

تجزیه و تحلیل ژئومورفولوژیکی سیل در حوضه انتهایی رود کر با تاکید بر مدیریت سیل

سعیده ایزدی*

دکتر زین العابدین جعفرپور**

دکتر حیدر قادری***

تجزیه و تحلیل ژئومورفولوژیکی سیلاب در حوضه انتهایی رود کر با تاکید بر مدیریت

چکیده:

منطقه مورد مطالعه در استان فارس و بین عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۲۲ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۵۳ دقیقه و طول شرقی ۵۲ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۲۸ دقیقه واقع شده و ۲۱۴۵ کیلومتر مربع وسعت دارد. توزیع نامناسب مکانی و زمانی بارندگی از یکطرف با سیل‌های مخرب و از طرف دیگر با خشکسالی‌های متناوب روبه‌رو می‌باشد که تأثیرات اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی گوناگونی را سبب می‌شود. در این تحقیق عوامل ژئومورفولوژیکی موثر بر سیل و مدیریت آن در حوضه مورد مطالعه بررسی شده و با تحلیل این عوامل، راهکارهای مناسب جهت کاهش خسارات ارائه شده است. برای برآورد مقدار رواناب تولیدی از روش شماره منحنی رواناب (CN) اداره حفاظت خاک آمریکا (SCS) استفاده گردید. برای این منظور ابتدا داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز شامل آمار وضعیت اقلیم منطقه، نقشه‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی و خاک؛ عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای جمع‌آوری و وارد سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) گردید. با تلفیق این داده‌ها و اطلاعات، نقشه پتانسیل سیل‌خیزی حوضه تهیه گردید. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که احتمال وقوع سیل در منطقه مورد مطالعه بالا است و در فصل زمستان بیشترین احتمال وقوع سیل وجود دارد که علت آن را می‌توان به خصوصیات بارندگی در این منطقه دانست و همچنین سیلاب‌های این فصل بیشترین زمان‌های تداوم، اوج و فروکش سیل را به خود اختصاص می‌دهند.

واژگان کلیدی: سیلاب، مدیریت، روش SCS، سیستم اطلاعات جغرافیایی، رود کر.

* کارشناس ارشد ژئومورفولوژی farslar87@yahoo.com

** مدرس مدعو دانشگاه آزاد اسلامی واحد لار

*** هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد لار

تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۲/۱۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۹/۶/۱۰

مقدمه:

بلایای طبیعی همواره در طول حیات بشر وجود داشته و در آینده نیز وجود خواهد داشت. وقوع حوادثی نظیر سیل، زلزله، توفان، در اغلب موارد تأثیرات مخربی بر سکونتگاه‌های انسانی گذارده و تلفات سنگینی بر آنان وارد ساخته است. می‌توان گفت علیرغم پیشرفت‌های دانش بشری در بسیاری از زمینه‌ها، بلایای طبیعی کماکان به عنوان پدیده‌ای مهارنشدنی تلقی می‌شود (هجرتی ۱۳۸۵: ۴). امروزه اعمال روش‌های مدیریتی برای کاهش خطرات سیل، شناسایی و تحقیقات مرتبط با کاهش بلای سیل را ضرورت می‌بخشد. گاهی سیل‌ها اثرات ویرانگر بر زندگی سکونتگاه‌ها و فعالیت‌های انسانی دارند؛ به همین دلیل مطالعه پیرامون اثرات مخرب سیل، حائز اهمیت می‌باشد. در این راستا سازمان ملل متحد بر اساس پیشنهاد نشست مجمع عمومی، دهه پایانی قرن ۲۰ را دهه بین‌المللی کاهش خطرات طبیعی نام‌گذاری کرد. بین سال‌های ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۳ بیش از ۲/۵ میلیارد انسان تحت تأثیر سیلاب‌ها، زلزله‌ها، تندبادها و دیگر حوادث طبیعی جهان بوده‌اند که نسبت به دو دهه پیش افزایش شصت درصدی داشته است. دیگر بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که خسارت‌های مالی در سال ۲۰۰۴، بیش از همه سال‌های تاریخ بوده و پرهزینه‌ترین سال را برای بیمه‌گران جهانی رقم زده است (Buckle, 2007).

در سال‌های اخیر فعالیت‌های انسانی در روستای توسعه مناطق باعث تأثیرگذاری بر الگوهای آب و هوای و نتایج تغییر اقلیم و تغییر الگوهای آب و هوا و اثر تغییر اقلیم، سبب تغییر در الگوی حرکت آب در نهرها و رودها گشته و در نتیجه خطر سیلاب‌های ناگهانی^۱ و سیلاب‌های رودخانه‌ای^۲ افزایش یافته است. چنین سیلاب‌هایی منجر به آسیب‌های گسترده در سراسر جهان می‌شوند که خسارات اقتصادی زیادی به اکوسیستم‌های طبیعی و انسان ساخت وارد می‌کنند. لذا مسئله سیلاب در اکثر کشورها امری مهم تلقی شده مطابق آمار تهیه شده توسط سازمان ملل متحد در میان بلایای طبیعی، سیل و طوفان بیشترین تلفات و خسارات را به جوامع بشری وارد آورده‌اند، به گونه‌ای که تنها در یک دهه اخیر منتهی به سال ۲۰۰۰ میلادی، میزان خسارات ناشی از سیل و طوفان بالغ بر ۲۱ میلیارد دلار در مقابل ۱۸ میلیارد دلار خسارت ناشی از زلزله بوده است (Buckle, 2007). در ایران نیز رشد ۲۵ درصدی خسارات ناشی از سیل در دهه اخیر لزوم توجه بیشتر به این مقوله را آشکار می‌سازد. اساس اطلاعات موجود طی سال‌های ۱۳۳۰ تا ۱۳۷۰ نزدیک به ۱۲۴ میلیارد تومان خسارت سیل‌های مهم کشور بوده است که ۵۵ درصد آن مربوط به سال‌های ۱۳۶۰ تا ۱۳۷۰ می‌باشد (وطن‌فدا، ۱۳۸۶). بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که افزایش وقوع سیل در دهه ۱۳۷۰ نسبت به دهه ۱۳۴۰ حدود ده برابر شده است که خسارت ناشی از آن، به بخش کشاورزی یکی از مهم‌ترین ارقام خسارت سیل در ایران است. به همین منظور مشکلات موجود در ارتباط با سیل و اهمیت مبارزه و مهار آن لزوم ارایه روش‌های کاربردی را ضروری می‌سازد. تحقیقات انجام شده و منابع و اطلاعات موجود در زمینه

¹ - Flash Floods

² - Riverine Floods

کنترل و بهره‌وری از سیلاب، آگاهی و فنون لازم را جهت شناسایی عوامل و انجام این مهم، برای کاهش صدمات ناشی از سیل، در اختیار قرار می‌دهد تا ضمن استفاده از مطالعات اولیه و کسب اطلاعات مورد نیاز، شناخت عوامل موثر در بروز سیل و ارایه راه حل‌ها و دستورالعمل‌های مناسب امکان پذیر شود (روغنی ۱۳۸۵: ۴). منطقه مورد مطالعه از نظر ژئومورفولوژیک به علت کوهستانی بودن ناحیه مناسبی برای تشدید و گسترش سیل هم بدلیل اثرات کوهستان در انتقال و صعود توده هوای مرطوب و هم به دلیل افزایش شیب و تشکیل رواناب می‌باشد. در این رابطه هدف اصلی تحقیق شناخت سیلاب‌های منطقه و مسائل آن و یافتن راه حل‌ها و رویکردها به منظور کاهش خسارات ناشی از آن و استفاده بهینه از سیلاب-های منطقه می‌باشد و از آنجایی که در منطقه مورد مطالعه تحقیقات و مطالعات چندانی که منجر به شناسایی این عوامل گردند، صورت نگرفته؛ لذا این مطالعه و تحقیق می‌تواند کمک موثری به این منطقه بنماید.

پیشینه تحقیق:

به طور کلی مطالعات مربوط به سیل و روش‌های مدیریتی سیل از دهه ۱۹۳۰ آغاز شد؛ ابتدا صرفاً بر روش‌های ساختاری تاکید می‌شد؛ اما پژوهشگران طی زمان دریافتند که صرفاً روش‌های ساختاری (فیزیکی) قادر به کاهش خطرات ناشی از سیل نمی‌باشد و در دوره‌های اخیر ترکیبی از روش‌های ساختاری و غیر ساختاری با توجه به ویژگیهای منطقه مورد مطالعه، مورد استفاده قرار گرفت. در این راستا مطالعات فراوانی در سطوح جهانی صورت گرفته که برخی از آنها اشاره می‌شود. Zhai و همکاران (۲۰۰۹ و ۲۰۱۰) با ارزیابی چند معیاری مدیریت سیلاب در ژاپن نشان داد که ارزیابی چند معیاری با استفاده از یک رویکرد تجربی گزینش بیش از سایر روش‌های ارزش‌یابی تصادفی، تحلیل جامع‌تری انجام می‌دهد. همچنین Treby (۲۰۰۶)، Schmid در ۲۰۰۶، Cooper در ۲۰۰۹، Graeme (۲۰۰۶) و Oswald (۲۰۰۷) و از مطالعات انجام شده پیرامون سیل در نواحی سیل خیز ایران می‌توان به تحقیق جعفری (۱۳۸۶) نقش مطالعات ژئومورفولوژیک در مدیریت بلایای طبیعی (سیل) و وزین (۱۳۸۶) با عنوان نقش دانش بومی ونوین در کاهش آسیب‌های محیطی در روستاهای بخش خورش رستم اشاره کرد. همچنین امیدوار و غضبان (۱۳۸۵) و سازمان مدیریت و برنامه ریزی (۱۳۸۷) مدیریت بحران سیل و عوامل وقوع سیلاب را بررسی نمودند.

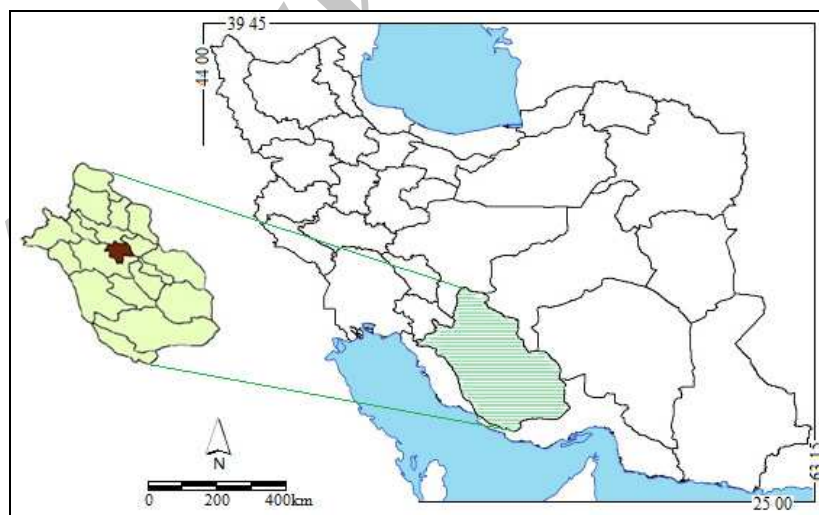
داده‌های روش‌ها:

در این تحقیق ابتدا عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ سال ۱۳۳۴ از سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح و تصاویر ماهواره‌ای ETM سال ۲۰۰۲ منطقه ژئورفرنس تهیه و مسیر رودخانه در محیط Arc GIS تحلیل گردید. در ادامه عوامل موثر بر سیلاب شناسای و به تحلیل آنها پرداخته شد سپس و با استفاده از اطلاعات به دست آمده در خصوص مشخصات هندسی رودخانه، مسیرهایی از رودخانه که الگوی آنها تغییر کرده، مشخص گردید و عوامل و متغیرهای موثر در سیل خیزی رودخانه مانند دبی جریان و دبی رسوب، رژیم سیلابی، جنس مواد بستر و کناره‌ها، پوشش گیاهی و عوامل انسانی تاثیرگذار در بازه‌های مورد مطالعه، با هم مقایسه شدند. به این منظور از دو دسته داده‌ها استفاده شده است: دسته اول داده‌های اقلیمی که برای تعیین

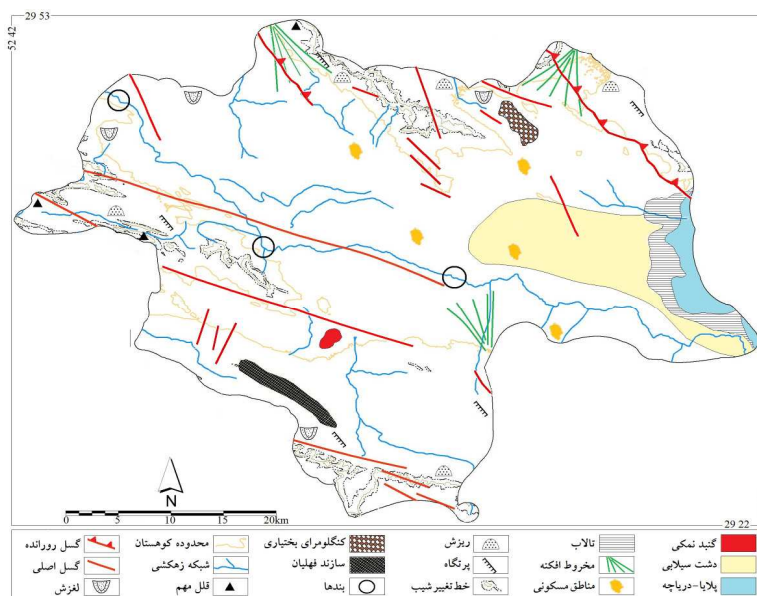
میزان بارش و دمای حوضه و طبقه بندی اقلیمی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. دسته دوم داده‌های مربوط به هیدرولوژی حوضه می‌باشند که در محاسبه دبی حوضه از آنها استفاده به عمل آمده است. جهت تعیین چنس خاک های منطقه از نقشه خاک کشور، جهت محاسبه رواناب ودبی رود از روش پیشنهادی سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) استفاده شده است. جهت تجزیه و تحلیل داده ها در محیط Excel و ترسیم نقشه و برآورد میزان متوسط بارش و دما در فصول مختلف در نرم افزار Arc GIS 9.3 صورت گرفته است. برای تعیین ارتفاع و شیب حوضه و رودخانه نیز از مدل ارتفاعی رقومی (DEM) منطقه استفاده شده است . در نهایت نتایج حاصله، تجزیه و تحلیل گردیده‌اند.

محدوده مورد مطالعه:

منطقه مورد مطالعه یکی از زیر حوضه‌های رود کر می‌باشد که بین ۵۲ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۵۳ درجه ۲۸ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۲۲ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۵۳ دقیقه عرض جغرافیایی و در شمال شرق شهر شیراز، در محدوده بخش‌های مرودشت، کربال و خرامه واقع شده است (شکل‌های ۱ و ۲). محدوده حوضه رود کر از دریاچه بختگان و طشک تا مهارلو دارای مساحتی معادل ۲۱۴۵/۴ کیلومتر مربع می‌باشد. طول رودخانه اصلی این حوضه (رود کر) بدون انشعابات برابر ۹۴/۶ کیلومتر و با احتساب انشعابات برابر ۱۳۵/۴۹ کیلومتر است. شیب رودخانه اصلی ۰/۰۲۱ درصد و شیب متوسط حوضه ۲/۵۵ درصد محاسبه شده و الگوی زهکشی آن از نوع پر مانند (خطی) است. مجموع بارش دریافتی سالانه حوضه بطور متوسط برابر ۳۶۰/۶ میلیمتر می‌باشد. در (شکل ۲) نقشه ژئومورفولوژی محدوده مورد مطالعه نمایش داده شده است.



شکل ۱) موقعیت محدوده مورد مطالعه در استان فارس



شکل ۲) نقشه ژئومورفولوژی محدوده مورد مطالعه

تجزیه و تحلیل:

حداکثر دبی رودخانه پس از بارش در رابطه با سیلاب:

جهت محاسبه حداکثر دبی رواناب از طریق معادله استدلالی، حداکثر دبی لحظه‌ای با این فرض محاسبه می‌شود که مدت بارندگی برابر زمان تمرکز حوضه باشد. یعنی حداکثر شدت بارانی که مدت آن برابر زمان تمرکز حوضه است در فرمول لحاظ می‌شود. بنابر معادله زیر چنانچه بارانی با شدت I روی حوضه‌ای به مساحت A ببارد، با فرض اینکه بارندگی تمام سطح حوضه را در بر بگیرد، حداکثر دبی رواناب با توجه به ضریب رواناب C برابر با Q خواهد بود. حداکثر دبی رواناب:

$$Q = 1/36 C * i * A$$

در رابطه فوق I شدت بارندگی بر حسب سانتی متر بر ساعت، A مساحت حوضه به هکتار، C ضریب رواناب و Q حداکثر دبی رواناب است که به متر مکعب در ثانیه بدست می‌آید.

چنانچه شدت بارندگی بر حسب میلیمتر در ساعت و مساحت حوضه بر حسب کیلومتر مربع باشند دبی

خروجی بر حسب متر مکعب در ثانیه عبارت خواهد بود از:

$$Q = 0.278 C * i * A$$

بدین ترتیب برای حوضه مورد نظر توجه به شیب حوضه، بافت خاک و کاربری اراضی منطقه، ضریب

رواناب (C) برابر $0/35$ محاسبه شده است. مساحت حوضه نیز برابر $2145/400$ کیلومتر مربع (2145400 هکتار) است. با توجه به این مساله که بیشترین بارش دریافتی در طی سالهای اخیر برابر 69 میلیمتر بوده

است، شدت این بارندگی با توجه به فرض برابری مدت بارش با ضریب تمرکز حوضه به میزان 4

میلیمتر (۰/۴ سانتیمتر) در ساعت محاسبه می‌شود؛ به علاوه اینکه مساحت حوضه تا محدوده ایستگاه خیرآباد برابر ۱۰۵۲۳۰۰ هکتار می‌باشد. بدین ترتیب دبی رود کر برای ایستگاه خیرآباد پس از این مقدار بارش عبارت خواهد بود از:

$$Q = 1/36 * 0.35 * 0.4 * 1052300 = 4095.55 \text{ m}^3/\text{s}$$

بدین ترتیب با بارش دریافتی معادل ۴ میلیمتر در ساعت به مدت ۱۷ ساعت (زمان تمرکز ایستگاه خیرآباد) دبی معادل برابر ۴۰۹۵/۵۵ متر مکعب بر ثانیه خواهد بود. با فرض همین مقدار بارش، در سایر ایستگاهها دبی معادل تا ۸۳۴۹ متر مکعب بر ثانیه بالا می‌رود (جدول ۱). با توجه به اینکه این مقادیر از بیشترین سیل که در سال آبی ۱۳۵۶-۵۷ با ۱۴۶۶ متر مکعب در ثانیه اندازه‌گیری شده، بیشتر است؛ پتانسیل بالایی حوضه تحت تاثیر بارش‌های شدید و رگباری مطالعه نمایان است.

جدول ۱) حداکثر دبی محاسبه شده با توجه به حداکثر بارش دریافتی

نقطه اندازه گیری	مساحت حوضه تا ایستگاه (هکتار)	حداکثر دبی محاسبه شده (متر مکعب در ثانیه)
مصوب رودخانه	۲۱۴۵۴۰۰	۸۳۴۹
ایستگاه جهان آباد خرامه	۲۰۳۷۲۳۵	۷۹۲۸
ایستگاه خرامه	۱۷۸۹۴۰۰	۶۹۶۴
ایستگاه خیرآباد	۱۰۵۲۳۰۰	۴۰۹۵

بررسی رابطه رژیم آبی با رژیم بارش در منطقه به خوبی همبستگی میان بارش و دبی را در حوضه نشان می‌دهد. به عبارتی باید گفت که دبی رودخانه تابعی از متغیر بارش در منطقه است که امکان ذخیره آب در لایه‌های زیرین و یا جریان سطحی آنرا باعث می‌شود. در ماههای زمستان که میزان بارندگی به حداکثر خود می‌رسد، دبی رودخانه نیز به بیشترین مقدار خود می‌رسد. با شروع اردیبهشت یکباره کاهش محسوسی در مقدار بارش و به تبع آن در مقدار دبی مشاهده می‌شود. کاهش شدید بارش از خرداد تا مهرماه با افت شدید دبی در این ماهها همراه است که نشان دهنده وجود همبستگی کامل میان این دو پدیده طبیعی است.

زمان تاخیر و زمان تمرکز رود کر:

در این تحقیق، نقاط تمرکز به ترتیب ایستگاه‌های خیرآباد، خرامه، جهان آباد خرامه و نقطه پایانی رود کر می‌باشند. بر این اساس با استفاده از روش SCS^۱ ابتدا زمان تاخیر محاسبه شده و سپس بر اساس آن زمان تمرکز نیز محاسبه می‌گردد. روش تخمین زمان تمرکز بر اساس روابط زیر است:

محاسبه زمان تاخیر:

^۱ Soil Conservation Service

$$L = [1^{0.8} * (S+1)^{0.7}] / [1900 * y^{0.5}]$$

$$S = (1000 / CN) + 1$$

محاسبه زمان تمرکز بر اساس زمان تاخیر:

$$t_c = (5/3) * L$$

بر اساس رابطه بالا، (L) زمان تاخیر^۱، (l) طول رودخانه بر حسب فوت، (y) شیب حوضه به درصد، (CN)^۲ عدد منحنی که به ویژگی‌های فیزیکی حوضه وابسته است و (t_c) نیز زمان تمرکز حوضه می‌باشد. برای حوضه رود کر با توجه به جنس خاک و ویژگی‌های سطحی منطقه عدد منحنی برابر ۷۵ محاسبه گردید. با توجه به شیب متوسط حوضه برای سه ایستگاه خیرآباد، خرامه و جهان آباد خرامه و طول آبراهه اصلی، زمان تمرکز و تاخیر محاسبه شده به شرح زیر می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۲) زمان تاخیر و تمرکز در ایستگاههای مختلف

نقطه اندازه گیری	زمان تاخیر (دقیقه : ساعت)	زمان تمرکز (دقیقه : ساعت)
مصب رودخانه	۲۲:۳۶	۳۹:۳۷
ایستگاه جهان آباد خرامه	۲۰:۴۵	۳۴:۳۶
ایستگاه خرامه	۱۸:۴۲	۳۱:۰۶
ایستگاه خیرآباد	۱۰:۱۲	۱۷:۰۰

به این ترتیب در حوضه مورد مطالعه، انتظار وقوع سیلاب با توجه به جریان آب و شرایط دیگر حوضه مانند شیب، جنس زمین و بارش‌های رگباری محتمل است. اصولاً تاخیر در زمان دبی رودخانه رابطه مستقیمی با زمان ریزش‌های جوی و نوع ریزش دارد. بر اساس مطالعات انجام شده سه ماه تیر و مرداد و شهریور جزء خشک‌ترین ماههای حوضه می‌باشد. متوسط ریزش‌های جوی در این ماهها به حدی نیست که بتواند هرزآبهای سطحی داشته باشد؛ ولی در سایر ماهها کم و بیش دارای ریزش جوی می‌باشد. در مهر ماه علیرغم وجود بارندگی حداقل ماهانه، تأثیری در تغییر آبدهی رودخانه ندارد؛ چرا که بدلیل خشک بودن سطح حوضه در اواخر تابستان و اوائل پائیز و وضعیت توپوگرافی حوضه، ظرفیت ذخیره‌سازی در حوضه در حد بالایی قرار داشته و به همین دلیل در این ماه تغییری در دبی رودخانه‌ها بوجود نمی‌آید. با توجه به اینکه تقریباً ۹۱ درصد از کل بارش سالانه در ۶ ماه دوم سال رخ می‌دهد، نشان دهنده بارش‌های رگباری و شدید است که در مدت زمان کوتاه از چند ساعت تا یک روز در محدوده مطالعاتی رخ می‌دهد؛ به طوریکه در (جدول ۳) آمده است، بارش‌های شدید حوضه دبی‌های سیلابی را به وجود آورده‌اند. پیامد طبیعی این مساله بالا رفتن پتانسیل سیل خیزی است.

¹ Lag Time

² Curve Number

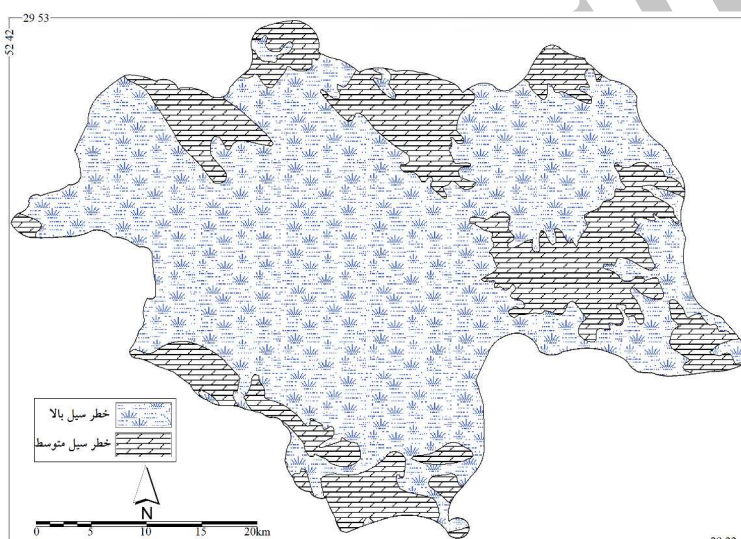
جدول ۳) رابطه بارش‌های سنگین حوضه و دبی‌های سیلابی (منبع: سازمان تامین منابع آب، آمار دبی و بارش روزانه ۱۳۸۵-۱۳۵۶)

ردیف	روز	ماه	سال	بارش به میلی‌متر	دبی (متر مکعب در ثانیه)
۱	۱۰	آذر	۱۳۶۵	۲۱۵	۳۹۶
۲	۱۱	آذر	۱۳۶۵	۲۱۴	۵۷۱/۵
۳	۱۷	بهمن	۱۳۷۳	۱۹۶	۵۷۲/۵
۴	۱۲	آذر	۱۳۶۵	۱۸۶	۴۰۶
۵	۲۱	دی	۱۳۸۰	۱۵۹	۲۱۷
۶	۱۸	دی	۱۳۸۲	۱۴۵	۳۰۹
۷	۱	دی	۱۳۵۶	۱۴۵	۵۴۲
۸	۲۶	آبان	۱۳۷۳	۱۴۱	۳۷۰
۹	۲۱	دی	۱۳۸۲	۱۳۶	۳۰۹
۱۰	۱۷	بهمن	۱۳۶۸	۱۳۵	۲۲۷/۵
۱۱	۳۰	آذر	۱۳۸۰	۱۲۷	۴۹۰
۱۲	۲۷	اسفند	۱۳۷۶	۱۲۵	۵۳۳

بررسی سیلاب‌های گزارش شده مبین این امر است که سیلاب‌های حوضه عمدتاً در ماه‌های بهمن تا فروردین و گاه به دفعات متوالی حتی در یک ماه اتفاق می‌افتد. در برخی موارد در ماه‌های آذر، دی و اردیبهشت هم وقوع سیل دیده شده است. بطور کلی می‌توان گفت در بالادست حوضه کر سیلاب‌ها در اثر ذوب برف بوده که وقوع رگبارها به ذوب برف و جاری شدن جریان کمک نموده بروز سیل را تشدید می‌کند، ولی در پایین دست حوضه کر، بیشتر رگبارها هستند که منشاء سیل شده و عمده سیلاب‌های این منطقه را جاری می‌سازند. به طور کلی شدت بارش در حوضه مورد مطالعه در حدی است که می‌تواند سیلاب‌های شدید راه‌اندازد و تراکم بارش در مقاطع کوتاه زمانی باعث سیل‌خیزی شدید و طغیان رودها شده و در نتیجه قدرت تخریبی زیادی در رودخانه کر بوجود می‌آید. در (شکل ۳) نمایی از رسوبات سیلابی در بند حسن آباد نشان داده شده است. در این رابطه با توجه به عواملی چون ارتفاع، شیب، سازندها و دبی نقشه سیل‌خیزی محدوده مورد مطالعه تهیه شده است (شکل ۴).



شکل ۳) نمایی از رسوبات سیلابی در محدوده مورد مطالعه (بند حسن آباد)



شکل ۴) نقشه سیل خیزی در حوضه مورد مطالعه

آنالیز آماری سیل‌ها:

برای بررسی توزیع سیل‌ها و تعیین میزان سیل دوره‌های مختلف، تجزیه و تحلیل‌ها برای ایستگاه احمد آباد و پل خان بر روی رودخانه کر با استفاده از توزیع‌های آماری گامبل^۱ و لوگ پیرسن تیپ سه^۲ صورت گرفته است (مهندسین مشاور یکم، ۱۳۷۷). توزیع‌های گامبل و لوگ پیرسن برای آنالیز پدیده‌هایی که به صورت مقادیر حداکثر^۳ مثل سیل و شدت رگبارها استفاده شده است. مقادیر حاصل از این توزیع‌ها برای دوره‌های برگشت مختلف به علت کوتاه بودن دوره آمار برداری اختلاف زیادی به همراه داشت که برای

^۱ GUMBEL

^۲ LOG PEARSON TYPE III

^۳ EXTRME VALUES

تعیین توزیع مناسب از روش سوم فوستر^۱ استفاده گردیده است. حداکثر آبدهی‌های سیلاب حاصل از این روش برای دوره‌های برگشت بیش از ۱۰ سال با ارقام حاصل از توزیع گامبل بسیار نزدیک بوده و استفاده از روش گامبل را برای تعیین حداکثر آبدهی ایستگاه‌ها توجیه و تأیید می‌کند. به این ترتیب سیل‌های یاد شده بر اساس روش گامبل توزیع شده و حداکثر آبدهی برای دوره‌های برگشت مختلف بر آورد گردید. پس از تعیین روش متناسب با توزیع سیل‌های منطقه (روش گامبل)، سیل‌های محاسبه شده از نظر آماری تجزیه و تحلیل گردیده و میزان سیل‌های محتمل حالات مختلف این ایستگاه‌ها در دوره‌های برگشت متفاوت بر آورد گردید که بر این اساس حداکثر آبدهی لحظه‌ای در دوره برگشت‌های مختلف بصورت زیر می‌باشد (جدول ۴).

جدول ۴) حداکثر آبدهی لحظه‌ای در دوره‌های بازگشت مختلف برای حوضه مورد مطالعه (مهندسین مشاور

یکم، ۱۳۷۷)

دوره بازگشت (سال)				روش آماری مورد استفاده
سال ۱۰۰	سال ۵۰	سال ۲۵	سال ۱۰	
۱۱۳۵	۹۷۵	۷۹۰	۵۵۰	گامبل
۲۶۵۰	۱۵۱۰	۸۰۰	۳۲۰	لوگ پیرسن

بر این اساس در روش گامبل حداکثر آبدهی لحظه‌ای ۲۵ ساله ۷۹۰ و حداکثر آبدهی ۵۰ ساله معادل ۹۷۵ متر مکعب در ثانیه متحمل خواهد بود؛ که نشان از پتانسیل بالای محدوده مورد مطالعه دارد.

بحث و نتیجه‌گیری:

شکل و موقعیت رودخانه کر در محدوده مورد مطالعه برآیندی از اثر متقابل و عملکرد شرایط اقلیمی، زمین‌شناسی و تکتونیک، توپوگرافی، هیدرولوژیکی و عوامل انسانی است. شرایط توپوگرافی و فیزیوگرافی حوضه باعث شده تا میزان رواناب حوضه در حد بالایی قرار گیرد. از طرفی دیگر پوشش گیاهی حوضه شامل جنگل‌ها و مراتع که خود عاملی در کاهش رواناب محسوب می‌گردند، طی سالهای گذشته بر اثر بی توجهی مورد تخریب قرار گرفته‌اند. حوضه انتهایی رود کر به ویژه نسبت به بارشهای سنگین بسیار ضربه پذیر است و امکان وقوع سیلاب با رگبارهای تند همواره وجود دارد. بنابراین با حفظ محیط طبیعی و اجرای برنامه‌های صحیح محیطی می‌توان از وقوع سیلاب‌های مخرب در این حوضه تا حد زیادی کاست. وقوع سیل‌های متوالی عظیم با آبدهی حداکثر لحظه‌ای زیاد و با حجم فراوان، شدت احتمال بروز خطرات جانی و لطمات و خسارات فراوان مالی را برای زارعین و ساکنان مناطق نشان داده و کنترل سیلابهای این رودخانه‌ها را لازم الاجرا می‌سازد.

با در نظر گرفتن اینکه سیلاب‌های اتفاق افتاده بیش از ظرفیت عبور رودخانه کر در این قسمت بوده و بارها دیده شده است که آب در اثر طغیان رودخانه بالا آمده و سرتاسر دشت را پوشانده و به اراضی مزروعی

¹ FOSTER TYPE III

کشاورزان که قسمت اعظم دشت کربال را تشکیل می‌دهد، سرازیر شده و باعث بروز لطمات و خسارات جانی و مالی فراوانی شده است، بررسی امکانات کنترل سیل‌ها و ایمن سازی اراضی ضروری می‌نماید. در این رابطه احداث سد درودزن بر روی رودخانه کر و بهره برداری از آن از سال ۱۳۵۰ به‌مثابه تعدیل‌کننده سیلاب و عامل کنترلی، سیلابهای رودخانه را تنظیم و پس از پخش سیل در دریاچه، ضمن تقلیل حداکثر آبدهی سیل، زمان وقوع آن را نیز به‌تاخیر می‌اندازد.

با توجه به نتایج حاصله لزوم برنامه ریزی اصولی به منظور کنترل سیلابهای رودخانه به چشم می‌خورد. یکی از راههای کنترل سیلاب، بهره برداری از سد درودزن به ترتیبی است که اولاً در ماههای پر آبی که انتظار وقوع سیل در آنها می‌رود، امکان کنترل سیلاب‌ها و استهلاک حجم زیادی از سیل‌های منطقه در دریاچه سد درودزن به‌وجود آید و به این ترتیب از جریان یافتن سیل به پائین دست سد پیش‌گیری شود؛ ثانیاً این بهره برداری به طریقی باشد که به امر آب رسانی اراضی زیر دست سد در فصول مورد نیاز لطمه نزده و آب کافی برای این مهم در دسترس باشد. سپس از اول مهر ماه هر سال که شروع فصل پر آبی است تا آخر بهمن ماه، تخلیه سد طوری تنظیم شود که سطح آب دریاچه در ارتفاع ۱۶۶۹/۵ متر ثابت بماند. این ارتفاع برای ماههای اسفند و فروردین معادل ۱۶۷۳ متر در نظر گرفته شده و خروجی سد برای حجم ذخیره در دریاچه متناظر با این ارتفاع است تنظیم می‌گردد. در این هنگام قسمت اعظم فصل پر آبی و زمان وقوع سیل-ها سپری شده و نیاز آب کشاورزی منطقه باعث افت تدریجی سطح آب دریاچه می‌گردد. بدیهی است چنانچه بعد از فروردین ماه سیلی وقوع یابد به‌راحتی در دریاچه سد کنترل و ذخیره می‌شود؛ به این ترتیب در ماههای مهر تا فروردین به تناسب زمان باقی مانده از فصل پر آبی امکان کنترل قسمت اعظم سیل‌های رودخانه توسط سد درودزن فراهم آمده از سوی دیگر حجم آب مورد نیاز کشاورزان اراضی دشت کربال ذخیره گردیده است. به طور کلی دوره وقوع سیل‌های رودخانه کر را می‌توان دوره آذر تا آخر اردیبهشت دانست و بیشترین سیل‌ها در ماههای بهمن و اسفند اتفاق می‌افتد. تا پایان بهمن ماه حدود ۵۰ درصد سیل‌ها جریان یافته و در حقیقت خطر سیل به میزان ۵۰ درصد کاهش یافته و برای بهره‌گیری از بقیه سیل‌ها و پیشگیری از هرز رفتن احتمالی آب می‌توان حجم کنترل مخزن سد را از ابتدای اسفند کاهش داده و ارتفاع کنترل را در حد ۱۶۷۳ متر در نظر گرفت. طبق نتایج به‌دست آمده هر ۳۷ سال یکبار خشکسالی اتفاق خواهد افتاد و این در صورتی است که ارتفاع کنترل سیلاب را در ماههای اسفند تا پایان فروردین ماه در حد ۱۶۷۳ در نظر گرفته و رها سازی آب جهت کنترل سیلاب از پایان فروردین به بعد حذف گردد(مهندسین مشاور مهتاب قدس، ۱۳۸۱).

آنچه مسلم است این است که رودخانه کر و بندهای موجود ظرفیت عبور ایمن سیلاب‌های غیرعادی رودخانه را نداشته و بایستی آنها را کنترل کرد. پس از مطالعات و بررسی‌های هیدرولوژیک نخستین گام کاهش سیلاب‌های رودخانه کر، اعمال بهره برداری از سد درودزن به این روش باشد که براساس کنترل حجم ذخیره دریاچه سد درودزن در دوره‌های مهر تا پایان فروردین پایه گذاری شده، با باز نمودن دریچه-

های تخلیه سد سعی شود که سطح آب دریاچه را برای دوره های یاد شده در ارتفاع ثابتی نگه داشته تا امکان ذخیره سیلاب‌ها در دریاچه سد و استهلاک آنها در این دوره‌ها و به تناسب پتانسیل سیل خیزی حوضه فراهم گردد. قابل توجه است که این برنامه کنترل سیلاب به طریقی تنظیم گردیده که هیچگونه اخلالی در تامین آب مورد نیاز کشاورزی شهری و صنعتی ایجاد نخواهد کرد و علی‌رغم برنامه ریزی بهره برداری اولیه که در آن پیش بینی تخلیه مخزن برای یکبار در ظرف هر ۱۴ سال شده بود، این عمل تخلیه بطور متوسط هر ۳۷ سال یک مرتبه رخ خواهد داد (مهندسین مشاور مهتاب قدس، ۱۳۸۱).

تاثیر روش بهره برداری از سد درودزن در میزان ذخیره دریاچه سد و نتیجتاً در ظرفیت ذخیره و استهلاک سیلاب‌ها تاثیر گذار است و می‌توان با بهره برداری بیشتر از دریاچه سد درودزن سطح آب آن را قبل از شروع فصل پر آبی پائین انداخته و امکان هر چه بیشتر استهلاک سیل‌ها را فراهم ساخت و نتیجتاً سیل‌های با آبدهی حداکثر کمتری را به پائین دست منتقل کرده و به‌این ترتیب هدف کنترل سیلاب برآورده گردد؛ ولی این مسئله باعث تخلیه اضافی دریاچه سد از طریق باز نمودن شیرهای تخلیه و رها سازی آب ذخیره شده پشت سد و نتیجتاً اتلاف قسمتی از آب مورد نیاز کشاورزی اراضی پائین دست نیز خواهد شد که در آنصورت در سالهای کم آبی این امکان خواهد بود که آب ذخیره شده موجود تکافوی نیاز آبی منطقه را ننموده و کشاورزی منطقه دچار کم آبی و خشکسالی گردد.

راه حل پیشنهادی: بهترین راه حل کنترل سیلاب رودخانه در دو مرحله کوتاه مدت و درازمدت است. در این راستا سیل سال ۱۳۵۶ به عنوان سیلی استثنایی که احتمال وقوع مجدد آن خیلی کم است، فرض شده و با استفاده از آنالیز آماری بقیه سیل‌های واقعه، دوره برگشت ۲۵ ساله انتخاب و سیل مربوطه به عنوان سیل طرح برگزیده می‌شود و ترمیم بندهای موجود و احداث بندهای جدید بر اساس آن صورت می‌گیرد. این امر به عنوان اقدامات لازم در کوتاه مدت تلقی و در کنار آن باید به دنبال راه حل اساسی در درازمدت بود که این راه حل درازمدت احداث سد یا سدهای ذخیره‌ای است. به‌این ترتیب هم از بروز سیل‌های عظیم که بیش از ظرفیت آبخزای رودخانه و تاسیسات موجود است، جلوگیری شده و هم اراضی کشاورزی منطقه آبیاری می‌گردد. در عین حال ذخیره آب به وسیله سد یا سدهای احداثی بر روی رودخانه امکان افزایش اراضی زیرکشت را فراهم می‌نماید. علاوه بر این موارد چون از غرقاب شدن دشت و هجوم سیلاب به اراضی ممانعت می‌گردد؛ خطر باتلاقی شدن دشت‌ها نیز از بین خواهد رفت. احداث سد یا سدهای ذخیره‌ای روی رودخانه علاوه بر آنکه سطح زیر کشت مناطق آبخور سد را افزایش می‌دهد به دلیل ذخیره سازی آب رودخانه و رها سازی تدریجی آن و نیز مصرف این آبها در مزارع و اراضی زیر کشت از وقوع سیل و تجمع یکباره این حجم آب در دریاچه بختگان ممانعت می‌نماید.

پیشنهادهای مدیریتی

- محدوده مورد مطالعه در مقابل آسیب‌های ناشی از مخاطرات طبیعی تکرارشونده، آسیب‌پذیر و حساس می‌باشند. به لحاظ بار مالی فزاینده ناشی از بلایای طبیعی در همه ابعاد، یک درک و فهم بالا بین

دولت، برنامه‌ریزان و اجتماعاتی که برنامه‌ریزی راهبردی برای کاهش مخاطرات طبیعی به خصوص سیل بایستی مورد توجه قرار گیرد. زیرا سیل تاکنون به عنوان مخرب‌ترین عامل طبیعی عمومی در بین بلایای طبیعی به این حوضه آسیب زده است.

- آسیب‌های ناشی از سیل بیشتر طبقات محروم جامعه را در بر می‌گیرد. در این حوضه آبخیز طبقات پایین به دلیل نوع کشاورزی نیاز به آب دارند به همین دلیلی گاهی به طور ناگهانی مورد هجوم سیل قرار می‌گیرند. لذا پیشنهاد می‌شود در فرآیند برنامه‌ریزی محلی این طبقه مورد توجه ویژه قرار گیرند.

- تاسیس ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک به منظور مطالعه و پیش بینی خشکسالی و تهیه نقشه‌های خطر و شناسایی مناطق پر خطر در سراسر حوضه تا اولویت‌های مدیریتی برای کاهش خطر سیل برای مدیران و برنامه‌ریزان مشخص شود.

- بهتر است در آینده از تکرار طرح‌هایی با سیاست‌های تک بعدی همچون توجه صرف به مسائل کاهش خطر بدون در نظر گرفتن رجحانات ساکنان حوضه جلوگیری شود و از اجرای طرح‌های مدیریت سیل در حوضه بدون دخالت مردم جلوگیری شود. در این رابطه در روش‌های مدیریت سیلاب علاوه بر تعیین کاربری‌های مجاز اراضی بستر و حریم و جلوگیری از ساخت و سازهای جدید در حریم رودخانه و رعایت و احترام به حریم رودخانه؛ نظرات و اولویت‌های ساکنین در ارائه راهبردها و پیشنهادات آتی این روش‌های مدیریتی مبنای کار قرار گیرد.

- یافته‌های حاصل از این پژوهش را نمی‌توان کاملاً به حوضه‌های دیگر تعمیم داد تا مبنایی برای برنامه‌ریزی باشد؛ اما می‌توان این روش را برای حوضه‌های دیگر مورد استفاده قرار داد تا بر اساس آن یافته بتوان روش‌های مدیریتی را اعمال کرد.

منابع و ماخذ:

۱. امیدوار، بابک و فریدون غضبان. ۱۳۸۵. مدیریت ریسک سیلاب با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند متغیره. مجموعه مقالات اولین همایش مقابله با سوانح طبیعی. تهران.
۲. جعفری. طاهره السادات. ۱۳۸۶. نقش مطالعات ژئومورفولوژیک در مدیریت بلایای طبیعی (سیل). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لارستان.
۳. روغنی. محمد. ۱۳۸۵، معرفی روشی نوین در اجرای عملیات کنترل سیلاب حوضه‌های شهری و روستایی با بکارگیری مدل RAFTS، وزارت جهاد کشاورزی. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
۴. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۳۴، عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰
۵. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح. ۱۳۸۴. تصاویر ماهواره‌ای IRS
۶. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح. ۱۳۸۶. نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰
۷. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۷. راهنمای پهنه بندی سیل و تعیین حد بستر و حریم رودخانه، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، نشریه شماره ۳۰۷، تهران.

۸. مهندسین مشاور مهتاب قدس، ۱۳۸۱، مطالعات هیدرولوژی و کنترل سیلاب رودخانه کر، سازمان آب منطقه ای فارس.
۹. مهندسین مشاور یکم، ۱۳۷۷، مطالعات تکمیلی توسعه آبیاری حوضه آبخیز کر و سیوند، معاونت برنامه ریزی و بودجه- وزارت کشاورزی.
۱۰. وزین، نرگس، ۱۳۸۶، نقش دانش بومی و نوین در کاهش آسیب‌های محیطی در روستاها (مطالعه موردی: بخش خورش‌رستم)، پایان نامه دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی دکتر عبدالرضا رکن‌الدین افتخاری
۱۱. وطن‌فدا، جبار، ۱۳۸۶، بررسی وضعیت سیل کشور: مشکلات و تنگناها
۱۲. هجرتی، سید عباس، ۱۳۸۵، ارزیابی راهبردهای موثر بر مدیریت بحران (بلایای طبیعی) در طرح‌های توسعه شهری (مورد مجموعه شهری تهران)، پایان نامه کارشناسی ارشد برنامه ریزی شهری- دانشگاه تربیت مدرس
13. Buckle, Philip, 2007; Community Based Management: A New Approach to Managing Disasters, Proceedings of ESA Conference, Visions and Divisions, Helsinki, August 28-September 1.
14. Cooper, J.T, 2009, The Disadvantaged in Community Ratings Hazard Mitigation Plans Ph.D., D203
15. Graeme L. H, 2006, Exploring the Links Between Individual and Social Learning in the Red River Floodway Environmental Assessment, M.A., D208
16. Oswald, Monica, 2007, The social construction of vulnerability to flooding: perspectives and value from the red river basin, doctor of philosophy, Natural resources institute, university of Manitoba
17. Schmidt, T. P, Stefan G. H, Fleischhauer, J, J, 2006, Economic risk maps of floods and earthquakes for European regions, Quaternary International 150 (2006) 103-112
18. Treby, Emma J, Michael J. Clark, Sally J. Priest, 2006, Confronting flood risk: Implications for insurance and risk transfer, Journal of Environmental Management,
19. Zhai G., Fukuzono T. and Ikeda S. (2009). Multi-attribute evaluation of flood management in Japan: a choice experiment approach. Water and Environment Journal, vol 21, num 4, p 265 - 274.
20. Zhai G., Sato T., Fukuzono T., Ikeda S. and Yoshida K., [2010]. Willingness to pay for flood risk reduction and its determinants in Japan. Journal of the American Water Resources Association, vol 42, num 4, p 927 - 940.