and the amount and volume of these floods are considered. The results show that high-intensity and long - duration rainfalls, high slopes of the sub-basins, poor vegetation cover, and unwise use of forests and pastures are the main reasons for these floods. The occurred floods are exceptional events that have caused great direct damages, which amount to 70 billion Rials.

بررسی سیلاب‌های سال ۷۷-۱۳۷۶ زیر حوضه‌های کارون

شمالی (علل وقوع، میزان سیلاب و خسارات وارده)

روانبخش رئیسیان*

چکیده

حوضه آبخیز کارون شمالی با وسعتی بالغ بر ۱۴۲۰۰ کیلومتر مربع یکی از مناطق پربارش و سیل خیز کشور محسوب می‌شود. در این حوضه به دلیل بارندگی‌های با شدت، مدت و مقدار زیاد و همچنین عوامل دیگر، هر از چندگاهی شاهد وقوع سیل و به تبع آن وارد آمدن تلفات و خسارات سنگینی به جان و مال ساکنان آن می‌باشیم. از جمله در مدت کمتر از دو ماه (در اواخر سال ۱۳۷۶ و اوایل سال ۱۳۷۷) شاهد سه مورد وقوع سیل بوده‌ایم. در این مقاله ابتدا علل و عوامل وقوع سیل‌های مزبور مورد تحلیل قرار رفته و سپس مقدار و حجم سیلاب‌های وقوع یافته با استفاده از اطلاعات ایستگاه‌های هیدرومتری، روابط تجربی و اندازه‌گیری بر اساس آثار به جا مانده از بالا آمدگی سطح آب در رودخانه و همچنین خسارات وارد شده مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرند. بر اساس نتایج به دست آمده زیاد بودن شدت، مدت و مقدار بارندگی، افزایش درجه حرارت، هم‌زمانی وقوع باران و ذوب شدن برف‌های انباشته شده در فصل زمستان، شیب زیاد سطح زیر حوضه‌ها، استفاده بی‌رویه از جنگل‌ها و مراتع و فقر پوشش گیاهی آنها از علل و عوامل اصلی بروز این پدیده به شمار می‌روند. از سوی دیگر بر اساس بررسی‌های انجام شده و اطلاعات ثبت شده موجود از آمار دبی رودخانه، سیل‌های اتفاق افتاده از نظر حجم و گستردگی منطقه وقوع، بی‌سابقه بودند و از لحاظ میزان خسارات نیز به دلیل گسترش سیلاب در تمام زیر حوضه‌ها ارقام بسیار سرسام‌آور است. بر اساس آمار ارائه شده از سوی مراجع ذیصلاح میزان خسارات مستقیم به بار آمده بالغ بر ۷۰ میلیارد ریال می‌باشد.

مقدمه

سیل یکی از پدیده‌هایی است که دائماً شاهد وقوع آن در اکثر مناطق مختلف جهان هستیم که اکثراً همراه با تلفات و خسارات جانی و مالی فراوانی می‌باشد. در کشور ما نیز هر از چندگاهی این پدیده نمایان می‌شود و تلفات و خسارات جانی و مالی جبران‌ناپذیری به بار می‌آورد. وقوع سیل اخیر در استان مازندران و شهر نکا و آن همه خسارات وارد آمده نمونه‌ای از این حوادث می‌باشد. برای پیشگیری از وقوع این قبیل حوادث و مقابله با عواقب آن، بایستی باریشه‌یابی دقیق، علل و عوامل

وقوع آنها را از جهات گوناگون بررسی و شناسایی کرد و سپس با اعمال روش‌های صحیح و اصولی به مقابله با آنها پرداخت. حوضه آبخیز کارون شمالی (نقشه ۱) یکی از مناطق سیل خیز کشور محسوب می‌شود، به طوری که در طول کمتر از دو ماه یعنی از ۷۶/۱۲/۲۸ تا ۷۷/۲/۲۴ (۵۷ روز) سه مورد سیل در آن روی داد. بر اساس آمار ارائه شده از سوی مراجع ذیربط، میزان خسارات ناشی از آن بیش از ۷۰ میلیارد ریال گزارش گردیده است. در این مقاله ابتدا به علل و عوامل وقوع سیل‌های

* - کارشناس ارشد مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان چهارمحال و بختیاری

مذکور پرداخته شده و سپس حجم سیلاب برآورد گردیده و در انتها به میزان تلفات و خسارت وارد آمده اشاره خواهد شد.

۱- علل وقوع

زمانی یک پدیده یا حادثه به وقوع می پیوندد که زمینه و شرایط برای به وجود آمدن آن آماده گردد. هر علتی که باعث وقوع پدیده یا حادثه‌ای گردد آن علت زمینه برای حادث شدن آن پدیده می باشد. فرایند وقوع سیلاب نیز مستلزم فراهم شدن شرایط و عوامل زمینه ساز آن می باشد. عوامل مختلفی موجب تشکیل سیلاب می گردد. وقوع سیلاب در هر منطقه ممکن است یک علت یا علت‌های گوناگونی داشته باشد که این علت‌ها و عوامل در تمام مناطق مشابه نیستند. وقوع سیلاب‌های اخیر در زیر حوضه‌های کارون شمالی علت‌های گوناگونی داشته که در کل می توان آنها را به سه دسته تقسیم بندی نمود:

۱-۱ عوامل اقلیمی

یکی از پارامترهای مهم در ایجاد سیل در هر منطقه، ویژگی‌ها و خصوصیات آب و هوایی و اقلیمی آن می باشد. از نظر آب و هوایی عوامل مختلفی در وقوع سیل‌های مورد بحث تأثیر داشته‌اند که مهمترین آنها شدت، مدت و مقدار زیاد بارندگی، وجود حجم زیاد برف در سطح حوضه، افزایش دما

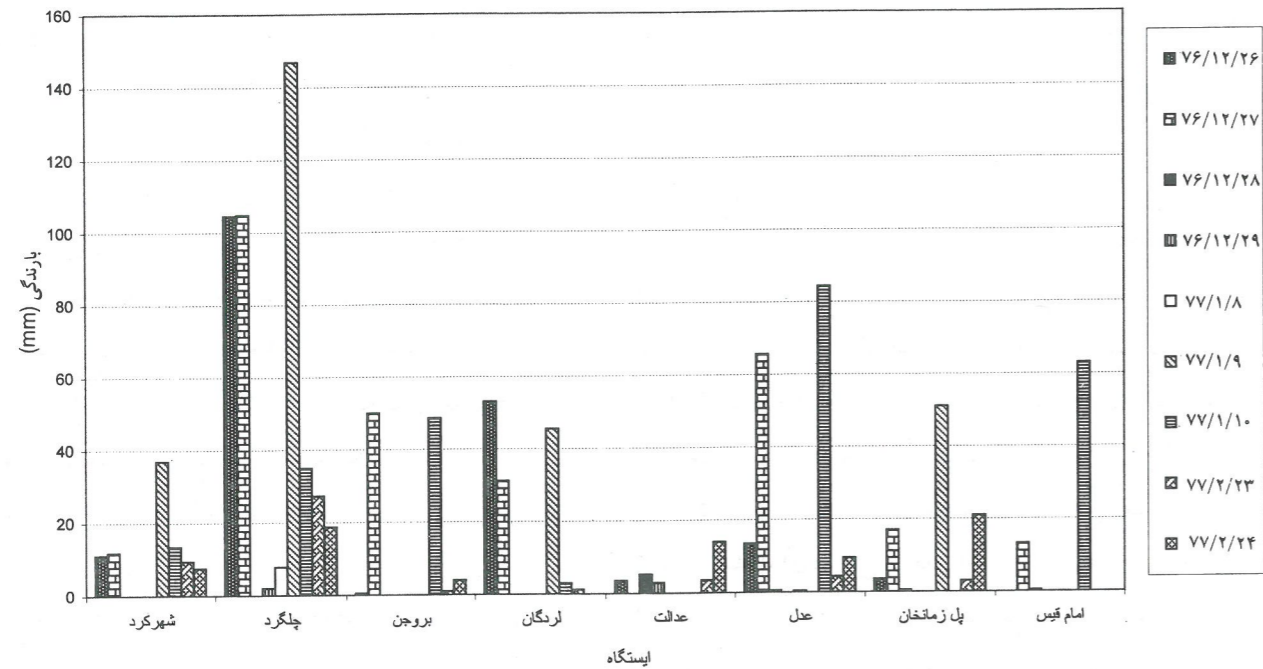
در زمان وقوع سیلاب، وقوع بارش به صورت باران و هم‌زمانی آن با ذوب برف می باشد.

۱-۱-۱ شدت، مدت و مقدار بارندگی

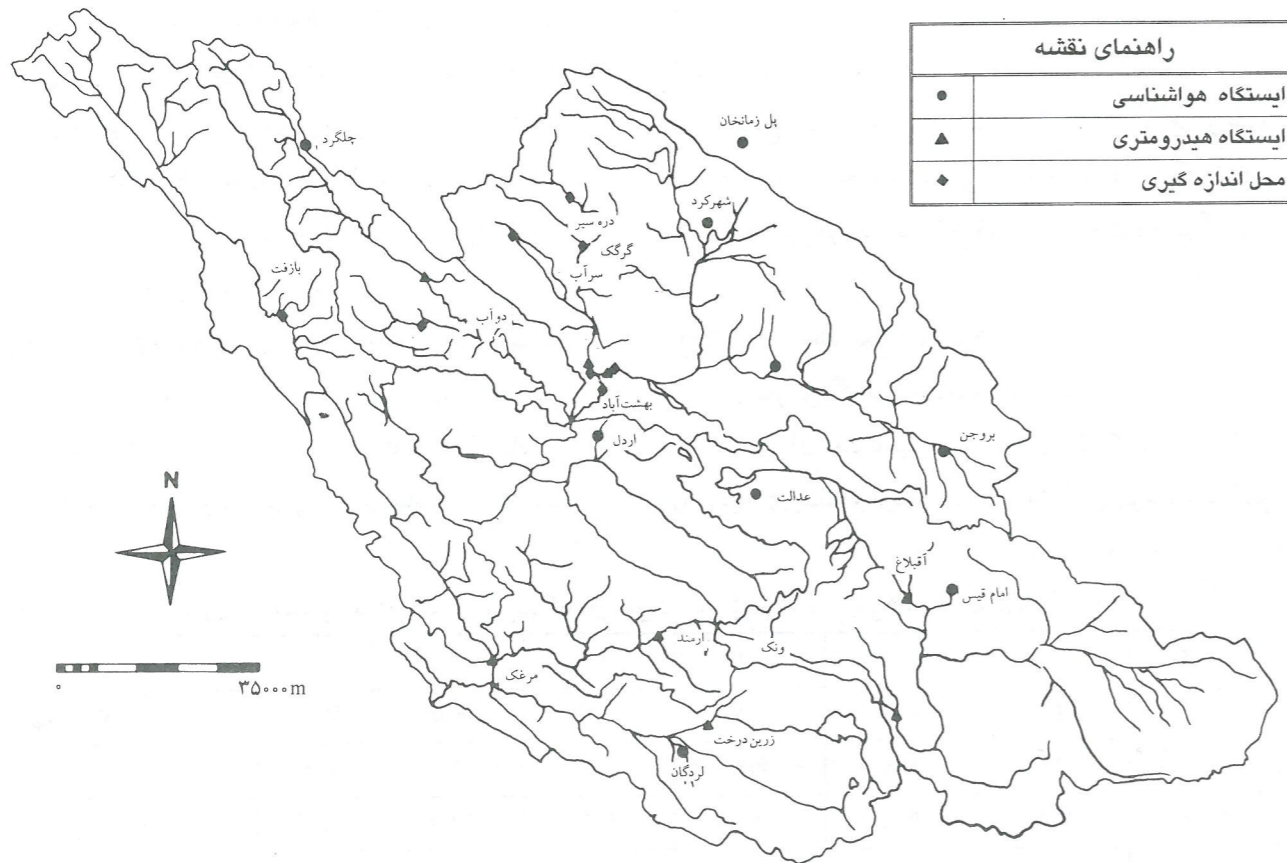
در شرایطی که شدت بارندگی از شدت نفوذپذیری خاک بیشتر باشد و یا بر اثر تداوم بارندگی، خاک سطحی اشباع شده و شدت نفوذپذیری آن به مقدار زیادی کاهش یابد، بخشی از بارش تبدیل به رواناب سطحی شده و زمینه جهت وقوع سیلاب را فراهم می آورد. در جریان وقوع سیلاب‌های اخیر این وضعیت پیش آمده و قبل و همزمان با سیلاب، بارندگی‌هایی با شدت زیاد و مدت طولانی وقوع یافته بود. بر اساس آمار اداره کل هواشناسی استان چهارمحال و بختیاری، در اکثر مناطق، بارندگی‌ها به مدت ۲ الی ۳ روز به طور پیوسته ادامه داشت و در طی آن مقدار زیادی باران به سطح زمین نازل شد. به عنوان مثال در جریان وقوع سیلاب‌های اسفند و فروردین، میزان بارندگی در ایستگاه چلگرد به ترتیب برابر ۲۰۹ و ۱۸۹ میلی متر گزارش شده است. مقادیر بارندگی‌های اندازه گیری شده در روزهای قبل و بعد از وقوع سیلاب در جدول ۱ و نمودار ۱ نشان داده شده است [۱]. موقعیت ایستگاه‌های انتخابی روی نقشه ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- میزان بارندگی در ایستگاه‌های هواشناسی واقع شده در حوضه

| ماه | روز | امام قیس | پل زمانخان | عدل | عدالت | لردگان | بروجن | چلگرد | شهرکرد |
|------------|-----|----------|------------|------|-------|--------|-------|-------|--------|
| اسفند ۱۳۷۶ | ۲۶ | ۰/۰ | ۳/۵ | ۱۳/۴ | ۳/۵ | ۵۳/۱ | ۰/۵ | ۱۰۴/۵ | ۱۱/۱ |
| " | ۲۷ | ۱۳/۲ | ۱۷/۰ | ۶۵/۶ | ۰/۰ | ۳۱/۲ | ۵۰/۰ | ۱۰۴/۸ | ۱۱/۸ |
| " | ۲۸ | ۴/۰ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۵/۲ | ۰/۰ | ۰/۰ | ۰/۰ | ۰/۰ |
| " | ۲۹ | ۰/۰ | ۰/۰ | ۰/۰ | ۲/۹ | ۰/۰ | ۰/۰ | ۲/۱ | ۰/۰ |
| فروردین ۷۷ | ۸ | ۰/۰ | ۰/۰ | ۰/۴ | ۰/۰ | ۰/۰ | ۰/۰ | ۷/۸ | ۰/۰ |
| " | ۹ | ۰/۰ | ۵۱/۰ | ۰/۰ | ۰/۰ | ۴۵/۵ | ۰/۰ | ۱۴۶/۹ | ۳۶/۹ |
| " | ۱۰ | ۶۳/۰ | ۰/۰ | ۸۴/۳ | ۰/۰ | ۳/۰ | ۴۸/۶ | ۳۴/۹ | ۱۳/۴ |
| اردیبهشت | ۲۳ | " | ۳ | ۴/۳ | ۳/۵ | ۱/۲ | ۱ | ۲۷/۲ | ۹/۴ |
| " | ۲۴ | " | ۲۱ | ۹/۴ | ۱۴ | " | ۴ | ۱۸/۷ | ۷/۵ |



نمودار ۱- میزان بارندگی روزانه ایستگاه‌های هواشناسی واقع شده در حوضه



نقشه ۱- زیر حوضه‌های کارون شمالی و موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری و هواشناسی

در صورتی که بارش به صورت برف بر روی زمین نازل شود به دلیل تأخیر در زمان ذوب و همچنین آهستگی و بطئی بودن فرایند ذوب شدن، به ندرت میزان شدت ذوب برف از شدت نفوذپذیری خاک بیشتر می‌شود. در این حالت بارش، حتی اگر شدت بارندگی بیش از شدت نفوذپذیری خاک نیز باشد جریان سطحی به وقوع نخواهد پیوست. ولی در صورتی که بارش به شکل باران اتفاق افتد و از شدت یا مدت بالایی برخوردار باشد آنگاه وقوع سیلاب اجتناب‌ناپذیر است. در جریان وقوع سیل‌های اخیر، بارش‌ها عمدتاً به شکل باران بوده و عاملی در وقوع سیلاب به شمار می‌روند.

۱-۱-۳ وجود حجم زیاد برف در سطح حوضه و هم‌زمان شدن شروع ذوب آنها با بارندگی‌های زمان سیلاب

در حوضه کارون شمالی در طول فصل زمستان بارندگی‌ها عمدتاً به شکل برف نازل می‌شوند و در طی آن به مرور حجم بسیار زیادی برف بر روی سطح حوضه انباشته می‌شود. میزان انباشتگی برف به حدی است که در بعضی از نقاط آن یخچال‌های دائمی به وجود آمده و در تمام طول سال پوشیده از برف هستند. به محض گرم شدن هوا، برف‌ها شروع به ذوب شدن نموده و خاک سطحی تقریباً به حالت اشباع در می‌آید. اگر هم‌زمان با این پدیده باران نیز بیارد علاوه بر آب ناشی از باران، بخشی از برف نیز توسط باران ذوب شده و حجم زیادی آب بر روی زمین جاری خواهد شد. در جریان وقوع سیلاب‌های اخیر این پدیده اتفاق افتاد. یعنی در زمانی که هوا رو به گرمی نهاده و ذوب برف‌ها شروع شده بود بارندگی‌های بی‌سابقه‌ای روی داد

و خاک سطحی نیز قدرت نفوذ آب رسیده به آن را نداشت و بناچار آب مازاد بر نفوذ، بر روی زمین جاری شده و باعث به وجود آمدن سیل گردید.

۱-۱-۴ افزایش دما

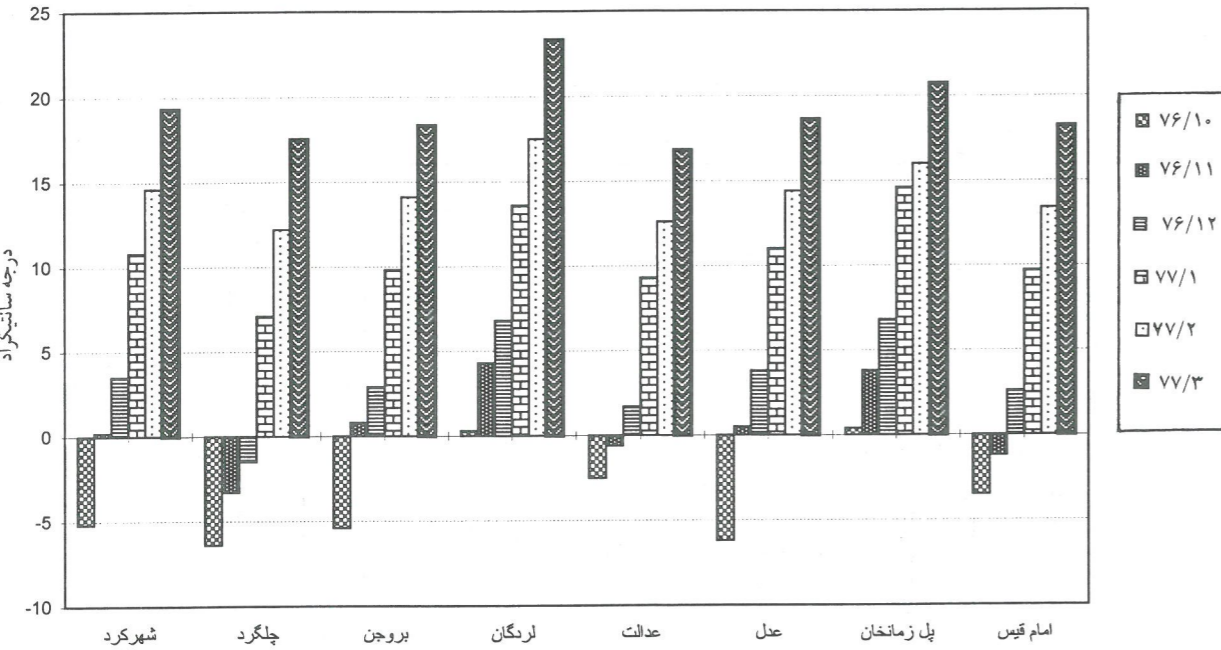
با توجه به زمان وقوع سیلاب‌های اخیر مشاهده می‌شود که در این زمان دمای هوا به مقدار محسوسی افزایش یافته بود. بر اساس آمار اداره کل هواشناسی استان (جدول ۲) میانگین دمای ماهانه ایستگاه‌های هواشناسی استان در ماه‌های بهمن و اسفند ۷۶ و فروردین ۷۷ به ترتیب برابر ۰/۴، ۳/۳ و ۱۰/۷ درجه سانتی‌گراد بوده است که نشان از افزایش ناگهانی دما به ویژه تغییرات شدید آن در طی ماه‌های اسفند و فروردین داشته است (نمودار ۲) [۱]. این پدیده سبب تسریع در فرایند ذوب شدن برف‌ها گشته و عاملی در بوجود آمدن سیلاب به شمار می‌رود.

۲-۱ عوامل فیزیکی

به جز عوامل اقلیمی یک‌سری دیگر از عوامل که زمینه‌ساز و یا تشدیدکننده وقوع سیلاب می‌باشند عبارتند از: شیب سطح حوضه، عمق خاک، درصد پوشش گیاهی و غیره. در این مقاله این مجموعه عوامل به عنوان عوامل فیزیکی منظور شده‌اند و تأثیر هر کدام به شرح ذیل مورد بحث قرار می‌گیرد.

۱-۲-۱ شیب تند سطح زیر حوضه‌ها

از نظر توپوگرافی، حوضه آبخیز کارون شمالی و زیر حوضه‌های آن یک ناحیه کوهستانی می‌باشد که قریب ۸۰٪ آن راکوه‌های بلند و ارتفاعات با دامنه‌های پرشیب تشکیل



نمودار ۲- میانگین دمای ماهانه در ایستگاه‌های هواشناسی واقع شده در حوضه

داده‌اند. شیب تند دامنه‌ها موجب افزایش ضریب جریان سطحی و افزایش سریع سرعت رواناب می‌گردد. این خصوصیت سبب افزایش فرساینده‌گی رواناب شده و باعث می‌شود علاوه بر افزایش حجم رواناب، حجم زیادی از خاک سطحی نیز شسته شده و با به وجود آمدن مخلوطی از آب و گل و لای، قدرت حمل سیلاب به دلیل افزایش غلظت آن بالا رود به نحوی که قادر به حمل و جابجایی اجسام سنگین و بزرگ می‌شود. متوسط شیب سطح زیرحوضه‌های کارون شمالی در حدود ۴۲/۳٪ است که نشانگر شیب تند می‌باشد. این در حالی است که شیب بیش از ۴۰ درصد از سطح آنها متجاوز از ۵۰٪ می‌باشد. توزیع شیب سطح حوضه کارون شمالی مطابق جدول و نمودار ۳ می‌باشد. [۲]. شیب تند دامنه‌ها موجب گردیده که نه تنها سرعت جریان رواناب بر روی سطح حوضه‌ها بسیار تند شود بلکه بر اثر فرسایش خاک، به مرور زمان از ضخامت لایه سطحی خاک نیز کاسته شده و استعداد سیل‌خیزی حوضه‌ها افزایش یابد.

۱-۲-۲ عمق کم خاک سطحی حوضه

خاک سطحی نقش مؤثری در ذخیره نزولات جوی دارد

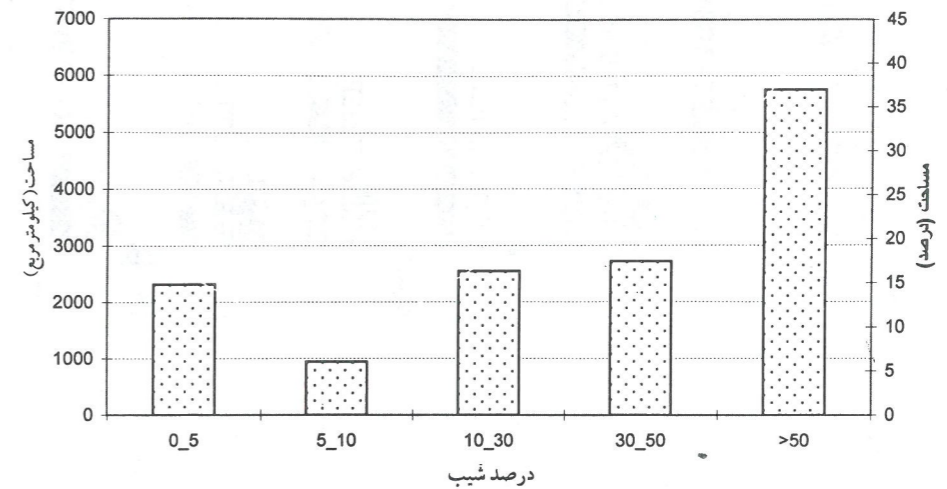
و بر حسب ضخامت، بافت و درجه تخلخل آن قادر به نفوذ و نگه‌داری مقادیر قابل توجهی آب در خود می‌باشد. در مناطق دارای خاک عمیق، مدت زمان زیادی به طول می‌انجامد تا خاک به حالت اشباع درآید. ولی در مناطق با خاک کم عمق، سریعاً به حالت اشباع در آمده و از نفوذپذیری آن به شدت کاسته می‌شود و در نتیجه قسمت اعظم بارش، تبدیل به جریان سطحی و سیل می‌گردد. در حوضه مورد مطالعه به دلیل این که سطح وسیعی از آن راکوه‌ها و تپه‌های با شیب تند تشکیل داده‌اند عمق خاک لایه سطحی بر اثر فرسایش به مرور کاهش یافته و حتی در بخش‌هایی از آن به حد صفر رسیده است به نحوی که در حدود ۱۲۲۵ کیلومتر مربع از سطح آن (۸/۶٪ مساحت کل) بدون پوشش خاکی و یا با عمق کمتر از ۲۵ سانتی‌متر می‌باشد و خاک ۶۱۷۰ کیلومتر مربع آن (۴۳/۲٪ مساحت کل) کم عمق تا نیمه عمق می‌باشد [۲]. با این اوصاف و با توجه به میزان بارش که در بعضی نقاط تا حدود ۲۰۹ میلی‌متر رسیده بود، خاک سطحی بخش قابل توجهی از حوضه، توانایی نفوذ و نگه‌داری آن را نداشته و با تبدیل شدن به رواناب باعث وقوع سیل‌های اخیر گردید.

جدول ۲- میانگین دمای ماهانه در ایستگاه‌های هواشناسی واقع شده در حوضه (درجه سانتی‌گراد)

| | | | | | | | |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|
| دی ۷۶ | -۳/۵ | ۰/۴ | -۶/۲ | -۲/۵ | ۰/۳ | -۵/۴ | -۵/۲ |
| بهمن ۷۶ | -۱/۲ | ۳/۸ | ۰/۵ | -۰/۶ | ۴/۳ | -۰/۸ | ۰/۲ |
| اسفند ۷۶ | ۲/۶ | ۶/۸ | ۳/۸ | ۱/۷ | ۶/۸ | ۲/۹ | ۳/۵ |
| فروردین ۷۷ | ۹/۷ | ۱۴/۶ | ۱۱/۰ | ۹/۳ | ۱۳/۶ | ۹/۸ | ۱۰/۸ |
| اردیبهشت ۷۷ | ۱۳/۴ | ۱۶/۰ | ۱۴/۴ | ۱۲/۶ | ۱۷/۵ | ۱۴/۱ | ۱۴/۶ |
| خرداد ۷۷ | ۱۸/۲ | ۲۰/۷ | ۱۸/۶ | ۱۶/۸ | ۲۳/۳ | ۱۸/۳ | ۱۹/۳ |

جدول ۳- توزیع شیب حوضه کارون شمالی

| شیب % | ۰-۵ | ۵-۱۰ | ۱۰-۳۰ | ۳۰-۵۰ | >۵۰ | جمع |
|--------------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| مساحت (km ²) | ۲۳۱۶ | ۹۴۲ | ۲۵۴۵ | ۲۷۱۵ | ۵۷۵۷ | ۱۴۲۷۵ |
| درصد | ۱۶/۲۲ | ۶/۶۰ | ۱۷/۸۳ | ۱۹/۰۲ | ۴۰/۳۳ | ۱۰۰ |



نمودار ۳- توزیع شیب در حوضه کارون شمالی

۳-۲-۱ پایین بودن میزان نفوذپذیری خاک سطحی حوضه و افزایش سطوح غیر قابل نفوذ

خاک قسمت اعظم حوضه دارای درصد زیادی رس و بافت سنگین است. به همین علت از نفوذپذیری نسبتاً کمی برخوردار بوده و در رده خاک‌های با ظرفیت نفوذپذیری کمتر از ۱۰ میلی‌متر در ساعت به شمار می‌روند. از سوی دیگر به دلیل افزایش جمعیت، توسعه مناطق شهری، گسترش راه‌های ارتباطی و غیره سطوح غیر قابل نفوذ (سطح جاده‌ها، خیابان‌ها، بام ساختمان‌ها، میادین ورزشی و غیره) به مقدار زیادی افزایش یافته است. به عنوان مثال طول جاده‌های ارتباطی احداثی در سطح این حوضه بیش از ۵۰۰۰ کیلومتر برآورد شده است. اگر سطح خیابان‌ها و کوچه‌های داخل شهرها را به آن اضافه کنیم سطح قابل توجهی از حوضه کاملاً غیر قابل نفوذ بوده و تقریباً تمام باران نازل شده بر روی این سطوح به رواناب تبدیل شده است. در نتیجه این حجم آب، به جای نفوذ در خاک در سطح زمین جاری شده و عاملی در افزایش دبی رودخانه و ایجاد سیل گردیده است.

۳-۱ عوامل انسانی

یکی از عوامل مهم در وقوع سیل‌های اخیر نقش و

عملکرد انسان در نحوه و چگونگی بهره‌برداری از منابع طبیعی موجود در حوضه‌های آبخیز است. حوضه‌های آبخیز به عنوان بستر تولید و در بر دارنده منابع و معادن گوناگون در خود همیشه مورد توجه انسان بوده و از بدو خلقت تا کنون و تا ابد در آن زندگی کرده و می‌کند و نیازهای خود را از دل آن به دست می‌آورد. مراتع و جنگل‌ها به عنوان مهمترین و سهل‌الوصول‌ترین منابع طبیعی موجود در حوضه‌های آبخیز به شمار می‌روند و به منظورهای گوناگون از جمله تعلیف دام، استفاده به عنوان سوخت، ساختمان‌سازی، تهیه گیاهان دارویی، صنعتی و خوراکی و غیره مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. در حال حاضر بیشترین استفاده از مراتع و جنگل‌ها در جهت تأمین علوفه مورد نیاز دام و همچنین استفاده از چوب درختان جنگلی و بوته‌های مرتعی جهت سوخت می‌باشد. مهمترین علل وقوع سیل که انسان در آن نقش مؤثری دارد به شرح ذیل می‌باشند:

۱-۳-۱ استفاده بی‌رویه از جنگل‌ها و مراتع

بر اساس مطالعات انجام شده (۱۳۶۷) در سطح حوضه کارون شمالی میزان کل مساحت جنگل‌ها و مراتع آن برابر ۷۴۲ هزار هکتار می‌باشد که از نظر ظرفیت و قابلیت تعلیف جزو

مراتع فقیر و بسیار فقیر با گرایش منفی طبقه‌بندی شده‌اند. مقدار کل علوفه قابل برداشت از مراتع و جنگل‌ها برابر ۳۰۰ هزار تن، معادل ۱۰۲ هزار تن واحد علوفه‌ای است. این مقدار قادر به تعلیف ۳۰۶ هزار واحد دامی - سال یا ۳۶۷۲ هزار واحد دامی - ماه می‌باشد. در همان سال تعداد دام موجود در حوضه برابر ۲۵۶۹ هزار واحد دامی - سال بوده است [۳]. نکته مهم این است که آمار و ارقام مربوط به ۱۰ سال قبل بوده، در حالی که به طور یقین در طول ۱۰ سال اخیر هم بر تعداد دام موجود اضافه شده و هم از میزان تولید علوفه در سطح مراتع کاسته شده است. بر هم خوردن تعادل میان ظرفیت مراتع و تعداد دام موجود در آن سبب شده که به طور بی‌رویه‌ای مورد تعلیف و چرا واقع شوند و پس از گذشت اندک زمانی سطح حوضه فاقد پوشش گیاهی گردد.

استفاده بی‌رویه و چرای مفرط مراتع و جنگل‌ها به دلایل گوناگون موجب کاهش نفوذپذیری و به تبع آن افزایش ضریب جریان و ایجاد سیل‌های اخیر شده بود، که از جمله آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

الف - از بین رفتن پوشش گیاهی؛

ب- تراکم خاک بر اثر تردد و رفت و آمد زیاد دام؛

ج - برخورد مستقیم قطرات باران به خاک و تلاشی شدن خاک دانه‌ها؛

د - نمایان شدن ریشه و طوقه گیاهان چند ساله؛

ه - چرای زود رس و لگد مال شدن گیاهان و مصرف شدن آنها قبل از این که به مرحله گل‌دهی و تولید بذر رسیده باشند.

۱-۳-۲ تبدیل اراضی جنگلی و مرتعی به اراضی زراعی

یکی دیگر از عوامل وقوع سیل‌های اخیر، قطع و کف بر نمودن درختان جنگلی و تبدیل اراضی جنگلی و مرتعی به اراضی کشاورزی بوده است. این عمل عمدتاً به منظور تأمین مایحتاج غذایی ساکنان و دام‌های آنها انجام گرفته است. بر اساس مطالعات انجام شده (۱۳۶۷) در حدود ۲۵۰ هزار هکتار از اراضی این حوضه تحت کشت دیم بوده که تنها ۵۷ هزار هکتار آن قابلیت کشت دیم داشته و مابقی آن اراضی مرتعی و

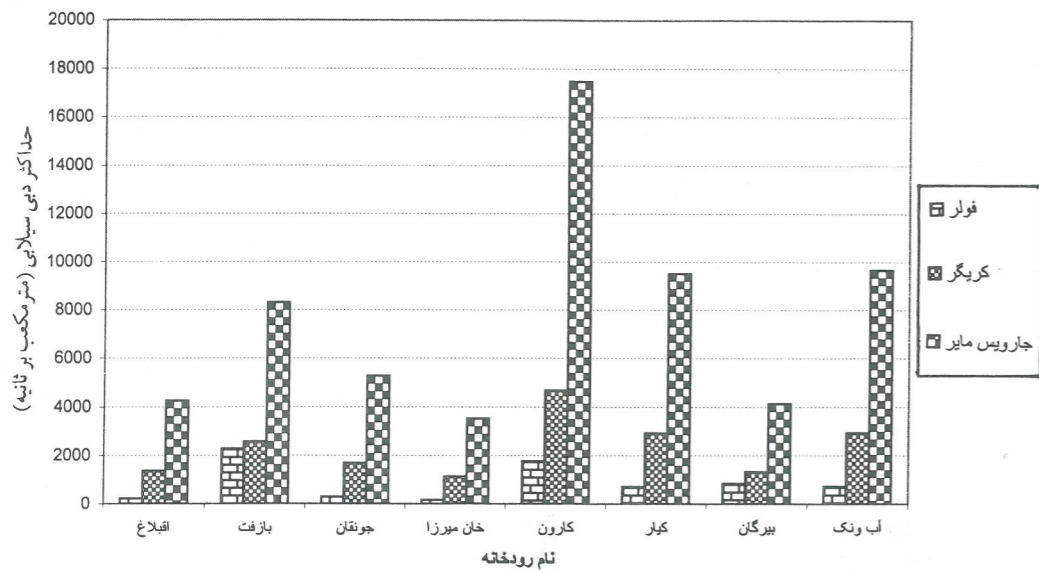
جنگلی تبدیل شده می‌باشند. از این میزان ۹۳ هزار هکتار اراضی جنگلی و ۱۰۰ هزار هکتار اراضی مرتعی تبدیل شده بوده است [۴]. این عمل موجب شده که به مرور زمان اراضی مزبور حاصلخیزی و قدرت تولید خود را از دست داده و به صورت اراضی لم یزرع و فاقد پوشش گیاهی در آیند.

۱-۳-۳ اجرای پروژه‌های عمرانی

از دیگر عوامل وقوع سیل، اجرای طرح‌های عمرانی و استخراج معادن می‌باشد. با افزایش جمعیت و متناسب با آن اجرای طرح‌های عمرانی نظیر توسعه مناطق مسکونی، احداث جاده‌ها و راه‌های ارتباطی، احداث جاده‌های دسترسی به منظور استخراج معادن، ایجاد شبکه‌های انتقال آب، گاز و برق و غیره موجب برهم زدن وضعیت طبیعی سطح حوضه‌ها و افزایش سطوح غیر قابل نفوذ یا با نفوذپذیری کم شده است که این موضوع نقش مؤثری در ایجاد سیل دارا است. منشأ تشکیل رواناب و ایجاد جریان سطحی، در بسیاری از موارد رواناب به وجود آمده بر سطح جاده‌ها و قسمت‌های غیر قابل نفوذ یا با نفوذپذیری کم نظیر مسیرهای ثابت رفت و آمد گله‌های گوسفند می‌باشد.

۲- میزان سیلاب

سیلاب‌های اخیر از نظر حجم و گستردگی، در سطح وسیعی اتفاق افتاد، به طوری که موجب طغیان آب در تمام رودخانه‌های جاری در حوضه کارون شمالی گردید. از لحاظ حجم و مقدار، دبی سیلابی به حدی افزایش یافته بود که آب از روی اکثر پل‌های احداثی بر روی رودخانه‌ها سرریز کرده بود و در مناطقی که مسیر رودخانه از میان دشت‌ها عبور می‌کرد، مسیل رودخانه گنجایش عبور سیلاب را نداشته و موجب پخش سیل بر روی اراضی حاشیه و اطراف آن گردید. در لحظه وقوع سیل، از پاره‌ای مناطق سیل زده بازدید بعمل آمد و مشاهده شد که میزان بالا آمدگی سطح آب رودخانه‌ها به حدی است که وسایل اندازه‌گیری جریان در ایستگاه‌های هیدرومتری نیز در آب غوطه‌ور شدند. حتی در دو مورد مشاهده گردید که سبیل پل تلفریک آن ایستگاه‌ها بطور کامل در آب شناور شده بود. برای



نمودار ۴- حداکثر دبی سیلابی برآورد شده به کمک روابط تجربی

$$Q_p = Q_{max} (1 + 2/66A^{-0.3}) \quad (3)$$

که در آنها:

$$Q_{ave} = \text{میانگین حداکثر سیل ۲۴ ساعته } (m^3/s)$$

$$\text{حداکثر سیل ۲۴ ساعته در زمان بازگشت } T \text{ سال } (m^3/s)$$

$$Q_p = \text{حداکثر سیل لحظه‌ای در زمان بازگشت } T \text{ سال } (m^3/s)$$

$$C = \text{ضریبی که با استفاده از حوضه‌های مجهز به ایستگاه}$$

هیدرومتری به دست می‌آید

$$A = \text{مساحت حوضه } (km^2)$$

در این بررسی مقدار C بر اساس آمار موجود از میانگین

حداکثر سیل ۲۴ ساعته ایستگاه‌های مرغک و ارمند به ترتیب

برابر ۱/۴۵ و ۰/۳۶ به دست آمد که با توجه به ویژگی‌ها و

خصوصیات مشابه حوضه‌ها، مقدار ۱/۴۵ برای زیر حوضه‌های

بازفت و کوه‌رنگ و مقدار ۰/۳۶ برای سایر زیر حوضه‌ها منظور

گردید. مقادیر به دست آمده از دبی سیلابی با این روش در

جدول ۵ و نمودار ۵ آورده شده است.

$$2-2-2 \text{ روش کریگر}$$

در این روش دبی حداکثر سیل از رابطه (۴) به دست می‌آید

[۷]:

۲-۲-۲ برآورد دبی اوج سیلاب با استفاده از روابط تجربی

برای برآورد حجم دبی سیلاب در مناطق فاقد ایستگاه

هیدرومتری از روابط تجربی استفاده می‌شود. با توجه به اینکه بر

اساس بررسی‌های انجام شده و همچنین نظر افراد کهنسال،

سیل‌های سال گذشته در حوضه کارون شمالی بی سابقه بوده و

حتی در طی ۶۰ الی ۷۰ سال گذشته نیز سابقه نداشته‌اند، لذا

بایستی روابط تجربی تا حدودی بتوانند دبی اوج سیلاب‌های

مزبور را برآورد نمایند. بر این اساس به منظور ارزیابی روابط

موجود، چندین روش که به دلیل نیاز به پارامترهای کمتر، مورد

توجه بیشتری قرار می‌گیرند انتخاب و به کمک آنها میزان دبی

سیلابی برای زیر حوضه‌های کارون شمالی برآورد می‌گردد. در

این بررسی از میان روابط موجود، فرمول‌های فولر، کریگر و

جارویس - مایر انتخاب گردید.

۲-۲-۱ فرمول فولر

در روش فولر به کمک روابط (۱) الی (۳) میزان حداکثر

سیل احتمالی در زمان بازگشت T سال برآورد می‌گردد [۷].

$$Q_{ave} = CA^{0.8} \quad (1)$$

$$Q_{max} = Q_{ave} (1 + 0.8 \log T) \quad (2)$$

مزبور در زمان وقوع سیل، بایستی به مقادیر ثبت شده با دیده شک و تردید نگاه کرد ولی مقدار ثبت شده به طور یقین کمتر از میزان واقعی بوده است و واضح است که حجم واقعی سیلاب بیش از مقادیر مزبور می‌باشد. میزان دبی سیلابی ثبت شده در ایستگاه‌های هیدرومتری برای هر سه مورد وقوع سیل و همچنین حداکثر دبی سیلابی ثبت شده در طی سال‌های قبل از این در جدول ۴ و نمودار ۴ آورده شده است [۵ و ۶]. نتایج ایستگاه‌های انتخابی روی نقشه ۱ مشخص گردیده است. نشان دهنده این واقعیت است که سیل مورخ ۷۷/۱/۱۰ نسبت به سایر سیل‌ها دارای حجم و وسعت بیشتری است. علاوه بر این با مقایسه سیل‌های مزبور و حداکثر دبی سیلابی در سال‌های قبل از آن مشخص شده است که سیل مورخ ۷۷/۱/۱۰ بی سابقه بوده و این موضوع توسط افراد کهنسال نیز تأیید شده است. از نظر مقدار دبی حداکثر در واحد سطح حوضه، حوضه کوه‌رنگ با ۱/۳۹ مترمکعب بر ثانیه در کیلومتر مربع بیشترین استعداد سیل‌خیزی را داشته است که دلیل آن واقع شدن ارتفاع زردکوه در این حوضه، که یکی از پربارش‌ترین و برف‌گیرترین نقاط کشور محسوب می‌شود، می‌باشد و حوضه بهشت آباد با ۰/۰۴ مترمکعب بر ثانیه بر کیلومتر مربع کمترین استعداد سیل‌خیزی را داراست و دلیل آن کم بارش بودن و کم شیب‌تر بودن اراضی این حوضه نسبت به سایر حوضه‌ها می‌باشد.

جدول ۴- حداکثر دبی اندازه‌گیری شده سیلاب‌های سال ۷۶-۷۷ در ایستگاه‌های هیدرومتری (مترمکعب بر ثانیه)

| ردیف | نام ایستگاه | نام رودخانه | نام زیرحوضه | مساحت بالا دست km^2 | ۷۶/۱۲/۲۸ | ۷۷/۱/۱۰ | ۷۷/۲/۲۴ | حداکثر دبی ویژه $m^3/s-km^2$ | حداکثر دبی ثبت شده در سال‌های قبل |
|------|---------------|-------------|-------------|-----------------------|----------|---------|---------|------------------------------|-----------------------------------|
| ۱ | گدارکبک | اقبالاغ | ونک | ۵۸۸ | ۱۳۵ | ۱۵۱ | - | ۰/۲۶ | ۹۲/۲ |
| ۲ | مرغک | بازفت | بازفت | ۲۲۳۳ | ۱۴۵۴ | ۲۲۲۰ | ۲۹۳/۲ | ۰/۹۹ | ۲۳۹۰ |
| ۳ | تنگ درکش ورکش | جونقان | بهشت آباد | ۹۰۰ | ۱۴۷/۲ | ۱۷۵/۰ | - | ۰/۱۹ | ۱۴۳/۹ |
| ۴ | زرین درخت | خان میرزا | لردگان | ۴۰۳ | ۱۸/۵ | ۳۳/۴ | - | ۰/۰۸ | ۶۴/۲ |
| ۵ | ارمند | کارون | کارون | ۹۹۰۰ | ۲۰۸۵ | ۲۳۰۰ | ۴۲۲ | ۰/۲۴ | ۲۲۵۰ |
| ۶ | کوه سوخته | کیار | بهشت آباد | ۲۹۳۵ | ۶۴/۶ | ۱۱۱/۱ | - | ۰/۰۴ | ۱۲۴/۱ |
| ۷ | دزک | بیرگان | کوه‌رنگ | ۵۵۳ | ۳۸۶ | ۷۶۸ | ۵۸/۴ | ۱/۳۹ | |
| ۸ | پل کرویس | آب ونک | ونک | ۳۰۲۵ | ۶۲۲ | ۱۱۰۹ | - | ۰/۳۷ | |

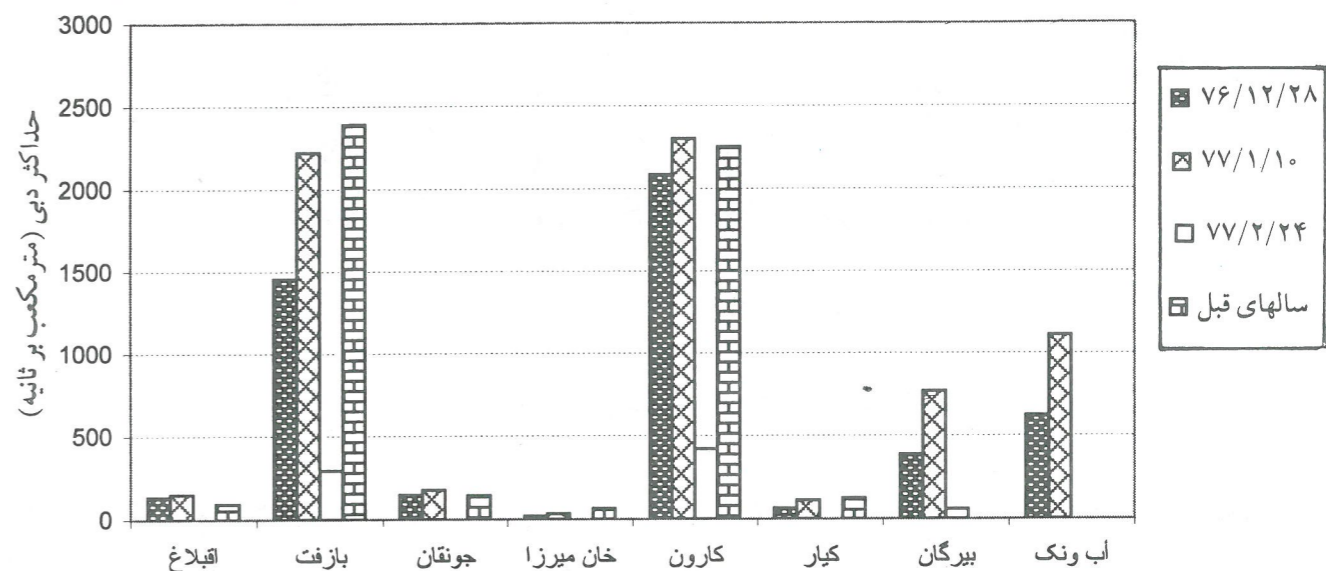
جلوگیری از وارد آمدن تلفات و خسارات در آینده، اطلاع از حجم و میزان سیل‌های گذشته بسیار مفید و سودمند است. لذا در این بخش میزان سیل‌های وقوع یافته از سه روش مختلف: ۱- آمار ایستگاه هیدرومتری، ۲- استفاده از فرمول‌های تجربی و ۳- تعیین سرعت جریان رودخانه با استفاده از روابط تجربی و خصوصیات مقطع اندازه‌گیری مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۱-۲ آمار ایستگاه‌های هیدرومتری

در صورتی که ایستگاه‌های هیدرومتری از تجهیزات کافی برخوردار بوده و در محل مناسبی احداث شده باشند و در ضمن تجهیزات آنها سالم و بدون عیب بوده و آماربرداری نیز در زمان مناسب انجام گیرد، مطمئن‌ترین و مناسب‌ترین شیوه جهت برآورد حجم و دبی سیلاب، استفاده از آمار این ایستگاه‌ها است. خوشبختانه در نقاط مختلف حوضه کارون شمالی تعدادی ایستگاه هیدرومتری احداث شده است که ۸ مورد از آنها به نام‌های گدارکبک، مرغک، تنگ درکش ورکش، زرین درخت، ارمند، کوه سوخته، پل کرویس و دزک از نوع ایستگاه هیدرومتری ثابت با تجهیزات اسل، تلفریک و لیمنوگراف می‌باشند که به ترتیب بر روی رودخانه‌های اقبالاغ، بازفت، جونقان، خان میرزا، کارون، کیار، ونک و کوه‌رنگ نصب شده‌اند. هر چند به دلیل آب‌گرفتگی تعدادی از ایستگاه‌های

جدول ۵- حداکثر دبی سیلابی برآورد شده به کمک روابط تجربی (مترمکعب بر ثانیه)

| روش | آقبلاغ | بازفت | بیرگان | جونقان | خان میرزا | کارون | کیار | ونک |
|---------------|--------|--------|--------|--------|-----------|---------|--------|--------|
| فولر | ۲۱۴ | ۲۲۷۸/۳ | ۸۴۴/۴ | ۲۹۰/۸ | ۱۶۳/۶ | ۱۷۶۶/۲ | ۷۰۷/۲ | ۷۲۳/۲ |
| کریگر | ۱۳۶۷/۹ | ۲۵۷۰/۶ | ۱۳۲۵/۵ | ۱۶۹۰/۰ | ۱۱۲۶/۰ | ۴۶۶۹/۹ | ۲۹۱۳/۷ | ۲۹۲۸/۸ |
| جارویس - مایر | ۴۲۵۸/۱ | ۸۲۹۸/۰ | ۴۱۲۹/۴ | ۵۲۶۸ | ۳۵۲۵/۱ | ۱۷۴۷۲/۰ | ۹۵۱۳/۲ | ۹۶۵۸/۰ |



نمودار ۵- حداکثر دبی اندازه گیری شده در ایستگاه‌های هیدرومتری

$$A = \text{مساحت حوضه (km}^2\text{)}$$

$$Q = 46CA^{0.8948} \quad (4)$$

نتایج حاصل از این روش نیز در جدول ۵ ارائه گردیده است. همچنین نمودار ۵ مقدار دبی سیلابی به دست آمده از روش‌های مذکور را نشان می‌دهد.

که در آن: $Q = \text{دبی سیل (cfs)}$

$A = \text{مساحت حوضه (mile}^2\text{)}$

$C = \text{ضریب مربوط به حوضه}$

مقدار C برای نواحی مختلف زاگرس ۶۰-۲۵ برآورد گردیده است [۷]. در این بررسی مقدار دبی سیل برای حداقل مقدار مزبور برآورد گردید که نتایج به دست آمده برای $C=25$ در جدول ۵ ارائه گردیده است. برای $C=60$ مقادیر دبی سیل ۲/۴ برابر مقادیر مربوط به $C=25$ می‌باشند.

۲-۲-۳ رابطه جارویس - مایر

در این روش دبی حداکثر سیلاب از رابطه (۵) به دست می‌آید [۷].

$$Q = 175/6QA \quad (5)$$

که در آن:

$Q = \text{دبی سیلاب (m}^3\text{/s)}$ و

$$V = (R^{2/3} S^{1/2}) / n \quad (6)$$

که در آن $V = \text{سرعت جریان آب (m/s)}$ ، $n = \text{ضریب زبری مانینگ}$ ، $R = \text{شعاع هیدرولیکی}$ و $S = \text{شیب رودخانه می‌باشد}$.
آنگاه مقدار دبی سیلابی از رابطه (۷) به دست می‌آید.

$$Q = A.V \quad (7)$$

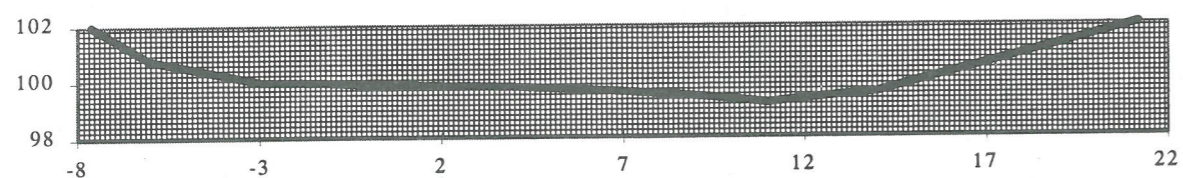
که در آن $Q = \text{دبی سیلابی (m}^3\text{/s)}$ ، $A = \text{سطح مقطع جریان (m}^2\text{)}$ و $V = \text{سرعت جریان (m/s)}$ می‌باشد.

در این روش برای تعیین دبی سیلاب در هر مقطع از رودخانه ابتدا بررسی‌های لازم به منظور تعیین داغ آب در زمان حداکثر دبی سیلاب صورت پذیرفت. سپس با انجام عملیات نقشه برداری و تهیه پروفیل عرضی از سه مقطع مجزا به فواصل ۵۰ متر در یک بازه حدوداً ۱۰۰ متری که ویژگی‌های کناره و بستر رودخانه در آن فاصله یکنواخت باشد، سطح مقطع جریان، محیط خیس شده، شعاع هیدرولیکی و شیب جریان تعیین گردید. لازم به ذکر است که در رابطه فوق بجای S مقدار شیب خط جریان که از شیب خط داغ آب به جا مانده قابل

اندازه گیری است قرار داده شده است. مقدار ضریب مانینگ نیز با توجه به خصوصیات بستر رودخانه و استفاده از جداول مزبور استخراج گردید [۸]. نمونه‌ای از پروفیل مقاطع عرضی برداشت شده در شکل ۱ نشان داده شده است. بر اساس اندازه گیری‌های به عمل آمده در ۱۰ رودخانه واقع شده در حوضه کارون شمالی، مقدار حداکثر دبی سیلابی برای رودخانه‌های مزبور تعیین گردید که نتایج به شرح جدول ۶ و نمودار ۶ می‌باشد.

۳- میزان خسارت

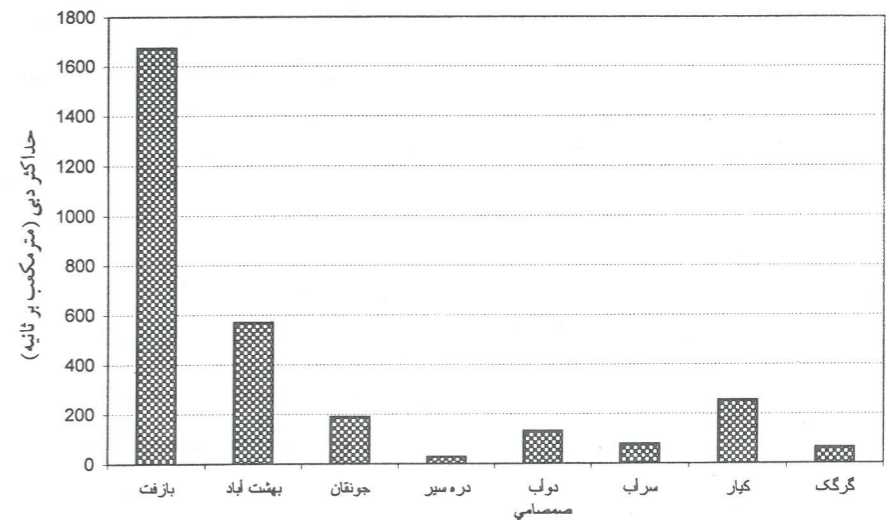
بر اساس آمار کسب شده از سوی ستاد حوادث استان، میزان خسارات مستقیم ناشی از سیلاب‌های مزبور بیش از ۷۰ میلیارد ریال بوده است که اگر خسارات غیر مستقیم نظیر کاهش عمر مفید سدها بر اثر انباشته شدن رسوبات در مخازن آنها و همچنین فرسایش و شسته شدن خاک حاصلخیزی سطحی و کاهش حاصلخیزی خاک سطح حوضه رانیز به آنها اضافه کنیم ارقام خسارت سرسام‌آور خواهد بود. خسارت بر اثر



شکل ۱- پروفیل مقطع عرضی رودخانه دوآب صمصامی

جدول ۶- مقادیر دبی حداکثر برآورد شده بر اساس خصوصیات هیدرولیکی رودخانه (مترمکعب بر ثانیه)

| رودخانه | بازفت | بهبشت آباد | جونقان | دره سیر | دوآب صمصامی | سراب | کیار | گرگک | هارونی |
|--|-------|------------|--------------|-------------|-------------|----------|-------------------|---------|--------|
| محل اندازه گیری | مورز | تنگ درکش | ایستگاه ورکش | انتهای حوضه | دزک | فیل آباد | ایستگاه هیدرومتری | پردنجان | هارونی |
| مساحت حوضه (km ²) | ۱۱۴۵ | ۳۸۳۴ | ۹۰۰ | ۷۰ | ۱۹۸ | ۱۳۵ | ۲۹۳۵ | ۳۶۶ | ۲۷۴ |
| n | ۰/۰۴ | ۰/۰۴ | ۰/۰۳ | ۰/۰۵ | ۰/۰۴ | ۰/۰۴ | ۰/۰۵ | ۰/۰۳ | ۰/۰۳ |
| V (m/s) | ۷/۹ | ۳/۵ | ۱/۵ | ۱/۵ | ۲/۳ | ۱/۷ | ۴/۹ | ۱/۶ | ۱/۴ |
| حداکثر دبی سیلابی | ۱۶۷۳ | ۵۷۰/۵ | ۱۸۸/۸ | ۲۶/۶ | ۱۳۰/۶ | ۷۶/۸ | ۲۵۴/۸ | ۶۲/۸ | ۴۲/۰ |
| دبی ویژه سیلابی (m ³ /s-km ²) | ۱/۴۶ | ۰/۱۵ | ۰/۲۱ | ۰/۳۸ | ۰/۶۶ | ۰/۵۷ | ۰/۰۹ | ۰/۱۷ | ۰/۱۵ |



نمودار ۶- مقادیر دبی حداکثر برآورد شده بر اساس خصوصیات هیدرولیکی رودخانه

سیلاب‌های اخیر عمدتاً به زیربنای اقتصادی وارد آمده که اهم آنها به شرح ذیل می‌باشد:

- ۱- کشته شدن ۸ نفر انسان؛ ۲- تخریب جاده‌ها، پل‌ها، اماکن مسکونی، بندهای انحراف آب، کانال‌های آبیاری و زهکشی، ایستگاه‌های پمپاژ، سدهای خاکی، تأسیسات پرورش ماهی و...؛ ۳- تلفات تعداد بیشماری از احشام و دام‌های عشایر و روستائیان؛ ۴- انباشته شدن رسوبات بر روی اراضی کشاورزی و نابودی محصولات؛ ۵- فرسایش شدید در کناره رودخانه‌ها و از بین رفتن اراضی کشاورزی و باغها در حاشیه آنها؛ ۶- انباشته شدن حجم زیادی از رسوب در مخازن سدها؛ ۷- عدم امکان آبرسانی به بخش وسیعی از اراضی کشاورزی به

دلیل تخریب و از بین رفتن بندهای انحرافی، کانال‌ها و ایستگاه‌های پمپاژ و به تبع آن نابودی محصولات کشاورزی.

میزان خسارت ناشی از سیلاب‌های اخیر بر اساس آمار منتشر شده از سوی ستاد حوادث استان چهارمحال و بختیاری به شرح جدول ۷ می‌باشد.

بحث و نتیجه گیری

در یک جمع‌بندی کلی از علل و عوامل مؤثر بر شمرده شده در وقوع سیلاب‌های اخیر و با توجه به علانم و شواهد، بارش به صورت باران با شدت زیاد و مدت طولانی، همزمانی بارش و ذوب برف و پوشش گیاهی ضعیف در سطح

جدول ۷- میزان خسارات وارد شده در طی سیل‌های سال ۷۶-۷۷ در استان چهارمحال و بختیاری (میلیون ریال)

| ردیف | شهرستان | خسارت واحدهای مسکونی | | | میزان خسارت تأسیسات زیربنایی | | خسارت کشاورزی | | تلفات انسانی | جمع کل خسارت |
|------|---------|----------------------|---------|-------------|------------------------------|---------------|---------------|-------|--------------|--------------|
| | | میزان شهری | روستایی | میزان خسارت | میزان | مقدار (هکتار) | میزان | تعداد | | |
| ۱ | فارسان | ۷۴۱ | - | ۳۲۶۰ | ۷۲۳۰ | ۵۷۰۰ | ۴۲۰۰ | ۱۲۰۰ | ۵ | ۱۵۴۹۰ |
| ۲ | اردل | ۱۳۰۰ | ۳۲ | ۷۰۹۹ | ۶۱۵۰ | ۵۰۰۰ | ۵۲۰۰ | ۴۰۰ | ۳ | ۱۸۷۴۹ |
| ۳ | لردگان | ۴۸۰ | ۴۵ | ۲۵۶۷ | ۴۵۶۰ | ۴۰۰۰ | ۶۲۰۰ | - | - | ۱۳۳۲۷ |
| ۴ | بروجن | ۳۴۵ | ۳۲ | ۱۷۱۰ | ۳۵۰۰ | ۳۵۰۰ | ۶۵۰۰ | ۹۵۰ | ۱۵۰۰ | ۱۳۲۱۰ |
| ۵ | شهرکرد | ۳۸۰ | ۷۶ | ۲۶۵۰ | ۳۴۰۰ | ۵۰۰۰ | ۴۴۲۸ | ۳۵۰ | ۶۰۰ | ۱۱۰۷۸ |
| ۶ | جمع | ۳۲۴۶ | ۱۸۵ | ۱۷۲۸۶ | ۳۴۸۴۰ | ۲۳۲۰۰ | ۲۶۵۳۸ | ۲۹۰۰ | ۳۲۰۰ | ۷۱۸۵۴ |

حوضه‌ها نسبت به سایر عوامل تأثیر بیشتری داشته‌اند. همچنین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که بسیاری از عوامل مزبور در حیطه اختیارات انسان نیست ولی بعضی از عوامل که نتیجه عملکرد خود اوست در قلمرو اختیارات وی بوده و قادر به تغییر وضعیت آنها می‌باشد. یکی از این عوامل پوشش گیاهی در سطح حوضه می‌باشد که بر اثر عملکرد ناصحیح به شدت آسیب پذیر است. لذا مناسب‌ترین و مؤثرترین راه برای پیشگیری از وقوع سیل، احیاء پوشش گیاهی و حفاظت از جنگل‌ها و مراتع با عملیات بذرکاری، بذرپاشی، جنگل‌کاری، حفاظت و قرق، کنترل دام در مراتع و جلوگیری از چرای زودرس می‌باشد. چراکه پوشش گیاهی به صورت گوناگون نظیر افزایش نفوذپذیری خاک، محافظت خاک در برابر ضربه قطرات باران، مقاومت در برابر جریان آب و کاهش سرعت رواناب، کاهش فرسایش آبی و بادی، گیرش بخشی از بارش به صورت برگاب و غیره به نفوذ و نگهداری آب در خاک کمک نموده و در نتیجه از به وجود آمدن سیل ممانعت کرده و یا از حجم و شدت آن به مقدار زیادی می‌کاهد.

علیرغم اهمیت و نقش مؤثر پوشش گیاهی در پیشگیری از بروز سیل، در بسیاری از موارد به دلیل فراهم شدن یکسری عوامل غیر قابل کنترل نظیر شدت، مدت و میزان بارندگی، ذوب ناگهانی برف و غیره، وقوع سیل اجتناب‌ناپذیر است که باید با اعمال مدیریت آبخیزداری در حوضه‌ها و اجرای عملیات مناسب نظیر احداث سدهای خاکی، بندهای سنگی ملاتی و توری سنگی، بانکت‌بندی، شخم در جهت عمود بر شیب و

منابع و مراجع

- ۱- قطره، م، ۱۳۷۷، مجموعه بولتن‌های تحلیلی بروضعیت آب و هوایی استان چهارمحال و بختیاری، اداره کل هواشناسی استان.
- ۲- رئیس‌یان، ر، ۱۳۷۶، طرح ملی جمع‌آوری و بررسی اطلاعات به منظور تهیه شناسنامه حوضه‌های آبخیز استان چهارمحال و بختیاری.
- ۳- وزارت کشاورزی، ۱۳۶۷، طرح مطالعات جامع احیاء و توسعه کشاورزی و منابع طبیعی حوزه آبخیز شمالی رودخانه کارون، جلد هشتم، گزارش مرتع.
- ۴- وزارت کشاورزی، ۱۳۶۷، طرح مطالعات جامع احیاء و توسعه کشاورزی و منابع طبیعی حوزه آبخیز شمالی رودخانه کارون، جلد اول، گزارش سنتز.
- ۵- وزارت نیرو، ۱۳۷۸، اداره کل امور آب استان چهارمحال و بختیاری - اداره آب‌های سطحی، آمار ایستگاه‌های هیدرومتری.
- ۶- وزارت نیرو، ۱۳۶۹، طرح جامع آب کشور، گزارش منابع آب‌های سطحی در حوضه آبریز کارون و دز، مهندسین مشاور جاماب.
- ۷- نجمایی، م، ۱۳۶۸، هیدرولوژی مهندسی، انتشارات سارا، جلد دوم، ۶۰۸ صفحه.
- ۸- نجمایی، م، ۱۳۶۳، هیدرولیک کاربردی، انتشارات دانشگاه علم و صنعت، جلد اول، چاپ دوم.

غیره تا حد امکان سیلاب را کنترل کرد، در وقوع آن تأخیر ایجاد نمود و یا از شدت آن کاست. در نهایت با ساماندهی رودخانه‌ها و مسیل‌ها، سیلاب را در مسیر مناسب هدایت نمود و با تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیل و جلوگیری از ساخت و ساز و احداث هر نوع ابنیه در مسیر و حریم رودخانه‌ها و توجه به اصول و رفتار جریان آب رودخانه در طراحی و احداث بناهایی نظیر پل، بندهای انحرافی و ایستگاه‌های پمپاژ از بروز خسارات و تلفات ناشی از سیل جلوگیری بعمل آورد.

نتایج به دست آمده از محاسبه مقدار دبی حداکثر سیلاب به کمک روابط تجربی، مقادیر اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های هیدرومتری و استفاده از خصوصیات هیدرولیکی رودخانه‌ها نشان داده است که روش فولر نسبت به دو روش دیگر مقادیر واقعی تری به دست می‌دهد. لذا برای تعیین دبی حداکثر در حوضه‌های فاقد ایستگاه این روش پیشنهاد می‌شود.

قدردانی

لازم می‌دانم از مسئول محترم اداره آب‌های سطحی اداره کل امور آب استان جناب آقای مهندس طیبی نسب و همچنین از سرپرست محترم اداره کل هواشناسی استان جناب آقای مهندس قطره که در ارائه آمار و اطلاعات ایستگاه‌های هیدرومتری و هواشناسی همکاری صمیمانه‌ای مبذول فرموده‌اند و همچنین از آقای حسنعلی قاسمی تقدیر و تشکر بعمل آورم.