شماره انتشار: ۱۰۵
۱۳۸۵

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

مجموعه مقالات

کارگاه فنی همزیستی با سیلاب

- مکان: سالن اجتماعات باشگاه توانیر
- زمان: ۲۵ مرداد ماه ۱۳۸۵

مجموعه مقالات

کارگاه فنی «همزیستی با سیلاب»

هیئت علمی کارگاه فنی «همزیستی با سیلاب»

دکتر کامران امامی — **مهندس مهرداد برخوردار**

دکتر علی حیدری — **مهندس مهرزاد احسانی**

مهندس شادی مرادی‌فلاح — **دکتر مسعود شفیعی‌فر**

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

فهرست	صفحه
۱- کاهش خسارات سیل با تحلیل آسیب‌پذیری احمدرضا غواصیه	۱
۲- ضرورت ایجاد طبقه‌بندی سیل جهت مقابله اصولی با خطرات آن فرزین نجفی‌پور، فرید اعتمادی	۱۱
۳- سابقه بهره‌برداری از سیلاب در روستاهای استان یزد محمدعلی دهقانی تفتی، اکبر شیر یزدانی	۱۵
۴- سیمای طرح جامع کنترل سیلاب در سیلابدشت رودخانه‌های دز و کاورن علی حیدری، محمدصادق صادقیان، الهام افتخار جوادی، محمدرضا نیک‌فال، محمدرضا باقری راهدانه	۲۱
۵- طرح جامع آموزش پیشگیری از وقوع سیل و کاهش خسارات ناشی از آن، اولین گام برای همزیستی با سیل برای اقشار مختلف علی اصغر تقوایی ابریشمی	۳۹
۶- تأملی در برآورد حد بستر و حریم آبراهه‌ها در مناطق شهری و روستایی احمدرضا صادقی	۴۹
۷- بررسی نقش آموزش و ارتباطات در ارتقاء آگاهی‌های عمومی با هدف مدیریت ریسک سیلاب بابک بزرگی، عادل ابراهیمی لویه	۵۹
۸- بررسی اثر گسترش اراضی دیم بر شدت سیلاب حوزه آبخیز قزل‌اوزن (مطالعه موردی: حوزه آبخیز قزل‌اوزن) علی رضایی	۷۵
۹- بررسی تعیین و حریم و بستر رودخانه‌ها و کاربرد فن آوری اطلاعات در آن مصطفی زارع بهاری، زهرا گوهری	۸۳
۱۰- پیش‌بینی و هشدار، ابزاری کارآ برای همزیستی با سیلاب هانیه خدایی، محمد کبارفرد، جواد مظفری	۹۱
۱۱- مدیریت سیلابدشت بر مبنای تحلیل ریسک علیرضا علی‌عسگری، احمدرضا غواصیه	۱۰۳
۱۲- مروری بر مفاهیم کمی عدم قطعیت، قابلیت اعتماد و ریسک امیر نوروزی، احمدرضا غواصیه	۱۱۳

۱۳- بررسی پتانسیل‌های بهره‌وری از سیلاب در استان خراسان شمالی ۱۲۹
علیرضا بصیری، گلمحمد گریوانی، سعیده هدائی، محمد اکبرپور

۱۴- راهکارهای کاهش خسارات سیلاب ۱۳۹
مرتضی بهزادفر

۱۵- پیش‌بینی سیل و پهنه‌بندی سیلاب در حریم رودخانه‌ها اصلی ترین مؤلفه
طرح‌های مدیریت سیلاب و پیش‌بینی و هشدار و عملیات امداد و نجات ۱۴۷
علی‌اصغر تقوایی‌ابریشمی

۱۶- نقش آموزش و ارتباطات در کاهش تلفات و خسارات ۱۶۱
بهمن افشار

۱۷- بررسی پتانسیل‌های بهره‌وری از سیلاب در استان خراسان شمالی ۱۷۳
سعید اسمعیل‌نیا، مجید خلقی

۱۸- همزیستی با سیل با بررسی روش‌های بهره‌وری از سیلاب ۱۸۵
علی اصغرتقوایی ابریشمی

۱۹- بررسی پتانسیل سیل‌خیزی حوزه زنجانرود با روش (SCS) و
سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) ۱۹۷
پرویز عبدی

۲۰- کاربرد توامان سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS و مدل هیدرولیکی
HEC-RAS جهت تعیین بستر و حریم بستر ۲۱۳
مریم رحیمی‌فراهانی

۲۱- اثرات توسعه شهری و هیدرولوژی ۲۳۱
ناصر رازقی، حمید تیموری

۲۲- تأثیرات منفی کاربری اراضی بر سیل و فرسایش در استان خراسان ۲۴۳
زهرا گوهری، مصطفی زارع‌بهاری

۲۳- بررسی تأثیر پخش سیلاب در اراضی تخریب شده آبخوان تسوج ۲۴۹
محمد خانی چایکندی

۲۴- مطالعه سیلاب و کنترل آن در دو زیر حوزه منتهی به دریاچه ارومیه ۲۵۵
داود نیک نژاد، عزت ا... علیزاده

کارگاه فنی همزیستی با سیلاب
۲۵ مرداد ماه ۱۳۸۵

کاهش خسارات سیل با تحلیل آسیب‌پذیری

احمدرضا غواصیه[۱]

چکیده

سیلاب علاوه بر کشورهای در حال توسعه، در کشورهای توسعه یافته نیز سالیانه تلفات جانی و مالی فراوانی را موجب می‌شود. در نتیجه وحشت از خسارات این بلای طبیعی و فشار افکار عمومی، طرح‌های مهار سیلاب بسیاری با هزینه‌های فراوان در اطراف رودخانه‌ها اجرا شده و می‌شود. اساس طراحی سازه‌ها، عبور ایمن سیلاب طراحی و جلوگیری از آب‌گرفتگی محدوده طرح می‌باشد. لیکن این راهکار، علاج قطعی و دائمی (پایدار) مشکل نیست زیرا در صورت شکست سازه و یا در صورت وقوع سیلابی بزرگتر از سیلاب طراحی، میزان افزایش خسارات به علت غفلت ایجاد شده توسط این سازه‌ها چند برابر زمان قبل از احداث سازه‌ها می‌باشد. بدین ترتیب، امروزه تحلیل آسیب‌پذیری دشت سیلابی، تشخیص اولویت آسیب‌پذیری و تقویت اجزاء آسیب‌پذیر با بسیج مشارکت عمومی در مقابله با مشکلات وقوع سیل و آب‌گرفتگی در مجامع اجرایی مورد توجه قرار گرفته است. در این مقاله ضمن تشریح این روش برخورد با مسئله، مطالعه موردی رودخانه *Egrenne* در استان *Orne* کشور فرانسه توضیح داده خواهد شد.

مقدمه

روش‌های مختلف کاهش خسارات سیل بطور کلی به دو دسته سازه‌ای و غیرسازه‌ای تقسیم می‌شوند که هر کدام مزایا و معایبی دارند. این روش‌ها توسط مهندسین غالباً برای حفاظت یک منطقه آسیب‌دیده از سیل بکار می‌روند تا هدف کلی جلوگیری از ورود سیل به دشت سیلابی و ایجاد خسارت را تأمین نمایند. در روش‌های سازه‌ای بطور سنتی، یا تغییر مسیر و ساماندهی بازه‌هایی از یک رودخانه مطرح می‌شود، یا

۱- استادیار دانشکده مهندسی آب، دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)، تلفن: ۷۳۹۳۲۴۴۷، نمابر: ۷۷۰۰۶۶۶۰-۰۲۱
E-mail: ghavasieh@pwit.ac.ir

احداث سازه‌ای در طول رودخانه برای مقابله با موج سیل و یا در صورت وجود اعتبار ایجاد مخزن و ذخیره سیلاب. با توجه به معایب بزرگ روش‌های سازه‌ای از جمله لزوم محاسبه و تعیین سیلاب طراحی و شکننده بودن سازه‌ها (در نتیجه غافلگیر شدن ساکنین در صورت وقوع سیل)، بعضی محققین استفاده از روش‌های غیرسازه‌ای نظیر سیستم هشدار سیل، مدیریت کاربری اراضی، آبخیزداری و حتی استفاده از بیمه برای جبران خسارات را عنوان کرده‌اند. گرچه روش‌های غیرسازه‌ای معایب روش‌های سازه‌ای را ندارند اما اجرای آنها نیز با مشکلاتی همراه بوده، در درازمدت به بهره‌برداری می‌رسند و عمدتاً نیاز به فرهنگ‌سازی دارند.

بدین ترتیب ایده جدیدی که برای حل معایب و مشکلات روش‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای مطرح شده است، ایده کاهش خسارات با آنالیز آسیب‌پذیری است که در این مقاله توضیح داده می‌شود.

تجزیه عوامل

بعید است تاکنون خبری از نگرانی خطر وقوع سیل در یک ناحیه دور افتاده شنیده باشیم. البته این به معنی آن نیست که در این ناحیه هرگز آب‌گرفتگی ناشی از طغیان رودخانه رخ نمی‌دهد بلکه به علت آن است که سیلاب در این ناحیه نتیجه خسارت‌باری به دنبال نداشته است. از طرفی نگرانی چندانی نیز از وقوع خسارت سیل در یک ناحیه مسکونی واقع در روی بلندی (مثلاً یک تپه کوهستانی) وجود ندارد و این به معنی خسارت‌پذیر نبودن این ناحیه نیست بلکه بعلت بعید بودن وقوع آب‌گرفتگی در آن ناحیه است.

بنابراین می‌توان گفت که خطر وقوع سیل هنگامی برای یک منطقه تهدیدآمیز است که هم احتمال آب‌گرفتگی آن منطقه وجود داشته باشد و هم اینکه آن منطقه نسبت به این واقعه خسارت‌پذیر باشد. لذا در صورتیکه هر یک از شرایط «**احتمال آب‌گرفتگی**» و «**خسارت‌پذیری**» برای یک منطقه وجود نداشته باشد، لزومی برای سرمایه‌گذاری در جهت حفاظت آن منطقه دیده نمی‌شود.

از طرفی چنانچه هدف، طراحی روش‌هایی برای کاهش مؤثر خسارات سیل باشد، قطعاً تحلیل دقیق‌تر منشأ وقوع خسارات می‌تواند مبنای طراحی و کاربرد روش‌های مختلف شناخته شده در مناطق گوناگون یک دشت سیلابی باشد. مناطق مختلف یک دشت سیلابی از لحاظ احتمال آب‌گرفتگی و خسارت‌پذیری با یکدیگر متفاوت می‌باشند. بدیهی است روشی که برای حفاظت یک منطقه با خسارت‌پذیری زیاد (باارزش) که در آن احتمال وقوع سیل نیز زیاد است بکار می‌رود با روش حفاظتی منطقه‌ای دیگر با خسارت‌پذیری کم (یا کم‌ارزش) یا با احتمال وقوع ناچیز سیل می‌تواند متفاوت باشد. در نتیجه تحلیل جداگانه این دو عامل مختلف در دشت سیلابی، کمک زیادی به طراح برای انتخاب روش‌های حفاظتی یا مدیریتی کاهش خسارات در مناطق گوناگون می‌کند.

میزان خطر بروز خسارت

اگر خطر ($Risk$) را احتمال وقوع خسارت تعریف کنیم، این احتمال وقتی زیاد است که آسیب‌پذیری یک

منطقه قابل توجه و احتمال وقوع آب‌گرفتگی (سیلاب) آن منطقه نیز بالا باشد و برعکس اگر هر کدام از دو پارامتر آسیب‌پذیری و یا احتمال وقوع سیل مقدار کمی داشته باشند، خطر نیز مقدار ناچیزی خواهد داشت. احتمال وقوع سیل یا دوره بازگشت سیل در هیدرولوژی تعریف مشخصی دارند:

$$P(X \geq x) = \frac{1}{T}$$

که در آن P احتمال وقوع سیل (*Annual Exceedance Probability*) و T دوره بازگشت سیل (*Return period*) است. طبق تعریف اگر دوره بازگشت سیل X با دبی اوج Q برابر T سال باشد، این به مفهوم آنست که بطور متوسط هر T سال یکبار سیلابی با دبی اوج حداقل Q اتفاق می‌افتد[۲]. بنابراین اگر احتمال وقوع سیل و آب‌گرفتگی در یک منطقه زیاد باشد، دوره بازگشت کوچکترین سیلی که موجب آب‌گرفتگی آن منطقه می‌شود، عدد کوچکی خواهد بود (مثلاً T برابر ۲ یا ۵ سال) و برعکس چنانچه وقوع سیل در یک منطقه اتفاقی نادر به حساب آید، دوره بازگشت کوچکترین سیلی که موجب آب‌گرفتگی آن منطقه می‌شود عدد بزرگی می‌باشد (مثلاً T برابر ۱۰۰ یا ۲۰۰ سال).

در این مقاله منظور از «**تواتر سیلاب**» دوره بازگشت کوچکترین دبی یک رودخانه است که موجب آب‌گرفتگی منطقه مورد مطالعه می‌شود.

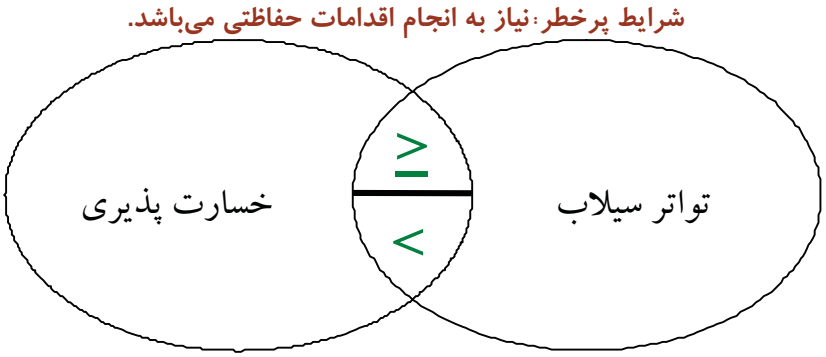
از طرف دیگر برای مقایسه خسارت‌پذیری مناطق مختلف با یکدیگر، نیاز به اختصاص مقادیری نسبی به حساسیت مناطق مختلف به سیل می‌باشد. به عبارت دیگر در یک دشت سیلابی، براساس کاربری اراضی مناطق مختلف و خصوصیات و حساسیت‌های آن مناطق، بایستی با یک سیستم درجه‌بندی یکسان، حساسیت مناطق را با مقادیری نسبی که نشان‌دهنده خسارت‌پذیری مناطق مختلف هستند تفکیک نمود. بدین ترتیب می‌توان خسارت‌پذیری را کمی کرده و مقدار آن را در مناطق مختلف با هم مقایسه نمود. البته منظور از کمی کردن خسارت‌پذیری و یا حساسیت در برابر آب‌گرفتگی، تنها جنبه‌های اقتصادی مسئله نیست بلکه جنبه‌های اجتماعی را نیز شامل می‌شود. بعنوان مثال خسارت‌پذیری یک روستایی که مالک چند رأس دام بصورت متمرکز در یک روستاست با خسارت‌پذیری مالک گله‌های متعدد دام بصورت پراکنده در روستاهای مختلف، نسبت به وقوع سیل در آن روستا و از بین رفتن دام‌ها یکسان نیست. همچنین نمی‌توان خسارت‌پذیری دو ساختمان همسایه با مصالح و عمر یکسان اما با کاربری‌های متفاوت را مساوی هم دانست.

جهت کمی کردن خسارت‌پذیری، چنانچه از همان درجه‌بندی استفاده شده برای وقوع سیل (روش فرکانس) استفاده شود، می‌توان خسارت‌پذیری را علاوه بر مابین مناطق، با تواتر سیل نیز مقایسه کرد. برای این منظور خسارت‌پذیری هر منطقه را می‌توان معادل سیلاب طراحی برای آن منطقه به حساب آورد. سیلاب طراحی نشان‌دهنده هدف و سطح حفاظت خواسته شده است. بدین مفهوم که چنانچه حساسیت منطقه‌ای نسبت به سیلاب زیاد باشد، دوره بازگشت سیلاب طراحی بالا و برعکس اگر خسارت‌پذیری منطقه‌ای

نسبت به سیلاب کم باشد، دوره بازگشت سیلاب طراحی نیز کوتاه خواهد بود.

بدین ترتیب در این مقاله میزان «**خسارت‌پذیری**» یک منطقه معادل دوره بازگشت سیلاب طراحی مورد نظر آن منطقه که معرف حساسیت آن نسبت به سیلاب می‌باشد، درنظر گرفته می‌شود. میزان «خسارت‌پذیری» مناطق مختلف بایستی براساس کاربری اراضی یا ساختمان‌ها، پایداری آنها در برابر آب‌گرفتگی و اهمیت بهداشتی و اجتماعی آن بصورت نسبی مشخص شود. بنابراین اختصاص میزان «خسارت‌پذیری» به هر منطقه غیروابسته به مطالعات هیدرولوژی یا هیدرولیک می‌باشد.

با ترکیب اطلاعات فوق و مقایسه «تواتر سیلاب» و «خسارت‌پذیری» مناطق مختلف، می‌توان نقاط حساس و نیازمند به حفاظت در برابر سیلاب را مشخص نمود. بدین ترتیب که اگر در یک منطقه «تواتر سیلاب» کمتر از «خسارت‌پذیری» باشد، آن منطقه پرخطر بوده و نیاز به تمهیدات حفاظتی دارد و چنانچه «تواتر سیلاب» بیشتر از «خسارت‌پذیری» باشد آن منطقه برای انجام اقدامات حفاظتی در اولویت نیست (شکل ۱).



تواتر سیلاب: دوره بازگشت کوچکترین سیلابی که موجب آب‌گرفتگی یک منقطه شود.

خسارت‌پذیری: عددی نسبی است معادل دوره بازگشت سیلاب طراحی آن منقطه که معرف حساسیت آن به سیلاب می‌باشد.

شکل ۱- ترکیب اطلاعات برای شناسایی مناطق پرخطر

روش تحلیل

کاهش خسارات سیل براساس تحلیل آسیب‌پذیری دارای سه مرحله می‌باشد:

الف- تهیه نقشه پهنه‌بندی دشت سیلابی (تعیین تواتر سیلاب هر نقطه)

ب- مطالعه و تعیین خسارت‌پذیری نقاط مختلف

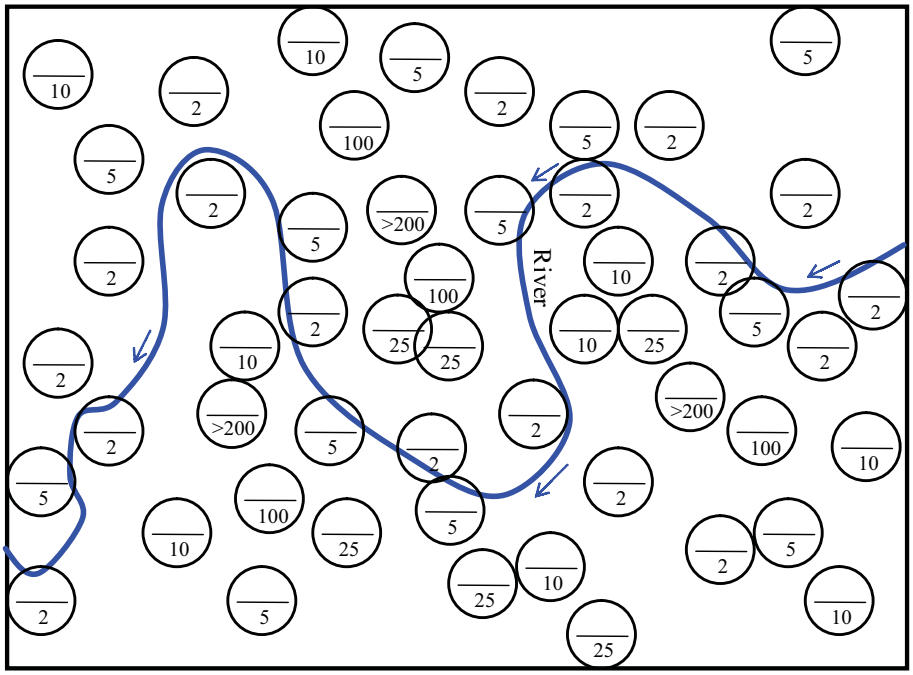
ج- ترکیب اطلاعات (نقشه سنتز)

الف- تهیه نقشه پهنه‌بندی دشت سیلابی: این نقشه‌ها محدوده‌هایی از دشت سیلابی که در اثر وقوع سیلاب‌های با دوره بازگشت مختلف زیر آب می‌روند را نشان می‌دهند. برای تهیه این نقشه‌ها در صورت عدم وجود سری زمانی دبی ثبت شده در ایستگاه‌های هیدرومتری، بایستی با انجام مطالعات فیزیوگرافی،

اطلاعات لازم را برای استفاده از مدل‌های بارندگی- رواناب فراهم نمود. پس از محاسبه هیدروگراف‌های سیلاب‌های با دوره بازگشت مختلف در بالادست بازه، این هیدروگراف‌ها در طول بازه با استفاده از مدل‌های هیدرولیکی مناسب روندیابی شده، عمق آب و پهنه آب‌گرفتگی در مقاطع عرضی مختلف بدست می‌آید. البته گاهی بدلیل کمبود اطلاعات ثبت شده، معمولاً در عمل تنها به محاسبه دبی اوج سیلاب‌ها بسنده شده و تراز آب در مقاطع مختلف در حالت جریان دائمی بازاء هر دبی محاسبه می‌شود.

جهت انجام تحلیل آسیب‌پذیری توصیه می‌شود دشت سیلابی حداقل برای دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵ و ۱۰۰ ساله پهنه‌بندی شود [۵].

بدین ترتیب می‌توان تواتر سیل کلیه نقاط را روی نقشه منطقه مشخص نمود. مقیاس نقشه بسته به اهمیت و ابعاد مناطق خسارت‌پذیر می‌تواند متفاوت باشد اما در هر صورت استفاده از نقشه‌های کوچکتر از ۱:۲۵۰۰۰ توصیه نمی‌شود [۵]. بر روی این نقشه عدد تواتر سیل مربوط به کلیه نقاط حساس و آسیب‌پذیر در همان محل و در مخرج کسر نمایش داده می‌شود (شکل ۲).

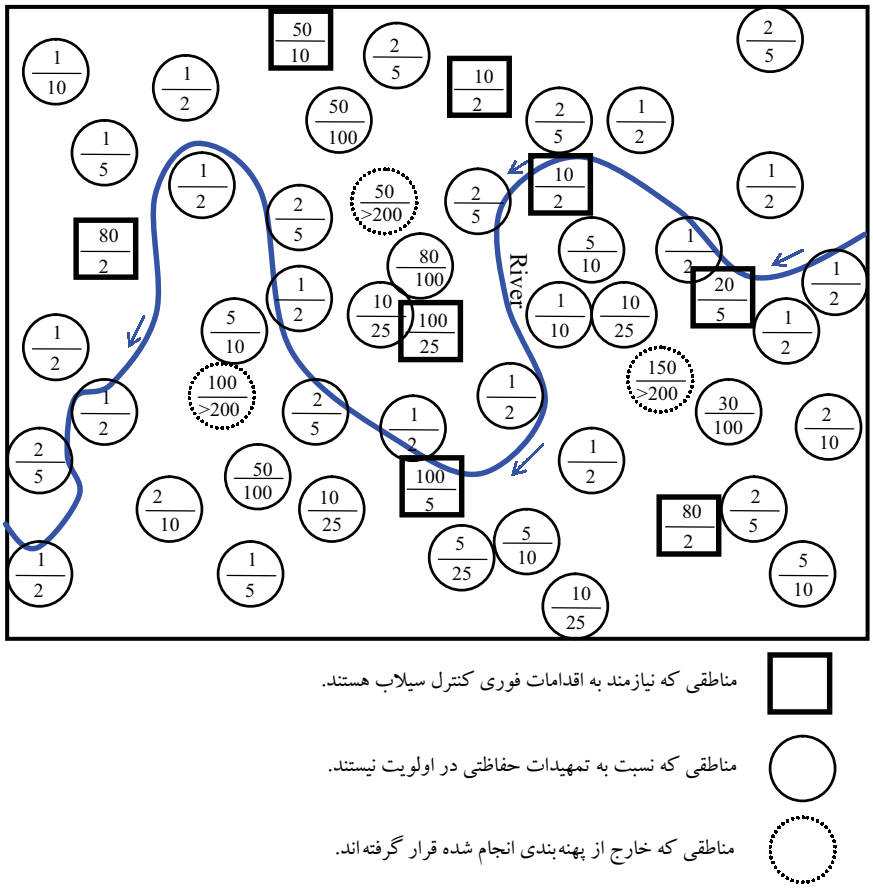


شکل ۲- نمونه‌ای از نمایش عدد تواتر سیل مربوط به نقاط مختلف

ب- مطالعه و تعیین خسارت‌پذیری نقاط مختلف: در یک عملیات موازی، تحقیقات میدانی از نوع کاربری اراضی در دشت سیلابی انجام می‌شود. ساختمان‌ها، تأسیسات، کارگاه‌ها، راه‌ها و زمین‌های زراعتی و غیره بایستی بازدید شده و میزان خسارت‌پذیری آنها در اثر وقوع سیل و آب‌گرفتگی (بصورت نسبی) مشخص شود. گرچه معمولاً مالکان و افراد ذینفع نسبت به آب‌گرفتگی و وقوع خسارت اظهار ترس و نگرانی کرده و درخواست تعیین دوره بازگشت بزرگی برای سیلاب طراحی ملک خود می‌کنند، لیکن تشخیص سیلاب طراحی هر نقطه بایستی با توجه به حساسیت اموال به سیلاب و تأثیر اجتماعی آب‌گرفتگی و تجربه سیلاب‌های گذشته مشخص شود. سرعت سیلاب، عمق آب و مدت زمان ماندآبی شدن

پارامترهای تأثیرگذار بر میزان خسارت هر منطقه می‌باشند. البته برای تعیین خسارت‌پذیری، آنالیز دقیق خسارات (که کاری دشوار و وقت‌گیر است) انجام نمی‌شود، بلکه هدف تنها محاسبه یک عدد نسبی که معرف حساسیت هر منطقه نسبت به سیلاب است، می‌باشد. بدیهی است که حساسیت یک مزرعه گندم با یک باغ سیب، همچنین یک ساختمان اداری معمولی با یک بیمارستان نسبت به آب‌گرفتگی کاملاً متفاوت می‌باشد. اعداد درنظر گرفته شده برای خسارت‌پذیری هر نقطه در واقع نشان‌دهنده این تفاوت‌ها می‌باشند. عدد خسارت‌پذیری مربوط به کلیه نقاط که معادل دوره بازگشت سیلاب طراحی یا سطح حفاظت مورد نیاز هر نقطه می‌باشد در صورت کسری در همان نقطه روی نقشه باید مشخص شود (شکل ۳).

ج- ترکیب اطلاعات (نقشه سنتز): در نتیجه ادغام مطالعات مربوط به مراحل الف و ب، در هر نقطه مورد نظر یک دشت سیلابی با دو عدد که در صورت و مخرج کسری درج شده‌اند روبرو هستیم. چنانچه در یک نقطه صورت کسر کوچکتر از مخرج باشد، آن نقطه از لحاظ انجام اقدامات حفاظتی در اولویت نیست و بر عکس چنانچه صورت کسر بزرگتر از مخرج باشد، آن نقطه نیاز به انجام اقدامات حفاظتی در برابر سیلاب دارد. نقاط دیگری را نیز در نقشه می‌توان مشخص نمود که هرچند خسارت‌پذیری آنها مشخص شده، لیکن در نقشه پهنه‌بندی سیلاب خارج از محدوده سیلاب‌های آنالیز شده قرار داشته‌اند (شکل ۳).



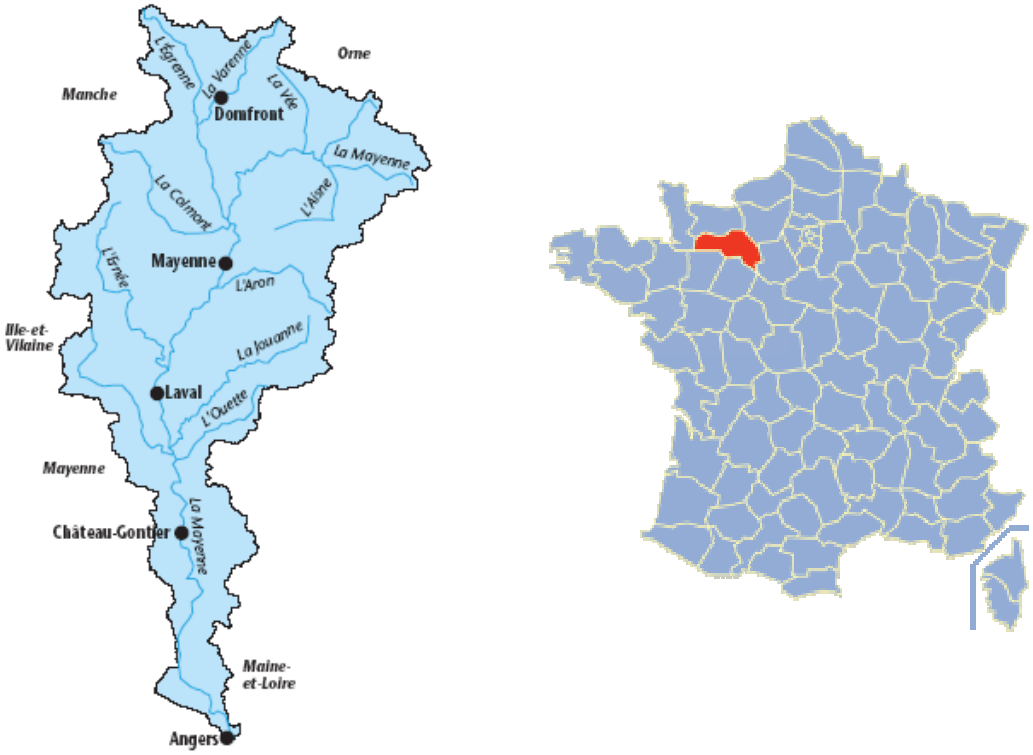
شکل ۳- نمونه‌ای از نقشه سنتز برای تحلیل آسیب‌پذیری

مورد رودخانه اگرن (*L'Egrenne*)

اِگرن یکی از سرشاخه‌های روخانه ماین (*Mayenne*) است که به طویل‌ترین رودخانه فرانسه یعنی *La Loire* می‌ریزد. حوضه آبریز آن در ناحیه‌ای موسوم به نرماندی پایین (*Basse-Normandie*) در استان اُرن (*Orne*) در شمال فرانسه واقع شده است (شکل ۴).

اقلیم منطقه، اقلیم خاص مناطق اقیانوسی با باران‌های سیل‌آساست که گاه و بی‌گاه باعث ایجاد خسارات به ساکنین روستاهای منطقه می‌شود. اما بدنبال سیلاب مهمی که در سال ۱۹۸۸ با شکسته شدن دیوارهای سیل‌بند اتفاق افتاد و موجب آب‌گرفتگی چند اتوبان و راه اصلی و خسارات فراوان به اهالی گردید، انجام مطالعات «کاهش خسارات براساس آسیب‌پذیری» توسط مقامات محلی درخواست گردید.

در این منطقه وجود مزارع و ساختمان‌های پراکنده در یک دشت وسیع، هزینه انجام طرح‌های سنتی مهار سیلاب را عملاً غیرممکن (غیراقتصادی) می‌کند. شیب کم زمین در اطراف رودخانه موجب آب‌گرفتگی پهنه وسیعی حتی در سیلاب‌های با دوره برگشت ۵ سال می‌شود.



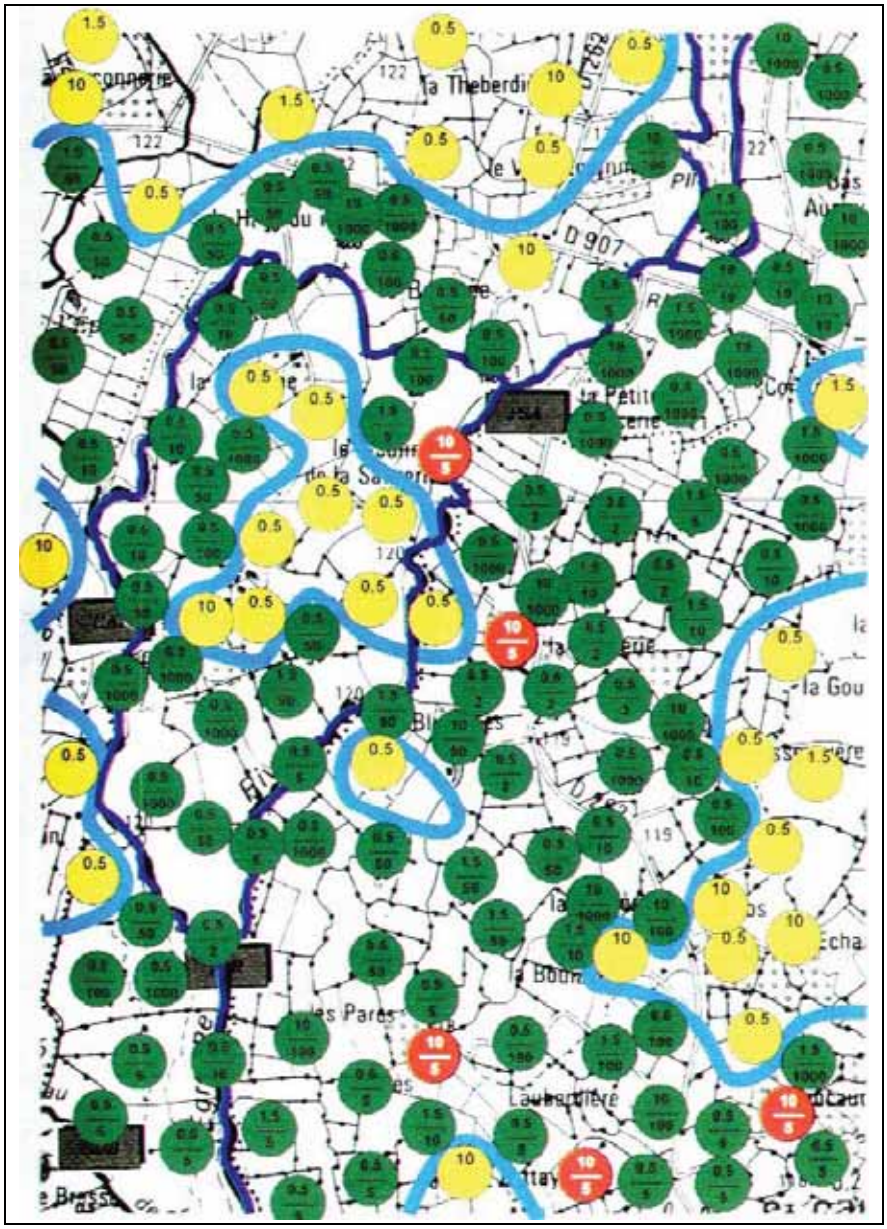
الف – موقعیت استان *Orne* در کشور فرانسه ب – رودخانه *Egrenne* در حوضه *Mayenne*

شکل ۴– موقعیت زیر حوضه *Egrenne* به مساحت ۲۳۰ کیلومتر مربع در استان *Orne*

با استفاده از عکس‌های هوایی و عملیات میدانی، توپوگرافی منطقه انجام شد. هیدروگراف‌های مصنوعی *MFSH* مربوط به رژیم اقیانوسی بعنوان هیدروگراف‌های سیل انتخاب شدند [۳]. مدل هیدرولیکی

Mage5 برای روندیابی هیدروگراف‌ها و محاسبه تراز آب در نقاط کنترل و تهیه نقشه پهنه سیلاب بکار رفت [۴]. همچنین در یک عملیات میدانی موازی با مراجعه به مزارع، ساختمان‌ها و تأسیسات مختلف، اهمیت و حساسیت نقاط نسبت به سیلاب و عمق آب‌گرفتگی توسط معادل‌سازی آن با سیلاب طراحی تعیین شد. با تلفیق این اطلاعات نقشه سنتز مطالعات آسیب‌پذیری که قسمتی از آن در شکل ۵ نشان داده شده است بدست آمد.

بدین ترتیب نقاط نیازمند به اقدامات فوری حفاظتی مشخص شدند (نقاط قرمز). این نقاط عمدتاً مربوط به ساختمان‌های مهم نظیر مدارس یا بیمارستان‌ها و یا ساختمان‌های قدیمی می‌شوند.



شکل ۵- نقشه سنتز مطالعات آسیب‌پذیری منطقه *Egrenne* [۵]

نقاط زردرنگ مربوط به مناطقی است که تواتر سیل آنها مشخص نیست هرچند که خسارت‌پذیری آنها تعیین شده است. البته شکل ۵ نمایش رنگی نمونه سیاه و سفید شکل ۳ می‌باشد.

نتیجه انجام این مطالعات بصورت دستورالعمل‌های زیر به کارفرما ابلاغ گردیده و کارفرما نیز از سال ۱۹۹۵ با فراهم نمودن وام‌های کم‌بهره آن را به اجرا گذشته است:

۱. بازسازی ساختمان‌های فرسوده و ایجاد پیلوت یا پارکینگ در طبقه همکف.
۲. ضد سیلاب کردن دیوارها و درب و پنجره‌های ساختمان‌های با فونداسیون مقاوم در مواقع اشباع شدن خاک.
۳. ایجاد ذخیره‌های مناسب آب آشامیدنی، غذا و لباس گرم در نقاط مشخص.
۴. پیش‌بینی قایق‌های پارویی مناسب در مزارع نزدیک به رودخانه.
۵. ایجاد تمهیدات ترافیکی و ممانعت از تردد وسایل نقلیه در اتوبان‌ها و راه‌های منطقه در هنگام وقوع سیلاب.

این سیاستگزاری‌های باعث شده است که زندگی با سیلاب در این منطقه به صورت فرهنگ درآمده و بعنوان مثال در کلیه ساختمان‌های جدید، از طبقه همکف بعنوان پارکینگ استفاده شود.

تقدیر و تشکر

مطالب ارائه شده در این مقاله برگرفته از روشی است که در لابراتوار *Cemagref* کشور فرانسه تحت عنوان *Inondabilité* از سال ۱۹۹۲ مطرح شده و در پروژه‌های مختلفی بکار برده شده است [۱]. نگارنده از راهنمائی‌ها، اطلاعات در اختیار گذاشته شده و تبادل نظرهای ارزنده با متخصصان آن لابراتوار در ویرایش این مقاله استفاده کرده است.

نتیجه‌گیری

گاهی در یک منطقه انجام طرح‌های سنتی کاهش خسارات سیل علاوه بر آنکه عواقب ثانویه‌ای بدنبال دارد، توجیه اقتصادی نیز ندارد. در این صورت، در عوض اجرای طرح‌های بزرگ برای حفاظت کلی یک دشت سیلابی، ممکن است تجزیه دشت سیلابی به مناطق مختلف براساس «احتمال آب‌گرفتگی» و «خسارت‌پذیری» و اجرای طرح‌های کوچک مختلف سازه‌ای و غیرسازه‌ای بصورت پراکنده در این مناطق راه‌حل مؤثر و معقول‌تری می‌باشد.

در کشور فرانسه تجربه نشان داده است که انجام طرح‌های ساماندهی رودخانه نظیر زدودن موانع، عریض کردن رودخانه در محل پل‌ها، اصلاح شیب دیواره‌ها و یا حتی اجرای خاکریزهای کم‌ارتفاع که وقوع سیلاب در دشت را به اتفاقی نادر تبدیل نکند به همراه انجام عملیات کاهش خسارات براساس مطالعات آسیب‌پذیری موجب ایجاد فرهنگ همزیستی با سیلاب شده، خسارات شدید و ناگهانی را به صورت مؤثری کاهش می‌دهد.

منابع و مراجع

1. Cemagref (1998), "*Guide pratique de la methode Inondabilité*", Agences de l'Eau; 158p.
2. Chow, V. T., Maidment, D. R., et al. (1988), "*Applied Hydrology*". Singapore, McGraw-Hill; 572p.
3. Ghavasieh, A.R and Poulard, C. (2003), "*Hydrological regime variation assessment of Olivet by the QdF method*", Sixth International River Engineering conference, Ahvaz-Iran.
4. Ghavasieh, A.R, Poulard, C. and Paquier, A (2006), "*Effect of roughened strips on flood propagation: assessment on representative virtual cases and validation*", Journal of Hydrology, V318, Issues 1-4, pp121-137.
5. Gilard, O. (1998), "*Les bases techniques de la méthode Inondabilité*", Cemagref; 207p.

کارگاه فنی همزیستی با سیلاب
۲۵ مرداد ماه ۱۳۸۵

ضرورت ایجاد طبقه‌بندی سیل جهت مقابله اصولی با خطرات آن

فرزین نجفی پور[۱]، فرید اعتمادی[۲]

چکیده

سیل همانند زلزله توانایی رساندن خساراتی سنگین و جبران‌ناپذیر را دارد. براساس میزان سرعت و جهت امواج، زلزله را طبقه‌بندی کرده و می توان از روی میزان زلزله ایجاد شده، آثار و خرابی‌های ببار آمده را تجسم نمود. همچنین امدادگران نیز، سرعت امداد رسانی را با شدت زلزله اعلام شده متناسب می‌نمایند. از آنجا که سیل قابل پیش‌بینی است لذا ضرورت دارد نسبت به طبقه‌بندی سیل اقدام نمود تا روند مقابله با سیلاب برای امدادگران و سیل‌زدگان مشخص و اصولی باشد. علم هیدرولوژی با بهره‌گیری از قوانین موجود توانایی محاسبه دقیق زمان آغاز، شدت و مدت تداوم سیل و همچنین میزان خساراتی که ممکن است وارد گردد را دارد. در صورت مطلع بودن مسئولین ذی ربط از نوع و شدت سیل در حال وقوع، امکانات مورد نیاز جهت مقابله با آن به سادگی قابل پیش‌بینی بوده و اقدامات پیشگیرانه سریع‌تر صورت می‌گیرد. مردم نیز در صورت آگاهی داشتن از میزان قدرت سیل، خود را برای مقابله‌ای منطقی‌تر آماده می کنند. چه بسا قدرت سیل پیش‌بینی شده به اندازه‌ای باشد که نیاز به انجام هیچگونه تدابیر خاصی نبوده و یا بلعکس هیچ اقدامی نتوان جهت مقابله با سیل صورت داد و نیاز به تخلیه کامل منطقه باشد. آگاهی مسئولین ذی ربط از چگونگی نجات جان انسان‌ها تا قبل از وقوع سیل و هشیاری مردم مورد تهدید خطر سیل از چگونگی مقابله با آن، همزیستی با سیلاب محسوب می گردد.

نگارندگان سیل را در ۸ بخش طبقه‌بندی نموده و نام F_a^n [۳] را برای طبقه‌بندی توان سیل جهت تخریب پیشنهاد و تدابیر لازم برای مقابله با خطرات ناشی از هر طبقه را ارایه نموده‌اند.

واژه های کلیدی: سیلاب، طبقه‌بندی سیل، تهدیدات سیل، همزیستی با سیلاب

۱- کارشناس بخش تحقیق و آموزش مهندسین مشاورخدمات مهندسی آب و خاک کشور – مدیریت مطالعات کرخه . (مهندسی آبیاری)
info@maximumtechnic.com – ۰۹۱۶۱۱۱۷۴۵۳

۲- مسئول بخش مالی و اداری مهندسین مشاورخدمات مهندسی آب و خاک کشور – مدیریت مطالعات کرخه .
info@maximumtechnic.com – ۰۶۱۱۳۳۳۱۴۲۳

۳- F حرف اول نام نگارندگان (فرزین، فرید) ، n ابتدای نام خانوادگی نجفی پور و a ابتدای نام خانوادگی اعتمادی است .

مقدمه :

تاریخ شاهد اثراتی زیان بار در نقاط مختلف جهان از واقعه سیل است. شاید در گذشته وقوع سیل و نابودی یک روستا یا یک شهر، کشته شدن صدها انسان و نابودی هزاران احشام، یک تقدیر و یک سرنوشت محسوب می‌گردید ولی علم جدید با بهره‌گیری از ده‌ها ماهواره، صدها ایستگاه هواشناسی و هزاران کارشناس هیدرولوژی، توان محاسبه دقیق زمان وقوع، شدت، سرعت و مدت سیل را داشته و حتی قادر به پیش‌بینی میزان تخریب سیل محتمل نیز هستند. در حال حاضر گرفته شدن جان انسان‌ها در اثر سیل هیچ توجیه معقول ندارد. عدم آشنایی مردم از میزان قدرت تخریب سیل باعث می شود تا کمترین تدابیر مورد نیاز جهت مقابله با سیل را اندیشیده و عدم آگاهی مسئولین ذی ربط از میزان سیل پیش‌بینی شده باعث می‌شود تا تدابیر اندیشیده شده جهت کمک‌رسانی، کمتر و یا بیشتر از میزان مورد نیاز در منطقه باشد. نگارندگان تلاش دارند تا تقسیماتی را برای سیل در نظر بگیرند و با معرفی دقیق این طبقه‌بندی پیشنهادی، راهی را برای جلوگیری از این صدمات وارده به انسان‌ها، پیش رو بگذارند. معرفی، آموزش و کاربردی نمودن این تقسیمات، می‌توان مسئولین را برای تهیه امدادهای مورد نیاز و مردم را برای مقابله متناسب با خطرات ناشی از سیلاب آماده کند.

روش پیشنهادی:

تقسیم‌بندی انجام شده برای طبقه‌بندی سیل، براساس جاری شدن و میزان قدرت تخریب سیل صورت گرفته است و نام پیشنهادی برای هر تقسیم‌بندی F_a^n می‌باشد.

لازم به توضیح است که افزایش دبی رودخانه در تمام تقسیم‌بندی‌ها وجود دارد و امدادهای پیش‌بینی شده برای هر تقسیم‌بندی، برای مرحله بعدی نیز مورد نیاز است.

F_a^n 1- فقط افزایش دبی رودخانه

عوامل متعددی می تواند باعث افزایش دبی رودخانه گردد که از جمله آن می توان به بارش در مناطق بالا دست، باز شدن اضطراری دریچه سدها و یا کم کردن سطح آب در پشت سدهای تنظیمی اشاره نمود. در صورتی که بنا به نظر کارشناسان مربوطه، چنین اتفاقاتی فقط باعث افزایش دبی رودخانه تا حد پایین‌تر از بحران برسد، خطر احتمالی چنین پدیده‌ای صرفاً به افرادی برمی‌گردد که در رودخانه و یا در مجاورت آن فعالیت‌های اجتماعی و تفریحی دارند. نیاز است تا نیروهای خدماتی، مردم اطراف رودخانه را از خطر پیش رو آگاه سازند.

F_a^n 2- رواناب سطحی یکنواخت (حمل ریزدانه)

بارش های ملایم و همچنین سرریز شدن آب رودخانه‌ها در بالادست، می‌تواند روان آب‌های سطحی ایجاد نماید. در صورتی که مطابق نظر کارشناسان مربوطه، ایجاد این رواناب سطحی فقط در حد حرکت دادن

ریزدانه‌ها باشد و توپوگرافی منطقه اجازه فعالیت بیشتر به سیل را ندهد، منطقه مورد نظر در این طبقه قرار می گیرد. خطر ناچیز این سیلاب به سمت رانندگان و افرادی است که در منطقه، در حال انجام فعالیت های اجتماعی و یا تفریحی هستند. نیاز است تا پلیس راه و نیروهای راهداری منطقه، مردم را از خطر تهدید سیل آگاه سازند.

F_a^n 3 - رواناب سطحی با افزایش تدریجی دبی

عواملی همچون بارش یکنواخت و افزوده شدن رواناب‌های سطحی از بالادست می‌تواند شرایط این طبقه‌بندی را بوجود آورد. اینگونه سیلاب‌ها توانایی حرکت دادن درشت دانه‌هایی با قطر یک سانتیمتر و اشیاء سبک را داشته و قادر به تخریب موانعی همانند خاکریزی های سست می‌باشد. نیاز است تا تدابیر اصولی جهت جلوگیری از ورود سیلاب به منازل مسکونی اندیشیده شود. این گونه سیلاب‌ها قادر به تخریب دیوارهای غیر مهندسی و موقت می باشد. خارج نمودن احشام قرار گرفته در این طبقه‌بندی الزامی است. امدادگران و نیروهای خدماتی در چنین شرایطی می بایست آمادگی کامل جهت کمک به افراد ناتوان و کودکان حاضر در سطح منطقه را داشته باشند.

F_a^n 4 - طغیان رودخانه و تخریب جداره آن

وقوع سیل با مشخصه تعیین شده در این تقسیم‌بندی، می تواند برای سازه‌های آبی، جاده های ساحلی و تأسیسات مجاور رودخانه خطر آفرین باشد. در صورت تخریب جداره‌های ایمنی رودخانه، امکان جاری شدن سیل در محدوده اطراف رودخانه و آسیب رساندن به روستاها و تأسیسات مهندسی همانند دکل انتقال نیرو، لوله های انتقال سوخت و مشابه آنها وجود دارد. قطع شدن درختان مجاور رودخانه و حمل آن توسط سیل نیز از خطرات بارز اینگونه سیلاب ها می باشد. بسته شدن راه‌های مجاور رودخانه و ممنوع نمودن عبور و مرور خودروها از سازه‌های مورد تهدید از وظایف پلیس راه در این مرحله می‌باشد.

F_a^n 5 - طغیان شدید رودخانه و خروج آب از حریم آن

کلیه سازه‌های آبی، راه‌ها و مناطق روستایی در معرض خطر سیل بوده و نیاز است تا از دایک‌های حفاظتی اصولی و مهندسی جهت جلوگیری از خسارات جانی و مالی و همچنین انحراف اصولی آب استفاده نمود. قطع ارتباط جهت امدادرسانی از بزرگترین معضلات مناطق قرار گرفته در این طبقه است. آمادگی کامل راهداری جهت بازگشایی راه‌های مورد تهدید سیل در این مرحله ضروری است.

F_a^n 6 - طغیان رودخانه و افزایش تدریجی سیل

به جهت بارش مداوم و افزوده شدن رواناب‌های مناطق بالادست، منطقه مورد تهدید در طبقه F_a^n 6 قرار می‌گیرد. باید از ایجاد هر گونه موانع جهت انحراف آب جلوگیری نمود زیرا قدرت سیل به حدی است قادر است تا کلیه دایک‌ها و خاکریزهای ایجاد شده در مسیر پیمایش خود را آبشویی نموده و از میان بردارد. ایجاد مناطق امن جهت امداد رسانی در این شرایط ضروری بوده و نیاز است تا ماشین آلات سنگین و مجهز جهت کمک به مردم در صحنه حضور یابند. مناطق قرار گرفته در این طبقه‌بندی می توانند با استفاده

از گونی و خاک مناسب، از بیشتر وارد شدن سیل به منازل مسکونی خود جلوگیری نمایند. خطر تخریب خانه‌هایی که بدون رعایت اصول مهندسی ساخته شده است وجود دارد. همچنین نیاز است تا بیمارستان صحرایی در این مرحله برپا گردد.

F_a^n 7- برخورد شدید سیل با موانع موجود و تداوم آن

به زیر آب رفتن کامل منطقه تهدید شده از عوارض سیلاب با شدت F_a^n 7 است. امداد رسانی به هنگام وقوع این سیل فقط به کمک هوانیروز و هاورگراف میسر است. ارتش می بایست جهت جلوگیری از بحران و تلفات جانی تا قبل از وقوع سیل کلیه مردم منطقه را به مکانی امن منتقل کند.

F_a^n 8- آخرین توان ممکن سیل، جهت ایجاد تخریب

بالاترین میزان ممکن جهت رسیدن خسارت در اثر سیل، در این قسمت دیده می شود. از عوامل پدید آمدن این فاجعه می‌توان به شکست سازه‌های نگه دارنده آب و یا سدها و همچنین امواج سنگین حاصل از زلزله در دریاها که اثرات آن به سمت سواحل کشیده شده است، اشاره نمود. مناطقی که در معرض این سیل قرار می‌گیرند تماماً آسیب‌پذیر بوده و امکان امدادرسانی تا فروکش نمودن سیلاب وجود ندارد. سرعت بخشیدن به نجات جان مردم و خارج نمودن آنها در این مرحله بسیار ضروری است.

نتیجه گیری:

از بارزترین دلایل ایجاد تلفات جانی به هنگام وقوع سیل، عدم آشنایی مسئولین و مردم از میزان قدرت سیل جهت تخریب می‌باشد. تقسیم‌بندی توان سیل می‌تواند نوع آمادگی مردم و مسئولین را مشخص نموده و نحوه مقابله با خطرات سیل را پیش‌بینی نماید. نیاز است تا این تقسیم بندی بصورت بین المللی آموزش داده شود تا مردم، شناخت لازم نسبت به چگونگی رفتار در مقابل هر تهدید سیل را داشته باشند. کاربردی نمودن طبقه‌بندی انجام شده برای سیل، ضمن حذف تلفات جانی، آمادگی روانی و همزیستی با سیلاب را برای همگان ایجاد خواهد نمود.

سپاسگزاری:

بدینوسیله از مهندسین مشاور خدمات مهندسی آب و خاک کشور- مدیریت مطالعات کرخه، خصوصاً جناب آقای مهندس ساکبی به جهت ایجاد فضای تحقیق و آموزش برای کلیه کارشناسان، تشکر و قدردانی بعمل می‌آید.

کارگاه فنی همزیستی با سیلاب
۲۵ مرداد ماه ۱۳۸۵

سابقه بهره‌برداری از سیلاب در روستاهای استان یزد

محمدعلی دهقانی تفتی[۱]، اکبر شیر یزدانی[۲]

چکیده

کمی بارندگی در فلات مرکزی ایران، کشاورزان این نواحی را مجبور به چاره‌اندیشی برای تأمین آب از منابع گوناگون نموده است. از جمله آن تدابیر، بهره‌برداری از سیلاب بصورت آبیاری سیلابی و استفاده از رسوبات ریزدانه سیل برای تقویت اراضی سبک و شنی بوده است.

از سال‌های قبل روستائیان در مناطق مستعد، سیلاب را برای آبیاری مزارع گندم و جو استفاده می‌کردند و با احداث سازه‌های مناسب سیلاب را به مزارع حاشیه رودخانه انتقال داده و در فصل بهار از جریان‌های سیلابی برای آبیاری بهره‌برداری می‌نمودند. در جلگه‌ها واراضی کم شیب با ایجاد بند سارهای مجاور مسیل، سیل را در حوضچه‌های بزرگ ذخیره کرده، در فرصت مناسب از آب ذخیره شده برای آبیاری مزارع بهره می‌بردند. پس از تخلیه بندها، از بستر مرطوب و حاصلخیز نیز برای کشت دیم گیاهانی مثل جو، نخود، عدس، آفتاب‌گردان و هندوانه استفاده کرده و محصول خوبی بدست می‌آوردند.

نه تنها از آب تولیدی مذکور، که از رسوبات بدست آمده از سیل هم بخوبی بهره‌برداری می‌شد. در مناطق میان بند و کوهستانی معمولاً اراضی کشاورزی سبک و شنی هستند و از نظر بافت خاک احتیاج به اصلاح داشته، کمبود مواد کودی دارند. همراه باسیلاب مقدار قابل توجهی گل و لای و لاشبرگ گیاهان مرتعی و فضولات حیوانی حمل می‌شود. کشاورزان از این فرصت استفاده کرده، سیلاب را به حوضچه‌های آرامش در حاشیه مسیل هدایت و گل و لای و لاشبرگ‌های آن را رسوب می‌دادند و پس از خشک شدن بستر حوضچه‌ها، این رسوبات را بعنوان کود به باغات و مزارع منتقل می‌کردند و عملاً سیلاب بعنوان یک منبع تولید آب و کود مطرح بوده است. این حوضچه‌ها که به لاری‌خانه معروف بوده، جایگاه ویژه‌ای در

۱- کارشناس ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد.

۲- کارشناس مرکز تحقیقات کشاورزی ومنابع طبیعی یزد.

آدرس: یزد، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، کد پستی: ۵۷۱-۸۹۱۶۵، تلفن: ۷۲۱۲۴۱۴، ۷۲۱۲۴۱۵ ۰۳۵۱

کشاورزی منطقه داشته، مالکیت آنها معتبر بوده و تقریباً هر کشاورز یک یا چند لاری‌خانه بعنوان تأسیسات جنبی کشاورزی داشته است.

در بیشتر مناطق از سیلاب برای ایزولاسیون کانال‌های آب و قسمت خشکان قنوات استفاده می‌کردند و بوسیله سازه‌ای بنام زورنا(zorna)، سیل را به درون خشکان قنات هدایت و با استفاده از لایه رسوبی ایجاد شده در کف و بدنه کانال‌ها، از نفوذ آب در آن مسیرها جلوگیری می‌کردند.

استفاده از سیل برای آبگیری غدیرها و آبگیرها و آب‌انبارهای مناطق بیابانی هم از جمله موارد بهره‌برداری از سیلاب بوده که به تأمین آب شرب انسان و دام کمک می‌نموده است.

گورابها هم سازه‌ای برای جمع آوری و نفوذ سیلاب در آبخوان قنوات بوده است که موجب تغذیه آبخوان قنات می‌شده که مشروح آن در اصل مقاله خواهد آمد.

کلمات کلیدی: سیل، آبیاری، لاری‌خانه، بندسار، رسوب، کشاورزی

مقدمه:

شرایط اقلیمی سخت که بر فلات مرکزی حاکم است. روستائیان را مجبور نموده که دائم در مسیر همزیستی با آن شرایط دشوار حرکت کرده، فکر کنند و زندگی خود را با شرایط بسیار خشک سازگار نمایند. از جمله این روش‌های همزیستی بهره‌برداری بهینه از سیلاب به عنوان یک منبع تولید آب و مواد مغذی خاک زراعی می‌باشد.

اطلاعات بکار رفته در این مقاله جزئی از نتایج طرح تحقیقاتی «شناسایی و ثبت دانش بومی کشاورزی در روستاهای شهرستان تفت» می‌باشد که در آن تحقیق روش‌های استفاده از سیلاب در روستاهای مذکور به عنوان بخشی از دانش بومی شناسایی شد. در این روش‌ها عمدتاً از سیل برای آبیاری سیلابی، ذخیره سازی در بندها و آب انبارها، تغذیه مصنوعی آبخوان قنوات استفاده می‌نمودند. بهره‌برداری از رسوبات سیل برای اصلاح بافت و تقویت آن رایج بوده است. همچنین از سیل برای ایزولاسیون نهرها و کانال‌های انتقال آب بهره‌برداری می‌نمودند.

منطقه مورد مطالعه محدوده شهرستان تفت به مساحت ۵۹۴۵ کیلومتر مربع بود که در فاصله ۲۰ کیلومتری جنوب غرب یزد قرار گرفته، دارای ۲ بخش و ۴۷۴ روستای مسکون می‌باشد. (۲) روستاهای این شهرستان در ۲ بخش مرکزی (پیشکوه) و پشتکوه قرار دارند که عمدتاً در مناطق کوهستانی استقرار یافته و متأثر از جریان‌های سیلابی هستند. سابقه بهره‌برداری از سیلاب در این روستاها با قدمت آب انبارهایی که در بیابان‌ها و مسیر کاروان‌ها احداث می‌شده و تنها منبع تأمین آب کاروانیان بوده گره خورده است که این آب انبارها را معمولاً در حاشیه مسیل‌های کوچک احداث می‌نمودند. البته بهره‌برداری از سیل بشکل‌های مختلف منحصر به این منطقه نبوده است. هنری گوبلو (۱۹۰۳) در کتاب قنات فنی برای تأمین آب از نوعی بند سازهای ذخیره ساز سیلاب در منطقه سیستان یاد کرده که این بند سارها گبربند معروف و

موجب تغذیه قنوات بوده است. (۶) عرب خدری (۵). خوشاب‌ها و بندسارهای منطقه خراسان را بعنوان سازه‌های مناسب برای بهره‌برداری سیلاب در کشاورزی را معرفی کرده که توسط مردم احداث و مورد بهره‌برداری بوده است. دهقانی تفتی (۳) گوراب‌ها را بعنوان سازه‌ای برای نفوذ سیل به درون آبخوان قنوات معرفی و گزارش نموده که روستائیان یزدی از این سازه برای تنظیم آبدهی قنوات بهره‌برداری می‌نمودند.

مواد و روش‌ها:

شهرستان تفت دارای ۴۷۴ روستای مسکون می‌باشد که جامعه آماری این تحقیق بوده است. برای جمع‌آوری و ثبت دانش بومی کشاورزی که اطلاعات این مقاله جزیی از آن است، از ۱۰ درصد روستاهای این منطقه بعنوان جامعه نمونه آماری استفاده شد. روستاهای نمونه از طریق انتخاب منظم در بلوک‌های نقشه منطقه و انتخاب تعمدی در هر بلوک بشکل گزینش قدیمی‌ترین و پرجمعیت‌ترین روستا انجام شده است. با استفاده از پرسشنامه نیمه باز و مصاحبه عمیق بشکل گروهی با خبرگان هر روستای نمونه داده‌های اولیه تولید شده و بشکل سند هر مصاحبه مکتوب گردید. اظهارات مشابه در سطح یک منطقه یا دهستان که توسط خبرگان هر روستای نمونه ارائه شدند پس از استخراج و طبقه‌بندی موضوعی بعنوان نتایج نهایی مورد استفاده قرار گرفت. یکی از آن نتایج شیوه‌های بهره‌برداری از سیلاب در این شهرستان بود که در این مقاله مطرح و مورد نتیجه‌گیری قرار گرفته است.

از نقشه‌های $\frac{1}{50000}$ منطقه (۴) و نقشه راهنمای استای یزد (۷) برای انتخاب منظم روستاهای نمونه بهره‌برداری شد از آمارنامه سال ۱۳۸۱ استای یزد (۱) و همچنین فرهنگ نامه آبادی‌های ایران (منطقه یزد) نیز در این تحقیق استفاده شده است.

نتایج:

اظهارات مشابه و مشترک خبرگان روستایی گویای سابقه طولانی بهره‌برداری از سیلاب در این منطقه است که روستائیان به شیوه‌های مختلف اجرا می‌نمودند و بشرح زیر مشخص گردید.

۱- بهره‌برداری از سیلاب برای غنی سازی آبخوان قنوات

به شکل احداث بند انحرافی، کانال انتقال سیل و حوضچه گوراب می‌باشد. گوراب‌ها بسته به میزان نفوذپذیری بستر آنها و عمق آبخوان و نحوه نوسان آبدهی قنات در طول سال با فاصله مناسب از مظهر احداث می‌شدند. برای چشمه قنوات کوهستانی با نوسان آبدهی شدید گوراب‌ها از فاصله ۳-۱ کیلومتری مادر چاه قنات دایر می‌باشد، به نحوی که موجب افزایش آبدهی قنات در فصل تابستان و پاییز بشود. این فاصله بسته به وضع آبرفت و مشخصات آبخوان قنات تغییر می‌کرده و حداکثر تا ۵ کیلومتری چاه مادر قنات دایر می‌شدند. بطوریکه بیشترین تأثیر گوراب بر آبدهی قنات در فصل تابستان باشد. گورابها معمولاً

در اراضی با بافت درشت دانه در حاشیه مسیل‌ها احداث می‌شدند. هدف از ایجاد آنها نفوذ سیلاب به درون آبخوان قنات بوده است.

۲- بهره‌برداری از سیلاب بشکل ایجاد بند سارهای ذخیره آب.

بند سارها در اراضی جلگه‌ای و کم شیب احداث می‌شدند. در مناطق جلگه‌ای که شیب زمین به حدود ۲ درصد و کمتر می‌رسد حرکت سیلاب‌ها آرام و قابل کنترل است. کشاورزان در این مناطق با ایجاد بندهای انحراف سیل آنرا به حاشیه هدایت و آنرا در حوضچه‌های احداث شده ذخیره می‌کردند. حداکثر ارتفاع بند سارها به حدود ۲ متر و وسعت آن گاهی به ۲ هکتار می‌رسیده که هر بند سار شامل یک نهر انتقال سیلاب به درون بند، خاکریز اصلی و یک سرریز بوده است. پس از انتقال سیلاب به این حوضچه‌ها و رسوب‌گذاری از آب تولیدی در پایین دست برای کشت‌های موقتی مثل جو و علوفه استفاده می‌کردند و یا از آب تولیدی برای آبیاری مزارع و باغات بهره می‌بردند. پس از تخلیه کامل بند از بستر مرطوب آن برای کشت‌های دیم مثل نخود، جو، آفتاب‌گردان، هندوانه استفاده و محصول خوبی از بستر مرطوب و حاصل خیز بند برداشت می‌کردند. احداث این نوع بند سارها در جلگه بهاباد بافق سابقه تاریخی داشته و هنوز اسناد مالکیت آنها معتبر است و از آنها برای تولید آب و ایجاد بستر کاشت محصولات دیم استفاده می‌نمودند.

۳- بهره‌برداری مستقیم از سیل برای آبیاری سیلابی مزارع گندم و جو

کشاورزان مزارع گندم و جودر حاشیه مسیل را طوری طراحی می‌کردند که امکان آبیاری آن بصورت تلفیقی با آب قنات و سیل ممکن گردد. با ایجاد بند و کانال‌های مناسب از سیلاب برای آبیاری مزارع استفاده می‌بردند. و با استفاده از سیل در مزارع گندم و جو از آب قنات و چشمه برای سایر مصارف مثل آبیاری باغات و مزارع علوفه بهره می‌بردند و از این گونه فرصتها برای صرفه‌جویی منابع آبی خود بهره می‌جستند. آبیاری سیلابی علاوه بر تأمین بخشی از آب مزارع گندم و جو، موجب تقویت حاصلخیزی خاک هم می‌شده و رسوبات همراه با سیل در تقویت اراضی مؤثر بوده است.

این کشت سیلابی و آبیاری سیلابی در مزارع معروف به بیابان شیخی و می‌رسید محمد تفت رایج بوده و آثار آن باقی است.

۴- بهره‌برداری از رسوبات سیل برای اصلاح اراضی شنی و تقویت مواد مغذی خاک

درحاشیه مسیل‌های کوهستانی که معمولاً اراضی شنی و مواد غذایی آن کم و امکان مستقیم آبیاری سیلابی نداشتند. کشاورزان در کنار رودخانه حوضچه‌های آرامش ایجاد و سیلاب را وارد آنها می‌نمودند. معمولاً با احداث کانال‌های مناسب سعی می‌کردند در لحظات اولیه سیلاب به درون حوضچه‌های آرامش هدایت و با کاهش سرعت آن لاشبرگ گیاهان مرتعی و فضولات حیوانی و املاح و رس همراه سیل را در حوضچه‌ها رسوب دهند. این رسوبات سرشار از مواد ریز دانه و رس و کود حیوانی و گیاهی بوده که ماده مغذی و خوبی برای اصلاح اراضی شنی و فقیر از نظر مواد غذایی است. و بعنوان کود از این رسوبات بهره‌برداری می‌کردند.

حوضچه‌های مذکور در این منطقه به لاری خانه معروف بوده که یک سازه جنبی کشاورزی محسوب و هر باغدار و زارع سعی می‌کرده یک یا چند لاری خانه برای جمع‌آوری رسوبات سیل داشته باشد. لاری خانه‌ها معمولاً در کنار مسیل‌ها به مساحت حدود ۱۰۰۰- ۱۰۰ متر مربع دایر می‌شدند که ارتفاع دیواره آنها حداکثر یک متر بوده و دارای دریچه ورود و خروج سیلاب بودند. در شهر تفت لاری خانه‌ها دارای مشخصات و حتی اسناد رسمی بوده و خرید و فروش می‌شده است. نمونه آن محل احداث مسجد مسلم ابن عقیل تفت است که زمین آن قبلاً لاری‌خانه بوده و مالک زمین مذکور را برای احداث مسجد اهدا کرده است.

۵- بهره‌برداری از سیل برای ایزولاسیون بخش خشکان قنوات و کانال‌های آبرسانی.

کشاورزان همه ساله به اندود کردن کف و بدنه کانال‌های آبرسان اقدام می‌نمودند.که این کار با استفاده از لعاب رس انجام می‌شد. در مناطقی که خشکان و کانال‌های انتقال آب از اراضی شنی با نفوذپذیری بالا عبور می‌کنند گاهی تا ۵۰ درصد آب در این مسیرها نفوذ می‌نماید. در مناطق مستعد کشاورزان این مشکل را با استفاده از سیلاب حل می‌نمودند. شیوه کار بصورت هدایت سیلاب به درون قنات و کانال‌های آبرسان بوده است تا پس از چند ساعت لعابی از رس در جدار کانال‌ها ته‌نشین و برای حداقل یکسال از نفوذپذیری آنها بکاهد. معمولاً این اقدام در مورد قنواتی که از بستر رودخانه‌ها یا کنار آنها عبور می‌کرد عملی بوده است و با ایجاد سازه‌ای بنام زورنا (Zorna که منفذ ورود آب و سیلاب بدرون قنات است. مقداری سیلاب را در محل زورنا به خشکان قنات هدایت و با چند ساعت جریان سیلاب در قنات و کانال‌های آبرسان موجب کاهش نفوذپذیری آن شده و به صرفه جویی آب کشاورزی کمک می‌نمودند. بعد از جریان سیلاب هر چند مدت یکبار مجدداً با راه رفتن در قنات آب را گل‌آلود میکردند تا منافذ ایجاد شده مجدداً مسدود شود که به این اقدام لایروبی قنات گفته می‌شود.

۶- بهره برداری از سیل برای ذخیره آب در آب انبارهای مناطق بیابانی

آب انبارها برای ذخیره آب شیرین و تأمین آب شرب انسان و دام در کنار مسیل‌های کم شیب احداث و با ایجاد دریچه سیل‌گیر و سرریز سیل را ذخیره و در تابستان برای شرب دام و انسان از آنها بهره می‌بردند. آب انبارها معمولاً مسقف و دارای حجم ۱۰۰-۱۰ مترمکعب بودند. این آب انبارها نمادی از آبادی در عرصه‌های بیابانی وکویری بوده. نوعی فعالیت عمرانی در جهت بیابان‌زدایی به لحاظ تأمین آب شرب بوده است که در فواصل مناسب ومنظم در سر راه کاروان‌ها و گله‌های شتر و غیره دایر و از آب سیل بهره‌برداری می‌نمودند.

بحث و نتیجه‌گیری:

انسان‌های بیابان نشین با آن همه کمبود آب و دشواری‌ها که دارند مجبورند از هر منبع آبی به خوبی استفاده کنند تا آبادی‌ها و مزارع نسبتاً پایدار داشته باشند. از جمله منابع آبی موقت در این مناطق جریان‌های سیلابی است. در این مقاله مواردی معرفی شد که مردم بیابان نشین فلات مرکزی از

جریان‌های سیلابی برای تأمین آب کشاورزی و آبیاری سیلابی، رسوب‌گیری از سیلاب، تقویت آبخوان قنوات ایزولاسیون انهار و ایجاد بستر مناسب برای کشت دیم و ذخیره‌سازی در آب انبارها برای تأمین آب شرب بهره‌برداری می‌نمودند. امروزه بسیاری از این سنت‌ها و دانش بومی به فراموشی سپرده شده، آب انبارهای سیلابی در عرصه‌های بیابانی متروک مانده، با بهره‌برداری بی‌رویه و آسان از منابع آب زیرزمینی بوسیله چاه‌های عمیق دیگر احداث بند سارهای ذخیره آب مقرون به صرفه نیست و با ورود کودهای شیمیایی و مصرف بی‌رویه آنها رسوب‌گیری از سیل برای اصلاح خاک و تقویت آن بی‌معنی شده است.

مدرنیته و فراموشی روش‌های سنتی مذکور هر چند که موجب تحول در تولیدات کشاورزان بوده و لیکن در بسیاری موارد به ناپایداری منابع پایه منجر گردیده است، بطوریکه هم‌اکنون سالیانه حدود ۶ میلیارد مترمکعب از ذخائر آب زیرزمینی کاهش می‌یابد. مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی محیط زیست را تهدید می‌کند. کمبود آب شرب در عرصه‌های وسیعی از بیابان‌های مرکزی برای انسان و دام. خود به نوعی بیابان‌زایی و مهاجرت انسان تبدیل شده است.

بنابراین بازشناسی روش‌های سنتی و دانش بومی کشاورزان در هر منطقه و تلفیق آنها با رفتارهای علمی‌تر و تکمیل آنها برای توسعه پایدار از ضروریات است و نباید رفتارها و دانش بومی برخاسته از صدها سال تجربه گذشتگان را به آسانی از دست بدهیم و مدرنیته موجب گردد که تمام آنها فراموش کنیم.

لذا پیشنهاد می‌شود هر چه زودتر دانش بومی کشاورزان هر منطقه بخصوص در مورد موضوعات آب و آبیاری را شناسایی و ثبت نماییم تا از آنها برای تکمیل روش‌های جدید و توسعه پایدار بهره‌برداری شود.

منابع مورد استفاده:

۱. آمارنامه استان یزد ۱۳۸۰، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان

۲. آمارنامه سال ۱۳۷۳ استان یزد. سازمان برنامه و بودجه استان. ص۲۳-۲۲

۳. دهقانی تفتی.محمد علی. مقاله معرفی چند نمونه دانش بومی آبخوانداری در روستاهای استای یزد. کتاب مجموعه مقالات سومین همایش آبخوانداری، پژوهشکده حفاظت خاک ک۱۳۸۲ ص۵۰۴

۴. سازمان جغرافیایی ارتش جمهوری اسلامی‌ایران. نقشه توپوگرافی $\frac{1}{50000}$ شیت‌های ۶۷۵۴-۶۷۵۲ و ۶۸۵۴-۶۸۵۲ از سری k۷۵۳

۵. عرب خدری. محمود مقاله بندسار یک روش سنتی استحصال سیلاب در خراسان. مجله پژوهشی و سازندگی، وزارت جهاد سازندگی، شماره ۲۶.

۶. هانری گوبلو، کتاب قنات فنی برای دستیابی به آب، ترجمه ابوالحسن سرو مقدم و محمد حسین پاپلی یزدی، انتشارات معاونت فرهنگی قدس رضوی. چاپ اول، سال ۱۳۷۱ ص۱۶۴-۱۶۱

کارگاه فنی همزیستی با سیلاب
۲۵ مرداد ماه ۱۳۸۵

سیمای طرح جامع کنترل سیلاب در سیلابدشت رودخانه‌های دز و کاورن

علی حیدری[۱]، محمدصادق صادقیان[۲]، الهام افتخار جوادی،
محمدرضا نیک‌فال و محمدرضا باقری راهدانه[۳]

چکیده

کنترل سیلاب رودخانه‌های دز و کارون یکی از اهداف مهم طرح‌های مطالعاتی و اجرایی در این خطه از کشور بوده است. در این مقاله ضمن ارائه نتایج تحلیل سیلاب در سرشاخه‌های حوزه‌های دز و کارون و اثر کنترل سیل هر یک از سدهای در دست بهره‌برداری و ساخت، ارزیابی طرح‌های کنترل سیلاب سازه ای در پایین‌دست این سدها و مناطق سیلادشت انجام می‌گیرد. در این رابطه تراز آب گرفتگی با استفاده از مدل روندیابی دینامیکی در شرایط مختلف بدون اجرای طرح و گزینه‌های مختلف اجرای طرح کنترل سیل محاسبه می‌شود و خسارات سیلاب با استفاده از نتایج پایش میدانی به ازای سیلاب‌های با احتمال وقوع مختلف تعیین می‌گردد. سپس با بکارگیری مدل HEC-FDA و محاسبه مقدار مورد انتظار خسارات سالانه در هر گزینه و تعیین میزان کاهش این خسارت در این گزینه‌ها، منافع اجرای طرح تعیین می‌گردد. با تعیین هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری هر طرح از یک طرف و منافع حاصل از کاهش خسارات سالانه از طرف دیگر شاخص‌های اقتصادی و متناظراً توجیه‌پذیری طرح را مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. نتایج این بررسی در سیستم رودخانه‌های دز و کارون حاکی از توجیه‌پذیری اجرای یک سد تأخیری در حوزه رودخانه شور، انحراف سیلاب رودخانه کارون در بالادست شهر اهواز به نهر ماله و احداث خاکریزهای حفاظتی در پایین‌دست شهر اهواز و همچنین تقویت هدف کنترل سیلاب سد مخزنی دز می‌باشد.

کلمات کلیدی: مهندسی رودخانه، کنترل سیلاب، تحلیل ریسک، تحلیل خسارت

۱- دکتری منابع آب، مدیر مطالعات سیستمی‌شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران و کلرشناس اسبق شرکت مهاب قدس
۲- دکتری منابع آب، مدیر طرح شرکت مهاب قدس
۳- فوق لیسانس عمران آب ـ مدیریت منابع آب و کارشناس شرکت مهاب قدس

۱- مقدمه

روش‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای کنترل سیل، امروزه به عنوان دو جزء لاینفک در مطالعات طرح‌های کنترل سیل رودخانه عجین شده‌اند. روش‌های سازه‌ای کنترل سیل که عمدتاً در جهت کاهش شدت سیلاب یا میزان خسارت با اجرای طرح‌های عمرانی یا به عبارتی دور کردن سیلاب از مردم و روش‌های غیرسازه‌ای در جهت انطباق با شرایط وقوع سیلاب، مدیریت کاهش خسارات و به عبارتی دور کردن مردم از سیلاب عمل می‌کنند. روش‌های نوع اول از دیرهنگام در مناطق مختلف سیل خیز کشور مورد توجه قرار گرفته اند و روش‌های نوع دوم به عنوان روش‌های نوین کاهش خسارات سیل در برخی از حوزه‌های آبریز کشور جزو اهداف توسعه پایدار این حوزه گنجانده شده است.

مدیریت سیلاب در دهه‌های اخیر حتی فراتر از توسعه مدل‌های پیش‌بینی سیل رفته و در این زمینه مدل‌های پشتیبانی در تصمیم‌گیری (DSS) جهت تصمیم‌سازی بهتر در شرایط مختلف حوضه و رودخانه توسعه یافته است (Clark, et al 2005 ؛Betts, at al, 2005). این سیستم‌ها متشکل از مؤلفه‌های مختلفی نظیر سیستم‌های اطلاعاتی آب و هواشناسی، پیش‌بینی سیل، سیستم اطلاعاتی مدیریت سیلاب، سیستم هیدولیک رودخانه، سیستم تحلیل انتخاب گزینه و غیره می‌باشند.

در روش‌های سازه‌ای کنترل سیلاب، با شناسایی مناطق مهم و بحرانی سیل‌خیز، پتانسیل طرح‌های سدسازی و مهندسی رودخانه در میزان کاهش خسارت مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. این روش‌ها که در مقایسه با روش‌های غیرسازه‌ای از هزینه بیشتری برخوردار می‌باشند در کنار روش‌های غیرسازه‌ای می‌توانند کارآریی بیشتر از خود نشان دهند. در هر صورت لازمه رسیدن به یک سیستم کنترل سیل مناسب استفاده تلفیقی از دو روش فوق است و میزان موفقیت این روش‌ها در گرو مدیریت مناسب کنترل سیل و مدیریت بحران است. در این رابطه با ارزیابی روش‌های سازه‌ای کنترل سیل، تعیین هزینه‌های اجرایی و بهره‌برداری این سازه‌ها در مقابل منافع حاصل از کاهش خسارات یکی از بخش‌های ضروری مطالعات است که در آن می‌توان با تحلیل اقتصادی، اجرا یا عدم اجرای این گونه طرح‌ها را توجیه کرد. در این مقاله ضمن تمرکز بر راهکارهای مختلف سازه‌ای کنترل سیلاب، گزینه‌های قابل رقابت و عملی کنترل سیلاب از نظر هیدرولیکی، فنی و اقتصادی جهت اولویت‌بندی و تعیین توجیه‌پذیری آنها مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. جهت ارزیابی اقتصادی و تعیین منافع اجرای طرح‌های کنترل سیل، بررسی دقیق میدانی جهت کمی نمودن خسارت محتمل و محاسبات هیدرولیکی برای تعیین تراز غرقابی انجام شده است که نتایج آن در این مقاله ارائه می‌گردد. در رابطه با روش غیرسازه‌ای کنترل سیلاب که می‌تواند موضوع مقاله دیگری در سیستم رودخانه‌ای دز و کارون باشد تنها به اهمیت و نقش مدیریت مخزن برای کنترل سیلاب‌های خروجی از آن بخصوص در رودخانه دز تمرکز می‌شود. طرح افزایش ارتفاع سد دز به عنوان راه حل معضل تجمع رسوب در مخزن این سد در حال بررسی است که می‌توان هدف کنترل سیل

به عنوان یکی از اهداف این مطالعات گنجاند.

۲- راهکارهای کنترل سیلاب

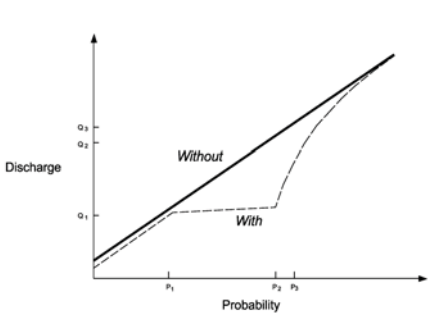
یک طرح کنترل سیلاب بایستی شامل راهکارهای سازه‌ای یا غیرسازه‌ای کاهش اثرات سیلاب باشد. خلاصه‌ای از این راهکارها در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱- راهکارهای کنترل و کاهش خسارت سیلاب

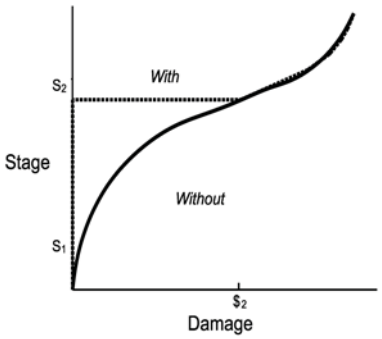
راهکار / ردیف	راهکارهایی که با کاهش دبی، خسارت‌ها را کم می‌کنند	راهکارهایی که با کاهش تراز، خسارت‌ها را کم می‌کنند	راهکارهایی که با کاهش آسیب‌پذیری مناطق خسارت‌زای موجود، باعث کاهش خسارت می‌شوند	راهکارهایی که با کاهش آسیب‌پذیری مناطق خسارت‌زای آتی، باعث کاهش خسارت می‌شوند
۱	مخزن	اصلاح بستر رودخانه	خاکریز یا سیلاب بند	تغییر کاربری اراضی
۲	انحراف سیلاب		مقاوم‌سازی در مقابل سیلاب	جلوگیری از ساخت و ساز
۳	مدیریت حوزه آبریز		تغییر موقعیت مراکز خسارت زا	تغییر دارایی‌ها و مستحدثات در سیلابدشت
۴			هشدار سیل و برنامه‌ریزی پیشگیرانه	

مطابق این جدول، روش‌های غیرسازه‌ای سیلاب با کاهش آسیب‌پذیری مناطق باعث کاهش خسارت می‌شوند و روش‌های سازه‌ای با کاهش دبی و یا تراز غرقابی خسارت تعدیل می‌کنند. به عنوان مثال احداث سد تأخیری در کاهش دبی سیلاب مؤثر است که این کاهش متقابلاً باعث کاهش خسارت‌های سیل می‌گردد و احداث خاکریز با افزایش تراز آستانه آسیب‌پذیری سیلابدشت به کاهش خسارات کمک می‌کند. احداث خاکریز، خسارت‌های سیلاب را با کم کردن میزان خسارت به ازای یک تراز یا دبی سیل‌گیری مشخص کاهش می‌دهد. این امر با جلوگیری از سرریز آب رودخانه به درون سیلاب دشت صورت می‌گیرد. اصلاح بستر رودخانه با افزایش ظرفیت آبگذاری و کاهش تراز غرقابی باعث کاهش خسارت می‌شود و طرح‌های انحراف آب با کاهش دبی رودخانه به ازای احتمال وقوع یکسان باعث تسکین خسارت می‌گردند.

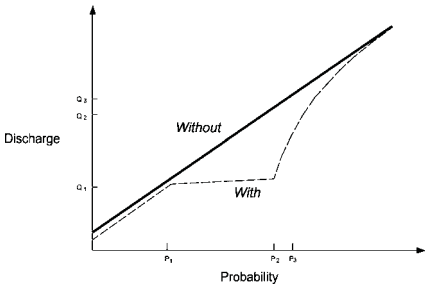
نحوه تأثیرگذاری هر یک از طرح‌های کنترل سیل بر منحنی‌های سه گانه احتمال – دبی، دبی – تراز، تراز خسارت به صورت شکل (۱) خلاصه شده است.



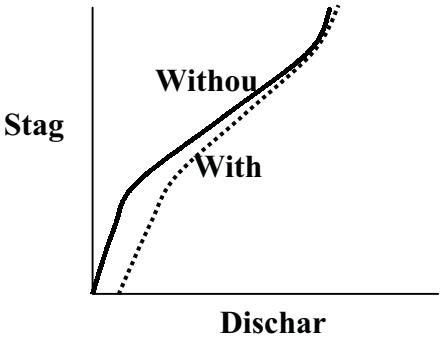
(طرح سد تأخیر)



(احداث دایک)



(انحراف سیلاب)



(اصلاح بستر)

شکل ۱- اثر طرح‌های سازه‌ای کنترل سیلاب در منحنی‌های احتمال- دبی- تراز- خسارت

یک طرح سازه‌ای کنترل سیلاب بایستی بتواند معیارهای زیر را پوشش دهد:

۱) بهترین روش اجرایی برای کنترل سیل باشد، ۲) بهترین محل اجرای تأسیسات کنترل سیل باشد ۳) مناسب‌ترین اندازه و بزرگی این تأسیسات را داشته باشد ۴) بهترین روش نگهداری و بهره‌برداری از تأسیسات را داشته باشد.

به منظور تعیین گزینهٔ برتر برای اجرای طرح، در قدم اول ابتدا گزینه‌های متعدد جهت کنترل سیلاب با موقعیت، اندازه سازه و وضعیت بهره‌برداری مختلف ارائه و معرفی می‌گردند. سپس هر یک از گزینه‌ها با یک معیار اقتصادی حاصل از میزان کاهش خسارت‌های سیل و هزینه‌های سرمایه‌گذاری سنجیده می‌شوند. طرح‌های کنترل سیلاب در مرحلهٔ مطالعات به صورت گزینه‌ای مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. هدف از این مطالعات، عمدتاً شناسایی یک طرح کنترل سیلاب است که با سه معیار کلیدی زیر همخوانی داشته باشد:

۱) سود خالص مثبت داشته باشد. ۲) استانداردهای حفاظت از محیط زیست را رعایت نماید. ۳) منافع محلی منطقه را برآورده سازد.

این هدف ابتدا از طریق انجام مطالعات مهندسی رودخانه و سپس تحلیل اثرات سیلاب برای وضعیت موجود و یا به عبارتی «بدون در نظر گرفتن پروژه» تحقق می‌یابد. در این بررسی، میزان کاهش خسارت‌ها

با اجرای طرح نسبت به وضعیت موجود، منافع اجرای طرح را تشکیل می‌دهد و با در نظر گرفتن هزینه‌های اجرای طرح، شاخص‌های اقتصادی تعیین می‌گردد که می‌تواند اجرای یک طرح را توجیه یا رد نماید.
عمده فعالیت‌های این گونه مطالعات را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

۱. تحلیل داده‌های سیلاب جهت تعیین بزرگی سیلاب با دوره‌های بازگشت
۲. جمع‌آوری خسارات سیلاب‌های تاریخی و پایش مستحدثات موجود در سیلابدشت
۳. ارائه گزینه‌های سازه‌ای کنترل سیلاب (طرح‌های مهندسی رودخانه و یا مخازن تأخیری)
۴. بازدیدها و بررسی‌های میدانی
۵. مدلسازی هیدرولیکی جهت برآورد ترازهای سیلاب و تعیین استانداردهای حفاظتی مورد نیاز
۶. تحلیل سود / هزینه به همراه ریسک وقوع و محاسبه شاخص‌های اقتصادی

مراحل فوق در مطالعات گزینه‌های کنترل سیل در دشت خوزستان انجام شده است که نتایج آن در زیر ارائه می‌گردد.

منطقه مورد مطالعه

سیستم رودخانه‌ای دز و کارون پس از سرچشمه گرفتن از رشته کوه‌های زاگرس در دشت خوزستان با آبیاری بیش از ۳۰۰ هزار هکتار اراضی کشاورزی به خلیج فارس می‌ریزد. رودخانه‌های دز، کارون و کارون بزرگ در گذر از دشت خوزستان خسارت زیادی در مواقع سیلابی ببار می‌آورد که کاهش خسارات ناشی از سیل از طرق احداث سازه‌های کنترل سیل و پیش‌بینی و مدیریت سیلاب در بالادست جزو اهداف سازمان‌های مرتبط با این مسئله بوده است. سیستم رودخانه ای دز و کارون به همراه سدهای مخزنی در شکل (۲) نشان داده شده است. هر ساله در اثر وقوع سیل در دشت خوزستان خسارت فراوانی ناشی از طغیان رودخانه‌های دز، کارون، جراحی و زهره اتفاق می‌افتد.

شکل ۲- سیستم رودخانه‌ای دز و کارون

داده‌های مورد نیاز طراحی

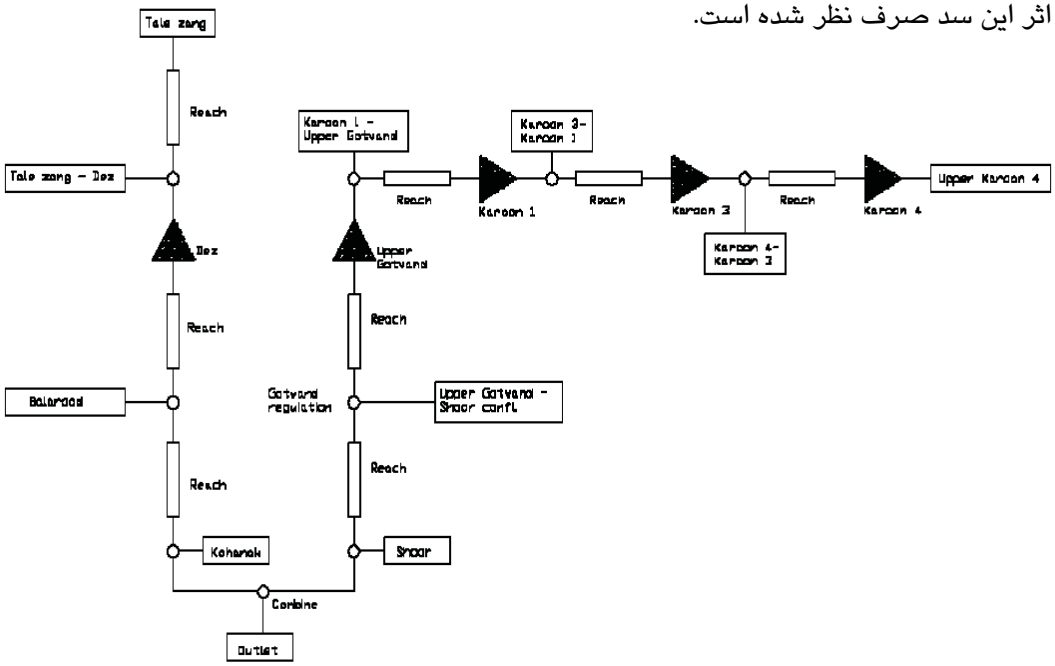
الف ـ هیدروگراف سیلاب

یکی از پارامترهای مهم در طرح‌های کنترل سیل، کمیت سیلاب یا به عبارت دیگر سیلاب طراحی در بازه‌های مورد نظر رودخانه می‌باشد. در حوزه‌هایی که سدهای مخزنی در دست بهره‌برداری است، به دلیل اثر تعدیلی سیلاب علاوه بر بزرگی پیک سیل، حجم سیل نیز اهمیت پیدا می‌کند. بنابراین سیلاب طراحی در این سیستم‌ها، هیدروگراف سیلاب با دوره‌های بازگشت مختلف خواهد بود که لازم است به تفکیک مؤلفه‌های سیستم شامل زیر حوزه‌ها تعیین گردد.

هیدروگراف‌های سیلاب به‌طور معمول با استفاده از روش شاخص سیلاب و روش هیدروگراف واحد تعیین می‌شوند. از روش شاخص سیلاب برای تحلیل سیلاب در ایستگاه‌های هیدرومتری استفاده می‌شود. در سیستم رودخانه‌ای دز و کارون نیز، در نقاط کنترل منطبق بر ایستگاه هیدرومتری از این روش تحلیل بهره گرفته می‌شود و جهت تحلیل سیلاب‌های حوزه‌های میانی از روش تحلیل بارش و مدلسازی بارش رواناب استفاده می‌گردد. جهت برآورد هیدروگراف‌های سیل در نقاط کنترل و حوضه‌های میانی از هر دو روش فوق استفاده گردید.

ب ـ اثر تعدیل مخازن زنجیره‌ای

برای تعیین بزرگی سیلاب در دشت خوزستان نیاز بود اثر بهره‌برداری و روندیابی سیل در سری مخازن ذخیره‌ای کارون و دز انجام شود. برای این منظور افق ۵ ساله توسعه مخازن حوضه در نظر گرفته شد. شمای سیستم مخازن در مطالعه طرح‌های کنترل رودخانه‌های دز و کارون در شکل (۳) نشان داده شده است. به علت عدم تأثیر سد جریانی مسجد سلیمان در کنترل سیل سیستم مخازن، در شبیه سازی کنترل سیل اثر این سد صرف نظر شده است.



شکل ۳- سیمای شماتیک شبیه‌سازی کنترل سیلاب سیستم رودخانه‌ای دز و کارون

فرضیات و الگوی بهره‌برداری کنترل سیل مخازن، به صورتی در نظر گرفته شده است که معیارهای طراحی و حداقل اعتمادپذیری سازه‌های پایین‌دست را تامین نماید. جهت اعمال الگوریتم کنترل سیل که بحرانی ترین وضعیت سیلاب خروجی را برای پایین‌دست ایجاد می‌کند، دو معیار اعمال گردید. در معیار اول سیلاب ۱۰۰ ساله به عنوان سیلاب بهره‌برداری منظور شد و در معیار دوم با در نظر گرفتن حجم کنترل سیلاب حاصل از ترازهای بهره‌برداری سدها، سیلاب خروجی طوری تعیین گردید که سیلاب ۱۰۰ ساله حجم کنترل سیل را پر نماید. با تعمیم این الگوریتم به سایر سیلاب‌ها، سیلاب‌های دوره بازگشت مختلف شبیه‌سازی گردید که نتیجه حاصله برای ترازهای بهره‌برداری و دبی‌های حداکثر خروجی در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲- دبی اوج سیلاب رودخانه‌های کارون و دز پس از اعمال اثر بهره‌برداری از سدهای موجود و در دست ساخت

Flood return period (year)	K4 Inflow (m^3/s)	K4 outflow (m^3/s)	K4 MOL (masl)	K3 Inflow (m^3/s)	K3 outflow (m^3/s)	K3 MOL (masl)	K1 inflow (m^3/s)	K1 outflow (m^3/s)	K1 MOL (masl)	UG inflow (m^3/s)
5	1999.0	1999.0	1025.0	2995.2	2995.2	845.0	3969.7	3969.7	530.0	5283.0
10	2516.0	2516.0	1025.0	3625.8	3625.8	845.0	4849.1	4320.0	530.4	6030.7
20	3012.0	2650.0	1025.3	4419.0	3750.0	845.7	5251.6	4320.0	531.1	6399.6
25	3171.0	2650.0	1025.5	4423.9	3750.0	845.7	5329.9	4320.0	531.3	6509.7
50	3630.0	2650.0	1026.2	5050.2	3750.0	846.8	5559.0	4320.0	531.8	6827.5
100	4032.0	2650.0	1027.0	5598.7	3750.0	848.0	5758.5	4320.0	532.0	6882.6
200	4411.0	4054.0	1027.0	5804.5	5284.1	848.0	7370.9	6889.1	532.0	9171.1
500	4977.0	4903.0	1027.0	6247.0	6247.0	848.0	8637.0	8637.0	532.0	11492.1
1000	5500.0	5189.8	1027.1	6916.2	6916.2	848.0	9576.3	9576.3	532.0	12969.5

ادامه جدول ۲-

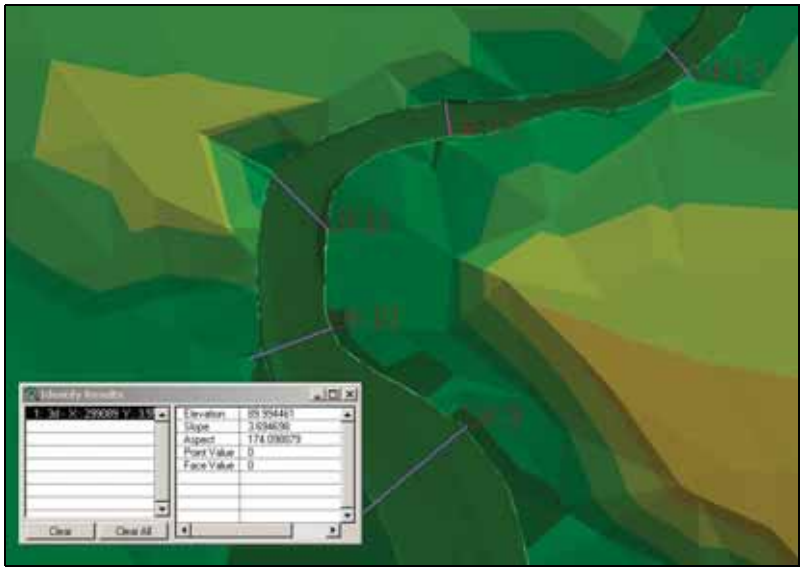
Flood return period (year)	UG outflow (m^3/s)	UG MOL (masl)	Shoor river (m^3/s)	Shushtar outflow (m^3/s)	Dez inflow (m^3/s)	Dez outflow (m^3/s)	Dez MOL (masl)	Balarood river (m^3/s)	Kohanak river (m^3/s)	Bamdezh outflow (m^3/s)
5	2650.0	226.6	1056.2	3495.0	4172.2	4172.2	351.5	209.0	172.0	4336.9
10	2650.0	228.6	1329.4	3853.7	5362.9	5362.9	351.5	271.0	223.0	5516.1
20	2650.0	230.7	1591.5	4243.1	6563.2	6194.1	351.54	338.0	278.0	6510.9
25	2650.0	231.3	1674.6	4408.5	6947.8	6244.5	351.6	359.0	295.0	6638.2
50	2650.0	232.9	1917.3	4674.2	8366.7	6280.0	351.9	433.0	356.0	6845.4
100	2650.0	234.4	2130.0	5082.0	9673.9	6280.0	352.5	512.0	421.0	7122.5
200	5263.9	234.5	2329.7	7917.51	11005.0	7182.8	352.9	597.0	491.0	7959.3
500	5976.8	234.5	2629.1	8864.89	12824.2	7786.4	353.7	720.0	592.0	8638.0
1000	7101.1	234.5	2905.5	10010.03	14292.1	8185.0	354.2	821.0	675.0	9169.3

MOL: حداکثر تراز مخزن، K4: سد کارون۴، K3: سد کارون ۳، K1: سد کارون ۱، UG: سد گتوند علیا

ج- روندیابی هیدرودینامیکی

شبیه‌سازی هیدرولیکی رودخانه جهت روندیابی سیلاب، تعیین پهنه سیلاب دشت و همچنین تعیین ترازهای غرقابی در شرایط موجود و اثر اجرای طرح‌های مهندسی رودخانه در پایین‌دست و بالادست ضروری است. بدین منظور از کلیه اطلاعات موجود شامل ۸۷۵ مقطع هیدرولیکی از پایین‌دست سدهای تنظیمی‌گتوند و دزفول تا سلمانیه در رودخانه کارون بزرگ، منحنی‌های دبی- اشل و دبی و تراز سیلاب‌های ثبت شده ایستگاه‌های هیدرومتری رودخانه‌های دز و کارون استفاده گردید.

از آنجا که مقطع‌برداری رودخانه‌ها معمولاً محدود به بستر رودخانه اصلی می‌شود و سیلاب‌دشت‌ها را فرا نمی‌گیرد، لذا در مناطق سیلابدشت که پخش سیل اتفاق می‌افتد لازم است این مقاطع به سیلابدشت گسترش یابند تا در سیلاب‌های بزرگ نحوه پخش سیل در منطقه تعیین گردد. بدین منظور نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری مبنا قرار گرفت و مدل رقومی‌ارتفاعی(DEM)[1] سیلاب‌دشت براساس آن ساخته شد. با ترکیب مدل‌های رقومی فوق یک مدل رقومی یکپارچه از سیلاب‌دشت و رودخانه مطابق شکل (۴) تولید شد.



شکل ۴ - بزرگنمایی مدل رقومی ارتفاعی رودخانه کارون و سیلاب‌دشت آن

جهت گسترش مقاطع عرضی رودخانه به سیلابدشت، با تعیین راستای گسترش هر مقطع و توسعه ابزاری در محیط ArcVeiw تعیم یافت.

جهت شبیه‌سازی هیدرولیکی، قابلیت روندیابی دینامیکی مدل HEC-RAR که از کارآیی لازم برای شبیه‌سازی رودخانه‌های بزرگ برخوردار است مورد استفاده قرار گرفت. در این مدل، جریان ماندگار در دو مجرای اصلی رودخانه و مسیل سیلابرو حل می‌شود. معادلات یک بعدی سن و نانت در این دو مجرا

1- Digital Elevation Model

به صورت زیر حاصل می‌شود.

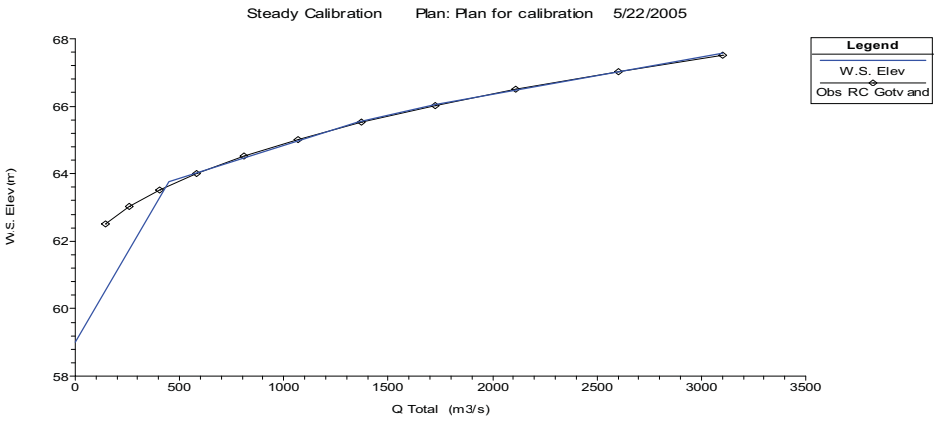
$$\frac{\partial A}{\partial t}+\frac{\partial(\phi Q)}{\partial x_c}+\frac{\partial(1-\phi)Q}{\partial x_f}=0 \qquad (۱)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{\partial(\phi^2 Q^2/A_C)}{\partial x_C}+\frac{\partial((1-\phi)^2 Q^2/A_f)}{\partial x_f}+gA_C\left[\frac{\partial z}{\partial x_c}+S_{fc}\right]+gA_f\left[\frac{\partial z}{\partial x_f}+S_{ff}\right]=0 \qquad (۲)$$

که در آن اندیس‌های c و f به ترتیب مربوط به بستر رودخانه و سیلاب‌دشت و Q: دبی رودخانه برحسب m^3/s، A: سطح مقطع جریان برحسب m^2، g: شتاب ثقل برحسب m/sec^2، Z: تراز سطح آب بر حسب m، Sf: شیب اصطکاکی، V: سرعت جریان بر حسب m/sec، X: طول رودخانه برحسب m، t: زمان برحسب sec می‌باشند.

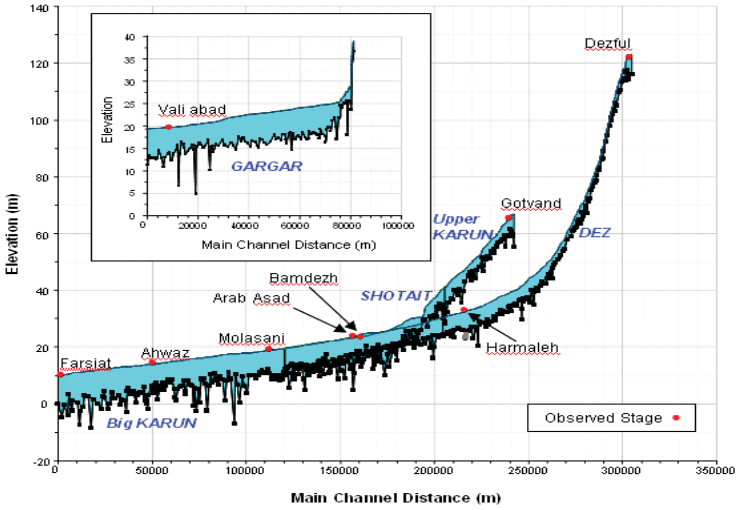
برای حل این معادلات، روش تفاضلات محدود ضمنی به همراه روش حل نیوتن رافسون بکار گرفته می‌شود. در تفاضلات محدود ضمنی، اسکیم چهار نقطه‌ای تحت عنوان اسکیم Box استفاده می‌گردد. برای اجتناب از حل غیرخطی، خطی سازی معادلات تفاضلات محدود صورت می‌گیرد.

کالیبراسیون در دو حالت جریان دائم و جریان ناپدار، پس از تعریف سواحل رودخانه اصلی و محدوده سیلابرو در هر مقطع به ازای سیلاب‌های مختلف صورت گرفت. نمونه ای از نتایج کالیبراسیون مدل هیدرولیکی برای جریان پایدار در شکل (۵) برای ایستگاه هیدرومتری گتوند نشان داده شده است.



شکل ۵ – نتایج کالیبراسیون ضریب مانینگ در ایستگاه هیدرومتری گتوند

نمونه‌ای از پروفیل سطح آب در طول رودخانه‌های دز و کارون را به همراه ترازهای مشاهده‌ای در ایستگاه‌های هیدرومتری را پس از کالیبراسیون مدل در شکل (۶) نشان داده شده است.



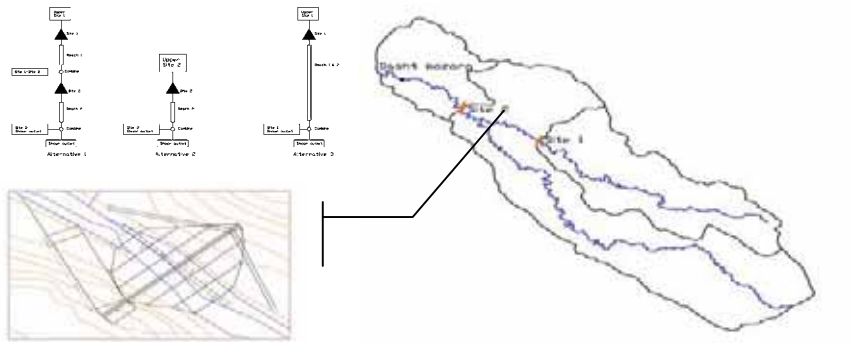
شکل ۶ – نمونه‌ای از پروفیل سطح آب در طول رودخانه‌های دز و کارون به همراه ترازهای مشاهده‌ای در ایستگاه‌های هیدرومتری (پس از کالیبراسیون مدل)

پس از کالیبراسیون مدل هیدرولیکی (تعیین ضرایب مانینگ و روابط انحراف آب)، روندیابی سیلاب در شرایط جریان غیردائم و برای وضعیت موجود اجرا گردید. جهت انتقال نتایج مدل هیدرولیکی به یک بانک اطلاعاتی در محیط GIS، از HEC-GeoRAS که ابزاری (Extension) در محیط نرم افزاری Arcview می‌باشد، بهره گرفته شد. این ابزار علاوه بر ارائه نتایج در محیط GIS، با استفاده از مدل رقومی زمین (شبکه مثلث بندی– TIN) و پردازش اطلاعات هیدرولیکی اعم از رقوم آب و عرض سطح آب در هر مقطع و تلفیق آن با مدل رقومی زمین، سطح آبگرفتگی و عمق آب در هر نقطه از این محدوده را محاسبه می‌کند.

طرح‌های کنترل سیل

الف – طرح احداث سدهای تأخیری

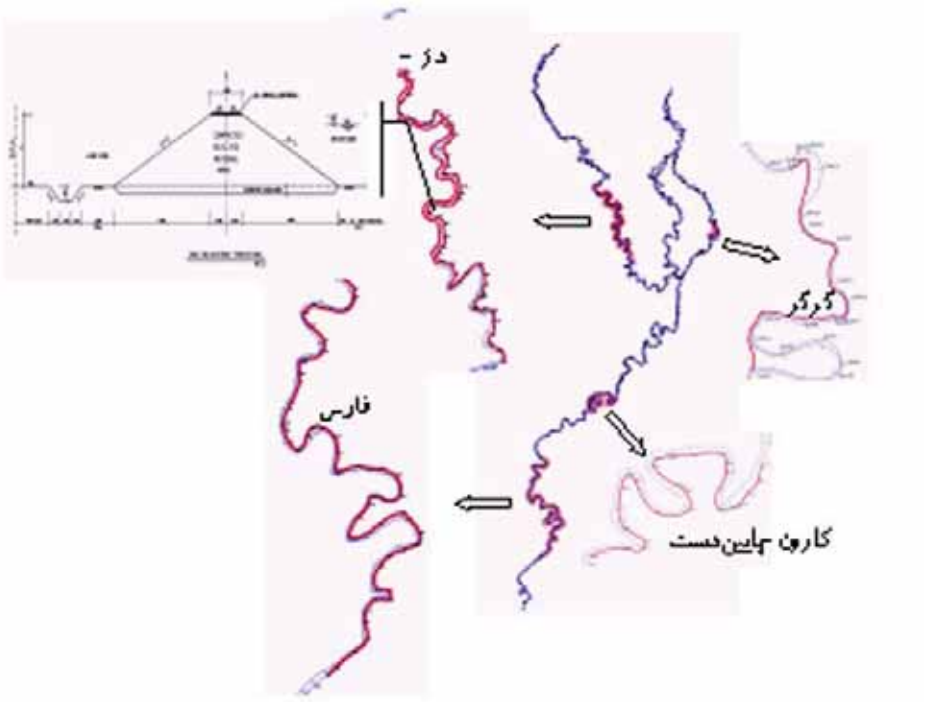
طرح احداث سدهای تأخیری با توجه به سدها و تأسیسات موجود و در دست ساخت سیستم رودخانه‌های دز و کارون، در حوزه رودخانه شور مطابق شکل (۷) مدنظر قرار گرفت. این طرح در سه گزینه شامل دو گزینه تک سدی و یک گزینه دو سدی مطرح گردید. موقعیت مخازن تأخیری به همراه جانمایی آنها در نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵,۰۰۰ در شکل مذکور نشان داده شده است.



شکل ۷– موقعیت و جانمایی مخازن تأخیری پیشنهادی در حوضه رودخانه شور

ب- طرح احداث دایک

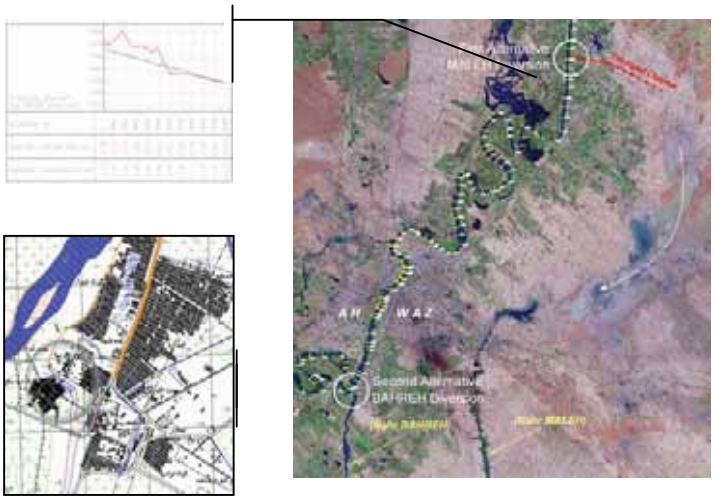
گزینه‌های پیشنهادی برای احداث خاکریز در سیستم رودخانه‌های کارون و دز با توجه به مراکز خسارت‌زای دشت خوزستان و محدوده‌های سیل‌گیر حاصل، در چهار بازه متفاوت در نظر گرفته شده است. شکل (۸)، چهار بازه خسارت زا برای احداث دایک پیشنهادی در رودخانه‌های کارون و دز به همراه مقطع تیپ این سازه را نشان می‌دهد.



شکل ۸- بازه‌های پیشنهادی برای احداث دایک حفاظتی

ج- طرح انحراف سیل

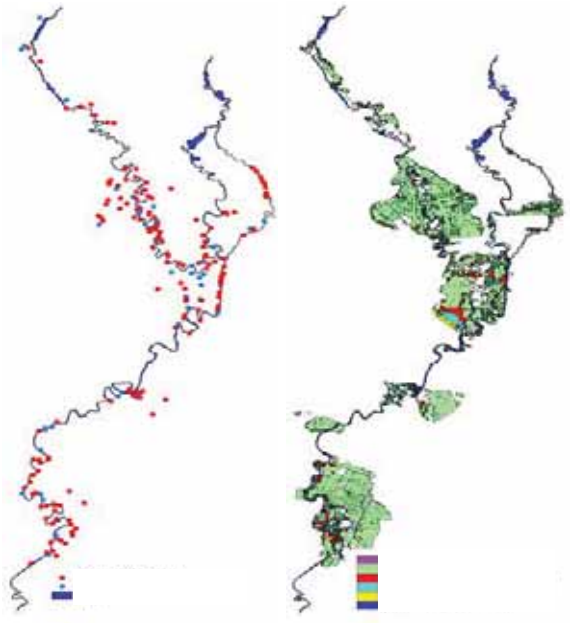
جهت کاهش خسارت‌های سیل در رودخانه کارون بزرگ حدفاصل بند قیر تا آبادان، انحراف آب از این رودخانه به اراضی بایر جناح چپ و سپس انتقال آن توسط نهر ماله به هور شادگان در نظر گرفته شده است. افزایش ظرفیت نهر بحره که در محدوده انتهایی شهر اهواز به سمت آبادان، آب رودخانه کارون بزرگ را به هور شادگان منتقل می‌کند به عنوان گزینه دوم انحراف سیل مد نظر می‌باشد. شکل (۹) گزینه‌های انحراف سیل از رودخانه کارون در تصویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد.



شکل ۹- موقعیت طرح انحراف سیل ماله در تصویر ماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی

محاسبه خسارت در سیلاب‌دشت

با پردازش داده‌های رقومی با استفاده از ابزار HEC-GeoRAS ، پلیگون‌های سطوح آبگرفتگی و عمق آب در سیلابدشت، تعیین گردیدند. نتیجه حاصله شامل شش سری پلیگون آبگرفتگی در محیط Arcview بود که متناظر با دوره‌های بازگشت ۵ تا ۱۰۰ سال بود. نمونه ای از این پلیگون‌ها برای سیلاب ۱۰۰ ساله در شکل (۹) نشان داده شده است. پس از پایش میدانی پتانسیل خسارات در سیلابدشت، با انطباق پلیگون‌های آبگرفتگی با مناطق خسارت‌زا اعم از روستاها، اراضی کشاورزی و استخرهای پرورش ماهی در محیط GIS، محدوده و مساحت مناطق خسارت‌زا و میزان آن در اثر سیلاب‌های ۵ تا ۱۰۰ سال به تفکیک نوع خسارت، تعیین شد.



شکل ۹- سطح آب گرفتی دشت خوزستان در سیلاب ۱۰۰ ساله به همراه نقاط خسارت زا

تحلیل خسارات بر پایه ریسک و منافع اجرای طرح

تحلیل خسارت‌های سیل در ترازهای مختلف سیلاب در وضعیت موجود (بدون اجرای طرح) و با اجرای گزینه‌های مختلف طرح‌های کنترل سیلاب، با در نظر گرفتن احتمال وقوع آن انجام می‌گیرد. به همین منظور از نرم‌افزار HEC-FDA استفاده گردید.

سود حاصل از کاهش خسارت‌های ناشی از سیل گرفتگی با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$B = (X_{without} - X_{with}) \quad (۳)$$

که در آن:

$X_{without}$: میزان خسارت ریالی حاصل از سیل گرفتگی بدون اجرای پروژه،

X_{with} : میزان خسارت ریالی حاصل از سیل گرفتگی در صورت اجرای طرح است.

ماهیت احتمالاتی وقوع سیل، تعیین خسارت ناشی از سیل گرفتگی را با مشکل همراه می‌سازد. این مشکل با بکارگیری مفهوم مقدار مورد انتظار (Expected Value) برای محاسبه سود حاصل از کاهش سیل‌گرفتگی قابل حل است. بنابراین معادله محاسبه سود خالص طرح که تفاضل منافع و هزینه‌ها می‌باشد به صورت زیر حاصل می‌شود:

$$NB = (E[x_{without}] - E[x_{with}]) - C \quad (۴)$$

$$NB = (E[X_{without}] - E[X_{with}]) - C$$

که در آن :

[ ] E : مقدار مورد انتظار است که احتمال وقوع سیلاب را در نظر می‌گیرد. مقدار مورد انتظار خسارت ناشی از سیل گرفتگی طبق معادلهٔ زیر محاسبه می‌گردد:

$$E[X]=\int_{-\infty}^{+\infty} x f_x(x)dx \qquad (۵)$$

$$E[X]=\int_{-\infty}^{\infty} x f_x(x)d_x$$

که در آن:

E(X): مقدار مورد انتظار خسارت سالانه ، x: مقدار تصادفی خسارتی است که با احتمال $f_x(x)dx$ رخ می‌دهد و $f_x(x)$: مربوط به تابع شدت احتمال (PDF) [1] است.

تابع شدت احتمال را می‌توان به صورت تابع توزیع تجمعی احتمال (CDF)[۲] تبدیل نمود:

$$F_X[x]=\int_{-\infty}^{x} f_x(u)du \qquad (۵)$$

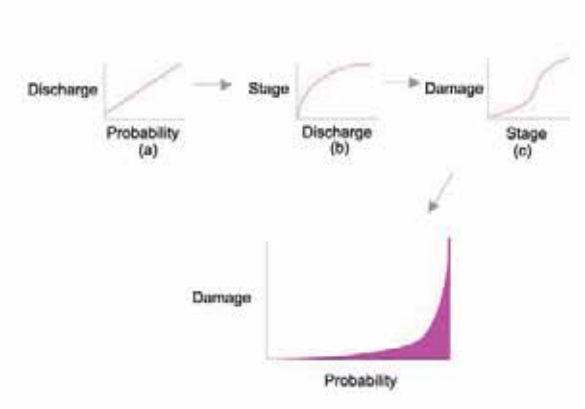
با جایگذاری در رابطه (۴)، معادله خسارت مورد انتظار سالانه به صورت زیر حاصل می‌شود:

$$E[X]=\int_{-\infty}^{+\infty} x\frac{dF_X(x)}{dx}dx \qquad (۶)$$

مقدار مورد انتظار خسارت سالانه، معادل انتگرال تابع احتمالاتی تجمعی خسارت سالانه است. در صورتی که این تابع به صورت یک معادله نوشته شود، با انتگرال گیری قابل حل می‌باشد. اما تابع خسارت – احتمال که برای محاسبه خسارت سالانه مورد انتظار مورد نیاز است، به صورت یک معادله عمومی در دسترس نمی‌باشد. از نظر تئوری این تابع با جمع آوری داده‌های خسارت سالانه به ازای ترازهای سیلابی با دوره‌های بازگشت مختلف و برازش یک توزیع آماری به‌دست می‌آید.

همچنین تابع احتمال – خسارت می‌تواند از تبدیل داده‌های موجود هیدرولوژی، هیدرولیک و خسارت مطابق شکل (۱۱) تعیین گردد. از طریق این سه تابع، تابع احتمال – خسارت تعیین می‌شود که سطح زیر منحنی آن با انتگرال گیری تابع احتمال – خسارت به روش عددی، مقدار مورد انتظار خسارت سالانه را نتیجه می‌دهد.

1- Probability Density Function
2- Cumulative Distribution Function



شکل ۱۱- مراحل تبدیل داده‌ها برای محاسبه خسارت مورد انتظار سالانه سیلاب

نتایج تحلیل کاهش خسارت ناشی از احداث سدهای تأخیری، خاکریزها و کانال انحراف حاصل از مدل HEC-FDA به ترتیب جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳ - نتایج تحلیل کاهش خسارت سالانه مورد انتظار در گزینه‌های مختلف طرح‌های کنترل سیل (برحسب میلیون ریال)

سدهای تأخیر				خاکریزهای حفاظتی				انحراف آب		
گزینه		خسارت مورد انتظار سالانه	کاهش خسارت مورد انتظار	گزینه		خسارت مورد انتظار سالانه	کاهش خسارت مورد انتظار	گزینه	خسارت مورد انتظار سالانه	کاهش خسارت مورد انتظار
بدون طرح		۶۹،۶۳۰	۰	بدون طرح		۱۳۰،۴۳۷	۰	بدون طرح	۱۳۰،۴۳۷	۰
با طرح سد تأخیر	سد ۱	۹،۹۲۰	۹،۹۲۰	با طرح خاکریز	گرگر	۱۳۸،۷۷۸	-۸،۳۴۱			
	سد ۲	۱۵،۹۳۷	۱۵،۹۳۷		بامدژ	۱۲۷،۳۷۸	۳،۰۵۹	با طرح انحراف نحر ماله	۱۰۹،۱۰۸	۲۱،۳۲۹
	هر دو سد	۵۲،۳۰۹	۱۷،۳۲۲		پایین‌دست اهواز	۱۲۶،۹۲۲	۳،۵۱۵			
					پایین‌دست فارسیات	۱۲۴،۰۸۲	۶،۳۵۵			

ارزیابی اقتصادی

تحلیل اقتصادی شامل ارزیابی هزینه‌های ناشی از خسارت در ترازهای مختلف سیلاب و تحلیل سود/ هزینه، به تفکیک طرح‌های کنترل سیل می‌باشد. جهت اجرای یک طرح کنترل سیل لازم است که طرح مذکور علاوه بر توجیه فنی دارای توجیه اقتصادی نیز باشد. در تحلیل اقتصادی گزینه‌های کنترل سیل، سود ناشی از اجرای این طرح‌ها معادل مقدار کاهش خسارت در نظر گرفته می‌شود. با در نظر گرفتن

هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری از یک طرف و منافع سالانه ناشی از کاهش خسارت‌ها از طرف دیگر، شاخص‌های اقتصادی طرح‌های مختلف کنترل سیل تعیین می‌گردند.
شاخص‌های اقتصادی طرح‌های کنترل سیل محاسبه گردید که نتایج حاصله در جدول (۴) ارائه شده است. در این ارزیابی، سه نرخ تنزیل سالانه ۸، ۱۰ و ۱۲ درصد در نظر گرفته شد. نرخ ۱۰٪ به عنوان حالت اصلی و سایر نرخ‌ها برای تحلیل حساسیت منظور شده‌اند که در ارائه آنها خوداری می‌شود.

جدول ۴ - نتایج ارزیابی اقتصادی سدهای تأخیری با نرخ تنزیل سالانه ۱۰٪

گزینه‌های کنترل سیل / شاخص اقتصادی	طرح سدهای تأخیری			طرح خاکریز			طرح انحراف آب
	تک سدی		دو سدی	منطقه بامدژ	پایین‌دست اهواز	پایین‌دست فارسیات	نحره ماله
	سد (۱)	سد (۲)					
B/C	۰,۷۸	۱,۳۴	۰,۷	۰,۲۹	۱,۰۳	۰,۸۴	۱,۰۶
سود خالص حاضر	-۲۷,۳۸۲	۳۹,۷۵۵	-۷۲,۲۵۲	-۷۴,۵۵۲	۸۵۴	-۱۱,۶۳۰	۱۲,۳۱۰
نرخ بازگشت داخی (٪)	۷,۸۹	۱۲,۹۵	۷,۰۷	۱,۵۹	۱۰,۲۶	۸,۳۶	۱۰,۶۴

خلاصه و سیمای بهینه طرح کنترل سیل

در این مقاله روش‌های مختلف کاهش خسارت در سیلابدشت رودخانه‌های دز و کارون مورد بررسی قرار گرفت. با در نظر گرفتن ترکیب بحرانی سیلاب از نظر بهره‌برداری مخازن ذخیره‌ای و نحوه ترکیب سیلاب زیرحوزه‌های میانی و پایین‌دست، بزرگی سیلاب در مناطق خسارت‌زا تعیین گردید. تحلیل هیدرولیک رودخانه با توسعه مدل رقومی رودخانه و سیلابدشت با بیش از ۸۰۰ مقطع عرضی رودخانه در سیلابدشت انجام شد. پس از گسترش مقاطع و تعریف محدوده سیلابرو در هر مقطع و همچنین کالیبراسیون مدل در حالت جریان پایدار و ناپایدار، مدل هیدرولیکی رودخانه شکل گرفت. با بکارگیری این مدل و مدل رقومی (DEM) تهیه شده، وضعیت پخش سیل و عمق آبگرفتگی به ازای دوره‌های بازگشت مختلف در وضعیت عدم اجرای طرح‌های کنترل سیل (وضعیت موجود) و اجرای هر طرح تعیین گردید.
تعیین پتانسیل خسارت سیل در مناطق سیلاب دشت با استفاده از نتایج پایش میدانی منجر به تعیین نرخ خسارت به ازای عمق آبگرفتگی در مناطق مسکونی و کشاورزی گردید. با توجه به نرخ متفاوت خسارت به ازای عمق آبگرفتگی، پلیگون‌های آبگرفتگی حاصل از نتایج مدل هیدرولیکی در دوره‌های بازگشت مختلف، در محیط GIS قرار گرفت و با روی هم‌گذاری لایه‌های مزبور و لایه‌های مناطق خسارت‌زا، میزان خسارت در مناطق سیل‌گیر به ازای سیلاب‌های مختلف در شرایط موجود (بدون اجرای طرح) و گزینه‌های

متعدد طرح کنترل سیلاب محاسبه گردید.

طرح‌های کنترل سیل سازه‌ای، شامل احداث سدهای تأخیری، خاکریزهای حفاظتی و انحراف‌های آب بود. هزینه‌های اجرایی این طرح‌ها براساس احجام سیویل و واحد بها به ازای مؤلفه‌های مختلف برآورد گردید. جهت تعیین منافع اجرای طرح‌های کنترل سیلاب، آنالیز خسارت سیل با استفاده از نرم‌افزار HEC-FDA انجام گردید که در آن با تعریف توابع احتمال – دبی، دبی – تراز و تراز – خسارت در بازه‌های مختلف در شرایط عدم اجرای طرح و اجرای هر یک از گزینه‌های کنترل سیل، مقدار مورد انتظار خسارت سالانه و همچنین میزان کاهش این خسارت در اثر اجرای طرح نسبت به وضعیت موجود محاسبه گردید. با محاسبه هزینه‌های اجرایی و منافع ناشی از کاهش خسارت سالانه در هر یک از گزینه‌های کنترل سیل، ارزیابی اقتصادی این طرح‌ها امکان‌پذیر شد که در نهایت نتایج زیر حاصل گردید.

از سه گزینه احداث سدهای تأخیری، تنها سد تأخیری شماره (۲) که در شاخه اصلی رودخانه شور قرار گرفته است، از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر گردید.

از چهار گزینه احداث خاکریزهای حفاظتی، گزینه خاکریز پایین‌دست شهر اهواز دارای توجیه اقتصادی بود. احداث خاکریز حفاظتی در منطقه بامدژ باعث تشدید شدت سیلاب در پایین‌دست می‌گردد و در مجموع با توجه به میزان کاهش خسارت و هزینه اجرایی، احداث هر گونه تأسیساتی که باعث محدود شدن سیلابرو (Floodway) در این منطقه گردد، توصیه نمی‌شود.

گزینه انحراف آب از بالادست شهر اهواز به نهرماله، گزینه مناسبی از لحاظ فنی و اقتصادی است. در این گزینه، سیلاب رودخانه کارون بزرگ با احداث کانالی به مقطع ۲/۵*۱۵۰ مترمربع و به طول ۱۱ کیلومتر به نهر ماله منتقل می‌گردد و با افزایش ظرفیت آبگذری این نهر از ۱۰۰ m3/s به ۶۰۰ m3/s، سیلاب انحرافی نهایتاً به هور شادگان منحرف می‌شود. گزینه دوم انحراف آب رودخانه کارون بزرگ به هور شادگان، افزایش ظرفیت نهر بحره واقع در پایین‌دست شهر اهواز می‌باشد که افزایش ظرفیت آن نیازمند تملک اراضی در محدوده شهر اهواز است و با احتساب هزینه آن توجیه‌پذیری آن امکان پذیر نمی‌باشد.

با احداث طرح‌های فوق، می‌توان اذهان داشت که بخش عمده‌ای از خسارت سیل رودخانه کارون علیا و کارون بزرگ کاهش می‌یابد ولی خسارت‌های رودخانه دز به قوت خود باقی است. بررسی‌های حاضر نشان می‌دهد که راهکارهای سازه‌ای کنترل سیل در پایین‌دست سد دز، تنها محدود به احداث خاکریز می‌شود که این گزینه نیز باعث تشدید سیلاب در پایین‌دست می‌گردد و از نظر اقتصادی مردود می‌باشد. بنابراین تنها گزینه عملی برای طرح کنترل سیل رودخانه دز، مدیریت مخزن دز برای کنترل سیل با افزایش حجم کنترل سیل و بکارگیری آن در زمان واقعی وقوع سیل جهت تعدیل بیشتر دبی اوج سیل است. در سال‌های اخیر با افزایش ۲ متری رقوم نرمال مخزن و کاهش حجم کنترل سیل آن، کارایی این سد برای کنترل سیل کاهش یافته است. در حال حاضر مطالعات افزایش ارتفاع سد دز در دست انجام می‌باشد که لازم است هدف کنترل سیل، در کنار سایر اهداف بهره‌برداری از سد مورد بررسی قرار گیرد. با احتساب

طرح علاج بخشی سد دز جهت بهبود وضعیت کنترل سیل آن، می‌توان طرح جامع کنترل سیل سیستم رودخانه‌های دز و کارون را به صورت شکل (۱۱) خلاصه کرد.

شکل ۱۱- طرح جامع کنترل سیل سیستم رودخانه‌های دز و کارون

مراجع:

1. Betts, H. W., Sterling, E., Clark, S. Q., Markar, M. S., Chen, M., Huang W., Flood Management Decision Making in the Yangtze River, China, 8th International River Symposium 6-9 September 2005, Brisbane, Australia.
2. Betts, H.W., Sterling, E., Clark, S.Q., Wu D., Wang J. Q., 2005. An Options Analysis System for Flood Management Decision Making in the Yangtze River Catchment, China; Third International Symposium on Flood Defence, Nijmegen, 25-27 May 2005. Netherlands
3. Betts, H.W., Joy, C.S., Haslam, W., Hallam, A.B., Jin, X. P., 2005. Yangtze River Flood Control and Management Project Overview and Project Scope; Third International Symposium on Flood Defence, Nijemgen, 25-27 May 2005. Netherlands
4. Clark, S.Q., Markar, M.S., Betts, H.W., Gooda, M., Min, Y., Zhang F. W., Huang W., 2005. Use of Numerical Modelling in Support of Yangtze River Flood Forecasting and Decision Making. Third International Symposium on Flood Defence, Nijmegen, 25-27 May 2005. Netherlands
5. A Decision Support System for Flood Management Decision Making in the Yangtze River Catchment, China

۶. طرح بهینه سازی سیستم رودخانه‌های دز و کارون، مطالعات کنترل سیلاب، شرکت اسکات ویلسون انگلیس و مهندسین مشاور مهاب قدس، کارفرما سازمان آب و برق خوزستان، ۱۳۸۴.

کارگاه فنی همزیستی با سیلاب
۲۵ مرداد ماه ۱۳۸۵

طرح جامع آموزش پیشگیری از وقوع سیل و کاهش خسارات ناشی از آن، اولین گام برای همزیستی با سیل برای اقشار مختلف

علی اصغر تقوایی ابریشمی[۱]

چکیده

بحث جدی این نوشتار تذکر به برنامه‌ریزی توسعه متکی به آمایش سرزمین کشور پر استعداد ایران است. آمایش سرزمین مگر غیر از مطالعه ظرفیت‌ها و محدودیت‌ها و در نهایت ارائه راهکارهای بهره‌برداری بهینه از منابع است. پس چرا هنوز به سیل به عنوان یک حادثه غیر مترقبه و یک امر غیرطبیعی نگریسته می‌شود که با پیش‌بینی اعتبارات کلان همواره به تأمین قسمتی از خسارات و مقابله با بحران می‌اندیشیم. آیا واقعاً غیرطبیعی و نقمت است و یا اینکه سیل را به عنوان یک واقعیت قابل شناسایی و پیش‌بینی باید باور نمود و به عنوان اصلی‌ترین و بالا ترین سهم از منابع آب کشور به حساب آورد و آن را به عنوان اصلی‌ترین بستر ناشناخته توسعه پایدار کشاورزی اعلام نمود. وضعیت جغرافیایی ایران به گونه‌ای است که زمینه بروز اکثر سوانح طبیعی از جمله سیل و زلزله فراهم است. گرچه بین این دو پدیده فرق‌های اساسی وجود دارد. ولی بروز حوادثی چون زلزله در کشور قابلییت پیش‌بینی ندارد، ولی سیل را می‌توان پیش‌بینی نمود. زیرا سیل عمدتاً براساس دخالت انسان در طبیعت و بعضاً به دلیل انسداد راه گذر سیل پدید می‌آید. بر این مبنی اگر آگاهی‌های کلی و دانش عمومی‌در زمینه چگونگی نقش انسان در بروز سیل گسترش یابد، امکان پیشگیری از خسارات آن نیز میسر می‌گردد.

یکی از رایج‌ترین عبارات ادبیات سانحه «پیشگیری از درمان بهتر است» می‌باشد که همواره از سوی پژوهشگران بیان می‌شود. نتایج آماری در کشورهای سیل خیز دنیا که اصول پیشگیری را به دقت به کار می‌برند، نشان می‌دهد که آموزش نقش بسزایی در کاهش خطرات دارد، این مسئله هنگامی مؤثر است که با تفکیک گروه‌های مختلف انسانی، برای هر یک موضوع مناسب را با شیوه‌های مناسب مد نظر قرار داد.

هدف بنیادی طرح معرفی نگرش نوین به امر آموزش از لحاظ تأثیر و نقش آن در پیشگیری از وقوع سیل

۱- علی‌اصغر تقوایی‌ابریشمی، عضو هیئت علمی‌مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان ص.پ. ۱۱۴۸ – ۹۱۷۳۵
تلفن: ۴-۳۴۰۰۳۰۱- ۰۵۱۱ فاکس ۰۵۱۱-۳۴۰۰۳۹۰ Email: ATAGHVA2000@yahoo.com

و کاهش خسارات ناشی از آن است. به این امید که بسط و گسترش پیام‌های آموزشی و ترویجی موجب فراگیر شدن آموزش و مشارکت همگانی شود.

انتخاب یک منطقه سیل خیز برای اجرای پایلوت، شناخت مخاطبین منطقه مورد نظر، انتخاب شیوه مناسب آموزش و نحوه آموزش مخاطبین به عبارت دیگر شناخت گروه‌هایی که در بروز یا تشدید مؤثرند. یا در معرض خطر سیل قرار دارند، نحوه آموزش آنان با ابزارهای پیام‌رسانی مناسب با توجه به ویژگی‌های گروه‌های مخاطب و قابلیت‌ها و محدودیت‌های شرایط محیطی. امکان دارد که تمام روش‌های آموزشی که به صورت کلی مطرح شده در منطقه خاص مورد استفاده قرار نگیرد. زیرا هر حوزه آبریز، سیل رودخانه، .... شرایط زیست محیطی ویژه دارد. علاوه بر آن، فرهنگ و معیشت هر منطقه نیز با مناطق دیگر متفاوت است. همچنین روش آموزش، کادر آموزشی مجرب و وسایل و ابزار آموزشی مناسب آن منطقه یا کشور نیز با هم مغایرت دارد. اگر اشتباهی در انتخاب هر یک از این عوامل صورت گیرد، ممکن است نه تنها از تلاش و اقدامات انجام شده نتیجه مطلوب حاصل نشود بلکه از نتایج منفی آن یک سری مسائل و مشکلات جدید برای دولت و مردم پیش بیاید. برای پیشگیری از اینگونه اشتباهات به نظر می‌رسد که مناسب‌ترین اقدام ممکن تنظیم و ارائه برنامه‌های آموزشی هماهنگ و منطبق با خصوصیات فرهنگی جوامع مختلف است.

طرح موضوع:

چگونه می‌توان آموزش‌های لازم و مؤثر مرتبط با بلایای طبیعی به ویژه سیل را به عموم مردم ارائه داد. به نحوی که موجب آمادگی آنها در برابر خطر سیل گردد. نخست مناسب است که تعریف روشنی از آموزش در زمینه بلایا بیان کرد. به تمامی اقداماتی که موجب آگاهی‌رسانی در مورد علل و یا کاهش اثرات بلایا گردد. آموزش و ترویج اطلاق می‌شود. ثمره این آموزش می‌تواند موجب مشارکت عامه برای پرهیز از خطر و کاهش خسارات آن باشد. برای دستیابی به این مقصود باید آموزش را به گونه‌ای ارائه داد که فرایند آن منجر به آگاهی و عمل شود. رویه فعلی آموزش بلایا که بدون تفکیک مخاطبین از لحاظ فرهنگ، معیشت، سواد، اطلاعات ـ سن ـ جغرافیای مکانی و ... انجام می‌گیرد. حتماً اگر از بهترین پیام و مؤثرترین ابزار آموزشی بهره‌مند باشد. کمترین نتیجه را عاید خواهد کرد. اما اگر پیام آموزشی متأثر از عناصر محیطی و بومی محل زندگی فرد باشد. موجب برانگیخته شدن اشتیاق گشته و بدلایل عدیده‌ای به راحتی در ذهن فرد مخاطب می‌نشیند و اگر از قابلیت مناسب برخوردار باشد. موجب مشارکت او در کاهش خطرات می‌گردد. برای رسیدن به این هدف باید به سئوالات اساسی ذیل پاسخ داد. الف: به چه کسانی آموزش بدهیم. ب: چه مطالبی را آموزش بدهیم. ج: ابزارهای مناسب آموزش کدامند؟

قبل از پاسخ به این سئوالات نگاهی اجمالی به پدیده سیل می‌اندازیم.

با اینکه برای سیل و سیلاب تعریف جامع و مانعی در دست نمی‌باشد. ولی کاملترین تعریف سیل را می‌توان به شرح ذیل بیان کرد.

سیل: جریان آبی شدید است که باعث بالا آمدن طغیان و آبگرفتگی سریع آب در زمینه‌هایی می‌گردد که معمولاً خشکی هستند و در نتیجه بارش سنگی، ذوب شدید برف و یخ – شکستن سدهای طبیعی و مصنوعی و نیز امواج توفانی و ... در رودخانه‌ها، دشت‌های سیلابی و مناطق پست دیگر به وقوع می‌پیوندد. و معمولاً باعث خسارات مالی و جانی می‌گردد.

انواع سیل

سیلاب‌ها دارای انواع مختلف بوده که هر کدام با توجه به شرایط خاص خود خرابی و ویرانی‌هایی را به دنبال دارند که تقسیم‌بندی آن به شرح زیر ارائه می‌گردد.

۱- سیل طبیعی ۲- سیل گسترده ۳- سیل نوک تیز یا قله تیز ۴- پیش سیل ۵- سیل نوک پهن یا قله پهن ۶- سیل بلاخیز ۷- سیل استثنایی ۸- سیل گسترده ۹- سیل شهری ۱۰- سیل ساحلی ۱۱- سیل رودخانه‌ای ۱۲- سیل ناگهانی

علاوه بر این ۱۲ مورد فوق‌الذکر، سیلاب‌ها را می‌توان با توجه به شکل هیدورگراف به سه دسته زیر تقسیم نمود. ۱- سیلاب‌های بابده بالا، حجم و تداوم کم ۲- سیلاب‌های یابده حجم و تداوم زیاد ۳- سیلاب‌های با پدیده کم، حجم و تداوم زیاد.

عوامل ایجاد یا تشدید سیل

به طور کلی ایجاد و تشدید خسارات سیل را می‌توان از دو نقطه نظر تقسیم نمود:

۱- عوامل طبیعی

این عوامل به دو گروه زیر تقسیم می‌شوند.

الف– عوامل اقلیمی(دما. فشار. رطوبت هوا....)

ب– عوامل فیزیکی و ادافیکی (وسعت حوضه، شکل حوضه، شیب توپوگرافی حوضه، شبکه آبراهه‌های حوضه.....)

۲- عوامل انسانی

به عواملی اطلاق می‌شود که به بررسی اقدامات، تصمیم‌گیری‌ها و فعالیت‌های آدمی در پهنه سیل‌خیز مورد نظر می‌پردازد. از آنجا که نقش آموزش در کاهش خسارات سانحه سیل در این بخش پررنگ‌تر است این قسمت بیشتر مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

دانشمندان معتقدند که برخی از بلایای طبیعی نظیر سیل. وقتی ظاهر می‌شود که بین فعالیت‌های بشری و طبیعت تعامل و برخورد پیش می‌آید و در محلی که هم سیل ناشی از پدیده‌های طبیعی بوجود آمده است به دلیل عدم حضور بشر در منطقه مشکلی برای او ایجاد نگردیده است. به این ترتیب عوامل ایجاد یا

تشدید خسارات ناشی از سیل به صورت اجمال بیان می‌شود.

۱- عدم اعمال مدیریت صحیح در حوضه ۲- بی‌توجهی به مسائل هیدرولیکی در رودخانه ۳- افزایش ضریب زبری و مقاومت آبراهه ۴- برداشت غیراصولی مصالح رودخانه‌ای ۵- عدم رعایت حریم رودخانه و سیل راه ۶- کاربری اراضی حاشیه رودخانه ۷- تخریب سواحل رودخانه و خاکریزها ۸- توسعه مناطق شهری و روستایی ۹- عدم تناسب سیل در طراحی با شرایط اقتصادی و اجتماعی محدوده مورد مطالعه ۱۰- عدم رعایت اصول صحیح مطالعه. طراحی و اجرای تأسیسات رودخانه‌ای ۱۱- عدم رعایت اصول صحیح مطالعه، طراحی و اجرای تأسیسات مهار سیلاب ۱۲- کم‌اطلاعی یا بی‌اطلاعی مردم و مسئولین از نحوه واکنش به وقوع سیل.

از آنجا که سیل یک حادثه طبیعی تلقی می‌شود ولی عوامل انسانی در بروز و تشدید آن نقش قابل توجهی را ایفا می‌کند این نقش اغلب ناخواسته و در اثر عدم آگاهی وی می‌باشد. اینجاست که آموزش معنا پیدا می‌کند زیرا نقش آموزش تأمین شرایط بهتر و مناسبتر زیست همگانی در قبال افزاش دانش، مهارت و نگرش صحیح است.

متغیرهای گروه بندی آموزش

الف- سن:

اثر بخشی آموزش‌های آمادگی در برابر سیل در سنین مختلف نیازمند رشد ذهنی، مناسب با ماهیت مباحث و موضوعات آموزشی است بر این اساس گروه‌های سنی که نوع یادگیری آنها نیز متفاوت است به ۵ مرحله تقسیم می‌شوند.

۱- (۱۶-۱۱ سالگی) و (۱۶ سال به بالا.)

ب- جنس:

جنس از چند لحاظ مورد توجه قرار می‌گیرد:

۱- وظایف متفاوتی که در جلوگیری از حوادث می‌توانند داشته باشند.

۲- تأثیری که از لحاظ عاطفی می‌توانند بر دیگر اعضای خانواده داشته باشند.

ج- وضعیت جسمی و ذهنی افراد:

وضعیت جسمی و ذهنی نیز در چگونگی و نوع آموزش و انتخاب رسانه آموزشی می‌تواند مؤثر باشد.

د- نقش و شغل:

به طور کلی افراد از نظر ارتباطی، با مسائل مختلف، نقش‌ها و وظایف مختلفی را بر عهده می‌گیرند که این وظایف به سه دسته کلی تقسیم می‌شوند.

۱- گروهی که بر حسب قدرت قانونی نقش مؤثری دارند.
۲- گروهی که بر حسب قدرت شغلی نقش مؤثر دارند.
۳- گروهی که از نظر نفوذ فکری دارای نقش مؤثر هستند.

گروه‌های مخاطب براساس خصوصیات و ویژگی‌های کلی افراد در دو طبقه کلی قرار می‌گیرند.

ه- تعیین گروه‌ها بر اساس سن

گروه سنی (دانش آموزان پیش دبستانی، دبستانی، راهنمایی، متوسطه، دانشجویان

و- یین گروه‌ها براساس شغل و سن

۱- مسئولان و تصمیم گیرندگان ۲- رهبران فکری ۳- مدیران امور شهری و کاربری اراضی ۴- گروه‌های مرتبط با ساخت وساز ۵- ارگان‌های دولتی و عمومی۶- امدادگران ۷- مشاغل مرتبط با امور بهداشت، امداد پزشکی ۸- مشاغل مرتبط با انرژی ۹- کشاورزان و جنگلبانان ۱۰- دامداران ۱۱- معلولان جسمی و حرکتی ۱۲- عقب ماندگان ذهنی ۱۳- خانم‌های خانه‌دار و افراد متفرقه

تقریباً تمام گروه‌ها، علاوه بر آموزش‌های خاص که برای آنها در نظر گرفته می‌شود باید آموزش‌های عمومی را نیز ببینند. زیرا اغلب در عین حال که نقش و وظیفه‌ای دارند خود یک شهروند محسوب می‌شوند و احتیاجات و نیازهای متفاوتی دارند که هم می‌توانند عامل بروز خطر باشند و هم در مواقع اضطراری نیاز به داشتن آگاهی و توانایی مقابله با آن را دارند.

شیوه‌های آموزش

۱- شیوه آموزش به دو صورت رسمی و غیررسمی تعیین می‌شود.
۲- شیوه غیررسمی در دو مقطع آموزش و پرورش و مقاطع دانشگاهی اعمال می‌شود.

شیوه غیررسمی به صورت آموزشهای کوتاه مدت. میان و درازمدت، گردهمایی‌ها، سمپوزیوم‌ها، کنفرانس‌ها، سمینارها و کارگاه‌های آموزشی انجام می‌شود. در این روش معمولاً افراد برای آموزش دادن یا آموزش دیدن تبادل اطلاعات و... گرد هم می‌آیند.

۳- بازدید از مناطق سانحه‌دیده (سیل زده)
۴- وسایل ارتباط جمعی، از طریق رادیو، تلویزیون، مطبوعات، مراکز آموزش یا پایگاه‌های آموزشی و نهادهای نوشتاری و تصویری و... انجام می‌شود.

انتخاب الگو و روش آموزش مخاطبین

انتخاب روش و الگوی آموزش منوط به مشخص نمودن منطقه، شرایط و امکانات و از همه مهمتر مخاطبین آموزش است این قسمت در واقع نتیجه گروه‌بندی مخاطبین و شیوه آموزش آنهاست و مطالبی که در این

قسمت بیان می‌شود ثابت نبوده و با توجه به نیاز هر منطقه، ویژگی‌های اقلیمی، مخاطبین خاص و فرهنگ بومی می‌تواند تعیین کند. (کلیه مطالب در جدول شماره ۱ و ۲ خلاصه شده است).

جدول شماره ۱: مخاطبین آموزش رسمی

مخاطب	شیوه آموزش	عناوین پیشنهادی
دانش‌آموز مقطع پیش دبستانی **دانش آموز مقطع دبستانی** **مقطع راهنمایی و متوسطه** **مقطع دانشجویان**	نمایش فیلم، داستان، شعر، نمایش نامه، مانور نمایش فیلم، نمایشنامه، بازی، اسلاید، نقاشی، انشاء اختصاص یک درس به حادثه، گردش‌علمی‌نمایش فیلم، مسابقات تهیه روزنامه دیواری، مقاله‌نویسی، کتابخوانی، نقاشی ارائه به عنوان یک واحد درسی، ماهنامه‌های دانشجویی، سخنرانی‌ها، بازدیدها	۱ – آشنایی با آموزش عمومی ۲ – آشنایی با روش‌های محافظت از خود به هنگام وقوع سیل ۳ – آشنایی با علائم هشدار سیل ۴ – آشنایی با ارگان‌های امداد و نجات ۵ – آشنایی با نقاط امن برای پناه بردن ۶ – آشنایی با روش‌های پیشگیری از عوامل تشدید کننده، سیل

جدول شماره ۲: مخاطبین آموزش غیر رسمی

مسئولان وتصمیم گیرندگان	دوره‌های کوتاه مدت، از طریق شبکه اینترنت بازدید از مناطق سیل‌زده، استفاده از مجلات تخصصی....	۱ – بررسی مناطق سیل خیز جهان وموقعیت ایران از لحاظ سیل خیزی ۲ – بیان نقش مسئولین در مواقع اضطراری در هنگام وقوع سیل ۳ – توجه دادن مسئولان به نقشی که آموزش می‌تواند درکاهش اثرات مخرب سیل ایفا کند.
رهبران فکری	دوره‌های کوتاه مدت آموزشی، نشریات تخصصی، رادیو، تلویزیون، دوره‌های آموزشی و ...	۱ – بیان نقش رهبران فکری در رابطه با اقدامات قبل، حین و بعد از سیل ۲ – آشنا کردن رهبران فکری با نحوه ارتباط با سازمانها و نهادهای مسئول
مدیران امورشهری و کاربری اراضی	دوره‌های کوتاه مدت آموزشی، مجلات، نشریات تخصصی	۱ – شناسایی موقعیت ریسک سیل منطقه ۲– آشنایی با روش‌های اضطراری مقابله با سیل ۳ – آمادگی ایجاد سیستم‌های هشدار سیل

گروه‌های مرتبط با ساخت و ساز	جزوه‌های آموزشی– دوره‌های کوتاه مدت توسط ارگان‌های ذیربط، برنامه‌های تخصصی، رادیویی و تلویزیونی	۱ – شناسایی منطقه‌بندی سیل و مقررات آن ۲– آشنایی با اصول صحیح ساخت و ساز و مقاوم سازی در برابر سیل
ارگان‌های دولتی وعمومی	دوره‌های کوتاه مدت آموزشی، برگزاری جلسات مذاکره و بحث و تبادل نظر تهیه چارت (وظایف ارگان‌ها و نهادها)	۱ – آشنایی هر سازمان و ارگان با وظایف‌مربوط به خود در پیشگیری امدا و بازسازی سیل ۲ – آشنایی با برنامه‌ریزی و سازماندهی نیروها و هماهنگی با دیگر ارگان‌ها
امداد گران	دوره‌های کوتاه مدت، تهیه نقشه منطقه	۱–ایجاد آمادگی برای برآورد نیازها در چند سیل ۲– شناسایی نقاط امن برای اسکان اضطراری ۳ – آشنایی با علائم هشدار سیل
مشاغل مرتبط با انرژی (برق گاز...)	آموزش از طریق سازمان ذیربط، دوره‌های کوتاه مده آموزشی، تهیه فیلم و مانور آموزشی	۱– آمادگی برای اقدامات لازم در زمان آماده باش در برابر سیل ۲– آمادگی هماهنگی و همکاری با دیگر نیروهای امدادگر، هنگام وقوع بعد از سیل
کشاورزان و جنگلبانان	جلسات سخنرانی، نمایش فیلم، دوره‌های کوتاه مدت در شرکت‌های تعاونی روستایی و مساجد، محلهای عمومی، نصب پوستر در مکان‌های رفت و آمد.....	۱– آشنایی با روش‌های بهسازی زمینه برای کاهش فرسایش ۲– آشنایی با روش‌های مقاوم سازی اراضی کشاورزی در برابر سیل ۳ – شناسایی اثرات تغییر کاربری زمینه‌های باربر به زمین کشاورزی، با شخم نامناسب
دامداران	نصب پوستر و عکس در محل‌های پر رفت و آمد، استفاده از رادیوی محلی تهیه بروشور (تصویری ؟) استفاده از علائم هشدار دهی (آژیر صوت)	۱–آشنایی با نقش پوشش گیاهی در کنترل سیل ۲– آشنایی با عواقب تراکم زیاد و چرای مفرط در مراتع ۳– ایجاد آمادگی هدایت دام به اماکن امن هنگام وقوع سیل
خانـــــم‌های‌خـــانه‌دار(زنان روستایی)	آشنایی با آموزش عمومی توجه به هشدار سیل و انجام رفتار مناسب در موقع خطر، شناسایی نقاط امن و آمادگی برای هدایت افراد خانواده به آن	برگزاری کلاس‌های آموزشی در نهضت سواد آموزی و گنجاندن آن در مطالب درس نوآموزان ـ تهیه فیلم و نمایش آن در اماکن مخصوص اجتماع خانم‌ها نصب پوستر هشدار در محلهایی که زنان روستایی برای شستشوی لباس وغیره به آنجا مراجعه می‌کنند

موضوعات عمومی که می‌تواند از طریق رسانه‌ها اعم از رادیو و تلوزیون و پوستر و نمایش به کلیه افراد منتقل شود.

نجات و امداد مصومین ، توجه به هشدارها و پیام‌های مسئولین، تهیه و نگهداری وسایل کمک‌های اولیه

نمایش سیل‌های مخرب در جهان و ایران، نمایش شدت و گستردگی سیل و توجه به اذهان عمومی به عمق فاجعه، نقاط امن و ناامن، نقش مردم و نهادها و رسانه‌ها در کمک‌رسانی، مقایسه مکان‌های عمومی از حیث ایمن سازی محیط، چگونه از خود در هنگام سیل دفاع کنیم، چگونه به سیل‌زدگان کمک کنیم، اهمیت ساخت و ساز اصولی در کاهش خسارات جانی

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

همانطور که در اول مقاله عنوان گردید هدف طرح، علاوه بر شناخت پدیده سیل، به مردمان شهری و روستایی و بالا بردن سطح آگاهی و ایمنی افراد جامعه در برابر خطر سیل، شناخت مخاطبین، شیوه آموزش و مواد آموزشی مناسب هر گروه تعیین می‌گردد تا آموزش‌ها و اطلاعاتی که به جامعه منتقل می‌شود، ضایعات و خسارات ناشی از بروز سیل را به حداقل برساند بنابراین نتیجه می‌گیریم که:

۱- تمام افراد اجتماع با توجه به رسالت آموزش همگانی باید آموزش‌های عمومی آمادگی در برابر سیل را فرا گیرند، لذا از طریق تعمیم آموزش به گروه‌های مختلف مذکور باید در جهت انجام این رسالت حرکت کند.

۲- تعدادی از گروه‌های مخاطب علاوه بر آموزش‌های عمومی، در برخی موارد نیازمند آموزش‌های تخصصی هستند، لذا ارگان‌های ذیربط موظف به برنامه‌ریزی این آموزش‌ها خواهند بود.

۳- تعدادی از گروه‌های مخاطب نیازمند آموزش‌های ویژه هستند که مخاطبین خاص آموزش را تشکیل می‌دهند و برخی از محتواهای آموزشی پایه را با عمق و وسعت بیشتری دریافت می‌کنند.

۴- با توجه به اینکه درصد زیادی از عموم مردم را کارکنان شاغل دولتی و نیمه دولتی تشکیل می‌دهند و با طراحی و اجرای این آموزش‌ها، خواه به صورت مستقل و خواه در قالب نظام آموزشی ضمن خدمت موجود در مراکز می‌تواند کمک مؤثری در تعمیم آموزش آمادگی در برابر خطر باشد.

۵- نقش آموزش در امر پیشگیری به ویژه کاهش خسارات به هنگام بروز سوانح طبیعی، بر لزوم اقدام جدی در امر اطلاع‌رسانی و آموزش تأکید می‌کند، زیرا تأثیرات آموزش در زمینه پیشگیری از سیل مؤثرتر از حوادث دیگری نظیر زلزله است. همانگونه که در وقوع سیل عملکرد انسانی یکی از عوامل اصلی است در کاهش خسارات ناشی از وقوع سیل و چگونگی اقدام در برابر آن، از علل وقوع آن جدی‌تر و نقش آموزش در این آگاهی‌رسانی مهمتر است.

۶- حتی‌الامکان باید سعی شود مواد آموزشی تدوین شده با خصوصیات مناطق مختلف کشور از حیث سیل‌خیزی و ... مطابقت داشته باشد.

۷- اجرای دوره‌های آموزشی خواه در قالب دوره‌های مستمر، خواه به صورت یک واحد، می‌تواند بستر مناسبی برای آموزش باشد.

۸- با توجه به مبانی نظری تکنولوژی آموزشی انواع گروه‌ها را می‌توان با شیوه‌های مختلف به ویژه شیوه‌های تصادفی آموزش داد. ولی به منظور صرفه‌جوئی در مصرف منابع انسانی و مالی باید بر

حسب ویژگی هر گروه و خصوصیات شیوه‌های مختلف، برای هر گروه خاص، شیوه‌های دارای اولویت نسبت به سایر شیوه‌ها مشخص شود.

۹- هماهنگی و همخوانی بین محتوای آموزشی و روش‌های آموزشی، لازمه اعتبار و اثربخشی آموزش‌های ارائه شده است. بنابراین به نظر می‌رسد که از طریق برگزاری جلسات منظم بین نمایندگان سازمان‌های مسئول در قبال آموزش، زمینه هماهنگی و همفکری آنان مهیا شود.

۱۰- با توجه به هدف طرح، برای تعیین الویت در ارائه آموزش‌های مربوط به پیشگیری از خطر سیل، در دست داشتن تصویری مناسب از خطر سیلاب در نقاط مختلف کشور الزامی و ضروری به نظر می‌رسد.

در نهایت راهکارهای آموزشی برای پیشگیری و کاهش خسارات سیل را می‌توان به اختصار به شرح ذیل ارائه داد:

- بررسی علل سیل‌خیزی، ایجاد سیل و ارائه احکام جهت آموزش مسئولین مرتبط از طریق بررسی پژوهش‌ها و مطالعات انجام شده.
- آموزش مدیریت بحران (قبل ـ حین و پس از وقوع) با توجه مسائل سیل
- بررسی پهنه‌های خطر سیل و تعیین اولویت‌ها برای اجرای دوره‌های آموزشی
- شناسایی مسائل آموزشی قابل عرضه در رسانه‌ها به شکل ملی
- تدوین احکام آموزشی برای آشنایی گروه‌های مخاطب جهت کاهش خسارات سیل
- آموزش روش‌های عملی اعلام خطر سیل (هشدار)

منابع و مآخذ:

طرح تحقیقاتی ملی «بررسی مسایل و مشکلات پروژه‌های مهار و بهره‌وری از سیلاب»- مجری: علی‌اصغر تقوایی ۸۲-۱۳۷۹

کارگاه فنی همزیستی با سیلاب
۲۵ مرداد ماه ۱۳۸۵

تأملی در برآورد حد بستر و حریم آبراهه‌ها در مناطق شهری و روستایی

احمدرضا صادقی[۱]

چکیده

قانون توزیع عادلانه آب (مصوب سال ۱۳۶۱مجلس شورای اسلامی) و همچنین آیین‌نامه مربوط به بستر و حریم رودخانه‌ها، انهار و ... (مصوب سال ۱۳۷۹ هیات وزیران) بستر را آن قسمت از رودخانه، نهر یا مسیل می‌داند که در هر محل با توجه به آمار هیدرولوژیک و داغاب و حداکثر طغیان با دوره بازگشت ۲۵ سال به وسیله وزارت نیرو تعیین می‌شود. در سال‌های اخیر به دلایل گوناگون از جمله رشد جمعیت، توسعه صنایع و همچنین علاقمندی طیف وسیعی از مردم به داشتن ویلا در کنار رودخانه‌ها، تجاوزهای گوناگون و وسیعی به محدوده بستر و حریم فیزیکی آبراهه‌ها صورت گرفته و در کنار آن روند تخریب کیفیت آب رودخانه‌ها به شدت سیر صعودی پیدا نموده است. اخیرا با توجه به دخل و تصرف‌های فراوانی که در محدوده آبراهه‌ها صورت می گیرد شرکت‌های آب منطقه‌ای با مطالعات اقدام به تعیین حد بستر و حریم رودخانه‌ها نموده و با ارائه نقشه‌های کاربردی و همچنین نصب شاخص در مجاور آبراهه‌ها تجاوزهایی که به این محدوده شده را مشخص می‌نمایند .

یکی از رودخانه‌های مهم مطالعه شده، آبراهه دائمی و حیاتی زاینده‌رود می‌باشد. این رودخانه با توجه به ماهیت محلی در طول مسیر شاهد تجمع گسترده و وسیع جوامع انسانی (در قالب شهرها و روستاها، صنایع و مزارع کشاورزی) می‌باشد. با توجه به اهمیت این آبراهه شرکت آب منطقه‌ای اصفهان محدوده بستر و حریم فیزیکی زاینده‌رود را بر اساس قوانین موجود تعیین نموده و به اطلاع کلیه ساکنین و مجاورین رسانده است. مشکلی که هم اکنون به عنوان معضلی سنگین خودنمایی می‌کند قرار گرفتن مساحت زیادی از اراضی شهرها و روستاهای مجاور زاینده‌رود در محدوده بستر و حریم می‌باشد که

۱- کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی گروه مهندسی رودخانه‌ها و سواحل آب منطقه‌ای اصفهان. ۶۶۲۷۶۴۰-۰۳۱۱
arsadeghi@noavar.com

طبق قوانین اجازه هر گونه توسعه و ساخت و ساز از مالکان آنها گرفته می‌شود. در مقاله حاضر سعی بر این است که با ارائه تعریفی دقیق از حد بستر و حریم آبراهه‌ها و نحوه برآورد آنها راهکاری جهت کاهش مشکلات ناشی از پیاده سازی این حد در مناطق شهری و روستایی ارائه گردد .

مقدمه:

بستر آن قسمت از آبراهه (دائمی یا غیر دائمی) است که بر اثر طغیان تعریف شده‌ای زیر آب رود. براساس سیلاب‌هایی که با دوره بازگشت‌های مختلف تعریف می‌گردد پهنای بستر متغیر می‌باشد. جهت ایجاد وحدت رویه در تعیین پهنای بستر رودخانه‌ها و مشخص شدن مالکیت‌ها و مسائل حقوقی پیرامون آن، ضرورت تعیین سیلاب با دوره بازگشت خاص، ضرورتی مهم بود که بر این اساس در قوانین حقوقی آب ایران، حداکثر طغیان، سیلابی با دوره بازگشت ۲۵ سال تعیین گردید. امروزه با توجه به رشد فن‌آوری و وجود وسایل و امکانات پیشرفته نقشه‌بردای همراه با مطالعات هیدرولوژی و هیدرولیک حد بستر رودخانه‌ها تعیین و بر روی نقشه جانمایی گردیده و به صورت محیط GIS در اختیار کاربر قرار می‌گیرد. مبحث دیگری که در ارتباط با آبراهه‌ها، رودخانه‌ها، انهار و .... مطرح است موضوع حریم می‌باشد. کلاً حریم به دو شکل حریم فنی (کمی یا فیزیکی) و حریم کیفی مطرح می‌گردد که در ذیل به صورت خلاصه اشاره می‌گردد.

الف ـ حریم فنی

از نظر لغوی حریم را پیرامون و گرداگرد ملک گویند و در قوانین مدرن اولین بار در ماده ۱۳۶ قانون مدنی حریم را مقداری از اراضی اطراف ملک، قنات و نهر تعریف گرده‌اند که برای کمال انتفاع از آن ضرورت دارد.

ب ـ حریم کیفی

با توجه به اهمیت منابع آبی، جهت جلوگیری از آلوده شدن آب و تخریب کیفیت آن، حریمی اعلام می‌گردد که در آن صاحبان املاک مجاور منابع آبی، حق هیچگونه فعالیتی که باعث صدمه و آسیب به کیفیت منابع آبی گردد، ندارند.

با توجه به اهمیت بستر و حریم آبراهه‌ها از دهها سال قبل در قوانین حقوقی جدید ایران این بحث وارد گردیده است. اولین قانونی که به صورت مدون در ایران به مسائل آب اشاره می‌کند قانون تأسیس بلدیه مصوب سال ۱۲۸۶ مجلس شورای ملی می‌باشد. در طول سال‌های بعد بر اساس نیازهای تعریف شده قوانین مختلفی به تصویب مجلس شورای ملی می‌رسد تا اینکه در سال ۱۳۴۷ قانون آب و نحوه ملی شدن آن به شکل واضح به مساله حفظ و تثبیت بستر و کناره رودخانه‌های مرزی پرداخته شد و بستر به مفهوم حقوقی تعریف گردیده است. متعاقب آن در سال ۱۳۶۱ با تصویب مجلس شورای اسلامی قانون توزیع عادلانه آب در ارتباط با بستر و مالکیت آن بحث می‌کند. در آیین‌نامه اجرایی قانون آب و نحوه ملی شدن آن و آیین‌نامه اجرایی قانون حفظ و تثبیت بستر و کناره رودخانه‌های مرزی حداکثر طغیان برای تعیین بستر، سیلابی با دوره تناوب ۲۵ سال بدون رعایت اثر ساختمان و تأسیسات آبی (شکل طبیعی آبراهه)

اعلام می‌گردد و در آیین‌نامه اجرایی قانون توزیع عادلانه آب اگر چه اشاره به حداکثر طغیان معمولی شده، لیکن محاسبات برمبنای داغاب سیلاب ۲۵ سال بیان گردیده است. در کل هدف از تعیین حد بستر و حریم در دو بعد حقوقی و فنی قابل بررسی است که در بعد فنی با مطالعات و شواهد میدانی این حد مشخص و در بعد حقوقی این محدوده که طبق قانون توزیع عادلانه آب جزء مشترکات است حراست می‌گردد.

یکی از چالش‌هایی که در ارتباط با رودخانه‌ها، انهار و ... وجود دارد، بحث حریم فنی است. همانگونه که اشاره گردید حریم مقداری از اراضی اطراف قنات، نهر، رودخانه و .. است که برای کمال انتفاع از آن ضرورت دارد براساس آیین‌نامه تعیین بستر وحریم رودخانه مصوب ۱۳۷۸ هیات دولت، حریم انهار طبیعی یا رودخانه‌های دائمی و فصلی از ۲۰-۱ متر می‌باشد که حسب مورد با توجه به وضع رودخانه، نهر طبیعی یا مسیل از هر طرف بستر به وسیله وزارت نیرو تعیین می‌گردد. مشکلی که هم اکنون به وضوح در دعاوی بستر و حریم نمود پیدا کرده و می‌توان آن را به عدم تعریف صحیح و روشن حریم در قانون ارتباط داد، برداشت‌های متفاوتی است که از حریم صورت می‌گیرد. در تعدادی از شرکت‌های آب منطقه‌ای حریم را همانند بستر جز مشترکات محسوب کرده و با آن برخورد می‌گردد در صورتی که در بعضی از استان‌ها حریم را حقی برای حکومت در ملک غیر جهت کمال انتفاع در ملک بستر می‌دانند و براین اساس مالکیت حریم را با مجاورین بستر دانسته با این شرط که صاحب حریم حق فعالیت‌هایی که مخل در جهت دسترسی حکومت به بستر باشد را ندارد. براین اساس در دعاوی حقوقی هم آراء متضادی در ارتباط با حریم صادر شده است.

پروژه تعیین بستر و حریم رودخانه زاینده‌رود

استان اصفهان با مساحتی در حدود ۱۰۵ هزار کیلومتر مربع در بخش مرکزی فلات ایران واقع شده است. آب‌های جاری قسمتی از منطقه مرکزی ایران در چاله‌های واقع در این استان جمع شده و یکی از حوضه‌های مسدود میانی کشور را به وجود می‌آورد. این حوضه در بخش میانی فلات ایران و مابین رشته ارتفاعات زاگرس از یک سو و ارتفاعات مرکزی ایران از سوی دیگر به طول تقریبی ۷۰۰ کیلومتر قرار گرفته است. حوضه مذکور در جهت شمال غربی، جنوب شرقی امتداد یافته و بخش غربی آن را دره زاینده‌رود تشکیل می‌دهد.

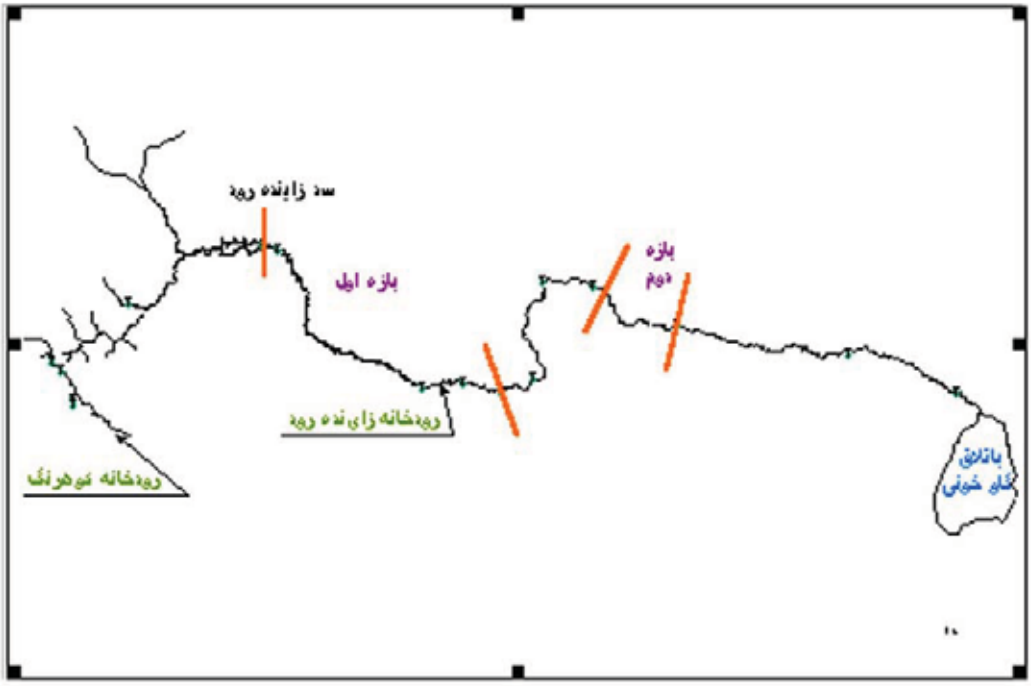
رودخانه زاینده‌رود یکی از مهمترین، بزرگترین و پرآب‌ترین رودخانه‌های حوضه‌های داخلی بوده که حوضه آبریز اصفهان و گاوخونی را زهکشی می‌نماید. طول زاینده‌رود از سرچشمه تا انتها حدود ۴۰۵ کیلومتر و وسعت حوضه آن ۳۱۰۰۰ کیلومترمربع است. زاینده‌رود در طول ادوار زمین‌شناسی بارها مسیر خود را عوض کرده و رسوبات فراوانی در استان اصفهان برجا گذاشته است. این رودخانه پس از عبور از قسمت‌های کوهستانی وارد مناطق جلگه‌ای شده و مئاندرهای جالبی را به وجود آورده و به همین دلیل تبعیت از جنس بستر رودخانه، پهنای آن متفاوت می‌باشد.

سد مخزنی زاینده‌رود که در فاصله ۹۰ کیلومتری غرب شهر اصفهان قرار دارد سد بتنی قوسی ضخیم با ارتفاع ۱۰۰ متر از پی و ۸۸ از بستر رودخانه و طول تاج ۴۵۰ متر می‌باشد. این سد که در دهه چهل

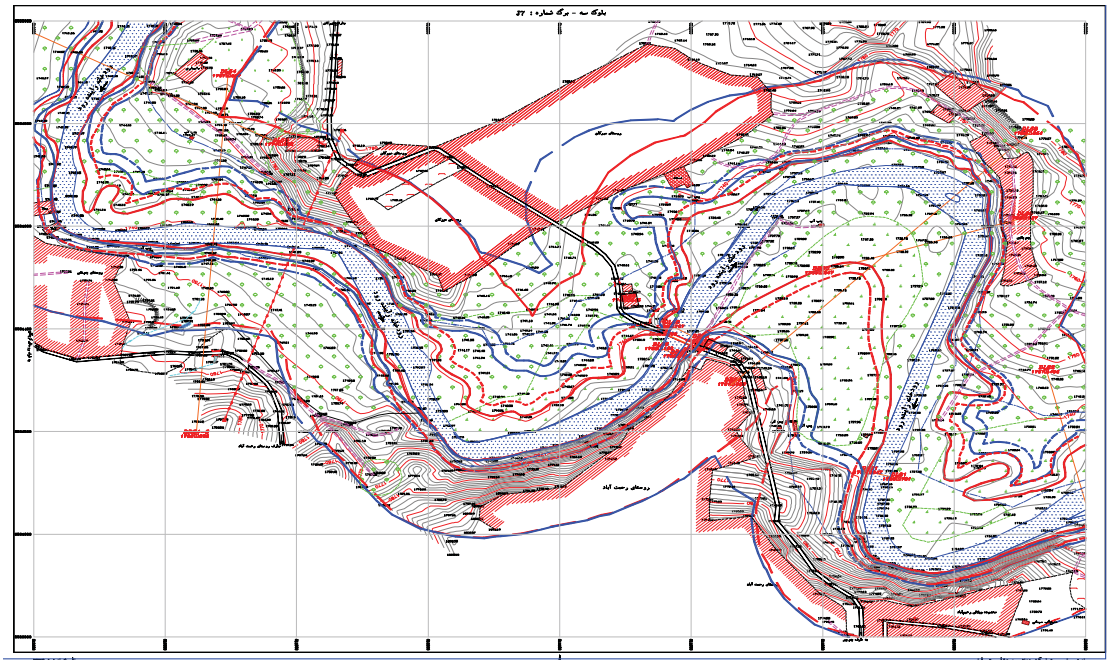
شمسی ساخته شد دارای دریاچه‌ای به مساحت حدود ۴۸ کیلومتر مربع و طولی در حدود ۴۰ کیلومتر می‌باشد که دارای حجم مفیدی در حدود ۱۰۹۰ میلیون متر مکعب بوده و تا مقدار حداکثر ۱۴۵۰ میلیون متر مکعب نیز گنجایش دارد.

در اواسط دهه ۴۰ با سیلابی که میزان آن ۳۵۰ مترمکعب بر ثانیه برآورد گردید داغاب سیلاب مشخص و بر روی نقشه‌های ۱/۵۰۰۰ جانمایی گردید (معروف به نقشه‌های دیمتری). این نقشه‌ها که طولی در حدود ۷۵ کیلومتر از زاینده‌رود را شامل می‌گردد مناطقی از محدوده پل کله (بالادست شهر اصفهان) تا پل چوم را شامل می‌گردد.نقشه‌های مذکور هنوز به عنوان معیاری جهت تعیین حد بستر رودخانه در محدوده فوق مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه سایر قسمت‌های زاینده‌رود فاقد نقشه جهت اعلام حد بستر بود در سال ۱۳۷۸ با عنایت به مشکلات روز افزونی که پیرامون زاینده‌رود خودنمایی می‌کرد که عمده‌ترین آن هجوم گسترده به اراضی مجاور رودخانه جهت ایجاد مزارع کشاورزی و ویلا بوده شرکت آب منطقه‌ای اصفهان مطالعات تعیین حد بستر زاینده‌رود را در بازه‌هایی از این رودخانه در دستور کار قرار داد. مطالعات مذکور بازه‌ای از زاینده‌رود به طول ۱۵۰ کیلومتر شامل دو محدوده سد زاینده‌رود تا پل کله به طول ۱۱۸ کیلومتر و پل چوم تا بند انحرافی رودشتین به طول ۳۲ کیلومتر را شامل می‌گردید (شکل شماره یک). برای حد فاصل پل کله تا پل چوم به مسافت ۷۵ کیلومتر که در برگیرنده شهر اصفهان نیز می‌باشد مطالعاتی صورت نگرفت. در کل بازه‌های مطالعاتی که در منطقه کوهستان واقع گردیده دارای مسیر پرپیچ و خم و بستر تنگ و باریک بوده که متوسط شیب آن ۰/۰۰۲۲ می‌باشد. بازه دوم که در منطقه دشت واقع گردیده دارای مسیری با پیچ و خم نسبتاً کمتر و بستر فراخ‌تر می‌باشد. در مرحله اول مطالعات، نقشه‌برداری جهت ۱۵۰ کیلومتر طول مسیر و در سطحی به وسعت ۲۴۰۰۰ هکتار تعداد ۱۲۵ شیت پلان توپوگرافی با مقیاس ۱/۲۰۰۰ و ۴۰۰ مقطع عرضی و عکس پوششی برداشت شده است (جدول شماره یک). با مطالعات هیدرولوژی سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف در شرایط طبیعی و تنظیمی جهت زاینده‌رود برآورد گردید که طبق آنالیز، میزان دبی ۲۵ ساله در شرایط طبیعی با استفاده از آمار ده ایستگاه هیدرومتری در بازه بالادست اصفهان ۵۹۷ متر مکعب در ثانیه و در بازه پایین دست ۴۹۹ متر مکعب در ثانیه می‌باشد. در نهایت با انجام مطالعات هیدرولیک مدل ریاضی مناسب جهت پیش‌بینی رفتار رودخانه به هنگام سیلاب‌ها تهیه گردید. پس از انجام کلیه مطالعات لازم در خصوص تعیین حد بستر و حریم رودخانه که شامل مطالعات هیدرولوژی، هیدرولیک رودخانه و بررسی‌های حقوقی می‌باشد، با استفاده از نتایج مطالعات حدود بستر و حریم‌های مربوطه آن بر روی نقشه‌های توپوگرافی منطقه مشخص گردید. در واقع مقادیر عددی سیلاب که به وسیله مدل ریاضی تبدیل به رقوم سطح آب یا همان حد بستر رودخانه به ازای دوره بازگشت‌های مختلف شده است بر اساس قوانین، ضوابط و دستورالعمل‌های موجود بر روی نقشه‌ها ترسیم شده و به تبع آن نیز حریم‌های مربوطه پیاده می‌شوند. ترسیم نقشه‌های حد بستر و حریم رودخانه به لحاظ مباحث حقوقی و مالکیت اراضی کاری بسیار دقیق و ظریف را می‌طلبد (شکل شماره ۲). با ارائه محیط GIS، کاربر دسترسی سریع‌تر به نقاط مختلف رودخانه جهت تعیین حد بستر و حریم پیدا می‌کند (شکل شماره ۳).

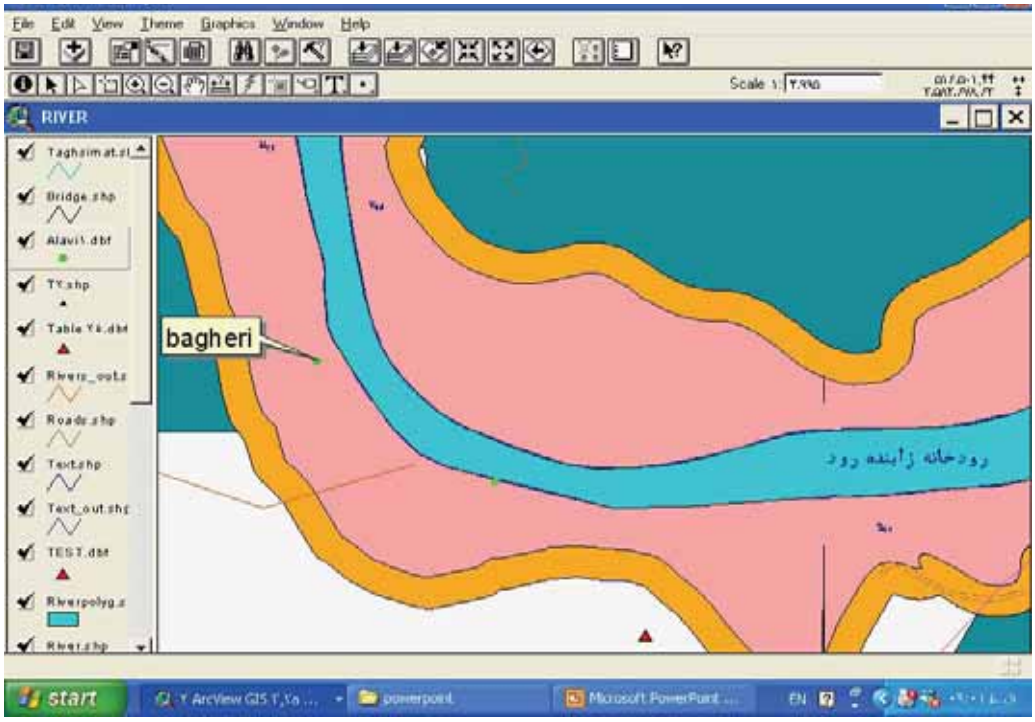
شکل ۱– بازه‌های مطالعاتی زاینده‌رود



شکل ۲ – نمونه ای از نقشه‌های حد بستر و حریم زاینده‌رود



شکل ۳ – محیط GIS



جدول ۱- مشخصات بازه‌های مطالعاتی

شماره بازه	شماره بلوک	محدوده	طول(کیلومتر)	تعداد مقاطع عرضی	تعداد شیت پلان
اول	۱	سد تا روستای چم کاکا	۴۵/۶	۱۲۲	۳۶
	۲	چم کاکا تا روستای چم طاق	۳۱/۴	۷۵	۲۰
	۳	چم طاق تا بخش باغبادران	۳۲/۷	۸۹	۲۲
	۴	بخش باغبادران تا پل کله	۸/۸	۳۱	۱۰
دوم	۵	پل چوم تا بند رودشتین	۳۱/۷	۸۳	۳۷
جمع			۱۵۰/۲	۴۰۰	۱۲۵

بحث و نتیجه گیری

بر اساس نقشه‌های ۱/۲۰۰۰ ارائه شده و همچنین بازدیدهای صحرایی، وضعیت کاربری اراضی در محدوده مطالعاتی برآورد گردیده نتایج نشان می‌دهد که در بازه‌های مختلف نسبت کاربری‌ها متفاوت است به طوری که وضعیت چهار بلوک بازه اول تا حدودی مشابه و کاملاً متفاوت با بلوک پنج (بازه دوم) می‌باشد (جدول شماره ۲).

جدول ۲ – کاربری اراضی در محدوده بستر و حریم به تفکیک بلوک(هکتار)

	کاربری	بلوک ۱		بلوک ۲		بلوک ۳		بلوک ۴		بلوک ۵	
		مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد
بستر	مسکونی	۱/۲	۰/۶	۰/۴	۰/۳	۶/۲	۲/۱	۱۷	۱۱	۰	۰
	تأسیسات	۰/۱	۰	۱/۳	۰/۸	۰/۱	۰	۰/۸	۰/۵	۶/۲	۰/۸
	کشاورزی	۲۰	۹/۲	۴۷	۳۱	۱۴۱	۴۸/۷	۵۵	۳۵/۵	۷۰۰	۹۳/۱
	ملی	۱۹۷	۹۰/۲	۱۰۳	۶۷/۹	۱۴۲	۴۹/۱	۸۲	۵۳	۴۶	۶/۱
	جمع	۲۱۸	۱۰۰	۱۵۱/۷	۱۰۰	۲۸۹/۳	۱۰۰	۱۵۴/۸	۱۰۰	۷۵۲/۲	۱۰۰
حریم	مسکونی	۲/۳	۱/۲	۱	۰/۸	۶/۷	۵/۱	۵/۶	۱۶/۲	۰/۶	۰/۴
	تأسیسات	۰	۰	۰/۹	۰/۷	۰	۰	۰/۹	۲/۶	۲/۸	۱/۲
	کشاورزی	۱۸	۹/۷	۴۶	۳۷/۷	۵۹	۴۵/۱	۱۴	۴۰/۶	۱۱۱	۸۵/۱
	ملی	۱۶۶	۸۹/۱	۷۴	۶۰/۸	۶۵	۴۹/۸	۱۴	۴۰/۶	۱۶	۱۲/۴
	جمع	۱۸۶/۳	۱۰۰	۱۲۱/۹	۱۰۰	۱۳۰/۷	۱۰۰	۳۴/۵	۱۰۰	۱۳۰/۴	۱۰۰
بستر و حریم	مسکونی	۳/۵	۰/۹	۱/۴	۰/۵	۱۲/۹	۳/۱	۲۲/۶	۱۱/۹	۰/۶	۰/۱
	تأسیسات	۰/۱	۰	۲/۲	۰/۸	۰/۲	۰	۱/۷	۰/۹	۹	۱
	کشاورزی	۳۸	۹/۴	۹۳	۳۴	۲۰۰	۴۷/۶	۶۹	۳۶/۵	۸۱۱	۹۱/۹
	ملی	۳۶۳	۸۹/۷	۱۷۷	۶۴/۷	۲۰۷	۴۹/۳	۹۶	۵۰/۷	۶۲	۷
	جمع	۴۰۴/۶	۱۰۰	۲۷۳/۶	۱۰۰	۴۲۰/۱	۱۰۰	۱۸۹/۳	۱۰۰	۸۸۲/۶	۱۰۰

طبق نتایج جدول شماره ۲ در بلوک اول تا چهارم (بازه اول) کاربری اراضی کشاورزی نسبت به منابع ملی کمتر بوده و این نیز با توجه به عدم وجود و دسترسی به منابع خاکی و شرایط توپوگرافی منطقه صحیح می‌باشد. محاسبات بیانگر این است که در بلوک اول تا چهارم (بازه اول) به طور متوسط حدود ۳۲ درصد اراضی کاربری کشاورزی دارند که آن هم بیشتر به باغات اختصاص دارد و در بلوک پنجم (بازه دوم) ۹۲ درصد اراضی اختصاص به کاربری کشاورزی (کشت زراعت) دارد. در خصوص کاربری منابع ملی نیز در بلوک اول تا چهارم (بازه اول) به طور متوسط در حدود ۶۳/۶ درصد و در پنجم در حدود ۷ درصد می‌باشد. از لحاظ تأسیسات زیر بنایی در بلوک اول تا چهارم به نسبت کمتر از از بلوک پنجم وجود دارد.

همانگونه که اشاره گردید زاینده‌رود در طول خط سیر از سد مخزنی تا باتلاق گاوخونی شامل مورفولوژی‌های متفاوتی می‌باشد. در محدوده پایین دست سد مخزنی خط سیر رودخانه عمدتاً درون دره‌های تنگ و با شیب تند می‌باشد که در امتداد آن روستاهایی قرار گرفته که از چند دهه قبل با احداث ایستگاههای پمپاژ اقدام به انتقال آب به ارتفاعات نموده و تپه‌های منطقه را با سرمایه‌گذاری زیاد به باغ تبدیل نموده اند. سطحی از اراضی حاشیه رودخانه هم که دارای مساحت کمی‌می‌باشد از قدیم دارای انهار سنتی بوده و باغات قدیمی‌خارج از فرم و اصول باغبانی در آن قرار دارد، که این اراضی عمدتا در

محدوده بستر زاینده‌رود واقع گردیده است. در مناطق پایین دست به خصوص در حوزه جغرافیایی استان اصفهان و به ویژه در محدوده بخش باغبادران با توجه به ملایم شدن شیب علاوه بر ایجاد شهرها و روستاهایی که از قدیم وجود داشته اند بحث هجوم گسترده را به ویژه در چند سال اخیر جهت ویلاسازی شاهد می‌باشیم که متأسفانه با توجه به عدم همکاری ارگان‌های ذیربط و همچنین ضعف نظارت شرکت آب منطقه‌ای، محدوده وسیعی از اراضی بستر و حریم رودخانه مورد تجاوز قرار گزفته است،که هم اکنون این معضل باعث بروز مجادلات و منازعات زیادی گشته است. از یک سوی دعاوی حقوقی که شرکت آب منطقه‌ای علیه متجاوزین انجام داده و از سوی دیگر بحث و دلایلی که عمدتا از سوی بخشداری‌ها و شهرداری‌ها در ارتباط با غیر منطقی بودن محدوده بستر و حریم تعیین شده عنوان می‌گردد قضیه را تقریباً به کلاف سردرگمی تبدیل نموده که جهت حل آن می‌توان به نکات زیر التفات نمود.

الف ـ طبق قوانین حد بستر آبراهه‌ها بر اساس مطالعات سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ سال و در شرایط طبیعی رودخانه فارغ از تأثیرات ابنیه‌ها و سازه‌های ایجاد شده تعیین می‌گردد. با توجه به مطالعات صورت گرفته و همچنین گزارش‌های منتشر شده دوره بازگشت ۲۵ ساله در شرایط طبیعی دوره‌ای مناسب جهت برآورد حد بستر آبراهه‌ها اعلام گردیده است. از سوی دیگر مطابق با آیین‌نامه تعیین بستر و حریم آبراهه‌ها میزان حریم فنی (فیزیکی) از ۲۰-۱ متر متغیر می‌باشد که شرکت‌های آب منطقه‌ای حسب برآورد کارشناسی عددی را به عنوان معیار در نظر می‌گیرند. هم اکنون متأسفانه به علت ناهماهنگی‌های زیادی که وجود دارد که منتج به بروز معضلات عدیده ای شده است که بعضاً تبعات اجتماعی خاص خود را به همراه داشته است.آنچه مسلم است طبق قانون حد بستر تعریف خاص خود را دارد و این محدوده جز مشترکات و در اختیار دولت می‌باشد هیچ شخص حقیقی و حقوقی بدون اجازه وزارت نیرو حق دخل و تصرف در این محدوده را ندارند. رودخانه زاینده‌رود با عنایت به اهمیت فوق العاده حیاتی هم باید به عنوان آبراهه ای خاص مد نظر قرار گیرد که حد بستر آن کاملاً حفاظت گردد.

ب ـ مسأله‌ای که می‌تواند به عنوان معیاری جهت مانور مد نظر قرار گیرد بحث حریم فنی (فیزیکی) می‌باشد. با توجه به اینکه مطالعات نشان داده است در مناطقی از زاینده‌رود، حدود اعلام شده مشکلاتی را برای جوامع شهری و روستایی به وجود آورده است، شرکت آب منطقه‌ای می‌تواند با تجدید نظر در حریم ۲۰ متری لحاظ شده و کاهش آن به مقداری کمتر در جهت کاهش معضلات اقدام نماید. با توجه به شواهد میدانی و بازدیدهای صحرایی صورت گرفته به نظر می‌آید در نظر گرفتن پهنای باند حداکثر ده متر جهت مناطق مسکونی راهی مناسب جهت کاهش مشکلات باشد.

پ ـ مهمترین عامل در کاهش معضلات و مشکلات اطلاع رسانی می‌باشد. امری که متأسفانه مورد کم توجهی زیادی قرار گرفته است و در واقعیت بسیاری از اشخاص حقیقی و حقوقی و حتی ارگانهای دولتی به هیچ عنوان با مسأله بستر وحریم آبراهه‌ها و مسایل اطراف آن و مخاطرات زیاد ناشی از تجاوز به محدوده آن آگاهی ندارند. در این زمینه استفاده از امکانات و وسایل اطلاع رسانی از قبیل بروشورها، اعلامیه‌های محلی، برگزاری جلسات توجیهی برای ارگانها و مردم (از طریق شوراهای شهر و روستا)،

استفاده از روزنامه‌ها و به ویژه رادیو و تلویزیون می‌تواند عامل بسیار مهم در جهت صیانت از محدوده آبراهه‌ها و کاهش هزینه‌های بسیار سنگین جانی و مالی ناشی از حدوث سیلاب‌ها باشد.

ت ـ شرکت‌های آب منطقه‌ای می‌توانند هر از چند سالی با ایجاد سیلاب‌های مصنوعی در رودخانه‌هایی که دارای سدهای مخزنی می‌باشند، به صورت واضح و آشکار به تبعات و هزینه‌های ناشی از تجاوز به بستر و حریم آبراهه‌ها را فرا روی چشم‌ها قرار دهند. به عنوان مثال حدوث سیلاب بهمن ماه ۱۳۸۴ اصفهان به خوبی مخاطرات تجاوز به محدوده فوق را نشان داد در صورتی که طبق آمارها، سیلاب مذکور حدود ۳۵ درصد میزان دبی برآورد شده ۲۵ ساله زاینده‌رود بود.

منابع :

۱- صاحبقرانی، بهرام.۱۳۸۴ .راهنمای اصول کارشناسی حفاظت و مهندسی رودخانه و سواحل و کنترل و سیلاب. انتشارات شرکت آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی و اردبیل.

۲- مهندسین مشاور دزآب.۱۳۸۳. گزارش فنی مطالعات تعیین حد بستر وحریم رودخانه زاینده‌رود.

۳- صادقی، احمدرضا. ۱۳۸۰. نگاهی به زاینده‌رود در شرق اصفهان. شرکت آب منطقه‌ای اصفهان.

۴- صادقی، احمد رضا. ۱۳۸۰. کوهرنگ تا باتلاق گاو خونی. مجله پیام آب شماره ۵.

۵- صادقی، احمد رضا. ۱۳۸۲. حوضه آبریز زاینده‌رود. فصلنامه مهاب قدس شماره ۲۲.

کارگاه فنی همزیستی با سیلاب
۲۵ مرداد ماه ۱۳۸۵

بررسی نقش آموزش و ارتباطات در ارتقاء آگاهی‌های عمومی با هدف مدیریت ریسک سیلاب

بابک بزرگی[۱]، عادل ابراهیمی لویه[۲]

۱- مقدمه

همه روزه در سراسر جهان وقایع طبیعی زیادی رخ می‌دهد که تعدادی از آنها تبدیل به بلایای طبیعی می‌شوند. بلای طبیعی در واقع یک فاجعه یا مصیبت ناشی از وقوع یک پدیده طبیعی پرخطر مانند سیلاب، خشکسالی، زلزله، رانش زمین، طوفان و یا آتشفشان است که باعث وارد آمدن خسارات مالی و جانی فراوان به جوامع انسانی می‌گردد، اما در مناطقی که ارتباط مستقیم با انسان ندارد و منافع انسانی در میان نیست، این وقایع تبدیل به بلایای طبیعی نمی‌شوند.

میزان تلفات جانی یا خسارات مالی ناشی از بلایای طبیعی به توانایی جوامع انسانی برای مقاومت یا انعطاف در برابر بلایای طبیعی بستگی دارد. بطور کلی می‌توان گفت که بلایای طبیعی هنگامی اتفاق می‌افتند که جوامع بشری در موقعیتی آسیب‌پذیر قرار داشته، برای کاهش ریسک ناشی از این وقایع آمادگی ندارند و شدت وقایع طبیعی از حد آسیب‌پذیری جوامع فراتر می‌رود. بنابراین، بلایای طبیعی اثراتی جدی بر جوامع بشری دارند. اما اگر این جوامع آمادگی کافی برای مقابله با آنها را داشته باشند، می‌توان خسارات ناشی از آن را کاهش داد.

سازمان ملل متحد در سال ۲۰۰۰ میلادی، «استراتژی بین‌المللی برای کاهش بلایای طبیعی» را به منظور جلب توجه به عوامل آسیب‌پذیری جوامع انسانی و ایجاد جوامعی که در مقابل بلایای طبیعی انعطاف‌پذیر باشند، آغاز نمود. هدف اصلی از معرفی این استراتژی، کاهش خسارات جانی، مالی و زیست محیطی ناشی از وقایع طبیعی بوسیله ارتقاء آگاهی‌های عمومی نسبت به اهمیت کاهش اثرات وقایع طبیعی به عنوان یکی از اجزاء توسعه پایدار بوده است. در این راستا، آموزش و ارتباطات می‌تواند نقش مهمی در جهت ارتقاء آگاهی‌های عمومی از وقایع طبیعی و اثرات ناشی از آنها و در نتیجه کاهش خسارات ایفا نموده و به عنوان

۱- دانشجوی دکترای مهندسی آب و عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات آب، پست الکترونیکی: B.Bozorgy@wri.ac.ir
۲- کارشناس ارشد پژوهش اجتماعی و عضو هیأت علمی پژوهشکده سوانح طبیعی ایران، ebrahimi.louyeh@gmail.com

یکی از ارکان اصلی مدیریت بلایای طبیعی و بطور خاص مدیریت سیلاب مطرح گردد.
در این مقاله ابتدا جهت نشان دادن اهمیت پدیده سیلاب، آماری از وقوع بلایای طبیعی و بطور خاص وقایع سیلاب در سطح جهان و ایران ارائه شده و سپس استراتژی‌های مختلف مدیریت سیلاب، شامل استراتژی‌های مقاومتی و استراتژی‌های انعطاف‌پذیر معرفی گردیده و در نهایت نقش آموزش و ارتباطات در ارتقاء آگاهی‌های عمومی به عنوان یکی از اجزای مهم استراتژی‌های انعطاف‌پذیر در مدیریت ریسک سیلاب و کاهش خسارات ناشی از آن مورد بررسی و تشریح قرار گرفته است.

۲- تعاریف و آمار

۲-۱- بلای طبیعی

بلای طبیعی[1] یک فاجعه یا مصیبت ناشی از وقوع یک پدیده طبیعی پر خطر مانند سیلاب، زلزله، لغزش زمین، طوفان و یا آتشفشان است که باعث وارد آمدن خسارات مالی و جانی به جوامع انسانی می‌گردد. در مناطقی که منافع انسانی در میان نیست، این وقایع طبیعی تبدیل به یک بلای طبیعی نمی‌شوند. میزان تلفات جانی یا خسارات مالی ناشی از بلایای طبیعی بستگی به توانایی جوامع انسانی برای مقاومت در برابر بلایای طبیعی دارد. بطور کلی می‌توان گفت که بلایای طبیعی هنگامی اتفاق می‌افتند که وقایع طبیعی به حد آسیب‌پذیری جوامع می‌رسند.
در سال ۲۰۰۰ میلادی سازمان ملل متحد ***استراتژی بین‌المللی برای کاهش بلایای طبیعی***[2] را برای توجه به دلایل آسیب‌پذیری جوامع انسانی و ایجاد جوامعی که در مقابل بلایای طبیعی ***انعطاف‌پذیر***[3] باشند، آغاز نمود. هدف اصلی از معرفی این استراتژی کاهش خسارات جانی، مالی و زیست محیطی ناشی از وقایع طبیعی بوسیله افزایش آگاهی عمومی از اهمیت کاهش اثرات وقایع طبیعی به عنوان یکی از اجزاء توسعه پایدار می‌باشد.
بانک جهانی در گزارشی در سال ۲۰۰۴ اعلام کرد که بلایای طبیعی امروزه بیشتر اتفاق می‌افتند و از لحاظ خسارات جانی و مالی اثرات مخرب‌تری دارند و در حالی که تعداد تلفات جانی ناشی از وقوع بلایای طبیعی از ۲ میلیون نفر در دهه ۷۰ میلادی به ۸۰۰ هزار نفر در دهه ۹۰ کاهش یافته، اما تعداد جمعیت متأثر از این وقایع سه برابر شده و به حدود ۲ میلیارد نفر رسیده است.
صلیب سرخ بین‌الملل که گزارش سالانه بلایای طبیعی را منتشر می‌کند، اعلام نموده که خسارات مالی ناشی از بلایای طبیعی به سرعت در حال افزایش است، بطوری که تنها در دو دهه گذشته خسارات مستقیم ناشی از بلایای طبیعی با افزایشی در حدود ۵۰۰ درصد بالغ بر ۶۲۹ میلیارد دلار بوده است. همچنین، خسارات مستقیم سالانه ناشی از وقایع آب و هوایی از ۳/۹ میلیارد دلار در دهه ۵۰ میلادی به ۶۳ میلیارد دلار در دهه ۹۰ رسیده است.
صلیب سرخ بین‌الملل هشدار داده است که انتظار می‌رود تناوب و خسارات بلایای طبیعی به دلایل زیر باز

1- Natural disaster
2- International Strategy for Disaster Reduction (ISDR)
3- Resilient

هم افزایش یابد:

- تخریب محیط زیست
- تغییرات آب و هوایی
- افزایش جمعیت بخصوص در شهرها
- پدیده ***جهانی‌سازی***[1]

بر اساس گزارش بانک جهانی، خسارات ناشی از بلایای طبیعی بخصوص در کشورهای در حال توسعه بیشتر بر جوامع فقیر تحمیل می‌شوند. تحقیقات نشان می‌دهد که فقرا بیشتر در مناطق آسیب‌پذیر مانند سیلابدشت‌ها، سواحل رودخانه‌ها، شیب‌های تند و اراضی احیاء شده ساکن هستند. جدول شماره ۱ تفاوت‌های عمده کشورهای صنعتی و در حال توسعه را در مواجهه با بلایای طبیعی نشان می‌دهد.

جدول ۱- تفاوت کشورهای صنعتی و در حال توسعه در مواجهه با بلایای طبیعی

کشورهای صنعتی	کشورهای در حال توسعه
آمادگی برای تحمل خسارات مالی زیاد	ایجاد وقفه در توسعه اقتصادی- اجتماعی در اثر وقوع بلایای طبیعی
وجود مکانیزم‌های لازم جهت جلوگیری از وقوع تلفات جانی مانند سیستم‌های هشدار سریع	عدم وجود منابع مالی لازم جهت ایجاد سیستم‌های هشدار سریع
توانایی اعزام سریع تیم‌های امداد و پزشکی	عدم توانایی در اعزام سریع تیم‌های امداد و پزشکی و در نتیجه ایجاد تلفات جانی زیاد
پوشش مناسب بیمه برای جبران خسارات	عدم پوشش مناسب بیمه و در نتیجه صرف بودجه‌های طرح‌های توسعه برای جبران خسارات

طبق آمار ارائه شده در گزارش بانک جهانی، خسارات بلایای طبیعی در دهه ۹۰ میلادی بطور متوسط معادل ۲ تا ۱۵ درصد تولید ناخالص داخلی کشورهای متأثر از این بلایا بوده است. این درصدها برای یک واقعه خاص ممکن است از این مقدار نیز فراتر برود، چنانکه طوفان میچ[2] در سال ۲۰۰۴ خسارتی معادل ۴۱ درصد تولید ناخالص داخلی هندوراس را به این کشور تحمیل کرد که از دیدگاه درآمدهای سالانه مالیاتی دولت، این خسارات بالغ بر ۲۹۲ درصد تولید ناخالص داخلی برآورد گردید.

در ادامه برای تشریح اهمیت و لزوم اتخاذ اقداماتی برای کاهش اثرات بلایای طبیعی، آماری از وقوع این وقایع در جهان ارائه می‌گردد.

جدول شماره ۲ لیستی از شدیدترین بلایای طبیعی را از نظر تلفات جانی ارائه می‌کند.

1- Globalization
2- Hurricane Mitch

جدول ۲- شدیدترین بلایای طبیعی از نظر تلفات جانی

ردیف	نوع واقعه	محل وقوع	تاریخ	تلفات (نفر)
۱	سیلاب	رودخانه ***هوانگ هه***[1]، چین	۱۹۳۱	۸۰۰،۰۰۰–۴،۰۰۰،۰۰۰
۲	سیلاب	چین	۱۹۵۹	۲،۰۰۰،۰۰۰
۳	سیلاب	رودخانه هوانگ هه، چین	۱۸۸۷	۹۰۰،۰۰۰–۲،۰۰۰،۰۰۰
۴	طوفان	دلتای رودخانه گنگ، پاکستان	۱۹۷۰	۵۰۰،۰۰۰–۱،۰۰۰،۰۰۰
۵	زلزله	استان شانگزی[2]، چین	۱۵۵۶	۸۳۰،۰۰۰
۶	سیلاب	شمال چین	۱۹۳۹	۵۰۰،۰۰۰
۷	سونامی	اقیانوس هند	۲۰۰۴	۲۵۰،۰۰۰–۳۱۰،۰۰
۸	طوفان	ویتنام	۱۸۸۱	۳۰۰،۰۰۰
۹	سیلاب	استان هنان[3]، چین	۱۶۴۲	۳۰۰،۰۰۰
۱۰	زلزله	تانگشان[4]، چین	۱۹۷۶	۲۴۲،۰۰۰

همانطور که در جدول فوق مشاهده می‌شود، می‌توان سیلاب را مرگبارترین بلای طبیعی دانست، چرا که در بین ۱۰ واقعه طبیعی مرگبار در جهان، ۵ واقعه مربوط به وقوع سیلاب است. این نکته نیز جالب توجه است که هر ۱۰ واقعه در قاره آسیا بوقوع پیوسته‌اند.

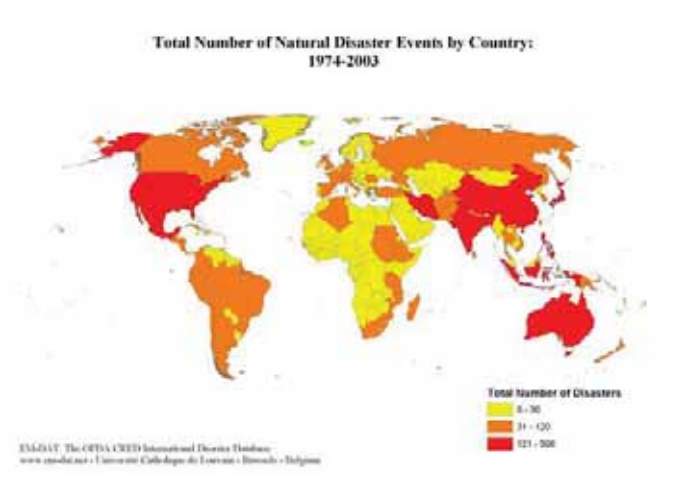
بر اساس آمار ***بانک اطلاعاتی بلایای طبیعی***[5] که از سال ۱۹۸۸ با همکاری ***سازمان بهداشت جهانی***[6] و دولت بلژیک فعالیت خود را آغاز نموده و هم‌اکنون اطلاعات بیش از ۱۲،۸۰۰ واقعه طبیعی در نقاط مختلف جهان از سال ۱۹۰۰ تاکنون در آن موجود است، بین سال‌های ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۳ بطور متوسط سالانه بیش از ۲۵۵ میلیون نفر در معرض بلایای طبیعی قرار داشته‌اند که این تعداد بین ۶۸ تا ۶۱۸ میلیون نفر متغیر بوده است. همچنین در طی این مدت بطور متوسط سالانه ۵۸ هزار نفر در اثر بلایای طبیعی جان خود را از دست داده‌اند که این تعداد بین ۱۰ تا ۱۲۳ هزار نفر متغیر بوده است. در سال ۲۰۰۳ از هر ۲۵ نفر جمعیت جهان ۱ نفر در معرض بلایای طبیعی قرار گرفته است. خسارات اقتصادی ناشی از بلایای طبیعی نیز در دهه گذشته سالانه بطور متوسط ۶۷ میلیارد دلار بوده است که این مقدار بین ۲۸ تا ۲۳۰ میلیارد دلار متغیر بوده است. خسارات اقتصادی بلایای طبیعی از دهه ۵۰ میلادی تا کنون ۱۴ برابر شده است.

اگر آمار دهه‌های گذشته را نیز به این بررسی اضافه کنیم اهمیت موضوع بیشتر روشن خواهد شد. بین سال‌های ۱۹۷۴ تا ۲۰۰۳ بدون احتساب بیماری‌های واگیردار تعداد ۶،۳۶۷ واقعه طبیعی اتفاق افتاده که باعث متأثر شدن در حدود ۵/۱ میلیارد نفر و مرگ بیش از ۲ میلیون نفر شده است. همچنین در طی این

1- Huang He River
2- Shaanxi Province
3- Henan Province
4- Tangshan
5- Emergency Disasters Database (EM-DAT)
6- World Health Organization (WHO)

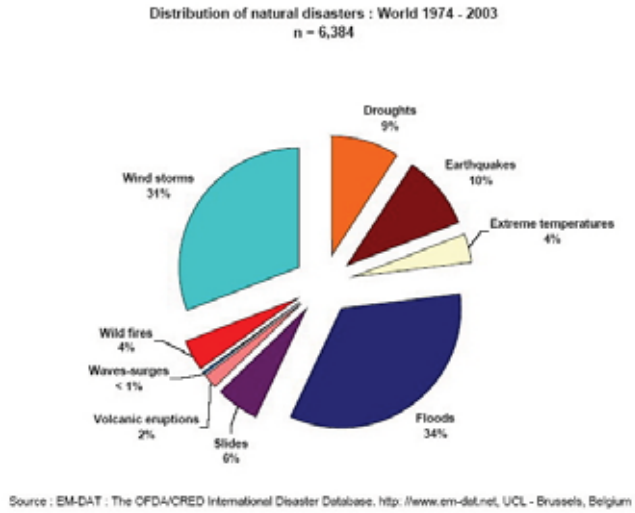
مدت بیش از ۱۸۲ میلیون نفر بی‌خانمان شده و خسارات مالی این وقایع در حدود ۱/۳۸ تریلیون دلار برآورد شده است. تنها در دهه گذشته در حدود ۸۶ درصد تلفات ناشی از حوادث در اثر وقایع طبیعی بوده و تنها ۱۴ درصد آن مربوط به حوادث تکنولوژیکی مانند حوادث صنعتی یا حمل و نقل بوده است. در این میان در حدود ۷۵ درصد تلفات ناشی از بلایای طبیعی مربوط به قاره آسیا بوده است.

شکل شماره ۱ توزیع وقوع بلایای طبیعی در سطح جهان را از سال ۱۹۷۴ تا ۲۰۰۳ نشان می‌دهد. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود، کشور ما در بین مناطق پرخطر و آسیب‌پذیر از بلایای طبیعی قرار دارد.



شکل ۱- توزیع وقوع بلایای طبیعی در سطح جهان

شکل شماره ۲ نمودار توزیع فراوانی وقوع بلایای طبیعی را از سال ۱۹۷۴ تا ۲۰۰۳ بر حسب نوع واقعه نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، سیلاب در این بین بیشترین سهم را به خود اختصاص داده است.



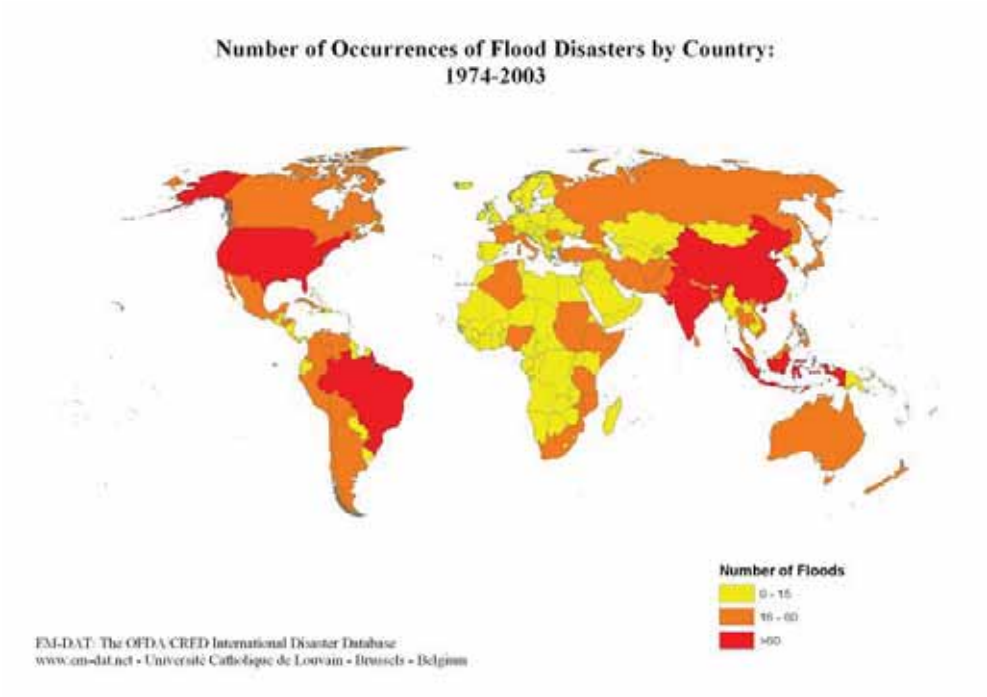
شکل ۲- نمودار توزیع فراوانی وقوع بلایای طبیعی بر حسب نوع واقعه از سال ۱۹۷۴ تا ۲۰۰۳

۲-۲- سیلاب

سیلاب عبارت است از طغیان یا لبریز شدن جریان آب به سمت خشکی و فرا گرفتن آن. هنگامی که بارش زیاد یا ذوب برف باعث افزایش عمق آب در رودخانه شده و آب از سواحل رودخانه لبریز می‌شود، حجم زیادی از آب کم‌عمق سیلابدشت مجاور رودخانه را فرا می‌گیرد که به این پدیده سیلاب می‌گویند.

همانطور که با استناد به آمار موجود اشاره شد، سیلاب‌ها شایع‌ترین و یکی از مخرب‌ترین بلایای طبیعی هستند.

شکل شماره ۳ توزیع وقوع سیلاب در نقاط مختلف جهان را از سال ۱۹۷۴ تا ۲۰۰۳ نشان می‌دهد. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود، کشور ما در بین مناطق متوسط از نظر تعداد وقایع سیلاب قرار دارد.



شکل ۳- توزیع وقوع سیلاب در نقاط مختلف جهان از سال ۱۹۷۴ تا ۲۰۰۳

بررسی آمار موجود نشان می‌دهد که تعداد وقوع بلایای طبیعی ناشی از سیلاب در حال افزایش بوده و این روند افزایشی از حدود نیمه دوم دهه ۹۰ میلادی شدت یافته است. اما این روند در قاره آسیا شدیدتر از سایر قاره‌ها بوده است. دلیل این امر می‌تواند افزایش جمعیت و شدت یافتن پدیده فقر در این قاره باشد.

همانطور که مشاهده شد، سیلاب شایع‌ترین و یکی از مخرب‌ترین وقایع طبیعی است و کشور ما از نظر تعداد وقایع سیلاب در بین مناطق متوسط جهان قرار دارد. بنابراین مسئله وقوع سیلاب و خسارات مالی و تلفات جانی ناشی از آن در کشور ما از اهمیت خاصی برخوردار است. لذا در این بخش سابقه‌ای از سیلاب‌های بزرگ کشور و خسارات ناشی از آنها ارائه می‌گردد.

طبق آمار ارائه شده توسط بانک اطلاعاتی بلایای طبیعی، از سال ۱۹۵۰ تا کنون ۶۴ بلای طبیعی ناشی از

سیلاب در ایران رخ داده که این وقایع بیش از ۳/۵ میلیون نفر را تحت تأثیر قرار داده و ۷،۲۶۲ نفر کشته و بیش از ۳،۷۰۰ میلیون دلار (بیش از ۳۳،۰۰۰ میلیارد ریال) خسارت بر جای گذاشته است.

طبق آمار موجود، بطور متوسط سالانه بیش از ۱۷۰،۰۰۰ نفر در کشور تحت تأثیر وقایع سیلاب قرار گرفته و ۲۴۲ نفر جان خود را از دست داده‌اند. همچنین خسارات مالی متوسط سالانه ناشی از وقایع سیلاب در حدود ۲۲۰ میلیون دلار (۱۹۸۰ میلیارد ریال) بوده است که این مقدار در حدود ۰/۱۲۵ درصد بودجه کل سال ۱۳۸۴ کشور و ۱۵/۲ درصد بودجه بخش آب در این سال می‌باشد.

آمار فوق همگی نشان‌دهنده اهمیت پدیده سیلاب و تلفات جانی و خسارات مالی سنگینی است که این پدیده همه‌ساله به کشور تحمیل می‌نماید و به جرأت می‌توان گفت که پدیده سیل در کشور یک پدیده فراگیر بوده و تقریباً تمامی نواحی کشور به نوعی متحمل خسارات هنگفت ناشی از آن شده‌اند. همچنین، این آمار حاکی از روند افزایشی تعداد وقوع پدیده سیلاب و خسارات جانی و مالی ناشی از آن در کشور می‌باشد که این زنگ خطری برای مسئولین و تصمیم‌گیران مدیریت بلایای طبیعی کشور است تا هر چه سریعتر با تغییر استراتژی‌های مدیریتی بلایای طبیعی از مدیریت بحران به مدیریت ریسک این وضعیت را بهبود بخشند.

با توجه به تجارب سیلاب‌های گذشته، از مهم‌ترین عوامل تشدید خسارات سیل کشور علاوه بر توسعه شهرنشینی و گسترش مراکز مسکونی و صنعتی که منجر به افزایش رواناب ناشی از بارش شده است، می‌توان به عوامل زیر اشاره کرد:

الف- تخریب پوشش گیاهی و از بین رفتن جنگل‌ها و مراتع

ب- دخل و تصرف غیرمجاز در بستر و حریم رودخانه‌ها

ج- برداشت بی‌رویه مصالح رودخانه‌ای

د- طراحی و اجرای غیراصولی سازه‌های تقاطعی در رودخانه‌ها

۲-۳- ریسک

ریسک یا خطر عبارت است از صدمه یا زیان بالقوه ناشی از یک پروسه یا واقعه.

در مواردی مانند ترکیبی از سیستم‌های فیزیکی و اقتصادی- اجتماعی مانند حوزه‌های رودخانه‌ای یا سواحل که وقوع یک پدیده طبیعی مانند سیلاب ممکن است باعث ایجاد خسارات جانی و مالی گردد، نقش ریسک و ارزیابی آن بسیار مهم است.

در چنین مواردی ریسک را می‌توان با حاصلضرب احتمال وقوع پدیده یا حادثه در پیامدهای ناشی از آن تعریف کرد. به عبارت دیگر:

پیامدهای وقوع پدیده یا حادثه × احتمال وقوع پدیده یا حادثه = ریسک

۲-۴- مدیریت ریسک

مدیریت ریسک در واقع پروسه سنجش و ارزیابی ریسک و پس از آن توسعه راهکارهایی برای مدیریت آن است. معمولاً راهکارهایی که به این منظور بکار گرفته می‌شوند شامل انتقال ریسک به گروه‌های دیگر، اجتناب از ریسک، کاهش اثرات منفی ریسک و یا پذیرفتن مقداری یا کل پیامدهای ریسک است.

مراحل مختلف مدیریت ریسک عبارتند از شناسایی، ارزیابی، برخورد با ریسک، طرح‌ریزی، اجرا و بازبینی و ارزیابی طرح

۳- استراتژی‌های مدیریت سیلاب

سیلابدشت‌ها و دلتای رودخانه‌ها از دیرباز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و همواره شرایط مناسبی را برای استقرار و سکونت بشر و توسعه فعالیت‌های اقتصادی فراهم نموده‌اند. اما این نواحی همواره توسط حوادث طبیعی مانند سیلاب‌ها مورد تهدید قرار گرفته‌اند. بسیاری از شهرهای قدیمی در نواحی مرتفع و به دور از خطر سیل‌گرفتگی احداث شده‌اند. اما با توسعه صنعت و شهرنشینی بسیاری از شهرها در سیلابدشت رودخانه‌ها توسعه یافته و با کاهش فضای مورد نیاز رودخانه برای جاری شدن سیلاب و تغییرات بسیار در شرایط طبیعی رودخانه‌ها، احتمال خسارات سیلاب را افزایش داده‌اند.

مدیریت کلان کشور معمولاً برای کاهش خسارت در زمان وقوع بلایای طبیعی با اعمال مدیریت بحران درصدد نشان دادن واکنش و متعاقب آن جبران خسارات و بازسازی آنها است. این نوع مدیریت دو اشکال عمده دارد، یکی تلفات و خسارات زیاد و دیگری صرف منابع مالی زیاد برای جبران خسارات، بطوری که در اغلب سال‌های گذشته در حدود ۷۰ درصد اعتبارات سالانه طرح کاهش اثرات بلایای طبیعی و ستاد حوادث غیر مترقبه کشور صرف جبران خسارات ناشی از سیلاب شده است.

ریسک سیلاب که حاصلضرب احتمال سیلاب در خسارت آن است، با توسعه اقتصادی افزایش می‌یابد، چرا که با توسعه اقتصادی خسارات بالقوه افزایش خواهند یافت.

بصورت سنتی، از دیرباز تلاش‌ها برای کاهش ریسک سیلاب بر ساماندهی رودخانه‌ها و احداث خاکریزهای حفاظتی متمرکز شده‌اند. چنین روش‌هایی با هدف کاهش خطرات سیل بکار گرفته می‌شوند. این استراتژی در مدیریت سیلاب، **استراتژی کنترل سیلاب**[1] یا **استراتژی مقاومتی**[2] نامیده می‌شود.

ریسک سیلاب از طرفی تابع خطرات سیلاب و از طرف دیگر تابع پیامدهای پس از وقوع آن است. کمینه کردن پیامدهای پس از وقوع سیلاب یا به عبارت دیگر **فراگیری زندگی با سیلاب‌ها**[3] به جای کاهش خطرات سیلاب، روش دیگری برای کاهش ریسک سیلاب است. در این روش اجازه داده می‌شود که سیلاب نواحی مشخصی را فرا گیرد و در عین حال اثرات سیلاب با تنظیم کاربری مناسب اراضی کمینه می‌گردد.

1- Flood control strategies
2- Resistance strategies
3- Learning to live with floods

چنین تدابیری، **استراتژی انعطاف‌پذیر**[1] نامیده می‌شوند. این روش‌ها به جای کنترل خطرات سیلاب بر مدیریت ریسک تکیه دارند.

مدیریت ریسک سیلاب در برگیرنده عدم قطعیت‌های بسیاری است. نمی‌توان زمان و محل وقوع سیلاب‌ها را پیش‌بینی نمود. همچنین، عدم قطعیت‌هایی در رابطه با مقاومت سازه‌ها، رفتار فیزیکی سیستم رودخانه‌ای، واکنش مردم و پیامدهای سیلاب وجود دارد. اما با وجود تمام این عدم قطعیت‌ها، مدیران باید برای بهبود مدیریت ریسک سیلاب تلاش کنند.

مدیریت ریسک سعی دارد با یک تلاش جامع، رویدادهای ریسک، قبل از وقوع آنها شناسائی و کنترل گردند یا برنامه‌ای تهیه شود که در زمان وقوع این رویدادها با آنها مقابله شود.

مدیریت ریسک سیلاب یکی از اصول **توسعه پایدار**[2] است. بدین معنی که در مدیریت ریسک سیلاب، فرآیندهای زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی باید مد نظر قرار گیرند. توسعه پایدار نیازمند استفاده بهینه از محیط، رعایت عدالت برای تمام گروه‌های اجتماعی در حال حاضر و در آینده و حفظ منابع طبیعی است. علاوه بر این، یک سیستم برای پایدار بودن باید توان تحمل اغتشاشات نامشخص مانند سیلاب‌های شدید و نوسانات جریان را داشته باشد. چگونگی تحمل سیلاب‌های شدید مبحث اصلی در مدیریت ریسک سیلاب است.

برای بهبود مدیریت ریسک سیلاب و برای تلفیق کردن بهتر آن با مبحث توسعه پایدار، باید کل حوضه رودخانه را به عنوان یک سیستم در نظر گرفت. جوامعی که در مناطق سیل‌گیر زندگی می‌کنند، جزئی از این سیستم هستند، زیرا اثرات سیلاب و بازیابی پس از سیلاب بستگی به این جوامع دارد. علاوه بر این، نگرش به ریسک، عدم قطعیت‌ها، مسئولیت‌ها، طبیعت و بنابراین انتخاب یک استراتژی مشخص در مدیریت ریسک سیلاب برای جوامع مختلف متفاوت است. سیستم اجتماعی- اقتصادی مناطقی که تحت اثر سیلاب قرار می‌گیرند، جزئی از یک سیستم اجتماعی- اقتصادی بزرگتر هستند. بنابراین در صورت لزوم روابط آنها در مقیاس‌های بزرگتر باید مد نظر قرار گیرد. رویکرد مورد نظر در این زمینه یک رویکرد جامع است که تلفیقی است از اندیشه‌های مهندسین و علوم اجتماعی. دانش مهندسین برای به کمیت در آوردن خطرات و عدم قطعیت‌ها و طراحی تمهیدات سازه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. اما برای تعیین پیامدهای سیلاب، برای دانستن اینکه سیستم در مقابل چه سیلاب‌هایی توان بازیابی دارد و سرعت بازیابی آن به چه میزان خواهد بود نیازمند دانش جامعه‌شناسان هستیم.

۳-۱- عدم قطعیت‌ها

مدیریت سیستم‌ها شامل برخورد با عدم قطعیت‌های بسیاری است. به عنوان مثال، اگر سیلاب‌ها همواره در

1- Resilience strategies
2- Sustainable development

یک زمان و با یک شدت بوقوع می‌پیوستند، امکان مدیریت کامل آنها وجود داشت. اما هیچکس نمی‌داند سیلاب‌ها در چه زمان و چگونه بوقوع خواهند پیوست. حتی اگر توابع احتمالی جریان نیز مشخص باشند، تغییرات مکانی زبری هیدرولیکی و عدم قطعیت‌هایی در رابطه با رفتار هیدرولیکی رودخانه از موارد مهم عدم قطعیت هستند. علاوه بر این، رفتار سیستم اقتصادی- اجتماعی نیز مشخص نیست. بنابراین، تحقیقات زیادی برای به کمیت در آوردن عدم قطعیت‌ها و اینکه این عدم قطعیت‌ها چگونه در نظر گرفته می‌شوند انجام گرفته است.

در مدیریت ریسک سیلاب با عدم قطعیت‌های مختلفی سروکار داریم که عبارتند از:

الف- عدم قطعیت در دبی طراحی

ب- عدم قطعیت در رفتار رودخانه

ج- عدم قطعیت در شرایط اجتماعی- اقتصادی سیستم شامل:

- عدم قطعیت رفتار مردم در هنگام وقوع سیلاب
- عدم قطعیت در کارآیی برنامه تخلیه ساکنین و تعداد تلفات
- عدم قطعیت در اثرات اقتصادی سیلاب
- عدم قطعیت در اثرات اجتماعی و اقتصادی روش‌های مدیریت سیلاب

برخی سیستم‌ها بهتر از بقیه می‌توانند عدم قطعیت‌ها را تحمل کنند. برای تحمل تغییرات، انعطاف لازم است. سیستم‌های منعطف به آسانی خود را با تغییرات سازگار می‌کنند. انعطاف‌پذیری در مدیریت نیازمند ارزیابی و سازگاری اهداف و معیارها است. برای تحمل عدم قطعیت‌ها در نتیجه کمبود دانش یا تغییرات در وضعیت سیستم، استراتژهای انعطاف‌پذیر مدیریت سیلاب پیشنهاد می‌گردند که در ادامه تشریح شده‌اند.

۳-۲- مفهوم انعطاف‌پذیری و مقاومت

سیستم‌های مدیریت ریسک سیلاب باید قادر به تحمل عدم قطعیت‌های موجود باشند. همانطور که قبلاً نیز اشاره شد، دو استراتژی مختلف جهت برخورد با سیلاب‌ها وجود دارد که عبارتند از استراتژی‌های مقاومتی و استراتژی‌های انعطاف‌پذیر.

انعطاف‌پذیری و مقاومت هر دو روش‌هایی برای رسیدن به یک سیستم پایدار هستند. سیستم انعطاف‌پذیر نسبت به یک اغتشاش واکنش نشان داده و پس از مدتی وضعیت اولیه خود را باز می‌یابد، اما یک سیستم مقاوم واکنشی از خود نشان نمی‌دهد و اغتشاش را جذب می‌کند. در محیط‌های دینامیک مانند سواحل و سیلابدشت‌ها، گونه‌های انعطاف‌پذیر بیشتر مشاهده می‌شوند. در حالی که در محیط‌های پایدار مانند جنگل‌ها و صخره‌های مرجانی، گونه‌های مقاوم بیشتر قابل مشاهده هستند. گونه‌های مقاوم معمولاً در مقابل اغتشاش‌های بزرگ بسیار آسیب‌پذیر هستند.

مفاهیم انعطاف‌پذیری و مقاومت آنگونه که در مدیریت منابع آب مورد استفاده قرار می‌گیرند، از علم اکولوژی گرفته شده‌اند. **هولینگ**[1] در سال ۱۹۷۳ مفهوم انعطاف‌پذیری را معرفی نمود. وی انعطاف‌پذیری را به عنوان توانایی یک سیستم در بازیابی یکپارچگی خود در اثر اغتشاش تعریف نمود و از آن پس این مفهوم در مواد بسیاری مورد استفاده قرار گرفته است.

بطور کلی، انعطاف‌پذیری را می‌توان به عنوان توانایی یک سیستم برای دوام آوردن در مقابل اغتشاش بوسیله بازیابی خود تعریف نمود. در مقابل، مقاومت را می‌توان به عنوان توانایی یک سیستم برای دوام آوردن در مقابل اغتشاش بدون هیچگونه واکنشی تعریف نمود.

۳-۳- انعطاف‌پذیری و مقاومت در مدیریت سیلاب

برای تشریح انعطاف‌پذیری یک سیستم، خود سیستم، اغتشاشی که برای مقابله با آن به انعطاف‌پذیری نیاز داریم، واکنش مورد انتظار و بازیابی در نتیجه اغتشاش باید تعریف شوند.

سیستم مورد نظر ما در این مورد یک سیستم فیزیکی و اجتماعی- اقتصادی است که تحت تأثیر سیلاب‌ها قرار دارد. در مرز بالادست سیستم مدیریت ریسک سیلاب، امواج سیلاب وارد سیستم می‌شوند و در مرز پایین‌دست به نقطه خروجی حوزه که معمولاً دریاست می‌رسند. این امواج سیلاب در واقع ورودی‌های غیرقطعی یا همان اغتشاش‌ها هستند. واکنش سیستم در مقابل امواج سیلاب همان اثرات سیلاب است. بازیابی پس از واکنش در واقع بازگشت سیستم به شرایط طبیعی است. بدین معنی که شرایط اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی باید به حالت قبل از وقوع سیلاب بازگردد، خسارات جبران شوند، صنایع به شرایط تولید قبل از وقوع سیلاب بازگردند و ساکنین منطقه بر احساسات خود غلبه نمایند.

در استراتژی‌های انعطاف‌پذیر، ممکن است اراضی دچار سیل‌گرفتگی شوند، اما اثرات این سیل‌گرفتگی باید کم باشد، بازیابی شرایط قبلی باید به سادگی امکان‌پذیر باشد و هیچگونه دگرگونی شدید و ناگهانی نباید رخ دهد.

همچنین در این استراتژی علاوه بر اقداماتی برای جلوگیری از وقوع سیلاب، از اقداماتی برای کاهش اثرات سیلاب مانند سیستم‌های هشدار سیل، برنامه‌های تخلیه ساکنین منطقه، برنامه‌ریزی منطقه‌ای، احداث **قطعات سیل‌گیر**[2] (مناطقی که توسط خاکریز از سایر مناطق جدا می‌شوند برای این که منطقه سیل‌گرفته کوچکتر باشد) و اقداماتی برای بازیابی شرایط عادی پس از وقوع سیلاب مانند قوانین پرداخت خسارات سیلاب و بیمه سیل نیز بهره گرفته می‌شود.

بطور کلی روش‌های مختلف مدیریت سیلاب را می‌توان در چهار دسته طبقه‌بندی نمود:

- تلاش در جهت کاهش سیلاب

1- Holling
2- Compartment

- تلاش در جهت کاهش آسیب پذیری در مقابل سیلاب
- تلاش در جهت کاهش خسارات
- ایجاد آمادگی برای تحمل خسارات

اولین دسته بر مبنای حفاظت فیزیکی بوسیله سازه‌ها قرار دارد و روش‌های سازه‌ای نامیده می‌شود. سه دسته دیگر در گروه روش‌های غیرسازه‌ای طبقه‌بندی می‌شوند.

به عبارت دیگر می‌توان گفت که روش‌های سازه‌ای قبل از وقوع سیلاب اعمال می‌شوند، ماهیت عمدتاً سازه‌ای دارند و به منظور دور کردن سیلاب از مردم به کار گرفته می‌شوند.

کلیه روش‌های کاهش مشکلات سیلاب که در برگیرنده تواماً سه مشخصه فوق نباشند، روش‌های غیرسازه‌ای مدیریت سیلاب می‌باشند. برای مثال مقابله به هنگام با سیلاب، دارای ماهیت سازه‌ای است و به منظور دور کردن سیلاب از مردم صورت می‌گیرد ولی در هنگام سیلاب انجام می‌شود یا مدیریت حوزه آبریز قبل از وقوع سیل و به منظور دور کردن سیلاب از مردم صورت می‌گیرد ولی ماهیت آن عمدتاً غیرسازه‌ای است.

روش‌های دیگر مانند هشدار سیلاب و تخلیه ساکنین در هنگام سیلاب به منظور دورکردن مردم از سیلاب انجام می‌شوند و دارای ماهیت غیرسازه‌ای هستند.

اکنون در بسیار از کشورها، کارشناسان سیلاب اعتقاد دارند که ترکیب روش‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای، راه حل بهینه برای حداقل نمودن خسارات سیلاب است. در عین حال این ترکیب روش‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای کم هزینه‌تر از روش‌های سازه‌ای به تنهایی می‌باشد و در واقع می‌توان گفت که استراتژی‌های انعطاف‌پذیر مدیریت سیلاب ترکیبی از روش‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای هستند.

استراتژی‌های مختلف پیشنهاد شده در زمینه استراتژی‌های انعطاف‌پذیر عبارتند از:

الف- بازگرداندن اراضی رودخانه

در این حالت خاکریزهای حفاظتی حذف می‌شوند و اراضی مورد نیاز رودخانه به آن بازگردانده می‌شود. بنابراین مناطقی دچار سیل‌گرفتگی خواهند شد و کاربری اراضی با شرایط رودخانه و سیلاب‌های آن هماهنگ خواهد شد.

ب- برنامه‌ریزی کاربری اراضی

در این حالت با در نظر گرفتن کاربری‌های مختلف برای اراضی اجازه سیل‌گرفتگی در برخی مناطق داده می‌شود. بدین صورت که یا اجازه داده می‌شود که مناطقی با ارزش کمتر به صورت طبیعی دچار سیل‌گرفتگی شوند تا سیلاب به مناطق دیگر نرسد و یا با احداث خاکریزهای موازی در چند ردیف و با ارتفاع‌های مختلف اراضی را طوری محافظت می‌کنند که ابتدا اراضی با ارزش کمتر دچار آب‌گرفتگی شده و پس از آن اراضی با ارزش بیشتر را آب فرا گیرد.

ج- رودخانه‌های سبز[1]

در این حالت از آبراهه‌هایی به موازات آبراهه اصلی بعنوان **گذرگاه‌های فرعی**[2] در هنگام اوج سیلاب استفاده می‌شود که رودخانه‌های سبز نامیده می‌شوند. انتخاب این نام به این علت است که در اکثر مواقع این آبراهه‌ها خشک هستند و ممکن است در مواقع عادی به عنوان اراضی کشاورزی مورد استفاده قرار گیرند. اما در هنگام وقوع سیلاب ممکن است این نواحی دچار سیل‌گرفتگی شده و سیلاب در آنها جریان یابد که در واقع این امر باعث افزایش ظرفیت آبگذری رودخانه و کاهش دبی اوج سیلاب می‌گردد.

د- قطعات سیل‌گیر

در این حالت از مناطقی جهت ذخیره موقت سیلاب و در نتیجه کاهش دبی اوج سیلاب و ایجاد تأخیر در سیلاب استفاده می‌شود. این مناطق قطعات سیل‌گیر نامیده می‌شوند. در این حالت ممکن است از تعداد زیادی از این قطعات استفاده شود که قطعات بالادست ابتدا دچار سیل‌گرفتگی شده و پس از آن قطعات پایین‌دست که در مناطقی با ارزش اقتصادی بالاتر قرار دارند دچار سیل‌گرفتگی می‌شوند.

ه- پیش‌بینی و هشدار سیلاب

در این حالت از تکنولوژی‌های جدید مخابراتی، مدل‌های ریاضی و سیستم اطلاعات جغرافیایی برای برآورد هیدروگراف سیلاب، روندیابی آن و تخمین محدوده سیل استفاده می‌شود. بدین ترتیب که دستگاه‌های ثبت بارندگی در حوضه نصب شده و به محض شروع بارندگی شروع به ثبت آن و ارسال اطلاعات به یک رایانه مرکزی می‌نمایند. اطلاعات دریافت شده در رایانه و توسط یک مدل ریاضی بارش- رواناب و روندیابی سیلاب مورد تحلیل قرار گرفته و هیدروگراف سیلاب در بازه‌های مختلف رودخانه برآورد می‌گردد. سپس هیدروگراف بدست آمده توسط یک مدل ریاضی پخش سیلاب مورد تحلیل قرار گرفته و نقشه پهنه‌بندی سیلاب به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی بدست می‌آید. به کمک نقشه پهنه‌بندی سیلاب می‌توان مشاهده نمود که چه محدوده‌ای و به چه مقدار دچار سیل‌گرفتگی می‌شود و می‌توان به ساکنین منطقه در مورد وقوع سیلاب هشدار داد.

و- برنامه‌های تخلیه ساکنین

همانطور که اشاره شد، با استفاده از سیستم‌های پیش‌بینی و هشدار سیلاب می‌توان محدوده‌های دارای ریسک بالا را مشخص نمود. بر این اساس باید در مناطق پرخطر برنامه‌هایی برای تخلیه ساکنین وجود داشته باشد تا منطقه با حداقل خسارت و تلفات مواجه شود.

1- Green rivers
2- Bypass

ز- بیمه سیلاب

علاوه بر کاهش عواقب فیزیکی سیلاب‌ها، لازم است تلاش‌هایی نیز در جهت کاهش عواقب اقتصادی آن صورت گیرد. بیمه سیلاب اقدامی است در جهت کاهش عواقب مخرب اقتصادی سیلاب. هدف اصلی از بیمه سیلاب پخش کردن خسارات احتمالی سیلاب در جامعه است به نحوی که همه آنهایی که در معرض خطر سیلاب هستند در هزینه‌های مدیریت سیلاب مشارکت داشته باشند. این امر با پخش کردن هزینه‌ها در زمان و در جمعیت خطرپذیر صورت می‌گیرد. با تشویق شرکت‌های بیمه برای تدوین بیمه‌نامه‌هایی برای سیلابدشت‌ها و ایجاد انگیزه برای سرمایه‌گذاری به منظور کاهش ضایعات و تأمین زیان‌های ناشی از سیلاب، می‌توان خسارات یکجای سیلاب را بین چند سال و بین کل جمعیت خطرپذیر تقسیم نموده و توسعه اجتماعی- اقتصادی را از خطرات و خسارات سیلاب‌ها مصون نمود. در این حالت حق بیمه‌ها با توجه به خطرپذیری اراضی و ساختمان‌ها تعیین شده و مالکان اراضی و ساختمان‌های با خطرپذیری بالاتر، حق بیمه بیشتری پرداخت خواهند کرد. برای این کار حتماً باید نقشه پهنه‌بندی سیلاب توسط مدل‌های ریاضی تهیه شود.

۴- نقش آموزش و ارتباطات در ارتقاء آگاهی‌های عمومی با هدف مدیریت ریسک سیلاب

همانطور که اشاره شد، در مدیریت ریسک سیلاب با یک سیستم فیزیکی و اجتماعی- اقتصادی مواجه هستیم و بسیاری از استراتژی‌های انعطاف‌پذیر مدیریت ریسک سیلاب مانند سیستم‌های هشدار سیل، برنامه‌های تخلیه ساکنین و بیمه سیلاب بطور مستقیم با جوامع انسانی مرتبط هستند.

لذا ارتقاء آگاهی‌های عمومی بوسیله آموزش و ارتباطات از نقش بسیار مهمی در موفقیت و کارآمدی این استراتژی‌ها برخوردار است.

با آموزش و اطلاع‌رسانی عمومی از طریق وسایل ارتباط جمعی مانند مطبوعات، رادیو، تلویزیون و امروزه اینترنت، می‌توان آگاهی عمومی جامعه در مورد فراگیری زندگی با رودخانه و سیلاب و استراتژی‌های انعطاف‌پذیر مدیریت ریسک سیلاب را افزایش داده و افکار عمومی جامعه را برای انعطاف در مقابل سیلاب و خسارات ناشی از آن و در نتیجه کاهش خسارات سیلاب آماده نموده و عدم قطعیت‌های سیستم اجتماعی- اقتصادی را کاهش داد.

اگر این آموزش و اطلاع‌رسانی بخصوص از مدارس ابتدایی آغاز شود، نتیجه بسیار مثبتی در کاهش خسارات و تنش‌های اجتماعی ناشی از وقوع سیلاب یا سایر بلایای طبیعی خواهد داشت، زیرا کودکان در مقابل تنش‌های روانی ناشی از بلایای طبیعی بسیار آسیب‌پذیر هستند و بوسیله آموزش و اطلاع‌رسانی مناسب، می‌توان از این تنش‌های روانی مانند آنچه متأسفانه پس از زلزله بم شاهد آن بودیم، جلوگیری نموده و یا حداقل باعث کاهش یا تعدیل این تنش‌ها شد.

فهرست منابع و مراجع

1. Wikipedia, The Free Encyclopedia, www.wikipedia.org
2. ABC News Online, *Scientists Warn of Growing Natural Disasters*, Wednesday, October 19, 2005
3. The World Bank Website, News, *Natural Disasters: Counting the Cost*, March 2, 2004
4. EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database – www.em-dat.net– Université Catholique de Louvain – Brussels – Belgium

۵- آمار سیلاب رودخانه‌های کشور از سال ۱۳۰۵ تا ۱۳۷۵، سایت اینترنتی حفاظت و بهره‌برداری از رودخانه‌ها و سواحل ایران، دفتر حفاظت و مهندسی رودخانه و سواحل و کنترل سیلاب، شرکت مدیریت منابع آب ایران،
http://www.iranrivers.com/FLood/Historical_Floods/Iran_Experience.htm

۶- روند افزایش خسارات و تلفات سیل در ایران، خلاصه اطلاعات خسارات سیل کشور طی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۳۰، دفتر مطالعات و ارزیابی آبخیزها، معاونت آبخیزداری وزارت جهاد کشاورزی، سایت اینترنتی حفاظت و بهره‌برداری از رودخانه‌ها و سواحل ایران، دفتر حفاظت و مهندسی رودخانه و سواحل و کنترل سیلاب، شرکت مدیریت منابع آب ایران،
http://www.iranrivers.com/FLood/Flood%20Reports/flood%20damages%20in%20rivess.xls

۷- میزان خسارت وارده از سیلاب به ۲۰۸ دشت در کشور، سایت اینترنتی حفاظت و بهره‌برداری از رودخانه‌ها و سواحل ایران، دفتر حفاظت و مهندسی رودخانه و سواحل و کنترل سیلاب، شرکت مدیریت منابع آب ایران،
http://www.iranrivers.com/FLood/Flood%20Reports/flood%20data%20bank%20for%20site.pdf

۸- بررسی وضعیت سیل کشور، سایت اینترنتی حفاظت و بهره‌برداری از رودخانه‌ها و سواحل ایران، دفتر حفاظت و مهندسی رودخانه و سواحل و کنترل سیلاب، شرکت مدیریت منابع آب ایران،
http://www.iranrivers.com/TrainandResearch/PowerPointFlood/5.ppt

9. Burn, H. D., 1999. *Perceptions of flood risk: A case study of the Red River flood of 1997.* In: Water Resources Research, Vol. 35, No. 11, p. 3451-3458.
10. De Bruijn, K.M., & Klijn, F., 2001. Resilience flood risk management strategies. *Proceedings of the IAHR Congress September 16-21Beijing*, Beijing, China: Tsinghua University Press.
11. Vis M., Klijn F., De Bruijn, K.M., Van Buuren M., 2003. Resilience strategies for flood risk management in the Netherlands. Intl. J. River Basin Management Vol. 1, No. 1 (2003), pp. 33–40
12. Takeuchi, K., 2002. *Floods and society: a never-ending evolutional relation.* In: Wu *et al*. (eds.), 2002. Proceedings of Flood Defence 2002. Science Press, New York. USA.

13. Vis, M, Klijn, F., & Van Buuren, M. eds., 2001. *Living with floods, resilience strategies for flood risk management and multiple land use in the lower Rhine River Basin*. Summary Report. Delft, The Netherlands: NCR (Dutch Centre for River Studies)
14. Holling, C.S., 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4, 1-24.

کارگاه فنی همزیستی با سیلاب
۲۵ مرداد ماه ۱۳۸۵

بررسی اثر گسترش اراضی دیم بر شدت سیلاب حوزه آبخیز قزل‌اوزن
(مطالعه موردی: حوزه آبخیز قزل‌اوزن)

علی رضائی[۱]

چکیده

از بین بردن پوشش گیاهی و گسترش اراضی دیم شیبدار در سطح حوزه‌های آبخیز کشور، عامل افزایش رواناب و شدت سیلاب می‌باشد. برای آشکار سازی روند تغییرات دبی سیلاب در حوزه آبخیز قزل‌اوزن ، داده‌های دبی‌های اوج سالانه و بارندگی یک روزه بیشینه سالانه تمام ایستگاه‌های داخل حوزه، جمع‌آوری شدند. داده‌های بدست آمده در یک دوره آماری ۳۰ ساله بازسازی و معیار شده‌اند. با تقسیم داده‌های بدست آمده به دوره‌های آماری ۱۰ ساله و تلفیق مجدد آنها، در نهایت شش دوره آماری با طول دوره زمانی ۱۰ الی ۳۰ ساله تولید گردید. برای محاسبه میانگین متغیرها برای هر دوره آماری، دوره بازگشت دو سال مبنای محاسبه قرار گرفته، لذا توزیع احتمالاتی لوگ پیرسون نوع III بر آنها برازش داده شده است. متوسط هر دسته از متغیرها نسبت به زمان پلات شده و خطی بر آنها برازش داده شده است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که شیب متوسط تغییرات بارندگی ۲۴ ساعته نسبت به زمان به عنوان عاملی از تغییرات اقلیمی برابر با ۰/۰۳۱ و در مقابل، شیب تغییرات دبی سیلابی نسبت به زمان برابر با ۰/۰۵۹ می‌باشد. در نتیجه شیب دبی سیلابی حدود ۱/۹ برابر شیب تغییرات بارندگی یک روزه نسبت به زمان با مقیاس ۱۰ سال بوده است. این یافته بیانگر تخریب پوشش گیاهی بدلیل توسعه اراضی دیم، افزایش ضریب رواناب و افزایش شدت سیلاب حوزه مورد بررسی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اراضی دیم، حوزه آبخیز قزل‌اوزن، دبی سیلابی، رواناب

مقدمه:

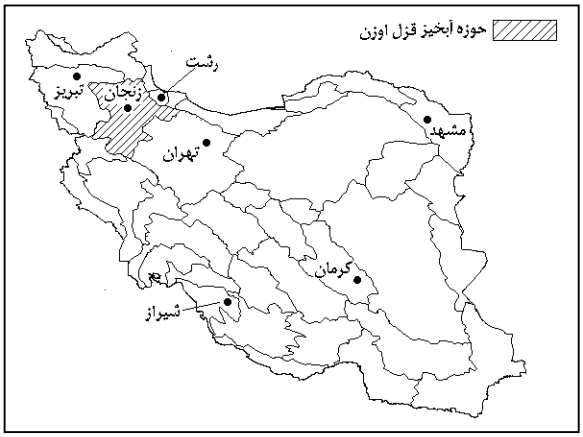
افزایش تولید گندم و رسیدن به خود کفائی یکی از اتفاقات دهه اخیر کشور بوده است. به نظر می‌رسد این افزایش تولید ناشی از افزایش عملکرد محصول در واحد سطح و همچنین افزایش سطح کشت آن بویژه در

۱- عضو هیئت علمی‌مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زنجان، *(Rezaei_ali@hotmail.com)*

اراضی شیبدار می‌باشد. بطور مثال سطح کشت گندم دیم در کشور تنها بین سال‌های زراعی ۷۹-۷۸ و ۸۰-۷۹ از ۲/۹۴ به ۳/۳۸ میلیون هکتار افزایش پیدا کرده است [۲ و ۳]. اثرات و نتیجه چنین تغییراتی در کاربری اراضی (افزایش سطح اراضی دیم شیبدار) را می‌توان در واکنش رفتار هیدرولوژیکی حوزه از نظر افزایش شدت سیلاب و تولید رسوب، جستجو نمود. بدین خاطر هدف مقاله حاضر بررسی روند تغییرات متوسط دبی سیلاب به عنوان معرفی از تشدید قدرت سیل‌زائی حوزه و تخریب منابع طبیعی (پوشش گیاهی) در حوزه آبخیز بزرگ قزل‌اوزن می‌باشد.

حوزه آبخیز قزل‌اوزن بر مبنای تقسیمات مرکز تحقیقات آب وزارت نیرو (تماب) جزء حوزه آبخیز دریای خزر می‌باشد. این حوزه دارای طول جغرافیائی ۴۶ درجه و ۲۸ دقیقه الی ۴۹ درجه و ۱۰ دقیقه و عرض جغرافیائی ۳۵ درجه الی ۳۸ درجه بوده و وسعت آن قریب ۴۹۴۰۰ کیلومتر مربع است. این رودخانه با پیوستن با رودخانه شاهرود، رودخانه سفید رود را بوجود آورده و تأمین کننده مهم آب سد سفیدرود می‌باشد (شکل ۱).

مهدوی و هاشمی(۱۳۷۶) در بررسی اثر عوامل فیزیکی حوزه‌ها در تعیین بده متوسط سیل در استان سمنان سطح اراضی کشاورزی را به عنوان یک عامل مؤثر در افزایش شدت سیل ارزیابی کرده‌اند. تلوری (۱۳۸۱) در بررسی‌های خود در حوزه‌های آبخیز سر شاخه‌های کرخه و دز اعلام می‌دارد که در اغلب ماه‌ها بین بار رسوبی و بده متوسط جریان رابطه خوبی برقرار است و در برخی از آنها، بارش متوسط سالیانه و در پاره‌ای موارد، عامل پوشش گیاهی و سنگ شناسی دخیل می‌باشند. شعبانی حیدر آبادی و همکاران (۱۳۸۴) در بررسی‌های خود در حوزه آبخیز طالقان به این نتیجه رسیده‌اند که در فواصل زمانی ۱۳۴۹ الی ۱۳۶۶ علت افزایش رسوب، رخداد ترسالی‌ها و خشکسالی‌ها و تغییر در مقدار بارش و پراکنش آن بوده و توصیه می‌نمایند که به دلیل تأثیر مستقیم تبدیل اراضی مرتعی به اراضی کشاورزی به ویژه برای کاربری زراعت دیم در دامنه‌های پر شیب، بهره‌برداری از آنها متناسب با توان تولید و قابلیت آنها باشد. رضائی و همکاران (۱۳۸۳) در مدل نمودن رابطه دبی اوج حوزه با عوامل فیزیوگرافی و اقلیمی، بارندگی یک روزه نظیر آن دبی اوج را به عنوان یک عامل تعیین کننده در پیش‌بینی‌ها تأیید نموده‌اند و همچنین میوزیک (۲۰۰۲) در بررسی‌های خود، تنها تغییرات در شدت بارندگی در آینده را به عنوان عامل مؤثر در بررسی تغییرات دبی اوج (در آینده را) در نظر گرفته است.



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز قزل‌اوزن در کشور

مواد و روش‌ها:

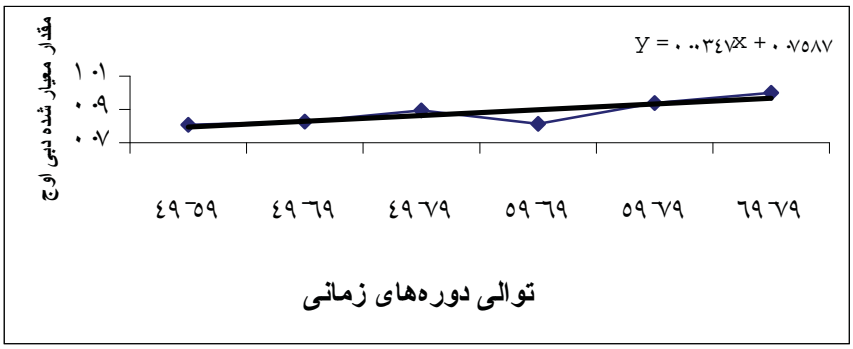
ابتدا تعداد ایستگاه‌های آب‌سنجی و هواشناسی موجود در سطح حوزه مورد شناسائی قرار گرفته و از بین آنها تعدادی که دارای طول دوره آماری بیشتر از ۲۰ سال هستند، انتخاب شده‌اند (جداول ۱ و ۲). بر این اساس طول دوره آماری مورد انتخاب سال آبی ۵۰ـ۴۹ الی ۷۹ـ۷۸ بوده که به شش دوره زمانی ۵۰ـ۴۹ الی ۵۹ـ۵۸، ۵۰ـ۴۹ الی ۶۹ـ۶۸، ۵۰ـ۴۹ الی ۷۹ـ۷۸، ۶۰ـ۵۹ الی ۶۹ـ۶۸، ۶۰ـ۵۹ الی ۷۹ـ۷۸ و ۷۰ـ۶۹ الی ۷۹ـ۷۸ تقسیم‌بندی شده است. با توجه به مناسب بودن توزیع احتمالاتی لوگ پیرسون نوع III [۱ و ۱۰]، با استفاده از نرم‌افزار SMADA و انتخاب توزیع مزبور، مقدار دبی اوج و بارندگی‌های یک روزه با دوره بازگشت دو سال مورد محاسبه قرار گرفته‌اند. دبی‌های اوج و بارندگی‌های یک روزه با دوره بازگشت دو سال بین اعداد صفر و یک معیار شده و با رعایت ترتیب زمانی فوق خط رگرسیون بر آنها برازش داده شده و شیب خط هر یک از آنها بدست آمده است (بطور نمونه شکل ۲). برای بررسی روند تغییرات دبی اوج و بارندگی یک روزه سالانه، میزان شیب‌های بدست آمده نسبت به زمان مقایسه شده و همچنین آزمون همبستگی غیر پارامتری به روش کندال نیز انجام گرفته است [۱۱]. شیب تغییرات بارندگی یک روزه سالانه، به عنوان معرفی از عامل مؤثر اقلیمی در روند تغییرات دبی اوج منظور شده است [۹، ۵ و ۱۲].

جدول ۱ـ مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده در حوزه آبخیز قزل‌اوزن

ردیف	نام ایستگاه	تعداد داده	مختصات جغرافیایی		کد ایستگاه	ارتفاع	نوع ایستگاه
			طول	عرض			
۱	ارباط میانه	۳۳	۴۷_۴۶	۳۷_۲۵	۱۷_۰۴۴	۱۰۵۰	تبخیرسنجی
۲	استور	۳۳	۴۷_۵۹	۳۷_۳۱	۱۷_۰۲۹	۱۰۰۰	تبخیرسنجی
۳	انگوران	۲۶	۴۷_۳۷	۳۶_۳۷	۱۷_۰۲۲	۱۹۰۰	
۴	دندی	۳۳	۴۷_۳۶	۳۶_۳۳	۱۷_۰۳۲	۱۶۰۰	تبخیرسنجی
۵	سلامت‌آباد	۳۷	۴۷_۵۰	۳۵_۳۹	۱۷_۰۷۰	۱۶۳۰	تبخیرسنجی
۶	ظفرآباد	۳۳	۴۶_۵۸	۳۶_۰۱	۱۷_۰۸۰	۱۹۸۰	تبخیرسنجی
۷	قلتوق	۳۳	۴۸_۰۴	۳۶_۳۰	۱۷_۰۱۸	۱۸۰۰	تبخیرسنجی
۸	گیلوان	۳۳	۴۹_۰۸	۳۶_۴۷	_	۳۸۰	تبخیرسنجی
۹	قره‌کهریز	۳۳	۴۸_۲۴	۳۵_۴۴	۱۷_۰۱۴	۱۷۴۰	تبخیرسنجی
۱۰	زنجان	۳۵	۴۸-۲۹	۳۶-۴۱	۶۰۷۲۹	۱۶۶۳	سینوپتیک
۱۱	حسین آباد	۱۷	۴۸-۲۹	۳۶-۴۱	۱۷-۰۲۸	-	تبخیرسنجی
۱۲	مشمپا	۳۳	۴۷_۴۰	۳۶_۵۶	۱۷_۰۲۴	۱۲۰۰	تبخیرسنجی
۱۳	کیتو	۳۳	۴۸_۰۹	۳۵_۱۹	۱۷_۰۱۲	۲۱۰۰	تبخیرسنجی
۱۴	بیانلو	-	-	-	-	-	تبخیرسنجی

جدول ۲ـ مشخصات ایستگاه‌های آب‌سنجی مورد استفاده در حوزه آبخیز قزل‌اوزن

ردیف	نام ایستگاه	تعداد داده	مختصات جغرافیایی		کد ایستگاه	ارتفاع	درجه ایستگاه
			طول	عرض			
۱	استور ـ قزل‌اوزن	۴۲	۴۷_۵۸	۳۷_۳۰	۱۷_۰۲۹	۹۳۰	۱
۲	بیانلو(یساول)ـ قزل‌اوزن	۳۸	۴۷_۵۸	۳۶_۰۰	۱۷_۹۷۵	۱۵۰۰	۱
۳	پالتی ـ تهم	۲۳	۴۸_۲۷_۰۶	۳۶_۴۶_۲۶	۱۷_۰۱۷	۱۷۰۰	۱
۴	پل دختر ـ قزل‌اوزن	۳۸	۴۷_۴۸	۳۷_۲۱	۱۷_۰۲۱	۱۱۰۰	۱
۵	تونل راه‌آهن ـ قرنقو	۱۶	۴۷_۳۸	۳۷_۲۴	۱۷_۰۲۶	ـ	ـ
۶	حسن‌خان ـ تلوار	۱۴	۴۷_۴۱	۳۵_۲۶	۱۷_۹۲۶	۱۷۰۰	ـ
۷	دهگلان ـ تلوار	۲۰	۴۷_۲۵	۳۵_۱۷	۱۷_۰۸۳	۱۸۲۰	ـ
۸	سرچم ـ زنجانرود	۳۵	۴۷_۵۳	۳۷_۰۷	۱۷_۰۱۹	۱۲۰۰	۲
۹	شهرچای ـ کوهسالار میانه	۲۵	۴۷_۲۳	۳۷_۳۱	۱۷_۰۲۷	۱۵۰۰	ـ
۱۰	قره‌گونی ـ قزل‌اوزن	۳۱	۴۷_۵۷	۳۶_۱۴	۱۷_۰۱۱	۱۴۵۰	۱
۱۱	گیلوان ـ قزل‌اوزن	۳۷	۴۹_۰۱	۳۶_۵۰	۱۷_۰۳۳	۳۲۰	ـ
۱۲	موتورخانه ـ آیدوغموش	۲۰	۴۷_۴۳	۳۷_۲۲	۱۷_۰۲۳	۱۰۵۰	۱
۱۳	مهرآباد ـ تلوار	۴۰	۴۷_۵۳_۵۵	۳۵_۵۱_۲۳	۱۷_۰۰۷	۱۶۵۰	۱
۱۴	میانه تونل شماره ۷ـ قرنقو	۳۸	۴۷_۳۸	۳۷_۲۴	۱۷_۰۲۵	۱۱۰۰	۳
۱۵	میانه ـ شاریچای	۳۰	۴۷_۴۱	۳۷_۲۷	۱۷_۱۰۹	۱۱۰۰	۱
۱۶	هشتاد جفت ـ کامیشکای‌رود	۳۸	۴۷_۵۳	۳۶_۱۰	۱۷_۰۰۹	۱۵۰۰	۴



شکل ۲- رابطه تغییرات مقدار دبی اوج با دوره بازگشت دو سال نسبت به زمان در ایستگاه آب‌سنجی (گامیشگای-هشتاد جفت)

نتایج:

رابطه دوره‌های زمانی با مقدار نرمال شده بارندگی یک روزه و دبی اوج سالانه با استفاده از نرم‌افزار EXCEL پلات شده و خط رگرسیون بر داده‌ها برازش داده شده است. ضریب زاویه خطوط برازش داده شده استخراج شده است (جداول ۳ و ۴). همچنانکه از بررسی جداول مزبور بر می‌آید در بین ایستگاه‌های هواشناسی، تنها در یک مورد (ایستگاه سینوپتیک زنجان) ضریب زاویه خط رگرسیون منفی بوده و در

مابقی، دارای ضریب زاویه مثبت هستند. اما در ایستگاه‌های آب‌سنجی، در تمام موارد ضریب زاویه‌ها مثبت می‌باشند. نسبت متوسط ضریب زاویه دبی‌های اوج بر بارندگی یک روزه بیشینه سالانه برابر با ۱/۹ می‌باشد. به عبارت دیگر، در مجموع شیب خط رگرسیون دبی‌های اوج نسبت به شیب بارندگی یک روزه (در رابطه با گذشت زمان) از حالت تندتری برخوردار بوده و نزدیک به دو برابر است.

مقایسه داده‌های دو ایستگاه هواشناسی سلامت آباد و گیتو که در مجاورت زیر حوزه تلوار دهگلان واقع شده‌اند، بیانگر هماهنگی افزایش بارندگی‌های یک روزه سالانه و دبی اوج برای حوزه مذکور است. ولی با توجه به ضریب زاویه خط رگرسیون آنها معلوم می‌شود که مقدار ضریب زاویه ایستگاه آب‌سنجی (۰/۱۵۴۶) بسیار بزرگتر از ضریب زاویه ایستگاه‌های هواشناسی (به ترتیب ۰/۰۷۳۲ و ۰/۰۱۵۶) می‌باشد. در مورد ایستگاه‌های آب‌سنجی استور، پل دختر و گیلوان ضریب همبستگی برازش خط معنی‌دار نبوده و در بقیه موارد دارای همبستگی بالا می‌باشد.

یکی از روش‌های آماری برای مشخص کردن روند تغییرات در داده‌های اقلیمی و هیدرولوژیکی استفاده از شاخص کندال تائو می‌باشد [۷]. این شاخص در صورت مثبت و معنی‌دار بودن، بیانگر هماهنگی هم جهت جفت‌ها و در صورت منفی و معنی دار بودن بیانگر هماهنگی معکوس جفت‌ها و در صورت معنی‌دار نبودن بیانگر هیچ رابطه‌ای نمی‌باشد. در این بررسی در مورد ایستگاه‌های هواشناسی و آب‌سنجی تنها در دو مورد هماهنگی مثبت و معنی‌دار در هر سری از ایستگاه‌ها وجود داشته و در بقیه موارد داده‌ها فاقد هماهنگی با روند زمان می‌باشند (جدول ۵).

جدول ۳- ویژگی آماری برازش خط به داده‌های بارندگی یک روزه سالانه با دوره بازگشت دو سال

ایستگاه هواشناسی	ضریب تعیین	ضریب زاویه خط	سطح معنی‌داری
زنجان	۰/۴۶۸۸	-۰/۰۱۸۴	یک درصد
گیلوان	۰/۸۹۹۳	۰/۰۳۵۶	یک درصد
سلامت آباد	۰/۹۸۷۳	۰/۰۷۳۲	یک درصد
استور	۰/۰۴۸۸	۰/۰۰۴۹	معنی‌دار نیست
ارباط میانه	۰/۴۰۲۲	۰/۰۲۷۹	یک درصد
حسین آباد	۰/۰۳۹۵	۰/۰۰۶۶	معنی‌دار نیست
مشمپا	۰/۱۲۸۲	۰/۰۰۷۵	پنج درصد
بیانلو	۰/۰۳۸	۰/۰۰۳۵	معنی‌دار نیست
ظفرآباد	۰/۸۹۳۵	۰/۰۹۶	یک درصد
انگوران دندی	۰/۹۵۶	۰/۰۷۱۹	یک درصد
گیتو	۰/۹۹۱۵	۰/۰۱۵۶	یک درصد
قلتوق	۰/۹۴۵۸	۰/۰۴۷۵	یک درصد
متوسط		۰/۰۳۱	
انحراف معیار		۰/۰۳۳	
درصد ضریب تغییرات		۱۰۸	

جدول ۴- ویژگی آماری برازش خط به داده‌های دبی اوج سالانه با دوره بازگشت دو سال

ایستگاه آب‌سنجی	ضریب تعیین	ضریب زاویه خط	سطح معنی‌داری
سرچم - زنجانرود	۰/۸۶۸۳	۰/۱۲۱	یک درصد
کوهسالار میانه	۰/۶۸۴	۰/۱۶۵	یک درصد
گامیشگایرود - هشتاد جفت	۰/۷۰۹۵	۰/۰۳۵۴	یک درصد
آیدوغموش	۰/۸۶۸۶	۰/۰۵۴۹	یک درصد
قرنقو	۰/۱۳۸۶	۰/۰۱۸۵	پنج درصد
استور	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۱۲	معنی‌دار نیست
بیانلو	۰/۵۳۲۱	۰/۰۶۰۶	یک درصد
تلوار_ حسن خان	۰/۶۲۳۲	۰/۰۴۲۶	یک درصد
قزل‌اوزن - پلدختر	۰/۰۷۷۸	۰/۰۰۸۴	معنی‌دار نیست
تلوار دهگلان	۰/۶۶۴۹	۰/۱۵۴۶	یک درصد
قزل‌اوزن - قره گونی	۰/۴۶۲۵	۰/۰۴۷۹	یک درصد
تلوار مهرآباد	۰/۶۶۸۱	۰/۰۳۳۹	یک درصد
قزل‌اوزن - گیلوان	-۰۶E۲/۰۰	-۰۵E۹/۰۰	معنی‌دار نیست
تهم - پالتی	۰/۲۸۶۳	۰/۰۵۸۲	یک درصد
سجاسرود-ینگی کند	۰/۸۵۹۴	۰/۰۷۹۳	یک درصد
شاریچایه میانه	۰/۷۴۷۲	۰/۰۶	یک درصد
متوسط ضریب زاویه		۰/۰۵۹	
انحراف معیار ضریب زاویه		۰/۰۴۶	
درصد ضریب تغییرات ضریب زاویه		۹۰/۷۶	

جدول ۵ـ ایستگاه‌های هواشناسی و آب‌سنجی دارای ضریب همبستگی معنی‌دار با زمان به روش کندال تائو

ایستگاه هواشناسی	ضریب همبستگی (پیرسون)	سطح معنی‌دار	ایستگاه آب‌سنجی	ضریب همبستگی (پیرسون)	سطح معنی‌دار
گیتو	۰/۴۷۵	یک درصد	زنجانرود_ سرچم	۰/۳۵۶	یک درصد
سلامت آباد	۰/۳۹۵	یک درصد	تلوار-دهگلان	۰/۲۸۷	پنج درصد

بحث و نتیجه‌گیری:

در حالت کلی تغییرات بارندگی یک روزه سالانه با دوره بازگشت دو سال در ایستگاه‌های هواشناسی مورد بررسی دارای روند افزایشی نسبت به زمان است. وجود این روند را می‌توان معرفی از تغییر در شدت متوسط بارندگی‌های یک روزه سالانه در طول دوره آماری مورد بررسی لحاظ نموده و نتیجه گرفت که بایستی این چنین روندی در مورد دبی‌های اوج با دوره بازگشت دو سال نیز به عنوان متغیری

وابسته، وجود داشته باشد. انتظار این است که با فرض یکسان بودن روند تغییرات، نسبت متوسط شیب (ضریب زاویه) ایستگاه‌های آب‌سنجی به متوسط بارندگی یک روزه سالانه برابر با یک بوده باشد. بعبارت دیگر شدت تغییرات دبی اوج متوسط، برابر شدت تغییرات بارندگی یک روزه سالانه نسبت به زمان (در طول دوره آماری مورد بررسی) واقع شود. در صورتیکه شدت تغییرات دبی اوج ۹۰ درصد بیشتر از شدت تغییرات بارندگی یک روزه سالانه می‌باشد. وجود این اختلاف بیانگر تغییرات در ضریب رواناب حوزه نسبت به زمان است. افزایش ضریب رواناب تنها در مواقعی رخ می‌دهد که پوشش گیاهی حوزه (مراتع) و مدیریت زمین‌های کشاورزی در طول زمان دچار نقصان شود. به بیان دیگر افزایش ضریب رواناب در طول زمان بیشتر متأثر از افزایش سطوح اراضی شخم خورده (بویژه سطوح شیب‌دار)، کاهش سطح مراتع و درصد تاج پوشش آنها بوده و تأثیر تغییرات اقلیمی اندک بوده است.

بر مبنای روش آماری کندال تائو تنها در دو زیر حوزه زنجانرود ـ سرچم و تلوار ـ دهگلان روند مثبت تغییرات متوسط دبی اوج سالانه وجود داشته و در سایر حوزه‌ها این روند وجود ندارد. همچنین ایستگاه‌های هواشناسی گیتو و سلامت آباد در داخل و مجاورت زیر حوزه آبخیز تلوار ـ دهگلان بوده ولی در محدوده زیر حوزه آبخیز زنجانرود ـ سرچم هیچ ایستگاه هواشناسی دارای روند تغییرات نسبت به زمان نمی‌باشند. در نتیجه بر مبنای این روش (کندال تائو) تنها در حوزه زنجانرود روند تغییرات مثبت دبی اوج نسبت به زمان وجود داشته و ایستگاه‌های هواشناسی داخل و مجاور این زیر حوزه، فاقد تغییرات بوده‌اند. این یافته نیز میتواند بیانگر این باشد که حداقل در یکی از زیر حوزه‌های قزل‌اوزن (زنجانرود ـ سرچم) تخریب منابع طبیعی (خاک و پوشش گیاهی) صورت گرفته است ولی این تغییرات در حدی نبوده است که ایستگاه‌های آب‌سنجی پائین دست این حوزه را بطور معنی‌دار متأثر سازد.

آمارنامه‌ها ، تجربیات کارشناسی و مشاهدات صحرائی بیانگر روند فزونی و افزایش سطح اراضی شیب‌دار شخم خورده می‌باشد. در نتیجه منطقاً هم باید تشدید سیلاب‌ها را انتظار داشته باشیم. لذا بنظر می‌رسد روش کندال تائو دارای توانائی خوبی در ارزیابی روندهای پدیده‌های هیدرولوژیکی ندارد. هر چند این نکته را باید در نظر داشت که در بعضی از زیر حوزه‌ها که دارای سفره‌های آب زیرزمینی هستند، در زمان وقوع سیل بدلیل تغذیه سفره از طریق بستر رودخانه، از شدت دبی اوج کاسته می‌شود. مخصوصاً چنین حالتی را می‌توان به خود حوزه قزل‌اوزن در ایستگاه آب‌سنجی گیلوان نسبت داد.

نتیجه آنکه در حوزه آبخیز قزل‌اوزن با گذشت زمان بر قدرت سیل‌زائی حوزه افزوده می‌شود. روش آماری کندال تائو دارای توانائی کافی در آشکاری سازی روند تغییرات هیدرولوژیکی نمی‌باشد. لذا توصیه می‌شود روش بکار گرفته در این تحقیق در سایر حوزه‌ها مورد بررسی و تحقیق قرار گیرد.

مراجع مورد استفاده:

۱. امیری، فاضل و جهانگیر عابدی کوپائی، ۱۳۸۲. انتخاب مناسبترین توزیع فراوانی برای پیش‌بینی دبی حداکثر لحظه‌ای، هشتمین سمینار آبیاری و کاهش تبخیر، ص ص: ۳۹۸-۳۸۹.

۲. دفتر آمار و فن‌آوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۱. آمارنامه کشاورزی، جلد اول: محصولات زراعی و باغی سال زراعی (۸۰-۱۳۷۹)، شماریه نشریه ۸۱/۰۶، ص ۱۷۱.

۳. دفتر آمار و فن‌آوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۰. آمارنامه کشاورزی، جلد اول: محصولات زراعی و باغی سال زراعی (۷۹-۱۳۷۸)، شماریه نشریه ۸۰/۰۳، ص ۱۸۱.

۴. رضائی، علی، محمد مهدوی، کارو لوکس، سادات فیض‌نیا، محمد حسین مهدیان، ۱۳۸۳. مدلسازی منطقه‌ای دبی اوج زیر حوزه‌های آبخیز سد سفیدرود با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، رساله دکتری آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ص ۱۴۱.

۵. رضائی، علی، محمد مهدوی، کارو لوکس، سادات فیض‌نیا، محمد حسین مهدیان، ۱۳۸۴. بررسی اثر ارتفاع بر بارندگی‌های یک‌روزه سیل‌زا برای برآورد دبی اوج (در حوزه آبخیز سد سفیدرود)، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۸، شماره ۳، ص ص ۲۸۷-۲۷۵.

۶. شعبانی حیدرآبادی، محمد، سادات فیض‌نیا، حسن احمدی، جمال قدوسی و امیر سررشته‌داری، ۱۳۸۴. تأثیر تغییر استفاده از اراضی در تولید رسوب، سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، ص ص:۷۱ـ۶۵.

۷. فتوحی، اکبر (مترجم) و فریبا اصغری (مترجم)، ۱۳۷۸. کتاب آموزشی آنالیز آماری داده‌ها با SPSS، انتشارات کانون نشر علوم، ص ۵۱۰.

۸. مهدوی، محمد و علی اصغر هاشمی، ۱۳۷۶. تعیین بده متوسط سیل از روی عوامل فیزیکی حوزه‌ها در استان سمنان، پژوهش و سازندگی، شماره ۳۶، جلد ۱۰، ص ص: ۲۰-۱۸.

9. Claps, P. & P. Villani, 2001. Using Rainfall and Runoff Peaks Over Threshold in the Analysis of Flood Generation Mechanisms, Proceedings of the 3rd EGS Plinius Conference held at Baja Sardinia, Italy.
10. Doheny Edward J. and Jonathan J.A. Dillow, 1999. Adjustments to U.S. Geological Survey Peak-Flow Magnitude-Frequency Relations in Delaware and Maryland Following Hurricane Floyd, USGS Fact Sheet FS-152-02.
11. Muzik, I., 2002. A first-order analysis of the climate change effect on flood frequencies in a subalpine watershed by means of a hydrological rainfall–runoff model, Journal of Hydrology Volume 267, Issues 1-2, PP: 65-73.
12. Rahma, N. A. D., 2003. Effects of Natural Climate Change and Natural Climate Variability on Flood requencies In the Southwest of Western Australia, School of Water Research, Department of vironmental Engineering, University of Western Australia, p: 100.
13. Rasmussen, T. J. and C.A. Perry,?. Trends in Peak Flows of Selected Streams in Kansas, U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 01-4203, U.S. Geological Survey Kansas Water Science Center.

کارگاه فنی همزیستی با سیلاب
۲۵ مرداد ماه ۱۳۸۵

بررسی تعیین و حریم و بستر رودخانه‌ها و کاربرد فن آوری اطلاعات در آن

مصطفی زارع بهاری[۱]، زهرا گوهری[۲]

چکیده

رودخانه از مهمترین منابع تأمین آب برای انسان و سایر موجودات محسوب می‌شود اما می‌توانند با وارد آوردن خسارات جبران ناپذیری باعث نابودی نیز گردند بنابراین لازم است با مشخص کردن حریم رودخانه محدوده امنی برای فعالیت انسان در اطراف آن تعریف کرد. ساماندهی مطالعات تعیین حریم و بستر به معنای تعریف دقیق بخش‌های مطالعات آن و روابط صحیح بین این اجزا است که می‌تواند نقش کلیدی در برآورد صحیح حریم رودخانه داشته باشد که شامل دو رکن بکارگیری آمار و اطلاعات صحیح و بهره‌گیری از روش‌های دقیق می‌باشد.

بنابراین تکنیک‌های پیشرفته فرآوری اطلاعات شامل موارد ذیل نقش پراهمیت در پیشرفت تعیین حریم و بستر رودها دارد.

- استفاده از نرم‌افزارهای رقومی در پردازش تصاویر ماهواره و آنالیز داده‌های اطلاعاتی
- تهیه مدل سه بعدی منطقه به منظور شبیه‌سازی منطقه از نظر وضعیت توپوگرافی و عوامل تشدید کننده سیل
- استفاده از نرم‌افزارهای HEC-RAS و برنامه الحاقی HEC-GEO-RAS در محیط ARCVIEW برای شبیه‌سازی پهنه سیلاب ۲۵ ساله و شناسایی اراضی که در معرض سیل می‌باشند.
- استفاده از نرم‌افزار HEC-HMS و قابلیت‌های آن در خصوص دستیابی به هیدروگراف سیل در هر نقطه ای از رودخانه

در مطالعاتی که بر روی برخی از رودخانه‌های استان خراسان برای تعیین حریم و بستر رودخانه انجام

۱- کارشناس هیدرولیک، شرکت مشاور ساز آب شرق، کارشناس ارشد تأسیسات آبیاری. mostafazarebaharei@yahoo.com
۲- کارشناس GIS و فرسایش، شرکت مشاور سازآب شرق ، کارشناس منابع طبیعی. ma_gohari@yahoo.com

شد بخش عمده‌ای از این قابلیت‌ها استفاده شده است. و به نقد و بررسی روابط بین گروه‌های مختلف مطالعاتی و هر بخش از این مطالعات پرداخته شده و در نهایت راهکارهایی برای بهبود آن ارائه گردیده است.

مقدمه

همواره در طول تاریخ بشر، رودخانه‌ها کانون توسعه بوده و تمدنهای کهن در حواشی رودخانه‌هایی همچون، نیل، فرات، دجله، دانوب و.... شکل گرفته است. با افزایش جمعیت و در رقابت در مصرف، تعارض و تضاد در چگونگی از بهره‌برداری رودخانه‌ها رو به فزونی نهاده است تا بدانجا که در هیچ دوره‌ای از تاریخ بشر اثرات تجمعی منفی و نامطلوب توسعه در امتداد رودخانه بر ارزش‌های منابع آب به اندازه امروز نبوده است. با کمال تأسف امروز رودخانه‌های پرآبی که منابع بسیار محدود آب کشور کویری و کم آب ایران محسوب می‌شوند تحت مقاصد کنترل سیلاب، مدیریت زهکشی، ذخیره و مهار آب‌ها با احداث خاکریزها، انحراف آب رودخانه‌ها، استقرار ایستگاه‌های پمپاژ بالاتر از ظرفیت مجاز، توسعه شهرک‌ها، راهها، صنایع و غیره مورد هجوم غیر اصولی قرار گرفته که سبب کاهش انجام وظیفه طبیعی و پایداری آنها شده و انتظار نمی‌رود یا ادامه روند فعلی، نسل‌های آینده بتوانند بخوبی از این مواهب بهره ببرند.
اما براساس قانون توزیع عادلانه آب کشور، آب‌های جاری رودخانه‌ها، انهار و هر مسیل طبیعی دیگر، همچنین دریاچه‌ها و مرد آب‌ها و برکه‌های طبیعی از مشترکات بوده و در اختیار دولت است. پر واضح است که برای بهره‌برداری مطلوب از رودخانه مهمترین اقدام تعیین محدوده مطلوب برای گذر مطمئن سیلاب از رودخانه می‌باشد که در تبصره قانون نیز تعیین پهنای بستر و حریم رودخانه بر عهده وزارت نیرو گذارده شده است. در ادامه به بررسی روند انجام تعیین حریم و بستر رودخانه پرداخته شده است.

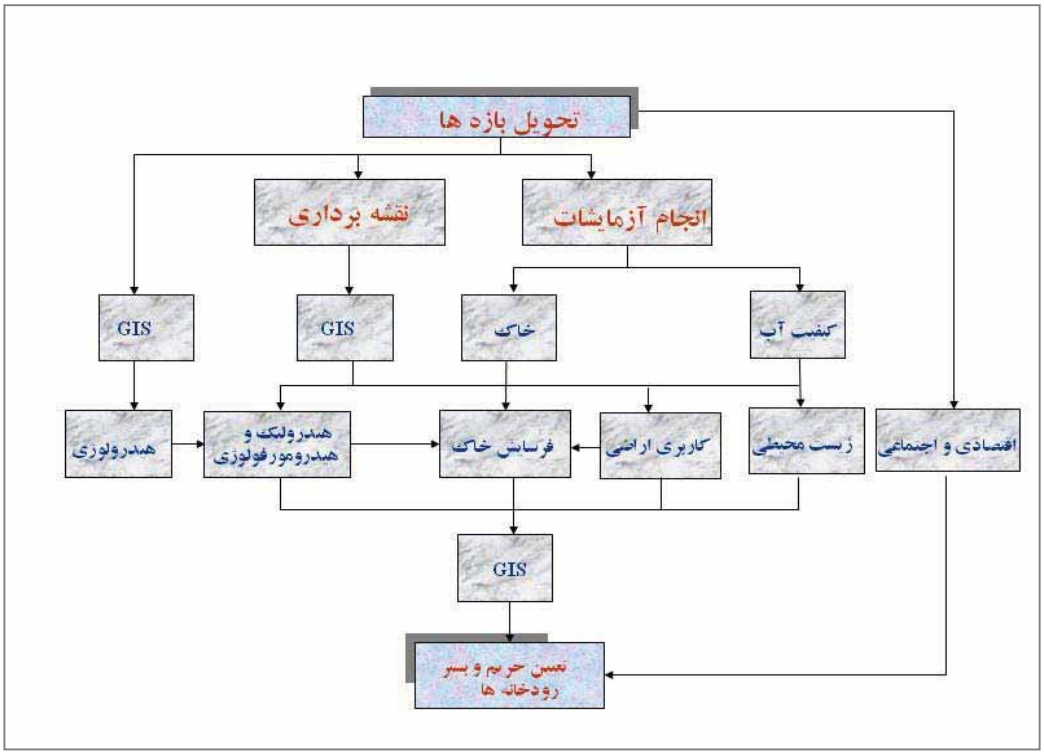
هدف

تعیین حریم و بستر رودخانه سابق بر این بر اساس نیازهای بهره‌برداران و با مراجعه آنان به کارشناسان مربوطه درآب منطقه‌ای و با بررسی‌های کارشناس مذکور صورت می‌گرفته است اما در سالهای اخیر بر اساس تجارب کسب شده، مطالعات مذکور به مهندسین مشاور واگذار گردیده است که تعریف روابط اجزاء این مطالعات و روش‌های بهبود و ارتقاء آن و اصلاح و ترمیم اشکالات در ادامه می‌آید.

وسایل و روش انجام کار

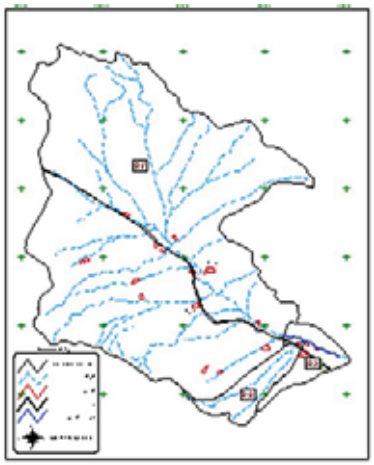
تعیین حریم و بستر رودخانه در قالب شرح خدمات مشتمل بر مطالعات هیدرولوژی، هیدرومورفولوژی، هیدرولیک، فرسایش خاک، کاربری اراضی و زیست محیطی برای مشخص کردن سیلاب ۲۵ ساله در مناطق روستایی و ۵۰ ساله در مناطق شهری و تعیین حریم رودخانه به فاصله ۱ تا ۲۰ متر از خط بستر سیلاب مذکور با تأمین نظر آب منطقه‌ای می‌باشد. این مطالعات معمولاً در بازه‌هایی که سوابق خسارت سیلاب و سکونت بهره‌برداران در اطراف آنست دارای اولویت قرار می‌گیرد. بنابراین بر طبق فلوچارت ذیل

ابتدا نقشه‌های پلان رودخانه و کاداستر اطراف آن برداشت می‌شود.



فلوچارت گروه‌های مطالعاتی حریم بستر رودخانه

از سوی دیگر سیلاب با دوره بازگشت‌های ۲۵ ساله توسط گروه هیدرولوژی برآورد می‌گردد. در برآورد سیلاب می‌توان از نرم‌افزار HEC-HMS بهره جست بدین ترتیب که پس از استخراج حوزه از نقشه‌های توپوگرافی آنرا به فضای HEC-GEO-HMS منتقل کرده و پس از رقومی کردن اطلاعات آن به محیط HEC-HMS منتقل می‌شود سپس براساس اتصال شاخه‌های رودخانه و اهمیت نسبت به بازه مطالعاتی اقدام به تعیین زیرحوزه‌ها کرد. درنهایت مقدار سیلاب با دوره بازگشت‌های متفاوت در هرکدام از این زیرحوزه‌ها بصورت هیدروگراف استخراج می‌گردد.



نقشه زیرحوزه رودخانه روس

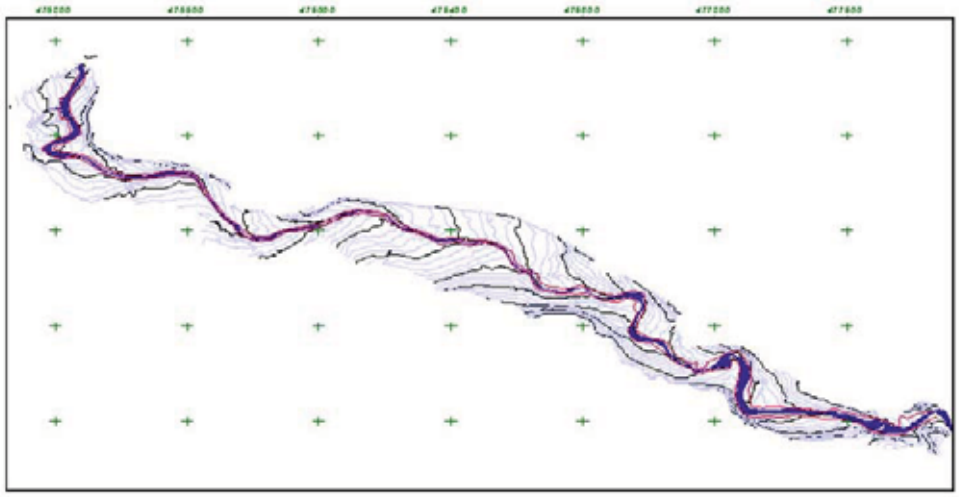
نقشه‌های برداشت شده از بازه مطالعاتی توسط گروه نقشه‌برداری به محیط‌های رقومی منتقل گردیده و توسط برنامه الحاقی HEC-GEO-RAS، سه محدوده جریان آب، مرز کرانه‌ها و محدوده سیلاب بر اساس خطوط (line) و سه محدوده کرانه بالاتر از ترانشه‌های رودخانه و الباقی قسمت‌ها بصورت محدوده‌های بسته (polygon) تعریف می‌گردد. در این محدوده‌های بسته ضرایب مانینگ تعریف می‌شود و در نهایت مقاطع عرضی مستخرج از نقشه توپوگرافی (Xscutline) بصورت خطوط تعیین می‌شود که هرچه این خطوط به یکدیگر نزدیکتر باشند دقت انتقال وضعیت توپوگرافی به نرم‌افزار برآورد پهنه سیلاب بیشتر خواهد بود.

مراحل مذکور به صورت پیش پردازش انجام گرفته و سپس فایل خروجی آن با پسوند geo به نرم‌افزار تعیین پهنه سیلاب منتقل می‌گردد.

در این نرم‌افزار چندین مقطع به عنوان معرف تغییر وضعیت‌های رودخانه انتخاب شده و شیب هیدرولیکی آنها با شیب خط انرژی بحرانی مقایسه شده و وضعیت جریان مشخص شده و مراحل ذیل انجام می‌شود.

- وارد کردن فایل خروجی از پیش پردازش به نرم‌افزار برآورد پهنه سیلاب
- وارد کردن دبی سیلاب ۲۵ ساله (برآورد گروه هیدرولوژی)
- اصلاح و تفکیک کرانه‌های سمت چپ و راست از کانال اصلی
- اصلاح ضریب مانینگ به تفکیک هر مقطع و به ازای کرانه‌های چپ و راست و ناوه اصلی رودخانه

پس از اجرای برنامه در نرم‌افزار HEC-RAS و به دست آمدن پروفیل سطح آب فایل خروجی به فضای Arcview منتقل شده تا در مرحله پس پردازش از آن سیل رودخانه استخراج گردد.

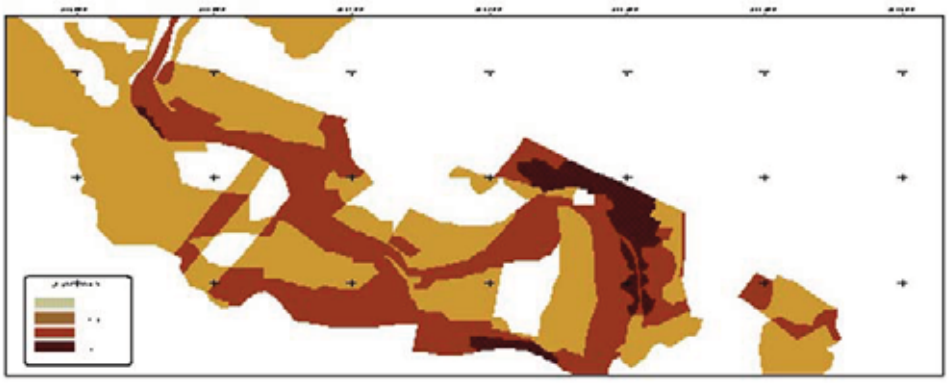


نقشه پهنه سیلاب رودخانه درکش

نقشه‌های کاداستر توسط گروه نقشه‌برداری تهیه می‌گردد و با استفاده از آن نقشه‌های کاربری اراضی اطراف رودخانه به تفکیک نوع بهره‌برداری، کشت، مالکیت و .... مشخص می‌شود.

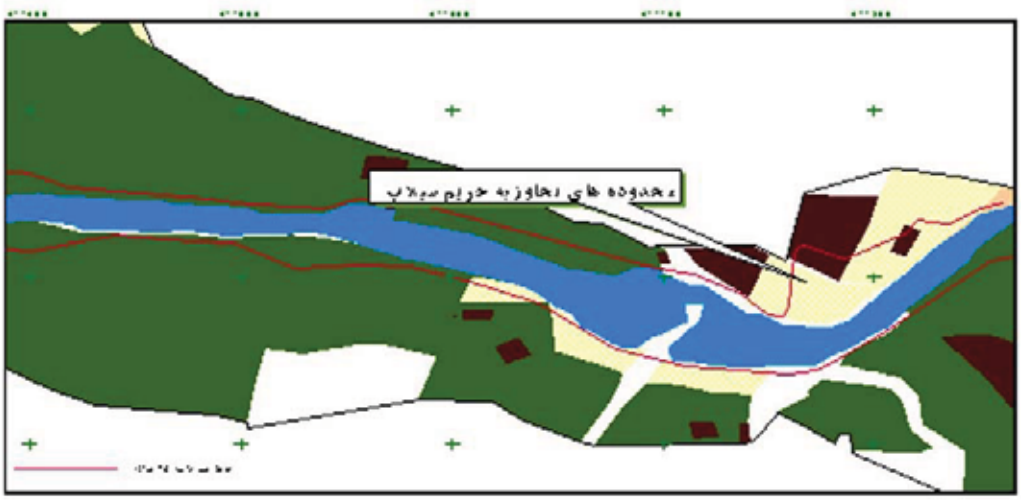
نقشه کاربری اراضی رودخانه درکش

پس از برآورد پهنه سیلاب و از سوی دیگر تعیین کاربری‌های اراضی اطراف رودخانه و حصول نتایج آزمایشات خاک، مقدار حساسیت فرسایش‌پذیری کرانه‌های رودخانه مشخص می‌گردد و لایه‌های اطلاعات فرسایش شامل عمق فرسایش، نوع و طول فرسایش معین می‌گردد.



نقشه فرسایش قسمتی از رودخانه درکش

در مطالعات زیست محیطی نیز به بیان شرایط زیستی موجود پرداخته و نظام بهره‌برداری از سرزمین با تهیه فهرست پیشنهادات کاربری اراضی مشخص می‌شود همچنین در صورت ضرورت به ارائه پیشنهاد بر اساس قابلیت‌های موجود برای تقلیل بهره‌برداری و ایجاد مناطق حفاظت شده اقدام و عرصه‌هایی از حوزه مورد مطالعه برای تقویت ضریب حفاظتی و گسترش منابع زیستی و پوشش گیاهی معرفی می‌گردد. مطالعه و تعیین تعداد کل جمعیت، توزیع پراکنش آن در امتداد جریان آب و روش‌های تأمین معیشت آنها از جمله عوامل بسیار مهم می‌باشد که در مطالعات اقتصادی و اجتماعی به بررسی آنها پرداخته می‌شود.
پس از تعیین لایه‌های مختلف اطلاعاتی شامل پهنه سیلاب، کاربری اراضی، فرسایش خاک و.... و تلفیق این لایه‌ها، اطلاعات جامع اطراف رودخانه برای تصمیم‌گیری راجع به مقدار حریم و بستر اطراف رودخانه مشخص می‌گردد.



نقشه تلفیق پهنه سیل و کاربری اراضی رودخانه درکش

بحث و نتیجه گیری:

تعیین حریم و بستر رودخانه در حال حاضر نسبت به گذشته که مستقیماً توسط کارشناسان آب منطقه‌ای انجام می‌گردید دارای مزایای ذیل است.

- برآورد پهنه سیلاب ۲۵ ساله و حریم رودخانه بدون دخالت بهره‌برداران رودخانه و مراجعه مستقیم آنان به کارشناسان مشاور منجر به تهیه طرحی می‌شود که تنها بر اساس مبانی علمی تعیین می‌گردد و دارای یکپارچگی و هماهنگی می‌باشد بر خلاف گذشته که بهره‌برداران در اعمال نظر خویش مصر بودند و قطعات مجاور یکدیگر به دلیل مراجعات متفرقه کارشناسان و نظرات متفاوت آنها دارای حریم و بستر هماهنگ نبود.
- بکارگیری اطلاعات پایه هماهنگ هیدرولوژی، هواشناسی، هیدرولیک، فرسایش رودخانه و.... به دقت محاسبات و نتیجه گیری‌ها می‌افزاید.
- بهره‌گیری از نرم‌افزارهای به روز و تکنیک‌های رقومی، علاوه بر افزایش صحت و دقت داده‌های اطلاعاتی نقش مؤثری در تصمیم‌گیری بهینه مسئولین داشته است.

مشکلات موجود روش تعیین حریم و بستر رودخانه‌ها در حال حاضر نیز به قرار ذیل است.

- بکارگیری آمار و اطلاعات نامربوط به منطقه در برآوردهای هیدرولوژی (به دلیل کمبود آمار) و استفاده از حوزه‌های آبریز مجاور در این برآوردها و بعضاً بکارگیری آمار با طول آماری نامناسب نتایج دور از واقعیت را می‌دهد که لازم است نسبت به تجهیز ایستگاه‌های هیدرولوژی و باران‌سنجی و افزایش آنها اقدام مناسب صورت پذیرد.
- ارائه اطلاعات غلط بهره‌برداران اطراف رودخانه به دلایل :
  - ترس از دست دادن مالکیت

- مشخص نبودن مالکیتها
- عدم آگاهی در مورد لزوم اجرای طرح

در بخش‌های مطالعات کاربری اراضی– کاداستر و اقتصادی اجتماعی منجر به عدم دقت در نتایج می‌گردد.

- در بخش مطالعات هیدرولیک عدم توانایی برآورد نسبتاً دقیق ضرایب مانینگ به دلایل عدم وجود اطلاعات صحیح منحنی سنجه در اغلب رودخانه‌ها و همچنین استفاده از نرم‌افزارهایی با محاسبات یک بعدی و عدم در نظر گرفتن جریان ثانویه از دقت محاسبات می‌کاهد علاوه بر آن تفکیک پهن‌دشت از کانال اصلی با دقت مناسب انجام نمی‌شود و در نهایت در نظر نگرفتن سازه‌های درون رودخانه و تأثیرات آن از دقت محاسبات می‌کاهد.
- در بخش فرسایش عدم توجه به کل حوزه و چگونگی وضعیت فرسایشی بالادست و تنها در نظر گرفتن بازه کوتاهی از رودخانه قضاوت کاملاً صحیحی را نتیجه نخواهد داد چرا که کل حوزه رودخانه در مرفولوژی، فرسایش پذیری و رسوب‌گذاری رودخانه نقش دارد.

در مجموع مطالعات حریم و بستر رودخانه از مسائل اجتناب‌ناپذیر و ضروری در هر رودخانه می‌باشد که موارد اصلاحی ذیل پیشنهاد می‌شود.

۱- تعیین حریم و بستر رودخانه تنها در نقاط آسیب‌پذیر رودخانه و عدم مطالعه در سرتاسر حوزه و رودخانه و در اختیار قرار دادن مطالعات جامع ساماندهی رودخانه اعم از تعیین حریم و بستر و مطالعات سازه‌های مورد نیاز و نظارت به آنها به یک مهندسین مشاور دقت عمل و نتایج مطالعات را مطلوب‌تر خواهد کرد.

۲- عدم هماهنگی بخش‌های مختلف مطالعات و لزوم اصلاح بندهای شرح خدمات در هر قسمت ضروری به نظر می‌رسد.

منابع و مأخذ

۱- ابریشمی، جلیل، هیدرولیک مجاری روباز

۲- شرکت مهندسین مشاور ساز آب شرق، گزارش هیدرولوژی، فرسایش خاک، اقتصادی و اجتماعی، کاربری اراضی و زیست محیطی پروژه تعیین حریم و بستر رودخانه‌ها

۳- شرکت مهندسین مشاور ساز آب شرق، گزارش روند انجام کار پروژه تعیین حریم و بستر

۴- شفاهی بجستان، محمود، هیدرولیک رسوب

5- P.PH.Janson.Principles of River Engineering (The Non-Tidal Alluvial River)

6- R.U.Cooks.Geomorphology in Enviroment Management

7- USRB.Hydrologic Modeling System.HEC-HMS

8- USRB.Hydraulic Modeling System.HEC-RAS

9- Ven Te Chow.Open Channal Hydraulic

10- Walter H.Graf.Fluvial Hydraulics

کارگاه فنی همزیستی با سیلاب
۲۵ مرداد ماه ۱۳۸۵

پیش‌بینی و هشدار، ابزاری کارآ برای همزیستی با سیلاب

هانیه خدایی[۱]، محمد کبارفرد[۲]، جواد مظفری[۳]

چکیده

پیش‌بینی و هشدار سیلاب به عنوان یکی از ابزارهای مدیریت غیرسازه‌ای سیلاب و مکمل روش‌های سازه‌ای، نقش مهمی را در کنترل سیلاب و کاهش خسارات محتمل ایفا می‌کند. بعلاوه سیلاب از جمله سوانحی است که تا حد زیادی قابل پیش‌بینی می‌باشد، بنابراین پیش‌بینی و هشدار سیلاب می‌تواند تأثیر بسزائی در مدیریت ریسک سیلاب داشته باشد. در این مقاله به ضرورت ایجاد سیستم هشدار سیلاب در حوضه آبریز گلابدره و دربند استان تهران، پرداخته شده و اجزای سیستم هشدار سیل بررسی گردیده است. ا بتدا بررسی سیلاب‌های تاریخی و سیلاب سال ۱۳۶۶ (با بیش از ۳۰۰ کشته) و علل ابعاد فاجعه در دستور کار قرار گرفته و سپس به وضعیت منطقه و ضرورت هشدار سیل در منطقه و مطالعات هواشناسی و هیدرولوژی، زمین‌شناسی و ریخت‌شناسی، پوشش گیاهی و کاربری اراضی اشاره شده است. در این چارچوب با استفاده از مدل‌های بارندگی – رواناب، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب طراحی سامانه هشدار سیلاب و شبکه مخابراتی و هشدار در حال انجام بوده در مدت ۶ ماه تکمیل شده و امید است سامانه هشدار سیلاب و ایستگاه‌های هشداردهنده در کمتر از یکسال به بهره‌برداری برسد. زمان طراحی و اجرای سامانه پیش‌بینی و هشدار سیلاب حوضه‌های دربند گلابدره و همچنین هزینه کم‌سامانه (در مقایسه با روش‌های سازه‌ای) بوضوح نمایانگر کارآیی این روش غیرسازه‌ای در همزیستی با سیلاب خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: مدیریت غیرسازه‌ای سیلاب، پیش‌بینی و هشدارسیلاب، مدیریت ریسک، سیلاب تاریخی

۱- کارشناس مدیریت سوانح و بلایای طبیعی- مهندسان مشاور کُریت کارآ
۲- کارشناس آب- مهندسان مشاور کُریت کارآ
۳- کارشناس آب- مهندسان مشاور کُریت کارآ

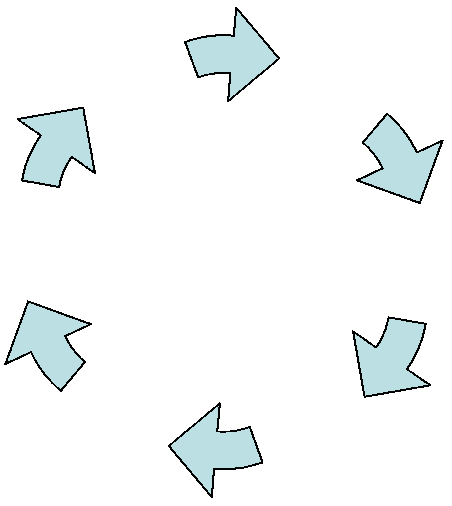
مقدمه

از جمله بلایای طبیعی که خسارات سالانه زیادی در ایران دارد، سیلاب و اثرات ناشی از آن می‌باشد. آمارهای سیل در ایران نشان‌دهنده وقوع فزاینده این پدیده در طی ۴ دهه اخیر بوده است، بطوریکه در دهه ۳۰، ۱۹۱ مورد سیل، در دهه ۴۰ ، ۲۵۱ مورد سیل، در دهه ۵۰ ، ۴۴۰ مورد سیل و در دهه هزار و سیصد و شصت، ۱۰۰۸ مورد سیل روی داده است.

احداث تأسیسات کنترل سیل علاوه بر هزینه‌های سنگین، ریسک ناشی از سیلاب را نیز نمی‌تواند به طور کامل از بین ببرد و ممکن است در سیلاب‌های مخرب‌تر، سیل، حادثه‌آفرین گردد. احداث سازه‌های عظیم کنترل سیلاب چون سیل‌بندها نه می‌تواند همواره به دلیل هزینه سنگین توجیه‌پذیر باشد و نه به لحاظ زیست‌محیطی و دیگر دلایل اقتصادی- اجتماعی مطلوب است. سیستم‌های پیش‌بینی و هشدار سیلاب از جمله معیارهای غیرسازه‌ای می‌باشند که اهمیت آن روز به روز آشکارتر می‌شود، بطوریکه چه از دیدگاه مدیریت ریسک سیلاب و چه از دیدگاه مدیریت غیرسازه‌ای سیلاب، نصب و پیاده‌سازی سیستم‌های پیش‌بینی و هشدار سیلاب منجر به کاهش تلفات و خسارات ناشی از سیلاب گردد. پروژه‌های سیستم هشداردهنده سیل در قالب چهار مرحله اصلی شامل: مطالعات هیدروکلیماتوژی، تهیه مدل ریاضی، طراحی شبکه مخابراتی و اجرا و بهره‌برداری سیستم می‌باشد.

۱- نقش سیستم‌های هشدار سیلاب در مدیریت ریسک سیلاب

هدف هشدار سیلاب، متقاعدکردن مردم و سازمان‌ها برای انجام عملیات مقابله با سیلاب در جهت کاهش خسارات سیلاب و ایجاد ایمنی می‌باشد. در قرآن کریم، و در دیگر کتاب‌های آسمانی خداوند به حضرت نوح هشدار می‌دهد تا مردم را از خطر وقوع سیلاب آگاه و اقدام به تخلیهٔ مردم کند، با داشتن زمان پیش هشدار کافی وی توانست اقدامات لازم را در جهت مقابله با سیلاب انجام دهد. شکل ۱، موقعیت هشدار سیلاب در چرخهٔ مدیریت ریسک را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت هشدار سیلاب در چرخهٔ مدیریت ریسک

از آنجا که پیش‌بینی سیلاب نسبت به دیگر سوانح طبیعی امکان‌پذیر می‌باشد، نقش هشدار سیلاب بسیار با اهمیت‌تر از دیگر مراحل مقابله ظاهر می‌شود. همانگونه که اشاره شد یکی از اهداف هشدار در مدیریت سیلاب کاهش تلفات مالی و جانی می‌باشد.

در یک مطالعه، میزان تأثیر هشدار به هنگام کاهش خسارت سوانح مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که از ۱۰۰ درصد تلفات سوانح، کاهش تلفات به صورت زیر می‌باشد:

- ✓ ۳۰٪ کاهش تلفات جانی ناشی از هشدار به هنگام در زمان زمین‌لرزه و انفجار آتش نشان‌ها
- ✓ ۴۹٪ کاهش تلفات جانی ناشی از هشدار به هنگام در زمان سیلاب
- ✓ ۱۵٪ کاهش تلفات جانی ناشی از هشدار به هنگام در زمان طوفان
- ✓ ۶٪ کاهش تلفات جانی ناشی از هشدار به هنگام در رابطه با دیگر سوانح

برای مثال، بنگلادش توانسته است با ایجاد سیستم هشدار سیلاب (شامل سیستم پیش‌بینی مناسب و به هنگام، عملیات مناسب انتشار هشدار، افزایش سطح آگاهی و جابجایی مردم، ایجاد هماهنگی مناسب بین مسئولین) میزان تلفات جانی را از ۱۳۹۰۰۰ نفر در سال ۱۹۹۱ به حدود ۱۳۴ نفر درسال ۱۹۹۷ کاهش دهد. سیستم پیش‌بینی هشدار سیلاب بهترین و معمول‌ترین گزینه غیرسازه‌ای کاهش خسارات سیل در جهان است. نسبت هزینهٔ سیستم‌های پیش‌بینی به منافع ناشی از آن در دههٔ ۱۹۵۰ در آمریکا یک به ۳۰ تخمین زده شده است که امروزه با پیشرفت‌های چشمگیر در تکنولوژی‌های پیش‌بینی و انتشار خبر، این نسبت قطعاً بهبود قابل توجهی پیدا کرده است. یکی از بحث‌های اساسی در هشدار سیلاب، تعیین رابطهٔ بین زمان پیش هشدار[1] و میزان تقلیل خسارت است به‌طوریکه هرچه زمان پیش‌بینی بیشتر باشد تقلیل بیشتری در خسارت میسر می‌شود.

۲- اجزای سیستم هشدار بهنگام سیلاب

یک سیستم جامع هشدار سیلاب دارای چندین جزء می‌باشد که در جدول ۱ آمده‌اند.

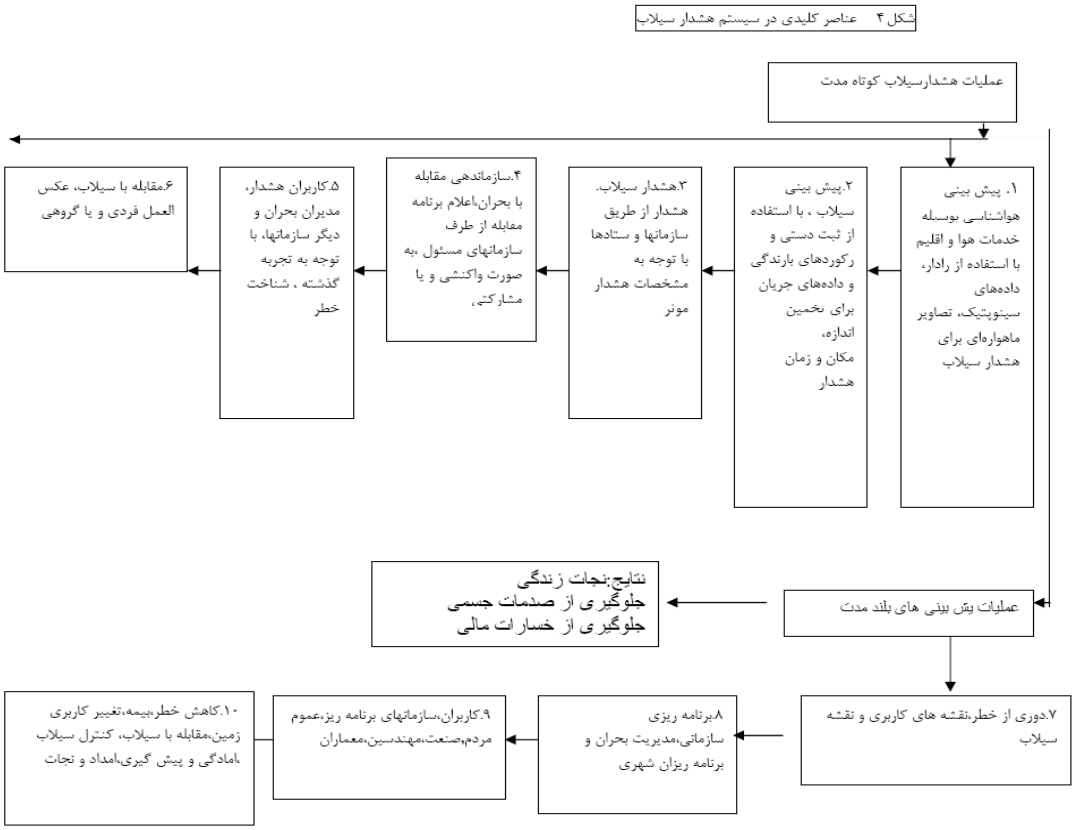
1- Lead Time

جدول- ۱- زیر سیستم‌های سیستم پیش هشدار سیل

اجزاء	اهداف
زیرسیستم شناخت تهدید سیل	پایش و جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات، انتقال داده‌ها و اطلاعات، دریافت داده‌ها و اطلاعات، سیستم انتقال اطلاعات داده‌ها طراحی و احداث سیستم مناسب انتقال اطلاعات همچون سیستم‌های رادیویی □□ و یا شبکهٔ □□□/□□□.
	سیستم پیش‌بینی و تفسیر، انتخاب و استفاده از روش مناسب برآورد بارش، مدل‌سازی، شبیه‌سازی و بکارگیری سیستم‌های پیش‌بینی سیل همچون مدل‌های بارش- رواناب و مدل روندیابی سیلاب در رودخانه که براساس ترازهای سیلاب مشاهده شده در نقاط مختلف این مدل‌هاکالیبره و اصلاح می‌شوند، سازماندهی و نمایش اطلاعات، پیش‌بینی زمان و مقدار
زیرسیستم گسترش و انتشار هشدار	تعیین محدوده و مناطق تأثیرپذیر، شناسایی گروه‌های تأثیرپذیر، تهیهٔ لایه‌های اطلاعاتی مناطق سیل‌گیر همچون پهنه‌بندی سیلاب برای تهیه نقشه خطر و به دنبال آن تهیه نقشهٔ ریسک سیلاب، تهیه و طرح ساختار پیام مناسب هشدار باتوجه به ریسک سیلاب در هر منطقه، انتشار پیام‌های هشدار
زیرسیستم عکس‌العمل (پاسخ)	تخلیه موقتی، جستجو و نجات، حفاظت تأسیسات و مستغلات عمومی، مبارزه با سیل، نگهداری و تعمیر سریع سرویس‌های حیاتی، هماهنگی سازمان‌های امدادگر و غیره
زیرسیستم بازسازی پس از سیلاب	بازگرداندن تخلیه‌شدگان، تمیزکردن مناطق، تأمین مجدد خدمات و سرویس‌ها، ارزیابی خسارات
ادامه مدیریت سیستم	برنامه آگاهی عمومی، نگهداری، بهره‌برداری و جایگزینی تجهیزات و امکانات، و مانورهای متعدد برای شبیه‌سازی بحرانهای بعدی ، تمرین‌های آماده‌باش دوره‌ای

قسمت اعظم تلاش و هزینه در قسمت پیش‌بینی متمرکز می‌شود، در حالی که هشدار و طریقه پخش انتشار آن به سازمان‌ها و افراد، عملاً ضعیف‌ترین حلقه این زنجیر را تشکیل می‌دهد. یک مطالعه موردی در انگلستان نشان می‌دهد که حدود نیمی‌از جمعیت دریافت‌کننده هشدار هیچگونه عکس‌العملی نشان ندادند. حدود ۵۰ درصد آنها هشدار را باور نکردند. ۱۰ درصد آنها نیز بیش از حد بر کارهای حفاظتی سازه‌ای اطمینان داشتند.

شکل ۲ مراحل عملیات هشدار سیلاب رانشان می‌دهد.



شکل ۲- عناصر کلیدی در سیستم هشدار سیلاب

۳- سیلاب‌های گلابدره

سیلاب‌های زیادی در ناحیه البرز شمالی و جنوبی رخ داده است که شواهد و بازدیدهای میدانی حاکی از واریزه‌ایی بودن سیلاب‌ها می‌باشد. موارد گزارش شده را می‌توان به شرح زیر ارائه نمود:

سیلاب سال ۱۲۴۶ تهران – سیلاب سال ۱۳۱۶ یوسف آباد – سیلاب سال ۱۳۳۶ امام زاده داوود – سیلاب سال ۱۳۶۶ تجریش

۳-۱- بررسی سیلاب سال ۶۶ رودخانه گلاب‌دره و دربند تهران

در ساعت ۱۳ روز چهارم مرداد ۱۳۶۶ سیل ویرانگری در شمیران و مناطق شمالی تهران اتفاق افتاد که متأسفانه موجب ویرانی تعداد قابل توجهی از مناطق مسکونی شده و عده کثیری از افراد حاضر در منطقه در اثر جریان شدید و گل‌آلود سیل جان خود را از دست دادند.

این سیل که با ابعاد بسیار بزرگ اتفاق افتاد با اندازه‌ها و قالب‌های متداول هیدرولوژیکی منطبق نبوده بلکه جزو پیشامدهای نادر محسوب می‌شود و احتمالاً شکست موانع طبیعی که حین سیلاب ایجاد می‌شدند در تشدید سیلاب نقش مهمی ایفا کرد.

شکل ۳- رسوبات بر جای مانده از سیلاب ۱۳۶۶ دربند – گلاب دره

به دلیل عمق فاجعه، ارزیابی‌های انجام گرفته برای بسیاری از اهل فن باورکردنی نمی‌باشد. برآورد انجام شده سیل به شرح زیر است:

- ✓ دبی پیک ۳۴۷ m^3/s
- ✓ میزان بارش ۲۸ mm
- ✓ مدت بارش ۱۷۰ min

تلفات وخسارات این سیلاب حدود ۳۰۰ نفر کشته و ۷۵۷ میلیارد ریال گزارش شده است

۳-۲- علل ابعاد فاجعه بار سیلاب گلاب‌دره و دربند

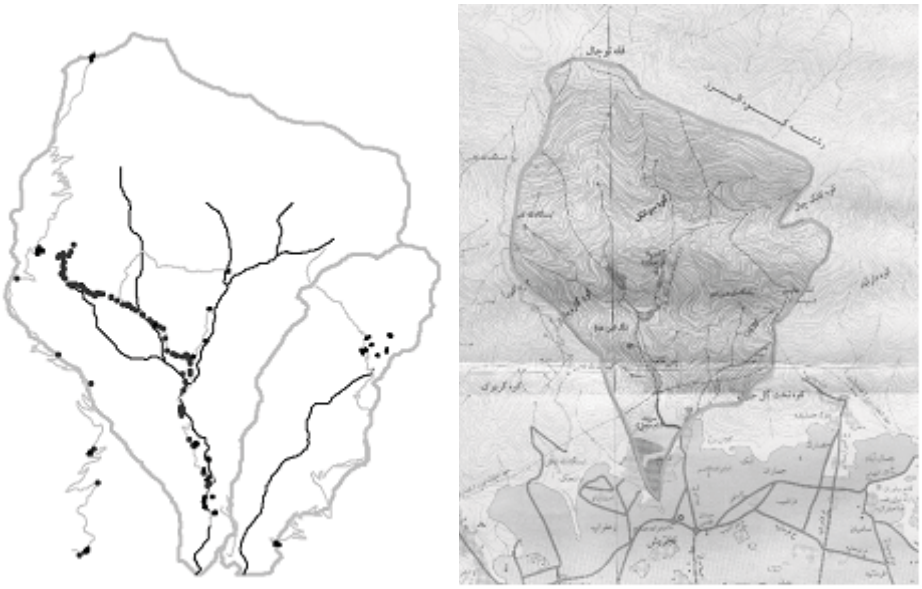
علل فاجعه بار بودن سیلاب گلابدره را می‌توان به صورت زیر شمرد:

- رسوب زیاد سیلاب
- دخل و تصرف غیرمجاز در بستر حریم رودخانه
- عدم وجود سیستم هشدار سیلاب
- نبود شبکه مؤثر و مجاری تخلیه سیلاب
- پایین‌بودن سطح آگاهی‌های مردم
- گرفتگی پل‌ها و ایجاد مانع در برابر حرکت سیل

۴- وضعیت منطقه

حوضه آبریز گلابدره و دربند از حوضه‌های کوهستانی کشور می‌باشد که قله توچال با ارتفاع ۳۹۵۷ متر در آن واقع شده است. این حوضه در بیشتر مناطق صعب العبور و کوهستانی است و شیب منطقه شدید

می‌باشد. مهمترین مشخصات حوضه رودخانه گلابدره و دربند در جدول ۲ آمده است.



شکل ۴- وضعیت منطقه و نقاط برداشته شده توسط GPS

جدول ۲- مشخصات حوضه

مشخصات حوضه	گلابدره	دربند
طول رودخانه m	۶۲۴۰	۸۹۰۰
تراکم آبراهه km/km^2	۶/۰۴	۷/۴۷
شیب رودخانه ٪	۱۸/۲	۲۱/۲
ضریب گراویلیوس	۰/۱۴	۰/۱۴
ارتفاع متوسط	۲۲۷۸	۲۶۷۸

رودخانه دربند از دو شاخه اصلی به نام‌های اوسون و آبشار تشکیل شده که این دو در پس قلعه به هم متصل می‌شوند و سپس شاخه اصلی دربند با رودخانه گلابدره در میدان تجریش بهم می‌رسند.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که در دو حوضه ۵ تیپ گیاهی وجود دارد و به همراه آن مناطق صخره‌ایی ، و جوامع درختی حاشیه رودخانه و پارک جنگلی گلابدره وجود دارد . با توجه به فرسایش زیاد منطقه ،جهاد کشاورزی با کاشت چند نوع گراس، تمهیداتی را بر روی پوشش گیاهی برای کاهش فرسایش انجام داده است. همچنین جهت کاهش شیب آبراهه‌ها و جلوگیری از حرکت رسوبات، سازه‌های توریسنگی را در مسیر آبراهه‌ها اجرا نموده است. این عملیات برای سیلاب‌هایی با دوره بازگشت ۱۵ الی ۲۰ سال جوابگو خواهد بود و برای دوره بازگشت‌های بالاترنیازمند به شبیه‌سازی جریان سیل می‌باشد. همچنین با توجه به پوشش گیاهی ضعیف در منطقه، مقدار CN پس از تصحیح در شرایط مرطوب ۹۵ فرض گردیده است. مقادیر سیلاب و رسوب رودخانه دربند در جدول ۳ به ازای دوره بازگشت‌های مختلف آمده است.

جدول ۳- مقادیر سیلاب و رسوب رودخانه دربند به ازای دوره بازگشت‌های مختلف

دوره بازگشت(سال)	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
حداکثر بارش ۲۴ ساعته(mm)	۲۹	۳۸	۴۶	۵۴	۶۱	۶۷
حداکثر بارش ۳ ساعته(mm)	۱۶	۲۱	۲۵	۳۰	۳۴	۳۸
بارش خالص	۶/۲	۱۰/۱	۱۳/۴	۱۷/۷	۲۱/۳	۲۴/۹
حجم سیلاب(میلیون متر مکعب)	۱۳۶	۲۲۲	۲۹۵	۳۸۹	۴۶۹	۵۴۸
ضریب رواناب(درصد)	۳۹	۴۸	۵۴	۵۹	۶۳	۶۶
سیلاب (m^3/s)	۴۲	۶۶	۸۷	۱۱۳	۱۳۶	۱۵۸
متوسط رسوب(ton)	۳۴۶	۶۶۱	۹۶۲	۱۳۹۱	۱۷۷۸	۲۱۸۷

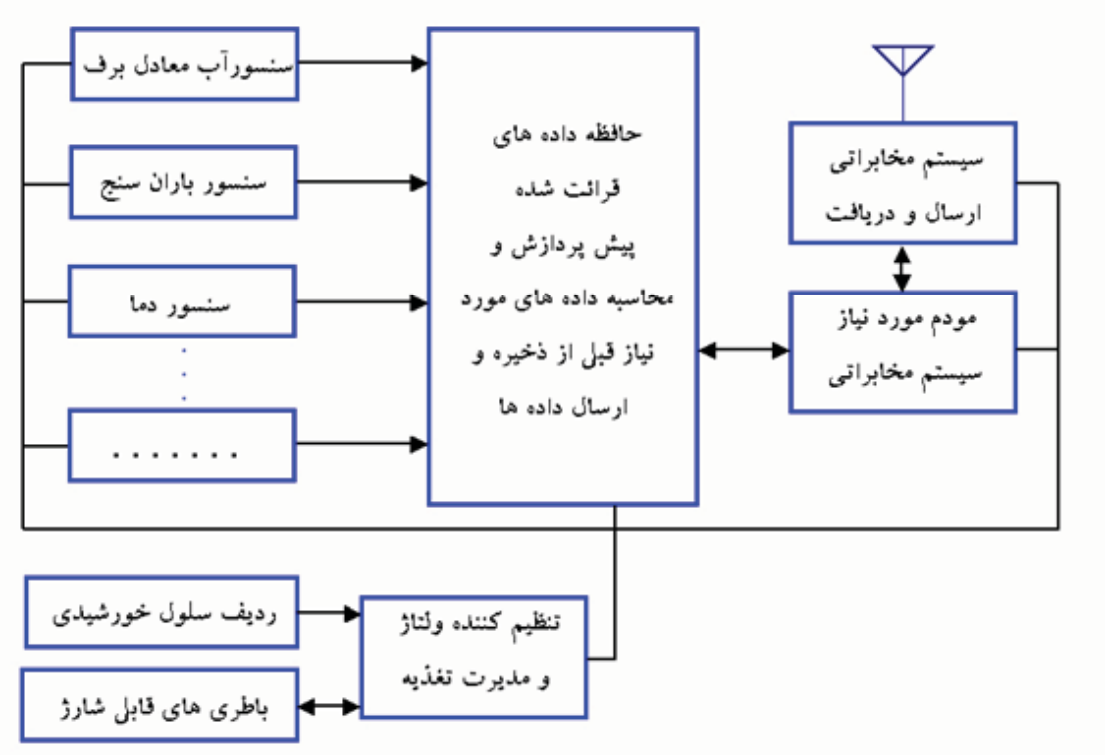
۵- ضرورت هشدار سیلاب در حوضه

بر اساس بررسی‌های انجام شده، کانال‌ها و مجاری طبیعی جریان حتی در خوشبینانه‌ترین شرایط نیز قادر به تخلیهٔ سیلاب‌های با دورهٔ برگشت ۱۰ ساله نیستند. با توجه به بررسی‌های انجام شده و بر اساس سوابق تاریخی و وضعیت موجود در منطقه، وقوع سیل خسارت زا و تلفات انسانی سنگین در حوضه‌های مطالعاتی اجتناب‌ناپذیر است. همچنین حداقل زمان هشدار از وقوع سیل ۱۵ الی ۲۰ دقیقه است که زمان کمی‌برای هشدار خواهد بود. ضمن نصب تجهیزات اعلان خطر، فعالیت‌های توجیهی و فرهنگی هشدار سیل برای کاهش تلفات انسانی کاملاً ضرورت دارد.

۶- سیستم هشدار سیل

برای طراحی سیستم هشدار سیلاب نیاز به یکسری مطالعات پایه‌ای در منطقه مورد مطالعه، جهت بررسی پتانسیل سیل‌خیزی و کنترل سیل می‌باشد. مطالعات هشدار سیلاب، شامل مطالعات هواشناسی و هیدرولوژی، زمین‌شناسی و ریخت‌شناسی، پوشش گیاهی و کاربری اراضی می‌باشد. این کار با تهیه نقشه‌های رقومی ۱:۲۵۰۰۰ و تهیه مدل رقومی ارتفاع (DEM) با نرم‌افزار GIS انجام می‌گردد. مدل بارش- رواناب با استفاده از نرم افزارهای HEC-HMS و WMS تهیه شده و دبی سیلاب به دست می‌آید. سپس برای پهنه‌بندی رودخانه از مدل HEC-RAS استفاده می‌گردد. برای استفاده از این مدل در ابتدا مشخصات رودخانه از جمله مقاطع عرضی و ضریب‌زبری نیاز خواهد بود.

در مرحله بعد با استفاده از نتایج به دست آمده، طراحی شبکه مخابراتی ایستگاه‌های هشداردهنده اجرا خواهد گردید. بخش‌های مختلف مخابراتی سیستم هشدار سیل، در شکل زیر آمده است.



شکل ۵- شماتیک بخش‌های مختلف ایستگاه تله‌متری اتوماتیک

۶-۱- سیستم ارتباطی منطقه

- ✓ **شبکهٔ موبایل**: در اغلب مناطق زیر حوضهٔ دربند پوشش دارد.
- ✓ **شبکهٔ تلفن خطی**: در روستای پس قلعه و محل هتل اوسون دایر است و برای سایر مناطق قابل توسعه است.
- ✓ **سیستم رادیو مودم**: پوشش کامل حد اکثر با ۳ مرکز تکرار کننده قابل تأمین است.

۶-۲- منابع انرژی موجود در منطقه

انرژی الکتریکی در اغلب ایستگاه‌های مورد نظر موجود است و در صورت ضرورت می‌توان به راحتی تأمین کرد.

۶-۳- ایستگاههای مورد نیاز

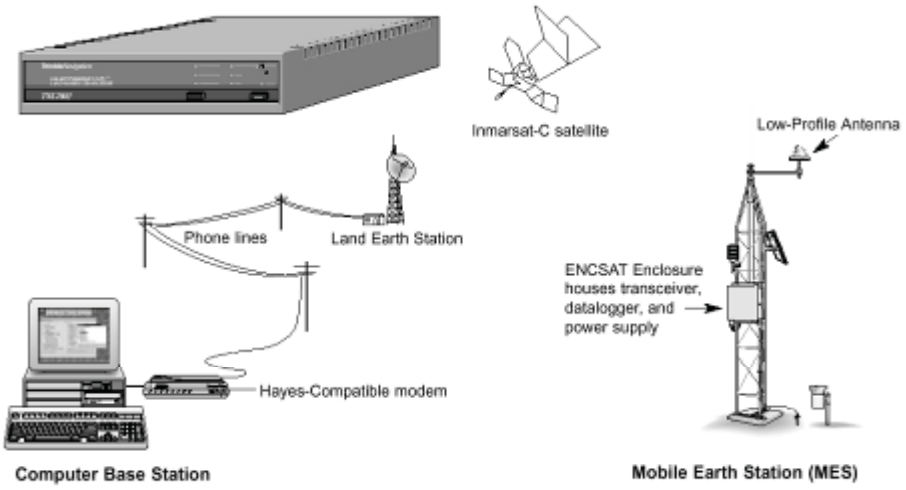
احداث ۳ ایستگاه باران سنجی و حداقل ۲ ایستگاه هیدرومتری در دو زیر حوضهٔ مورد مطالعه ضروری است.

۶-۴- دستگاه‌های مورد نیاز

دستگاه‌های سنجش و ارتباطی مورد نیاز در جدول ۴ و شمایی از سیستم ارتباطی در شکل۶ آمده است.

جدول ۴- دستگاه‌های مورد نیاز

ردیف	شرح دستگاه	تعداد مورد نیاز
۱	RTU (اندازه‌گیری دمای حداکثر و حداقل)	۴
۲	سرور مرکزی و نرم افزار ارتباطی	۱
۳	سنسور تراز آب	۲
۴	سنسور بارش	۲
۵	سنسور درجه حرارت و رطوبت	۲
۶	سنسور باد	۲



شکل ۶- شماتیک سیستم ارتباطی

۷- نتیجه‌گیری

با کنترل سازه‌ای سیلاب، هر میزان که از ریسک سیلاب کاسته شود، همچنان حداقل ریسک باقی خواهد ماند که می‌تواند باعث ایجاد خسارات جانی و مالی گردد. همچنین احداث تأسیسات کنترل سیلاب دارای هزینه‌های بسیار زیادی است و در هر مکانی نیز امکان احداث سازه نمی‌باشد. بنابراین سیستم‌های هشدار سیلاب به عنوان وسیله‌ای برای کاهش اثرات سیلاب می‌تواند در کاهش خسارات و تسکین بلا مؤثر باشد. حوزه‌های گلابدره و دربند دارای زمان تمرکز کمی‌می‌باشد و با توجه به خصوصیات ویژه حوضه آبریز نامبرده از قبیل وسعت کم، شیب زیاد، زمان تمرکز پایین و سایر عوامل تشدیدکننده سیلاب، جهت جلوگیری از تکرار حوادثی مشابه، این حوضه نیازمند به تمهیداتی جهت کنترل سیلاب و نیاز به سیستم

هشدار سیلاب می‌باشد. با توجه به لزوم بکارگیری سیستم‌های هشدار سیلاب، باید کلیه جوانب سیستم‌های هشدار، بخصوص مسایل اجتماعی و فرهنگ سازی را جهت اجرای کارای سیستم بررسی کرده و با توجه به شرایط جامعه، جمعیت، شرایط اجتماعی- اقتصادی، ریسک سیلاب و تجربه قبلی، اقدامات لازم را در جهت هشدار و مقابله با سیلاب اعمال کرد. این اقدامات می‌تواند اثرات کوتاه مدت و یا بلند مدت داشته باشد که هر دو گزینه منجر به کاهش تلفات مالی و جانی می‌شود.

۸- منابع و مراجع

[۱] حیدری، علی، مدل کامپیوتری سیستم هشدار سیل رودخانهٔ کارون، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، استاد راهنما، دکتر محمدی کارآموز، دانشکده عمران دانشگاه صنعتی امیرکبیر،۱۳۷۶

[۲] کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، روش‌های غیرسازه‌ای مدیریت سیلاب، ۱۳۷۹

[۳] افشار، عباس، «نقش هشدار سیل در مدیریت سیلاب»، کارگاه آموزشی – تخصصی سیستم‌های هشدار سیل و مدیریت سیلاب، دانشگاه تربیت مدرس، مهر ماه ۱۳۷۷

[۴] امامی، کامران، «تجارب استفاده از سیستم‌های پیش‌بینی و هشدار سیلاب در ژاپن و چین»، کارگاه آموزشی – تخصصی سیستم‌های هشدار سیل و مدیریت سیلاب، دانشگاه تربیت مدرس، مهر ماه ۱۳۷۷

[۵] کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، روش‌های سازه‌ای مدیریت سیلاب، ۱۳۸۵ (در حال چاپ)

[۶] کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، روش‌های غیرسازه‌ای مدیریت سیلاب، ۱۳۷۹

[۷] کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، روش‌های غیرسازه‌ای مدیریت سیلاب‌های شهری، ۱۳۸۵ (در حال چاپ)

[۸] کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، سامانه‌های پیش‌بینی و هشدار سیلاب، ۱۳۸۵ (در حال چاپ)

[۹] مطالعات طرح ساماندهی کنترل سیل و هشدار سیل رودخانه‌های شمال شمیران، مرکز تحقیقات آب، وزارت نیرو، ۱۳۸۳

[۱۰] مطالعات ارزیابی عملیات آبخیزداری گلابدره دربند ،جهاد تحقیقات آبخیزداری، ۱۳۸۳

[۱۱] بررسی و کاربردمدلWMS در مهندسی رودخانه، اکبرپور، شریفی، فلاح تفتی، پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۱۳۸۴

[12]. Emergency management Australia (1995), Flood Warning an Australian Guide Mount Macedo

[13]. Jakub, D., Reed, D.W. & Robson, A.J. 1999. Selecting a pooling-group (B). Chapter 16, Vol. 3, Flood Estimation Handbook. Institute of Hydrology, Wallingford, 153-180

[14]. Defra/Environment Agency (2002): Risk, Performance and Uncertainty in Flood and Coastal Defence - A Review, R&D Technical Report FD2302/TR1, HR Wallingford, July 2002.
[15]. Peter Borrows. "LIVING WITH FLOODING – NOAH'S LEGACY"19th ICID Congress, Beijing, China.

کارگاه فنی همزیستی با سیلاب
۲۵ مرداد ماه ۱۳۸۵

مدیریت سیلابدشت بر مبنای تحلیل ریسک

علیرضا علی‌عسگری[۱]، احمدرضا غواصیه[۲]

چکیده

خسارات سیلاب بعنوان یکی از مهمترین بلایای طبیعی در کشور در دهه‌های اخیر روند افزایشی داشته است. افزایش جمعیت و دارایی ها در سیلابدشت و در نتیجه افزایش فعالیت‌های انسانی و همچنین احتمالاً تغییرات هیدروسیستم‌ها از دلایل عمده این روند می‌باشد. رودخانه‌های شهری به عنوان مرکز وقوع سیل دارای مسائل و مشکلات عمده‌ای می‌باشند که یکی از مهمترین این مشکلات محدود شدن رودخانه به ناوه اصلی آن و ساخت و ساز در محدوده سیلابدشت می‌باشد. آنچه که به این مساله اهمیت می‌بخشد افزایش ریسک سیلاب با کاهش محدوده عبور آن در سیلابدشت رودخانه‌های شهری می‌باشد. امروزه استفاده از تحلیل ریسک و تصمیم‌گیری چند منظوره براساس ریسک به عنوان ابزاری مناسب برای مدیریت سیلابدشت مورد توجه قرار گرفته است. در این مقاله سعی می‌شود ضمن معرفی تحلیل ریسک و مدیریت مبتنی بر آن، عوامل موثر بر کاهش خسارات بررسی شود.

واژگان کلیدی: سیلاب، ،آسیب پذیری، مدیریت سیل بر مبنای ریسک

مقدمه

سیل یک جریان استثنایی رودخانه است که از بارندگی های شدید، شکست سدها، ذوب شدن سریع یخ‌ها و برف‌ها و .... به وجود می‌آید. در نتیجه وقوع سیل، سطح آب در یک رودخانه به طور وضوح از حالت عادی تجاوز نماید. [۶]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران - مهندسی رودخانه، دانشگاه صنعت آب و برق، تلفن: ۰۹۱۲۵۷۸۵۴۵۸
E-mail: asgari_ali_reza@yahoo.com
۲- استادیار دانشکده مهندسی آب، دانشگاه صنعت آب و برق، نمابر: ۷۷۰۰۶۶۶۰-۰۲۱
E-mail: ghavasieh@pwit.ac.ir

براساس آمار سازمان ملل تنها در دهه منتهی به سال ۲۰۰۰ میلادی، میزان خسارات ناشی از سیل بالغ بر ۲۱ میلیارد دلار در مقابل ۱۸ میلیارد دلار خسارات ناشی از زلزله بوده است. نکته نگران کننده، روند افزایشی تلفات و خسارات سیلاب در جهان در دهه‌های اخیر بوده است. افزایش جمعیت و دارایی‌ها در سیلابدشت‌ها تغییرات هیدروسیستم‌ها و اثرات مخرب فعالیت‌های انسانی از دلایل عمده این روند افزایش بوده است.

امروزه مدیریت مبتنی بر ریسک یکی از راهکارهای ارائه شده برای مقابله با تأثیر بلایای طبیعی و به خصوص سیل می‌باشد. واژه ریسک امروزه دارای معانی گسترده و ابعاد چندگانه‌ای است که به موضوعات ایمنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی وابسته است.

به علت تفاوت فرهنگ‌ها وسخت افزارها در مناطق مختلف تعاریف متفاوتی از ریسک در تحقیقات محققین به چشم می خورد. ودر نتیجه مدیریت بر مبنای ریسک نیز دارای تعاریف متفاوتی می‌باشد. هدف مدیریت ریسک سیل آن است که با توجه به مکان و زمان وقوع سیلاب و راهکارهای در اختیار (شرایط موجود) تصمیم‌گیرندگان بهترین و مؤثرترین روش برای کاهش خسارت سیل را در نظر بگیرند. در مدیریت ریسک سیلاب بالا بردن قوه درک عمومی جامعه توسط تصمیم‌گیرندگان از طریق آموزش به اندازه انتخاب صحیح روش‌های سخت‌افزاری کنترل وکاهش خسارت سیل دارای اهمیت می‌باشد. بنابراین به نظر می‌رسد در طرح‌های مطالعاتی کاهش خسارت سیل همکاری محققین علوم اکولوژی، مهندسی آب، اقتصاد و علوم اجتماعی اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. [۲]

ریسک چیست؟

معانی متفاوت که عموماً ناشی از کاربردهای مختلف مراجع تصمیم‌گیرنده است، باعث شده است که نتوان تعریف مشخصی را برای این واژه ارائه کرد. یکی از مشکلات تعریف فنی ریسک، وسعت کاربرد آن در علوم مختلف است. شاید بهترین تعریف برای ریسک (Risk)، بیان رابطه بین این پارامتر و واژه خطر (Hazard) باشد [۲]. تعاریف بسیار زیادی برای ریسک تعریف شده است که مهمترین آن عبارتست از:

احتمال وقوع خطر × آسیب‌پذیری = ریسک

به طور کلی در هر علمی که عدم قطعیت و احتمال دخیل می‌باشد، ریسک نیز یک پارامتر مهم است. نکته قابل تأمل در مهندسی ریسک که باید به آن توجه شود تفاوت بین دو واژه ارزش و هزینه یا قیمت هر جز است. همیشه باید توجه داشت که:

ارزش اجزا بیش از هزینه‌ای است که برای آن در نظر گرفته می‌شود.

تعریف ریسک سیل

برای ارزیابی پیامدهای وقوع سیل نیازمند شناخت طبیعت خطر می‌باشیم. این شناخت با پاسخ به این سوالات بدست می‌آید:

- آیا امکان وقوع سیل در محدوده مورد نظر وجود دارد؟
- در چه محدوده‌هایی اتفاق می‌افتد؟
- علت وقوع چیست؟
- فراوانی وقوع سیل چگونه است؟
- سرعت بالا آمدن سیل و فروکش کردن آن چگونه است؟
- می‌توان از سیستم‌های هشدار استفاده کرد؟

جواب به این سؤالات یکی از مهمترین بخش‌های مدیریت ریسک سیلاب می‌باشد [۲].

یکی از بهترین روش‌ها برای برقراری ارتباط بین خطر و ریسک استفاده از مدل مفهومی *SPRC*[1] می‌باشد [۲]. شکل (۱) نشان دهنده روند نمای این مدل می‌باشد.

در این مدل برای ارزیابی ریسک به مؤلفه‌های زیر نیاز می‌باشد:

طبیعت و احتمال وقوع خطر– P: بر اساس آمار

درجه در معرض بودن (Exposure) اجزا (Receptors)– E: با استفاده از پهنه‌بندی دشت سیلابی

استعداد (Susceptibility) اجزا در برابر خطر– S: با توجه به حساسیت و نوع کاربری

ارزش اجزا – V

بنابراین:

$$Risk = f(P, E, S, V)$$

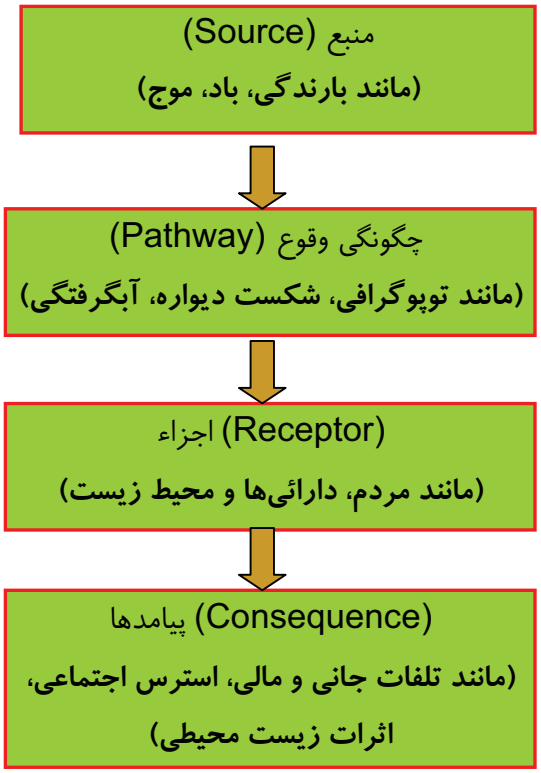
در این رابطه آسیب‌پذیری یک تابع فرعی است و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Vulnerability = f(S, V)$$

به هرحال آسیب‌پذیری و در معرض قرار گرفتن عموماً در واژه پیامد خطر[2] (C) ظاهر می‌شود، بنابراین:

$$Risk = f(C, P)$$

1- Source-Pathway-Receptor-Consequence
2-Consequence



شکل (۱)- مدل مفهومی *SPRC*

ریسک چگونه مدیریت می شود؟

کاهش خسارات ناشی از سیل تنها به فعالیت‌های زمان سیل بر نمی‌گردد. بلکه ترکیبی از کارهای قبل از وقوع سیل، مدیریت عملکردی سیل و بازسازی پس از سیل ومرور کارکردها می‌باشد.

فعالیت‌های پیش از وقوع سیل عبارتند از:

- مدیریت ریسک سیلاب برای عواملی که باعث ایجاد سیل می‌شود.
- ایجاد راه‌هایی برای فرار از سیل.
- ساخت سازه‌های مقابله با سیل ،در هر دو حالت فیزیکی و سیستم‌های پیش‌بینی و هشدار سیل.
- نگهداری سازه‌های مقابله با سیل.
- برنامه‌ها و مدیریت کاربری اراضی در کل حوضه.
- جلوگیری از توسعه ناموزون سیلابدشت.
- ارتباطات و آموزش‌های عمومی در هنگام وقوع سیل.

فعالیت‌های لازم در هنگام وقوع سیل را می‌توان در چهار گروه زیر خلاصه کرد:

- پایش شکل‌گیری سیل (هواشناسی و هیدرومتری)
- پیش‌بینی شرایط آینده جریان رودخانه از مشاهدات هواشناسی

- هشدار سیل به مسئولان اجرائی و عموم مردم
- نحوه برخورد مسئولان ومردم در مقابله با سیل

فعالیت‌های پس از وقوع سیل عبارتند از:

- تسکین افرادی که از این حادثه تأثیر پذیرفته‌اند.
- بازسازی ساختمان‌ها، سازه‌های مقابله با سیل که دچار آسیب شده‌اند.
- بازیافت و بازسازی محیط زیست و فعالیت‌های اقتصادی در منطقه سیل زده.
- مرور فعالیت‌های مدیریت سیل به منظور بهبود روش‌ها وروند کارها برای حوادث مشابه بعدی.

اجزای تحت اثر ریسک

- آسیب‌های انسانی مهمترین بخش تحت اثر سیل هستند. در تعیین آسیب پذیری این بخش‌ها باید دقت شود که آسیب‌پذیری این دسته عموماً قابل قیمت‌گذاری نمی‌باشد. (Intangible Damages)
- ساختمان‌ها و دارائی‌ها و محصولات دومین بخشی هستند که تحت اثر ریسک سیلاب می‌باشند. خسارت‌های وارد بر این بخش عموماً مشخص و قابل محاسبه می‌باشند. (Tangible Damage)
- آلودگی اکولوژیک و تخریب محیط زیست نیز از جمله صدماتی می‌باشد که اغلب در درازمدت اثرات آنها ظاهر می‌شود. برخی از صدمات این دسته قابل قیمت‌گذاری و برخی غیرقابل محاسبه می‌باشند.

آسیب‌پذیری در برابر سیلاب

همانطور که در مقدمه گفته شد، آسیب‌پذیری تابعی از در معرض بودن و مستعد بودن می‌باشد.

شاخص در معرض (خطر) بودن

- نزدیکی به رودخانه و ارتفاع و تعدد وقوع سیل به صورت مستقیم روی این شاخص تأثیر می‌گذارد.
- این شاخص نوع در معرض قرار گرفتن اجزاء را طبقه‌بندی می‌کند.
- مشخصه‌های سیلاب پارامتری است که بصورت غیر مستقیم بر روی در معرض قرار گرفتن اجزاء مختلف تحت اثر ریسک سیل مؤثر است.
  - مدت زمان عبور سیل
  - سرعت عبور سیلاب
  - پهنه تحت تأثیر و عمق آن

مستعد بودن در برابر خطر

سیستم‌ها و بخش‌های اقتصادی و اجتماعی

- کاربری اراضی و ارزش هر یک از آنها در این بخش مشخص می‌شود.
- تأسیسات زیربنایی مانند راه‌ها، فرودگاه‌ها، مراکز حساس تجاری و صنعتی و ... مسلماً دارای استعداد آسیب‌پذیری بیشتری می‌باشند.
- با موجود بودن نقشه کاربری اراضی و تحلیل آنها می‌توان به تحلیل مناسبی از استعداد خطر پذیری هریک از کاربری‌ها دست یافت.

سیستم‌ها و بخش‌های اکولوژیک

- عموماً استعداد این بخش در آسیب‌پذیری در مقابل سیلاب یک مشخصه ثابت در طول زمان است مگر اینکه با دخالت‌های انسان و ... تغییری در خصوصیات اکولوژی منطقه بوجود آید.
- آلودگی سیلاب به مواد مختلف که در اثر تخریب واحدهای مختلف موجود در سیلابدشت بوجود می‌آید یکی از مهمترین پارامترهایی است که در ریسک سیلاب بسیار مؤثر است.
- تأثیرات اکولوژیک سیلاب یک تأثیر عمقی و درازمدت است، از طرفی عموماً این تأثیرات نامحسوس می‌باشند. لذا باید در طبقه‌بندی آسیب‌پذیری، اکولوژی در طبقه بسیار آسیب‌پذیر قرار گیرد.

تحلیل آسیب‌پذیری در مقابل سیلاب

منحنی خسارت - عمق آب

- این منحنی یکی از موارد بسیار کلیدی در تعیین میزان آسیب‌پذیری در مقابل سیلاب است. در این منحنی با افزایش عمق آب، خسارت نیز افزایش می‌یابد.
- این منحنی از تحلیل شاخص‌های در معرض بودن و شدت سیل‌گرفتگی بدست می‌آید.
- پارامترهای دیگری نیز مانند سرعت سیلاب و مدت زمان آبگرفتگی نیز باید در خصوصیات سیلاب مد نظر قرار گیرند.

منحنی خسارت – آمادگی در مقابل سیلاب

- آمادگی در برابر سیلاب که با استفاده از روش‌های پیشگیرانه مانند سیستم‌های هشدار سیل و ضد آب کردن ساختمان‌ها و ... حاصل می‌شود، می‌تواند باعث کاهش استعداد تخریب در هنگام وقوع سیل باشد.
- استعداد تخریب پارامتر مهمی است که مستقیماً روی منحنی خسارت – آمادگی در مقابل سیلاب تأثیر می‌گذارد.
- بنابراین ابتدا مستعد بودن در مقابل سیلاب بررسی شده و سپس منحنی خسارت – آمادگی در

برابر سیلاب مشخص می گردد.

با تحلیل همزمان دو منحنی فوق می‌توان درباره آسیب‌پذیری محدوده طرح در مقابل سیلاب تصمیم‌گیری نمود. تحلیل آسیب‌پذیری در مقابل سیلاب برای اجزای مختلف باید بصورت جداگانه انجام شود تا خسارت برای هر جزء مشخص گردد. زیرا استعداد اجزای مختلف برای خسارت در مقابل سیلاب متفاوت است.

شکل (۲)- روند نمای تحلیل آسیب‌پذیری در برابر سیلاب

- با توجه به استخراج نقشه توزیع ریسک در محدوده طرح، با ارائه راهکار و تدوین استراتژی‌های خاص به مدیریت ریسک در پهنه‌ای سیل‌گیر می‌پردازیم. این راهکارها می‌توانند به یکی از صور زیر باشند.
- مدیریت کاربری اراضی در سیلابدشت و ارائه کاربری‌های با آسیب‌پذیری کمتر.
- مدیریت حوضه آبریز جهت کاهش آسیب پذیری سیل در محدوده مورد مطالعه.
- استفاده از روش‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای خاص در بازه‌های مختلف جهت کاهش خطر سیل.

برای مقابله با فاجعه سیلاب محققین راه‌هایی را پیشنهاد می‌کنند این راه‌ها مبتنی بر کاهش خسارات سیل، بهسازی حوضه آبریز و بهسازی مسیر رودخانه می‌باشد که کاهش خسارات سیل معمولاً براساس روش‌های مدیریتی و یا غیرسازه‌ای و دو روش بعدی بر اساس سیستم‌های سازه‌ای می‌باشد. روش‌های سازه‌ای معمولاً دارای دیدگاه کنترل سیلاب است این روش‌ها نسبت به روش‌های غیرسازه‌ای پرهزینه‌تر می‌باشند. معمولاً تجربه ثابت کرده است که این روش‌ها بعلت انعطاف پذیری کم خودکارائی کمتری نسبت به روش‌های انعطاف‌پذیر غیرسازه‌ای دارند.

تجربه نشان داده است که ترکیب روش‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای دارای بالاترین بازده و راندمان می‌باشد. مدیریت بر مبنای ریسک نمونه بارز این دیدگاه است.

بهسازی رودخانه

روش‌های که طی آن کانال اصلی رودخانه بگونه‌ای تغییر داده می‌شود که حین عبور سیلاب در کمترین زمان ممکن بیشترین حجم سیلاب از آن عبور کند. البته باید دانست که انتقال حجم زیادی از سیلاب به پایین دست در یک زمان کوتاه ممکن است باعث ایجاد تخریب در پایین دست گردد ونیز اگر تواتر این سیلاب‌ها زیاد باشد اشکالاتی در اکولوژی و محیط زیست منطقه بوجود می‌آید.

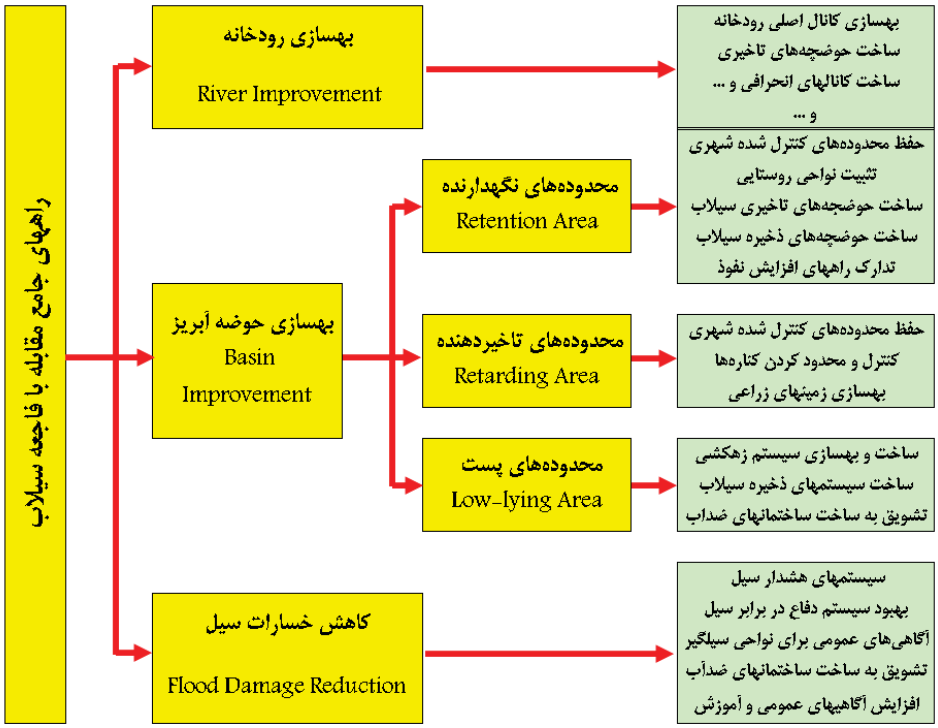
بهسازی حوضه آبریز

در این روش تمهیداتی برای کنترل خطر سیل پیش از ورود رواناب‌ها به کانال اصلی رودخانه اندیشیده می‌شود. با تقسیم‌بندی حوضه آبریز به سه محدوده نگهدارنده، تأخیر دهنده و پست سعی در کنترل سیلاب می‌شود. این روش نیز مانند روش قبل ممکن است دارای اشکالات اکولوژیکی و زیست محیطی باشد.

کاهش خسارات سیل

این روش بسیار انعطاف‌پذیر وانتخاب آن براساس منطقه مورد نظر می‌باشد بطوریکه از هر جهت (اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی و ...) با محیط اطراف خود تطبیق دارد. این روش بر خلاف دو روش قبل بگونه‌ای است که در طول زمان می‌تواند با تغییرات رودخانه و یا حوضه آبریز متناسب گردد. روش‌های مختلفی نظیر سیستم‌های هشدار سیل، کنترل کاربری اراضی، ضد سیلاب کردن ساختمان‌ها، آموزش و آگاهی عمومی و ... از جمله این روش‌ها می‌باشد.

شکل شماره سه نشان دهنده راه‌های جامع مقابله با فاجعه سیلاب می‌باشد.



شکل (۳)- راههای جامع مقابله با فا جعه سیلاب

بحث و نتیجه گیری

با دقت به این موضوع که زمین‌های اطراف رودخانه‌ها به لحاظ کشاورزی و صنعتی ارزشمند هستند و همواره در معرض سیل قرار دارند ما باید همواره آمادگی پذیرش خطر را داشته باشیم و برای زمان وقوع سیلاب و همچنین پس از آن برنامه‌ریزی کنیم این برنامه‌ریزی و اجرای آن می‌تواند مبتنی بر مدیریت ریسک باشد. یعنی با شناسائی عوامل مؤثر در خطر و میزان آسیب‌پذیری نقاط مختلف و امکانات موجود ریسک شکست روش‌های مقابله با سیل را کم کنیم.

طبق نظر محققین دو روش عمده برای مقابله با سیلاب وجود دارد که روش‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای می‌باشد. با توجه به تجربیات کشورهای صاحب نظر تلفیقی از این دو روش بهترین راهکار برای مدیریت خطر سیلابدشت می‌باشد.

منابع و مراجع

1. Samuels P., Language of Risk: Integrated Management Methodologies, Wallingford, 2005.
2. Messner F. & Meyer V., UFZ Discussion Papers, Department of Economics, Flood damage, vulnerability and risk perception – challenges for flood damage research, Leipzig, Germany, April 2005.
3. Akira TERAKAWA, Integrated Flood Risk Management - role of CHARM, Public Works Research Institute (PWRI), Tsukuba, Japan, 2005.
4. Flood Risk Analysis and Guarin P. G., Flood Risk Assessment For the Town of San Sebastian in Guatemala, ITC Institute, Enshede, Netherlands, March 2003.
5. EM 1110- 2-1619, Risk-Based Analysis For Flood Damage Reduction Studies, US Army Corps of Engineer, W.DC, 1996.

۶. سنگین آبادی، حمید(۱۳۸۴).تعیین اتفاع بهینه دیوارهای سیل بند با استفاده از آنالیز ریسک. پایان نامه کاشناسی ارشد. دانشگاه صنعت آب و برق. ۱۴۳ صفحه.

کارگاه فنی همزیستی با سیلاب
۲۵ مرداد ماه ۱۳۸۵

مروری بر مفاهیم کمی عدم قطعیت، قابلیت اعتماد و ریسک

امیر نوروزی[۱]، احمدرضا غواصیه[۲]

چکیده

سیل یکی از مهمترین بلایای طبیعی در کشور است که بیشترین خسارت‌ها را بخصوص در مناطق روستایی به بار می‌آورد. براساس روش‌های سنتی (عمدتاً سازه‌ای) برای طراحی سازه‌های مقابله با سیلاب، نیاز به انتخاب سیلاب طراحی و محاسبه مقدار دبی اوج آن (جهت بارگذاری) می‌باشد. با این نوع بارگذاری معین و قطعی در طراحی سازه‌ای به روش سنتی، یک دبی بـا دوره بازگشت مشخص به کار می‌رود و از پرداختن به عدم قطعیت‌های موجود صرفنظر می‌گردد. لیکن در روش‌های جدید که مبتنی بر روش‌های احتمالاتی هستند، اثر عدم قطعیت‌ها نیز اعمال می شود. با مطالعه و کمی نمودن عدم قطعیت‌های موجود می‌توان قابلیت اطمینان و در نتیجه ریسک موجود در پروژه را اندازه‌گیری کرد و مدیریت واقعی‌تری در پروژه اعمال نمود. در این مقاله سعی شده است تا مفاهیم عدم قطعیت، قابلیت اطمینان و ریسک بیان گردد و چگونگی کمی کردن آنها به همراه چند مثال از منابع معتبر معرفی شود.

واژگان کلیدی: سیلاب، روش‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای کنترل سیلاب، عدم قطعیت، ارزیابی قابلیت اعتماد، آنالیز ریسک

مقدمه

سیل برآیند شرایط هیدرولوژیکی و توپوگرافی منطقه سیل‌خیز است، به نحوی که جریان در رودخانه به اندازه‌ای زیاد می‌شود که سرریز کرده و وارد دشت سیلابی می شود[۸]. نیروی عرضی ناشی از ممنتوم جریان به همراه تغییر مشخصات مکانیکی خاک موجب تخریب ساختمان‌ها و تأسیسات می گردد.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران – مهندسی رودخانه، دانشگاه صنعت آب و برق، تلفن: ۰۹۱۲۱۷۸۱۳۹۹
E-mail: amirnorouzi_iut@yahoo.com
۲- استادیار دانشکده مهندسی آب، دانشگاه صنعت آب و برق، نمابر: ۷۷۰۰۶۶۶۰-۰۲۱
E-mail: ghavasieh@pwit.ac.ir

مطابق آمار و ارقام منتشر شده توسط سازمان ملل متحد، از میان بلایای طبیعی، سیل بیشترین آسیب و خسارت را به انسان وارد نموده است. به طوری که $\frac{۱}{۳}$ خسارات اقتصادی بلایای طبیعی مربوط به سیل است و $\frac{۲}{۳}$ جمعیت کره زمین به طور مستقیم و غیرمستقیم از عواقب آن متأثر می باشند [۱۰].

با توجه به ارزش زمین‌های اطراف رودخانه، پخش شدن مایملک و دارایی‌ها در دشت سیلابی و تغییر کاربری اراضی اطراف رودخانه، تلاش انسان‌ها به مهار سیلاب معطوف گردید. اما امروزه مشخص شده است که مهار همه سیلاب‌ها امکان‌پذیر نمی‌باشد ولی می توان با استفاده از تمهیداتی ، خسارات را به حداقل رساند و یا به عبارت دیگر تلاش برای مهار و کنترل سیلاب به سمت روش‌های کاهش خسارات سیل سوق پیدا کرده است. این تمهیدات را می‌توان حول چهار محور خلاصه نمود [۶]:

۱- تلاش در جهت کاهش سیلاب
۲- تلاش در جهت کاهش آسیب‌پذیری در مقابل سیلاب
۳- تلاش در جهت کاهش خسارات
۴- ایجاد آمادگی در برابر وقوع سیل

اولین دسته بر مبنای حفاظت فیزیکی به وسیله سازه‌ها می‌باشد و روش‌های سازه‌ای[1] نامیده می‌شود و سه دسته دیگر روش‌های غیر سازه‌ای[2] می‌باشند. روش‌های سازه‌ای مانند سد، کانال انحراف، گوره، سیل بند و ... با رویکرد کنترل و مهار سیلاب و روش‌های غیرسازه‌ای مانند سیستم هشدار سیل، تغییر کاربری اراضی، ضد سیل‌سازی ساختمان‌ها و ... با رویکرد کاهش خسارات همراه می باشند. با آنکه عمر زیادی از روش‌های غیرسازه‌ای نمی‌گذرد، اما تجربیات در نقاط مختلف دنیا نشان می‌دهد که استفاده توأم از روش‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای بیشترین تأثیر را در مهار و کاهش خسارات ناشی از سیل داشته است [۶].

طراحی روش‌های سازه‌ای و یا غیرسازه‌ای کنترل سیلاب بر دو دسته استوار است:

۱- روش‌های سنتی *(Traditional Methods)*: که در آن یک دبی با دورهٔ بازگشت مشخص به عنوان دبی طراحی در نظر گرفته می شود و ضریبی به نام ضریب اطمینان[3] به منظور در نظر گرفتن عدم قطعیت موجود در نظر گرفته می شود.
۲- روش‌های احتمالاتی *(Probabilistic Methods)*: در این روش اثر عدم قطعیت ها اعم از هیدرولوژیکی و هیدرولیکی در طراحی اعمال می گردد. روش احتمالاتی، روشی نوین در طراحی محسوب می‌شود و موجب طراحی علمی‌تری می گردد. این روش مستلزم صرف وقت، هزینه و مطالعات بیشتری نسبت به روش سنتی می باشد و لذا علیرغم کارایی فراوان آن باز هم مهندسین طراح و مشاور تمایل چندانی به آن ندارند و ترجیح می دهند از روش سنتی در طراحی ها استفاده نمایند.

1- *Structural Measurements*
2- *Non-structural Measurements*
3- *Safety Factor*

برای استفاده از روش احتمالاتی ابتدا لازم است تا به خوبی عدم قطعیت‌های *(Uncertainties)* موجود در سیستم شناسایی و کمی گردد. محققین معتقدند که عدم قطعیت در تحلیل یک سیستم در نتیجه درک ناقص پدیده‌ها و پیچیدگی‌های آنها بروز می کند. دلیل این امر را می توان در محدود بودن منابع اطلاعاتی، ظرفیت ذهنی و دانش بشر برای شناخت پدیده‌ها و روابط متقابل آنها دانست. در بسیاری از مواقع اطلاعات کافی در دسترس نیست و حتی اگر اطلاعات لازم در اختیار می‌بود، با توجه به پیچیدگی روابط باز هم مدل‌سازی کامل می‌توانست کاری دشوار باشد. نکته مهم و قابل توجه این است که مدل مبتنی بر عدم قطعیت ، قابلیت اعتماد *(Reliability)* و ریسک *(Risk)* عملکرد سیستم‌ها را واقعی‌تر توصیف می‌کند. با دست‌یابی به این شناخت نه تنها می‌توان به تدریج عملکرد سیستم را بهبود بخشید، بلکه می‌توان در زمان وقوع خطر با سرعت، دقت و کمترین ریسک محتمل در مورد سیستم برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری نمود.

عدم قطعیت در سیستم‌های مهندسی آب

عدم قطعیت به بیان ساده به وقوع اتفاقاتی اطلاق می‌شود که از کنترل دست بشر خارج می‌باشند. منابع ایجاد عدم قطعیت در سیستم‌های مهندسی آب را می توان به پنج گروه به شرح زیر تقسیم کرد [۷]:

- عدم قطعیت‌های طبیعی: از فرایندهای طبیعی و تصادفی مانند بارش ناشی می‌شود.
- عدم قطعیت‌های مربوط به مدل: شامل دو گروه اصلی سیستماتیک و تصادفی می‌باشند. خطاهای سیستماتیک ناشی از در نظر نگرفتن تعدادی از پارامترهای موجود در مدل و ساده‌سازی روابط بوده و خطاهای تصادفی نتیجه مستقیم خطاهای موجود در نمونه‌گیری می‌باشد.
- عدم قطعیت خطاهای ناشی از پارامتر: بر اثر ناتوانی در کمی نمودن دقیق پارامترهای ورودی مدل به وجود می‌آیند.
- عدم قطعیت‌های مربوط به داده‌ها: به علت اندازه‌گیری‌های با دقت کم، غیرهمگن و آشفته بودن داده‌ها، خطاهای مربوط به جمع‌آوری داده‌ها و ثبت آنها و تعداد ناکافی آنها است.
- عدم قطعیت‌های مربوط به عدم عملکرد سازه: ناشی از خطاهای موجود در مرحله ساخت (به دلیل عدم مهارت و دقت نیروی کار ماهر و ...) و بهره‌برداری و نگهداری از سازه می باشد.

در سیستم‌های مهندسی منابع آب، عدم قطعیت‌ها به چهار گروه اصلی هیدرولوژیکی، هیدرولیکی، سازه‌ای و اقتصادی تقسیم بندی می شوند [۷].

عدم قطعیت‌های هیدرولوژیکی[1]

عدم قطعیت‌های هیدرولوژیکی به سه دسته عدم قطعیت‌های ذاتی، پارامتری و مدل تقسیم‌بندی می‌شود:

- عدم قطعیت‌های هیدرولوژیکی ذاتی: مربوط به ذات وقایع هیدرولوژیکی می‌باشند که به صورت تصادفی و احتمالاتی هستند و ماهیت تصادفی و طبیعی آن به وضوح قابل رؤیت است. مانند بارندگی یا سیلاب

1- *Hydrologic Uncertainties*

- عدم قطعیت‌های مربوط به مدل‌های آماری: انتخاب مدل آماری هیدرولوژیکی به منظور برازش بر داده‌های موجود همواره با عدم قطعیت همراه است. با برازش دادن مدل‌های آماری مختلف می‌توان این عدم قطعیت را به حداقل رساند.
- عدم قطعیت‌های پارامتری: محاسبه پارامترهای هیدرولوژیکی به کار رفته در توزیع‌های آماری هیدرولوژیکی از قبیل میانگین و انحراف معیار به علت خطاهای نمونه‌گیری در تخمین پارامتر، همواره دارای عدم قطعیت می‌باشد.

عدم قطعیت‌های هیدرولیکی[۱]

عدم قطعیت‌های هیدرولیکی از ساده‌سازی در مدل‌های ریاضی و توصیف پدیده‌های فیزیکی و طبیعی در مهندسی هیدرولیک، اجرای غیر ایده‌آل سازه‌های هیدرولیکی و ... نشأت می‌گیرد. انواع عدم قطعیت‌های هیدرولیکی عبارتند از:

- عدم قطعیت‌های مربوط به مدل: ناشی از استفاده از یک سیستم معادلات مشخص در توصیف شرایط جریان می‌باشد. به عنوان مثال عدم قطعیت مدل یک بعدی بیشتر از عدم قطعیت مدلی دو بعدی می‌باشد.
- عدم قطعیت‌های مربوط به مصالح و ساخت که در اجرا حاصل می‌شود و نتیجه آن به عنوان مثال عدم قطعیت در ضریب زبری است.
- عدم قطعیت‌های مربوط به شرایط عملکردی جریان ضمن بهره‌برداری که به عنوان مثال وقوع سیل‌های بزرگتر از سیلاب طراحی از آن جمله می‌باشد.

عدم قطعیت‌های سازه‌ای[۲]

عدم قطعیت‌های سازه‌ای به شکست در نتیجه ضعف سازه که می‌تواند ناشی از عواملی نظیر فرسایش، امواج و نیروی باد، بارگذاری شدید هیدرولیکی، لغزش سازه‌ای، واژگونی پی و ...، باشد، اطلاق می‌شود.

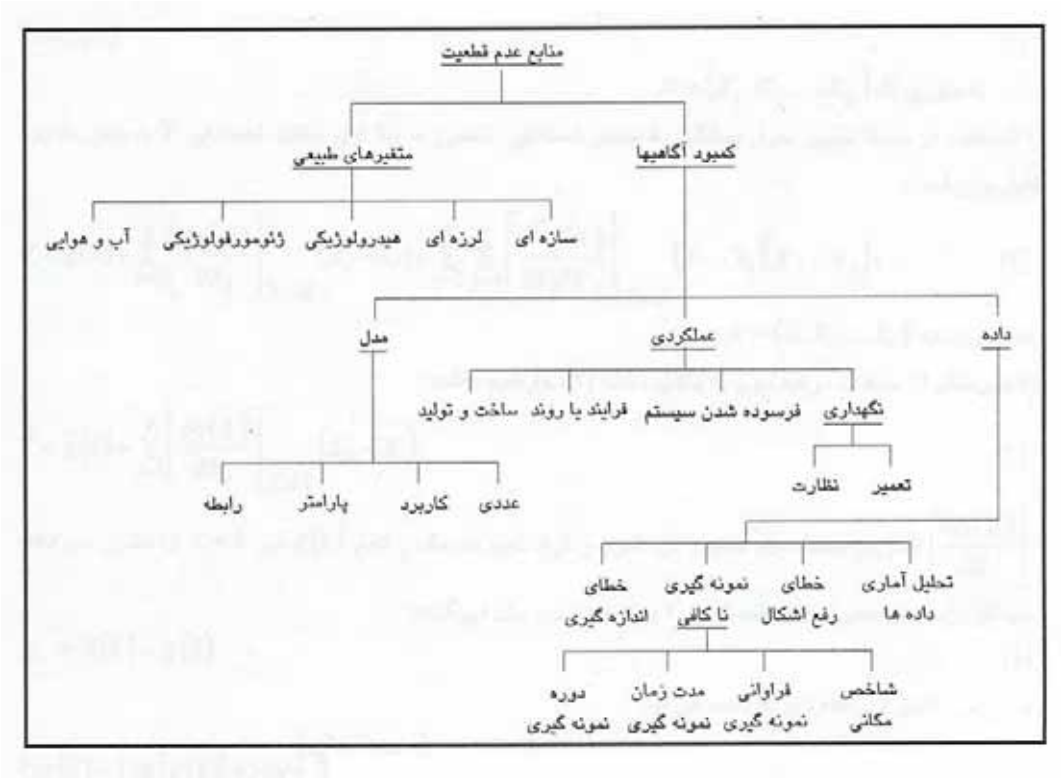
عدم قطعیت های اقتصادی[۳]

منشأ اصلی این نوع عدم قطعیت، ارزش‌گذاری سازه به صورت تقریبی، هزینه‌های ساخت، نگهداری، بهره‌برداری، تورم اقتصادی و ... می‌باشد.

به عنوان مثال یک سیستم هشدار سیل محلی که از سه جزء پایش *(Monitoring)*، پیش‌بینی *(Forecasting)* و تصمیم‌گیری *(Decision Making)* تشکیل شده است [۱۱]، دارای عدم قطعیت هیدرولوژیکی و آب و هوایی (پیش‌بینی و بارندگی) در جز پایش، عدم قطعیت‌های هیدرولوژیکی (تبدیل

1- *Hydraulics Uncertainties*
2- *Structural Uncertainties*
3- *Economical Uncertainties*

بارندگی به رواناب) و هیدرولیکی (روندیابی سیلاب در پایین‌دست) در جزء پیش‌بینی و عدم قطعیت سازه‌ای (تخریب تأسیسات سیستم) و اقتصادی (هزینه های نگهداری و راندمان) در جزء تصمیم‌گیری می‌باشد.
شکل (۱) منابع مختلف عدم قطعیت را به صورت نموداری درختی نمایش می‌دهد.



شکل (۱)- منابع عدم قطعیت[۹]

تحلیل عدم قطعیت

همانطور که گفته شد، در تحلیل و طراحی سیستم‌های مهندسی آب متغیرهایی وجود دارند که دارای عدم قطعیت هستند و این عدم قطعیت‌ها باید به نحوی کمی گردند. یکی از بهترین و کارآمدترین روش‌ها برای کمی کردن عدم قطعیت، تحلیل مرتبهٔ اول[1] یا روش دلتا[2] می باشد [۷].
استفاده از این روش در بسیاری از کارهای مهندسی توصیه شده است. این روش طراح را قادر می سازد تا میانگین و واریانس‌های متغیرهای تصادفی، که خود تابعی از چند متغیر تصادفی دیگر هستند، را محاسبه کند.
متغیر تصادفی Y، که خود تابعی از k متغیر تصادفی است را در نظر بگیرید. Y را می‌توان به صورت زیر نشان داد:

$$Y = g(X) \qquad (۱)$$

به طوری که $X = (X_1, X_2, ..., X_k)$.

1- *First Order Analysis of Uncertainties*
2- *Delta-Method*

با استفاده از بسط تیلور، حول میانگین k متغیر تصادفی، تخمین مرتبهٔ اول متغیر تصادفی Y به صورت زیر قابل بیان است:

$$Y = g(\bar{x}) + \sum_{i=1}^{k}\left[\frac{\partial g(X)}{\partial X_i}\right]_{X=\bar{x}}\left(X_i - \bar{x}_i\right) + \sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{k}\left[\frac{\partial^2 g(X)}{\partial X_i \partial X_j}\right]_{X=\bar{x}}\left(X_i - \bar{x}_i\right)\left(X_j - \bar{x}_j\right) + \ldots \qquad (۲)$$

به طوری که $\bar{x} = (\bar{x}_1, \bar{x}_2, \ldots, \bar{x}_k)$.

با صرفنظر از جملات مرتبه دوم به بالای معالهٔ (۲)، خواهیم داشت:

$$Y = g(\bar{x}) + \sum_{i=1}^{k}\left[\frac{\partial g(X)}{\partial X_i}\right]_{X=\bar{x}}\left(X_i - \bar{x}_i\right) \qquad (۳)$$

$\left[\frac{\partial g(X)}{\partial X_i}\right]$ ضریب حساسیت نامیده می‌شود و نرخ تغییرات مقدار تابع $g(x)$ در $x = \bar{x}$ را نشان می‌دهد.

میانگین (امید ریاضی) متغیر تصادفی Y به صورت زیر بیان می‌گردد:

$$\mu_y = \mathrm{E}[\mathrm{Y}] = \mathrm{g}(\bar{\mathrm{x}}) \qquad (۴)$$

واریانس Y نیز از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Var[Y] = Var[g(\bar{x})] + Var\left\{\sum_{i=1}^{k}\left[\frac{\partial g}{\partial X_i}\right]\left(X_i - \bar{x}_i\right)\right\} \qquad (۵)$$

اگر از مقدار میانگین $\bar{x}$ استفاده شود، $g(\bar{x})$ ثابت می‌گردد و در نتیجه $Var[g(\bar{x})] = 0$، بنابراین معادله فوق به صورت زیر تبدیل می‌گردد:

$$Var[Y] = Var\left\{\sum a_i\left(X_i - \bar{x}_i\right)\right\} \qquad (۶)$$

به طوری که $a_i = \left[\frac{\partial g}{\partial X_i}\right]_{\bar{x}}$. همچنین می‌توان واریانس Y را به صورت زیر بیان نمود:

$$\sigma_Y^2 = Var[Y] \approx \sum_{i=1}^{k} a_i^2 \sigma_i^2 + 2\sum_{i-1}^{k}\sum_{j=1}^{k} a_i a_j Cov[X_i, X_j] \qquad (۷)$$

اگر X_iها دارای همبستگی باشند، یعنی $Cov[X_i, X_j] = 0$، آنگاه معادله فوق به شکل زیر در می‌آید:

$$\sigma_Y^2 = \sum_{i=1}^{k} a_i^2 \sigma_i^2 \qquad (۸)$$

اگر طرفین معادله فوق بر μ_Y^2 تقسیم گردد و از طرف دیگر ضریب تغییرات با Ω نمایش داده شود خواهیم داشت:

$$\Omega_Y^2 = \sum_{i=1}^{k} a_i \left(\frac{\bar{x}_i}{\mu_Y}\right)^2 \Omega_{X_I}^2 \qquad (۹)$$

همانطور که از معادلات (۸) و (۹) بر می آید هر اندازه مقدار ضریب تغییرات کوچکتر باشد، عدم قطعیت سیستم نیز کمتر خواهد بود، لذا با جمع‌آوری اطلاعات زیاد و قابل اتکا می‌توان اثر عدم قطعیت‌ها را کم کرد و به حداقل رساند.

مثال ۱: یکی از روش‌های ساده در محاسبه ظرفیت آبگذری رودخانه‌ها و کانال‌های باز استفاده از معادلهٔ مانینگ می‌باشد:

$$Q = \frac{1}{n} A^{5/3} P^{-2/3} S^{1/2}$$

n: ضریب مانینگ، A: سطح مقطع، P: پیرامون تر شده و S: شیب کانال یا رودخانه می باشد. استفاده از این فرمول در تمام ترمها همواره با عدم قطعیت همراه است. اگر بتوان از عدم قطعیت سطح مقطع و پیرامون تر شده در برابر ضریب مانینگ و شیب صرفنظر نمود، قصد داریم با استفاده از تحلیل مرتبه اول عدم قطعیت، میزان عدم قطعیت دبی را اندازه گیری نماییم.

اگر A و P هر دو بدون عدم قطعیت باشند، می توان آنها را به صورت عدد ثابت $\mathrm{K} = \mathrm{A}^{5/3}\mathrm{P}^{-2/3}$ فرض نمود، با توجه به رابطه (۳) برای Q خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} \mathrm{Q} &\approx \overline{\mathrm{Q}} + \left[\frac{\partial \mathrm{Q}}{\partial \mathrm{n}}\right]_{(\overline{\mathrm{n}},\overline{\mathrm{S}})} (\mathrm{n}-\overline{\mathrm{n}}) + \left[\frac{\partial \mathrm{Q}}{\partial \mathrm{S}}\right]_{(\overline{\mathrm{n}},\overline{\mathrm{S}})} (\mathrm{S}-\overline{\mathrm{S}}) \\ &= \overline{\mathrm{Q}} + \left[-\mathrm{K}\overline{\mathrm{n}}^{-2}\overline{\mathrm{S}}^{1/2}\right](\mathrm{n}-\overline{\mathrm{n}}) + \left[0.5\mathrm{K}\overline{\mathrm{n}}^{-1}\overline{\mathrm{S}}^{1/2}\right](\mathrm{S}-\overline{\mathrm{S}}) \end{aligned}$$

به طوری که $\overline{\mathrm{Q}} = \mathrm{K}\overline{\mathrm{n}}^{-1}\overline{\mathrm{S}}^{1/2}$. با فرض آنکه n و S دو متغیر تصادفی مستقل باشند، انگاه با استفاده از رابطه (۸) خواهیم داشت:

$$\sigma_Q^2 = \left[\frac{\partial Q}{\partial n}\right]^2_{(\overline{n},\overline{S})} \sigma_n^2 + \left[\frac{\partial Q}{\partial S}\right]^2_{(\overline{n},\overline{S})} \sigma_S^2$$

اکنون با استفاده از رابطهٔ (۹) و با فرض آنکه $X_1 = n$ و $X_2 = S$ می باشد:

$$\begin{aligned} \Omega_Q^2 &= \sum_{i=1}^{2} \left[\frac{\partial Q}{\partial X_i}\right]^2 \left[\frac{\overline{x}_i}{\overline{Q}}\right]^2 \Omega_{x_i}^2 \\ &= \left[\frac{\partial Q}{\partial n}\right]^2 \left[\frac{\overline{n}}{\overline{Q}}\right]^2 \Omega_n^2 + \left[\frac{\partial Q}{\partial S}\right]^2 \left[\frac{\overline{S}}{\overline{Q}}\right]^2 \Omega_S^2 \\ &= \left[\frac{-\mathrm{K}\overline{\mathrm{S}}^{1/2}}{\overline{\mathrm{n}}^2}\right]^2 \left[\frac{\overline{\mathrm{n}}^2}{\overline{\mathrm{Q}}}\right]^2 \Omega_{\mathrm{n}}^2 + \left[\frac{0.5\mathrm{K}}{\overline{\mathrm{n}}\overline{\mathrm{S}}^{1/2}}\right]^2 \left[\frac{\overline{\mathrm{S}}}{\overline{\mathrm{Q}}}\right]^2 \Omega_{\mathrm{S}}^2 \\ &= \left[\overline{n}^2\right]\left[\frac{1}{\overline{n}^2}\right]\Omega_n^2 + 0.25\left[\frac{1}{\overline{S}}\right]\left[\overline{S}\right]\Omega_S^2 \\ &= \Omega_n^2 + 0.25\,\Omega_S^2 \end{aligned}$$

مثال ۲: رودخانه‌ای با مقطع تقریبی مستطیلی را فرض می‌نماییم که عرض آن ۵۰ فوت و شیب کف آن یک درصد است. دبی طراحی و ضریب مانینگ مربوط به آن به ترتیب *5000 cfs* و *n=0.03* و خطای محاسبات آنها به ترتیب *15* درصد و *30* درصد تخمین زده می شود. اگر تغییرات دبی نسبت به عمق $\frac{\partial Q}{\partial y} = 1028 \, cfs/ft$ و تغییرات زبری n نسبت به عمق $\frac{\partial n}{\partial y} = 0.0072 \, ft^{-1}$ باشد، آنگاه می‌خواهیم انحراف معیار نوسانات سطح آب را محاسبه نماییم. اگر در اطراف رودخانه مذکور، خانه‌هایی ساخته شود که از کناره رودخانه یک متر بالاتر باشند، با توجه به عدم قطعیت‌هایی که در محاسبه سطح آب وجود دارد، احتمال آنکه خانه‌ها دچار آبگرفتگی شوند چقدر برآورد می‌گردند. (جریان را یکنواخت فرض می‌نماییم.)

ابتدا باید ارتفاع آب محاسبه گردد، لذا با توجه به فرمول مانینگ ، $Q = \frac{1.49}{n} S^{1/2} A R^{2/3}$ خواهیم داشت: (R شعاع هیدرولیکی است.)

$$5000 = \frac{1.49}{0.035}(0.01)^{1/2}(50y)\left(\frac{50y}{50+2y}\right)^{2/3} \quad \text{و یا} \quad y=7.37ft$$

با توجه به آنکه $\Omega_n = 0.15$ و $\Omega_Q = 0.30$، خواهیم داشت:

$$\sigma_Q = 5000 \times 0.30 = 1500 \quad , \quad \sigma_n = 0.031 \times 0.15 = 0.0035$$

$$\frac{\partial y}{\partial Q} = \frac{1}{1028} \quad , \quad \frac{\partial y}{\partial n} = \frac{1}{0.0072}$$

بنابراین با استفاده از رابطه (۸):

$$\sigma_y^2 = \left(\frac{\partial y}{\partial Q}\right)^2 \sigma_Q^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial n}\right)^2 \sigma_n^2$$

$$\sigma_y^2 = \left(\frac{1}{1028}\right)^2 \times 1500^2 + \left(\frac{1}{0.0072}\right)^2 \times 0.0053^2 \quad \text{و یا} \quad \sigma_y = 1.63 \, ft$$

بنابراین خانه های ساخته شده در حاشیه رودخانه دچار سیل گرفتگی می شوند، اگر ارتفاع سیل از مقدار $7.37 + 1.00 = 8.37$ بزرگتر گردد. حال اگر توزیع ارتفاع سطح آب، y، نرمال فرض شود، می توان با تبدیل آن به تابع توزیع نرمال استاندارد با متغیر z، احتمال سیل گرفتگی را برآورد نمود:

$$\begin{aligned} P(y > 8.37) &= P\left(\frac{y-7.37}{1.63} > \frac{8.37-7.37}{1.63}\right) \\ &= P\left(\frac{y-7.37}{1.63} > 0.613\right) \\ &= P(z > 0.613) \\ &= 1 - F_z(0.613) \end{aligned}$$

با توجه به جداول تابع توزیع نرمال استاندارد داریم:

$$F_Z(0.613) = 0.73$$

بنابراین:

$$P(y > 8.37) = 1 - 0.73 = 0.27$$

پس بنابراین با توجه به عدم قطعیت های دخیل در محاسبه سطح آب و با توجه به دبی طراحی، به احتمال ۲۷ درصد خانه‌ها دچار آبگرفتگی می شوند.

ارزیابی قابلیت اعتماد و آنالیز ریسک در سیستم‌های مهندسی آب

قابلیت اعتماد، میزان احتمالی است که یک سیستم هیدرولیکی با وجود محدودیت‌های خاص قادر است وظیفه خود را در مکان و در زمان معین انجام دهد و ارزیابی قابلیت اعتماد روندی است که طی آن احتمال بیشتر بودن مقاومت سازه از بارگذاری موجود ارزیابی می‌گردد. در مقابل، با استفاده از آنالیز ریسک احتمال شکست سازه در شرایطی که بارگذاری بیشتر از مقاومت باشد برآورد می‌گردد. آنالیز ریسک و ارزیابی قابلیت اعتماد، هر دو، بر اساس منابع مختلف عدم قطعیت تعریف و تبیین می‌گردند [۸]. شکل شمارهٔ (۲) انواع مختلف مسائل قابلیت اعتماد را نمایش می‌دهد.

در یک سیستم مهندسی آب، بارگذاری[1] یا درخواست[2]، مقدار جریان ورودی و یا فشار وارد بر سیستم با توجه به تقاضاست و ظرفیت[3] یا مقاومت[4]، ظرفیت حمل جریان توسط آن سیستم می‌باشد [۶].

اگر بارگذاری را با L و ظرفیت را با C، نمایش دهیم، ریسک $\overline{R}$، به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\overline{R} = P\left(\frac{C}{L} < 1\right) = P(C - L < 0) \qquad (۱۰)$$

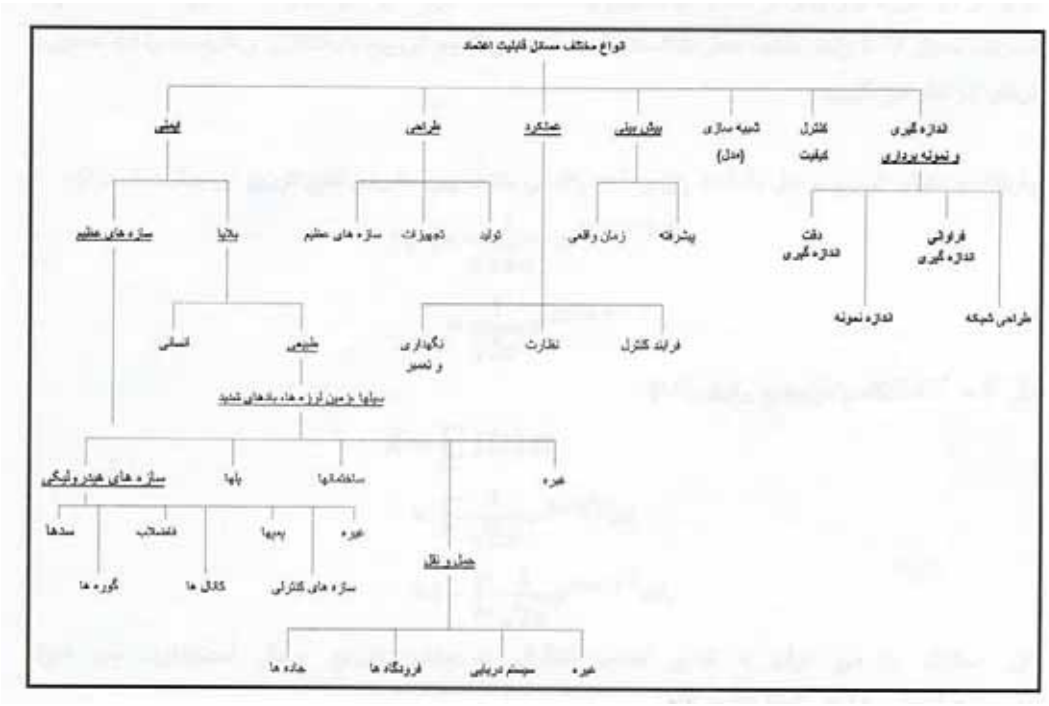
و طبعاً قابلیت اعتماد R، عبارتست از:

$$R = 1 - \overline{R} = P(L < C) \qquad (۱۱)$$

می‌باشد. قابلیت اعتماد و ریسک به تابع توزیع احتمالاتی C و L بستگی دارد، به طوری که L دارای تابع توزیع احتمالی $f(L)$ و C داری تابع توزیع احتمالی $g(C)$ می‌باشد. اگر C^*، مقاومت مشخصی باشد:

$$\overline{R} = P(L > C^*) = \int_{C^*}^{\infty} f(L)dL \qquad (۱۲)$$

1- *Loading*
2- *Demanding*
3- *Capacity*
4- *Resistance*



شکل (۲)- انواع مختلف مسائل قابلیت اعتماد [۹]

مقدار مقاومت به طور دقیق شناخته شده نیست و همانطور که در بالا گفته شد می‌تواند به صورت تابع توزیع احتمالاتی بیان شود. با توجه به این موضوع و با فرض آنکه L و C دو متغیر تصادفی مستقل هستند، ریسک موجود در سیستم از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$\overline{R} = \int_{-\infty}^{\infty} \left[\int_{C}^{\infty} f(L)dL \right] g(C)dC \qquad (۱۳)$$

و همانطور که در بالا گفته شد، ریسک و قابلیت اعتماد متمم یکدیگرند؛ پس بنابراین

$$R = 1 - \overline{R} = \int_{-\infty}^{\infty} \left[\int_{0}^{C} f(L)dL \right] g(C)dC \qquad (۱۴)$$

مثال ۳: مقدار آب مورد نیاز شهری در سال آینده، سه واحد و با انحراف معیار یک واحد تخمین زده می‌شود. اولاً اگر ظرفیت آب قابل تأمین برای این شهر 5 واحد تخمین زده شده باشد، آنگاه می‌خواهیم ریسکی را که به ازای آن آب مورد نیاز بیش از مقدار آب تأمینی باشد، محاسبه کنیم. ثانیاً اگر ظرفیت تخمین زده شده، دارای انحراف معیار 0.75 واحد باشد، خطر شکست را حساب می‌کنیم. توزیع بارگذاری و ظرفیت را به صورت نرمال در نظر می‌گیریم.

بارگذاری دارای توزیع نرمال با $\mu_L = 3$ و $\sigma_L = 1$ می باشد. پس بنابراین تابع توزیع آن عبارت است از:

$$f(L) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_L} e^{-(L-\mu_L)^2/2\sigma_L^2}$$
$$= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-(L-3)^2/2}$$

اگر $C^* = 5$، آنگاه با توجه به رابطه (۱۲):

$$\overline{R} = \int_{C^*}^{\infty} f(L)\, dL$$
$$= \int_{5}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-(L-3)^2/2} dL$$
$$= 1 - \int_{\infty}^{5} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-(L-3)^2/2} dL$$

این انتگرال را می توان با تبدیل متغیر انتگرال به متغیر توزیع نرمال استاندارد، حل نمود:
$u = (L - \mu_L)/\sigma_L = (L-3)/1 = L-3$ ، بنابراین خواهیم داشت:

$$\overline{R} = 1 - \int_{-\infty}^{2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-u^2/2} du$$
$$= 1 - F_z(2)$$

با استفاده از جدول توزیع نرمال استاندارد $F_z(2) = 0.977$ می باشد؛ پس:

$$\overline{R} = 1 - 0.977 = 0.023$$

بنابراین ریسک کمبود آب ۲/۳ درصد است.

همچنین ظرفیت دارای توزیع نرمال با $\mu_C = 5$ و $\sigma_C = 0.75$ می باشد، با توجه به رابطه تابع توزیع نرمال داریم:

$$g(C) = \frac{1.333}{\sqrt{2\pi}} e^{-(C-5)^2/1.125}$$

با استفاده از رابطه (۱۲) خطر شکست عبارت است از:

$$\overline{R} = \int_{-\infty}^{\infty} \left[\int_{C}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-(L-3)^2/2} dL \right] \frac{1.333}{\sqrt{2\pi}} e^{-(C-5)^2/1.125} dC$$

حل عددی انتگرال فوق نشان می دهد که مقدار $\overline{R} = 0.052$ است، و درنتیجه خطر شکست پروژه با در نظر گرفتن فرضیات فوق ۵/۲ است.

تحلیل ریسک بر اساس روش‌های حاشیه ایمنی[1] و ضریب ایمنی[2]

روش حاشیه ایمنی

حاشیه ایمنی به تفاوت بین ظرفیت پروژه و بارگذاری طراحی اطلاق می‌شود، $SM = C - L$. بنابراین با بازگشت به رابطه (۱۰)

$$\begin{aligned}\overline{R} &= P(C - L < 0) \\ &= P(SM < 0)\end{aligned} \qquad (۱۵)$$

اگر C و L دو متغیر تصادفی باشند، میانگین SM از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\mu_{SM} = \mu_C - \mu_L \qquad (۱۶)$$

و واریانس آن به وسیله

$$\sigma_{SM}^2 = \sigma_C^2 + \sigma_L^2 \qquad (۱۷)$$

و انحراف معیار آن با رابطه زیر به دست می آید:

$$\sigma_{SM} = \left(\sigma_C^2 + \sigma_L^2\right)^{1/2} \qquad (۱۸)$$

اگر حاشیه ایمنی دارای توزیع نرمال باشد آنگاه متغیر تصادفی z، $z = \dfrac{SM - \mu_{SM}}{\sigma_{SM}}$، دارای توزیع نرمال استاندارد می‌باشد.

$$\begin{aligned}\overline{R} &= P\left(\frac{SM - \mu_{SM}}{\sigma_{SM}} < \frac{-\mu_{SM}}{\sigma_{SM}}\right) \\ &= P\left(z < -\frac{\mu_{SM}}{\sigma_{SM}}\right) \\ &= F_z\left(-\frac{\mu_{SM}}{\sigma_{SM}}\right)\end{aligned} \qquad (۱۹)$$

مثال ۴: اکنون قسمت دوم مثال ۳ را با روش حاشیه ایمنی محاسبه می‌کنیم. فرض می‌کنیم، حاشیه ایمنی دارای توزیع نرمال می‌باشد و $\mu_C = 5$ واحد، $\sigma_C = 0.75$ واحد، $\mu_L = 3$ واحد و $\sigma_L = 1$ واحد است.

با استفاده از رابطه (۱۶) $\mu_{SM} = \mu_C - \mu_L = 5 - 3 = 2$ و رابطه (۱۸) $\sigma_{SM} = 1.25$ محاسبه می‌شود،

1- *Safety Margin*
2- *Safety Factor*

اکنون با استفاده از رابطه (۱۹) خواهیم داشت:

$$\begin{aligned}\overline{R} &= F_z\left(-\frac{\mu_{SM}}{\sigma_{SM}}\right)\\ &= F_Z\left(-\frac{2}{1.25}\right)\\ &= F_Z(-1.6)\end{aligned}$$

با مراجعه به جدول توزیع نرمال استاندارد $\overline{R} = 0.055$ است که به مقدار حل عددی آن بسیار نزدیک است.

باید توجه داشت که روش مذکور با این فرض است که، حاشیه ایمنی دارای توزیع نرمال می‌باشد، اما مشخص نمی‌کند که بارگذاری و ظرفیت چه توزیعی دارند. نشان داده می‌شود که اگر $\overline{R} > 0.001$ باشد، $\overline{R}$ تحت تأثیر توزیع C و L قرار نمی گیرد و بنابراین فرض نرمال بودن SM صحیح می‌باشد، برای $\overline{R} \le 0.001$، باید از روش تحلیل رابطه (۱۳) استفاده شود [۶].

ضریب ایمنی

ضریب ایمنی، SM، برابر با نسبت C/L است و ریسک شکست با عبارت $P(SF<1)$ بیان می‌شود. با گرفتن لگاریتم از طرفین نامساوی داریم:

$$\begin{aligned}\overline{R} &= P(SF<1)\\ &= P(\ln(SF)<0)\\ &= P\left(\ln\left(\frac{C}{L}\right)<0\right)\end{aligned} \qquad (۲۰)$$

اگر ظرفیت و بارگذاری دو متغیر تصادفی مستقل و دارای توزیع لوگ نرمال باشند، آنگاه ریسک شکست عبارت است از [۶]:

$$\overline{R} = F_z\left(\frac{-\ln\left[\frac{\mu_C}{\mu_L}\left(\frac{1+\Omega_L^2}{1+\Omega_C^2}\right)^{1/2}\right]}{\left\{\ln\left[\left(1+\Omega_C^2\right)\left(1+\Omega_L^2\right)\right]\right\}^{1/2}}\right) \qquad (۲۱)$$

مثال ۵: قسمت دوم مثال ۳ را با فرض لوگ نرمال بودن تابع توزیع ظرفیت و بارگذاری مجدداً حل می‌نماییم.

مطابق با مثال ۳، $\mu_C = 5$ و $\sigma_C = 0.75$ است، پس بنابراین $\Omega_C = 0.15$، $\mu_L = 3$ و $\sigma_L = 1$ و در نتیجه $\Omega_L = 0.333$ می‌باشد. پس از استفاده از رابطه (۲۱)، مقدار $\overline{R} = 0.061$ به دست می‌آید.
با مقایسه نتایج مثال ۴ و ۵ درمی‌یابیم که تغییر توزیع ظرفیت و بارگذاری از نرمال به لوگ نرمال تغییر چشم‌گیری در نتایج ایجاد نمی‌کند.

بحث و نتیجه گیری

امروزه استفاده از روش‌های احتمالاتی در کلیه علوم محض ومهندسی جای خود را برای پیش‌بینی وقایع و پدیده‌ها باز کرده است. استفاده از این روش در طراحی و پیش‌بینی وقایع مستلزم شناخت دقیق عدم قطعیت‌ها می‌باشد. شناخت عدم قطعیت‌ها به طراح وسعت دید گسترده‌تری می‌دهد و به تصمیم‌گیرندگان اجازه می‌دهد که با اطلاعات بیشتر و شناخت عمیق‌تری در مورد یک پدیده، تصمیم‌گیری کرده و راندمان سیستم را حداکثر کنند. به نظر می‌رسد استفاده از این روش در طرح‌های کنترل و کاهش خسارات سیل (مهندسی سیلاب) به دلیل وجود انواع عدم قطعیت‌ها در تمام مراحل طراحی ضروری باشد. استفاده از روش احتمالاتی در مهندسی سیلاب می‌تواند، روشی منطقی برای تعریف مناسب بارگذاری منتجه از فرایندهای تصادفی و طبیعی ایجاد کند. به علاوه، در بارگذاری های طبیعی، اثر عدم قطعیت‌های هیدرولیکی و هیدرولوژیکی در طراحی اعمال می‌گردد. همچنین، استفاده از این روش، راهکاری برای حذف ضریب اطمینان و جایگزینی محاسبات استاتیکی ارائه می‌نماید و نیز، اساسی را برای کمی نمودن ریسک که ابزاری مهم برای طراحی بهینه است، فراهم می‌کند.
از طرفی استفاده از روش احتمالاتی در طراحی و مطالعه عدم قطعیت‌ها تنها در صورت داشتن آمار کامل، بلند مدت و قابل اعتماد توجیه‌پذیر است و این در حالی است که تهیه آمار در کشور ما کار ساده‌ای نیست و با صرف وقت و هزینه فراوان، در انتها آمار یافته شده بسیار ناقص و غیر قابل اعتماد است. لذا پیشنهاد می‌گردد برای استفاده هرچه بهتر از این روش ابتدا پایگاه‌ها و بانک‌های اطلاعاتی مناسب، به طور متمرکز به وجود آید تا با جمع‌آوری اطلاعات سیل‌های گذشته و آمار مربوط به آن طراحی‌ها منطقی‌تر و فراگیرتر باشد. در صورت کمبود آمار و اطلاعات استفاده از قضاوت‌های مهندسی مبتنی بر تجربه و شناخت بهترین راه برای جبران این نقیصه می‌باشد.

منابع و مراجع

۱- سنگین آبادی، حمید(۱۳۸۴). تعیین ارتفاع بهینه دیوارهای سیل بند با استفاده از آنالیز ریسک. پایان نامه کاشناسی ارشد. دانشگاه صنعت آب و برق. ۱۴۳ صفحه.

۲- کایت، ج، دبلیو. (۱۳۶۹). تحلیل فراوانی وقایع و ریسک در هیدرولوژی. ترجمه دکتر ابوالقاسم بزرگ‌نیا، دکتر امین علیزاده، دکتر محمود نایب‌زاده، مهندس حمید خیابانی، انتشارات آستان قدس

رضوی. ۳۳۳ صفحه.

۳- حیدری، علی(۱۳۸۳). «شبیه‌سازی هیدروگراف سیل براساس عدم قطعیت پارامترهای مدلهای بارش – رواناب» ، مجله استقلال، سال۲۳، شماره۲، صفحه ۹۳- ۱۱۱.

۴- رائو، آ. راماچاندرا (۱۳۸۱). تحلیل فراوانی سیل. ترجمه دکتر سعید اسلامیان، مهندس سعید سلطانی کوپائی، انتشارات ارکان. ۲۴۵ صفحه.

۵- امامی، کامران (۱۳۸۳). «روش‌های غیرسازه‌ای کنترل سیلاب»، کارگاه فنی روش‌های غیرسازه‌ای کنترل سیلاب. ۶۴ صفحه.

6- Chow, V. T., Maidment, D. R., et al. (1988). "Applied Hydrology". Singapore, McGraw-Hill; 572p.

7- Mays, L. W. (1996). "Water Resources Handbook". Arizona State University, McGraw-Hill; 1568p.

8- Mays, L.W.(1992)."Hydrosystem Engineering and Management". Arizona State University, McGraw-Hill;523

9- Tung, .Y.K, Yen,. B.C, Melching,. C.S. (2006).”Hydrosystems Engineering Reliability Assessment and Risk Analysis. Mc-Graw Hill, 468p

10- UNITED NATION. (2005).”Guidelines for Reducing Flood Losses”. 87p

11- Krzysztofowicz, R. (1993). “A theory of flood warning systems”. Water resources research. 29(12); pp 3981-3994.

کارگاه فنی همزیستی با سیلاب
۲۵ مرداد ماه ۱۳۸۵

بررسی پتانسیل‌های بهره‌وری از سیلاب در استان خراسان شمالی

علیرضا بصیری[۱]، گلمحمد گریوانی[۲]، سعیده هدائی[۳]، محمد اکبرپور[۴]

چکیده

استان خراسان شمالی از نظر اقلیمی در ناحیه خشک و نیمه خشک واقع شده است. ۵۰ درصد از مساحت این استان دارای آب و هوای نیمه خشک متوسط و شدید می‌باشد. توزیع نامناسب مکانی و زمانی بارندگی و فقر پوشش گیاهی سبب شده است نزولات جوی همه ساله به صورت سیلاب‌های مخرب خسارات هنگفتی به سرمایه‌های جانی و مالی استان وارد سازد. این استان در فاصله سال‌های ۱۳۷۰-۱۳۳۰ از لحاظ خسارات سیل در کشور رتبه دوم را داشته است همچنین از ۹/۴ میلیارد متر مکعب کسری مخزن آب در سطح کشور این استان بیشترین کسری مخزن را دارد و این یک خطر جدی می‌باشد. از طرفی در نقاط زیادی از حوضه‌های آبخیز استان عرصه‌های مناسب با رسوبات دانه درشت جهت مهار، انباشت و پخش سیلاب بر روی مخروط افکنه‌های نفوذپذیر و در نتیجه مقابله با خسارات سیل، تغذیه و تقویت سفره‌های آب زیرزمینی و احیاء مراتع و جنگل‌ها وجود دارد.

در این مقاله پتانسیل‌های بهره‌وری از سیلاب با شناسایی نهشته‌های کواترنری در گستره استان و بررسی نقشه‌های موضوعی زمین‌شناسی و ژئومرفولوژی، ارزیابی و قابلیت اراضی، شیب، تدقیق با تصاویر ماهواره‌ای TM همچنین کنترل صحرایی و لحاظ شاخص‌های سیل‌خیزی، ضخامت آبرفت و اقتصادی و اجتماعی، شناسایی و در نهایت ۳۵ مکان از استان خراسان شمالی با وسعت ۰۰۰،۷۳ هکتار مشخص گردید.

واژگان کلیدی: استان خراسان شمالی، بهره‌وری، پخش سیلاب

۱- کارشناس ارشد آبخیزداری ، معاون فنی اجرایی سازمان جهاد کشاورزی خراسان شمالی

۲ - دکترای کشاورزی گرایش مناطق بیابانی، رئیس سازمان جهاد کشاورزی خراسان شمالی

۳- کارشناس آبخیزداری مدیریت آبخیزداری سازمان جهاد کشاورزی خراسان شمالی

۴- کارشناس آبخیزداری مدیریت آبخیزداری ، مدیر آبخیزداری سازمان جهاد کشاورزی خراسان شمالی

مقدمه:

سیل پدیده‌ای طبیعی است که همواره تحولات سنگینی در زندگی جوامع انسانی و گیاهی به همراه داشته است. استان خراسان شمالی با داشتن ضرایب سیل‌خیزی و فرسایش پذیری بالا همواره با خطر بروز سیلاب مواجه بوده و مساعد برای ایجاد سیلاب و تخریب‌هاست. آمار سیلاب‌های مخرب در این استان گویای این مطلب است.

بدیهی است در مواجهه با پدیده سیلاب در استان نباید صرفاً به جبران خسارات اکتفا نمود بلکه باید چاره‌ای اصولی اندیشید و با بهره‌گیری از تجربهٔ گذشته و دانش و امکانات و تجهیزات موجود راهکاری عملی و مؤثر تعیین و تبیین نمود. راهکار منطقی این است که وقتی سیل ایجاد می‌شود اقدامات لازم صورت گیرد تا اولاً از بروز خسارات جلوگیری به عمل آید و ثانیاً از سیلاب بهره‌برداری مطلوب صورت گیرد.

استفاده از آب سیلاب و پخش آن بر روی زمین جهت زراعت و نفوذ در زمین از دیرباز در نقاط مختلف جهان بسته به شرایط هر منطقه به اشکال گوناگون وجود داشته که در بعضی نقاط شواهد و آثار تاریخی دال بر آن است و در مناطق دیگر شیوه‌های سنتی باقیمانده که هنوز مورد بهره‌وری قرار می‌گیرند دلیل صادقی برای آن می‌باشد.

با عنایت به روند رشد جمعیت و مشکل کم آبی و از طرفی تبدیل رحمت الهی (نزولات آسمانی) به سیل و عذابی برای ساکنین استان و بهره‌برداری بی رویه از آبخوان‌ها و عدم تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی لزوم توجه بیشتر به سیلاب و بهره‌برداری بهینه از آن را ضروری می‌نماید.

در بسیاری از مناطق استان تأمین آب مورد نیاز بخش‌های مختلف تنها از منابع آب زیرزمینی امکان‌پذیر است. لذا این منابع از مهمترین عوامل توسعه اقتصادی و اجتماعی این مناطق به شمار می‌رود. جلوگیری از تخریب و نابودی این منابع در صورتی امکان‌پذیر خواهد بود که برنامه‌ریزی اصولی و صحیح در بهره‌برداری و نگهداری از آنها تدوین و اجرا گردد. در این راستا، استفاده بهینه از سیلاب‌ها و منابع آبهای سطحی استان در تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی و تأمین آب مورد نیاز در بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت همواره به عنوان عامل مؤثر و مهم تلقی می‌گردد.

در استان خراسان شمالی همه ساله حجم قابل توجهی از رواناب تولیدی به صورت جریان‌های سیلابی از دسترس خارج می‌شود. (حجم رواناب سطحی سالیانه استان ۱/۳ میلیارد متر مکعب می‌باشد.) و این در حالی است که در نقاط زیادی از حوضه‌های آبخیز استان عرصه‌های مناسب با رسوبات دانه درشت جهت انباشت سیلاب به منظور توسعه کشاورزی، مهار سیل، افزایش تولیدات گیاهی و احیاء جنگل‌ها و مراتع وجود دارد که لازم است این عرصه‌ها شناسایی و با انتخاب مناسب‌ترین و کارآمدترین روش‌ها به صورت بهینه مورد بهره‌برداری قرار گیرد.

وسایل و روش‌ها:

جهت اجرای طرح، پتانسیل‌های بهره‌برداری از سیلاب با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی و گسترش نهشته‌های کواترنری و نقشه‌های ارزیابی و قابلیت اراضی مورد بررسی قرار گرفت. همچنین با توجه به در دسترس بودن تصاویر ماهواره‌ای پوشش کل کشور، مکان‌های مستعد پخش و بهره‌برداری از سیلاب در یک سطح اطمینان قابل قبول مورد شناسایی واقع شد.

قرار گرفتن مخروط‌های افکنه در کوهپایه‌ها، حضور رسوبات دانه درشت را تداعی می‌کند که از نظر سن زمین‌شناسی متعلق به دوره کواترنر می‌باشند. لذا واحدهای کواترنر که در مجاور مسیل‌ها و رودخانه‌ها واقع شده‌اند نیز مورد توجه قرار گرفتند.

با مشخص شدن محدوده مخروطهای افکنه و نهشته‌های کواترنری شامل رسوبات رودخانه‌ای، تراس‌های آبرفتی قدیمی، دشت‌های رسوبی، رسوبات آبرفتی جدید، تراس‌های آبرفتی جدید و مخروط افکنه‌ها و رسوبات کواترنری براساس تصاویر ماهواره‌ای و نیز نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ زمین‌شناسی، قابلیت و ارزیابی اراضی با استفاده از نقشه ارزیابی اراضی ۱:۲۵۰۰۰۰ مورد بررسی قرار گرفت و واحدهای اراضی با شیب کم و آبرفتی شامل فلات‌ها و تراس‌های فوقانی ، دشت‌های دامنه‌ای با خطر سیل‌گیری بالا و مقدار زیادی سنگریزه در طبقات زیرین، دشت‌های آبرفتی رودخانه‌ای، دشت‌های سیلابی با مقدار زیاد سنگریزه و واریزه‌های بادبزنی شکل سنگریزه‌دار تفکیک شدند.

جهت لحاظ تأثیر کاربری اراضی با روش تفسیر چشمی‌از تصاویر ماهواره‌ای استفاده به عمل آمد و جهت افزایش دقت تفسیرها از تصاویر رنگی کاذب استفاده شد و ترکیب‌های مختلفی از تصاویر ماهواره‌ای چند طیفی ایجاد گردید و در نهایت از محاسن این ترکیب رنگی کاذب این است که پوشش گیاهی به رنگ واقعی خودش در تصویر ظاهر می‌گردد و اطلاعات مربوط به خاک و سنگ نیز به دلیل شرکت باند ۷ در ترکیب رنگی بیشتر آشکار می‌گردد.

در جریان تفسیر چشمی‌تصاویر با مشخصات مذکور با توجه به الگو و شکل مخروط افکنه‌ها محدوده آنها بر روی تصویر ماهواره‌ای لندست سنجنده +ETM که متعلق به سال ۱۹۸۷ می‌باشد مشخص گردید. همچنین نهشته‌های کواترنری مجاور مسیل‌ها و آبراهه‌ها تشخیص داده شد و کاربری اراضی و محدوده‌های با کاربری غیر کشاورزی مورد شناسایی قرار گرفت و از کاربری کشاورزی مجزا گشت.

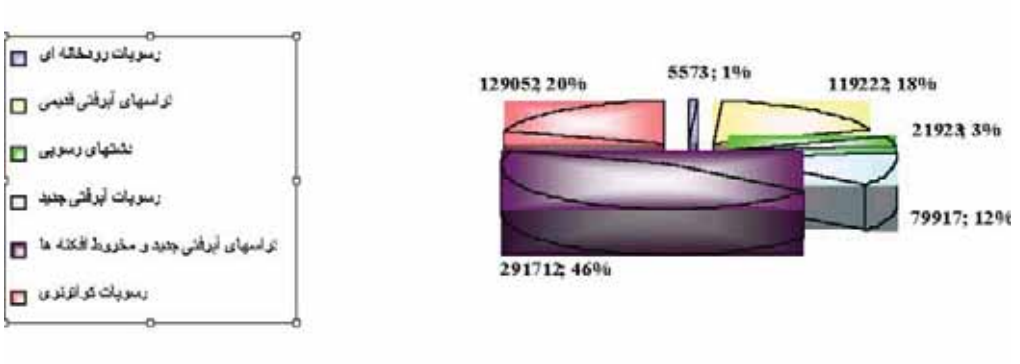
با تلفیق نقشه‌های فوق و حذف اراضی که با مشکل کم آبی مواجه نبودند نقشه اولیه مکان‌های مستعد پخش سیلاب و بهره‌وری از آن تهیه گردید.

در مراحل بعدی از تمامی‌عرصه‌هایی که بر اساس بررسی‌های قبلی مناسب ارزیابی شده بود بازدید به عمل آمد و با مشاهده محل، بررسی‌های لازم از لحاظ موقعیت، توپوگرافی و شیب، ویژگی نهشته‌های آبرفتی، سیل‌خیزی آبراهه و نیاز به آب عرصه صورت گرفت و نقشه نهایی تهیه گردید.

جدول شماره ۱- نهشته‌های آبرفتی استان خراسان شمالی

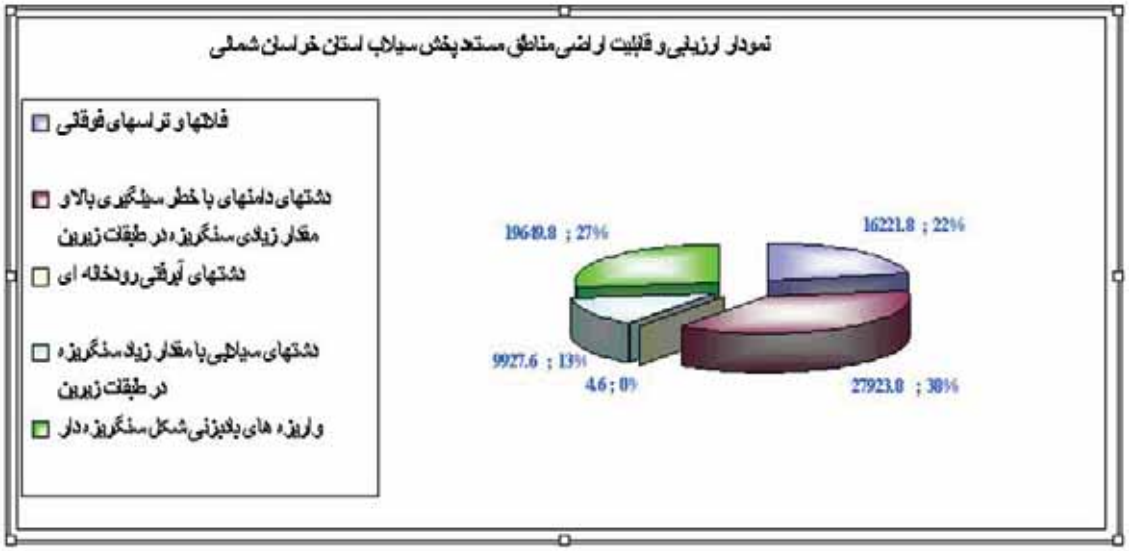
نوع نهشته	وسعت
رسوبات رودخانه‌ای	۵۵۷۳
تراس‌های آبرفتی قدیمی	۱۱۹۲۲۲
دشت‌های رسوبی	۲۱۹۲۳
رسوبات آبرفتی جدید	۷۹۹۱۷
تراس‌های آبرفتی جدید و مخروط افکنه‌ها	۲۹۱۷۱۲
رسوبات کواترنری	۱۲۹۰۵۲
جمع کل	۶۴۷۳۹۹

نمودار ۱- نمودار نهشته‌های آبرفتی استان خراسان شمالی



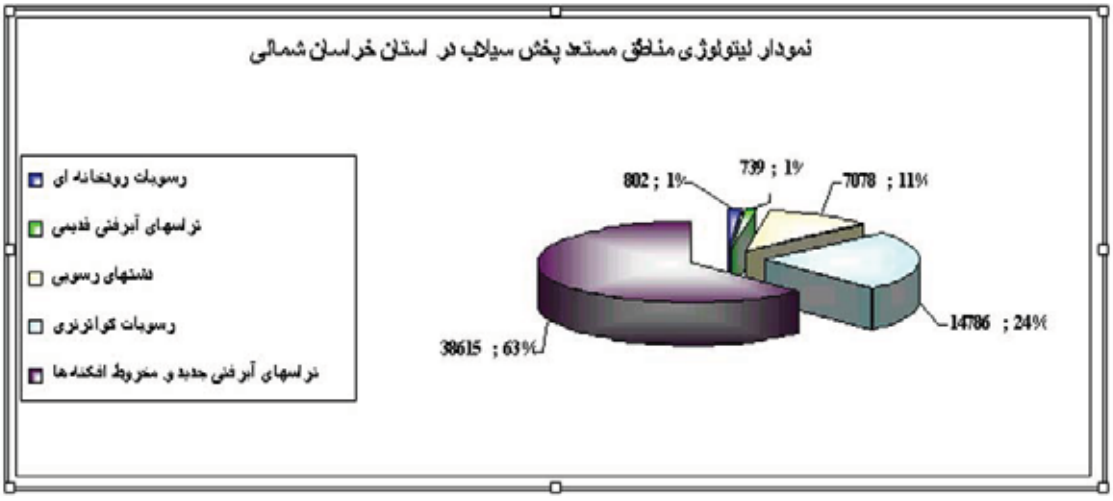
جدول شماره ۲- ارزیابی و قابلیت اراضی مناطق مستعد پخش سیلاب در استان

نوع قابلیت اراضی	وسعت(هکتار)
فلات‌ها و تراس‌های فوقانی	۱۶۲۲۱/۸
دشت‌های دامنه‌ای با خطر سیل‌گیری بالا و مقدار زیادی سنگریزه در طبقات زیرین	۲۷۹۲۳/۸
دشت‌های آبرفتی رودخانه‌ای	۴/۶
دشت‌های سیلابی با مقدار زیاد سنگریزه در طبقات زیرین	۹۹۲۷/۶
واریزه‌های بادبزنی شکل سنگریزه دار	۱۹۶۴۹/۸
جمع کل	۷۳۷۲۷/۶

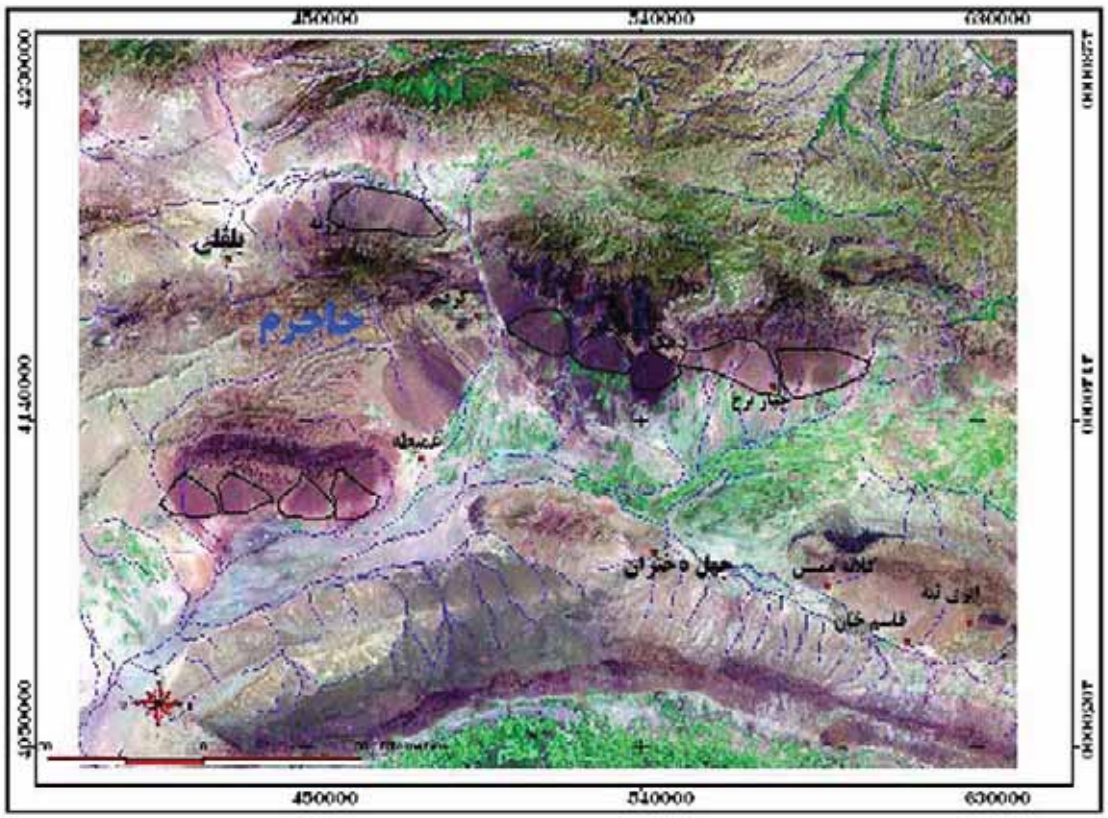


جدول شماره ۳- لیتولوژی مناطق مستعد پخش سیلاب در استان

نوع لیتولوژی	وسعت(هکتار)
رسوبات رودخانه‌ای	۸۰۲
تراس‌های آبرفتی قدیمی	۷۳۹
دشت‌های رسوبی	۷۰۷۸
رسوبات کواترنری	۱۴۷۸۶
تراس‌های آبرفتی جدید و مخروط افکنه‌ها	۳۸۶۱۵
جمع کل	۶۲۰۲۰



نقشه شماره ۱- محدوده مخروط‌های افکنه با کاربری غیر کشاورزی به روش تفسیر چشمی



اولویت‌بندی عرصه‌های مستعد پخش سیلاب با لحاظ کردن میزان محدودیت، صورت گرفت و دو عامل شیب عرصه و وضعیت سیل‌خیزی به عنوان شاخص‌های مورد نظر جهت اولویت بندی مد نظر قرار گرفتند و مناطق مستعد در سه اولویت اول، دوم و سوم مشخص گردیدند.

جدول شماره ۴- کلاس شیب مناطق مستعد پخش سیلاب استان

کلاس شیب	وسعت
۰-۲	۴۶۴۳۹
۲-۵	۲۴۱۶۹
جمع کل	۷۰۶۰۸

جدول شماره ۵- شاخصهای مورد استفاده در اولویت بندی مناطق پخش سیلاب

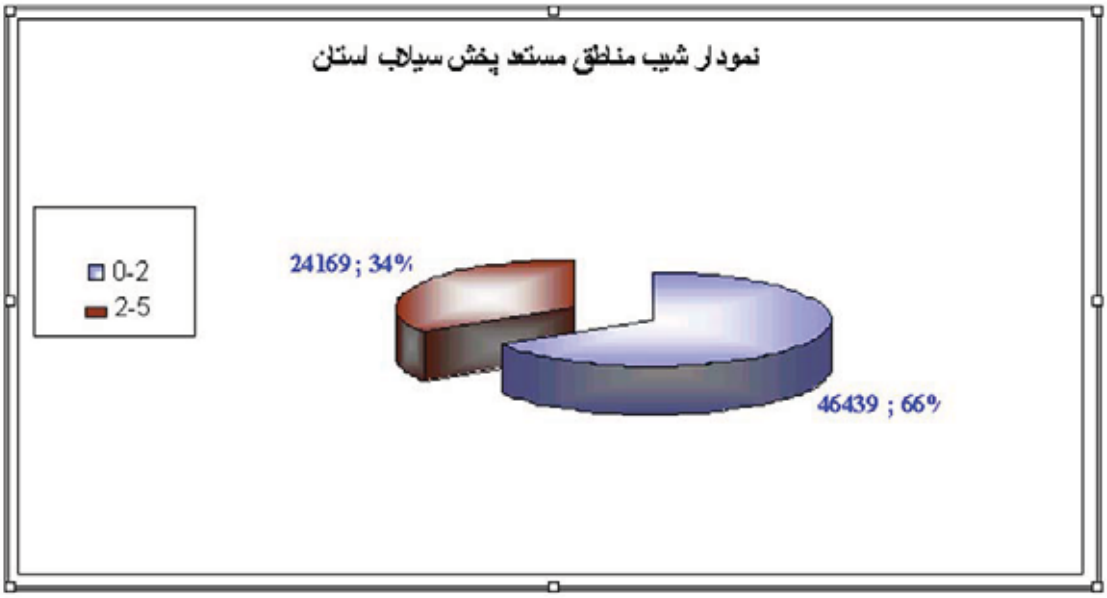
شاخص‌ها	اولویت ۱(اول)	اولویت ۲(دوم)
شیب	**S1 ۲ -۰**	**S2 ۵-۲**
سیل‌خیزی	**F1 متوسط تا زیاد**	**F2 کم**

S1F1 : اولویت اول

S1F2 : اولویت دوم

S2F1 : اولویت دوم

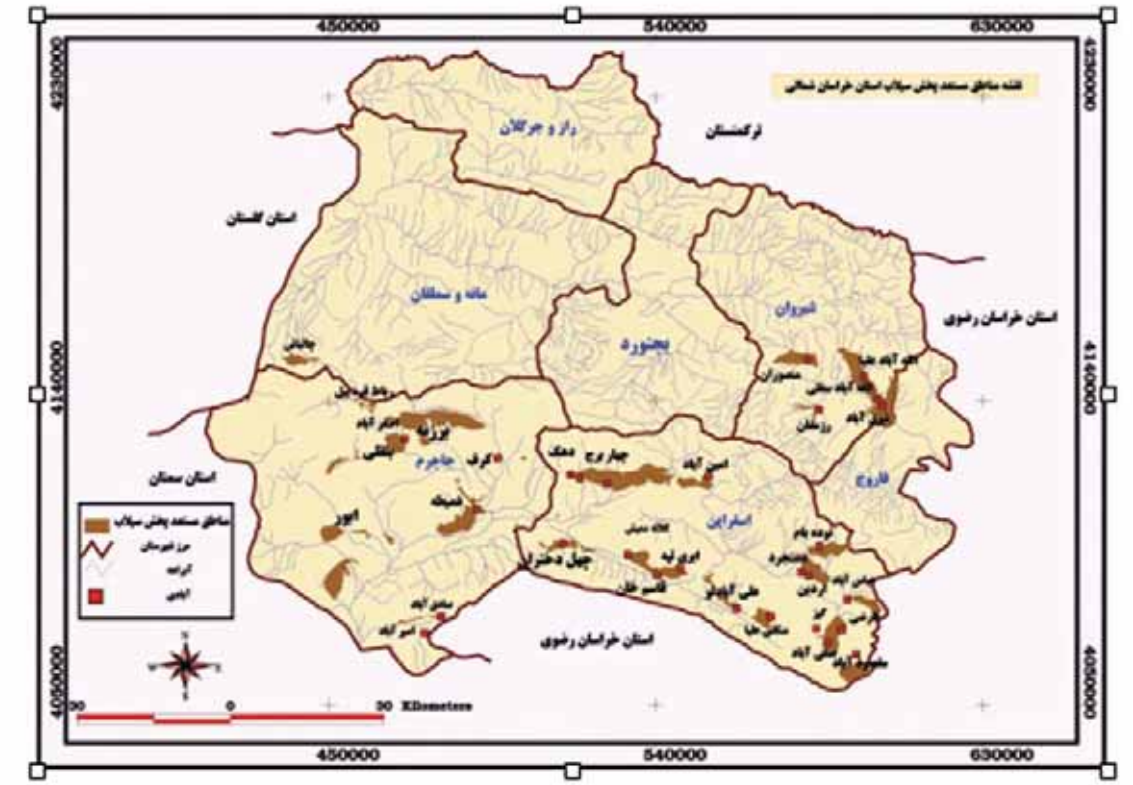
S2F2 : اولویت سوم



جدول شماره ۶- عرصه‌ای مستعد پخش سیلاب در استان خراسان شمالی با اولویت‌بندی

ردیف	نام عرصه	وسعت عرصه پخش	شیب	سیل‌خیزی	کلاس اولویت
۱	مقصودآباد	۳۲۳۲/۶۸	S1	F1	اول
۲	قارضی- صفی آباد	۴۸۶۴/۷۷	S1	F1	اول
۳	عباس آباد	۲۰۷۲/۷۶	S2	F1	دوم
۴	اردین	۱۱۱۴/۶	S2	F1	دوم
۵	دستجرد	۲۲۶۳/۳۶	S2	F2	سوم
۶	نوده بام	۳۵۶۳/۳۶	S1	F1	اول
۷	منگلی	۲۲۷۳/۸۳	S1	F2	دوم
۸	شوق آباد- برزل آباد	۵۶۱۰/۹	S1	F2	دوم
۹	الله آباد	۵۹۳۵/۵	S1	F1	اول
۱۰	منصوران	۳۷۳۵/۹	S2	F1	دوم
۱۱	رزمغان	۲۴۵۵/۸۱	S2	F1	دوم
۱۲	گراتی-علی آبادلو	۲۲۲۷/۵	S1	F2	دوم
۱۳	قاسم خان- کلاته ممیش	۴۹۷۸/۸	S1	F1	اول
۱۴	چهل دختران	۲۹۷۷	S1	F1	اول
۱۵	دهک-چهاربرج	۵۲۸۴/۶	S2	F2	سوم
۱۶	ایرج- سارمران	۶۸۸۶/۴۵	S1	F1	اول
۱۷	امین آباد	۲۴۱۵	S2	F1	دوم
۱۸	ایور	۶۰۴	S1	F1	اول
۱۹	رحمت آباد	۱۳۵۸	S1	F2	دوم
۲۰	بیدک	۴۷۵۹/۶	S2	F1	دوم
۲۱	یوسف آباد	۷۴۵	S1	F1	اول
۲۲	سعید آباد	۶۷۶/۴	S1	F1	اول
۲۳	غمیته -جربت	۱۵۰۵/۲	S1	F2	دوم
۲۴	حسین آباد	۴۸۰۷	S1	F2	دوم
۲۵	کلاته جان	۲۳۶/۴	S2	F1	دوم
۲۶	کرف	۲۵۵/۳	S2	F1	دوم
۲۷	کلاته ترک- قلی	۲۴۱/۴	S2	F2	سوم
۲۸	اصغرآباد- کلاته حاج علی	۹۹۶۴/۵	S1	F1	اول
۲۹	برزنه	۶۹۲/۷	S2	F1	دوم
۳۰	شورک بالا	۲۴۷۹	S1	F1	اول
۳۱	رباط قره بیل	۲۶۲۳/۲	S2	F1	دوم
۳۲	مرغزار	۹۲۲/۹	S2	F2	سوم
۳۳	بوریان	۳۱۰/۷	S2	F2	سوم
۳۴	چالباش	۱۸۹۸/۳	S2	F2	سوم
۳۵	خالدآباد	۱۳۳/۲	S1	F1	اول

نقشه شماره ۲- نقشه نهایی مناطق مستعد پخش سیلاب در استان خراسان شمالی



نتیجه‌گیری

نهشته‌های آبرفتی استان بر اساس نقشه‌های تهیه شده در مجموع ۶۴۷۳۹۹ هکتار وسعت دارند و شامل رسوبات رودخانه‌ای به وسعت ۵۵۷۳ هکتار، تراس‌های آبرفتی قدیمی به وسعت ۱۱۹۲۲۲ هکتار، دشت‌های رسوبی به وسعت ۲۱۹۲۳ هکتار، رسوبات آبرفتی جدید به وسعت ۷۹۹۱۷ هکتار، تراس‌های آبرفتی جدید و مخروط افکنه‌ها به وسعت ۲۹۱۷۱۲ هکتار، رسوبات کواترنری به وسعت ۱۲۹۰۵۲ هکتار می‌باشند.

با تلفیق نقشه‌ها و تفسیر چشمی تصاویر ماهواره‌ای و حذف اراضی که با مشکل کم آبی مواجه نبودند مکان‌های مناسب شناسایی و نقشه پراکنش تهیه گردید. وسعت این عرصه‌ها به عنوان عرصه‌های نهایی بهره‌وری از سیلاب در گستره استان ۷۳۰۰۰ هکتار است که در ۳۵ مکان پراکنش یافته‌اند و اولویت‌بندی عرصه‌ها مطابق جدول شماره ۶ انجام شده است.

عرصه‌های مقصود لو، قارضی- صفی آباد، نوده بام، الله آباد، قاسم خان- کلاته ممیش، چهل دختران، ایرج- سارمران، ایور، یوسف آباد، خالد آباد، سعید آباد، اصغر آباد- کلاته حاج علی و شورک بالا به عنوان عرصه‌های دارای اولویت اول معرفی شدند.

عرصه‌های عباس آباد، اردین، منگلی، شوق آباد- برزل آباد، منصوران، رزمغان، گراتی- علی آبادلو، امین آباد، رحمت آباد، بیدک، غمیته – جربت، حسین آباد، کلاته جان، کرف، برزنه و رباط قره بیل به عنوان عرصه‌های دارای اولویت دوم معرفی شدند.

عرصه‌های دستجرد، دهک- چهاربرج، کلاته ترک- قلی، مرغزار، بوریان و چالباش به عنوان عرصه‌های دارای اولویت سوم معرفی شدند.

نتایج حاصل از بررسی‌ها نشان می‌دهد که بیشترین مشکل کم آبی و نیز عمده خسارات سیل استان مربوط به بخش جنوب غربی می‌باشد و همچنین این بخش از لحاظ وجود منابع آب در نهشته‌های کواترنری و وجود مخروطهای افکنه غنی می‌باشد.

منابع مورد استفاده

۱- جعفری، سید محی الدین، ۱۳۷۹، بررسی عوامل مؤثر در مکانیابی مناطق مستعد عملیات پخش سیلاب، دومین همایش دستاوردهای ایستگاه‌های پخش سیلاب، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری

۲- قرمز چشمه، باقر و همکاران، ۱۳۷۹، تعیین شاخصهای مورد نیاز در مکانیابی پخش سیلاب، مطالعه موردی دشت میمه اصفهان، دومین همایش دستاوردهای ایستگاههای پخش سیلاب، مرکز حفاظت خاک و آبخیزداری

۳- وزارت کشاورزی، نقشه‌های ارزیابی طبقه بندی اراضی ۱:۲۵۰۰۰۰ محدوده استان خراسان شمالی

۴- سازمان زمین‌شناسی کشور، نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ زمین‌شناسی محدوده استان خراسان شمالی

۵- تصاویر ماهواره‌ای ETM+ محدوده استان خراسان شمالی سال ۱۹۸۷

کارگاه فنی همزیستی با سیلاب
۲۵ مرداد ماه ۱۳۸۵

راهکارهای کاهش خسارات سیلاب

مرتضی بهزادفر[۱]

چکیده

سیلاب‌ها دارای بیشترین پتانسیل خسارت در بین بلای‌های طبیعی در جهان هستند. شواهد نشان می‌دهند آهنگ رشد تلفات انسانی امروزه روند هشدار دهنده‌ای به خود گرفته است. آنچه که در این میان می‌تواند نقش مؤثری در کاهش تلفات و خسارات ناشی از سیلاب داشته باشد، تفهیم و عملیاتی نمودن تفکر جامع (Holistic or Integrated approach) در مدیریت سیلاب است. توجه به وجوه اقتصادی و اجتماعی ناشی از خسارات سیلاب، عوامل کلیدی و اساسی مؤثر در وقوع سیلاب (Risk assessment)، ارائه طرح‌های اجرایی و مدیریتی با نگاه توسعه پایدار حوزه‌های آبخیز (sustainable planning and development)، اجرا (شامل اقدامات پیش از وقوع سیلاب، در حین وقوع سیلاب و پس از آن)، ارزیابی و پایش(Monitoring) طرح همه از اجزای این دیدگاه مدیریتی هستند. مقاله حاضر برگرفته از گزارش ارائه شده توسط سازمان ملل متحد تحت عنوان راهکارهای کاهش خسارات سیلاب (Guidelines for reducing flood losses) می‌باشد که سعی در معرفی این راهکارها به مدیران و تصمیم‌گیرندگان از دیدگاه کارشناسانی دارد که مسائل سیلاب را در مقیاس جهانی مورد بررسی قرار داده و مجموعه‌ای از راهکارهای عمومی مؤثر در فرایند تصمیم سازی مدیریت سیلاب را معرفی نموده‌اند.

مقدمه

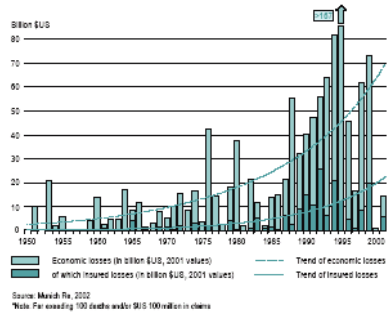
امروزه وقوع مخاطرات طبیعی و تأثیرات اقتصادی آنها روند فزاینده‌ای به خود گرفته است. در این میان سیلاب بیش از $\frac{1}{3}$ کل خسارات را به خود اختصاص داده و $\frac{2}{3}$ کل تلفات ناشی از بلایای طبیعی اختصاص به سیلاب دارد که بیش از ۹۰٪ این افراد در قاره آسیا زندگی می‌کنند.

آمار کشته شدگان ناشی از سیلاب در فاصله سال‌های ۱۹۹۰-۱۹۸۱ از ۱۴۷ میلیون نفر در سال به آمار

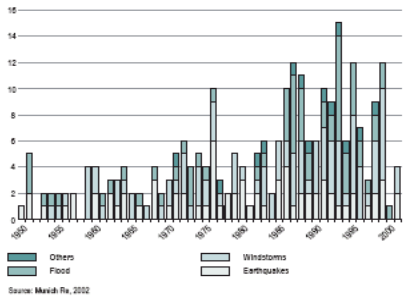
۱- مرتضی بهزادفر، کارشناس ارشد آبخیزداری مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان بجنورد،
تلفن: محل کار ۲۲۲۲۱۳۵-۰۵۸۴، منزل ۲۲۲۹۳۸۲-۰۵۸۴، فاکس:۲۲۲۲۲۴۹-۰۵۸۴، E-mail:mbehzadfar@gmail.com

۲۱۱ میلیون نفر در سال فاصله سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۹۱ رسیده است. لازم به ذکر است که ۹۵٪ تلفات ناشی از بلایای طبیعی اختصاص به کشورهای کمتر توسعه یافته داشته است. البته تنها کشورهای کمتر توسعه یافته نیستند که از خطر بلایای طبیعی متأثر می‌شوند بلکه حتی کشورهای صنعتی و پیشرفته نیز با این معضل روبرو هستند. اما آنچه که این دو را از یکدیگر متمایز می‌سازد میزان و نسبت تأثیر خسارات وارده در وضعیت کنونی و آینده اقتصادی و اجتماعی کشورهاست. به طور مثال در سال ۱۹۹۸ هر دو کشور هندوراس و آمریکا بیشترین خسارات ناشی از بلایای طبیعی را داشتند. در هندوراس میزان خسارت وارده ۳/۶۴ بیلیون دلار بوده که معادل ۹۶٪ تولید ناخالص داخلی این کشور است در حالیکه میزان خسارت در کشور آمریکا ۳۰ بیلون دلار یعنی معادل ۰/۵٪ تولید ناخالص داخلی بوده است.

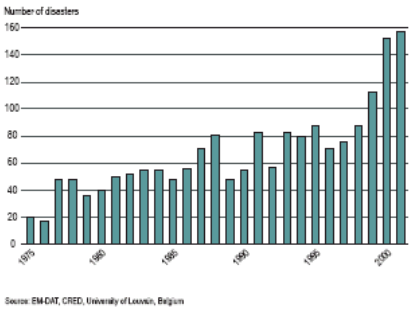
در کشورهای در حال توسعه و کمتر توسعه یافته، اثرات سیلاب تا سال‌های زیادی پس از وقوع آن محورهای مختلف اقتصادی و اجتماعی آن کشورها اعم از سرمایه‌گذاری‌های زیربنایی و حتی بهداشت اجتماعی را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد.



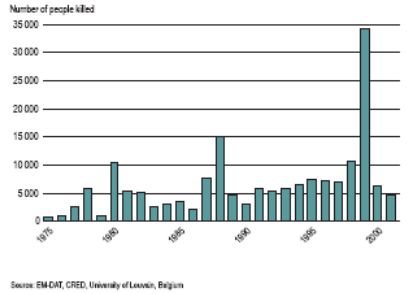
شکل ۱. خسارات اقتصادی ناشی از بلایای طبیعی بزرگ در مقیاس جهانی (۲۰۰۲-۱۹۵۰)



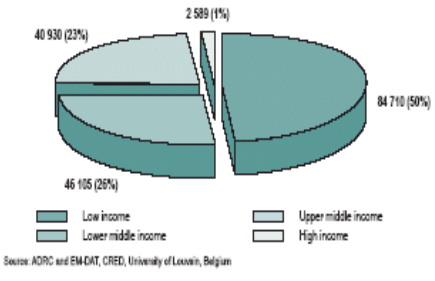
شکل ۲. تعداد بلایای طبیعی بزرگ(۲۰۰۱-۱۹۵۰)



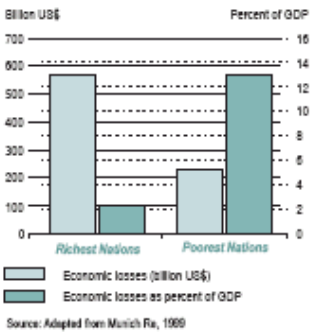
شکل ۳. تعداد سیلاب‌های به وقوع پیوسته (۲۰۰۱-۱۹۷۵)



شکل۴. تلفات جانی ناشی از سیلاب‌ها (۲۰۰۱-۱۹۷۵)



شکل ۵. تلفات جانی ناشی از سیلاب بر حسب طبقه درآمد(۲۰۰۱-۱۹۷۵)



شکل ۶. خسارت سیلاب و نسبت آن به تولید ناخلص داخلی کشورهای غنی و فقیر(۱۹۹۹-۱۹۸۵)

آنچه که به عنوان چالش اصلی در مدیریت مخاطرات طبیعی چون سیلاب شناخته شده است مدیریت بخشی مخاطرات می‌باشد. عدم وجود سیستم مدیریت جامع نگر که اساس آنرا شناخت و ارزیابی دقیق تأثیر وقایع و بلایای طبیعی خصوصا سیلاب در چارچوب توسعه پایدار تشکیل می‌دهد، صورت دیگری از این بیان است. دیدگاه مدیریت جامع را می‌توان سیاست «پیشگیری قبل از درمان» دانست که متأسفانه کمتر در کشورهای در حال توسعه و توسعه نیافته و تا حدی در کشورهای توسعه یافته به آن توجه می‌شود. در مدیریت جامع پدیده‌ای چون سیلاب می‌بایست فرایند به صورت پایان به پایان(End-to-End) و زنجیره ای مورد توجه باشد. این اقدامات شامل کلیه مراحل قبل از وقوع سیلاب، در طی وقوع سیلاب و پس از وقوع آن می‌شود. تأکید این دیدگاه مدیریت رسیدن به راه حل‌های عملی- اجرایی- مناسب و با نگاه به توسعه پایدار می‌باشد. مدیریت جامع منابع آب(IWRM)[1] به عنوان راهکار اساسی در کاهش خسارت سیلاب می‌باشد و وجوه زیر را شامل می‌شود: ۱- ذخیره آب و سلامت ۲- آب و کشاورزی ۳- آب و تنوع زیستی ۴- آب و انرژی ۵- کاهش مخاطرات ناشی از آب مانند سیلاب و خشکسالی.

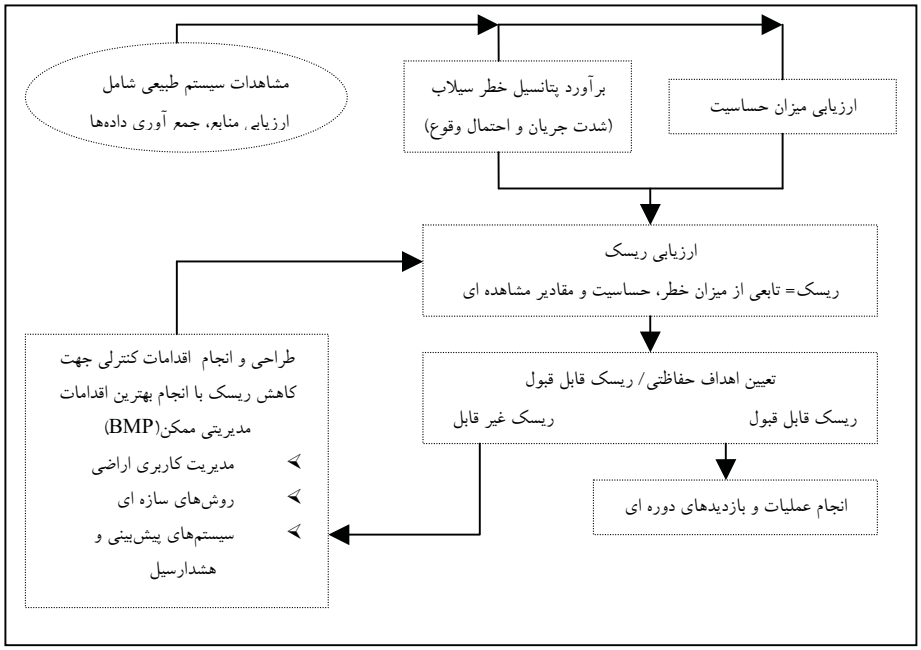
از مسائل اصلی دیگر عدم توجه سیاستمداران و دولتمردان کشورها به تأثیر مثبت سرمایه‌گذاری در بخش مدیریت جامع سیلاب و اجرای اقدامات پیشگیرانه می‌باشد. امروزه جذب اعتبارات جهت انجام کمک‌های اورژانس و احیاء و بازسازی مناطق خسارت دیده به مراتب راحت تر از جذب اعتبارت جهت انجام عملیات پیشگیرانه سیلاب به طور مثال مدیریت کاربری اراضی و سیستم‌های هشدار سیل می‌باشد. تغییر دیدگاه مدیریتی از مدیریت بخشی به مدیریت جامع نگر نیاز اصلی و اساسی کاهش خسارات ناشی از سیلاب می‌باشد که رسیدن به این نقطه نیازمند شناخت عناصر و فاکتورهای اصلی در مدیریت جامع‌نگر سیلاب است.

عوامل اصلی مؤثر در مدیریت سیلاب

- **مدیریت ریسک**

مدیریت ریسک فعالیتی به منظور ارزیابی راه‌های ممکن جهت کاهش و نه ضرورتاً حذف کل خطر ریسک می‌باشد. شکل شماره ۷ طرح شماتیک مراحل ارزیابی و مدیریت ریسک سیلاب را نشان می‌دهد. اولین گام در مدیریت ریسک سیلاب تعیین میزان احتمال وقوع بیشینه سیلاب مشخص می‌باشد که بر این اساس نقشه‌های مناطق خطر با جزئیات کامل تهیه می‌شود. مناطق خطر شامل گذرگاه سیلاب و پهنه سیلابدشت است.

1- Integrated water resources management



شکل ۷. طرح شماتیک ارزیابی خطر سیلاب و مدیریت ریسک (منبع: سازمان جهانی هواشناسی، ۱۹۹۹)

- **استفاده از تکنولوژی‌های تخصصی**

سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی(GIS)، تکنیک‌های نقشه‌برداری و ترسیم نقشه و تکنیک‌های بصری از جمله تکنولوژی‌های تخصصی هستند. سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی اساس تشکیل مدل‌های کامپیوتری که کارایی بالایی در برآورد و پیش‌بینی سیلاب دارند را تشکیل می‌دهند. در این سیستم منابع مختلف اطلاعاتی اعم از داده‌های توصیفی و مکانی، حتی با مقیاس‌های مختلف با یکدیگر ترکیب شده و به صورت خروجی مناسب ارائه می‌گردد. مدل رقومی ارتفاع (DEM) که می‌توان کلیه خصوصیات فیزیکی منطقه را در آن وارد نمود از ابزارهای کارآمد جهت پیش‌بینی سیلاب است. در این مدل می‌توان خصوصیات مختلفی چون وضعیت خاک، پوشش گیاهی، زمین‌شناسی، تولید رواناب و... را که بر حسب مکان تغییر کرده و نقش مؤثری در برآورد سیلاب در مدل‌های ریاضی دارند به عنون داده‌های ورودی استفاده نمود. نقشه‌برداری گذرگاه و پهنه سیلابدشت و همچنین آنالیز سیلاب با دوره برگشت‌های مختلف می‌تواند پهنه‌های تحت خطر سیلاب را نشان دهد. استفاده از تکنیک‌های ترسیم نقشه و تکنیک‌های بصری می‌تواند به راحتی مفاهیم تخصصی، تکنیکی و پیچیده را به رویت افراد غیرمتخصص اعم از تصمیم گیرندگان و مدیران و حتی مردم محلی انتقال دهد. آگاهی و اطلاع رسانی عمومی یکی از اصولی است که در کاهش خسارت سیل باید به آن توجه داشت.

- **مدیریت دشت سیلابی**

مدیریت دشت سیلابی زمانی می‌تواند به طور اساسی خسارات ناشی از سیلاب را کاهش دهد که کلیه

فعالیت‌های انجام شده و در در دست انجام را اعم از توسعه‌ای، عمرانی و ... در بر بگیرد. اساسی‌ترین دیدگاه مورد قبول، ممانعت از انجام هرگونه فعالیت جدید در دشت سیلابی، ضد سیلاب نمودن سازه‌های موجود و همچنین کاربری مناسب اراضی می‌باشد. در صورتیکه اراضی حاشیه‌ای سیلابدشت به عناوین مختلفی مورد نیاز اساسی منطقه باشند به عنوان مثال اراضی کشاورزی حاشیه‌ای که نیاز غذایی مردم را تأمین می‌نماید، می‌بایست گزینه‌هایی همچون ضد سیلاب نمودن و حفاظت و کنترل سیلاب را مدنظر قرار داد. این روش‌ها به دو دسته کلی تقسیم‌بندی می‌شود:

- **روش‌های سازه‌ای**

در این گروه هدف احداث سازه‌های حفاظتی و حمایتی مانند مخازن ذخیره سیلاب، سازه‌های انحراف سیلاب، احداث کانال‌های عبور جریان متلاطم، احداث خاکریزها، ضد سیلاب نمودن سازه‌ها و... با هدف کاهش خسارات می‌باشد. ارزیابی اقتصادی این طرح‌ها و تحلیل تابع هزینه به سود از اصول اساسی مورد توجه می‌باشد. بازرسی، مرمت و حفاظت از سازه‌ها جنبه دیگری از این اقدامات است که پس از اجرای عملیات و همچنین پس از وقوع هر سیلاب باید مورد توجه باشد.

- **روش‌های غیر سازه‌ای**

دیدگاه این روش‌ها نه به معنی «عدم استفاده» بلکه به معنی «استفاده هوشمندانه» است و شامل روش‌هایی چون مدیریت صحیح کاربری اراضی، پهنه بندی اراضی حساس به سیلاب، توجه به توسعه اقتصادی و اجتماعی مناسب سیلابدشت‌ها و مناطق تحت خطر و همچنین پوشش بیمه‌ای مناسب می‌باشد.

شکل۸. سازه ضد سیلاب (Flood proof)

- **مدیریت حوزه‌های آبخیز**

ذخیره رواناب توسط گیاهان، خاک، منابع آب سطحی و زهکش‌های طبیعی در سطح حوزه‌های آبخیز اثر مستقیم در کاهش خسارات سیلاب در مناطق پایین دست دارد. به طوریکه هر یک با ذخیره مقادیر مشخصی آب در طی یک دوره زمانی، افزایش زمان تمرکز جریان‌های سطحی را در پی دارند.

تغییر کاربری اراضی می‌تواند تأثیرات مثبت و یا منفی بر روی سیلاب یک حوزه آبخیز داشته باشد. جنگل‌زدایی و تخریب پوشش گیاهی مراتع و تبدیل آنها به اراضی کشاورزی منجر به افزایش پیک سیلاب می‌شود. همچنین در اثر تخریب و کاربری نامناسب اراضی، امکان وقوع زمین لغزش‌ها و جریان‌های گلی و به طور کلی فرسایش خاک نیز افزایش می‌یابد. البته باید خاطر نشان نمود که اثر تغییر کاربری اراضی در حوضه‌های کوچک به مراتب مشهودتر از حوزه‌های بزرگ می‌باشد.

- **تغییرات اقلیمی**

امروزه نگرانی‌های موجود درباره تأثیر تغییرات غلظت گازهای گلخانه‌ای بر روی شرایط اقلیمی و میزان دسترسی به منابع آبی در حال افزایش می‌باشد. این اعتقاد وجود دارد که تغییرات بیشتر در شیمی اتمسفر می‌تواند منجر به افزایش ناهنجاری‌هایی در پارامترهای اقلیمی‌مانند دما، بارندگی و تبخیر تعرق شود که خود این تغییرات می‌تواند تأثیرات نامناسبی بر الگوهای جریان و شرایط بیشینه وقوع سیلاب‌ها داشته باشد. مطالعات IPCC(Intergovermental panell on climate change) نشان می‌دهد که پتانسیل پیک سیلاب‌ها در مناطق معتدل ناشی از تغییرات اقلیمی تا ۱۵٪ افزایش می‌یابد که این امر ناشی از فعالیت طوفان‌ها و در مجموع افزایش شدت و میزان بارندگی است. تغییرات سطح آب دریاها، وقوع پدیده‌های اقلیمی مانند ENSO هر یک به نحوی در خسارات سیلاب نقش دارند.

- **توسعه سیاستگذاری‌ها و استراتژی‌های کاربردی**

سیاستگذاری‌ها و استراتژی‌های مبارزه با مخاطرات طبیعی می‌بایست بر اساس ارزیابی جامع ریسک انجام شوند. در این فرایند بایستی توجه کامل به اثرات اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی سیاست‌ها و برنامه‌های توسعه‌ای وجود داشته باشد. واحد اصلی برنامه ریزی در کاهش خسارات سیلاب حوزه‌های آبخیز هستند. توجه به دیدگاه مدیریت جامع در سطح این مناطق و در قالب یک سازمان مشترک و مستقل باید صورت بگیرد. این سیاستگذاری‌ها می‌تواند در سطوح مختلف محلی، ملی و بین‌المللی صورت بگیرد. در سطح ملی دولت‌ها می‌بایست از هماهنگی بین بخش‌های خصوصی و سازمان‌های محلی در کاهش خسارات و فرایند تصمیم‌سازی استفاده نماید. این فرایند در نهایت منجر به تشکیل یک سازمان منسجم با مدیریت واحد در تصمیم‌گیری می‌شود. در سطح بین‌المللی نیز انجمن‌ها و گروه‌های کاری مختلف خصوصاً در سازمان ملل متحد این نقش را به عهده دارند. به عنوان مثال سازمان جهانی هواشناسی[1] (WMO) به عنوان یک سازمان تخصصی در سازمان ملل می‌باشد که زمینه مشارکت هماهنگ کلیه کشورها را در امور مربوط به هواشناسی، هیدرولوژی و اقلیم‌شناسی فراهم نموده است. از جمله زمینه‌های فعالیت این سازمان می‌توان به تأسیس شبکه ایستگاه‌های هواشناسی، هیدرلوژی، تدوین استانداردهای لازم، تأسیس سیستم‌های تبادل و پردازش اطلاعات و فعالیت در زمینه هیدرولوژی

1- World Meteorological Organization

کاربردی و ... اشاره نمود.

- **آمادگی و واکنش سریع**

اساسی‌ترین و بحرانی‌ترین عامل در فعالیت‌های مرتبط با کاهش خسارت سیلاب، آمادگی و واکنش سریع و مناسب در برابر سیلاب است. عوامل کلیدی در واکنش سریع و مؤثر عبارتند از: برنامه‌ریزی و طرح‌ریزی قبل از وقوع خطر، ارزیابی توانایی‌های موجود در جابجایی امکانات با سرعت قابل قبول و انجام تمرینات دوره‌ای به منظور شناخت نقاط ضعف. باید به این نکته نیز توجه داشت که مخاطرات مختلف واکنش‌های مختلفی را نیز می‌طلبد. به عنوان مثال واکنش سریع در برابر آلودگی شیمیایی آب آشامیدنی بسیار متفاوت‌تر از سیلاب و آتش سوزی است. سیلاب نیز در این میان نیازمند یک تیم کاملاً تخصصی متشکل از متخصصان پیش‌بینی کننده سیلاب، امدادگران سیلاب و سازمان‌های مرتبط می‌باشد. اطلاعات و جزئیات طرح واکنش سریع بایستی مدون و دارای وظایف کاملاً تعریف شده هر یک از گروه‌های کاری بوده و این اطلاعات به روز باشد. باید به این نکته نیز توجه داشت که نباید عملیات واکنش با پایان یافتن خطر به اتمام برسد. این عملیات باید تا برطرف شدن کامل خطر و اثرات آن در وضعیت عملیاتی ابتدایی خود باشد.

نتیجه‌گیری

گام اول در برطرف نمودن مشکلات، شناخت دقیق و موشکافانه عوامل مؤثر در وقوع آن است. سیلاب نیز به عنوان یک معضل اقتصادی و اجتماعی نیز نیازمند ارزیابی و بررسی‌های دقیق و شناخت جامع می‌باشد. عوامل مؤثر در وقوع سیلاب متنوع و از مکانی به مکان دیگر متفاوت است. مدیریت سیلاب به ما می‌آموزد که چگونه این عوامل را در کنار یکدیگر قرار دهیم تا معضلی به نام سیلاب برطرف و یا تحت کنترل درآید. این مقاله اصولا به شناخت عوامل مؤثر در مدیریت سیلاب پرداخته است. شناخت عوامل مؤثر در مدیریت سیلاب می‌تواند در نهایت منجر به ارائه راهکارهای کاهش خسارت سیلاب شود که به صورت فهرست وار در ذیل به آنها اشاره می‌شود:

- تبیین مفهوم مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز
- تدوین سند توسعه حوزه‌های آبخیز بر اساس دیدگاه‌های مدیریت جامع نگر
- مدیریت کاربری اراضی و استفاده از آن بر اساس قابلیت‌های موجود و مطابق با استانداردهای آمایش سرزمین
- توسعه استراتژی‌های ملی در زمینه استفاده مناسب از اراضی
- ارزیابی پتانسیل سیل خیزی حوزه‌های آبخیز و اولویت‌بندی آنها جهت تسهیل و بهبود مدیریت سیلاب
- تهیه و تدوین سند توسعه پهنه‌های سیلابدشت براساس ارزیابی ریسک وقوع سیلاب
- توسعه کاربرد تکنولوژی‌های تخصصی و تربیت متخصصان

- تأسیس یک نهاد مستقل جهت مدیریت واحد سیلاب و پرهیز از موازی کاری سازمانی
- تأکید و توسعه روش‌های غیرسازه‌ای مبارزه با سیلاب
- تهیه و تدوین نظام مهندسی سیلاب با هدف کنترل و نظارت بر اقدامات کنترل سیل و افزایش اثر بخشی آنها
- توسعه پایگاه‌های جمع‌آوری داده‌های هیدرولوژیکی و اقلیمی و مرکز پیش‌بینی سیلاب
- توسعه سیستم‌های هشدار سیل
- توسعه همکاری‌های بین‌المللی با سازمان‌ها و گروه‌های کاری فعال در زمینه سیلاب

منبع مورد استفاده:

United Nations, Guidelines for Reducing Flood Losses,p.80.

کارگاه فنی همزیستی با سیلاب
۲۵ مرداد ماه ۱۳۸۵

پیش‌بینی سیل و پهنه‌بندی سیلاب در حریم رودخانه‌ها اصلی ترین مؤلفه طرح‌های مدیریت سیلاب و پیش‌بینی و هشدار و عملیات امداد و نجات

علی‌اصغر تقوایی‌ابریشمی[۱]

چکیده

افزایش فرکانس وقوع سیلاب‌های خسارت‌زا در اکثر حوزه‌های آبریز کشور و گسترش طرح‌های توسعه منابع آب در آنها، ضرورت ایجاد سیستم‌های پیش‌بینی و کنترل زمان واقعی سیل را در این حوزه‌ها بیش از پیش مطرح کرده است. در این راستا، سیستم‌های پیش‌بینی به عنوان ابزاری در خدمت مدیریت سیلاب بسیاری از مشکلات سیلاب را حل کرده است. بررسی سیستم‌های مدیریتی کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه گواهی بر این ادعا است. لازمه ایجاد سیستم‌های پیش‌بینی سیل گذشته از امکانات و بودجه لازم، عزم ملی در ارائه و بکارگیری راه کارهای عملی می‌باشد. استفاده بهینه از منابع آب و همچنین بکارگیری پتانسیل‌های ایجاد شده در این زمینه، سبب شده که مسئله بهره‌برداری اصولی و بهینه‌سازی بهره‌برداری این طرح‌ها مورد توجه جدی قرار گیرد. با توجه به کاهش راندمان بهره‌برداری مخازن به علت پتانسیل سیل‌خیزی حوزه‌های آبریز و همچنین افزایش هزینه‌های احداث سیستم‌های تخلیه اضطراری آنها بخصوص در حوزه‌های درحال توسعه، ایجاد سیستم‌های پیش‌بینی و کنترل زمان واقعی سیل به عنوان یکی از شاخص‌ترین راه کارهای عملی در این زمینه جهت کاهش خسارات و هزینه‌ها اجتناب‌ناپذیر شده است. پیش‌بینی سیل به عنوان ابزار مدیریت سیلاب بیش از ۴۰ سال است که در کشورهای در حال توسعه مورد توجه قرار گرفته و تنها در کشور آمریکا بیش از ۴۰۰ سیستم پیش‌بینی سیل راه‌اندازی شده است. حتی کشورهای در حال توسعه نظیر کشورهای جنوب شرقی آسیا نیز در این زمینه پیشرفت قابل ملاحظه‌ای داشته‌اند. در این مقاله سعی شده که اهمیت پیش‌بینی سیل در کنترل سیلاب مخازن و همچنین راهکارهای عملی برای راه‌اندازی این سیستم‌ها در حوزه‌های آبریز کشور با توجه به امکانات و بودجه

۱- علی‌اصغرتقوایی‌ابریشمی، عضو هیئت علمی‌مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان ص.پ. ۱۱۴۸- ۹۱۷۳۵
تلفن:۴-۳۴۰۰۳۰۱ - ۰۵۱۱ فاکس ۰۵۱۱-۳۴۰۰۳۹۰ Email: ATAGHVA2000@yahoo.com

موجود مورد بحث و بررسی قرار گیرد.

در حالت کلی پیش‌بینی سیل به سه روش تقسیم می‌شود. این روش‌ها بستگی به مشخصات حوزه آبریز و نوع اقلیم منطقه، کاربرد گسترده‌ای در پیش‌بینی سیل دارند که به صورت زیر می‌باشد:

۱. پیش‌بینی سیل بر اساس پیش‌بینی کمیت بارش
۲. پیش‌بینی سیل بر اساس بارش ثبت شده و تحلیل بارش – رواناب
۳. پیش‌بینی سیل بر اساس پیش‌بینی کمیت بارش و تحلیل بارش – رواناب

اختلاف هریک از روش‌های فوق درمدت زمان پیش هشدار(Lead Time) و دقت پیش‌بینی می‌باشد. روش پیش‌بینی کمیت بارش اکثراً در حوزه‌هایی بکار می‌رود که دارای زمان تمرکز کمتری می‌باشند. سیل در این حوزه‌ها به صورت ناگهانی و سریع بوده و مدت زمان پیش‌بینی در این روش تقریباً برابر مدت زمان پیش‌بینی بارش می‌باشد. روش دوم برای حوزه‌هایی که دارای زمان تمرکز کافی جهت مدیریت سیلاب دارند، کاربرد دارد. روش سوم به عنوان کامل‌ترین روش پیش‌بینی که مدت زمان قابل توجهی جهت مدیریت سیل در اختیار مدیران و مسئولان در زمان واقعی وقوع سیل قرار می‌دهد.

در این مقاله سعی شده که اهمیت پیش‌بینی دقیق سیل در همزیستی با ریسک پایین با سیلاب و همچنین راهکارهای عملی برای راه‌اندازی سیستم جامع پیش‌بینی سیل در حوزه‌های آبریز کشور با توجه به امکانات و بودجه موجود مورد بحث و بررسی قرار گیرد.

پیش‌بینی سیل

در دنیا چه میگذرد

روش‌های مورد استفاده در سطح دنیا بسته به اهمیت پیش‌بینی سیل و تجهیزات موجود متفاوت بوده و در اکثر کشورهای پیشرفته امکانات پیشرفته‌تری نسبت به سایر کشورها در این زمینه استفاده می‌گردد. در این راستا تنها در کشور آمریکا ۴۰۰ سیستم هشدار سیل که اکثراً در ایالت کالیفرنیا متمرکز هستند، راه‌اندازی شده است. آنچه مهم است این است که سیستم‌های پیشرفته هشدار سیل طی سال‌ها پس از راه‌اندازی اولیه، توسعه یافته و در مدت زمان نسبتاً طولانی تکمیل شده‌اند از جمله سیستم‌های هشدار سیل پیشرفته می‌توان سیستم‌های پیش‌بینی رودخانه‌های نیل، کلروداو و سیستم‌های مشابه را نام برد. اکثر سیستم‌های تهیه شده در دنیا، با توجه به امکانات و بودجه‌های موجود و همچنین برای حوزه‌هایی با ویژگی‌های خاص خود تهیه شده‌اند. از بین‌مدل‌های پیش‌بینی سیلاب خاص حوزه‌های آبریز، برخی به درسهای عمومی‌تبدیل شده و قابل‌استفاده در سایر حوزه‌ها نیز می‌باشند. از جمله مهمترین این مدل‌ها می‌توان به مدل (NWSRFS)[1] متعلق به سازمان هوای ملی آمریکا اشاره کرد. این سیستم مجهز به نرم‌افزارهای متعدد دریافت اطلاعات زمان واقعی، شبیه‌سازی بارش – رواناب، روندیابی سیل و

1- National Weather Service River Forecast System

بهره‌برداری مخازن و همچنین سیستم سخت‌افزاری جهت سرویس‌دهی به شبکه ارتباطی بین ایستگاه‌های سنجش از دور می‌باشد. کارآیی این مدل در برخی از حوزه‌های آبریز آمریکا به اثبات رسیده است. در مدل بهره‌برداری از نیروگاه‌ها که توسط شرکت کانادایی ایکزر تحت عنوان Vista تهیه شده، جهت پیش‌بینی سیل و جریان از قابلیت سیستم NWSRFS استفاده شده است.

در کشور کانادا نیز بیش از ۴۰ سال است که سیستم‌های هشدار و پیش‌بینی سیل بهره‌برداری می‌شوند مهمترین مراکز پیش‌بینی سیل شامل پنج مرکز Alberta, Saskatchwan ,Monitoba,Ontario, Saintjohn می‌باشد. سیستم‌های پیش‌بینی فوق اغلب پس از وقوع سیلاب‌های بزرگ پایه‌گذاری شده‌اند. در Monitoba تفکر راه‌اندازی سیستم پیش‌بینی سیل پس از وقوع سیلاب فراگیر ۱۹۵۰ در رودخانه Red ایجاد شد. اکثر سیستم‌های توسعه یافته به صورت چند منظور مورد استفاده قرار می‌گیرند. بدین معنی که بسته به دوره زمانی بهره‌برداری از این سیستم‌ها در طول سال اهداف مدنظر متفاوت می‌باشد. به عنوان مثال در فصل بهار به علت تواتر زیاد وقوع سیل، مراکز پیش‌بینی برای کنترل و مدیریت سیل فعالیت می‌کنند، در سایر مواقع پیش‌بینی جریان حاصل از سیستم‌های پیش‌بینی برای مدیریت بهره‌برداری از مخازن چند منظوره بااهداف بهره‌برداری برق آبی، تأمین نیازهای کشاورزی و شرب، کنترل آلودگی، تفریحی و غیره بکار می‌رود.

به علت پیچیدگی سیستم‌های هشدار سیل در کشورهای پیشرفته و ماهیت روش‌های پیش‌بینی با توجه به نوع اطلاعات مخابره شده همچنین تجهیزات مورد استفاده، انطباق این سیستم‌ها با وضعیت حوزه‌های آبریز کشور با تجهیزات و امکانات موجود کمتر بوده و الگو قرار دادن این‌سیستم‌ها و ایجاد سیستم‌های مشابه به عنوان اولین گام در این زمینه غیرممکن می‌باشد. در مقابل امکانات بسیاری از کشورهای در حال توسعه مشابه ایران بوده ولی سیستم‌های پیش‌بینی سیل در آنها به صورت قابل ملاحظه‌ای توسعه یافته و مورد استفاده قرار می‌گیرند. به عنوان نمونه در این بخش مقاله، سیستم‌های پیش‌بینی در **حوزه‌های آبریز کشور** مورد بررسی قرار گرفته و تشریح شده است.

در ایران چه می‌توان کرد

با توجه به خطر سیلاب در اکثر حوزه‌های آبریز و افزایش تلفات جانی و مالی حاصل از آن در سال‌های اخیر، ایجاد سیستم پیش‌بینی سیل در برخی حوزه‌های آبریز ضرورت زیادی پیدا کرده است. به علت عدم امکان ایجاد شبکه تله‌متری و سیستم پایش در خیلی از حوزه‌های آبریز کشور و همچنین زمان بر بودن ایجاد این سیستم‌ها، امکان ایجاد سیستم‌های پیشرفته پیش‌بینی سیل در اکثر حوزه‌های کشور در شرایط کنونی مشکل به نظر می‌رسد. بنابراین با در نظر گرفتن این محدودیت‌ها تنها راه پیشنهادی اصلاح و گسترش پیش‌بینی‌های سنتی در حوزه‌های آبریز می‌باشد. پیش‌بینی‌های سنتی موجود صرفاً محدود به سیلاب مشاهده‌ای در ایستگاه‌های پایین دست حوزه بوده و در برخی حوزه‌ها نیز به علت کم بودن زمان

تمرکز حوزه امکان پیش‌بینی براساس سیلاب مشاهده‌ای وجود ندارد. لذا اصلاح پیش‌بینی‌های سنتی بر اساس مقادیر بارندگی و سیلاب ثبت شده در سرشاخه‌های حوزه می‌تواند تا حدود زیادی در کاهش خسارات سیل مؤثر باشد.

سیستم‌های پیش‌بینی سیل با تجربه‌ای بیش از ۴۰ سال، پس از نصب و راه‌اندازی و با اصلاح و بهنگام سازی دائم آنها، به سیستم‌های پیچیده و کارآ تبدیل شده‌اند. آنچه مسلم است اینست که کشور ما در ابتدای این راه قرار داشته و انتظار ایجاد سیستم‌های پیش‌بینی مشابه سیستم‌های کشورهای توسعه یافته انتظار بیجائی است. در هر صورت دو راهکار کلی را می‌توان در این زمینه پیشنهاد کرد. اولین راه کار استفاده از تجربیات چندین و چند ساله موجود در این زمینه در خارج از کشور و خرید مدل‌های مربوطه و دومین راه کار توسعه بنیادی این سیستم‌ها و توسعه و بهنگام‌سازی آنها در طی سال‌های آتی می‌باشد. در راه کار اول، امکان توسعه و افزایش قابلیت این سیستم‌ها توسط متخصصین داخلی وجود نداشته و جهت افزایش کار آیی این سیستم‌ها باید به نیروهای خارجی متکی بود. در روش دوم زمان رسیدن به یک سیستم کارآ و پیشرفته طولانی بوده ولی در مقابل امکان اصلاح و توسعه آنها در داخل کشور میسر می‌باشد. از بین دو راه کار فوق شاید راه کار بینابینی نیز وجود داشته باشد که آن استفاده از بخشی از تجربیات خارجی و خرید برخی مدل‌ها و توسعه سایر بخش‌های سیستم پیش‌بینی در داخل می‌باشد. از طرف دیگر امکان ایجاد سیستم پیش‌بینی پیچیده و کارآ با توجه به دانش و اطلاعات موجود در کشور کاری بس مشکل می‌باشد. در این رابطه استفاده از مدل‌ها و نرم‌افزارهای مختلف در بخش‌های مختلف سیستم پیش‌بینی نه تنها در سرعت بخشیدن به کار بلکه در حصول اطمینان از نتایج این مدل‌ها و عدم صرف زمان برای تهیه نرم‌افزارهای پایه بسیار مؤثر و مفید خواهد بود. در توسعه اکثر سیستم‌های پیش‌بینی سیلاب نیز کار به همین منوال بوده و ساختار بسیاری از این سیستم‌ها را نرم‌افزارهای مختلف تشکیل می‌دهد.

آنچه مسلم است اینست که توسعه سیستم‌های پیشرفته پیش‌بینی سیل پس از نصب اولیه و آزمایش و کالیبراسیون مدل‌ها طی سال‌های مختلف در شرایط واقعی سیستم عملی بوده و کما اینکه در سایر کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه نیز به همین ترتیب بوده است. بنابراین برای رسیدن به یک سیستم پیش‌بینی قابل اعتماد، نصب و راه‌اندازی مدل‌های موجود و توسعه و اصلاح آنها با توجه به امکانات و اطلاعات موجود در هر زمان ضروری می‌باشد. هر چند که در ابتدای نصب هر سیستم پیش‌بینی از سیستم‌های سنتی گرفته تا پیشرفته، مشکلات عمده‌ای وجود دارد ولی با سعی کارشناسان و متخصصین امر و همچنین بهره‌گیری از تجربیات ارزنده کارشنان محلی می‌توان به این مهم دست یافت. بنابراین جهت توسعه عملی سیستم‌های پیش‌بینی سیل مراحل زیر را می‌توان پیشنهاد نمود:

الف: به عنوان اولین گام عملی و سریع جهت تجهیز حوزه‌ها به سیستم پیش‌بینی اولیه، میتوان به تعیین و استفاده از روابط همبستگی بین ایستگاه‌های پیش‌بینی و ایستگاه‌های واقع در سرشاخه‌های حوزه اشاره

کرد. این روش در کشورهای آسیایی جنوب شرقی کاربرد فراوان داشته است. هرچند که این روش از خطای پیش‌بینی قابل ملاحظه‌ای نسبت به سیستم‌های خبره برخوردار است، ولی توسعه، کاربرد و بهره‌برداری از آن در شرایط کنونی حوزه‌ها امکان‌پذیر بوده و جهت شناخت هر چه بهتر حوزه در این زمینه، روش مفیدی می‌باشد.

ب- مرحله دوم در توسعه سیستم‌های پیش‌بینی، ایجاد سیستم تله‌متری و پایش حوزه با توجه به امکانات، اطلاعات و بودجه ریالی موجود می‌باشد. در این راستا شناسایی حداقل ایستگاه‌های هیدروکلیماتولوژی و موقعیت آنها جهت تجهیز در سیستم تله‌متری و همچنین تعیین نحوه اندازه‌گیری و انتقال اطلاعات از ایستگاه‌های سنجش از راه دور به مرکز پیش‌بینی سیل ضروری خواهد بود. در این زمینه شرکت متن (مرکز تحقیقات نیرو) مطالعات اولیه‌ای را برای حوزه‌های استان خوزستان انجام داده است.

ج - مرحله سوم ایجاد سیستم پیش‌بینی سیل پیشرفته با توجه به نوع اطلاعات مخابره شده و همچنین کمیت و کیفیت این اطلاعات می‌باشد. در توسعه این سیستم‌ها استفاده از تجربیات بین المللی و همچنین بکارگیری نرم‌افزارهای موجود در این زمینه در پیشبرد هرچه سریعتر اهداف چشم‌گیر خواهد بود. با این حال توجه به بودجه لازم برای بکارگیری این مدل‌ها و همچنین درنظر گرفتن کمبود اطلاعاتی کشور در این زمینه ضروری خواهد بود.

به هر حال سیل‌خیز بودن اکثر حوزه‌های آبریز کشور، گسترش طرح‌های توسعه منابع آب در حوزه‌ها و پیشرفت فن‌آوری کامپیوتری ضرورت مدیریت سیلاب از طریق مدلسازی و نرم‌افزار را دو چندان کرده است. بخصوص که هزینه‌های روش‌های مدیریتی با بکارگیری کامپیوتر در مقایسه با روش‌های غیرمدیریتی و سازه‌ای بسیار ناچیز بوده و ترکیب روش‌های مدیریتی و سازه‌ای چه از لحاظ کاهش هزینه‌ها و چه از لحاظ افزایش کارآیی سیستم در جهت کاهش هرچه بیشتر خسارت ناشی از وقوع سیل ضرورت پیدا کرده است. در این راستا در اکثر حوزه‌های آبریز کشور به مسئله مدیریت سیل و توسعه نرم افزار کمتر از طرح‌های توسعه منابع آب بها داده شده و این موضوع سبب شده که در زمینه بکارگیری تکنولوژی‌های مربوطه نسبت به کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه پیشرفت کمتری حاصل گردد. بنابراین شناسایی نقاط حساس و بکارگیری روش‌های مدیریتی ساده و کاربردی بخصوص جهت پیش‌بینی سیل می‌تواند به عنوان اولین گام در توسعه سیستم‌های پیچیده مدیریت سیلاب تلقی گردد. امید است با توجه مسئولین امر در جهت ایجاد مقدمات و تسهیلات لازم برای توسعه و بهبود مدیریت حوزه‌های آبریز، در آینده‌ای نزدیک به این مهم دست یابیم.

پهنه‌بندی سیلاب چرا و چگونه؟

نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب در مطالعات مدیریت سیلابدشت‌ها کاربرد وسیعی دارد. امروزه این نقشه‌ها یکی از اطلاعات پایه و مهم در مطالعات طرح‌های عمرانی در دنیا محسوب شده و قبل از هر گونه

سرمایه‌گذاری و یا اجرای طرح‌های توسعه، بررسی آن در دستور کار سازمان‌های ذیربط قرار دارد. هدف اصلی از طرح موضوع، تبیین ضرورت تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب برای رودخانه‌ها و مسیل‌های مختلف کشور و نیز معرفی کاربردهای متنوع این نقشه‌ها در مدیریت سیلاب و کاهش خسارات و همچنین معرفی روش‌های مرسوم پهنه‌بندی سیلاب در کشور و روش‌های جدیدتر با استفاده از فناوری‌های نوین می‌باشد.

تعیین حریم و بستر از لحاظ فنی و حقوقی در کشور بسیار پراهمیت و پیچیده می‌باشد. یکی از مهمترین کاربردهای نقشه‌های پهنه‌بندی سیل، تعیین حدود گذرگاه سیل و اراضی سیل‌گیر حاشیه می‌باشد. خصوصاً آنکه این اراضی از یک سو به علت دسترسی به منابع آبی بسیار پر ارزش بوده و از سوی دیگر به علت مجاورت با رودخانه در معرض خطر سیل و طغیان رودخانه می‌باشند.

اولین قدم در مطالعات اقتصادی طرح‌های مدیریت سیلاب و یا مهار سیلاب داشتن نقشه‌های پهنه‌بندی سیل می‌باشد. زیرا با توجه به پهنه سیل در دوره بازگشت‌های متعدد و برآورد خسارت در هر پهنه‌بندی میزان سرمایه‌گذاری جهت جلوگیری از خسارت در حالت بهینه محاسبه خواهد گردید. در این نوع مطالعات گستره هر سیل در دوره بازگشت مربوطه مشخص و کاربری اراضی و تأسیسات واقع در هر منطقه به دقت بررسی و ارزش آنها تعیین می‌شود که این رقم میزان سود (در واقع جلوگیری از خسارت احتمالی) را مشخص می‌سازد در این صورت می‌توان متناسباً مقدار سرمایه‌گذاری توجیه‌پذیر جهت کاهش این مقدار خسارت را در مطالعات روشن ساخت.

روش‌های موجود برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی را می‌توان به چهار گروه عمده به شرح زیر تقسیم‌بندی نمود:

- **مشاهده‌ای و استفاده از داغاب سیلاب**
- **مقایسه عکس‌های هوایی منطقه**
- **محاسبه دستی**
- **استفاده از مدل‌های ریاضی**

کلیه روش‌های فوق جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی سیل احتیاج به تعیین تراز جریان سیلاب و انتقال رقوم سطح آب روی نقشه‌های توپوگرافی دارند. همه این روش‌ها اصولاً از همان روند یکسان استفاده از رقوم تعیین شده سطح آب در هر مقطع عرضی (یا موقعیت‌های مختلف) برای پهنه‌بندی کمک می‌گیرند. که البته بین مقاطع عرضی با درون یابی نقاط گستره پخش سیل مشخص می‌گردد. تفاوت عمده بین این روش‌ها در نحوه تعیین پروفیل سطح آب می‌باشد. در متن مقاله این روش‌ها به اختصار معرفی خواهد شد:

الف: روش مشاهده‌ای و استفاده از داغاب سیلاب

این روش را به عبارتی می‌توان روشی سنتی اطلاق نمود. در این روش پس از فروکش کردن سیلاب اثر

داغاب سیل بر روی پل‌ها، ساختمان‌ها، درخت‌ها و زمین علامت‌گذاری شده و با توجه به موقعیت تقریبی این داغاب‌ها بر روی نقشه‌های توپوگرافی و اتصال آنها به یکدیگر پهنه سیل مربوطه مشخص می‌گردد. متأسفانه این روش با وجود دقت پایین بدلیل عدم نیاز به وسایل و ابزار جدید و دانش فنی خاص کماکان در بعضی از مناطق مورد استفاده قرار می‌گیرد. معایب و محدودیت‌های این روش را می‌توان در موارد ذیل خلاصه کرد:

- این روش مستلزم کار صحرایی زیاد است زیرا باید در نقاط مختلف این داغاب‌ها ثبت و با رنگ علامت زده شود که با صرف هزینه و زمان زیادی توأم است.
- دقت انتقال داغاب‌ها به روی نقشه‌های توپوگرافی پایین می‌باشد و کوچکترین اشتباه باعث بروز اختلاف بین علامت ثبت شده و علامت انتقال داده شده، می‌شود.
- در این روش تنها پهنه سیل‌گیر برای حداکثر دبی عبوری قابل ثبت است و به معنای واقعی تهیه نقشه پهنه‌بندی برای دروه بازگشت‌های مختلف بسیار مشکل است.

با توجه به کار صحرایی زیاد و دقت کم، این روش جز در مواقع اضطراری توصیه نمی‌شود.

ب: مقایسه عکس‌های هوایی منطقه

موفقیت این روش بستگی زیادی به وجود عکس‌های هوایی رودخانه و اراضی حاشیه آن در زمان سیلاب دارد. در این روش چنانچه عکس‌های هوایی منطقه در زمان وقوع پیک سیل یا مدت کوتاهی بعد ازآن وجود داشته باشد (مثل عکس‌های هوایی سیل خوزستان در سال ۴۶-۴۷-۵۷)، محدوده سیل‌گیر از این عکسها به روی نقشه‌های توپوگرافی منقل می‌شوند. اگر چه در این روش از حجم عملیات صحرایی نسبت به روش قبل کاسته می‌شود ولی بدلیل مسائل اجرایی امکان پرواز و تهیه عکس هوایی بهنگام از منطقه معمولاً با دشواری‌های زیادی همراه بوده و نیاز به هماهنگی‌های لازمه دارد. مضافاً اینکه در رودخانه‌های مرزی و محدوده آنها عملاً کاربرد این روش غیرممکن است.

ج: محاسبه دستی

از این روش بیشتر جهت تعیین حریم و بستر رودخانه‌ها و پس از تعیین سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله استفاده می‌شود و به عبارتی نمی‌توان آنرا جزء روش‌های مهندسی و دارای دقت جهت تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیل محسوب نمود و قطعاً نتیجه حاصل جز یک محاسبه دستی ساده نیست و فقط در موارد محدود و برای مقاصد خاص قابل قبول است.

د: استفاده از مدل‌های ریاضی

در این روش به کمک مدل‌های ریاضی جریان سیلاب شبیه‌سازی شده و پس از محاسبه پروفیل جریان توسط مدل، پهنه سیل با دوره‌های بازگشت مختلف برروی نقشه‌های توپوگرافی منتقل می‌گردد. جهت

آشنایی مختصر با این روش ذیلاً توضیح مختصری ارائه خواهد شد.
اطلاعات مورد نیاز برای انجام محاسبات شامل سه دسته زیر می‌باشد:

الف – اطلاعات توپوگرافی

شامل پروفیل‌های طولی و عرضی رودخانه و اراضی حاشیه آن می‌باشد. مقاطع عرضی به گونه‌ای انتخاب و برداشت می‌شوند که معرف شکل عمومی رودخانه بوده و بوسیله آن بتوان مسیر اصلی جریان در آبراهه اصلی را به مدل معرفی نمود. اطلاعات توپوگرافی اراضی حاشیه رودخانه معمولاً با مقیاس ۲۰۰۰: ۱ تا ۱۰۰۰۰ : ۱ تهیه می‌شود.

ب – اطلاعات جریان سیل

شامل هیدروگراف ورودی سیل، هیدروگراف شاخه‌های فرعی ورودی به رودخانه و یا خروجی از آن، منحنی دبی– اشل در پایین دست و هیدروگراف‌های حقیقی مشاهده شده در طول رودخانه و نقاط مختلف بمنظور کالیبره نمودن مدل.

ج – اطلاعات هیدرولیکی

اطلاعات هیدرولیکی مورد نیاز مدل بشرح زیر می‌باشند.

- ضرایب زبری که معمولاً در هر مقطع تخمین زده می‌شوند و نهایتاً پس از کالیبره کردن مدل کنترل می‌شود.
- وضعیت مسیر رودخانه از نظر وجود آبشار، پل و سایر سازه‌های تقاطعی

در مطالعات متعددی که در این زمینه صورت پذیرفته از مدل‌های جریان ماندگار، روندیابی هیدرولوژیکی و یا روندیابی هیدرولیکی سیلاب با مدل‌های جریان غیر ماندگار استفاده شده است. اطلاعات اولیه فوق با فرمت‌های خاص هر مدل به آن معرفی شده و خروجی مدل شامل اطلاعات مختلفی از قبیل تراز سطح آب، سرعت جریان، دبی در آبراهه اصلی و دشت سیلابگیر، زمان ماند جریان و عمق آب در دشت سیلابگیر، برای هر یک از مقاطع عرضی بازه مورد نظر می‌باشد. نکته حائز اهمیت کالیبره نمودن و واسنجی مدل است و ضرورت دارد نتایج محاسبات شبیه‌سازی شده با ارقام ثبت شده در ایستگاه‌های آبسنجی کنترل و موارد اختلاف مشخص و تا حدامکان تصحیح شوند. در اینصورت کارکرد مدل قابل اعتماد بوده و می‌توان از آن در بخش‌های بعدی مطالعات استفاده نمود.

در مرحله آخر جهت انتقال نتایج و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیل، با متصل کردن شیت نقشه‌های توپوگرافی در بازه‌های کوتاه و مشخص کردن محل مقاطع عرضی برروی آنها، سطح آب برروی هر مقطع عرضی نوشته می‌شود. سپس با توجه به شیب طولی رودخانه در هر بازه و با درون یابی رقوم بین دو مقطع در هر صد تا دویست متر نیز رقوم آب تعیین و به روی نقشه‌ها منتقل می‌گردد. نهایتاً با توجه به

رقوم آب در آبراهه اصلی، دشت سیلابگیر، تراز اراضی حاشیه رودخانه و نیز قضاوت مهندسی (که همواره در این قسمت کارساز است)، پهنه سیل‌گیر برای دبی با دوره برگشت مورد نظر تعیین و نقاط و خطوط به یکدیگر متصل می‌گردند.

این روش در مقایسه با سایر روش‌های عنوان شده از دقت بالایی برخوردار و نتایج محاسبات خصوصاً پس از کالیبره شدن مدل قابل اعتماد می‌باشد. اما انتقال نتایج پس از شبیه‌سازی به روی نقشه‌های توپوگرافی زمان بر بوده و بدلیل حجم زیاد کار انتقال نقاط محاسبه شده به روی نقشه‌ها غالباً با خطا همراه می‌باشد. ضمن اینکه با توجه به نقش قضاوت مهندسی در ترسیم خط پهنه سیل‌گیر، بعضاً نقشه نهایی بصورت سلیقه‌ای تکمیل خواهد گردید .

مزایای تولید نقشه‌های پهنه بندی سیل درمحیط G.I.S

با رشد و توسعه فنّاوری‌های نوین، روش‌های موجود تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیل و محیط ارائه و نمایش این نقشه‌ها نیازمند استفاده از ابزارکاراتری می‌باشد. از یک سو مدل‌های ریاضی جدید و پیشرفته امکانات زیادی جهت تحلیل دقیق‌تر جریان سیلاب، در اختیار می‌گذارد و از سوی دیگر سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (G.I.S) توانایی زیادی جهت تولید نقشه‌های پهنه‌بندی سیل و نمایش بصری آنها در اختیار کاربران قرار می‌دهد. در صورت برقرای ارتباط (Link) مناسب بین مدل ریاضی مورد استفاده و سامانه اطلاعات جغرافیایی، امکان اعمال تغییرات مورد نظر، اصلاح و بروزآوری این نقشه‌ها بسادگی و باصرف هزینه و زمان اندک میسر خواهد شد. چنین سیستمی توانایی قابل ملاحظه جهت مدیریت سیلابدشت پیش از وقوع سیل و حتی مدیریت بحران و امداد و نجات در حین وقوع سیل و بازسازی پس از سیلاب در اختیارات مدیران و کارشناسان مربوطه قرارمی‌دهد.

روش معمول در تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیل پس از جمع‌آوری داده‌های هیدرولیکی و هیدرولوژیکی مورد نیاز شامل سه مرحله اساسی زیر است:

۱- تخمین میزان سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف بر اساس آمار موجود (معمولاً میزان سیلاب در دوره برگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ ، ۱۰۰ و ۵۰۰ ساله محاسبه می‌شود.)

۲- محاسبه رقوم تراز سطح جریان سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف برای طول مسیر جریان (با استفاده از مدل‌های ریاضی)

۳- محاسبه و ترسیم گستره پخش سیلاب در طول مسیر جریان با استفاده از نتایج مدل ریاضی

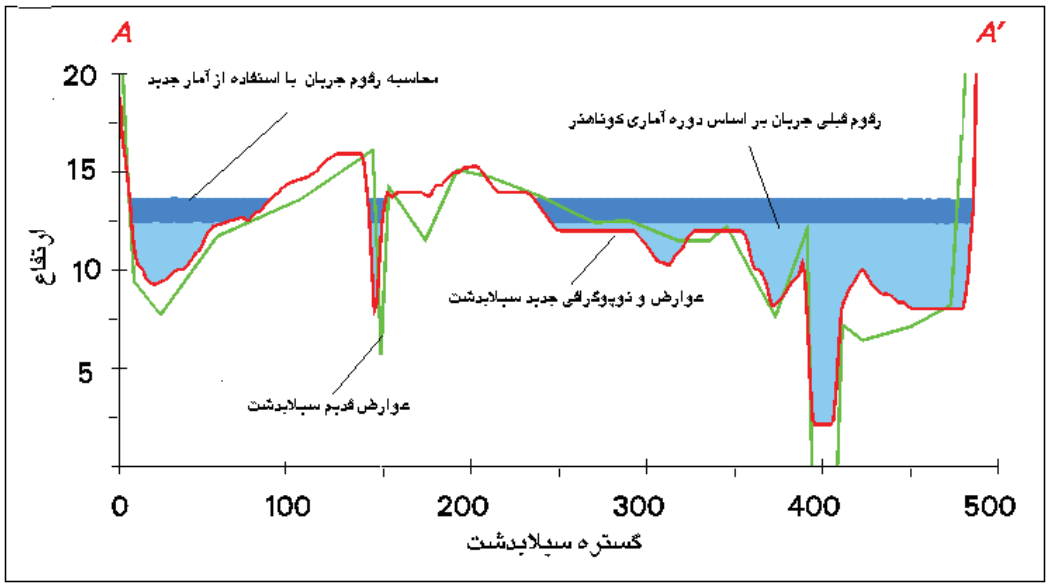
در این قسمت اشاره مختصری به قابلیت و توانایی‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی در تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیل و لزوم کاربرد آنها در نمایش گستره پخش سیلاب خواهد شد.

الف: سهولت اعمال تغییرات و اصلاحات مورد نیاز با تغییر طول دوره آماری

جهت تعیین حجم سیلاب با دوره بازگشت‌های مورد نظر از طول دوره آماری موجود استفاده می‌شود. با تطویل دوره آماری در سال‌های آینده و وقوع و ثبت پیک سیل‌های جدید، قاعدتاً میزان سیلاب طراحی تغییر خواهد کرد. خصوصاً آنکه به جهت نبود آمار و اطلاعات کافی از جریان بسیاری از رودخانه‌های کشور، این تخمین با تقریب زیادی همراه است. بنابراین میزان سیلاب ممکن است بطور متناوب و هر چند سال یکبار مجدداً محاسبه شود. در این صورت اعمال تغییرات مورد نیاز به نقشه‌های موجود مستلزم صرف وقت و هزینه زیادی است حال آنکه این عملیات با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و ایجاد ارتبا ط آن با یک مدل ریاضی مناسب بسادگی و بدون نیاز به عملیات اضافه خاصی قابل انجام است.

ب : در نظر گرفتن تغییرات عوارض جغرافیایی و توپوگرافی سیلابدشت

با گذشت زمان و بر اثر ساخت و سازهای جدید در سیلابدشت و همچنین تغییرات طبیعی توپوگرافی سیلابدشت، لازم است تا گستره آبگرفتگی ناشی از وقوع سیلاب اصلاح گردد. همچنین ممکن است در سال‌های آینده نقشه‌های توپوگرافی با دقت بالاتری تولید شود و تغییرات عوارض جغرافیایی را با دقت بیشتری نمایش دهد.

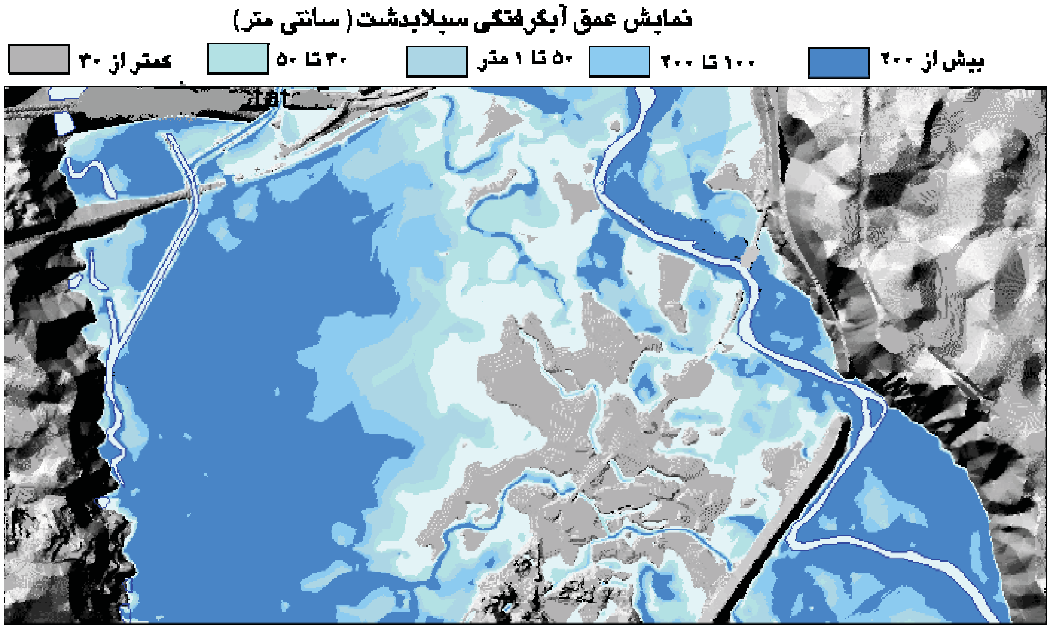


امکان نمایش و مقایسه سطوح غرقاب توسط سیلاب دوره بازگشت‌های مختلف

برای تعیین کاربری سیلابدشت و نیز تهیه طرح‌های مقابله با سیلاب، نیاز به نقشه‌های پهنه‌بندی سیل با قابلیت نمایش گستره سیل در دوره بازگشت‌های مختلف و مقایسه آنها با یکدیگر می‌باشد. سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی قادر هستند تا امکان مقایسه سطوح سیل‌گیر را از طریق رویهم‌گذاری لایه‌های مختلف در اختیار کاربر قرار دهند.

ج : نمایش اطلاعات عمق آبگرفتگی در هر نقطه سیلابدشت

سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی با استفاده از مدل دیجیتالی رقوم ارتفاعی (DEM) سطح زمین که بیانگر کد ارتفاعی هر نقطه از سیلابدشت است و رقوم تراز سطح جریان سیلابی ، به محاسبه عمق آبگرفتگی در هر نقطه از سیلابدشت پرداخته و اطلاعات حاصله را بر روی نقشه‌های پهنه بندی سیل منتقل می‌نماید. این کار بسادگی و با تفریق رقوم تراز سطح جریان از کد ارتفاعی هر نقطه از سیلابدشت در محیط G.I.S بدست می‌آید.



د: تعیین دقیق مناطق سیلگیر

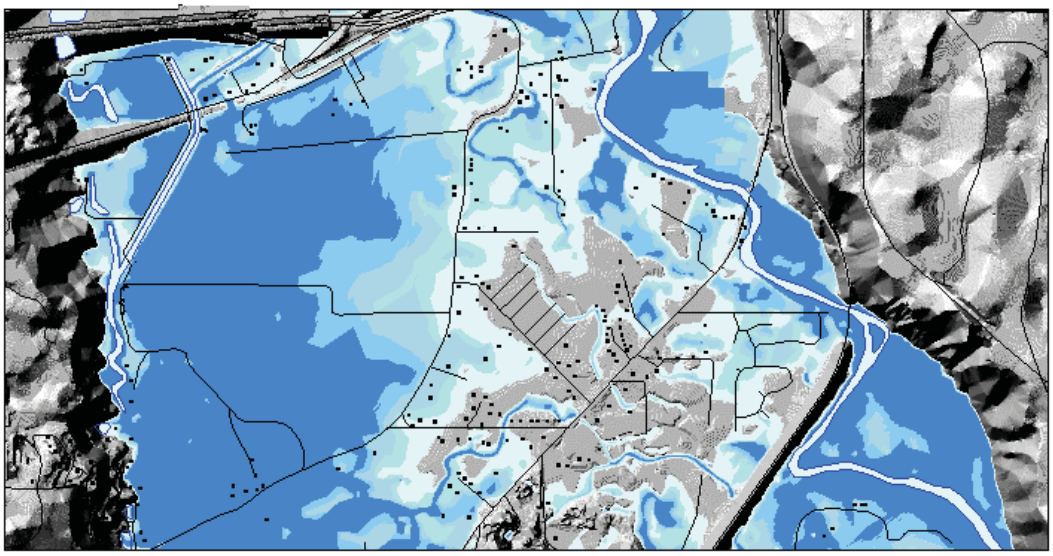
یکی دیگر از مزایای استفاده از G.I.S در تهیه نقشه‌های پهنه بندی سیل، قابلیت و توانایی تشخیص دقیق اراضی غرقاب در اثر وقوع سیل در حاشیه رودخانه‌ها و مسیل‌ها از سایر مناطقی است که به علت رقوم ارتفاعی بالاتر یا وجود موانع و اقدامات حفاظتی دیگر غرقاب نمی‌شوند. همچنین می‌توان گستره‌ای از سیلابدشت را که احتمال آبگرفتگی آن بیشتر از سایر مناطق است و نیز نحوه پخش و مسیر تقریبی جریان در سیلابدشت را مشخص نمود.

ه: انجام اصلاحات و آرشیو و انتشار ساده‌تر

با گذشت زمان و تولید نقشه‌های پهنه‌بندی سیل برای رودخانه‌ها و مسیل‌های مختلف کشور، در صورت لزوم و نیاز به هر گونه تغییر در این نقشه‌ها با روش‌های موجود مستلزم صرف وقت و هزینه زیادی است. همچنین نگهداری و انتشار نقشه‌های کاغذی بسیار دشوار و پرهزینه بوده و این نقشه‌ها نمی‌توانند جزئیات زیادی از پهنه سیلگیر را نمایش دهند. درحالیکه نقشه‌های تولید شده در محیط G.I.S، این امکان را به کاربر می‌دهد تا با رویهم‌گذاری لایه‌های مختلف و فعال یا غیرفعال‌سازی این لایه‌ها جزئیات

گسترده‌ای از منطقه سیل‌گیر را نمایش دهد. ضمن اینکه نگهداری، بازیابی و انتشار نقشه‌ها در این حالت بسیار ساده، مطمئن و کم‌هزینه خواهد بود.

نمایش جزئیات راهها و تأسیسات در نقشه پهنه بندی سیل



بطور خلاصه داده‌ها و نرم‌افزارهای مورد نیاز و روند استفاده از یکی از انواع متعدد سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی در تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیل را می‌توان بصورت زیر بیان نمود:

اغلب رقوم تراز جریان محاسبه شده باید بصورت دستی بر روری نقشه‌های توپوگرافی منتقل شده و گستره سیل گیر را نمایش دهد. برای تسهیل این کار امروزه چند نرم افزار تجاری به بازار عرضه شده است که از آن جمله می‌توان به نرم افزار RiverCAD اشاره نمود . این نرم افزار می‌تواند خروجی‌های HEC-RAS را در محیطAutoCAD نمایش دهد.اگرچه محیط اتوکد ، امکانات مناسبی جهت ملاحظه و نمایش محاسبات انجام شده فراهم می‌آورد اماG.I.S امکاناتی بیش از نمایش صرف اطلاعات در اختیار کاربر قرار می‌دهد. امکاناتی نظیر انواع پرس و جوها و تحلیل داده‌های مکانی و انجام محاسبات روی داده‌ها در بازه مورد نظر.

روشی که در اینجا تشریح می‌شود بر اساس پردازش خروجی‌های HEC-RAS جهت نمایش در محیط ArcView و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیل در این محیط می‌باشد. مراحل انجام کار بصورت زیر می‌باشد:

- ورود نتایج خروجی HEC-RAS در محیط ArcView
- ترکیب محاسبات پروفیل سطح آب با مدل دیجیتالی رقومی‌ارتفاعی (DEM) منطقه
- تولید و نمایش نقشه پهنه بندی سیلاب ، با استفاده از قابلیت‌های ArcView

داده‌ها و نرم‌افزارهای مورد نیاز

کلیه نرم‌افزارهای مورد نیاز جهت انجام این پروژه و استفاده در پروژه‌های عملی در CD ضمیمه این

مقاله ارائه شده است. این نرم افزارها عبارتند از:

- نرم‌افزار HEC-RAS نگارش 2.0 یا بالاتر (نگارش 2.2 آن به همراه راهنمای مربوطه روی CD موجود است)
- نرم افزار ArcView نگارش 3.0a یا بالاتر به همراه Spatial Analyst 3D و ArcView Analyst 3D

Spatial Analyst 3D برای انجام پرس و جو ، ترسیم نقشه و تحلیل داده‌های مکانی از نوع Raster و ArcView Analyst 3D جهت نمایش و تحلیل داده‌های سه بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

همچنین اطلاعات و داده‌های مورد نیاز برای این مثال در CD ضمیمه موجود و بشرح زیر می‌باشد:

- فایل Waller.rep شامل نتایج محاسبات و خروجی برنامه HEC-RAS بصورت Text file
- فایل Floodmap.Apr شامل منوها و اسکریپت (Scripts)های مورد نیاز در محیط Arc View
- فایل‌های Roads.shp, Roads.shx, Roads.dbf شامل موقعیت جاده‌ها و راه‌های ارتباطی
- فایل‌هایPolyclip.shp, polyclip.shx, polyclip.dbf شامل اطلاعات مربوط به حدود و مرزهای ناحیه مورد مطالعه
- فایلAuseast.e00 که حاوی مدل دیجیتالی رقومی ارتفاعی (DEM) منطقه با فرمت خروجی Arc/Info می‌باشد.
- فایل‌های Land.av1, Water1.av1, Water2.av2 که شامل رنگ‌های مورد استفاده جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی سیل می‌باشد.

توجه داشته باشید که برای نصب نرم‌افزارها و انتقال فایل داده‌ها، احتیاج به حداقل ۲۴۰ مگابایت فضای خالی بر روی هارد دیسک و پردازنده پنتیوم ۲۰۰ با حداقل ۳۲ مگابایت حافظه RAM می‌باشد.

منابع و مآخذ :

۱- طرح تحقیقاتی ملی «بررسی مسایل و مشکلات پروژه‌های مهار و بهره‌وری از سیلاب» - مجری: علی‌اصغر تقوایی ۸۲-۱۳۷۹

۲- علی حیدری ۱۳۷۶، «سیستم پیش‌بینی سیل رودخانه کارون» پایان‌نامه کارشناسی ارشد- دانشکده عمران - دانشگاه صنعتی امیرکبیر- استاد راهنما دکتر محمد کارآموز

۳- محمد کارآموز، علی حیدری، مهر ۱۳۷۷- «ساختار سیستم‌های هشدار سیل»، کارگاه آموزشی مدیریت سیلاب و سیستم‌های هشدارسیل، دانشگاه تربیت مدرس- کمیته مدیریت سیستم‌های هیدرولیکی انجمن هیدرولیک ایران

4- Office Of Hydrology ,1997, “Flood Warning Handbook”, National Weather Service, NOAA

کارگاه فنی همزیستی با سیلاب
۲۵ مرداد ماه ۱۳۸۵

نقش آموزش و ارتباطات در کاهش تلفات و خسارات

بهمن افشار[۱]

چکیده

اطلاعات سازمان هواشناسی در موضوع پیش‌بینی اوضاع جوی و میزان نزولات آسمانی امروزه تا حدود زیادی به واقعیت نزدیک شده و می‌تواند مبنای صحیح جهت اتخاذ تصمیم مردم، کشاورزان و متخصصان علوم مختلف قرار گیرد، بنابراین کارشناسان ذیربط در صنعت آب کشور بکمک این اطلاعات و روش‌های آماری بخش زیادی از جریانات ورودی و خروجی به مخازن سدها را توسط نرم‌افزارهای رایانه‌ای شبیه سازی نموده و در نتیجه ضمن حفظ ذخیره منابع آب در مخازن سدها از بروز سیلاب حاصل از رواناب مازاد بارندگی و خسارات احتمالی جلوگیری می‌کنند. در این مقاله ضمن اشاره به موضوع بهره‌برداری از سدهای مخزنی و تنظیمی دز که الزاما بایستی بر مبنای اصول علمی و منطبق با دستورالعمل‌های بهره‌برداری بویژه در دوران سیلابی باشد تجربیاتی نیز در این راستا را که مرتبط با موضوع مقاله و سیلاب سال ۱۳۸۲ است مطرح می‌شود.

تعاریف

✓ FLOOD (سیل)

۱- جریانی با ارتفاع یا تراز نسبتا بالای رودخانه که بالاتر از حد معمول باشد و نتیجه آن هجوم آب به اراضی پست و غرقابی شدن آن است. بنابر این بالا آمدن و سرریز کردن از یک سازه آبی به اراضی اطراف سیل نامیده نمی‌شود.

۲- موج سیلابی که به پایین رودخانه حرکت کرده و مانند خیزاب طوفانی (امواج خروشانی که در ترکیبی

۱- مدیر امور بهره‌برداری شبکه آبیاری دز – فوق لیسانس تأسیسات آبیاری – farbeh79@yahoo.com

از باد و حمله‌های سنگین موجی بوجود آید) نیز سیل نامیده می‌شود.

بر اساس منبع بوجود آورنده آب‌های اضافی، سیل‌ها را در ۵ گروه طبقه‌بندی نموده‌اند:

الف- سیل‌های ناشی از ذوب برف مناطق کوهستانی که بموجب آن آب اضافی در نوحی پایاب وارد می‌شود.

ب- سیلاب‌های ناشی از طغیانهای بوجود آمده از گردبادهای طوفانی اقیانوس‌ها که در ترکیب با امواج دریا پدید می‌آیند.

پ- سیل‌هایی که در اثر بارش‌های سنگین بوجود می‌آیند بطوریکه رواناب آنها بیش از ظرفیت انتقال رودخانه‌ها و زهکش‌های ساخته شده و طبیعی باشد.

ت- سیلاب‌هایی که بعلت ذوب و شکسته شدن سدهای یخی در مقاطع بالادست رودخانه پدیدار شده و به آنها سیلاب بهاری می‌گویند.

ث- سیل‌هایی که از شکستن و فروریختن سازه‌های احداث شده مثل سدها، دیواره، دریچه‌های متحرک خاکریزها و سازه‌های کنترلی بوجود می‌آیند.

- ✓ **PMF (Probable Maximum flood)**بیشترین سیل محتمل که در یک حوضه آبریز مطالعه شده با توجه به اطلاعات آب و هواشناسی
- ✓ حداکثر سیلی که بطور منطقی امکان جاری شدن آن در یک رودخانه در نقاط مشخص، با یک بسامد شناخته شده در محدوده دوره طراحی یا در خلال دورهای نامعین و با فرض مجتمع شدن همه عوامل که بیشترین بارش و رواناب بیشینه را موجب می‌شود، وجود دارد.

۱- خطرناک ترین سیلی که در موقعیتی معلوم ناشی از شرایط هواشناسی و هیدرولیکی احتمال وقوع دارد.

- ✓ **Return Period (دوره بازگشت)**

متوسط طول دوره زمانی بین دو سیل مشابه متوالی است

- ✓ **Flood Adaptation (همزیستی = کنار آمدن با سیل)**

ایجاد اعتماد به نفس در مردم ساکن در نواحی سیل گیر برای یادگیری زندگی کردن با سیل. تطبیق و کنار آمدن یعنی توسعه عقیده‌ای در مردم برای پذیرش سیل گرفتگی بعنوان یکی از جنبه‌های زندگی و یادگیری زندگی با سیلاب بوسیله اعمال تمهیدات فردی و گروهی برای بحداقل رساندن خسارت‌های سیلاب‌های ادواری

مقدمه:

آموزش و ارتباطات دو عامل مؤثر در کاهش تلفات و خسارات ناشی از سیلاب است که امروزه از آنها بعنوان روش‌های غیرسازه‌ای در مدیریت سیلاب نام برده می‌شود. این دو مقوله در اجزا غیر مرتبط و در اهداف یکی خواهند بود. عنصر عامل اول انسان و عامل دوم ابزار و یا تکنیک کاربردی است و بنابراین بعضی تعاریف در این دو عامل مشترک قابل استفاده خواهد بود. از آنجایی که در روش‌های مدیریت کنترل سیلاب این دو مقوله کمتر مورد بحث قرار گرفته و بیشتر راهکارهای فنی(سازه‌ای) و مالی کاهش خسارات سیل مبتنی بر هشدارها، مقابله، تخلیه منطقه، کمک رسانی و بیمه خسارات مورد توجه قرار داشته لذا تجربه و پیشنهاد آنچه که بر دو عامل آموزش و ارتباطات مؤثر و مطلوب بوده محوریت مقاله را تشکیل می‌دهد.

سد مخزنی دز

سد دز بر روی رودخانه دز در ۲۵ کیلومتری شمال شهرستان دزفول بنا شده است. این سد از نخستین رشته سدهای چند منظوره است که در ۲۳ اسفند ماه ۱۳۴۱ مورد بهره‌برداری قرار گرفت. هدف از احداث سد مخزنی دز تأمین نیروی لازم جهت تولید برق؛ ذخیره آب جهت مصارف کشاورزی، کشتیرانی در اروند و کارون و نهایتاً کنترل سیلاب‌های مخرب سالانه در دشت خوزستان بوده است.

طول دریاچه پشت سد دز ۶۵ کیلومتر مربع و ظرفیت نهایی مخزن ۳/۳ میلیارد مترمکعب تقریب زده شده است. دو تونل تخلیه جریان آب مازاد سیلابی هر کدام قادر به تخلیه جریانی معادل ۳۰۰۰ متر مکعب در ثانیه بوده اند. حداکثر ارتفاع دریاچه از تراز سطح دریا ۳۵۲ و رقوم دریچه‌های تخلیه سرریز ۳۳۵ است.

در حال حاضر بهره‌برداری از سد و نیروگاه دز بعهده شرکت ذیربط و وابسته به سازمان آب و برق خوزستان است.

حوضه آبریز دز سرچشمه رودخانه دز از رشته کوه‌های مجاور شهرهای بروجرد و الیگودرز با منشاء جریانات رودخانه‌های سزار و بختیاری است. رودخانه دز پس از عبور از سد انحرافی و طی مسافتی حدود ۱۵۰ کیلومتر در محل بند قیر (۳۰ کیلومتری شمال شهرستان اهواز) به رودخانه‌ای گرگر و شطیط؛ رود کارون بزرگ را تشکیل می‌دهند.

مساحت حوضه آبریز دز تا انتهای مسیر۱۸۰۰۰ کیلومتر مربع با متوسط آورد سالانه ۷ میلیارد متر مکعب و دامنه متغیر ۴-۱۷ میلیارد مترمکعب مطالعه شده است.

قبل از احداث سد دز سالانه بالغ بر یک میلیون دلار خسارات ناشی از طغیان رودخانه در دشت خوزستان برآورد گردیده است.

دبی حداقل سالانه ورودی به مخزن دز کمتر از ۴۰ متر مکعب در ثانیه و حداکثر حدوث آن در سیلاب بهار

۱۳۸۳ بیش از ۷۳۰۰ مترمکعب در ثانیه گزارش شده است.

دبی پایه رودخانه پس از احداث سد مخزنی با توجه به میانگین آورد حوضه معادل ۲۲۱ متر مکعب در ثانیه در نظر گرفته شده است.

جدول دبی سالیانه رودخانه‌های خوزستان

نام رودخانه	سرچشمه	شعبات اصلی	طول تقریبی Km	انتهای مسیر	سطح حوزه Km^2	ایستگاه مطالعاتی ورود بدشت	دبی بر حسب مترمکعب در ثانیه			حجم متوسط سالیانه میلیون مترمکعب
							متوسط	حداکثر	حداقل	
کارون	کوهرنگ ـ یاسوج	خرسان ـ بازفت	۸۶۰	خلیج فارس	۳۲۰۰۰	گتوند	۳۸۷	۶۲۴۱	۹۵	۱۲۲۰۴
دز	بروجرد ـ الیگودرز	سزار ـ بختیاری	۴۱۶	بندقیر	۱۸۰۰۰*	دزفول	۲۳۳	۳۹۰۰	۴۰	۷۳۴۸
کرخه	ملایر ـ کرمانشاه	سیمره ـ کشکان	۶۵۰	هورالعظیم	۴۳۰۰۰	پای پل	۱۸۲	۵۲۲۲	۲۲/۷	۵۷۴۰
مارون/جراحی	لنده ـ کهگیلویه	مارون ـ اعلاء	۴۰۰	هورشادگان	۱۱۰۰۰	بهبهان	۴۹	۴۹۳۰	۴/۷۶	۱۵۴۵
زهره/هندیجان	چرام ـ ممسنی	شول ـ آبشیرین	۳۷۵	خلیج فارس	۱۳۰۰۰	دهملا	۷۳	۲۹۰۸	۸/۹۴	۲۳۰۲
شاوور	شوش	ذبه ـ ووزنه	۹۰	هوریامدژ	—	پل شاور	۱۳	۱۰۵	۷/۶	۴۱۰
جریانات فصلی	دامنه ارتفاعات	—	—	—	—	—	۱۲	—	—	۳۶۸
جمع							۹۵۰			۳۰۰۰۰

* سطح حوزه آبریز تا شهر دزفول محسوب می‌شود.

آب مورد نیاز شبکه آبیاری دز در پایین دست سد دز بکمک سدهای تنظیمی و انحرافی در مسیر رودخانه باز تنظیم و سپس بدرون کانال‌های اصلی شرق و غرب دز منحرف می‌گردد.

سد تنظیمی دز

این سد در ۴/۵ کیلومتری شمال پل باستانی دزفول و در فاصله ۳۲ کیلومتری از سد مخزنی قرار دارد. ظرفیت حداکثر دبی سیلابی ۶۰۰۰ مترمکعب، طول آن ۱۳۶ متر، ظرفیت اولیه دریاچه ۱۴ میلیون مترمکعب، سرریز از نوع آزاد بتنی با دریچه‌های فلزی رادیال از سال ۱۳۵۰ در مدار بهره برداری قرار دارد .هدف از ساخت سد تنظیمی حفظ ارتفاع مناسب جهت تلمبه خانه اصلی سبیلی، ذخیره و تأمین آب مورد نیاز شبکه مرتبط با باز تنظیمی جریان رها شده از نیروگاه سد دز است.

سد انحرافی

هدف از ساخت این سد افزایش ارتفاع سطح ب رودخانه دز جهت انحراف به کانال‌های آبگیر شرق و غرب دز است، سرریز سد از نوع تخم مرغی شکل (اوجی) و بطول ۳۹۴ متر در عرض رودخانه اجرا شده است. در دو طرف سد انحرافی دریچه‌های تخلیه بار بستر (Sluice gates) هم‌راستا با محور سد دیده می‌شود. در ساحل راست دریچه‌ها از نوع برقی با سهولت اپراتوری و در ساحل چپ، دریچه‌ها از نـوع کشویی (Slide gates) با دشواری بهره‌برداری هستند که همواره جهت تغییرات و تنظیم مقدار گشودگی آنها بایستی جراثقال ثابت و جراثقال سیار بهمراه تیم فنی سرویس کار دریچه وجود داشته باشد. صرفنظر از هزینه‌های جانبی، خطرات جانی ناشی از بریدگی زنجیر دریچه‌ها و نیز تطویل زمان در هر بار تنظیم

دریچه‌ها اجتناب ناپذیر است.

Travel time(زمان حرکت موج جریان)

با توجه به ۳۲ کیلومتر بعد مکانی بین سد تنظیمی دز و سد مخزنی دز مدت زمانی که آب رها شده از سد مخزنی به سد تنظیمی می‌رسد بر اساس مطالعات هیدروگراف ورودی به سد تنظیمی بشرح ذیل است. بدین معنی که هر چه دبی جریان افزایش یابد، حجم ذخیره آب در این مجری بیشتر و بر عکس مدت زمان طی مسیر جریان آب کمتر می گردد. تجربه نشان داده است که دبی‌های بالاتر از ۱۲۰۰ متر مکعب در ثانیه کمتر از یک ساعت و گاهی تا ۴۵ دقیقه طی مسیر را تا سد تنظیمی دارند.

دبی(m^3/s)	۵	۱۰	۲۰	۵۰	۱۰۰	۲۵۰	۴۰۰
حجم ذخیره(میلیون متر مکعب)	۰/۲۶	۰/۴۱	۰/۶۶	۱/۲۵	۲/۰۷	۴/۳۵	۶/۴۸
ساعت(TT)	۱۴	۱۰	۷	۴/۷	۳/۶	۲/۷	۲/۳

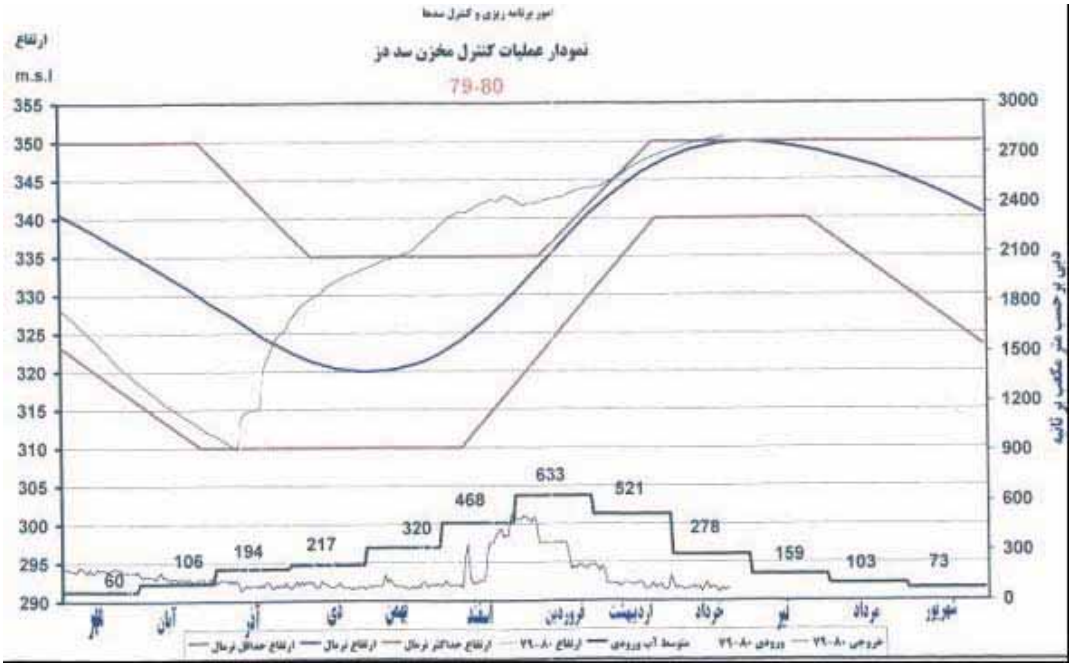
دستور العمل بهره برداری از سد مخزنی دز

سد مخزنی دز در زمان بهره برداری علاوه برجداول محاسبه حجم – ارتفاع - سطح دارای یک دستورالعمل کنترل حجم مخزن بوده که خلاصه آن در یک منحنی به نام منحنی فرمان (Rule Curve) در طی ماه‌های مختلف سال تعریف شده است .

منحنی فرمان ارتفاع نرمال آب را برای ماه‌های مختلف سال. بهمراه ارتفاع حداکثر و ارتفاع حداقل نرمال را نمایش می‌دهد.

در دستورالعمل بهره‌برداری از سد مخزنی با توجه به شدت و مدت بارندگی‌های حادث در اوایل هر سال مقداری از حجم مخزن جهت مهار سیلاب ورودی به دریاچه در نظر گرفته می‌شود. در این وضعیت حجم باقی مانده به ارتفاع تبدیل و با توجه به احتمال حدوث بارش که حداکثر آن بارش‌های بهاری با آورد ۶۰۰۰ مترمکعب است رقوم کنترل سیلاب را در فصل بهار حفظ می‌نمایند. بنابراین صرفنظر از پیش‌بینی وضعیت هواشناسی منحنی فرمان الگوی مناسبی بر چگونگی و مراقب وضعیت مخزن سد دز خواهد بود. در زیر نمونه‌ای از منحنی فرمان مربوط به سال آبی ۷۹-۸۰ ارائه می‌شود.

منحنی فرمان سد مخزنی دز



دستورالعمل‌های بهره برداری از سد مخزنی دز

مدیریت کنترل و پایداری سدها در سازمان آب و برق خوزستان متولی تنظیم آب رودخانه‌های دشت خوزستان شامل کارون –کرخه – دز –جراحی و مارون است. بدین لحاظ با توجه به شرایط جوی فصل و توصیه‌های سازمان هواشناسی و نیاز آبی رودخانه‌ها و نهایتاً ضوابط هیدرولیکی و ساختمانی تأسیسات آبی اقدام به برنامه‌ریزی میزان خروجی و ذخیره سازی آب در مخازن سدها می‌نمایند.

از آنجایی که جریان خروجی از نیروگاه سدها ارتباط مستقیم با تولید و فروش بازار برق دارد لذا تلفیقی از شرایط فوق‌الذکر منجر به اتخاذ تصمیم نهایی در برنامه‌ریزی فوق خواهد بود. تصور بر این است اگر همه عوامل بنا به دلایلی دستخوش تصمیم نادرست و ناصواب گردد، نتیجه نهایی آن از دست رفتن ذخیره سالانه و یا بعبارت دیگر ایجاد سیلاب ساختگی و خسارات جبران ناپذیر مالی و جانی خواهد شد و بعینیت کارآیی و وظیفه اصلی سد در مسیر رودخانه نادیده گرفته شده است. لکن راهنمای مطالعات بهره‌برداری از سد (operation guideline) و منحنی فرمان بکمک پیش‌بینی سازمان هواشناسی دقت نظر به روند یابی سیل را آسانتر و ضریب اطمینان از بهره برداری مطلوب را افزایش میدهد.

وقوع سیلاب نابهنگام سال ۱۳۸۲

منحنی فرمان سد مخزنی دز و راهنمای دستورالعمل بهره‌برداری از سد دز در زمان ساخت و شروع بهره‌برداری لزوم حفظ رقوم مخزن را جهت مقابله با رواناب‌های بارندگی و ذوب برف سالانه که در بهار هر سال حادث می‌شود، مورد تأکید قرار داده است. بدین معنی که برای کنترل رواناب‌های حداکثر ۶۰۰۰ مترمکعب در ثانیه سی درصد (۳۰٪) حجم مخزن را خالی در نظر گرفته و برای این منظور رقوم مخزن را

در حدود ۳۴۶ از سطح دریا تقریب زده است.

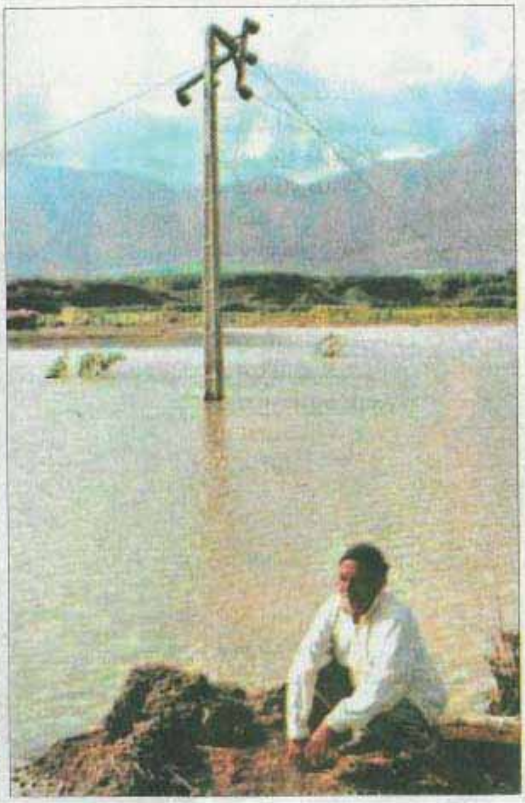
عملکرد نادرست بهره‌برداری از سد دز در بهار سال ۱۳۸۲ خطر سرریز شدن آب اضافی از سد دز را بدلیل تکمیل محل ذخیره سد دز و عدم توجه به احتمال رواناب ذوب برف طی دو مرحله زمانی نزدیک بهم حادث نمود. لیکن عدم توجه به این نکته در بار اول در تاریخ ۱۳۸۲/۱/۲۷، شرایط راه‌اندازی سیلاب ساختگی را برای بار دوم در تاریخ ۱۳۸۲/۲/۲ مهیا نمود.

- ✓ توصیه‌های سازمان هواشناسی مبنی بر وقوع باران، توفان و طغیان رودخانه‌ها در ۲۰ استان کشور (روزنامه ایران سه شنبه ۱۳۸۲/۲/۲) و نیز اخبار رسانه‌های خبری نادیده گرفته شد.
- ✓ راهنمای کنترل و بهره برداری سد مد نظر قرار نگرفت و حتی جریان خروجی از سد و نیروگاه در همان روز به نصف کاهش یافت.

نتیجه حاصله ایجاد سیل ساختگی در ساعت ۹ صبح روز ۱۳۸۲/۲/۲ بود. جریان آب رودخانه در مقطع شهر دزفول از دبی ۱۶۵ متر مکعب در ثانیه به یکباره بایستی به ده برابر افزایش یابد. چاره دیگری وجود نداشته زیرا هرآنچه که آورد به مخزن دز است بی‌محابا بدلیل نبودن حجم ذخیره و کنترل سیلاب بایستی به پایین دست رها شود.

خبرنگاران «ایران» از سراسر کشور گزارش می دهند

باران، تگرگ، توفان و طغیان رودخانه در ۲۰ استان کشور



در ۲۴ ساعت گذشته، هوای در ۲۰ استان کشور ابری و بارانی بود.

براساس اخبار دریافتی از خبرنگاران ما، به جز استانهای سیستان و بلوچستان، کرمان و هرمزگان و خوزستان، آب وهوای استانهای دیگر بارانی همراه با رعدو برق و در پاره‌ای مناطق با تگرگ بود.

هوای دیروز اردبیل پس از چند روز بارش برف و باران دیروز نسبتاً صاف شد. پیش بینی می شود امروز مجدداً رعدو برق و گاه بارانی این استان را فرا بگیرد.

در استان مرکزی، تهران و قم و همدان نیز در دقعات پیاپی، بارانهای رگباری بارید. درشهرستان های کاشان و آران و بیدگل نیز بارش باران نسبتاً مطلوب گزارش شد.

همچنین استانهای غربی دیروز هوایی ابری داشتند. بارش رگبارهای بهاری در این استانها موجب افزایش آب رودخانه ها گردید. در کرمانشاه بارش تگرگ های بسیار درشت سطح شهر را کاملاً سفیدپوش کرد.

تگرگ های درشت در شهر موجب شکسته شدن شیشه های بسیاری از خانه ها و فروشگاهها گردید. در کردستان، بارندگی های پیاپی دمای هوا را بسیار کاهش داد تا جایی که دمای هوا دیشب به ۴ درجه سانتیگراد در صفر رسید.

طی ۴۸ ساعت گذشته، استانهای یزد، اصفهان و چهارمحال و بختیاری شاهد بارش های بیشتری بودند. در یزد براثر افزایش ابرناکی آسمان و وزش باد نسبتاً شدید، توفانهایی تند همراه با بارش پراکنده درگرفت که موجب شکسته شدن برخی درختان شد. بارندگی های متناوب در این استان احتمال سیلاب در مناطق کوهستانی و آبگرفتگی معابر را افزایش داده است. خبرنگار ما از یزد گزارش داد براثر بدی هوا، روز یکشنبه یک دستگاه اتوبوس در محور یزد ـ کرمان واژگون شد که ۳ نفر کشته و ۸ نفر مجروح شدند. در داخل شهر یزد نیز تصادفاتی به علت لغزندگی زمین به وجود آمد که هیچکدام خسارت جانی در پی نداشت. توفان همچنین ۶۱۳ میلیون ریال خسارت به شبکه انتقال برق شهرستان بافق وارد کرد و به واحدهای مسکونی و تجاری آسیب وارد نمود.

بارش باران در چهارمحال و بختیاری نیز خساراتی به باغات، زمین های کشاورزی و دام عشایر کوچرو وارد ساخت. مهندس ستار فرهادی دبیرستاد حوادث غیرمترقبه چهارمحال و بختیاری گفت: بارش باران و تگرگ خساراتی به باغات مناطق سامان، اردل و سردشت لردگان وارد کرد.

خبردیگری از اصفهان حاکی است که دیروز تگرگ بی سابقه‌ای در اصفهان بارید به طوری که عصر روز یکشنبه چهره شهر اصفهان کاملاً سفیدپوش شد. برخی شاهدان قطر تگرگ ها را بین ۶ تا ۱۰ سانتیمتر توصیف کردند. به هنگام بارش تگرگ که به مدت ۱۵ دقیقه ادامه داشت، برخی شیشه های منازل شکست وآب گرفتگی های وسیعی در سطح شهر ایجاد شد.

هوای شهرهای شمالی نیز طی ۲۴ ساعت گذشته همراه با بارش باران بود. سمنان وخراسان نیز در دو روز گذشته شاهد بارش های پراکنده‌ای بودند که در برخی مناطق تندتر بود.

خبرنگاران ایران دراستانهای فارس وکهگیلویه وبویراحمد نیز گزارش دادند که در دو روز گذشته دراین دو شهر در برخی ساعات باران های تندی باریده است. در شهرهای این دو استان طی ۲ روز گذشته، برخی معابر دچار آبگرفتگی شدند، بارش شدید باران که دیروز نیز ادامه داشت، همراه با ذوب شدن برف ها، سبب طغیان آب رودخانه های این استان شد. در کهگیلویه وبویراحمد، ۵رودخانه بزرگ، بشار، خرسان، مارون، زهره و سلفار جریان دارد. یاسوج ساعت ۲۱ روز یکشنبه به مدت یک ساعت شاهد رگبار شدید همراه با صاعقه از سمت غرب شهر به سمت شرق این شهر بود. بطوری که دراین مدت ساکنین این شهر و روستاهای همجوار در خانه ها ماندند.

چاره چیست؟

کمتر از یک ساعت زمان برای سازگاری با سیلابی بدون حد و اندازه، زمان وجود داشت تا شرایط آبگیری شبکه را از دبی اندک به ده برابر انطباق داد، در این فرصت محدود به ادارات ذیربط از جمله:

- ✓ شهرداری دزفول برای جمع‌آوری پل شناور بر رودخانه دزو قطع تردد خودروها از این مسیر
- ✓ ستاد حوادث غیر مترقبه شهرستان واقع در فرمانداری
- ✓ سازمان آتش نشانی جهت امداد به افراد نزدیک ساحل و مسدود نمودن خیابان ساحلی
- ✓ دامداران و روستاهای حاشیه رودخانه و . . .
- ✓ کارگاه‌های پل چهارم و پل پنجم

خبر و اطلاع داده شد و در این فرجه محدود از اداره آب و فاضلاب کمک جهت اعزام دستگاه جراثقال و بالا کشیدن دریچه‌های تخلیه ساحل چپ (left bank) سد انحرافی بهمراه تیم بهره‌بردار و سرویس‌کار نیز استفاده گردید.

اگر شبکه آبیاری دز پیش‌بینی چنین وضعیتی را نداده بود و دریاچه سد تنظیمی قدرت انتقال آب اضافی را نداشت چه حادث می‌گردید و اگر هر یک از عوامل با مشکل و تأخیر مواجه می‌گردید چقدر خسارت وارد می‌شد.

از ساعت ۱۰/۴۵ صبح جریان سیلابی به دریاچه سد تنظیمی وارد و تا ساعت ۱۶ مقدار آن به حدود ۴۰۰۰ مترمکعب در ثانیه بالغ گردید.

خیابان ساحلی را آب فراگرفت. پل شناور جمع‌آوری شد. تجهیزات و لوازم تفریحی شهرداری از تفریحگاه علی کله بدون خسارت جمع‌آوری شد و آب سیلاب ساختگی تا عصر روز بعد ادامه یافت.

سقوط ۹ نفر بدرون پایاب سد تنظیمی(فیلم قابل نمایش)

مقارن ساعت ۱۶ روز ۱۳۸۲/۲/۲ افرادی در ساحل چپ سد تنظیمی مجاور قبرستان شهید آباد به نظاره جریان گردابی و رها شده از سد تنظیمی بودند، غافل از اینکه گرداب حاصله در حوضچه آرامش و پایاب سد دائماً در حال فرسایش ساحل و زمین زیر پای آنان بود. هشدارها و توصیه‌های نگهبانان سد تنظیمی کارساز نبود و در یک لحظه محل تجمع افراد ریزش و از ارتفاع ۲۰ متری توده تماشاچیان بدرون حوضچه آرامش سقوط کردند.

آیا کسی سالم است و آیا جنازه ای بدست خواهد رسید. چاره کار چیست.

تقاضا از سد دز برای تقلیل جریان راه بجایی نبرد. پاسخ این بود «هر آنچه جریان ورودی است از سد بایستی ناگزیر خارج شود، زیرا سد فوق‌العاده پر و هیچ گنجایشی ندارد.»

- ✓ امکان استفاده از چرخ بال وجود نداشت زیرا صرف‌نظر از اتلاف وقت و کسب مجوز پرواز این وسیله به دیواره ساحل نزدیک نمی‌توانست شود.
- ✓ قایق نجات با جریان سیلابی قادر به حرکت در میان تلاطم و جریان خروشان رودخانه و درون

حوضچه آرامش سد تنظیمی نبود.

باری بار دیگر شانس یاور تماشاچیان بود. مردم از روی صخره بوسیله طناب انسان‌های سقوط کرده در ساحل را یک به یک بالا کشیدند. از ۱۰ نفر زن و مرد؛ طفلی خردسال درون تل مصالح صخره ریزشی بهلاکت رسید و مابقی نجات یافتند.

حادثه تعریف شده بالا هر آنچه را که با فرض آمادگی تصور می‌رفت به شکلی دیگر و غیرمنتظره رقم زد. آنچه از این سیلاب و سالیان طولانی بهره‌برداری در شبکه آبیاری دز برای اینجانب تجربه شده است نقش مهم کارشناسان تصمیم گیرنده بهمراه افراد اجرایی در بهره‌برداری از سدهای مخزنی، تنظیمی و انحرافی و شبکه‌های آبیاری است که در دنباله این مقاله در دو بخش ارائه می‌شود.

نقش آموزش در کاهش تلفات سیلاب

آموزش را از دو جنبه عمومی و تخصصی (حرفه‌ای) می‌توان مورد بررسی قرار داد.

۱- آموزش عمومی

۱-۱ مردم

۱-۲ مسؤلین اجتماعی و دستگاه‌های اجرایی(مانند ادارات برق و یا ادارات تأمین کننده منابع مالی و خدماتی)

۱-۳ گروه‌های بسیج عمومی (کنترل مسیرهای پر خطر و حذف بعضی ترددهای در معرض سیل

۲- آموزش حرفه‌ای

۲-۱ آموزش داخلی (درون سازمانی شامل گروه‌های بهره‌بردار، گروه‌های سرویس‌کار و گروه‌های پشتیبان

۲-۲ آموزش برون سازمانی

۲-۲-۱ گروه‌های امداد و نجات و تدارکاتی (داشتن برنامه و تمرینات عملی دوره‌ای همانند تمرینات مقابله با زلزله، مسئولیت سازمانی مشخص)

۲-۲-۲ بیمارستان و مراکز درمانی در خصوص آمادگی افراد غریق در هنگام سیلاب

۲-۲-۳ آتش نشانی

۲-۲-۴ گروه‌های اطلاع‌رسان (ژاندارمری و کلانتری که با نصب بلندگو، آژیر بر خودرو خبررسانی را بعهده دارند) و رادیو تلویزیون

بلحاظ ارتباط موضوعی مقاله و براساس تجربیات حاصله آموزش داخلی درون سازمانی مواردی ارائه می‌گردد:

- پرسنل بهره‌بردار آموزش فنی لازم را در امور بهره‌برداری داشته باشند. این آموزش شامل نحوه

کاربرد دستگاه‌های برقی و راه‌اندازی آنها مانند ژنراتور برق اضطراری و کلیدهای بالابر دریچه‌های برقی سد و تأسیسات آبی، کاربرد دستگاه‌های ارتباطی مثل بی‌سیم و تلفن و آیفون و نیز نحوه صحیح دریافت موضوع از مراجع موثق و انتقال صحیح آن به مسئولین ذیربط، تبحر در فراگیری و کاربرد دستورالعمل‌های بهره برداری مثل تبدیل رقوم به میزان جریان خروجی و روش‌های محاسبه تخلیه سریع جریان و برعکس

- آموزش و دانش لازم مربوط به ابنیه آبی را داشته باشند (ابعاد سازه مورد بهره‌برداری، هزینه ساخت و...)
- آموزش در پایش و مراقبت از سازه‌ها، دیواره‌های شکننده و پیش‌بینی شکست احتمالی برای کاهش و یا حذف خطرسازی
- داشتن تجربه کافی در رده شغلی مربوطه و دوری گزیدن از نظرات غیر کارشناسی و سلیقه‌ای
- توصیه بر داشتن صبر و حوصله در برخورد با واکنش‌های ناملایم سریع و اهتراز از تصمیمات عجولانه و نابخردانه. همچنین تعهد و وجدان‌کاری بمنظور نظاره و مراقبت دائمی و حساسیت در وظیفه محوله
- آموزش بر اعمال واکنش سریع ، بموقع در تصمیم‌گیری و تعامل با وقایع و اتفاقات و تلاش تا رفع بحران و نهایتاً تحلیل و درک درست از موضوع
- آموزش ادواری ۶ ماهه در امور محوله و بازنگری به حوادث و وقایع گذشته
- آموزش لازم از وضعیت بهره‌برداری منحنی‌های فرمان در تأسیسات آبی مهم
- آموزش در امر هواشناسی بمنظور اطلاع از وضعیت فاکتورهای آب و هوایی، ثبت آمار هواشناسی و توجه به احتمال بارش‌های فصلی و اندازه‌گیری مقادیر مربوطه
- آموزش و اطلاع در خصوص موضوع Travel Time بین مسیرهای مخزنی و تنظیمی
- آموزش بمنظور اطلاع‌رسانی به مسئولین ذیربط برون سازمانی مربوطه و درون سازمانی وابسته به نمودار تشکیلاتی
- آموزش بمنظور تست ادواری و اطمینان حاصل از آمادگی دستگاه‌های برقی– مکانیکال مورد استفاده در تأسیسات آبگیر و رفع نقص جزیی و تعمیراتی در مواقع اضطرار
- آموزش در تهیه چگونگی ثبت وقایع و گزارش‌نویسی از آثار و تغییرات حادث زمانی و ساختمانی
- آموزش بمنظور ارتباط با گروه‌های امداد و کمک‌رسان
- آموزش برخورد مناسب با همکاران و افراد مرتبط با وظیفه شغلی برون سازمانی
- آموزش بمنظور شناسایی مناطق سیل‌گیر (مسکونی– کشاورزی و ...) و لزوم خبررسانی در این زمینه

نقش ارتباطات در کاهش تلفات سیلاب

این موضوع را می‌توان در دو محور ابزار ارتباطی و روابط سازمان ارتباطی همانند عوامل آموزشی برشمرد.

الف- ابزار ارتباطی

- وجود دستگاه‌های ارتباطی سالم هرچند که پیشرفته نباشد (بی‌سیم، تلفن، آیفون)
- کاربرد دستگاه‌های ارتباطی همسو در شرایط غیرعادی (قطع خطوط تلفن بلحاظ بارندگی یا رعد و برق)
- سهولت بکارگیری دستگاه‌های ارتباطی (نداشتن رمز و پیش کد) در مبادله سریع پیام ارتباطی
- امکان رفع نقص سریع، ارزان و تعمیر ادوات و تجهیزات کاربردی در منطقه
- قدرت فرستندگی و گیرندگی مؤثر که مستلزم دکل و آنتن‌های تقویت کننده است
- نصب دستگاه‌های همشنود و یا همخوان بمنظور خبررسانی گروهی
- دسترسی به شماره تلفن مسئولین ذیربط اجرایی
- ارزان بودن، قابلیت حمل و پوشش کافی در ارسال و دریافت پیام

ب- روابط ارتباطی سازمانی

- توجه و دقت کافی در نحوه صحیح کاربرد دستگاه‌های ارتباطی
- کاربرد ارتباطی و خبر رسانی به مراکز امداد، پلیس و پخش اعلامیه
- مشارکت و اطلاع‌رسانی از وضعیت سیلاب رودخانه‌های مشترک مرزی فی‌مابین دولت‌ها
- دسترسی کدهای ارتباطی با پروژه‌های عمرانی در حال ساخت در معرض سیلاب (مثل پل‌ها و کارخانه‌های ماسه‌شویی)
- تأکید بر ارتباطات سازمانی مؤثر در اتخاذ تصمیم در مراحل مختلف بروز سیلاب تا مرحله مهار آن

منابع:

۱- کمیته ملی آبیاری و زهکشی، راهنمای ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح‌های آبیاری و زهکشی و کنترل سیلاب،۱۳۷۶ نشریه شماره ۱۳

۲- کمیته ملی آبیاری و زهکشی، راهنمای روش‌های غیرسازه‌ای مدیریت سیلاب، ۱۳۷۹، نشریه شماره ۴۰

3- KWPA-Dez Irrigation Project-ANNEX C (Engineering) may 1967

4- KWPA-Dez Irrigation project-System Charactristics and operation and maintenance guidelines and procedures-july 1976

کارگاه فنی همزیستی با سیلاب
۲۵ مرداد ماه ۱۳۸۵

بررسی پتانسیل‌های بهره‌وری از سیلاب در استان خراسان شمالی

سعید اسمعیل‌نیا [۱]، مجید خلقی [۲]

چکیده

طراحی سازه‌های آبی و برنامه‌ریزی بهرهبرداری از منابع آب رودخانه نیاز به برآورد مناسبی از مقادیر سیلاب‌ها و کم‌آبی دارد. ساده‌ترین راه در جهت اطمینان از محاسبات، برآورد بیش از اندازه (Over estimate) 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 کم‌آبی‌ها، باعث عدم استفاده از آب موجود در رودخانه در فصول کم‌آبی می‌شود. بر این اساس، بررسی آماری و توزیع آماری مناسب این پارامترها در نقاط مختلف، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. در اکثر کشورهای دنیا و رودخانه‌ها، برآورد توزیع آماری مناسب سیلاب‌ها و کم‌آبی انجام شده است. در حالیکه در کشور ما به دلیل کمبود آمار و عدم انجام کارهای تحقیقاتی، هنوز به طور جدی مسئله مناسب‌ترین توزیع آماری رودخانه‌های کشور مورد بررسی قرار نگرفته است. با توجه به اهمیت این موضوع، در این تحقیق مقادیر حداقل آبدهی‌ها و حداکثر سیلاب لحظه‌ای ۲۸ ایستگاه هیدرومتری در ۲۳ رودخانه کشور که در ۶ حوزه آبخیز اصفهان و گاوخونی، خلیج فارس و دریای عمان، دریاچه ارومیه، دریای خزر، قراقوم و حوزه مرکزی قرار دارند، مورد بررسی قرار گرفتند. نحوه انتخاب این رودخانه‌ها طوری انجام شد که بتواند شمایی از رودخانه‌های ایران در آب و هوای مختلف باشد. از طرف دیگر تعداد سال‌های آماری کافی یکی از معیارهای انتخاب این رودخانه‌ها بوده که بر اساس وجود بیش از ۳۰ سال آمار صورت گرفته است. نتایج حاصل از برازش آماری و توزیع آماری کم‌آبی‌ها و سیلاب‌ها نشان می‌دهد که می‌توان براساس نوع توزیع آماری در مورد بعضی از حوزه‌ها به نتایج مثبتی رسید. به طوری که در حوزه خلیج فارس اکثراً

۱- کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تهران
۲- استادیار گروه آبیاری دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تهران

توزیع آماری نوع لوگ پیرسن نوع III برازش مناسبی می‌دهد. در حالیکه در سایر حوزه‌ها نمی‌توان توزیع آماری یکسانی را برای حوزه به کار برد و پراکندگی در نوع توزیع‌های آماری مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: توزیع آماری- سیلاب- کم‌آبی- رودخانه- روش پیرسن نوع III

مقدمه

برای طراحی سازه‌های آبی در روی رودخانه‌ها و همچنین برنامه‌ریزی برای بهرهبرداری از منابع آب رودخانه‌ها لازم است برآورد مناسبی از مقادیر دبی سیلاب‌ها و طغیانهای رودخانه و همچنین دبی کم‌آبی‌ها داشته باشیم. به عبارت دیگر باید رژیم رودخانه‌ها را بشناسیم. برای این منظور بر حسب اهمیت پروژه و یا اهداف مورد نظر یک دوره برگشت در نظر گرفته میشود. با توجه به توزیع آماری که برای رودخانه مناسب تشخیص داده می‌شود، برای هر دوره برگشت مقدار دبی بر اساس این توزیع آماری بدست می‌آید. بدون تعیین دقیق مشخصات آماری و توزیع مناسب یک رودخانه نمی‌توان تخمین قابل قبول و نزدیک به واقعیتی از دبی برای اهداف مورد نظر بدست آورد. که این خود باعث افزایش هزینه‌ها در سیلاب‌ها و یا عدم استفاده مفید از آب موجود در کم‌آبی‌ها می‌شود.

بر این اساس در این مقاله، تحقیقی بر روی چند ایستگاه پراکنده در رودخانه‌های کشور و در حوضه‌های مختلف انجام شده که هدف از آن تعیین مناسبترین توزیع آماری برای هر رودخانه بوده است. همچنین برای انجام این کار از دو نرم‌افزار مختلف استفاده شد که مقایسه نتایج این دو نرم‌افزار نیز مورد نظر بوده است. در انتها با دسته‌بندی رودخانه‌های هر حوضه توزیع آماری منتخب برای حوضه‌ها و زیرحوضه‌ها نیز بررسی گردیده است تا مشخص شود که آیا توزیع‌های آماری در هر حوضه آبریز الگوی مشخصی دارد یا اینکه توزیع آماری وابستگی به حوضه ندارد.

در زمینه تعیین توزیع‌های آماری در رودخانه‌ها تحقیقات بسیاری صورت گرفته است. تا آنجا که در بعضی کشورها از الگوهای توزیع آماری در حوصه‌های آبریز مختلف مشخص شده‌اند. اما در ایران به علت کمبود برداشت داده از رودخانه‌ها و عدم کنترل دقیق ایستگاه‌های هیدرومتری و در نتیجه کمبود آمار و ارقام، تا کنون تحقیقات قابل توجهی در انی مورد نشده است. از جمله تحقیقاتی که در آنها الگوهایی برای حوضه‌های آبریز بدست آمده است میتوان به موارد زیر اشاره نمود.

در تحقیق گستردهای Vogel و همکاران (۱۹۹۳) داده‌های سیلاب را در ۳۸۳ منطقه از جنوب‌غربی ایالات متحده مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که توزیعهای آماری لوگ پیرسون تیپ ۳، توزیع حد نهایی و لوگ نرمال دو و سه پارامتری تخمین خوبی از جریان سیلاب را در این منطقه ارائه می‌دهند. Muhara (۲۰۰۱) ۱۲ منطقه را در تانزانیا مورد مطالعه قرار داد و به این نتیجه رسید که توزیع آماری پیرسون تیپ ۳ می‌تواند به عنوان توزیع منتخب برای تعیین ماگزیمم سیلاب لحظه‌ای سالانه به کار رود. وی همچنین یک مدل رگرسیون خطی برای این مناطق پیشنهاد داد. Topaloulu (۲۰۰۲) در ترکیه ۱۳ نقطه

اندازه‌گیری سیلاب را در حوضه سیحان مورد مطالعه قرار داد و به این نتیجه رسید که در این حوضه براساس تست کا اسکور توزیع آماری گامبل و بر اساس تست نیکویی برازش کولموگروف – سیمیرنوف توزیع‌های آماری لوگ نرمال سه پارامتری و لوگ پیرسون تیپ ۳ بهترین مدل برای پیش‌بینی سیلاب لحظه‌ای می‌باشند. در هندوستانKumar و Chatterjee (۲۰۰۵) داده‌های ۱۳ ایستگاه اندازه‌گیری سیلاب را مورد مطالعه قرار دادند و در ۱۰ ایستگاه از ۱۳ ایستگاه همگنی در نوع توزیع‌های آماری را مشاهده نمودند. سپس روابط توزیعهای آماری را برای محاسبه سیلاب‌ها با دوره برگشت‌های مختلف مورد استفاده قرار دادند.

مواد و روش‌ها

الف-ایستگاه‌های انتخاب شده

برای انتخاب رودخانه‌ها به نحوی عمل شد که بتواند شمایی از رودخانه‌های ایران در اقلیم‌ها و آب و هواهای مختلف باشد. در نتیجه چند ایستگاه پراکنده در هر حوضه انتخاب شد و در مرحلهٔ مقدماتی ۵۰ ایستگاه هیدرومتری انتخاب گردید.

ب- آمار ایستگاه‌های هیدرومتری

در این تحقیق مقادیر حداقل آبدهی ها و حداکثر سیلاب لحظه‌ای برای بدست آوردن رژیم سیلابی و کم‌آبی در رودخانه‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

از لحاظ آماری انتخاب ایستگاه‌ها به گونه‌ای بود که بتوانیم حداکثر سال‌های آماری مشترک را بین ایستگاه‌ها داشته باشیم و بعلاوه آمار ایستگاه‌ها دارای کمترین نقص (عدم وجود آمار دبی در یک یا چند سال آماری) باشند. بر این اساس آمار ۵۰ ایستگاه اولیه مورد بررسی قرار گرفت و از میان آنها ۲۸ ایستگاه انتخاب شد بطوری که دارای ۳۷ سال آماری مشترک شامل سال‌های ۴۱-۱۳۴۰ تا ۷۷-۱۳۷۶ بودند. این ۲۸ ایستگاه در ۲۳ رودخانه کشور، در ۶ حوضه آبریز، شامل حوضه های اصفهان و گاوخونی، خلیج فارس و دریای عمان، دریاچه ارومیه دریای خزر، قراقوم و حوزه مرکزی واقع گردیدند.

ج-توزیع‌های آماری

۱- توزیع نرمال

توزیعی را نرمال گویند که متغیر می‌تواند از منفی بینهایت تا مثبت بینهایت تغییر کند و احتمال وقوع آن مطابق فرمول زیر خواهد بود.

$$P(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

که μ و σ به ترتیب متوسط و انحراف از معیار متغیرها را نشان می‌دهد.

۲- توزیع نرمال لگاریتمی

اگر x متغیر توزیع نرمال باشد، توزیع لگاریتمی به صورت زیر بیان می‌شود:

$$P(x)=\frac{1}{x\sigma_y\sqrt{2\pi}}e^{\frac{-[\ln x-\mu y]^2}{2\sigma y^2}}$$

که μ_y متوسط و σ_y انحراف از معیار لگاریتمی طبیعی X است.

۳- توزیع پیرسون نوع سوم

توزیع پیرسون نوع سوم به شکل زیر بیان گردیده است:

$$P(x)=\frac{1}{\alpha\Gamma(\beta)}\left(\frac{x-\gamma}{\alpha}\right)^{\beta-1}e^{-(\frac{x-\gamma}{\alpha})}$$

که α و β پارامترهای آماری و $\Gamma(\beta)$ تابع گاما است.

۴-توزیع گاما

اگر $y=\frac{(x-\gamma)}{\alpha}$ را در فرمول زیر

$$P(x)=e^{-(\frac{x-\gamma}{\beta-\gamma})^{\alpha}}$$

جایگزین نمائیم فرمول فوق به صورت زیر ساده می‌شود:

$$P(y)=\frac{y^{\beta-1}e^{-y}}{\Gamma(\beta)}$$

که به عنوان توزیع گاما معرفی شده است.

۵- تویع لوگ پیرسون نوع سوم

این روش به صورت زیر ارایه شده است:

$$P(x)=\frac{1}{\alpha x\Gamma(\beta)}\left(\frac{\ln x-\gamma}{\alpha}\right)^{\beta-1}e^{-(\frac{\ln x-\gamma}{\alpha})}$$

۶- توزیع گامبل

اگر یک سری آماری مرکب از $X_1, X_2, X_3, \ldots, Xn$ را داشته باشیم احتمال تجمعی هر مقدار از X در توزیع گامبل عبارت خواهد بود از:

$$P'=e^{-e^{-y}}$$

$$y=-\ln\left[-\ln(1-\frac{1}{T})\right]$$

$$T=\frac{1}{1-P}$$

$$x=\bar{x}+s(0.78y-0.45)$$

د- نرم‌افزارها

در انجام این تحقیق از ۲ نرم‌افزار Hyfa و Smada استفاده شد. نرم‌افزار Hyfa می‌تواند پارامترهای مختلف آماری را محاسبه کرده و همچنین بهترین توزیع منطبق با آمار مربوطه را با رسم شکل آن ارائه کند. برای برازش داده‌ها با توزیع‌های مختلف نیز از روش‌های گشتاور و حداکثر درست‌نمایی استفاده میکند. برای آزمون داده‌ها نیز از آزمون t-student استفاده می‌کند که در اینجا سطح اعتماد ۹۵٪ انتخاب گردید.

نرم‌افزار smada برای هر توزیع انتخاب شده، داده‌های برآورد شده را در مقابل داده‌های آماری مقایسه می‌کند و به صورت گرافیکی نیز آن دو را بر روی یک نمودار نشان می‌دهد. بوسیله محاسبه مجموع مربعات باقیمانده (RSS) نیز میتوان بهترین توزیع را انتخاب کرد.

$$RSS = \sqrt{\left(\frac{\sum (Q_e - Q_o)^2}{N - M} \right)}$$

که در آن Q_e دبی برآورد شده از توزیع، Q_o دبی مشاهداتی، N تعداد داده‌ها (تعداد سال‌های آماری) و M تعداد پارامترهای توزیع در آن توزیع آماری می‌باشد. بهترین توزیع دارای کمترین مجموع مربعات باقیمانده است.

نتایج و بحث

شکل ۱ موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه را در حوضه‌های مختلف نشان می‌دهد. نتایج بدست آمده برای رودخانه‌های مختلف بر حسب رژیم سیلابی و کم‌آبی در جداول ۱ و ۲ آمده است. در مورد سیلاب‌ها با توجه به وسعت حوضه‌ها به خصوص حوضهٔ آبریز خلیج فارس و دریای عمان می‌توان گفت که رودخانه‌های این حوضه هر کدام رژیم خاص خود را دارند. اما بطور کلی برای سیلاب‌ها توزیع لوگ پیرسون تیپ ۳، توزیع غالب می‌باشد. در کم‌آبی‌ها نیز توزیع غالب توزیع لوگ پیرسون تیپ ۳ است که بوسیلهٔ نرم‌افزار Hyfa بدست آمده، اما در نرم‌افزار Smada توزیع پیرسون تیپ ۳، غالب می‌باشد که در جداول ضمیمه مشخص می‌باشد.

در جداول ۳ و ۴ نیز دبی‌های کم آبی و سیلابی هر ایستگاه با استفاده از توزیع آماری بدست آمده برای آن ایستگاه با دوره برگشت‌های مختلف محاسبه شده است.

اما با توجه به طولانی بودن محاسبات مربوطه به توزیع های آماری، استفاده از نرم‌افزارهای مناسب و مورد تأیید می‌تواند کمک زیادی به انجام چنین تحقیقاتی نماید، اما باید توجه نمود که همواره می‌توان برنامه‌های کامپیوتری نه چندان پیچیده‌ای تهیه نمود که محاسبات را مطابق نیاز کاربر انجام دهد.

همچنین مهمترین مسئله در مورد تهیهٔ رژیم رودخانه‌های کشور، عدم دسترسی به داده‌های کافی و

صحیح از رودخانه‌ها و ایستگاه‌های هیدرومتری می‌باشد که احداث، تجهیز و گسترش این ایستگاه‌ها به شدت مورد نیاز است.

جدول ۱- جدول مربوط به دبی‌های کم‌آبی

min							HYFA			SMADA
							Mean sq.rel.dev.		Mean relat.dev	
شماره	نام رودخانه	نام ایستگاه	حوزه آبریز	Moments	Max.Likelihood	Moments	Max.Likelihood			
1	کارون	ارمند	3	----	----	----	----			PEARSON III
2	کارون	پل شالو	3	----	----	----	----			PEARSON III
3	کارون	گتوند	3	LPEARSON III	2PARGAMMA	LPEARSON III	2PARGAMMA			PEARSON III
4	کارون	اهواز	3	LPEARSON III	2PARGAMMA	LPEARSON III	2PARGAMMA			PEARSON III
5	کرخه	جلوگیر (کرخه)	3	----	----	----	----			PEARSON III
6	کرخه	پای پل (کرخه)	3	LPEARSON III	2PARGAMMA	LPEARSON III	2PARGAMMA			PEARSON III
7	دز	با مدژ	3	----	----	----	----			NORMAL
8	دز	تله زنگ	3	LPEARSON III	2PARGAMMA	LPEARSON III	2PARGAMMA			PEARSON III
9	خرسان	بارز	3	LPEARSON III	NORMAL	PEARSON III	NORMAL			PEARSON III
10	ماربر	دهکده شهید	3	----	----	----	----			PEARSON III
11	شاوور	پل شاوور	3	LPEARSON III	2PARGAMMA	PEARSON III	NORMAL			PEARSON III
12	زهره	تنگ بریم	3	LPEARSON III	NORMAL	LPEARSON III	NORMAL			PEARSON III
13	شاپور	سعدآباد (شاپور)	3	----	----	----	----			PEARSON III
14	میناب	برنطین(میناب)	3	2LOGNORMAL	3LOGNORMAL	LPEARSON III	3LOGNORMAL			LPEARSON III
15	گاماسیاب	پل چهر	3	LPEARSON III	3LOGNORMAL	LPEARSON III	3LOGNORMAL			LPEARSON III
16	هراز	کرەسنگ (۲۵ شهریور)	6	LPEARSON III	2PARGAMMA	LPEARSON III	2PARGAMMA			PEARSON III
17	لار	پلور	6	----	----	----	----			NORMAL
18	سفیدرود	رودبار	6	LPEARSON III	GUMBEL EVI	LPEARSON III	GUMBEL EVI			PEARSON III
19	قزل‌اوزن	پل دختر (قزل اوزن)	6	LPEARSON III	2PARGAMMA	LPEARSON III	2PARGAMMA			PEARSON III
20	پلرود	درازلات (طولولات)	6	PEARSON III	NORMAL	LPEARSON III	NORMAL			LPEARSON III
21	تجن	سلیمان تنگه	6	LPEARSON III	2PARGAMMA	LPEARSON III	2PARGAMMA			2PARGAMMA
22	کرج	بیلقان	10	NORMAL	NORMAL	3LOGNORMAL	PEARSON III			GUMBEL EVI
23	قمرود	دودهک	10	2PARGAMMA	2PARGAMMA	2PARGAMMA	2PARGAMMA			PEARSON III
24	گلپایگان	سر آب هنده	10	2LOGNORMAL	3LOGNORMAL	LPEARSON III	LPEARSON III			LPEARSON III
25	کردان	ده صومعه (کردان)	10	LPEARSON III	2PARGAMMA	LPEARSON III	2PARGAMMA			PEARSON III
26	زاینده‌رود	پل زمانخان	1	3LOGNORMAL	GUMBEL EVI	LPEARSON III	3LOGNORMAL			2PARGAMMA
27	طرق	کرتیان	8	LPEARSON III	2PARGAMMA	LPEARSON III	2PARGAMMA			2PARGAMMA
28	شهرچای	بنداورمیه	4	LPEARSON III	3LOGNORMAL	LPEARSON III	3LOGNORMAL			PEARSON III

جدول ۲- جدول مربوط به دبی های سیلابی

شماره	نام رودخانه	نام ایستگاه	حوزه آبریز	HYFA				SMADA
				Mean sq.rel.dev.		Mean relat.dev		
				Moments	Max.Likelihood	Moments	Max.Likelihood	
1	کارون	ارمند	3	----	----	----	----	LPEARSON III
2	کارون	پل شالو	3	LPEARSON III	2PARGAMMA	LPEARSON III	2PARGAMMA	LPEARSON III
3	کارون	گتوند	3	----	----	----	----	LPEARSON III
4	کارون	اهواز	3	GUMBEL EVI	GUMBEL EVI	2PARGAMMA	GUMBEL EVI	LPEARSON III
5	کرخه	جلوگیر (کرخه)	3	----	----	----	----	LPEARSON III
6	کرخه	پای پل (کرخه)	3	3LOGNORMAL	GUMBEL EVI	2PARGAMMA	GUMBEL EVI	3LOGNORMAL
7	دز	با مدژ	3	LPEARSON III	LPEARSON III	LPEARSON III	LPEARSON III	LPEARSON III
8	دز	تله زنگ	3	2PARGAMMA	2PARGAMMA	2PARGAMMA	2PARGAMMA	LPEARSON III
9	خرسان	بارز	3	----	----	----	----	LPEARSON III
10	ماربر	دهکده شهید	3	2LOGNORMAL	2LOGNORMAL	2LOGNORMAL	2LOGNORMAL	LPEARSON III
11	شاوور	پل شاوور	3	LPEARSON III	3LOGNORMAL	LPEARSON III	3LOGNORMAL	LPEARSON III
12	زهره	تنگ بریم	3	LPEARSON III	2PARGAMMA	LPEARSON III	2PARGAMMA	PEARSON III
13	شاپور	سعدآباد (شاپور)	3	LPEARSON III	2PARGAMMA	LPEARSON III	2PARGAMMA	3LOGNORMAL
14	میناب	برنطین(میناب)	3	LPEARSON III	2PARGAMMA	LPEARSON III	2PARGAMMA	LPEARSON III
15	گاماسیاب	پل چهر	3	3LOGNORMAL	2LOGNORMAL	LPEARSON III	2LOGNORMAL	LPEARSON III
16	هراز	کره‌سنگ (۲۵ شهریور)	6	----	----	----	----	LPEARSON III
17	لار	پلور	6	2PARGAMMA	2PARGAMMA	2PARGAMMA	2PARGAMMA	LPEARSON III
18	سفیدرود	رودبار	6	PEARSON III	PEARSON III	LPEARSON III	NORMAL	LPEARSON III
19	قزل‌اوزن	پل دختر (قزل اوزن)	6	LPEARSON III	LPEARSON III	LPEARSON III	LPEARSON III	LPEARSON III
20	پلرود	درازلات (طولولات)	6	LPEARSON III	LPEARSON III	LPEARSON III	LPEARSON III	LPEARSON III
21	تجن	سلیمان تنگه	6	PEARSON III	3LOGNORMAL	PEARSON III	3LOGNORMAL	LPEARSON III
22	کرج	بیلقان	10	3LOGNORMAL	2PARGAMMA	3LOGNORMAL	2PARGAMMA	LPEARSON III
23	قمرود	دودهک	10	LPEARSON III	LPEARSON III	LPEARSON III	LPEARSON III	LPEARSON III
24	گلپایگان	سر آب هنده	10	----	----	----	----	LPEARSON III
25	کردان	ده صومعه (کردان)	10	----	----	----	----	LPEARSON III
26	زاینده‌رود	پل زمانخان	1	LPEARSON III	3LOGNORMAL	LPEARSON III	3LOGNORMAL	LPEARSON III
27	طرق	کرتیان	8	LPEARSON III	3LOGNORMAL	LPEARSON III	3LOGNORMAL	LPEARSON III
28	شهرچای	بنداورمیه	4	----	----	----	----	LPEARSON III

Max

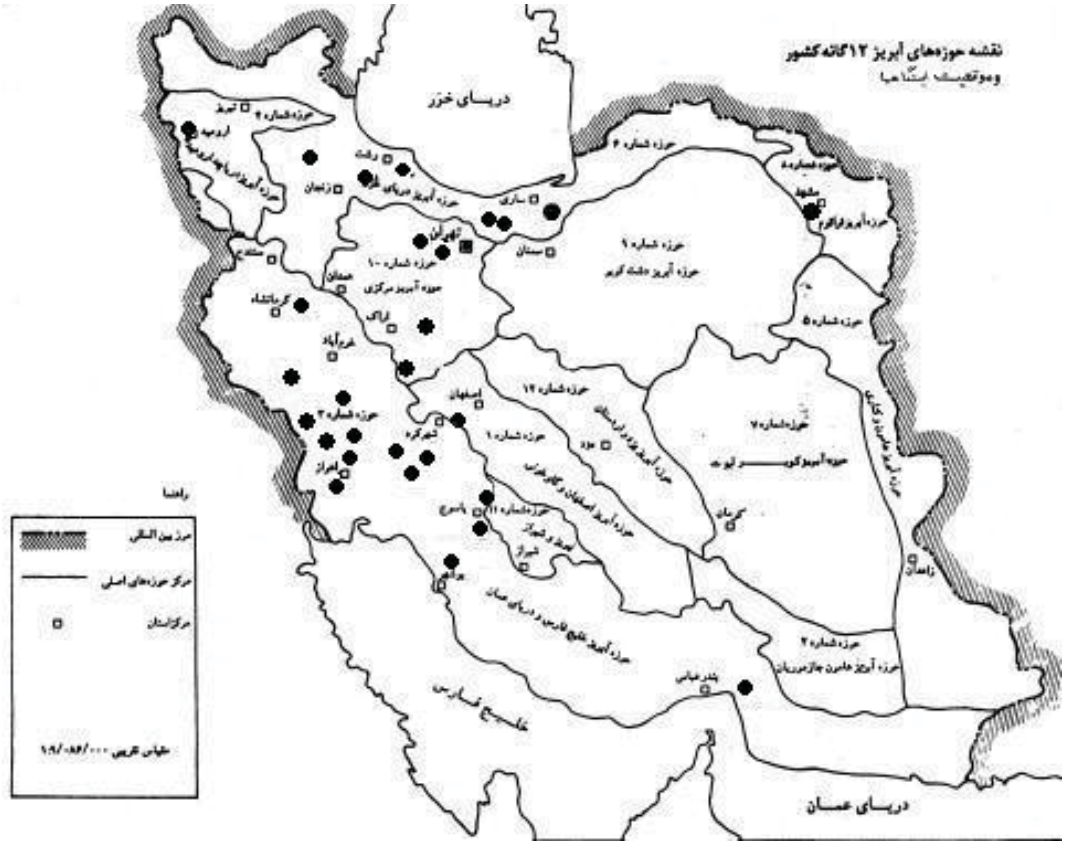
جدول ۳- دبی‌های کم‌آبی با دوره برگشت‌ها مختلف براساس توزیع آماری انتخاب‌شده

دوره برگشت									
200	100	50	25	10	5	3	2	توزیع آماری	ایستگاه
43.3	43.3	43.1	42.8	41.8	40.3	38.2	35.1	PEARSON III	1
141.5	140.5	139.0	136.8	131.8	125.1	116.9	105.8	PEARSON III	2
173.5	168.6	162.5	155.0	141.5	126.6	110.6	91.4	PEARSON III	3
313.7	307.4	299.5	289.2	269.7	247.4	222.5	191.9	PEARSON III	4
57.6	55.0	52.1	48.8	43.6	38.6	33.8	28.6	PEARSON III	5
63.6	61.4	58.9	55.8	50.7	45.4	39.9	33.6	PEARSON III	6
172.2	163.0	153.0	141.8	124.6	108.4	93.3	77.4	NORMAL	7
93.1	90.1	86.5	82.1	74.6	66.7	58.6	49.2	PEARSON III	8
63.8	61.4	58.6	55.4	50.2	45.0	39.9	34.3	PEARSON III	9
2.0	1.9	1.8	1.7	1.5	1.4	1.3	1.1	PEARSON III	10
16.3	16.1	15.9	15.5	14.9	14.0	13.1	11.8	PEARSON III	11
10.7	10.3	9.9	9.4	8.5	7.6	6.8	5.8	PEARSON III	12
4.2	3.3	2.5	1.8	0.9	0.4	0.1	0.0	PEARSON III	13
61.1	38.8	24.3	15.0	7.6	4.3	2.7	1.8	LPEARSON III	14
9.1	7.6	6.3	5.1	3.6	2.7	2.0	1.5	LPEARSON III	15
20.7	20.2	19.5	18.8	17.5	16.0	14.6	12.8	PEARSON III	16
4.3	4.0	3.7	3.4	2.9	2.4	2.0	1.5	NORMAL	17
61.4	54.4	47.3	40.3	30.8	23.4	17.6	12.8	PEARSON III	18
8.9	7.7	6.5	5.3	3.8	2.6	1.8	1.1	PEARSON III	19
5.0	5.0	5.0	5.0	4.9	4.7	4.3	3.7	LPEARSON III	20
44.7	31.6	21.6	14.1	7.4	4.0	2.2	1.2	2PARGAMMA	21
14.7	13.4	12.2	10.9	9.2	7.8	6.7	5.7	GUMBEL EVI	22
2.3	1.9	1.5	1.2	0.8	0.5	0.3	0.1	PEARSON III	23
17.8	9.6	5.1	2.7	1.1	0.6	0.3	0.2	LPEARSON III	24
0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	PEARSON III	25
72.4	59.0	47.1	36.7	24.9	17.3	12.3	8.7	2PARGAMMA	26
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2PARGAMMA	27
61.5	42.0	25.9	13.4	2.8	-0.6	-1.0	-1.6	PEARSON III	28

جدول ۴- دبی‌های سیلابی با دوره برگشت‌ها مختلف بر اساس توزیع آماری انتخاب شده

دوره برگشت									
200	100	50	25	10	5	3	2	توزیع آماری	ایستگاه
2520.8	2112.7	1750.9	1429.9	1058.6	809.6	638.1	502.8	LPEARSON III	1
5900.5	5204.8	4531.0	3876.2	3032.0	2397.3	1918.6	1511.9	LPEARSON III	2
8518.2	7242.8	6080.5	5019.9	3752.6	2874.5	2254.6	1756.4	LPEARSON III	3
8781.4	7955.1	7095.7	6198.8	4942.5	3917.9	3099.0	2375.2	LPEARSON III	4
6568.9	5502.2	4534.9	3659.0	2626.3	1925.7	1443.3	1066.6	LPEARSON III	5
5399.5	4957.1	4477.9	3957.4	3193.7	2542.3	2004.8	1519.6	3LOGNORMAL	6
11605.3	8183.8	5726.3	3963.7	2375.6	1561.0	1108.6	811.3	LPEARSON III	7
6015.0	5471.8	4907.4	4318.2	3490.7	2811.4	2263.2	1772.5	LPEARSON III	8
2941.0	2642.6	2334.5	2015.9	1575.6	1223.0	946.6	707.6	LPEARSON III	9
689.6	514.1	375.7	267.5	161.1	102.1	67.9	45.1	LPEARSON III	10
635.9	428.3	286.6	190.0	107.9	68.2	47.2	33.9	LPEARSON III	11
911.6	819.7	725.6	628.3	492.2	379.8	287.6	202.9	PEARSON III	12
1785.0	1600.9	1415.7	1227.6	969.7	760.1	589.4	432.3	3LOGNORMAL	13
4493.1	3901.1	3287.5	2659.5	1825.6	1212.0	784.7	468.5	LPEARSON III	14
1257.0	1068.3	894.3	734.0	540.6	405.9	310.8	234.8	LPEARSON III	15
459.4	379.1	310.3	251.4	185.8	143.5	115.1	93.3	LPEARSON III	16
206.0	183.2	160.3	137.2	106.1	81.9	63.4	47.6	LPEARSON III	17
1406.2	1387.1	1355.3	1304.6	1191.4	1048.2	889.5	709.3	LPEARSON III	18
7828.1	4987.5	3181.2	2028.7	1114.4	701.5	492.8	365.9	LPEARSON III	19
875.7	680.3	521.5	392.6	259.3	180.3	131.4	96.3	LPEARSON III	20
146.3	127.6	109.8	92.8	71.1	55.2	43.4	33.6	LPEARSON III	21
181.3	166.7	151.1	134.3	110.0	89.4	72.3	56.6	LPEARSON III	22
12592.7	6187.8	2953.6	1356.3	444.1	171.2	76.1	35.1	LPEARSON III	23
378.3	279.2	201.7	141.7	83.5	51.8	33.8	21.9	LPEARSON III	24
72.6	69.0	65.0	60.5	53.5	47.0	41.1	35.2	LPEARSON III	25
7382.7	3353.7	1566.8	754.9	303.5	160.1	103.6	75.5	LPEARSON III	26
96.4	74.4	55.9	40.5	24.4	15.1	9.6	5.9	LPEARSON III	27
307.4	236.4	180.1	135.5	90.4	64.3	48.3	36.8	LPEARSON III	28

شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه



منابع :

۱- علیزاده، امین، ۱۳۸۰، اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه امام رضا(ع).

۲- نجمایی، محمد، ۱۳۶۹، هیدرولوژی مهندسی- انتشارات دانشگاه علم و صنعت.

3- Bobbe, B., R. Robitialle (1976). The use of the Pearson type 3 and log-Pearson Type 3 Distributions Revised,

4- wat. Res. Res., vol. 13, No. 2, April, pp. 427-443.

5- Cicioni, G., G. Giuliano, F.M. Spaziani (1973). Best fitting of Probability functions to a set of Data for flood studies, Proc. Second International symposium in Hydrology, floods and droughts, water Resources Publications, fort Collins, Colorado, pp. 304-314.

6- Kumar, Rakesh, Chandranath Chatterjee (2005). Regional Flood Frequency Analysis Using L-Moments for North Brahmaputra Region of India. J. Hydrologic Engrg., Volume 10, Issue 1, pp. 1-7 (January/February 2005)

7- Matalas, N. C. (1963) Probability distribution of Low flows, USGS, Professional paper 434-A.

8- Muhara, Gerald (2001). Selection of Flood Frequency Model in Tanzania Using L-Moments and the Region of Influence Approach. 2nd WARFSA/WaterNet

Symposium: Integrated Water Resources Management: Theory, Practice, Cases; Cape Town, 30-31 Oct 2001

9- Sangal, B.P, A.K. Biswas (1970). The 3-parameter log-normal distribution and its Applications in Hydrology. wat. Res., vol.6, No. 2, pp. 505-515.

10- Santas, A. (1970). The statistical Treatment of Floods Flows, water Power, vol. 22, No. 2, pp. 63-67.

11- Topaloulu, Fatih. Determining Suitable Probability Distribution Models For Flow and Precipitation Series of the Seyhan River Basin. Turk J Agric For, 26 (2002) 187-194

12- Vogel, Richard M., Wilbert O. Thomas Jr. and Thomas A. McMahon (1993). Flood-flow frequency model selection in southwestern United States, Journal of Water Resources Planning and Management, Vol. 119, No.3, May/June, 1993.

13- Yevjevich, V. (1972). Probability and statistics in Hydrology, water Resources, fortcollins, Colorado.

کارگاه فنی همزیستی با سیلاب
۲۵ مرداد ماه ۱۳۸۵

همزیستی با سیل با بررسی روش‌های بهره‌وری از سیلاب

علی اصغرتقوایی ابریشمی[۱]

چکیده

کشور ایران بنا به موقعیت جغرافیایی خاص و ناهمواری‌هایی بسیار پراکنده و تأثیر عواملی از قبیل ورود توده هوای خارجی از مناطق خشک و نیمه خشک جهان به شمار می‌رود. میزان بارندگی در ایران ۳۳٪ متوسط بارندگی کره زمین است ولی همین مقدار بارندگی نیز پراکنش زمانی و مکانی مناسبی نداشته بطوریکه حدود ۳۳٪ بارندگی در بیش از نیمی از کشور در کویر مرکزی و حدود ۳۳٪ دیگر از کل بارندگی در سطحی حدود ۱۰٪ از مساحت کل کشور و حدود ۳۳٪ بقیه در سایر نقاط ایران صورت می‌گیرد. لذا محدودیت آب و اهمیت آن از دیرباز مورد توجه ایرانیان قرار داشته است.

در بسیاری از مناطق کشور که جزء مناطق خشک محسوب می‌شود، تأمین آب مورد نیاز بخش‌های مختلف تنها از منابع آب زیرزمینی امکان‌پذیر است. لذا این منابع از مهمترین عوامل توسعه اقتصادی و اجتماعی این مناطق به شمار می‌رود. جلوگیری از تخریب و نابودی این منابع در صورتی امکان‌پذیر خواهد بود که برنامه‌ریزی‌اصولی و صحیح در بهره برداری و نگهداری از آنها تدوین و اجرا گردد. در این راستا، استفاده بهینه از منابع آب‌های سطحی و سیلاب‌ها در تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی و تأمین آب مورد نیاز در بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت همواره به عنوان عامل مؤثر و مهم تلقی می‌گردد بطوریکه پیشرفت‌های حاصل شده توسط نیاکان ما در مورد ذخیره و استفاده بهینه از سیلاب‌های فصلی و آب‌های جاری دائمی به اشکال مختلف مثل سدهای بزرگ قدیمی، کاریزها نشانه خوبی از این مدعا هستند. علاوه بر مدیریت منابع آب، برنامه‌ریزی صحیح جهت حفظ و نگهداری خاک و استفاده مناسب از پتانسیل آن به عنوان بستر اصلی منابع طبیعی مطرح می‌باشد رشد جمعیت و ضرورت افزایش تولید محصولات کشاورزی موجب تشدید بهره‌برداری از منابع آب‌های زیرزمینی در مناطق مختلف کشور شده است. از

۱- علی‌اصغر تقوایی‌ابریشمی، عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان ص.پ. ۱۱۴۸-۹۱۷۳۵
تلفن:۴-۳۴۰۰۳۰۱ - ۰۵۱۱ فاکس ۰۵۱۱-۳۴۰۰۳۹۰ Email: ATAGHVA2000@yahoo.com

طرف دیگر بدلیل عدم اجرای روش‌های مناسب افزایش ذخایر آب زیرزمینی با توجه به شرایط خاص اقلیمی در مناطق مختلف کشور، شاهد افت بیش از حد این منابع هستیم. لذا جهت جبران افت ناشی از بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی علاوه بر اجرای طرح‌های مهار آب رودخانه‌های دائمی، برنامه‌ریزی و اجرای روش‌های مهار و بهره‌برداری از آب رودخانه‌های فصلی و خشکه رودها از ضروریات غیرقابل انکار تخریب منابع تجدید شونده، توسعه مناطق بیابانی و سطوح کویری، نابسامانی محیط زیست، خسارات ناشی از سیلاب‌ها، رشد سریع جمعیت بویژه در کشورهای در حال توسعه و نیاز روزافزون به مواد غذایی از عمده عواملی هستند که بهره‌وری بهینه از منابع طبیعی تجدید شونده بخصوص عنصر حیاتی آب را اجتناب‌ناپذیر ساخته است.

در مناطق خشک و نیمه‌خشک بعلت عدم مدیریت صحیح منابع طبیعی تجدید شونده، نه تنها بهره‌برداری بهینه از منابع آبی صورت نمی‌پذیرد بلکه این عامل حیات بخش بصورت یک بلیه طبیعی درآمده و سالیانه باعث خسارات جانی و مالی زیادی می‌گردد، در حالی که می‌توان با اتخاذ راهبردهای کارآمد و با صرف هزینه‌های پایین و کمترین زیان‌های زیست محیطی برای دست‌یابی به اهداف چند منظوره از سیلاب‌ها که سهم بالای از هرز آب‌های قابل دسترسی می‌باشد، استفاده نمود.

یکی از کارآمدترین روش‌ها که مانع ورود آب‌های روان به خارج مرزها می‌شود و از نظر زمانی هم امکان ذخیره سیلاب‌ها تولید شده در غیر فصل نیاز آبی را مهیا می‌سازد، اجرای پروژه‌های مهار سیلاب‌ها با رعایت اصول فنی و زیست محیطی می‌باشد.

بسته به شرایط توپوگرافی، بافت خاک، کیفیت فیزیکی و شیمیایی سیلاب و هدف از بهره‌برداری، روش‌های بهره‌برداری فرق می‌کند. بطور کلی روش‌های مختلف بهره‌برداری از سیلاب را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود.

۱- پخش سیلاب
۲- هدایت سیلاب بر روی نهرچه‌های کنتوری و یا تراس‌ها
۳- بندسارها
۴- خوشاب‌ها
۵- تغذیه مصنوعی

در متن مقاله به صورت مختصر هر یک از این روش‌ها معرفی می‌شوند.

واژه های کلیدی: روش‌های بهره‌وری از سیلاب، احیای قنوات، پتانسیل آب‌های زیرزمینی

مقدمه

در فرهنگ بشری آب نمود لطافت و زیبایی است قطره‌ای از دریای بیکران قدرت الهی و تصویری از سیلان لطیف روح آدمی است.

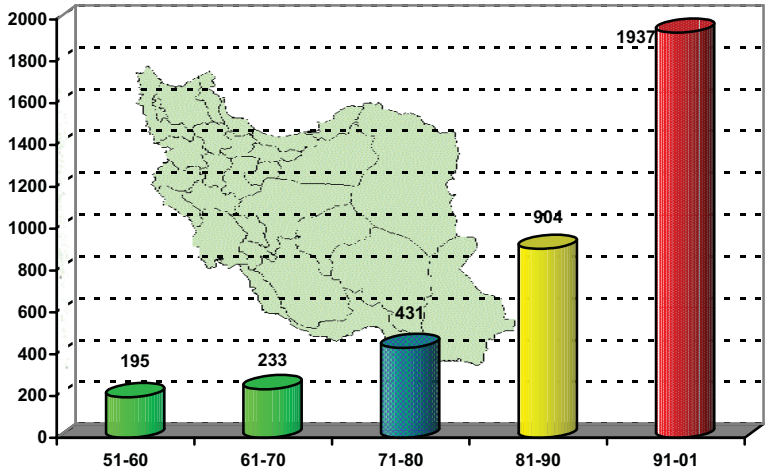
از دیرباز تاکنون بشر به اهمیت این مایع حیاتی پر بوده است. اگر اراده انسانی را در روند تحولات نادیده بگیریم بدون شک اکثر تمدن‌ها در مناطقی شکل گرفته‌اند که دسترسی به آب امکان‌پذیر بوده است.
تأثیر این عنصردر جمیع جهانی انسانی بقدری ملموس و قابل تأمل است که گاه برخی آن را منشأ تمام هستی دانسته‌اند.
تخریب منابع تجدید شونده، توسعه مناطق بیابانی و سطوح کویری، نابسامانی محیط زیست، خسارات ناشی از سیلاب‌ها، رشد سریع جمعیت بویژه در کشورهای در حال توسعه و نیاز روزافزون به مواد غذایی از عمده عواملی هستند که بهره‌وری بهینه از منابع طبیعی تجدید شونده بخصوص عنصر حیاتی آب را اجتناب ناپذیر ساخته است.
در مناطق خشک و نیمه‌خشک بعلت عدم مدیریت صحیح منابع طبیعی تجدید شونده، نه تنها بهره‌برداری بهینه از منابع آبی صورت نمی‌پذیرد بلکه این عامل حیات بخش بصورت یک بلیه طبیعی درآمده و سالیانه باعث خسارات جانی و مالی زیادی می‌گردد، در حالی که می‌توان با اتخاذ راهبردهای کارآمد و با صرف هزینه‌های پایین و کمترین زیان‌های زیست محیطی برای دست‌یابی به اهداف چند منظوره از سیلاب‌ها که سهم بالای از هرز آب‌های قابل دسترسی می‌باشد، استفاده نمود.

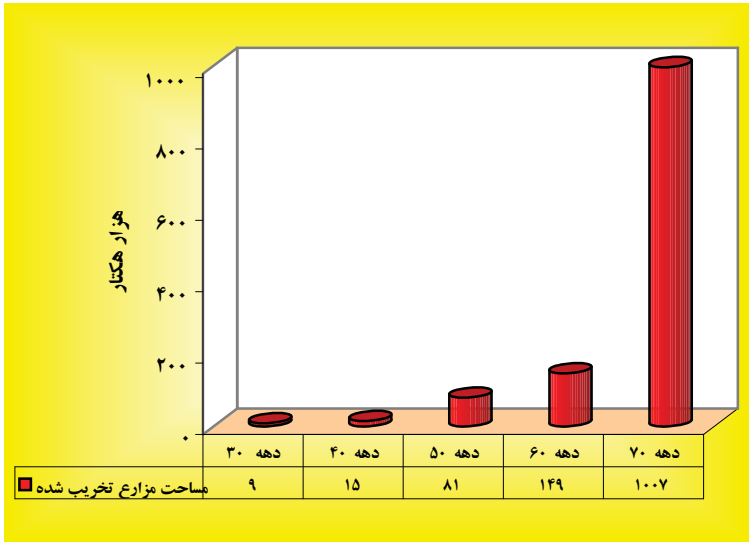
بررسی نحوه استفاده از آب‌های سطحی منطقه

یکی از کارآمدترین روش‌ها که مانع ورود آب‌های روان به خارج مرزها می‌شود و از نظر زمانی هم امکان ذخیره سیلاب‌ها تولید شده در غیر فصل نیاز آبی را مهیا می‌سازد، اجرای پروژه‌های مهار سیلاب‌ها با رعایت اصول فنی و زیست محیطی می‌باشد.
جریانات سطحی که منشاء آن بارندگی نازل شده بر سطح حوزه می‌باشد، هنگامی حاصل می‌شود که شدت بارندگی از شدت نفوذ آب در خاک بیشتر باشد.
معمولا در اولین لحظات شروع بارش، سرعت نفوذ آب به داخل خاک از شدت بارندگی بیشتر است آب در سطح زمین جریان پیدا نمی‌کند ولی پس از گذشت مدتی که بستگی به نوع خاک و شدت بارندگی دارد آب در سطح زمین جاری می‌گردد. در بعضی از زیرحوزه‌ها، مناطق با اقلیم خشک و نیمه‌خشک به دلیل قلیل بودن میزان بارندگی و تبخیر زیاد که ناشی از اقلیم گرم و خشک می‌باشد جریانات دائمی رودخانه‌ای وجود ندارد و تنها در بعضی زیر حوزه‌ها، از جمله رواناب سطحی دائمی وجود داشته باشد.
برای برنامه‌ریزی و استفاده از سیلاب‌ها لازم است که در مرحله اول سیل به نحو معقولی مهار شود و در مرحله بعدی روش و یا روش‌های مناسبی جهت استفاده بهینه از آن مورد استفاده قرار گیرد اصولاً بسته به شرایط نوع و سیستم مهار فرق می‌کند. معمولاً روش‌ها و اقدامات مختلف برای مهار طغیان‌ها به دو گروه اصلی تقسیم می‌شوند که اصطلاح به روش‌های ساختمانی و روش‌های غیرساختمانی معروف هستند. در روش‌های ساختمانی مهار خسارات ناشی از سیل‌ها به وسیله تأسیسات و سازه‌هایی که برای همان منظور احداث می‌شوند، صورت می‌گیرد. روش‌های غیرساختمانی مشتمل بر وضع و اجرای قوانین

و مقررات درباره نحوه استفاده از سیلاب‌دشت، منطقه‌بندی اراضی بر

نمودار ۱ : تعداد وقوع سیل و مساحت اراضی تخریب شده طی ۵ دهه در ایران





اساس شدت سیل‌گیری آنها و اعمال سیاست‌های بیمه و بیمه‌گذاری، پیش‌بینی طغیان‌ها و تعبیه سیستم‌های هشدار دهنده و امثال هم بوده و در واقع اعمال نوعی مدیریت ویژه را بر سیلاب را شامل می‌گردد. روش‌های ساختمانی، خود در دو بخش قابل بررسی هستند. در بخش اول با احداث خاکریزهای طولی ساحلی و دیواره‌های سیل بند، اصلاح مسیر و مقطع رودخانه جهت بهبود ظرفیت انتقال آن، احداث نهرهای کمکی یا زهکش‌های حائل، هدایت و انحراف سیل به چاله‌های طبیعی و تالاب‌ها از جمله راه حل‌ها و اقداماتی هستند که در زمان نسبت کوتاه و با صرف هزینه نسبت کمی قابل اجرا هستند و در بخش دوم با احداث سدهای مخزنی و تنظیمی قسمتی از سیل را نگه داشته و موقت در مخزن سد ذخیره می‌گردد.

ذکر این نکته ضروری است که برنامه‌ریزی جهت استفاده بهینه از سیل نبایستی ضرورت و اهمیت

اقدامات و عملیات لازم جهت جلوگیری و ممانعت از بوجود آمدن سیل را تحت الشعاع قرار دهد. لذا با توجه به روند صعودی رشد جمعیت و مشکل کم‌آبی جهت مصارف صنعت، کشاورزی و بخصوص شرب، لزوم توجه بیشتر به سیلاب و بهره‌برداری بهینه از آن را ضروری می‌نماید.

روش‌های بهره برداری از سیلاب

بسته به شرایط توپوگرافی، بافت خاک، کیفیت فیزیکی و شیمیایی سیلاب و هدف از بهره‌برداری، روش‌های بهره‌برداری فرق می‌کند. بطور کلی روش‌های مختلف بهره‌برداری از سیلاب را می‌توان به صورت زیرخلاصه نمود.

۱- پخش سیلاب
۲- هدایت سیلاب بر روی نهرچه‌های کنتوری و یا تراس‌ها
۳- بندسارها
۴- خوشاب‌ها
۵- تغذیه مصنوعی

در زیر به صورت مختصر هر یک از این روش‌ها معرفی می‌شوند.

۱- پخش سیلاب

مهار سیلاب و پخش آن به وسیله عملیات مکانیکی در سطح زمین به نحوی که بتوان در بهبود رشد و نمو گیاهان زراعی، پوشش گیاهی و تغذیه آبخوان‌ها مؤثر واقع شود، پخش سیلاب نامیده می‌شود. استفاده از سیلاب و پخش آن به روی زمین جهت زراعت و نفوذ در زمان، از دیرباز در نقاط مختلف جهان بسته به شرایط هر منطقه‌به اشکال گوناگون وجود داشته است. مساحت تحت پوشش زراعت سیلابی گندم و درختان میوه در استان خست افغانستان به بیش از ۷۰۰۰۰ هکتار بالغ می‌گردد. همچنین در ایران اولین طرح پخش سیلاب به صورت فنی در سال ۱۳۵۰ در ایستگاه تحقیقات نودهک قزوین اجرا گردید که مشتمل بر احداث پنج پشته خاکی با ارتفاع حداکثر ۷۰ سانتیمتر بوده است. با اجرای این طرح، آبخیزی به مساحت ۲۰۰ هکتار در سطح ۲۰ هکتار مرتع پخش شده است.

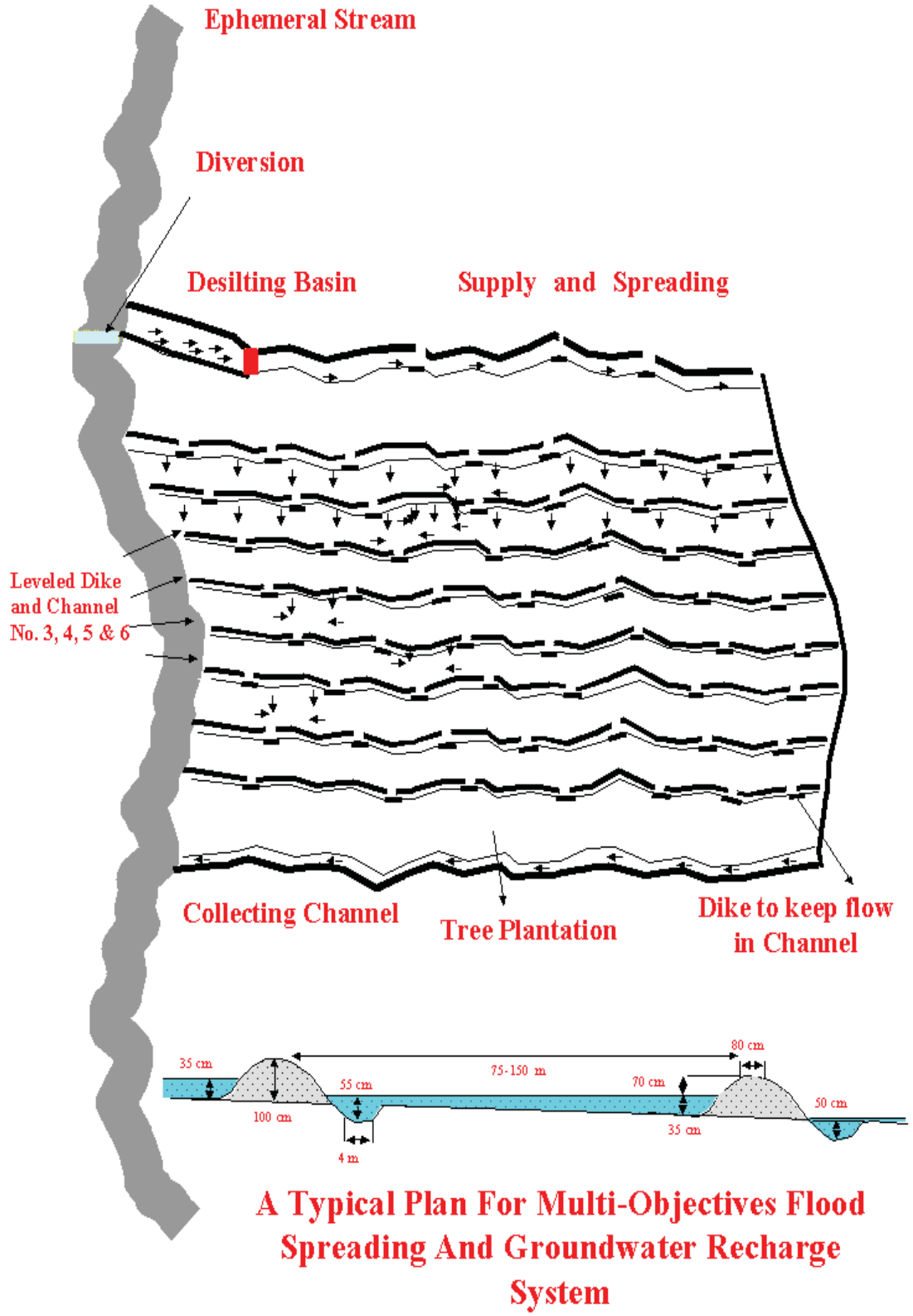
همچنین متعاقب این طرح در سال‌های بعد طرح‌هایی در نقاط مختلف کشور انجام گردیده در سال‌های ۸۳-۱۳۷۵، ۳۳ ایستگاه تحقیقاتی پخش سیلاب در سطح کشور احداث شده که جمع مساحت آنها حدود ۵۰۰۰۰ هکتار می‌باشد.

۲- تغذیه مصنوعی

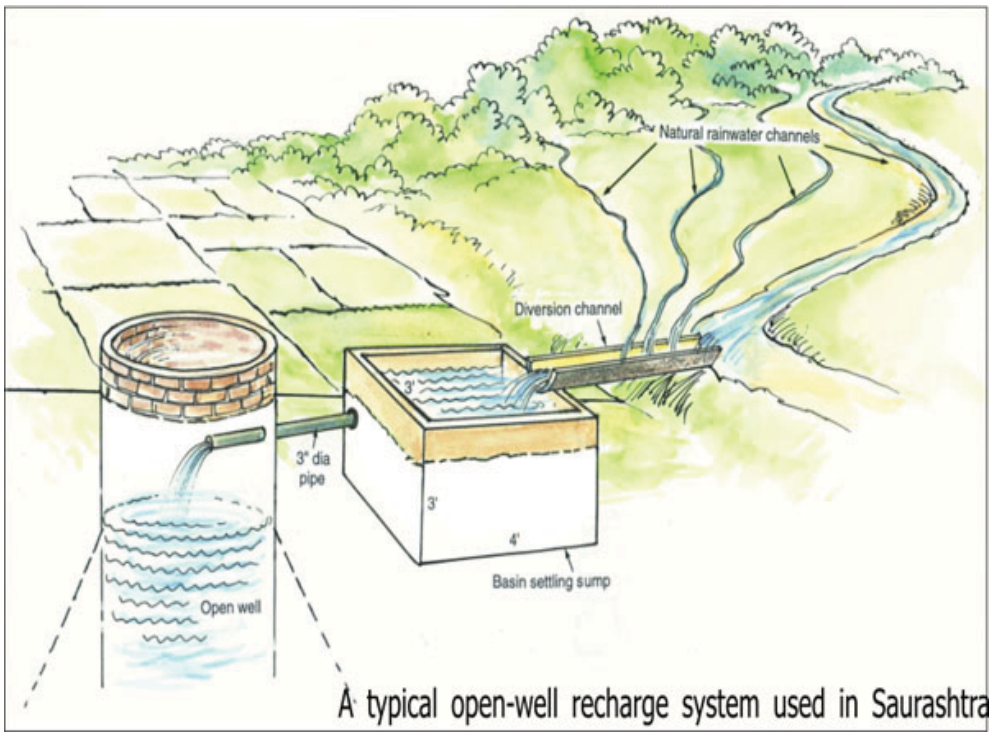
مهار سیلاب و نفوذ آن بوسیله عملیات مکانیکی در سطح زمین به نحوی که افزایش ذخایر آب‌های زیرزمینی را سبب شود را تغذیه مصنوعی می‌گویند. در این روش بهره‌برداری از سیلاب بر خلاف پخش

سیلاب‌فقط تغذیه سیلاب ملاک بوده و مباحث بیولوژیک و پوشش گیاهی مدنظر نمی‌باشد. در شرایط کنونی این نوع بهره‌برداری از سیلاب در چارچوب کاری وزارت نیرو می‌باشد.

نمودار ۲ : نمایی از شبکه پخش سیلاب بر آبخوان



نمودار ۳ : نمایی از اجرای تغذیه مصنوعی



نمایی از اجرای تغذیه مصنوعی

۳- بندسارها

استفاده از بندسار در مناطق خشک و نیمه خشک استان خراسان معمول می‌باشد.

بندسار یک نوع شیوه بهره‌برداری از سیلاب است که بسته به تعداد رواناب، شکل زمین وسعت آن متفاوت می‌باشد. هر بندسار معمولاً وسعتی حداقل نیم هکتار تا چندین هکتار را دارا می‌باشد که وسیله خاکریزهایی با ارتفاع بیش از یک متر محصور گشته و توسط کانالی، سیلاب به داخل آن هدایت می‌شود. بطورکلی بندسار در مناطق سبزوار، گناباد و بیرجند از گسترش زیادی برخوردار بوده و در مناطق تربت‌حیدریه، نیشابور، کاشمر و فردوس از پراکنش کمتری برخوردار است.

نمودار ۴ : نمایی از اجرای یک بند سار

۴- خوشآب‌ها

در بعضی نقاط جنوب استان خراسان و استان سیستان و بلوچستان سیستم سنتی بهره‌برداری از سیلاب به اصطلاح محلی خوشاب نامیده‌می‌شود.خوشآب‌ها نوعی شیوه زراعت سیلابی است که وسعتی از حدود چند صدمترمربع تا چندین هکتار را در برمی‌گیرند که در آنها غالب ذرت، جو، ماش و ارزن کشت می‌گردد. همچنین گونه‌های درختی از قبیل نخل و کنار نیز در این خوشآب‌ها کشت می‌گردد.خوشآب‌ها در اراضی با شیب نسبت ملایم (دشت) و بدون پستی و بلندی و یا کوهستانی در آبراهه‌های نسبت عریض احداث می‌شوند.

نمودار ۵: نمایی از اجرای یک خوشاب در نواحی پست

نمودار ۶ : اجرای یک خوشاب در نواحی شیب‌دار

۵- هدایت سیلاب بر روی نهرچه‌های کنتوری و یا تراس‌ها

این روش‌ها یک نوع روش بهره‌برداری از سیلاب هستند که در اراضی با شیب زیاد قابل استفاده می‌باشد. در این روش بر خلاف روش پخش سیلاب، سیلاب در کل عرصه پخش نشده بلکه با خاکریزهایی که بر روی‌خطوط تراز و یا تراس‌هایی که احداث می‌شود. ایجاد می‌شود شرایط را برای کاشت درختان جنگلی و بوته‌های مرتعی مساعد فراهم می‌سازد. به دلیل اینکه حجم آبی که در پشت این خاکریزها نگه داشته می‌شود. زیاد نمی‌باشد. در نتیجه در چنین روش‌هایی تغذیه آب‌های زیرزمینی زیاد مطرح نمی‌باشد.

نمودار ۷ : نمایی از اجرای پروژه هدایت سیلاب بر روی نهرچه‌های کنتوری و یا تراس‌ها

نمودار ۸ : نمایی دیگری از اجرای پروژه هدایت رواناب سطحی بر روی تراس‌ها

به جهت اینکه در منطقه مطالعاتی روش احداث بندسارها دارای قدمت و ارجحیت خاصی است، کمی بیشتر به آن پرداخته می‌شود.

از روش‌های معمول استفاده از آب‌های سطحی منقه، احداث بندسارهای سنتی در حاشیه آبراهه‌هاست. توجیه اصلی این رویکرد این است که کشور ایران در ناحیه پرفشار عرض ۳۰ درجه شمالی واقع شده است، بدین سبب در بخش وسیعی از آن، مناطق خشک و نیمه خشک مشاهده می‌شود. وجود بیابان‌های لوت، دشت کویر و سایر بیابان‌های ایران که جزء خشک‌ترین مناطق دنیا هستند نیز به همین موضوع ارتباط دارد. میانگین بارندگی کشور ما در حدود ۲۴۰ میلیمتر برآورد شده که تقریب برابر یک سوم متوسط بارندگی دنیاست. بارندگی در نواحی مختلف توزیع یکنواختی ندارد، بطوریکه متوسط بارش سالانه ۶۵ درصد از سطح کشور که اقالیم خشک و فراخشک بر آن حاکم است کمتر از این رقم بوده و در خشک‌ترین مناطق آن به ۲۵ میلیمتر نیز نمی‌رسد. (خلیلی، ۱۳۷۱)

در مناطق خشک ایران، از میان سه عامل خاک، آب و انرژی خورشیدی، کمبود آب مهمترین عامل محدود کننده تولیدات گیاهی است. ساکنین این مناطق از دیرباز با لمس واقعیت خشکی به تجربه و با زیرکی به روش‌های متعددی برای استحصال آب، گسترش کشاورزی و بیابان‌زدایی دست یافته و نه تنها خود را با طبیعت خشک وفق داده‌اند بلکه در بسیاری موارد بر آن غلبه کرده‌اند. احداث بیش از ۴۰ هزار رشته قنات، سکوبندی اراضی پر شیب کوهستانی، احداث آب بندها و سدها، آبیاری کوزه‌ای و آبیاری سیلابی نمونه‌هایی از این تلاش‌های خستگی‌ناپذیر است. استحصال سیلاب برای کشاورزی بطور سنتی در اکثر مناطق خشک و نیمه خشک ایران رواج دارد که درک عمیق برزگران این مناطق از اهمیت آب را نشان می‌دهد. استفاده از سیلاب‌های بهاری و زمستانی برای آبیاری و یا ذخیره رطوبت و آبشویی اراضی به همراه سایر منابع آب در اکثر نقاط ایران متداول است. لیکن دربندسارهای خراسان، خوشآب‌های بلوچستان و دگارهای چآب‌هار و دشتیاری، تولید محصولات کشاورزی فقط به‌آبیاری سیلابی اتکا دارد.

در این اختصار، روش سنتی بهره‌برداری از سیلاب موسوم به بندسار که توسط برزگران خراسانی به اجرا درآمده است، تشریح می‌شود.

بندسار، کرت یا حوضچه‌ای است که با بنای خاکریز روی خطوط تراز، در مسیر خشکه رودها، اطراف آنها یا مناطق تپه ماهوری ایجاد و سیلاب (یا رواناب دامنه‌ها) به داخل آنها هدایت و نگهداری می‌شود تا به تدریج در خاک نفوذ کند. در این روش از هدر رفتن جریان‌های موقتی به داخل کویرها و گودی‌های داخلی جلوگیری می‌شود. بعلاوه با ترسیب رسوبات پرارزش و ریزدانه، خاک حاصلخیز و مناسبی روی آبرفت‌های درشت دانه و یا اراضی سنگلاخی آن مناطق تشکیل می‌گردد. به این ترتیب با ذخیره‌سازی رطوبت در لایه‌ای از خاک نرم شرایط برای رشد گیاهان مناسب‌تر می‌شود.

مساحت یک بندسار ممکن است از ۱۰۰ متر مربع تا ۲۵ هکتار باشد. در اراضی کم شیب بندسارها وسیع‌تر و در مناطق پر شیب کوچک هستند. ارتفاع دیواره بندسارها از حداقل ۵۰ سانتیمتر تاحداکثر ۳۵۰ سانتیمتر و میانگین آنها ۱۸۰ سانتیمتر است.

عرب خدری و همکاران (۱۳۷۶) براساس روش ساده موازنه و با فرض ورود ۱۵۰ سانتیمترآب به داخل بندسار در دو ماه بهمن و اردیبهشت (سیلاب‌های زمستانی و بهاری) و آگاهی از میزان ظرفیت نفوذ و تبخیز متوسط روزانه، مدت زمان لازم برای نفوذ و سپس میزان تلفات در اثر تبخیر و ارتفاع آب نفوذ کرده را محاسبه کرده‌اند. سپس بازده نفوذ را که عبارت از نسبت ارتفاع آب نفوذ کرده به ارتفاع آب ورودی است تعیین نموده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که میانگین بازده نفوذ خارج بندسار در بهمن ۹۹/۷ و در اردیبهشت ۹۸/۴ درصد است. به عبارت دیگر در اولین سیل‌گیری پس از ساحت بندسار به ترتیب ۰/۳ و۱/۶ درصد از سیلاب وارد شده در اثر تبخیر تلف می‌شود و مابقی در خاک نفوذ می‌کند. در مقابل متوسط بازده نفوذ بندسار در این دو ماه به ترتیب ۹۴/۶ و ۸۹/۲ درصد است. به عبارت دیگر در بندسارهای قدیمی پس از گذشت سال‌ها رسوب‌گذاری در زمستان حدود ۵/۴ و در بهار ۱۰/۸ از سیلاب ورودی در اثر تبخیر تلف شده و بقیه در خاک نفوذ می‌کند. بخشی از آب نفوذ کرده صرف مرطوب کردن پروفیل خاک می‌شود که می‌تواند مورد استفاده گیاه قرار گیرد. بخش دیگری که مازاد ظرفیت رطوبتی خاک است نفوذ عمقی کرده و صرف تغذیه آبخوان‌ها می‌گردد. ضخامت خاک ترسیب شده در بندسارهای قدیمی حدود ۱۵۰ سانتیمتر و به طور متوسط دارای بافت لومی است.بافرض ظرفیت نگهداری معادل ۲۴/۶سانتیمتر آب به ازاء ۱/۵ متر از چنین خاکی، و حداکثر تلفات تبخیر یعنی ۱۰/۸ درصد، ارتفاع آبی که صرف تغذیه آبخوان‌ها می‌شود معادل ۱۰۷/۳ سانتیمتر خواهد شد که رقم قابل توجهی است. اسماعیلی (۱۳۷۱) حجم سیلاب استحصال شده توسط بندسارها را یک میلیارد مترمکعب در سال تخمین زده است که با توجه به سطح گسترده آنها منطقی به نظر می‌رسد.

منابع:

[۱] افشار عباس- هیدرولوژی مهندسی، مرکز نشر دانشگاهی ۱۳۶۴

[۲] صدقی حسین- مترجم، اصولی هیدرولوژی مهندسی، دانشگاه شهید چمران اهواز ۱۳۶۳

[۳] علیزاده امین- اصول هیدرولوژی کاربردی، بنیاد فرهنگی رضوی ۱۳۶۷

[۴] مجموعه گزارشات طرح جامع آب کشور، شرکت مهندسین مشاور جاماب ۱۳۶۹

[۵] مجموعه مقالات اولین کنفرانس هیدرولوژی ایران، دانشکده فنی. دانشگاه تهران، ۱۳۶۸

[۶] تقوایی علی‌اصغر- مقاله معادلات تجربی برآورد سیل در شمال خراسان ، ۱۳۶۷

[۷] تقوایی علی‌اصغر- ارائه مقاله (بررسی تطبیقی روش‌های برآورد دبی حداکثر سیلاب با تناوب‌های مختلف در رودخانه‌های شمال استان خراسان) در ششمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، ۱۳۸۱

کارگاه فنی همزیستی با سیلاب
۲۵ مرداد ماه ۱۳۸۵

بررسی پتانسیل سیل‌خیزی حوزه زنجانرود با روش (SCS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

پرویز عبدی[۱]

چکیده

در این تحقیق حوزه آبخیز زنجانرود از نظر پتانسیل سیل‌خیزی مورد بررسی قرارگرفته و نقشه پتانسیل سیل‌خیزی ارائه می‌شود. 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 مورد اشاره، عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای جمع‌آوری و وارد سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) گردید. با تلفیق این داده‌ها و اطلاعات، براساس روش (SCS) نقشه (CN) حوزه آبخیز تهیه شده و در نهایت با استفاده از نقشه شماره منحنی‌ها (CN)، جداول، روابط موجود و میزان بارندگی منطقه نقشه پتانسیل سیل‌خیزی حوزه تهیه گردید. با استفاده از این نقشه‌ها می توان طرح‌های توسعه پایدار منابع آب را تهیه و اجرا کرده و از این طریق راهکارهایی جهت مقابله با بحران‌های آبی و همچنین کنترل سیلاب‌ها در حوزه‌های آبخیز ارایه نمود.

واژه‌های کلیدی: زنجان، حوزه‌آبخیز زنجانرود، پتانسیل سیل‌خیزی، (GIS)، شماره منحنی (CN)، روش (SCS)

مقدمه

با تمام اهمیتی که آب در اقتصاد ایران دارد و خرابی‌هایی که هر سال از سیلاب‌ها به بار می‌آید و آب‌هایی که بدون استفاده از کشور خارج یا به کویر سرازیر می‌شود، هنوز آنچنانکه باید برنامه‌ریزی اصولی در این زمینه صورت نگرفته است. یکی از راه‌های سازگاری برای مقابله با شرایط خشکی و کمبود آب استفاده بهینه از منابع آب است. باید سعی کرد که تا حد ممکن از ریزش‌های جوی، جریان آب‌های سطحی و منابع زیرزمینی به نحو مطلوب استفاده شود و این کار فقط با شناخت پدیده‌های هیدرولوژیکی عملی

۱- عضو هیات علمی‌مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان،
آدرس: زنجان، ص.پ ۴۷۴-۴۵۱۹۵ تلفن: ۵۵-۵۸۵۳۳۵۲-۰۲۴۲، نمابر: ۵۸۵۳۳۵۱-۰۲۴۲، E-Mail: Prz_Abdi@Yahoo.com

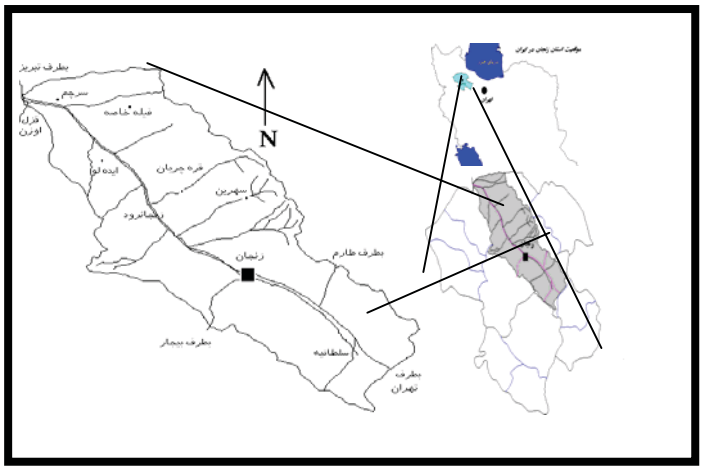
خواهد بود. منابع آب‌های سطحی یکی از سرمایه‌های قابل تجدید کشور است که باید از آن حداکثر استفاده را به عمل آورد.

هر گاه شدت بارندگی از ظرفیت نفوذ آب بداخل خاک بیشتر باشد بخشی از آب حاصله از بارندگی در سطح حوزه باقی می‌ماند. این آب پس از پر کردن گودیهای سطح زمین در امتداد شیب جریان پیدا کرده و از طریق شبکه آبراهه‌ها و سپس رودخانه اصلی از حوزه خارج می‌گردد. به این بخش از بارندگی که می‌توان مقدار آن را در رودخانه اندازه‌گیری کرد، رواناب سطحی (surface run-off) می‌گویند [11]. پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی عبارت از تعیین و توصیف مناطق دارای پتانسیل از نظر رواناب‌های سطحی است. این عمل بر اساس مشابهت خصوصیات هیدرولوژیکی و هیدروژئولوژیکی مناطق مورد بررسی صورت گرفته و از این طریق امکانات استفاده از پتانسیل هر زون مشخص و ارزیابی می‌شود. در واقع با تعیین محل‌های دارای پتانسیل بالا به نوعی می‌توان یک ارزیابی کلی از وضعیت سیل‌خیزی منطقه نیز بدست آورد چرا که وجود پتانسیل بالای سیل‌خیزی در یک منطقه مقدمه‌ای بر افزایش احتمال وقوع سیل در آن منطقه می‌باشد. سیل، همه ساله در گوشه و کنار کشور ایران، خسارت‌های هنگفت و غیرقابل جبرانی را ایجاد می‌کند. هر سال چندین نفر بوسیله سیل جان خود را از دست می‌دهند، هزارن مترمکعب آب شیرین وارد آب‌های شور شده و از دسترس خارج می‌شود در حالیکه هر قطره آن ارزش حیاتی دارد. همه ساله میلیون‌ها تن از خاک ارزشمند بوسیله سیلاب‌ها وارد دریاها و دریاچه‌ها می‌شود، در صورتی که برای تشکیل هر سانتیمتر آن در شرایط کشور ما چند دهه و گاه چندین صد سال لازم است . بارانی که بعد از روزها و گاه ماه‌ها انتظار می‌بارد، اینچنین از دسترس خارج شده و ضمن آن آسیب‌های جدی و ماندگار برجای می‌گذارد. بسیاری از برنامه‌های عمرانی و زیربنایی کشور تحت تأثیر این مسئله قرار گرفته است. همه ساله بخش همگفتی از بودجه کشور صرف بازسازی قسمتی از خرابی‌های حاصل از این پدیده می‌شود، چرا که بازسازی و ترمیم و اصلاح خاک‌های فرسایش یافته از آن جمله می‌باشند (عامریان، ۱۳۷۷). روند رو به افزایش سیل در سال‌های اخیر حاکی از آن است که اکثر مناطق کشور در معرض تهاجم سیلاب‌های ادواری و مخرب قرار داشته و ابعاد خسارات و تلفات جانی و مالی سیل افزایش یافته است. با توجه به اینکه برای جلوگیری از بروز اینگونه پدیده‌های زیانبار در حال حاضر نمی‌توان در عوامل و عناصر جوی تغییری ایجاد نمود. بنابراین هر گونه راه حل اصولی و چاره ساز را باید در روی زمین و اختصاصاً در حوضه‌های آبخیز جستجو کرد. از این نظر ارایه یک روش مناسب برای شناسایی مناطق با پتانسیل بالاتر در تولید سیل حوضه‌های آبخیز ضروری است [5]. در مدیریت آبخیزداری حوزه‌ها، تعیین شدن سیل‌خیزی حوزه‌های آنها و مقایسه‌هایی که از این بابت در تعیین اولویت بندی‌ها و سیاست‌گذاری‌هایی که لازم است انجام گیرد از اهمیت بالایی برخوردار است (مرید و همکاران، ۱۳۷۵). از آنجا که مبارزه با سیل از طریق مدیریت غیرسازه‌ای حوضه‌های آبخیز امروزه مورد توجه فراوان قرار گرفته و این مبارزه بدون شناخت عوامل مؤثر در ایجاد سیل یا تشدید کننده آن میسر نیست بدین سبب شناسایی عوامل مؤثر بر پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌ها و پهنه‌بندی حوزه‌ها از نظر قابلیت تولید رواناب امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. برای این منظور داده‌های سنجش از دور (RS) و سیستم‌های

اطلاعات جغرافیایی (GIS) ابزاری مفید و توانمند برای شناسایی عوامل مؤثر بر پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌ها و پهنه‌بندی حوضه‌ها از نظر پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌ها می‌باشند [15].

داده‌های لازم جهت نیل به این هدف نظیر بارش، نوع خاک، زمین‌شناسی، شیب زمین، کاربری زمین و خصوصیات سفره‌های آب زیرزمینی متفاوت می‌باشد. هدف این مقاله برآورد پتانسیل سیل‌خیزی درحوزه آبخیز زنجانرود با استفاده از روش پیشنهادی سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) است.

منطقه مورد مطالعه در شمال غربی ایران و در محدودهٔ ´۲۰ و °۳۶ تا ´۵۵ و °۳۶ عرض شمالی و ´۱۰ و °۴۸ تا ´۵۵ و °۴۸ طول شرقی واقع شده است. این حوزه بخشی از حوزه آبریز بزرگ رودخانه قزل‌اوزن می‌باشد. مهمترین رودخانه در حال جریان در آن زنجانرود می‌باشد که از چمن سلطانیه شروع و در نزدیکی روستای رجعین به رودخانه قزل‌اوزن می‌پیوندد. آبخیز زنجانرود بصورت نوار نسبتاً باریک و کشیده بعرض متوسط حدود ۳۸ کیلومتر و طول ۱۲۰ کیلومتر و مساحت ۴۷۲۷ کیلومتر مربع می‌باشد. امتداد کلی این حوزه آبخیز جنوب شرقی ـ شمال‌غربی بوده، از شمال به سلسله کوه‌های طارم و از جنوب به ارتفاعات سلطانیه محدود می‌شود (شکل ۱). از نظر وضعیت اجتماعی و توزیع جمعیتی این حوزه با دو شهر زنجان و سلطانیه و ۱۷۴ روستا نسبت به سایر مناطق استان از تراکم بالایی برخوردار است. اقلیم منطقه از نوع نیمه خشک بوده ومقدار بارندگی متوسط سالانه منطقه ۳۴۲ میلیمتر می‌باشد. متوسط دمای سالانه منطقه مورد مطالعه ۱۰ درجه سانتی‌گراد ومتوسط تعداد روزهای یخبندان ۱۱۷ روز و متوسط تبخیر و تعریق سالانه ۱۰۲۵ میلی‌متر می‌باشد. از نظر مشخصه‌های ریخت شناسی (ژئومورفولوژی) چهار ریخت یا شکل در منطقه قابل مشاهده است که شامل: دشت‌های دامنه‌ای که حدود ۷٪ مساحت کل حوزه، فلات‌ها ۳۱٪ مساحت کل حوزه، مناطق تپه ماهوری ۳۲٪ و کوه‌ها که ۳۰٪ مساحت کل حوزه را شامل می‌شود، هستند. با توجه به وضعیت ارتفاعی، ارتفاع متوسط وزنی آن ۱۹۳۴ متر می‌باشد. بیشترین مساحت در طبقه ارتفاعی ۲۲۰۰ـ۲۰۰۰ متری واقع شده است [10].



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

سوابق تحقیق

روند رو به افزایش سیل در سالهای اخیر حاکی از آن است که اکثر مناطق کشور در معرض تهاجم سیلاب‌های ادواری و مخرب قرار داشته و ابعاد خسارات و تلفات جانی و مالی سیل افزایش یافته است. با توجه به اینکه برای جلوگیری از بروز اینگونه پدیده‌های زیانباردر حال حاضر نمی‌توان در عوامل و عناصر جوی تغییری ایجاد نمود. بنابراین هر گونه راه حل اصولی و چاره ساز را باید در روی زمین و اختصاصاً در حوضه‌های آبخیز جستجو کرد. از این نظر ارایه یک روش مناسب برای شناسایی مناطق با پتانسیل بالاتر در تولید سیل حوضه‌های آبخیز ضروری است [5]. در مدیریت آبخیزداری حوزه‌ها، تعیین شدن سیل‌خیزی حوزه‌های آنها و مقایسه‌هایی که از این بابت در تعیین اولویت‌بندی‌ها و سیاست‌گذاری‌هایی که لازم است انجام گیرد از اهمیت بالایی برخوردار است (مرید و همکاران، ۱۳۷۵)[15] .

روغنی و همکاران (۱۳۸۳) در مقاله تحت عنوان «معرفی روشی در مکان‌یابی سطوح مؤثر بر دبی اوج سیلاب به منظور کاهش خطرات سیل درحوزه‌های آبخیز کشور» نتیجه می‌گیرند که از خروجی به طرف بالادست و بخش‌های میانی حوزه، همراه با افزایش وسعت سطوح هم پیمایش، تأثیر زیر حوزه‌ها در دبی اوج سیلاب افزایش نشان می دهد [7]. لذا با تمرکز عملیات آبخیزداری و کنترل سیلاب براساس اولویت‌ها و مناطق تعیین شده، ضمن دسترسی به اهداف تحقیق، کاهش قابل توجهی در هزینه‌های اجرائی طرح پیش‌بینی می‌گردد.Jons (۲۰۰۰) ضمن بررسی عواملی که منجر به تولید سیل می شود، فعالیت‌های انسانی را در درون حوزه روی بزرگی و تعداد وقوع سیلاب‌های تأثیرگذار دانسته است. این موضوع اهمیت مکان‌یابی مناطق مناسب جهت توسعه شهرسازی و سایر فعالیت‌های درون حوزه‌ای را مورد توجه قرار می‌دهد [20].

براساس آخرین آمار منتشر شده تعداد دفعات وقوع سیل طی سال‌های ۱۳۳۰ تا ۱۳۸۰ به ۳۷۰۰ مورد رسیده است [1]. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد، افزایش وقوع سیل در دهه ۸۰ نسبت به دهه ۴۰ حدود ۱۰ برابر می‌باشد که صدمات و خسارات ناشی از آن خارج از حد تصور است. در این ارتباط مجموع خسارات وارده از سیل سال ۱۳۷۱ که منجر به تخریب یکصد هزار واحد مسکونی شد، بالغ بر ۵۰۰ میلیارد ریال برآورد شده است [18]. اطلاعات موجود از سیل در طی سال‌های اخیر حاکی از روند افزایشی وقوع این پدیده در حوزه‌های آبخیز می‌باشد، بطوریکه هر ساله در قانون بودجه، اعتبارات قابل توجهی برای بازسازی مناطق سیل‌زده و آسیب‌دیدگان حاصل از آن پیش‌بینی می‌گردد [8].

اولین فرمول‌های تجربی محاسبه دبی سیل براساس برخی خصوصیات فیزیکی حوضه از جمله مساحت، شیب و زمان تمرکز بنا شده‌اند. در این نوع برآورد سیل توزیع مکانی بارش و سایر خصوصیات حوضه در سطح حوضه در نظر گرفته نمی‌شود. بنابراین مدل‌های یکپارچه برای توزیع‌های مکانی مختلف بارش مازاد، نتایج یکسانی به دست می‌دهند [23]. به تدریج با معرفی منابع جدید داده‌های زمینی مانند عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای و نیز نرم‌افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، شبیه‌سازی پاسخ

حوضه به یک بارش با خصوصیات معین با روش‌های ارتقاء یافته توزیعی و با دقت بالایی انجام گرفت. این نوع مدل‌ها که در آن خصوصیات مکانی بارش و حوضه آبخیز در آن لحاظ می گردد به مدل‌های هیدرولوژیکی توزیعی معروف هستند و نیازمند تعیین دقیق شبکه آبراهه‌های داخل حوضه می‌باشند [22]. در یک تحقیق در کشور آرژانتین که به وسیله براد و همکاران (۱۹۹۸) [19] انجام گرفت کاربرد مدل توزیعی در شبیه‌سازی عکس‌العملی یک حوضه مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه، نقش اصلی تغییرات مکانی بارش و نوع خاک حوضه، در ایجاد رواناب حوضه نشان داده شد. در تحقیق دیگری که به وسیله آرناد و همکاران (۲۰۰۱) [17] در کشور مکزیک به انجام رسید، حساسیت مدل‌های هیدرولوژیکی توزیعی نسبت به توزیع بارش به صورت متوسط مکانی و یا سطوح هم بارش مورد بررسی قرار گرفت. آنها خاطر نشان کردند که کاربرد متوسط بارش یکنواخت حوضه به همراه مفهوم ضریب کاهش سطح، جهت تخمین احتمال سیل‌های بزرگ می تواند کافی باشند. همچنین حجم رواناب و دبی آن به طور قابل ملاحظه‌ای نسبت به الگوی بارش مکانی یکنواخت و غیریکنواخت تغییر می‌کند، زیرا با افزایش مساحت حوضه، تغییرات بارش زیاد می‌شود. در زمینه تعیین مناطق سیل‌خیز یک حوضه آبخیز نیز تحقیقات صورت گرفته است اگر چه تعداد آنها محدود می‌باشد. خسرو شاهی (۱۳۸۰) مدل HEC-HMS را جهت تعیین زیر حوضه‌های سیل‌خیز حوضه آبخیز دماوند در استان تهران به کاربرد [5]. از روش SCS جهت تعیین ارتفاع رواناب استفاده نمود و از روش ماسکنگهام برای روندیابی هیدروگراف‌ها استفاده نمود. همچنین فودی و همکاران (۲۰۰۴) [21] جهت تعیین نقاط سیل‌خیزتر حوضه‌ای در صحرای شرقی کشور مصر از داده‌های ماهواره لندست جهت تعیین کاربری اراضی حوضه استفاده کردند. جهت تعیین نوع و نفوذپذیری خاک نیز اندازه‌گیری‌های صحرایی انجام دادند. آنها سپس دبی خروجی از حوضه و زیر حوضه‌های آن را برای یک رگبار فرضی شدید شبیه‌سازی نمودند. خروجی مدل دو منطقه را نشان داد که بالاترین درجه سیل‌خیزی را داشتند. این مناطق در اصل مناطقی بودند که از وقایع سیل‌های قبلی آسیب‌دیده بودند.

جهت کاربرد روش کلارک اصلاح شده، یک برنامه کامپیوتری به زبان ویژوال بیسیک و به وسیله الوان کار (۱۳۸۲) تدوین شده است [2]. در این مدل حوضه آبخیز در یک شبکه سلولی تقسیم‌بندی شده و برای هر یک از سلول‌ها، اطلاعاتی از قبیل مساحت، فاصله تا خروجی زیر حوضه، عمق بارش کل وCN وارد می‌شود. سلامیان و همکاران در یک تحقیق به اقدام به «برآورد سیلاب با استفاده از ضرایب رواناب محتمل» نموده است. در این تحقیق، با استفاده از برنامه رایانه‌ای TR آمار حداکثر دبی لحظه‌ای ۱۸ ایستگاه آب‌سنجی درجه یک و ۶ ایستگاه دارای باران نگار در حوضه آبریز دریای مازندران مورد تحلیل فراوانی قرار گرفت. ضرایب رواناب با دوره برگشت ۱۰، ۵ و ۵۰ سال محاسبه شده و سپس منحنی‌های هم ضریب رواناب توسط برنامه رایانه‌ای Surfer برای بخشی از حوضه آبریز مازندران رسم گردید.

جلالی (۱۳۶۸) به منظور بررسی وضعیت سیل‌خیزی پاره‌ای از رودخانه‌های ایران با استفاده از فرمول

فرانکورودیه مطالعه‌ای در ۸ منطقه گیلان، فارس، کرمان، ارومیه، سفیدرود، خوزستان، مازندران و خراسان انجام داد. در این روش مقدار K (ضریب فرانکورودیه) بعنوان شاخص سیل‌خیزی در نظر گرفته شد. براساس این مطالعه منطقه خوزستان سیل‌خیزترین منطقه ایران با مقدار K بین ۴/۵۵ تا ۴/۵۸ (برای سیل ۱۰۰۰ ساله) می باشد. پس از آن فارس و خراسان در رده دوم و سوم قرار دارد. در این مطالعه اقدامی در جهت بررسی شدت سیل‌خیزی مناطق داخل حوضه‌ها در مقیاس علمی و اجرایی انجام نگرفته است [4].

قائمی و همکاران (۱۳۷۵) در یک مطالعه موردی ضمن معرفی شش عامل تأثیرگذار بر سیلاب شامل: عمق بارندگی، زمان بارندگی، عمق برف انباشته، شیب و شکل حوضه، جنس زمین و پوشش گیاهی و ارزش‌گذاری کمی آنها با نظرکارشناسی، شدت سیل‌خیزی زیر حوضه‌های رودخانه کرخه را تعیین نمودند. نحوه انتخاب و کمی کردن عوامل و دخالت دادن نظر کارشناسی در وزن‌های هر یک از عوامل مؤثر از جمله موارد متکی به قضاوت کارشناسی در این مطالعه محسوب می‌گردد. در حالیکه فرض ضمنی رفتار خطی زیر حوضه‌های و عوامل مؤثر بر سیل‌خیزی و نیز نادیده گرفتن نقش روندیابی رودخانه‌ها در سطح حوضه‌های بزرگ مورد تردید جدی است. در زمینه منطقه‌بندی خطر سیل بعضی از محققین از داده‌های دور سنجی و GIS استفاده کرده‌اند [13]. از جمله Islam & Sado (2000) با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای Noaa-a Vhrr و کاربرد GIS نقشه خطر سیل را برای کشور بنگلادش تهیه کردند. این نقشه از ترکیب دو لایه، فراوانی اثر سیل (Flood-Affected Frequency) و عمق سیل (Flood water depth) تشکیل گردید. نصرتی (۱۳۷۹) با تهیه نقشه‌های رقومی مورد نیاز برای محاسبه رواناب در روش SCS و بررسی عوامل مؤثر بر رواناب نسبت به تهیه نقشه پهنه‌بندی قابلیت سیل‌خیزی حوضه آبخیز گاوه رود اقدام نمود. در این تحقیق با استفاده از ابزار سنجش از دور و GIS نقشه‌های خاک، پوشش گیاهی، CN و بارندگی حداکثر ۲۴ ساعته تهیه و با کاربرد روابط SCS نهایتاً نقشه ارتفاع رواناب برای هر پیکسل در سطح حوضه تهیه شد. در این تحقیق اقدامی در جهت روندیابی آبراهه‌ها از زیر حوضه تا خروجی کل حوضه و همچنین بررسی میزان تأثیر هریک از زیر حوضه‌ها در خروجی حوضه بعمل نیامد [16].

بهبهانی و همکاران (۱۳۸۳) به بررسی اثر مقیاس نقشه‌های پایه بر روی دقت وسعت آبگرفتگی سیلابدشت با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) پرداخته است. در این تحقیق با استفاده از GIS و اطلاعات و داده‌های موجود اقدام به مشخص کردن مناطق آبگرفتگی سیلابدشت رودخانه با توجه به میزان دبی آن نموده‌اند [3]. فروزانی و همکاران (۱۳۸۳) اقدام به مدل‌سازی سیل خروجی از حوضه به صورت توزیعی به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در حوضه رود زرد با مساحت ۸۷۵ کیلومتر مربع واقع در شرق خوزستان دارای شش زیر حوضه اصلی نموده است [12].

مواد و روش‌ها

بطور خلاصه مراحل انجام و مواد مورد استفاده در این تحقیق بشرح زیر است:

۱- انجام مطالعات کتابخانه‌ای و جمع‌آوری کلیه اطلاعات موجود در این زمینه

۲- جمع‌آوری آمار و اطلاعات مربوط به وضعیت اقلیم منطقه و پردازش و سازمان‌دهی آنها

۳- فراهم کردن نقشه مورد نیاز شامل: نقشه‌های زمین‌شناسی، خاکشناسی، پوشش گیاهی و کاربری اراضی

۴- پردازش وسازماندهی آمار و اطلاعات جمع‌آوری شده و انتقال آنها به محیط سیستم (GIS) و تشکیل بانک اطلاعات

۵- انجام تجزیه و تحلیل‌ها و استخراج نتایج بصورت نقشه پهنه‌بندی پتانسل رواناب

در این تحقیق برای پهنه‌بندی پتانسیل رواناب از روش ارزیابی حجم رواناب‌های سطحی شماره منحنی (CN) سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) استفاده شده است. معادله رواناب به روش (SCS) برابر است با:

$$S = (1000/CN) - 10 \quad (۲) \quad Q = (P - 0.2S)^2/(P + 0.8S) \quad (۱)$$

Q = رواناب به میلیمتر P = مقدار بارندگی به میلیمتر S = ضریب نگهداشت

CN = شماره منحنی (Curve Number)

براساس این روش ابتدا با استفاده از نقشه‌ها و اطلاعات زمین‌شناسی و خاکشناسی، گروه‌های هیدرولوژیک خاک منطقه مورد مطالعه تعیین می‌شود که در واقع این گروه‌های هیدرولوژیک نشان‌دهنده وضعیت بافت و نفوذپذیری خاک حوزه است. براساس وضعیت بافت و نفوذپذیری در این روش خاک‌های حوزه به چهار گروه A ، B ، C و D تقسیم می‌شود. در مرحله بعد با تلفیق گروه‌های هیدرولوژیک خاک، شیب، کاربری زمین و وضعیت رطوبت زمین که بوسیله میزان و زمان بارندگی منطقه تعیین می‌شود. از طریق جداول موجود شماره منحنی (CN) هر یک از پلی‌گون یا محدوده‌های بسته براساس مشخصات ذکر شده استخراج می‌گردد. سپس با استفاده از این شماره منحنی‌ها و آمار بارندگی منطقه که مورد پردازش و سازماندهی نیز قرارمی‌گیرند و روابط(۱ و۲) پتانسیل تولید روانابها برای هر محدوده، محاسبه می‌شود. در نهایت بعد از بر آورد میزان تولید روانابهای هر محدوده اقدام به پهنه‌بندی پتانسیل تولید رواناب حوزه می‌گردد.

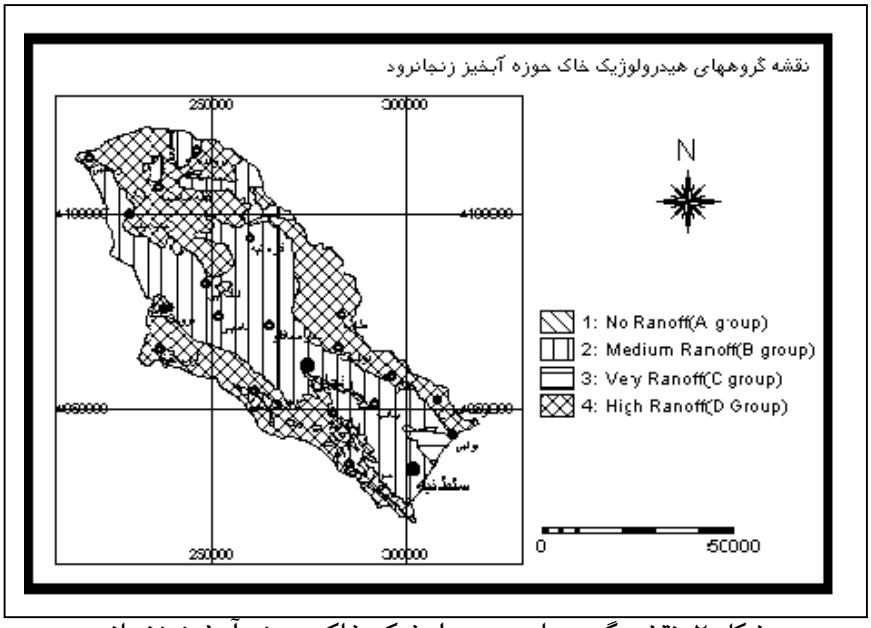
بحث و بررسی

پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی در واقع به عملی گفته می‌شود که طی آن حوزه آبخیز به سطوح و یا واحدهای همگن هیدرولوژیکی تقسیم می‌گردد. این کار با استفاده از میزان بارندگی، نوع خاک، زمین‌شناسی و کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه قابل انجام است. بطوریکه سهم هر یک از این عوامل در ایجاد رواناب مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. با توجه به توانایی‌های بالای سیستم (GIS) تهیه نقشه‌ها و

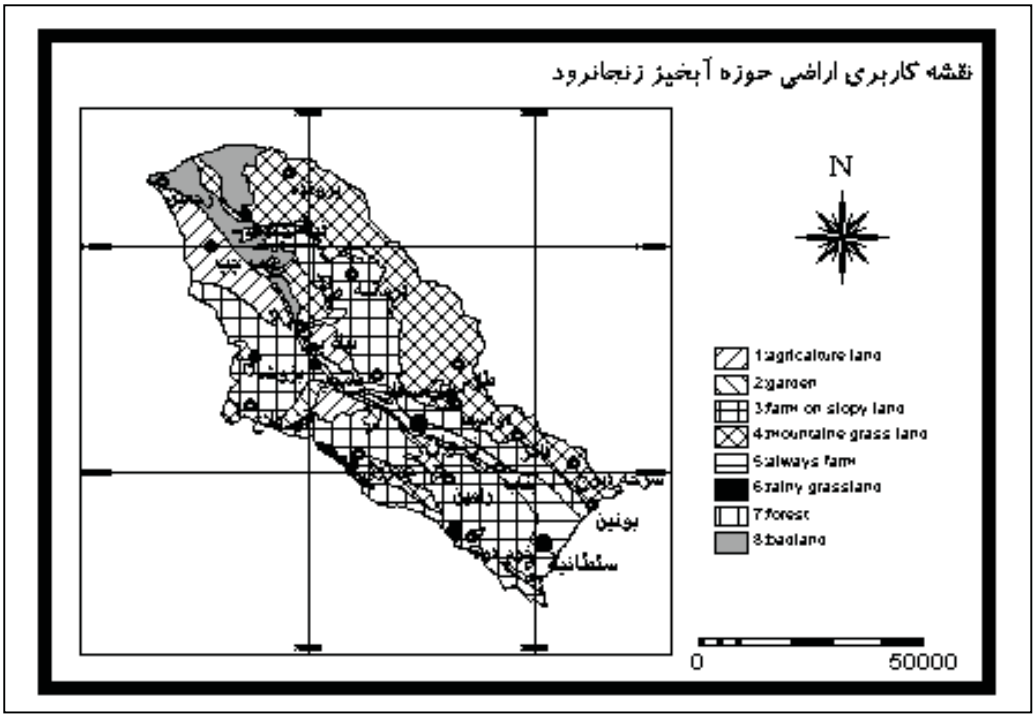
انجام تجزیه و تحلیل‌ها در محیط این سیستم انجام شده شکل (۴).

نقشه شیب حوزه آبخیز زنجانرودست. همانطور که در قسمت مواد و روش‌ها اشاره شد اولین کار برای برآورد پتانسیل تولید رواناب طبق روش (SCS)، تهیه نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک است. لذا در این تحقیق این نقشه با استفاده از نقشه زمین‌شناسی و مطالعات صحرائی و نمونه‌برداری از خاک‌های مختلف حوزه جهت تعیین بافت خاک و از این طریق برآورد میزان نفوذپذیری خاک‌ها تهیه گردید (شکل ۲).

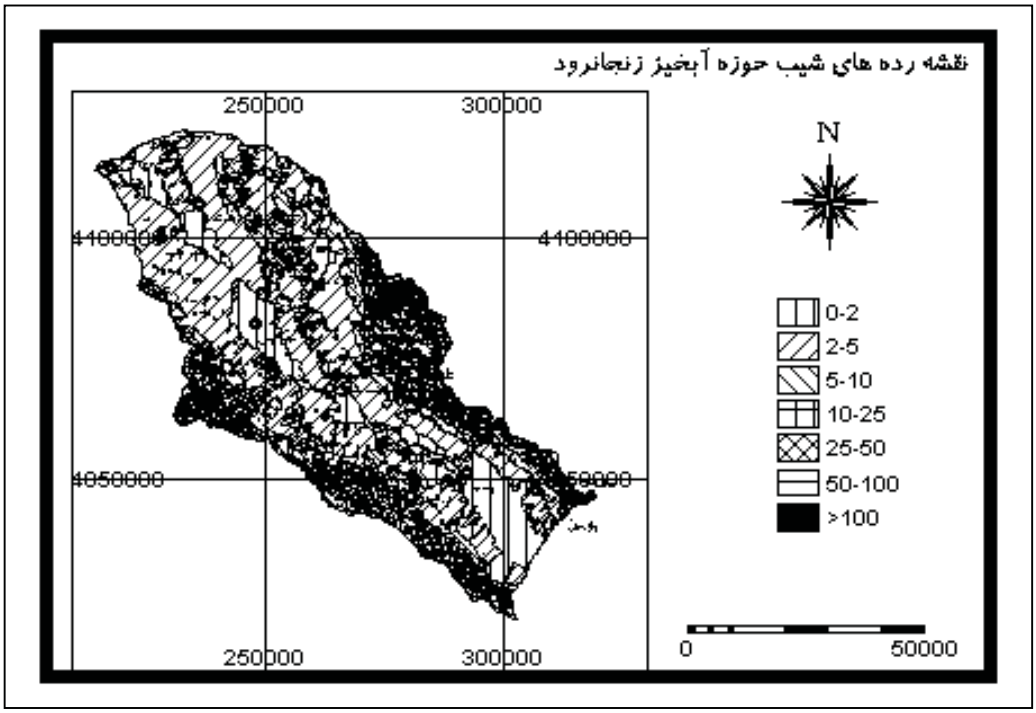
براساس این نقشه، حوزه آبخیز زنجانرود دارای سه گروه خاک شامل B ، C و D می‌باشد که از نظر وسعت و گستردگی به ترتیب گروه D بیشترین گستردگی و سپس گروه‌های B و C در رده‌های بعدی قرار می‌گیرند. به عبارت دیگر از نظر گروه‌های هیدرولوژیک خاک، بیشتر مساحت منطقه از نوع خاک‌هایی است که دارای بافت ریز یا سنگین است و عملاً غیرقابل نفوذ بوده و پتانسیل سیل‌خیزی بالایی دارند. در مرحله بعد با استفاده از نقشه‌های قبلی موجود، عکس‌های هوایی (سال ۱۳۷۴)، تصاویر ماهواره‌ای (سال ۲۰۰۰) و انجام کنترل‌های صحرایی نقشه کاربری فعلی اراضی منطقه تهیه شد (شکل ۳). با توجه به اینکه عامل شیب نیز یکی از فاکتورهای مؤثر در تولید رواناب می‌باشد، با رقومی کردن نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ منطقه در محیط (GIS) نقشه شیب منطقه در محیط این سیستم ترسیم گردید (شکل ۴). بعد از تهیه این سه نقشه (گروه‌های هیدرولوژیک خاک، کاربری اراضی و شیب) با استفاده از جداول و روابط موجود اقدام به تلفیق این نقشه‌ها با هم در محیط سیستم (GIS) شده و از طریق پلی گون‌بندی و استخراج شماره منحنی (CN) متناسب برای هر محدوده با توجه به خصوصیات ذکر شده برای آنها از طریق شبکه‌ای یا سلولی (RASTRIZE) کردن نقشه‌ها، در نهایت نقشه (CN) تهیه گردید (شکل ۵). با توجه به نقشه CN)، منطقه مورد مطالعه دارای شماره منحنی‌های از شماره ۵۳ تا ۹۸ می‌باشد. بعد از تهیه نقشه (CN) برای محاسبه حجم رواناب تولید شده در منطقه نیاز به تهیه نقشه مقدار بارندگی منطقه می‌باشد تا بتوان براساس روابط موجود حجم رواناب تولیدی در قسمت‌های مختلف منطقه محاسبه شود.



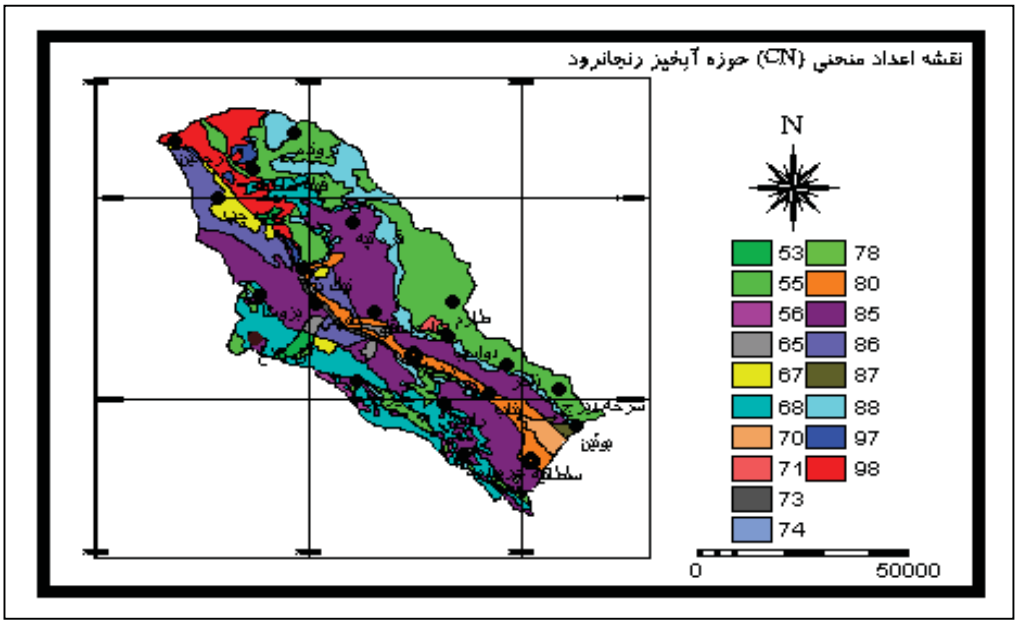
شکل ۲: نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک حوزه آبخیز زنجانرود



شکل ۳: نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز زنجانرود



شکل ۴: نقشه شیب حوزه آبخیز زنجانرود

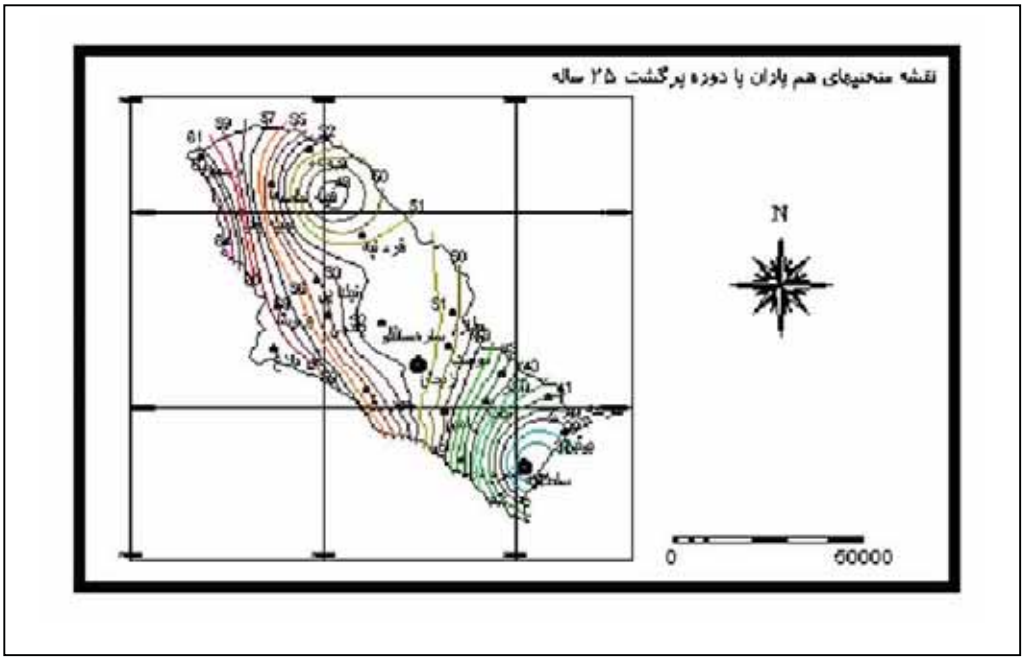


شکل ۵: نقشه شماره منحنی (**CN**) حوزه آبخیز زنجانرود

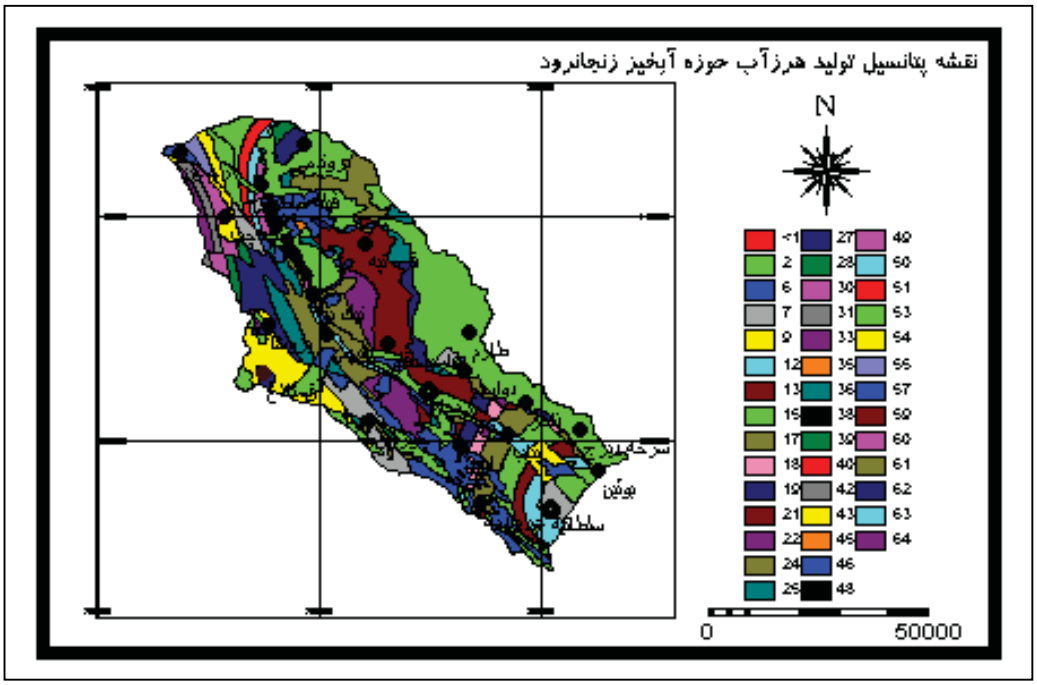
ایستگاه‌های باران سنجی موجود در حوزه زنجانرود از کیفیت آماری نسبتاً مطلوبی برخوردار می‌باشد. لذا یک دوره پایه ۱۳ ساله (حداکثر بارش‌های روزانه) که از نظر دقت و صحت آماری و از لحاظ زمان برداشت قابل استناد می‌باشد، انتخاب شده است. پس از جمع‌آوری آمار بارندگی روزانه ایستگاه‌های منطقه، حداکثر بارش‌های روزانه آنها استخراج و جدول فراوانی همراه با تاریخ وقوع آنها تهیه شده است. با توجه به اینکه برآورد بارش‌های کوتاه مدت برای دوره بازگشت‌های مختلف در این نوع تحقیقات کاملاً ضروری به نظر می‌رسید. انتخاب توزیع مناسب جهت پردازش صحیح داده‌های آماری (حداکثر بارش‌های روزانه) با استفاده از نرم افزار کامپیوتری (MSTAT) انجام گرفته است. جهت برآورد بارش‌های کوتاه مدت بویژه برای مدت دوام غالب رگبارهای اتفاق افتاده پس از تجزیه و تحلیل آمار بارش ۲۴ ساعته ایستگاه‌های موجود در منطقه مورد مطالعه از روش (SCS) که مقادیر قابل قبولی را برای حوزه مورد مطالعه بدست می‌دهد، استفاده شده است. در نهایت مقادیر حداکثر بارش روزانه برای دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه گردید (جدول۱). پس از تعیین روزهای سیلابی و استخراج اطلاعات هیدرولوژیکی سیلابی اتفاق افتاده از روی گراف‌های باران نگار آنها، فراوانی و دوام رگبارها، استخراج شده و مورد بررسی قرارگرفتند. بررسی‌های اخیر نشان داد که دوام غالب رگبارهادر منطقه ۱/۵ تا ۲ ساعت بود که ۱/۵ ساعت بعنوان دوام غالب رگبارها انتخاب گردید [14]. براساس نتایج بدست آمده از این محاسبات، نقشه خطوط هم منحنی بارندگی با دوره برگشت ۲۵ و ۵۰ ساله برای منطقه رسم شدند (شکل ۶). بعد از تهیه نقشه مقادیر بارندگی، با تلفیق نقشه‌های (CN) و بارندگی با دوره برگشت ۲۵ و ۵۰ ساله براساس روابط (۳ و۴) نقشه پتانسیل سیل‌خیزی تهیه گردید (شکل ۷).

$$(Q24,25=(P24,25-0.2S)^2/ (P24,25+0.8S) \quad (۳)$$

$$(Q24,50=(P24,50-0.2S)^2/(P24,25+0.8S) \quad (۴)$$



شکل ۶: نقشه منحنی‌های همباران با دوره برگشت ۲۵ ساله حوزه‌آبخیز زنجانرود



شکل ۷: نقشه پتانسیل تولید رواناب حوزه‌آبخیز زنجانرود (واحد اعداد به میلی‌متر)

جدول ۱: مقادیر حداکثر بارش روزانه با دوره برگشت‌های مختلف برای ایستگاه‌های حوزه زنجانرود و مجاور

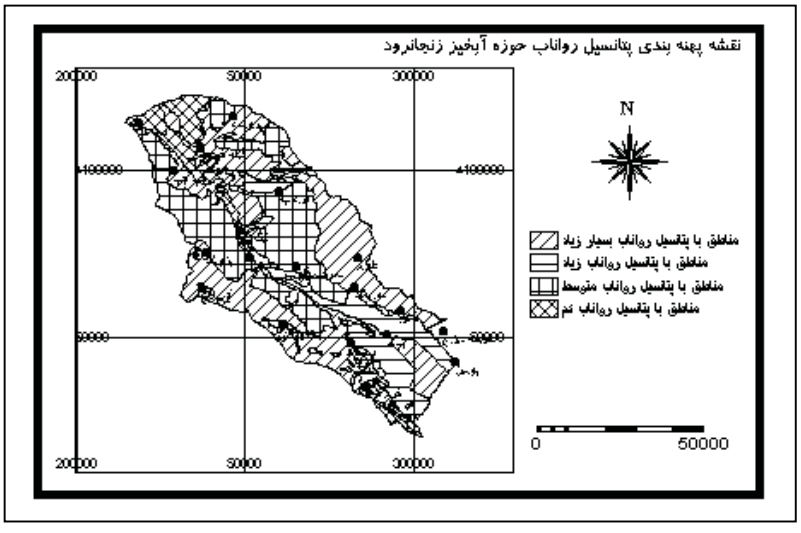
دوره برگشت / ایستگاه	2	5	10	25	50	100	طول جغرافیائی	عرض جغرافیائی
حسین آباد زنجان	23.6	34.6	42.0	51.2	58.1	64.9	48 26 00	36 44 00
مشمیا	29.4	48.1	60.5	76.1	87.7	99.2	47 49 00	36 56 00
معدن دندی	25.3	39.4	49.9	64.4	76.0	88.4	47 37 00	36 33 00
استور	28.2	45.8	57.4	72.1	83.0	93.9	47 58 30	37 31 00
تکمه داش	26.0	34.6	40.3	47.6	52.9	58.2	48 12 00	37 04 00
قلنوق	31.7	38.9	57.1	69.8	79.3	88.7	48 03 30	36 30 00
قره کهریز	25.4	32.5	36.9	42.1	45.7	49.2	48 24 00	35 44 00
ارناط میانه	27.7	36.7	42.9	51.0	57.2	63.7	47 46 00	37 25 00
سلامت آباد	34.2	59.1	75.6	96.4	111.8	127.1	47 50 00	35 40 00

در نهایت برای ارایه بهتری نتیجه این تحقیق و استفاده در برنامه‌ریزی‌ها و اجرای طرح‌های کاربردی و با توجه به اینکه نقشه پتانسیل سیل‌خیزی بصورت پراکنده و تا حدودی مبهم است. لذا جهت روشن شدن وضعیت تولید رواناب در نقاط مختلف حوزه اقدام به پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی بشرح زیر گردید.

براساس مطالعات و تجربیات بدست آمده، مشخصات منطقه‌ای و همچنین نظریات کارشناسی ضرایبی بشرح جدول (۲) جهت پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی پیشنهاد گردیده [6]. که در این تحقیق براساس این ضرایب، نقشه پتانسیل سیل‌خیزی طبقه‌بندی شده و نقشه پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی که در واقع شالوده تمام بحث‌ها انجام شده در این تحقیق می‌باشد، تهیه گردیده است (شکل ۸).

جدول۲: طبقه بندی پتانسیل سیل‌خیزی مناطق حوزه آبخیز زنجانرود

ردیف	ارتفاع رواناب (mm)	نام رده
۱	۱۰ >	مناطق با پتانسیل سیل‌خیزی کم
۲	۱۰-۲۰	مناطق با پتانسیل سیل‌خیزی متوسط
۳	۲۰-۴۰	مناطق با پتانسیل سیل‌خیز یزیاد
۴	۴۰ <	مناطق با پتانسیل سیل‌خیزی بسیار زیاد



شکل ۸: نقشه پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوزه‌آبخیز زنجانرود

نتایج

در یک جمع‌بندی کلی، نتایج بدست آمده از این تحقیق را به شرح زیر می‌توان خلاصه نمود و در برنامه‌ریزی‌های آینده از آن برای حل مشکلاتی چون کم‌آبی‌ها، کنترل و مهار سیلاب‌ها و کنترل فرسایش‌های خاک مرتبط با آن بکار برد.

- نقشه پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی در واقع نشان دهنده پخش منطقه‌ای رواناب در درون حوزه آبخیز می‌باشد. در این نقشه مناطق با پتانسیل سیل‌خیزی زیاد و کم به سهولت قابل تشخیص است.
- از روی این نقشه چنین برداشت می‌شود که پتانسیل تولید رواناب، در حاشیه ارتفاعات این حوزه که دارای شیب زیاد و تشکیلات زمین‌شناسی از نوع سخت (سنگهای آذرین) هستند، مقادیر زیادی داشته و دارای بالاترین رده پتانسیل سیل‌خیزی می‌باشد چرا که در حوزه آبخیز زنجانرود رشته کوه‌های طارم در شمال و سلطانیه در جنوب قرار گرفته و شیب کلی حوزه بطرف زنجانرود که در وسط حوزه قرار دارد بوده و این رودخانه زهکش حوزه می‌باشد.
- نقشه تهیه شده برای پتانسیل سیل‌خیزی می‌تواند جهت طراحی و اجرای سازه‌ها مهندسی مناسب از قبیل سد خاکی و بند انحرافی و غیره جهت کنترل و مهار سیلاب‌های منطقه‌ای و استفاده از رواناب‌ها در مناطق با پتانسیل زیاد استفاده شود.
- اجرای طرح‌های آبخیزداری در زمینه حفاظت خاک وکنترل فرسایش در مناطق با شدت سیل‌خیزی بالا از دیگر کاربردهای اینگونه تحقیقات می‌باشد.
- اصلاح و بهبود کاربری اراضی جهت افزایش راندمان محصول و همچنین کاهش تولید رواناب‌ها و دستیابی به مکان‌های مناسب از نظر کشت آبی از دیگر کاربردهای اینگونه تحقیقات می‌باشد.

منابع مورد استفاده

[1] انجمن هیدرولیک ایران، ۱۳۸۰. خبرنامه هیدرولیک، شماره ۲۳. صفحه ۳.

[2] الوان کار، ر.، مدل توزیعی شبیه سازی سیل بر اساسGIS، ۱۳۸۲. رسالهٔ دکتری مهندسی آبیاری، دانشگاه علوم و تحقیقات، ۱۲۵ص.

[3] بهبهانی ، محمود رضا و حمید ، قاجارنیا، ۱۳۸۳. بررسی اثر مقیاس نقشه‌های پایه بر روی دقت وسعت آبگرفتگی سیلابدشت با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، مجموعه مقالات اولین کنفرانس سالانه مدیریت منابع آب ایران، دانشکده فنی دانشگاه تهران.

[4] جلالی، حسین، ۱۳۶۸. بررسی سیلابهای ایران، مجموعه مقالات اولین کنفرانس هیدرولوژی ایران، انتشارات وزرات نیرو.

[5] خسرو شاهی، م. و ثقفیان، ب.، ۱۳۸۱. نقش روندیابی رودخانه در شناسایی و تفکیک مناطق سیل‌خیز

در حوضه‌های آبخیز، ششمین سمینار مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران، اهواز

[6] دفتر مطالعات و ارزیابی آبخیزها،بهمن ۱۳۷۶. شرح خدمات مطالعات سیل‌خیزی و تهیه نقشه‌های سیل‌خیزی کشور، معاونت آبخیزداری، وزارت جهاد سازندگی

[7] روغنی، محمد، عبدالمحمد غفوری و سیدمحمودرضا، طباطبائی، ۱۳۸۳. معرفی روشی در مکان یابی سطوح مؤثر بر دبی اوج سیلاب به منظور کاهش خطرات سیل درحوزه‌های آبخیز کشور، مجموعه مقالات اولین کنفرانس سالانه مدیریت منابع آب ایران، دانشکده فنی دانشگاه تهران.

[8] روغنی، م.،۱۳۸۲. بررسی تأثیر مکانی مناطق مؤثر بر دبی اوج سیلاب به منظور کاهش خطر سیل در حوزه‌های آبخیز کشور، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، گزارش نهائی طرح تحقیقاتی

[9] عامریان، ضیاء ، ۱۳۷۷، مطالعه هیدرولوژی حوضه رودخانه جراحی با تأکید بر سیل‌خیزی منطقه مورد مطالعه: شهرستان شادگان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین، ۱۹۸ صفحه

[10] عبدی، پرویز. غیومیان، جعفر.۱۳۷۹. تعیین محلهای مناسب برای پخش سیلاب در دشت زنجان با استفاده از داده‌های ژئوفیزیکی و (GIS) ، دومین همایش دستاوردهای ایستگاه‌های پخش سیلاب، ۱۵-۱۳ اسفندماه ۱۳۷۹، مرکز تحقیقات حفاظت خاک وآبخیزداری.

[11] علیزاده، امین، ۱۳۷۹. «اصول هیدرولوژی کاربردی»، مؤسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی

[12] فروزانی، علی، بهرام ثقفیان، سیدعلی ایوب‌زاده و باقر قرمزچشمه، ۱۳۸۳. مدل‌سازی سیل خروجی از حوضه به صورت توزیعی به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، مجموعه مقالات اولین کنفرانس سالانه مدیریت منابع آب ایران، دانشکده فنی دانشگاه تهران

[13] قائمی، هوشنگ و مرید، سعید، ۱۳۷۵. مدل سیل‌خیزی زیر حوضه‌های کرخه، مجله نیوا شماره ۳۰، انتشارات سازمان هواشناسی کشور.

[14] مدیریت آبخیزداری زنجان، زمستان ۱۳۷۸. طرح تهیه نقشه‌های سیل‌خیزی حوزه‌های زنجانرود و ابهر رود، سازمان جهاد سازندگی استان زنجان

[15] مرید، سعید ، هوشنگ قائمی، ابوالقاسم شمس، مدل سیل‌خیزی زیر حوزه‌های کرخه، ۱۳۷۵، مجله نیوار.، سال جدید ، شماره ۳۰، صفحات ۲۷-۱۰.

[16] نصرتی، ح ۱۳۷۹. پهنه‌بندی سیل در حوضه آبخیز گاوه رود با استفاده از GIS و RS ، پایان نامه کارشناسی ارشد سنجش از دوره، گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس

[17] Arnaud, P., C.Bouvier,,L.Cisneros,& R.Dominguez, (2001). Influence of rainfall spatial variability on flood prediction. Journal of Hydrology, 260-230.

[18] Brooks, K. N., P.F., Follitott, H,M., Gregersen, J.L. Thames,(1991). Hydrology and the management of watershed. Iowa state University, voll, pp, 220,

[19] Braud, I., P.Fernandez, & F.Bouraoui, (1998). Study of the rainfall-runoff process in the Andes region using a continius distiributed model.Journal of Hydrology, 216:155-171.
[20] Jons, J.A. A.,(2000). The physical causes and characteristics of floods, In floods Vol II, PP, 93. Edited by Parker.
[21] Foody, G.M., E.M. Ghoneim, & N.W.Arnell (2004). Predicting locations sensitive to flash flooding in an arid environment. Journal of Hydrology, (ARTICLEIN PRESS).
[22] Turcotte, R., J.P.Fortin,, A.N.Rousseau,, S.Massicotte & J.P.Villeneuve, (2000). Determination of the drainage structure of a watershed using a digital elevation model and digital river and lake network. Journal of Hydrology, 240: 225-242.
[23] Wang, G.T. & S. Chen, (1995). A linear spatially distributed model for a surface rainfall-runoff system. Journal of Hydrology, 185: 183-198.

Surveying of flood potential of zanjan roud watershed with use of SCS and GIS method

Abdi P[1]: Member of Scientific Bored of Agricultural and Natural Resources Center of Zanjan Province
Iran, Zanjan, Iran, Zanjan, No.Box 45195-474 1216, Tel: 0098-0242-5853352-55, Fax: 5853351 E-Mail: Prz_Abdi@yahoo.com

In this research zanjan roud watershed of view of flood potential has be studied and by surveying of impact factors in run off، zoned and finally the flood potential map was prepared. For determination produced run off in this area of curve number method (CN) of S.C.S were used. Regarding in the SCS method size of CN were indicated in based on land use, geology، land cover، slope and properties of soil hydraulically groups area. Therefore, at first the data and information required case, including: data statistical, reports of climate area, maps required, Arial photographs, satellite images were collected and imported to GIS. The way of this research in based on SCS and GIS method which processes and then interprets different data layers? The results of this research are preparing the map of flood potential of zanjan roud watershed. With use of this map it can be to implemented control and using of surface water resources.
Key word: Zanjan, zanjan roud watershed, GIS, flood potential, curve number (CN), SCS method

کارگاه فنی همزیستی با سیلاب
۲۵ مرداد ماه ۱۳۸۵

کاربرد توامان سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS و مدل هیدرولیکی HEC-RAS جهت تعیین بستر و حریم بستر

مریم رحیمی‌فراهانی [۱]

چکیده

ایران در منطقه خشک و نیمه خشک قرار گرفته است و توزیع نامتعادل جریان‌های سطحی محدودیت‌هایی را در امر استفاده از آب بوجود می‌آورد. و قسمت اعظم این جریان‌ها قبل از اینکه مورد استفاده قرار بگیرد از دسترس خارج می‌شود. با توجه به افزایش بی رویه جمعیت، کاهش منابع آب قابل استفاده و به تبع آن تامین آب برای تمامی‌موارد مصرف از جمله دغدغه‌های اصلی کارشناسان امر در سال‌های اخیر می‌باشد.

در خصوص بر طرف ساختن این مسئله مهم کارشناسان به استفاده از نرم‌افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS و سنجش از دور رو آورده اند که با استفاده از این ابزارها می‌توان جهت کنترل آب ناشی از سیلاب و سیستم‌های پشتیبانی سیل و تخریب‌های ناشی از آن و یا حتی پیشگیری از تخریب ناشی از سیل توسط تعیین بستر و حریم رودخانه‌ها اقدام نمود.

در این مقاله سعی بر این است که بهره‌برداری از نرم‌افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS و کاربرد تکنولوژی پیشرفته نرم‌افزارهای هیدرولیکی مانند HEC-RAS با توجه به مطالعه موردی این موضوع در ایران مورد بررسی قرار بگیرد و نحوه استفاده توامان از دو نوع نرم‌افزار جهت تعیین پهنه‌بندی سیلاب و به تبع آن اقدامات مدیریتی در خصوص این امر مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد.

البته لازم به ذکر است که پهنه‌بندی سیل و تعیین بستر و حریم آن در ایران با توجه به سیل‌هایی که تخریب‌های فراوان و خسارت‌های مالی و جانی زیادی را به خصوص در مناطق شمالی ایران به همراه داشته است، بسیار مورد توجه قرار گرفته است. (لازم به ذکراست که منطقه مورد مطالعه رودخانه حبله رود و سرشاخه‌های آن در منطقه فیروزکوه و دماوند می‌باشد.)

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آب ، دانشگاه صنعتی امیر کبیر و کارشناس شرکت مهندسین مشاور آبساران.

rahimi.farahani@Gmail.com

کلمات کلیدی:
سیستم اطلاعات جغرافیاییGIS – نرم‌افزار – بستر – حریم بستر – HEC-RAS – سیلاب‌دشت

۱- مقدمه

با توجه به اینکه سیل‌های با خسارت‌های جانی و مالی زیاد مناطق شمال ایران را تهدید می‌کند تعیین بستر و حریم رودخانه جهت مشخص نمودن مناطق و اراضی مورد تهدید از نظر سیلاب و خسارت‌های ناشی از آن بسیار مؤثر و قابل توجه است. این موضوع به اندازه‌ای مهم است که در قانون کشور نیز مورد بررسی قرار گرفته است. قانون توزیع عادلانه آب سال ۱۳۴۲، بستر را در مالکیت دولت می‌داند و حریم آن جز در موارد خاص قابل تعرض و ایجاد مستحدثات نمی‌باشد. بنابراین با توجه به این قانون و تبصره‌های مربوط به آن در صورتی که خسارت‌هایی به اراضی و یا مستحدثات داخل حریم و بستر رودخانه ایجاد شود، هیچگونه جبران خسارت و یا مسئولیتی در قبال آن پذیرفته نمی‌شود. با توجه به تمام موارد ذکر شده اهمیت تعیین بستر و حریم رودخانه در تمام مناطق از جمله مسکونی، زراعی، صنعتی، ... بیشتر قابل درک و تأمل است. لازم به ذکراست که تعیین بستر و حریم بر اساس نوع کاربری اراضی با سیل‌های با دوره بازگشت خاص مورد بررسی قرار می‌گیرد، به عنوان نمونه دوره بازگشت‌های مورد استفاده برای کشورهای مختلف با توجه به نوع کاربری اراضی در جدول زیر آورده شده است.

دوره برگشت سیلاب طراحی برای برخی کشورها با توجه به کاربری اراضی

کاربری / کشور	تجاری	صنعتی	شهری	روستایی	کشاورزی	توضیحات
آمریکا	۲۵-۱۰۰					
استرالیا	۵۰-۱۰۰					
بلغارستان	۱۰۰-۵۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۳۰-۱۰۰	۵-۱۰	
ترکیه	۱۰۰-۵۰۰	۱۰۰-۵۰۰			۱۰-۲۵	
تایلند	۱۴-۱۰۰	۲۵-۱۰۰	۲۵-۱۰۰	۲۵-۱۰۰	۵۰۰-۲۰۰	
چک	۱۰۰	۵۰			۷-۱۰	
چین	۲۰۰		۲۰۰	۱۰۰		برای جنگلها و مراتع، سیلاب حداکثر ۱۰ ساله
روسیه	۱۰۰۰	۱۰۰	۵۰		۱۰	

جهت شناخت رفتاری رودخانه در زندگی انسانها به عنوان عامل تأمین‌کننده آب و همچنین ایجاد کننده تخریب و خسارت لازم است که تعیین حد بستر و حریم رودخانه با دقت زیادی انجام گیرد. برای تحقق این امر کارشناسان و مهندسان از ابزارهای شبیه‌ساز و یا ترکیب ابزارهای شبیه‌ساز و سیستم اطلاعات

جغرافیایی استفاده می‌کنند.

از جمله ابزارهای شبیه‌ساز مورد استفاده، مدل‌های عددی است که بر مبنای روش‌های ریاضی تدوین شده، و در چند دهه اخیر بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. از جمله نرم‌افزارهایی که بر این روش استواراست HEC[1]-RAS[2] می‌باشد که برای مطالعات رودخانه و شبیه‌سازی آن به کرات استفاده می‌شود. در صورتی که این نرم‌افزار بصورت ترکیبی با نرم‌افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی مانند Arc view استفاده شود می‌توان گفت که یک نرم‌افزار با درصد خطای کم در شبیه‌سازی ایجاد شده است.

۲- مشخصات نرم‌افزار سیستم تحلیل رودخانهHEC-RAS

انجمن مهندسین ارتش امریکا برای اولین بار نرم‌افزاری تحت عنوان Hec-2 را به منظور انجام محاسبات هیدرولیک رودخانه ارائه نمود. در این برنامه فرض بر این بود که بستر رودخانه در نقاط و فواصل مختلف ثابت بوده و تغییرات بستر رودخانه در اثر فرسایش و رسوب گذاری در این مدل در نظر گرفته نمی‌شود. در این مدل می‌توان با دادن اطلاعات مورد نیاز رودخانه از قبیل مشخصات هندسی، ضریب زبری در مقاطع، دبی جریان و شرایط مرزی، پروفیل سطح آب را در طول یک بازه معین ترسیم نمود. اطلاعات مورد نیاز به وسیله کارت‌های مخصوصی که در محیط ویرایشی Hec-2 قرار دارند به برنامه معرفی میگردند. این برنامه علیرغم اینکه از توانایی لازم برای محاسبه پروفیل سطح آب برخوردار می‌باشد، دارای محدودیت‌هایی به شرح زیر است:

- تنها قادر به شبیه‌سازی جریان دائمی است.
- قادر به شبیه‌سازی جریان یک بعدی با تغییرات تدریجی است.
- محاسبات پروفیل سطح آب در یک رودخانه برای جریان‌های زیر بحرانی و فوق بحرانی به صورت همزمان انجام نمی‌گیرد.
- قادر به نمایش پلان سیلاب نمی‌باشد.

به همین دلیل انجمن مهندسین ارتش آمریکا موفق به ارائه نسخه تکمیل شده‌ای به نام Hec-RAS شد که به دلیل اجراء در محیط سیستم عامل Windows قابلیت‌های جدیدی در مقایسه با Hec-2 دارا می‌باشد. در این برنامه قابلیت‌های مختلفی از جمله نمایش پلان سیستم رودخانه، نمایش مقاطع عرضی، شکل سه بعدی رودخانه و همچنین اجرای توام جریان فوق بحرانی و زیربحرانی افزوده شده است. همچنین در این برنامه به دلیل مزیت استفاده از سیستم عامل Windows، کلیه منوهای ورود اطلاعات در اختیار بوده و پیچیدگی تشکیل فایل ورودی را ندارد. HEC-RAS که در سال ۱۹۹۵ عرضه شد، تنها قادر به شبیه‌سازی جریان دائمی بود. در حال حاضر نسخه جدیدی با Version 3/1 ارائه شده است که قادر به شبیه‌سازی

[1] HEC: Hydrologic Engineering Center

[2] RAS : River Analysis System

جریان‌های غیر دائمی است. در این مطالعات Version 3/1 به منظور شبیه‌سازی هیدرولیکی مورد استفاده قرار گرفته شده است.

در رودخانه‌هایی که پیک سیلاب قابل توجه می‌باشد، چنانچه اثر پخش سیلاب قابل صرف نظر کردن باشد، با در نظر گرفتن جریان به صورت دائمی، مدل هیدرولیکی HEC-RAS ضمن اینکه نتایج قابل قبولی را ارائه می‌دهد باعث صرفه‌جویی در وقت نیز می‌شود.

۳- مشخصات نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS

مزیت استفاده از Arcview در مدلسازی هیدرولیکی، پتانسیل بالای آن برای به دست آوردن اطلاعات توپوگرافی مربوط به مقاطع با دقت بسیار بالا از مدل رقومی زمین (DTM[1]) است. یکی از کاربردهای این نرم‌افزار، تعیین حدود پهنه سیلاب می‌باشد که در بسته‌های نرم‌افزاری هیدرولیکی استفاده می‌شود. در سال‌های اخیر به دلیل توسعه اهداف مطالعات مهندسی رودخانه (پهنه‌بندی سیلاب، تعیین بستر و حریم و ...)، تهیه نقشه‌های رقومی (توپوگرافی) به جای مقاطع عرضی از محدوده رودخانه‌ها به طور قابل توجه گسترش یافته تا ضمن تهیه مقاطع عرضی از این نقشه‌ها، بتوان پهنه سیلاب و بستر و حریم رودخانه‌ها را بر روی آنها مشخص نمود.

به همین منظور در سال ۱۹۹۹ موسسه HEC برنامه‌ای را تحت عنوان HEC-GeoRAS در محیط Arc-View (شکل ۱) برای استخراج فایل ورودی مورد نیاز مدل هیدرولیکیHEC-RAS تهیه نمود.

اطلاعاتی که برنامه HEC-GeoRAS در فایل ورودی ذخیره می‌کند عبارتند از: لایه‌های خط مرکزی جریان، سواحل رودخانه، مقاطع عرضی و مرزهای رودخانه با سیلاب‌دشت واقع در چپ و راست رودخانه. همچنین از این برنامه می‌توان برای تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از محاسبات هیدرولیک جریان توسط HEC-RAS استفاده نمود.

شکل ۱- HEC-GeoRAS در محیط Arcview

۴- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه (سرشاخه اندور) در بالادست حوضه حبله‌رود در بخش شمال شرقی آن می باشد که محدوده جغرافیایی تحت مطالعه به طور تقریبی بین عرض‌های شمالی ۳۵° و ۲۲´ تا ۳۵° و ۵۵´ و طول‌های

1- Digital Terrain Model

شرقی °۵۲ و ۱۷َ تا °۵۳ و ۵َ قرار دارد. که این حوضه آبریز از حوضه‌های واقع در حوضه کویر نمک در فلات مرکزی ایران است که بخش کوچک و فرعی آن محسوب می‌گردد.

در مطالعات تعیین حد بستر و حریم رودخانه حبله‌رود مجموعاً ۸ رودخانه که ۷ رودخانه آن به عنوان سرشاخه‌های رودخانه حبله‌رود مورد بررسی قرار گرفته است. تمام موارد ذیل، مراحل آماده‌سازی اطلاعات می‌باشد که برای محدوده مطالعاتی انجام گرفته است و در هر قسمت به آن اشاره خواهد شد.

۵- آماده سازی اطلاعات در نرم‌افزار Arcview برای ورود به HEC-RAS

۵-۱- اطلاعات مورد نیاز

از نظر تئوری هر گونه موقعیت فیزیکی را می‌توان در یک مدل رودخانه‌ای با دقت بالایی شبیه‌سازی کرد. داده‌های مورد نیاز برای مدل‌های رودخانه‌ای به دو دسته داده‌های هیدرولیکی و توپوگرافی تقسیم می‌شود:

- داده‌های هیدرولیکی: شامل اندازه گیری‌های مستمر مانند: هیدروگراف دبی، رقوم سطح آب، منحنی‌های دبی و ... می‌باشد.
- داده‌های توپوگرافی: شامل ژئومتری رودخانه است، از قبیل: عرض بستر، مقطع عرضی، مصالح بستر و ...

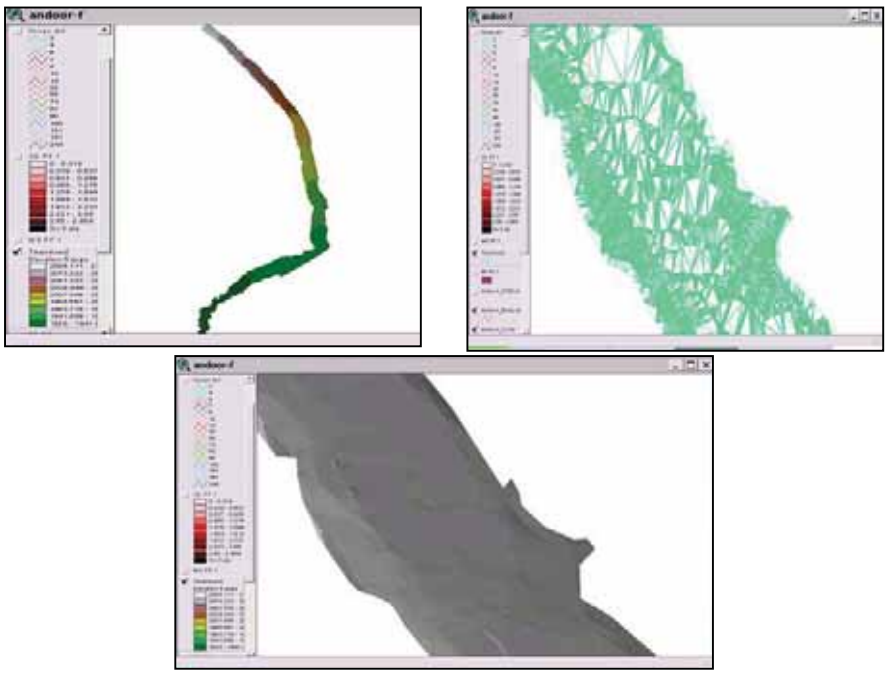
داده‌های توپوگرافی باید از نوع داده‌های کیفی باشد بدین معنی که شرایط فیزیکی داخل محدوده سیلاب را مانند: سازه‌های موجود در داخل محدوده سیلابی ایجاد کند و برای تدقیق اطلاعات می‌توان از عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای و گزارشات سازمان‌های آب منطقه‌ای استفاده کرد. هرچه اطلاعات جمع‌آوری شده دقیق‌تر باشد مدل ساخته شده جواب‌های صحیح‌تری ارائه می‌کند.

۵-۲- تهیه مدل رقومی‌زمین درArcview

مدل رقومی‌زمین DTM یک مدل سطحی برای نمایش توپوگرافی زمین می‌باشد. درمدلDTM ارتفاعات زمین با استفاده از نوع خاصی از فرموله کردن ساختمان داده‌ها نظیر شبکه مثلثی TIN[1] و یا شبکه‌های GRID بدست می‌آید. هر کدام از این مدل‌ها دارای مزایای خاصی هستند، مدل GRID ساختمان ساده‌تری برای نمایش دارد و داده‌های رقومی زمین دارای قابلیت وسیع‌تری می‌باشند. اما مدل TIN دارای دقت بالاتری در ارائه سطح زمین است، که احتیاج به اطلاعات وسیعتر و عکس‌های ماهواره‌ای و یا عکس‌های هوایی می‌باشد. مدل TIN سطح زمین را یکسری از مثلث‌های متصل بهم تشکیل می‌دهند، مقدار ارتفاع سطح زمین از طریق درونیابی[2] از سه رأس مثلث با کد ارتفاعی بدست می‌آید. این مدل براحتی تغییرات شدید ارتفاعی را نشان می‌دهد. البته باید در نظر داشته باشیم که نقشه با نقاط دارای کد ارتفاعی (رقومی شده)

1- Triangular Irregular Network
2- Interpolation

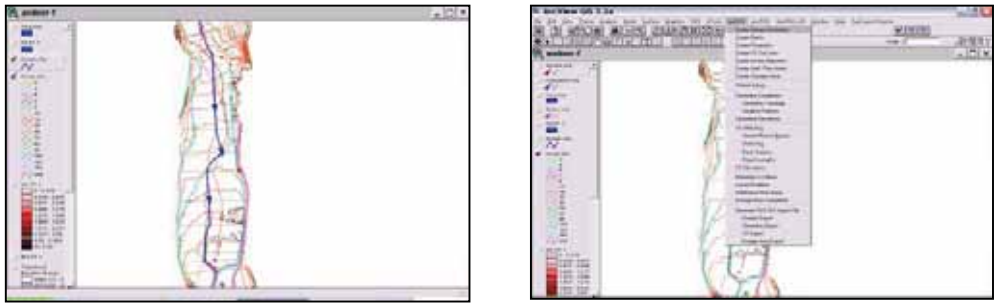
منبع تولید مدل TIN می‌باشد. قابل ذکر است که به علت این مزایا در منطقه مورد مطالعه مدل TIN جهت شبیه‌سازی سطح زمین استفاده شده و نمونه‌ای ازTIN ساخته شده در شکل ۲ آورده شده است.



شکل ۲- TIN بندی فایل‌های موجود در محیط Arc view

۵-۳- تهیه خط مرکزی جریان[1]

اولین گام در تهیه فایل ورودی HEC-RAS مشخص نمودن رودخانه اصلی و شاخه‌های فرعی آن توسط لایه خط مرکزی جریان می‌باشد. این لایه با انتخاب گزینه Create Stream Centerline در preRAS ایجاد می‌شود. این خط از بالا دست به پائین دست کشیده می‌شود که هر خط دارای نام رودخانه و بازه مربوطه می‌باشد (شکل ۳). باید خاطر نشان کرد که این لایه زمانی که وارد محیط HEC-RAS می‌شود به عنوان تعیین کننده جریان رودخانه و نمایش موقعیت رودخانه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

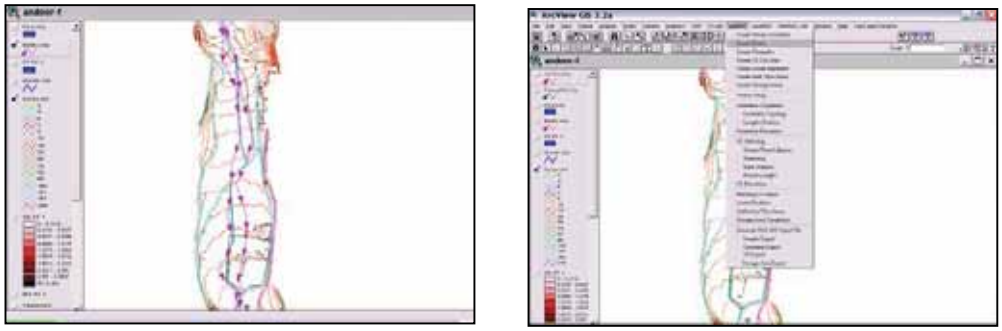


شکل۳- تهیه لایه خط مرکزی جریان رودخانه

1- Thalweg

۵-۴- تهیه لایه سواحل رودخانه[1]

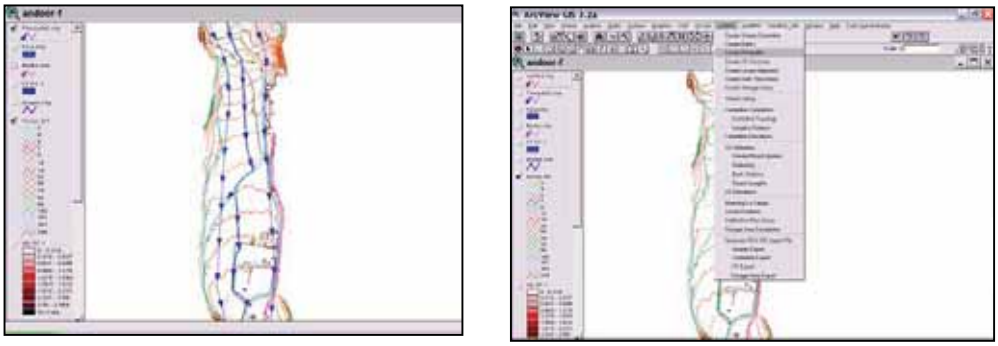
این لایه جهت جداسازی کانال اصلی جریان از سیلاب دشت استفاده می‌گردد. برای ایجاد این لایه از گزینه Create Banks در preRAS استفاده می‌شود. برای کشیدن این خطوط باید توجه شود که ابتدا Bank سمت چپ و سپس سمت راست کشیده شود، زیرا اولین خطی که کشیده می‌شود به عنوان ساحل چپ شناخته می‌شود (شکل ۴). این خطوط در محیط HEC-RAS نیز به عنوان Bank انتخاب و شناخته می‌شود.



شکل ۴- تهیه لایه سواحل رودخانه

۵-۵- تهیه لایه مسیر جریان[2]

این لایه جهت مشخص ساختن حداکثر سطحی است که در اثر وقوع سیلاب بوجود می‌آید. به عبارت دیگر لایه مسیر جریان به منظور تعیین ابعاد مسیر هیدرولیکی جریان در مجرای اصلی و سواحل راست و چپ آن در ناحیه سیلابگیر استفاده می‌شود. برای تهیه این لایه گزینه Create Flow Path بکار برده می‌شود (شکل۵)



شکل ۵- تهیه ابعاد مسیر جریان رودخانه

1- Main Channel Banks
2- Flow Path

۵-۶- تهیه لایه مقاطع عرضی [1]

برای ترسیم مقاطع عرضی بایستی برخی از موارد را مورد توجه قرار دهیم:

- خطوط معرف باید از ساحل چپ به ساحل راست کشیده شود.
- این خطوط فقط یکبار می‌توانند با هر یک از خطوط کشیده شده تقاطع داشته باشند.
- این خطوط باید عمود بر خط جریان رسم شوند.
- خطوطی که در این لایه رسم می‌شود نباید متقاطع باشند،زیرا تقاطع دو مقطع عرضی بدین معنی است که مقدار حجم معینی از آب در هر دو مقطع مورد محاسبه قرار می‌گیرد و در این صورت حجمی‌از آب گم می‌شود و این بر خلاف قانون بقای جرم است.

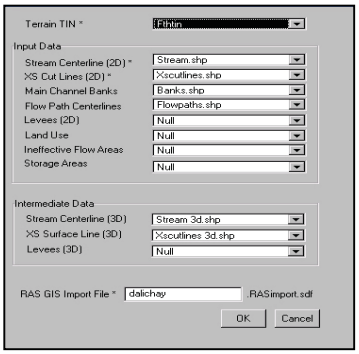
نمونه‌ای از لایه مقاطع عرضی در شکل (۶) آورده شده است.

شکل ۶ – تهیه لایه مقاطع عرضی رودخانه

۵-۷- ارسال اطلاعات تهیه شده به نرم‌افزارHEC-RAS

نکته قابل توجه در تمام مراحل (۵-۳ تا ۵-۶) این است که کلیه خطوط ایجاد شده بصورت دو بعدی بوده و ارزش رقومی دارند. برای رفع این مشکل، نیاز است خطوط ایجاد شده به حالت سه بعدی تبدیل شوند. و باید توجه داشت که این سه بعدی سازی بر اساس TIN انتخاب شده، صورت می‌گیرد.

حال پس از سه بعدی شدن لایه‌های ایجاد شده، فایل برای فرستادن در محیط HEC-RAS آماده شده است. در شکل ۷ نمونه‌ای از آماده‌سازی فایل ورودی مدل HEC-RAS در محیط Arcview نشان داده شده است (فایل فرستاده شده، در همان مسیری ذخیره می‌شود که پروژه اولیه ذخیره گردیده است).



شکل ۷- آماده‌سازی فایل ورودی مدل هیدرولیکی HEC-RAS در محیط Arc-View

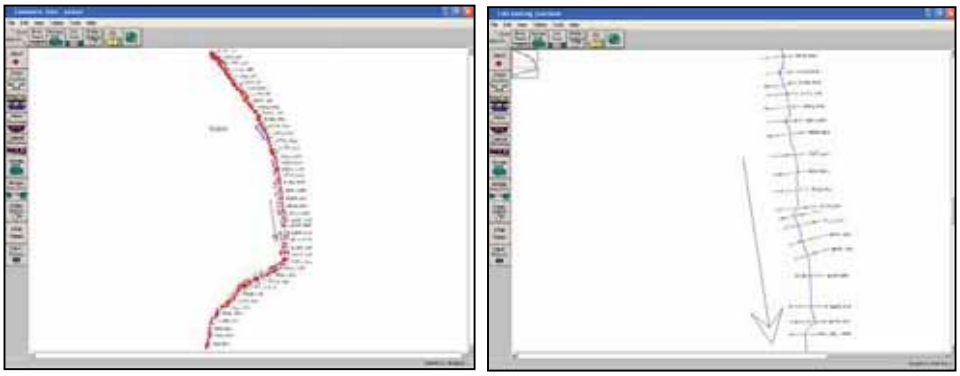
1- Cross Section

۶- شبیه‌سازی رودخانه در محیط HEC-RAS

۶-۱- بازخوانی اطلاعات فرستاده شده از Arcview در محیط HEC-RAS

برای بازخوانی اطلاعات درHEC-RAS ، فایل فرستاده شده از طریق Arcview را در پروژه جدیدی که در HEC-RAS ایجاد شده، Load می‌کنیم که درصورتی که فایل ارسال شده از نظر اطلاعات مشکلی نداشته باشد، طرح شماتیک رودخانه در صفحه اصلی ظاهر می‌شود. در این طرح شماتیک، خط مرکزی جریان و خطوط سواحل چپ و راست و مقاطع عرضی دیده می‌شود. (شکل۸)

برای اجرای نرم‌افزار نیاز است که کلیه اطلاعات مورد نیاز نرم‌افزار از جمله ضریب مانینگ، دبی، هیدروگراف سیل، شیب بالا دست و پائین دست(به عنوان شرایط مرزی) و ... به نرم‌افزار داده شود.برای تعیین بستر و حریم رودخانه‌ها معمولاً از حالت جریان دائمی‌استفاده می‌شود (که در این محدوده مطالعاتی نیز از حالت جریان دائمی برای اجرای نرم‌افزار استفاده شده است).



شکل شماره۸ – شمای کلی رودخانه دلیچای در مدل هیدرولیکی HEC-RAS

۶-۲- تعیین ضریب مقاومت جریان

نظر به اینکه مقامت جریان پارامتر عمده افت انرژی در رودخانه‌ها می‌باشد و نقش مؤثری در تراز سطح آب و سرعت جریان در هر مقطع دارد، تعیین مناسب این ضریب که معرف شرایط واقعی رودخانه باشد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

اصولاً این ضریب به صورت مانینگ، شزی و دارسی- وایسباخ بیان می‌گردد که کاربردی‌ترین آنها برای رودخانه در حال حاضر ضریب مانینگ (n) می‌باشد. از جمله عوامل مؤثر در مقدار ضریب مانینگ را می‌توان به دانه‌بندی مواد بستر، درجه ناهمواری رودخانه، تأثیر نسبی موانع، گسترش و تراکم پوشش گیاهی و شکل مسیر و ریخت‌شناسی رودخانه اشاره نمود. معمولاً برای تعیین و تخمین مقدار این ضریب در بازه‌ای از رودخانه آن را به سه قسمت اساسی تقسیم می‌کنند: آبراهه اصلی و سیلاب دشتهای سواحل راست و چپ.

کاربردی ترین روش تعیین n عبارتست از: بازدید صحرایی، قضاوت مهندسی و استفاده از جداول

پیشنهادی ارائه شده توسط محققین که عموماً بر مبنای نوع دانه‌بندی بستر و پوشش آن ارائه شده اند. از جمله روابط ارائه شده برای تعیین ضریب مانینگ می‌توان به رابطه معروف کاون[1] اشاره نمود که ابتدا بر اساس جدول (۱)، ضریب مانینگ اولیه تخمین زده شده و سپس با توجه به دیگر شرایط حاکم بر رودخانه در مقاطع مختلف، تأثیر دیگر عوامل همچون درجه ناهمواری، وجود موانع، پوشش گیاهی و شکل مسیر اعمال و ضرایب مانینگ مطابق رابطه زیر اصلاح می‌گردد.

$$n= (n_o + n_1+ n_2+ n_3+n_4)\, n_5 \qquad (۱)$$

که در رابطه فوق عوامل معادله به ترتیب عبارتند از:

n: ضریب مانینگ ترکیبی

n_o: ضریب مانینگ مربوط به دانه‌بندی مواد بستر

n_1: ضریب مانینگ مربوط به درجه ناهمواری در سطح بستر رودخانه

n_2: ضریب مانینگ مربوط به تغییرات مقطع رودخانه

n_3: ضریب مانینگ مربوط به موانع موجود در مسیر رودخانه

n_4: ضریب مانینگ مربوط به پوشش گیاهی

n_5: ضریب مانینگ مربوط به درجه انحناء مسیر رودخانه

در این مطالعات بر اساس رابطه (۱)، جدول (۱) و وضعیت حاکم بر رودخانه، ضریب مانینگ ارزیابی می‌گردد.

۶-۳- تعیین شرایط مرزی بالادست و پائین دست رودخانه

برای پیش‌بینی مشخصه‌های جریان در بازه‌ای از رودخانه نیاز به شرایط مرزی منطبق با واقعیت می‌باشد. شرایط مرزی، در واقع معرف وضعیت ورودی و خروجی جریان در بالادست و پایین دست بازه مورد مطالعه می‌باشد. بدیهی است انتظار دریافت مشخصه‌های دقیق از تحلیل جریان، ضرورت ارائه داده‌های صحیح در مرزها را در بر خواهد داشت. معرفی شرایط مرزی حاکم بر بازه‌های مطالعاتی از جمله ورودی‌های اصلی مدل HEC-RAS تلقی می‌شود. نحوه اعمال شرایط مرزی بستگی به نوع جریان هم از نظر زیر بحرانی و فوق بحرانی و هم از نظر دائمی و غیر دائمی بودن آن دارد.

1- Cawon

جدول ۱- ضرایب زبری مانینگ برای اجزا مختلف رودخانه

مقدار ضریب مانینگ	شاخص ضریب مانینگ	شرایط رودخانه		
۰/۰۲	n_o	بستر خاکی		نوع مصالح بستر
۰/۰۲۵		بستر سنگی		
۰/۰۲۴		شن ریز		
۰/۰۲۸		شن درشت		
۰/۰۰	n_1	صاف		درجه ناهمواری در سطح بستر رودخانه
۰/۰۰۵		کمی‌صاف		
۰/۰۱		نسبتاً صاف		
۰/۰۲		زبر		
۰/۰۰	n_2	تغییرات جزئی		تغییرات سطح مقطع جریان
۰/۰۰۵		تغییرات متوسط		
۰/۰۱-۰/۰۱۵		تغییرات شدید		
۰/۰۰	n_3	قابل اغماض		وجود عوارض و موانع در مسیر رودخانه
۰/۰۱-/۰۱۵		موانع کم		
۰/۰۲-/۰۳		موانع زیاد		
۰/۰۴-۰/۰۶		موانع خیلی زیاد		
۰/۰۰۵-/۰۱	n_4	گیاهان کوتاه قد		پوشش گیاهی
۰/۰۱-۰/۰۲۵		گیاهان متوسط		
۰/۰۲۵-۰/۰۵		گیاهان بلند		
۰/۰۵-۰/۱		گیاهان خیلی بلند		
	n_5	وضعیت انحناء مسیر	r*	درجه انحناء مسیر رودخانه
۱/۰		کم	۱-۱/۲	
۱/۱۵		نسبتاً زیاد	۱/۲-۱/۵	
۱/۳		خیلی زیاد	> ۱/۵	

*r درجه انحناء مسیر رودخانه و عبارت از نسبت Lm/Ls است که در آن Lm طول پیچشی رودخانه و Ls طول مستقیم رودخانه می‌باشد.

از آنجائیکه هدف از این مطالعات تعیین حد بستر و حریم مطابق قانون توزیع عادلانه آب می‌باشد لذا بر اساس این قانون، بستر رودخانه، آن قسمت از رودخانه است که در هر محل با توجه به حداکثر طغیان با دوره برگشت ۲۵ ساله تعیین می‌شود. بنابراین می‌توان فرض دائمی‌بودن جریان و استفاده از پیک سیلاب با دوره برگشت ۲۵ ساله مربوط به هر شاخه مورد مطالعه را با استناد به قانون مذکور در تحلیل هیدرولیک جریان به کار گرفت. از نظر جریان فوق بحرانی و زیر بحرانی نیز می‌توان به دلیل تغییرات ناگهانی شیب رودخانه از بازه کوهستانی در بالادست به بازه دشتی در پایین دست و امکان تشکیل جهش

هیدرولیکی، به مدل شرایط ترکیبی یا به عبارتی شرط مرزی در بالادست و پایین دست را معرفی نمود.

الف) شرایط مرزی بالادست

شرایط مرزی بالادست مدل که در شبکه رودخانه در نظر گرفته می‌شود به صورت ذیل می‌باشد:

- دبی ثابت و یا هیدروگراف جریان که معرف تغییرات دبی با زمان می‌باشد.
- تراز عمق بحرانی: در صورت وجود سازه‌های تنظیم و کنترل سطح آب و همچنین به منظور محاسبه جریان فوق بحرانی از این شرط مرزی استفاده می‌شود.
- شیب نرمال سطح آب: در مواردی که اطلاعات مربوط به شرایط مرزی در بالادست رودخانه برای محاسبه جریان فوق بحرانی موجود نباشد فرض بر این است که جریان در این مرز شرایط نرمال را تجربه می‌نماید. با توجه به اینکه در شرایط نرمال، شیب آب با شیب رودخانه برابری می‌نماید لذا می‌توان شیب متوسط رودخانه در مرز بالا دست را به عنوان شرط مرزی به مدل معرفی نمود.
- تراز سطح آب (در جریان دائمی) یا هیدروگراف تراز سطح آب (درجریان غیر دائمی) که تغییرات سطح آب نسبت به زمان را بیان می‌نماید، به مدل معرفی می‌شود. معرفی تراز سطح آب به نرم‌افزار نسبت به دبی جریان از دقت بالاتری برخوردار می‌باشد، زیرا خطاهایی که در اندازه‌گیری و قرائت سطح آب به وجود می‌آید کمتر از خطاهایی است که از محاسبه یا اندازه‌گیری دبی جریان حاصل می‌شود.

ب) شرایط مرزی پایین دست

در جریان‌های زیر بحرانی علاوه بر شرایط مرزی بالادست، وجود شرط مرزی پایین دست نیز ضروری می‌باشد که در مجموع چهار نوع شرط مرزی برای پایین دست قابل تعریف است:

- تراز سطح آب (در جریان دائمی) یا هیدروگراف تراز سطح آب (در جریان غیر دائمی).
- تراز عمق بحرانی: در صورت وجود سازه‌های تنظیم و کنترل سطح آب و همچنین به منظور محاسبه جریان زیر بحرانی از این شرط مرزی استفاده می‌شود.
- شیب نرمال سطح آب: در مواردی که اطلاعات مربوط به شرایط مرزی در پایین دست رودخانه برای محاسبه جریان زیر بحرانی موجود نباشد، فرض بر این است که، جریان در این مرز نیز شرایط نرمال را تجربه می‌نماید. لذا می‌توان شیب متوسط رودخانه در مرز پایین دست را به عنوان شرط مرزی به مدل معرفی نمود.
- منحنی دبی- اشل: استفاده از این منحنی برای توصیف شرایط مرزی پایین دست در جریان غیر دائمی با هیدروگراف‌های تیز، با تقریب همراه می‌باشد. زیرا در جریان غیر دائمی منحنی دبی- اشل حلقوی بوده و رابطه بین دبی و تراز به صورت یک به یک نیست. بنابراین از منحنی دبی- اشل در پایین دست استفاده می‌گردد.

۶-۴- روش محاسبه پروفیل سطح آب در مدل هیدرولیکیHEC-RAS

پروفیل سطح آب از یک مقطع به مقطع بعدی در شرایط جریان دایمی از طریق حل معادله انرژی به روش گام به گام استاندارد محاسبه می‌گردد. معادله انرژی یا معادله ساده برنولی عبارت است از:

$$Y_2 + Z_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + h_{e.1-2} \qquad (۲)$$

که در رابطه فوق:

Y_1 و Y_2	عمق آب در مقاطع
Z_1 و Z_2	تراز کف کانال اصلی
V_1 و V_2	سرعت متوسط جریان
α_1 و α_2	ضرایب تصحیح انرژی جنبشی
g	شتاب ثقل
he_{1-2}	اتلاف انرژی کل

اتلاف انرژی کل ناشی از دو نوع افت می‌باشد:

$$he=h_f+f_o \qquad (۳)$$

۱- افت ناشی از اصطکاک که در نتیجه زبری سطوح به وجود می‌آید و از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$he=h^* S_f \qquad (۴)$$

که:

L: میانگین وزنی طول کانال

$$L = \frac{L_{lob}Q_{lob} + L_{ch}Q_{ch} + L_{rob}Q_{rob}}{Q_{lob} + Q_{ch} + Q_{rob}} \qquad (۵)$$

L_{lob}, L_{ch}, L_{rob}:طول جریان بین مقاطع به ترتیب در ساحل راست، کانال اصلی و ساحل چپ

$Q_{lob}Q_{ch},Q_{rob}$: میانگین دبی جریان بین مقاطع به ترتیب در ساحل راست، کانال اصلی و ساحل چپ

S_f: میانگین شیب خط انرژی بین دو مقطع که با استفاده از رابطه مانینگ قابل محاسبه می‌باشد.

با محاسبه شیب خط انرژی در دو مقطع مجاور می‌توان به روشهای زیر میانگین شیب خط انرژی را به دست آورد:

- میانگین حسابی شیب

$$\overline{S_f} = \frac{S_{f2} + S_{f1}}{2} \qquad (۶)$$

- میانگین هندسی شیب

$$\overline{S_f} = \sqrt{S_{f2} \times S_{f1}} \qquad (۷)$$

- میانگین ضریب انتقالی

$$\overline{S_f} = \left(\frac{Q_2 + Q_1}{K_1 + K_2} \right)^2 \quad (۸)$$

که K ضریب انتقال مقطع است و مقدار آن در سیستم انگلیسی:

$$K = \frac{1.486 A R^{2/3}}{n} \quad (۹)$$

و در سیستم متریک

$$K = \frac{A R^{2/3}}{n} \quad (۱۰)$$

می‌باشد.

- میانگین هارمونیک شیب:

$$\overline{S_f} = \frac{2 S_{f2} S_{f1}}{S_{f2} + S_{f1}} \quad (۱۱)$$

پیش فرض روش محاسبه میانگین شیب اصطکاکی در نرم‌افزار HEC-RAS روش میانگین ضریب انتقال می‌باشد که کاربر می‌تواند به دلخواه روش محاسباتی را تغییر دهد. لازم به ذکر است که این نرم‌افزار قادر است تا بر اساس رژیم جریان و نوع پروفیل سطح آب، روش مناسب محاسبه میانگین شیب خط انرژی را انتخاب نماید.

۱- افت موضعی که در نتیجه تنگ‌شدگی و یا بازشدگی مقاطع به وجود آید، این نوع افت با حاصلضرب ضریب تنگ‌شدگی (Cc^1) یا ضریب بازشدگی (Ce^2) درتفاضل ارتفاع معادل سرعت بین دو مقطع محاسبه می‌گردد:

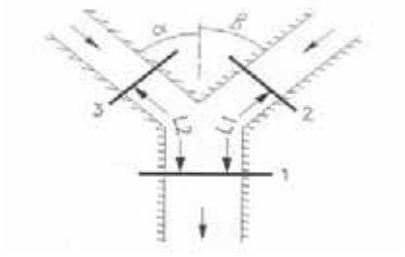
$$h_o = C_c \ or \ C_e \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha 1 V_1^2}{2g} \right| \quad (۱۲)$$

در اثر تغییر عرض در دو مقطع متوالی رودخانه خصوصاً در محل پلها، اغتشاشی در جریان ایجاد می‌شود. این اغتشاش باعث استهلاک انرژی جریان می‌گردد که مقدار آن در قسمت خروجی تبدیل بیشتر از ورودی خواهد بود. در تبدیل‌هایی که تغییرات عرضی مقطع آنها تدریجی باشد، میزان افت کمتر می‌گردد. مقادیر ضرایب بازشدگی و تنگ‌شدگی بر اساس نوع تغییرات مقاطع در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- مقادیر ضرایب تنگ‌شدگی و بازشدگی در نتیجه تغییرات مقطع

تغییرات مقطع	ضریب بازشدگی (C_e)	ضریب تنگ‌شدگی (C_c)
بدون تغییرات	۰	۰
تغییرات طبیعی	۰/۳	۰/۱
تغییرات زیاد	۰/۵	۰/۳
تغییرات ناگهانی	۰/۸	۰/۶

رودخانه مورد مطالعه در چندین موقعیت از به هم پیوستن شاخه‌های فرعی به وجود آمده است که در مدل نمودن یکپارچه آنها نیاز به استفاده از روش‌های خاصی در محل انشعاب‌ها می‌باشد. داده‌های مورد نیاز به منظور محاسبات پروفیل سطح آب در موقعیت انشعابات به نوع معادلات انتخابی برای مدلسازی بستگی دارد. مدلسازی در محل انشعابات توسط روش بر مبنای معادلات انرژی و یا روش مبتنی بر مومنتم صورت می‌گیرد. در صورت انتخاب روش بر مبنای معادلات به منظور تحلیل پروفیل سطح آب در محل انشعاب، لازم است طول بازه در طرفین انشعاب به مدل معرفی گردد. در صورت انتخاب روش مبتنی بر مومنتم به عنوان روش محاسباتی، علاوه بر طول بازه در طرفین انشعاب می‌بایست زاویه شاخه‌های فرعی با شاخه اصلی به مدل معرفی شود (شکل ۹). همچنین توصیه شده است به منظور افزایش دقت محاسبات پروفیل سطح آب در محل انشعاب، موقعیت مقاطعی که در پیرامون انشعاب قرار دارند نسبت به یکدیگر نزدیک انتخاب شوند.



شکل ۹- مشخصات انشعاب آبراهه‌ها

بر اساس قانون دوم نیوتن، معادله مومنتم به صورت زیر است:

$$\sum F_x = ma \qquad (۱۳)$$

با بکارگیری قانون دوم نیوتن بر روی حجم جریان محدود بین دو مقطع ۱ و ۲ مطابق شکل (۱۰) تغییرات مومنتم در زمان واحد به شکل زیر بیان می‌شود:

$$P_2A_2 - P_1A_1 + W_x - F_f = \rho Q \Delta V_x \qquad (۱۴)$$

که در آن:

P: فشار هیدروستاتیک در موقعیت مقاطع ۱ و ۲

W_x: مولفه وزن آب در جهت محور X

F_f: نیروی ناشی از تنش اصطکاک

Q: دبی جریان

ρ: چگالی آب

ΔV_x: تغییرات سرعت در فاصله بین مقاطع

شکل ۱۰- کاربرد اصل مومنتم

۶-۵- مراحل محاسبه پروفیل سطح آب در طول رودخانه

از آنجا که هدف، تعیین تراز سطح آب در مقاطع رودخانه می‌باشد، لذا در دو طرف رابطه انرژی مجموع عمق آب (y) و تراز کف کانال اصلی (z) برابر با تراز سطح آب (Ws) در نظر گرفته می‌شود. تراز نامعلوم سطح آب در یک مقطع با معلوم بودن تراز سطح آب در مقطع دیگر از طریق حل معادلات حاکم به روش سعی و خطا تعیین می‌گردد. مراحل محاسباتی به شرح زیر است:

۱- مقداری برای تراز سطح آب در بالادست (Ws_2) فرض می‌شود (در صورت محاسبه برای جریان فوق بحرانی این مقدار برای پایین دست فرض می‌شود)

۲- بر اساس مقادیر فرض شده برای تراز سطح آب، مقادیر ارتفاع متناظر سرعت و ضریب انتقال به دست می‌آید.

۳- از روی مقادیر به دست آمده در گام ۲، S_f و سپس he حاسبه می‌گردد.

۴- از روی مقادیر به دست آمده در گام‌های ۲ و ۳ معادله (۲) برای Ws_2 حل می‌شود.

۵- مقدار محاسبه شده Ws_2 با مقدار فرض شده در گام ۱ مقایسه می‌گردد. چنانچه اختلاف از ۰/۰۰۳ متر و یا مقداری که کاربر تعیین می‌کند کمتر نباشد، گام‌های ۱ تا ۵ تکرار می‌شوند و در غیر اینصورت پروفیل ساخته شده مورد قبول است. تعداد گام‌های آزمون و خطا به صورت پیش فرض ۳۰ می‌باشد.

بعد از تعیین پهنه‌بندی سیل در HEC-RAS برای نمایش پهنه سیلاب بر روی محدوده نقشه برداری شده، دوباره اطلاعات ایجاد شده در HEC-RAS به محیط Arcview ارسال می‌گردد، مزیت این امر تدقیق نتایج بدست آمده از HEC-RAS توسط Arcview می‌باشد. زیرا به کمک این نرم‌افزار تراز سطح زمین از تراز سطح آب کاسته می‌شود و سطح پخشیدگی آب مشخص می‌گردد، که می‌توان نتایج حاصل را با نتایج HEC-RAS کنترل نمود.

۷- ارسال اطلاعات پردازش شده در HEC-RAS به محیط Arcview

پس از اجرای مدل توسط نرم‌افزار HEC-RAS (که اطلاعات ورودی اصلی آن از محیط GIS منتقل شده بود) و تولید خروجی مدل، نتایج به محیط GIS (نرم‌افزار Arcview) ارسال شدند. پس از انجام تمام

مراحل گفته شده و ارسال خروجی مدل HEC-RAS به Arcview، این نرم‌افزار لایه‌های مختلفی نظیر توپوگرافی سطح آزاد آب، عمق آب و پهنه سیلاب را تهیه می‌کند که کاربردی ترین این لایه‌ها پهنه سیلاب می‌باشد.
جهت انتقال نتایج محاسبات هیدرولیکی در شرایط طبیعی به محیط GIS نیز لازم است که توپوگرافی وضعیت موجود در محیط GIS به توپوگرافی وضعیت طبیعی تبدیل شود که این کار با حذف عوارض موجود در رودخانه و و اصلاح TIN منطقه در محیط GIS صورت پذیرفت و در نهایت نتایج مدل ریاضی HEC-RAS برای شرایط طبیعی در حالت دبی با دوره برگشت ۲۵ ساله بر روی توپوگرافی اصلاح شده (که در واقع توپوگرافی شرایط طبیعی رودخانه است) قرار گرفته و شرایط جهت تعیین بستر رودخانه مهیا گردید.

۸- تعیین حد بستر رودخانه و پهنه‌های سیلابی بر مبنای مطالعات هیدرولیک در محیط GIS

پس از انتقال محاسبات هیدرولیک به محیط GIS، لایه پهنه سیلاب با دوره برگشت‌های مختلف تهیه می‌شود. اما این پهنه سیلاب تهیه شده به عنوان خروجی اولیه مدل محسوب شده و نیاز به پردازش دارد. (شکل ۱۱)

شکل۱۱- خروجی Arcview بعد از انتقال از HEC-RAS

پیشنهادات و نتیجه گیری

۱- با توجه به مزایای این روش پیشنهاد می شود که از روش کاربرد توأمان نرم‌افزارهای هیدرولیکی و سیستم اطلاعات جغرافیایی جهت تعیین بستر و حریم رودخانه‌ها بیشتر استفاده گردد.
۲- در صورتی که دقت اطلاعات در این روش به اندازه کافی بالا نباشد امکان افزایش خطا و عدم دسترسی به جواب صحیح افزایش می‌یابد.
۳- افزایش دقت در امر نقشه برداری و برداشت تعداد نقاط بیشتر از سوی شرکت‌های مشاور نقشه بردار و ارائه دستورالعمل و شرح خدماتی توسط شرکت‌های مشاور منابع آب، که بتواند نیازهای نرم‌افزار را برآورده سازد،ضروری به نظر می رسد. در این صورت می توان گفت که این روش دارای نتایج نزدیک به واقعیتی می باشد.
۴- قابل ذکر است که این روش و تمام روشهای موجود در تعیین بستر و حریم رودخانه‌ها، فقط ابزارهایی جهت افزایش دقت هستند که درصورت همراه شدن با قضاوت مهندسی، نتایج بهتر و قابل قبولتری را ایجاد می کند.

مراجع

۱- جبلی فرد، سعید ـ امیدوار، آرش ـ نجفی جیلانی، عطا الله ـ «سیستم تحلیل رودخانه HEC-RAS» انتشارات جهادسازندگی دانشگاه امیرکبیر، ۱۳۸۴.

۲- باربد، محمد ـ مطیعی، همایون ـ اردشیر، عبدالله.، «تعیین محل پل‌ها و ساختمان‌ها با استفاده از GIS,HEC-RAS»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه پلی تکنیک، ۱۳۸۱ ـ تهران.

۳- نوروزی، م. ـ مجدزاده، م.، «پهنه‌بندی سیلاب در رودخانه‌ها ـ مورد مطالعاتی، رودخانه نکارود» پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده صنعت آب و برق،۱۳۸۲ ـ تهران.

۴- مطیعی، همایون «کاربرد سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) در مهندسی سیلاب رودخانه‌ها» ـ کمیته ملی فنی سد و طغیان ـ ۱۳۸۳.

5- Azagra-Esteban,Floodplain visualization using TINs,The University of Texas at Austin,May 1999. http://www.ce.utexas.edu/centers/crwr/reports/online.html

6- Tate,Eric.”Floodplain Mapping Using HEC-RAS and ArcView GIS”,1999,Master’sThesis CRWR online Report 99-1. http://www.ce.utexas.edu/centers/crwr/reports/rpt99-1.pdf

7- Hydro-Climatic Data Network:water.usgs.gov/GIS/metadata/usgswrd/hcdn.html

8- Djokic,D., A.Coates, and J.E.Ball, ”GIS As Integration Tool For Hydrological Modeling: A Need for Generic Hydrologic Data Exchange Format”,1995,ESRi User Conference,USA.

کارگاه فنی همزیستی با سیلاب
۲۵ مرداد ماه ۱۳۸۵

اثرات توسعه شهری و هیدرولوژی

ناصر رازقی[۱]، حمید تیموری[۲]

چکیده

از روزی که بشر سعی نمود از زمین برای اهداف خود استفاده نماید و اگر این اراضی در دشت‌های سیل‌گیر بوده است، گهگاه خساراتی کوچک و بزرگ به او تحمیل نموده است، لذا بشر از گذشته‌های دور با مقوله سیل و یا انتقام طبیعت بعلت تجاوز انسان به حقوق او آشنائی دارد. سوال اساسی این است که شهرنشینی و شهرنشینان روی شرایط طبیعی هیدرولژی منطقه چه اثراتی دارد؟

باید توجه داشت که شهرنشینی و توسعه شهری همراه است با سرمایه‌گذاری‌های قابل ملاحظه، در حالیکه این بخش از کار یعنی مسائل روان آب‌های شهری تقریباً کمتر مورد عنایت قرار می‌گیرد. یکی از علل اصلی بروز سیل عدم آگاهی جامعه نسبت به درک مطلب در ارتباط بین انسان، فرهنگ او و محیط زیست است یعنی جامعه از تبعات کار خود بی‌اطلاع است.

بر طبق اطلاعات ارائه شده از وزارت نیرو (معاونت منابع آب) و وزارت کشور (حوزه مدیریت حوادث غیر مترقبه) سالانه چندین میلیارد ریال از منابع مالی کشور صرف جبران خسارات مالی سیلاب‌های شهری می‌گردد. همچنین تعداد زیادی از هموطنان ما جان خود را در اینگونه حوادث از دست می‌دهند.

برآورد و ارائه آسیب‌های مالی و جانی سیلاب‌های اخیر در کشور ما را به دقت هر چه بیشتر در مدیریت و برنامه‌ریزی شهری ملزم می‌نماید.

مقدمه

سیل به عنوان یکی از مهمترین سوانح طبیعی همواره مورد توجه بشر بوده و در سال‌های اخیر با توسعه مراکز جمعیتی و صنعتی و کشاورزی و افزایش خسارات ناشی از سیل، لزوم توجه بیشتر به آن احساس

۱- عضو هیئت مدیره شرکت مهندسین مشاور کوثر آب پارس
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد عمران، دانشگاه صنعتی شریف

گردید. در نظر گرفتن دهه ۱۹۹۰ به عنوان دهه کاهش بلایای طبیعی در آخرین سال‌های قرن بیستم از سوی سازمان ملل (یونسکو) نشان دهنده آن بود که بشر متمدن که می‌خواهد قرن بیست و یکم را آغاز نماید باید تا اندازه زیادی بر مشکلات ناشی از سوانح و از جمله سیل، فایق آید.

در سال ۱۹۳۰ یعنی در حدود ۳۰ سال پیش یونسکو در ورشو کارگاهی تحت نام «اثرات توسعه شهری و هیدرولوژی» تشکیل داد. کارشناسان این کارگاه آموزشی معتقد شدند که باید مسئله رشد و توسعه شهری همراه باشد با مسائل و تبعات هیدرولوژیکی ناشی از بارندگی‌ها و لازم است که این امر مورد توجه جدی قرار گیرد.

سوال اساسی این است که شهرنشینی و شهرنشینان روی شرایط طبیعی هیدرولژی منطقه چه اثراتی دارد. باید توجه داشت که شهرنشینی و توسعه شهری همراه است با سرمایه‌گذاری‌های قابل ملاحظه، در حالیکه این بخش از کار یعنی مسائل روان آب‌های شهری تقریباً کمتر مورد عنایت قرار می‌گیرد.

از روزیکه بشر سعی نمود از زمین برای اهداف خود استفاده نماید و اگر این اراضی در دشت‌های سیل‌گیر بوده است، گهگاه خساراتی کوچک و بزرگ به او تحمیل نموده است، لذا بشر از گذشته‌های دور با مقوله سیل و یا انتقام طبیعت بعلت تجاوز انسان به حقوق او آشنائی دارد.

در حقیقت بدلایل اقتصادی بشر سعی داشته است در اطراف رودخانه‌ها و دشت‌های پست ساکن شود که سال‌ها بعد به نام دشت‌های سیل‌گیر شناخته شدند. یعنی در فرآیند سیکل هیدرولوژی هر چند سال یکبار این دشت‌ها به زیر سیل می‌رود.

رودخانه‌ها و مسیل‌ها که به صورت طبیعی ایجاد شده‌اند نزولات مازاد بر نفوذ به زمین و در شرایطی جریان نفوذی از زمین به داخل خود را به پائین دست‌ها مانند دریاچه‌ها، دریاها، مرداب‌ها و یا اراضی پست هدایت می‌نمایند که در حقیقت یکی از حلقه‌های مهم سیکل هیدرولوژی هستند.

علل بروز سیل :

یکی از علل اصلی بروز سیل عدم آگاهی جامعه نسبت به درک مطلب در ارتباط بین انسان، فرهنگ او و محیط زیست است یعنی جامعه از تبعات کار خود بی‌اطلاع است.

تضاد منافع فردی و گروهی در حفظ حریم‌های مربوطه، نبود طرح جامع مهندسی– اقتصادی کنترل سیل شهری از جمله مسائل است. نکته مهم در این است که گسترش شهر و کاهش ضریب نفوذپذیری اراضی همراه است با افزایش سیلاب‌ها لذا به مرور زمان سیلاب‌های شهری افزایش می‌یابد، در حالیکه به مرور مسیل‌ها کوچکتر شده و دشت‌های اطراف تبدیل به اماکن تجاری و مسکونی می‌شود.

لذا مسیل‌های کم اهمیت دیروز بمرور دریافت کننده سیلاب‌های بیشتری میشود، این فرآیند در تمام شهرها و روستاهای کشور ما و بسیاری دیگر از کشورها در جریان است و به همین دلیل هم شاهد سیلاب‌های با ابعاد خطرناک‌تر می‌شویم و خواهیم شد.

در بعضی از شهرها عریض‌تر و عمیق‌تر شدن مسیل‌ها را توسط شهرداری‌ها شاهد هستیم که جای خوشحالی است که نتیجه همین طرز تفکر است.

۱- علل وقوع سیل در ایران :

علل وقوع سیل را می‌توان در سه گروه تقسیم بندی نمود:

- عوامل اقلیمی
- عوامل ادافیکی
  - عامل توپوگرافی
  - عامل لیتولوژی و خاک
- عوامل انسانی
  - استفاده از اراضی
  - رشد جمعیت
  - عامل مدیریتی

۱-۱- عوامل اقلیمی:

موقعیت جغرافیایی کشور و واقع شدن آن بر روی یکی از کمربندهای پر فشار کره زمین باعث شده تا این کشور در سطحی وسیع، برخوردار از اقلیم خشک و نیمه خشک باشد. در چنین شرایطی، بارش کافی برای استقرار سریع پوشش گیاهی و حفظ خاک وجود نداشته و از سوی دیگر، بارش‌ها با شدت زیاد در زمان‌های کوتاه به سطح دامنه‌ها رسیده و باعث ایجاد سیل می‌گردند.

نگاهی به وضعیت ریزش‌های جوی در سال‌های سیلابی به خوبی تمرکز بارش را در مدتی کوتاه از سال نشان می‌دهد ضمن آنکه ضریب تغییرات بارش نیز بسیار شدید است. جدول زیر نمونه‌ای از وضعیت بیان شده را نمایش می‌دهد.

مقایسه بارش متوسط سالانه و بارش دو ماهه سال ۱۳۷۱ (به میلیمتر)

نام ایستگاه	بارش متوسط سالانه دراز مدت ایستگاه‌ها	جمع بارش در دی و بهمن ۷۱
کرمان	۱۳۰	۱۴۲
سیرجان	۱۰۸	۲۱۷
بافت	۲۴۰	۴۱۴
کهنوج	۱۷۳	۴۶۷
جیرفت	۱۷۳	۴۵۲

۱-۲- عوامل ادافیکی :

ویژگی‌های محیطی که دریافت کننده بارش می‌باشد اثر زیادی روی شدت و حجم سیل‌ها دارد و در واقع مانند یک سیستم عمل می‌کند که ورودی به آن که همان سیل است.

۱-۲-۱- عامل توپوگرافی

وجود رشته کوه‌های متعدد به ویژه البرز و زاگرس از سویی باعث دریافت بارش بیشتر شده و از سویی دیگر، شیب دامنه‌ها را افزایش داده‌اند و سرعت حرکت آب در آنها زیاد شده و سرعت نفوذ آب کاهش می‌یابد.

این موضوع باعث تمرکز سریع‌تر آب‌ها گشته و دبی اوج رودخانه‌ها را افزایش می‌دهد. هنگامی که شیب در دشت‌ها کاهش می‌یابد سیلاب‌ها به کناری تخلیه شده و نیاز به سطح مقطع بزرگتری برای عبور خود دارند که در بیشتر موارد، سطح مقطع عادی آنها کافی نبوده و در نتیجه از بستر خود خارج می‌گردند و سیل ایجاد می‌نمایند کاهش ناگهانی شیب همچنین باعث رسوب‌گذاری موادی می‌شود که از کوهستان‌ها شسته شده و با ته نشینی خود در مناطق کم شیب رودخانه‌ها، ظرفیت آنها را کاهش می‌دهند.

۱-۲-۲- عامل لیتولوژی و خاک:

کشور ایران در سطحی وسیع از رسوبات دوره سوم زمین شناسی پوشیده شده که شیل و مارن‌های غیر قابل نفوذ در آن سهم زیادی دارند. در دیگر مناطق نیز، خاک‌های تشکیل شده روی سنگهای مادری که می‌توانستند محیطی مناسب را برای جذب و نفوذ آب تشکیل دهند به شدت در حال فرسایش بوده و سطح وسیعی از دامنه‌ها، عاری از خاک بوده و به صورت سنگ‌های لخت محیط مناسبی را برای جریان یافتن سیل ایجاد نموده‌اند. بر اساس برآورد F.A.O در سال ۱۹۸۰، فرسایش خاک در کشور سالانه بیش از ۱/۵ میلیارد تن است که در حال حاضر شاید حدود ۲ میلیارد تن در سال باشد. این فرسایش شدید نه تنها زمینه را برای جریان یافتن سیل از روی دامنه‌ها فراهم می‌سازد بلکه با رسوبگذاری آنها در مناطق سیل‌گیر، مشکل این مناطق را دو چندان کرده و خسارت وارده به بخش‌های کشاورزی، و صنعتی و مسکونی را به شدت افزایش می‌دهد.

۱-۳- عامل انسانی :

مهمترین نقش انسان در تغییر کاربری تخریب و بندرت اصلاح پوشش گیاهی است. در ایران با توجه به شرایط نامناسب اقلیمی در بخش وسیعی از کشور، زمینه لازم برای استقرار سریع پوشش گیاهی وجود ندارد و تخریب در پوشش می‌تواند مشکلات زیادی را ایجاد کند.

۱-۳-۱- استفاده از اراضی:

ـ اکوسیستم‌های پایدار دارای قدرت بازسازی خوبی بوده و تخریب را چنانچه در سطحی وسیع نباشد در فرصت کافی ترمیم می‌نماید. چنین اکوسیستمی‌در سطحی محدود و در استان‌های گیلان و مازندران وجود دارد متأسفانه شدت تخریب در دهه‌های اخیر به نحوی بوده که حتی چنین مناطقی نیز آسیب شدیدی را تحمل نموده‌اند و نمونه آن وقوع سیل‌گیری شدید در این دو استان در سال‌های اخیر است که پیش از آن کمتر سابقه داشته است. گفته می‌شود که در ۵۰ سال اخیر حدود نیمی‌از جنگلهای کشور نیز از بین رفته است و در بقیه سطح آنها نیز کیفیت نامناسبی وجود دارد.

ـ اکوسیستم‌های شکننده به سختی تعادل خود را حفظ کرده و به دلیل شرایط نامناسب اقلیمی سطح آنها نمی‌تواند تخریب‌های شدید را بازسازی نمایند و در این حالت به سوی اکوسیستم‌های ناپایدار پیش می‌روند. چنین اکوسیستمی، در کوهستان‌های زاگرس، دامنه‌های جنوبی البرز، شمال خراسان و نواحی نیمه خشک کشور وجود دارد. بی توجهی به شرایط اکولوژیکی باعث گشته تا پوشش گیاهی در مقیاس گسترده از بین رفته و یا شدیداً آسیب ببیند.

مشکل تبدیل اراضی مرتعی به کشاورزی و آنهم به صورت دیمزارهای با روش کشت غلط و عدم رعایت اصول حفاظت آب و خاک باعث شده تا سطوح وسیعی از دامنه‌ها با محل‌های تولید سیل تبدیل گردند بدون آنکه در اقتصاد کشاورزی نیز نقش فعالی داشته باشند. در حوزه کوچک دماوند که در نزدیکی تهران واقع شده طی مدت ۱۶ سال، سطح کشت دیم از ۶۱۹ هکتار به ۱۹۶۲ هکتار رسیده و بیش از سه برابر افزایش یافته است.

ـ اکوسیستم‌های ناپایدار با تخریب صورت گرفته در اکوسیستم‌های شکننده و حتی اکوسیستم‌های پایدار، بدون آنکه فرصت کافی برای ترمیم خرابی داده شود اکوسیستم ناپایدار بوجود می‌آید که به صورت مناطق بیابانی، ماسه زارها، مناطق فرسایشی شدید یا هزار دره‌ها و دامنه‌های لخت و عاری از خاک و پوشش نمایان می‌گردد. اصلاح چنین مناطقی سال‌ها زمان لازم داشته و هزینه هنگفتی را طلب می‌کند. متأسفانه باشد گفت که در کشور ما سطح اشغال شده با این نوع اکوسیستم، بسیار بیشتر از سایراکوسیستم‌هاست و سال به سال بر وسعت آن افزوده می‌گردد.

۱-۳-۲-رشد جمعیت:

افزایش بی رویه جمعیت بدون آنکه زمینه‌های اشتغال مناسب و تولید پایدار در کشور ایجاد گردد فشار بر بخش منابع طبیعی را افزایش می‌دهد. جمعیت کشور طی ۲۰ سال گذشته تقریباً دو برابر شده است. این افزایش، تخریب هر چه بیشتر پوشش را جهت تعلیف دام‌های بیشتر، تولید محصولات کشاورزی به ویژه غلات و ایجاد مالکیت‌های غیر مجاز از راه شخم اراضی به همراه داشته است. در این میان، به رغم آنکه بیش از ۶۰۰ طرح مهم آبخیزداری و منابع طبیعی به همراه صدها طرح کشاورزی و آمایش سرزمین تهیه

شده‌اند تخریب همچنان ادامه داشته و شرایط کشور و نبود یک عزم ملی و قاطع مانع جلوگیری از تخریب و احیاء حوزه‌ها گردیده است.

۱-۳-۳- عامل مدیریتی

عدم مدیریت صحیح بر منابع طبیعی کشور به دلیل وجود مشکلات اقتصادی و اجتماعی و فدا کردن منابع طبیعی در هنگام بروز مشکلات مختلف مانند کمبود سوخت کمبود راندمان تولید در بخش کشاورزی، کمبود زمینه‌های اشتغال در سایر بخش‌های تولیدی و کمبود منابع مالی دولت و یا ساکنین حوزه‌ها مهم ترین علت ایجاد زمینه‌های جریان سیل، فرسایش و خشکسالی می‌باشد.

مدیریت ناصحیح هنگامی‌خیلی بیشتر جلوه می‌کند که مشاهده می‌شود هیچ گونه کنترلی در استفاده از اراضی حاشیه رودخانه‌ها و دریاچه‌ها و دریا به عمل نیامده و در بسیاری موارد، مسیل‌ها به طور کلی محو و نابود گشته و یا بسیار محدود و تنگ شده و به زیر ساخت و سازهای شهری درمی‌آید.

طرح روان آب‌های شهری :

گسترش شهری که در کشورهای صنعتی و در حال توسعه در جریان است با تبعات فوق‌الذکر رو بروست، لذا شهرسازی و توسعه شهری و برنامه‌ریزی شهری باید با تبعات تغییر کاربری اراضی آشنا باشد و به کمک یک متخصص هیدروگراف واحد را برای مراحل گسترش شهر تهیه و مقایسه نمایند.

جلوگیری از تجاوز به حریم مسیل‌ها، جلوگیری از تخلیه مصالح و فضولات جامد و مایع به داخل آنها باید در طرح جامع آبهای سطحی شهر مد نظر باشد.

در بسیاری از شهرها، سیلاب‌های ۵۰ و ۱۰۰ ساله ملاک برنامه‌ریزی توسعه شهری از نظر هیدرولوژیکی قرار می‌گیرند، و از کانال‌های روباز و یا با پوشش و یا کانال‌ها و تونل‌های زیرزمینی بهره گیری می‌شود.

به هر حال با حفظ حریم مسیل‌ها و رودخانه‌ها می‌توان خسارت جانی و مالی ناشی از روان آب‌های شهری را کاهش داد. و برای این کاهش اقدامات اساسی زیر مطرح است:

- سد سازی
- اصلاح کانال‌ها
- تأسیسات انحراف سیل
- تدوین مقررات منطقه‌بندی
- مدیریت آبخیزداری
- طرح ابنیه ضد سیل و بیمه‌های مربوط به سیل
- برنامه‌ریزی تخلیه اضطراری

- تهیه نقشه‌های سیل‌گیری

اما بطور تخصصی‌تر ، طرح‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی مناطق شهری دارای اهداف زیر است :

- زهکشی منطقه شهری
- کنترل سیل و کاهش خسارت‌های جانی و مالی
- کنترل آلودگی محیط زیست
- جلوگیری از فرسایش و بهبود اراضی زمین
- جلوگیری از رسوب
- تغذیه مصنوعی

کاهش ناراحتی‌های اجتماعی و افزایش احساس اطمینان و امنیت

ـ جایگاه سیل در میان حوادث جهان:

بر اساس آمارهای منتشره از سوی سازمان ملل متحد، در مدت ۲۵ سال (۱۹۹۱- ۱۹۶۷) در سطح جهان ۱۳۵۸ سیل مهم اتفاق افتاد که ۱۳/۵ درصد تعداد حوادث کل دنیا را تشکیل می‌دهد. تعداد کشته شدگان در همین مدت حدود ۳۰۵ هزار نفر بوده و تعداد مجروحین، بیش از ۲۶۶ هزار نفر بوده است. آسیب دیدگان ناشی از سیل نیز بالغ بر ۱/۰۶ میلیارد نفر بوده‌اند و به عبارتی دیگر، تقریباً از هر ۵ نفر یک نفر آسیب دیده از سیل بوده است. ۴۱/۸ درصد از سوانح جهان در قاره آسیا اتفاق افتاده که ۴۲/۷ درصد تلفات و ۶۷/۸ درصد از مجروحین ۸۴/۷ درصد از آسیب دیدگان را تشکیل می‌دهد.

ـ طبقه بندی سیل‌های جاری شده:

سیل‌های یک منطقه می‌تواند دارای اهمیت کم تا خیلی زیاد باشد. با بررسی طبقه بندی‌های انجام شده در کشورهای مختلف جهان، طبقه بندی زیر به عنوان مبنای مطالعات انتخاب گردید که در آن دو عامل تلفات انسانی و خسارت‌های مالی مدنظر قرار گرفته‌اند.

- سیل‌های عادی، بدون تلفات انسانی، خسارت مالی تا ۵۰۰ میلیون ریال
- سیل‌های متوسط، بین یک تا چهار نفر تلفات انسانی، خسارت ۵۰۰ تا ۵۰۰۰ میلیون ریال و یا هر دو
- سیل‌های مهم، بیش از ۱۰ نفر تلفات انسانی، خسارت بیش از ۱۰ میلیارد ریال و یا هر دو
- سیل‌های خیلی مهم، بیش از ۱۰ نفر تلفات انسانی، خسارت بیش از ۱۰ میلیارد ریال و یا هر دو

با بررسی خسارت و تلفات سیل‌های جاری شده در مدت ۲۵ سال، هر یک از آنها با توجه به طبقه‌بندی فوق، درجه‌بندی شده و اهمیت آنها با میزان خسارات و تعداد تلفات در تاریخ‌های مختلف در جداول ۱ و ۲ منعکس می‌باشند.

جدول شماره ۱- سیل‌های ثبت شده طی مدت ۲۵ سال (۱۳۷۵ – ۱۳۵۱) در استان (تهران)

ردیف	تاریخ سیل ماه/سال	نام شهرستان	تلفات انسانی (نفر)	خسارت مالی بر مبنای ارزش پول سال ۱۳۷۵ (میلیارد ریال)	نوع سیل از نظر اهمیت			
					خیلی مهم	مهم	متوسط	عادی
۱	۷۵/۴	کرج	–	۰/۶۶۳				
۲	۷۵/۴	طالقان	–	۰/۳۲				
۳	۷۵/۱	ساوجبلاغ	–	۲/۰۵				*
۴	۷۴/۳	تهران	–	۸/۵				*
۵	۷۴/۳	دماوند	–	۰/۱۳۳				
۶	۷۳/۹	ساوجبلاغ	–	۰/۷				*
۷	۷۲/۵	طالقان	–	۰/۰۵				
۸	۷۱/۲	کرج	–	۰/۰۵			*	*
۹	۶۸/۵	طالقان	–	۳/۳				*
۱۰	۶۷/۶	دماوند	۳۲	۵۰/۳۲			*	
۱۱	۶۷/۴	طالقان	–	۰/۱۷				*
۱۲	۶۷/۴	دماوند	–	۰/۰۵	*		*	*
۱۳	۶۷/۴	کرج	–	۰/۲۹				*
۱۴	۶۷/۱	شمیرانات	–	۰/۰۵				*
۱۵	۶۶/۸	کرج	–	۰/۱				*
۱۶	۶۶/۵	دماوند	–	۰/۱		*		*
۱۷	۶۶/۵	شمیرانات	۳۰۰	۷۵۷	*			
۱۸	۶۶/۳	کرج	۳۵	۳/۵۹	*			
۱۹	۶۶/۱	تهران	–	۰/۱				*
۲۰	۶۵/۱۲	تهران	–	۰/۰۵				*
۲۱	۶۳/۱۱	تهران	–	۰/۲				*
۲۲	۶۱/۷	تهران	–	۰/۱				*
۲۳	۶۰/۲	تهران	–	۰/۱	*		*	*
۲۴	۵۳/۴	شمیرانات	–	۰/۵				
۲۵	۶۲/۲	کرج	۳۱	۰/۵				*
۲۶	۷۳/۲	کرج	–	۰/۰۵				*
۲۷	۷۳/۸	کرج	–	۰/۰۵				*
۲۸	۷۳/۲	ساوجبلاغ	–	۰/۰۵				

جدول شماره ۲- جمع خسارت‌های مالی، تلفات انسانی و تعداد سیل‌های اتفاق افتاده در مدت ۲۵ سال در استان (تهران)

ردیف	نام شهرستان	جمع تلفات جانی (نفر)	جمع خسارت‌های مالی (میلیارد ریال)	تعداد سیل‌های اتفاق افتاده			
				خیلی مهم	مهم	متوسط	عادی
۱	کرج	۶۶	۵/۲۶	۲	–	–	۵
۲	طالقان	–	۳/۸۴	–	–	۱	۳
۳	ساوجبلاغ	–	۶/۶۴	–	–	۲	۱
۴	تهران	–	۹/۰۵	–	۱	–	۵
۵	دماوند	۳۲	۵۰/۶۰۳	۱	–	–	۳
۶	شمیرانات	۳۰۰	۷۵۷/۷۵	۱	–	۱	۱

بررسی احتمال وقوع سیل‌ها در شهرستان‌های مختلاف کشور

احتمال وقوع سیل‌ها و یا دوره بازگشت آنها می‌تواند از راه‌های مختلف مورد بررسی قرار گیرد. در این میان، استفاده از آمار دبی سیل‌گیر و یا بارش‌های سیل‌زا و همچنین تعداد دفعات وقوع در یک دوره زمانی مشخص می‌تواند مدنظر قرار گیرد.

در این مطالعه از احتمال وقوع تجربی سیل‌های مشاهده شده استفاده گردیده و درصد احتمال وقوع سیل‌هایی با اهمیت خیلی مهم، مهم، متوسط و عادی محاسبه شده‌اند.

جدول شماره ۳- احتمال وقوع سیل‌های با اهمیت مختلف بر مبنای تعداد وقوع در هر ۱۰۰ سال در استان (تهران)

ردیف	نام شهرستان	تعداد سیل‌های اتفاق افتاده			
		خیلی مهم	مهم	متوسط	عادی
۱	کرج	۸	–	–	۲۰
۲	طالقان	–	–	۴	۱۲
۳	ساوجبلاغ	–	–	۸	۴
۴	تهران	–	۴	–	۲۰
۵	دماوند	۴	–	–	۱۲
۶	شمیرانات	۴	–	۴	۸

جدول شماره ۴ برآورد تعداد نفرات زخمی، تحت تأثیر و بی‌خانمان ناشی از سیل‌های ۲۵ ساله در استان‌های مختلف

ردیف	نام استان	تعداد تلفات (نفر)	تعداد زخمی (نفر)	تعداد نفرات تحت تأثیر (هزار نفر)	تعداد نفرات بی خانمان (هزار نفر)
۱	آذربایجان شرقی	۳۹	۳۵	۸۸۳	۶۰/۰
۲	آذربایجان غربی	۱۷	۱۵	۳۸۵	۲۶/۰
۳	اردبیل	۴	۳	۹۰	۶/۰
۴	اصفهان	۱۲	۱۱	۲۷۲	۱۸/۵
۵	ایلام	۱۴	۱۳	۳۱۷	۶/۲۱
۶	بوشهر	۲۳۹	۲۰۵	۵۱۸۶	۳۵۳/۰
۷	تهران	۳۹۸	۳۵۶	۹۰۱۴	۶۱۳/۶
۸	چهارمحال و بختیاری	۱۱	۱۰	۲۴۹	۱۷/۰
۹	خراسان	۲۶۸	۲۴۰	۶۰۷۰	۴۱۳/۲
۱۰	خوزستان	۱۱۹	۱۰۶	۲۶۹۵	۱۸۳/۵
۱۱	زنجان	۸	۷	۱۸۱	۱۲/۳
۱۲	سمنان	۳۳	۲۹	۷۴۷	۵۰/۹
۱۳	سیستان و بلوچستان	۳۷۲	۳۳۲	۸۴۲۵	۵۷۳/۵
۱۴	فارس	۱۷۲	۱۵۴	۳۸۹۵	۲۶۵/۲
۱۵	قزوین	–	–	۲۲	۱/۰
۱۶	قم	–	–	۱	۰/۱
۱۷	کردستان	۴	۳	۹۰	۶
۱۸	کرمان	۲۸	۲۵	۶۳۴	۴۳/۲
۱۹	کرمانشاه	–	–	۲۲	۱/۰
۲۰	کهگیلویه و بویر احمد	۶	۵	–	–
۲۱	گلستان	۴	۳	۹۰	۶/۰
۲۲	گیلان	۴	۳	۹۰	۶/۰
۲۳	لرستان	۵۷	۵۱	۱۲۹۱	۸۸/۰
۲۴	مازندران	۲۷	۲۴	۶۱۱	۴۱/۶
۲۵	مرکزی	۱۵	۱۳	۳۴۰	۲۳/۱
۲۶	هرمزگان	۱۶	۱۳	۳۶۲	۲۴/۶
۲۷	همدان	۲۰	۱۸	۴۵۳	۳۰/۸
۲۸	یزد	۵	۴	۱۱۳	۷/۷
جمع		۱۸۸۱	۱۶۷۸	۴۲۵۲۸	۲۸۹۲/۴

نتیجه گیری:

از دیدگاه منابع آب شهرهای ما در حال گسترش فیزیکی و جمعیتی است و در نتیجه نیاز آبی رو به افزایش دارند و به همین دلیل، شاهد طرح و اجرای خطوط طولانی انتقال آب هستیم. یعنی آب را از فاصله‌ای دور و حتی از حوزه‌های دیگر به شهرها می‌آوریم.

اما در شهرها مسئله نزولات را از دید منابع آب نمی‌نگریم. بلکه سعی داریم روان آب‌های حاصله را جمع‌آوری نماییم و در کوتاهترین زمان و مسیر از شهر خارج کنیم.

اما دو نکته اساسی در اینجا وجود دارد که باید به آن‌ها توجه خاص نمود.

اول- در صورتیکه بافت زمین و یا اراضی شهر اجازه میدهد لازم است هر چه بیشتر نزولات را به داخل لایه‌های زمینی هدایت کنیم تا ذخیره بشود و در عین حال میزان روان آب کاهش یابد و سرمایه‌گذاری لازم برای تأسیسات هیدرولیکی نیز کاهش می‌یابد.

دوم- سیلاب خروجی از شهر هم باید برای تغذیه مصنوعی برنامه‌ریزی دقیق بشود. تشکیل دریاچه ذخیره و یا pond نیز در همین روند فکری است.

هردو موضوع در سطح برنامه‌ریزی کلان هنوز مورد توجه قرار نگرفته است. در حقیقت رویکرد جدید مخالف سیاست گذاری گذشته است. در گذشته هدف جمع‌آوری آب‌های سطحی و هدایت هرچه سریع‌تر از محیط فیزیکی جامعه بوده است، که با مسئله حفاظت منابع و تغذیه مصنوعی تضادهایی دارد.

منابع و مأخذ:

۱- سیلاب و برنامه‌ریزی شهری – دکتر ناصر رازقی – مهندسین مشاور کوثر آب پارس

۲- بررسی سیل در ایران – دکتر مهدوی – دانشکده محیط زیست – دانشگاه تهران

۳ – چکیده سوابق سیل در ایران – معاونت آبخیزداری جهاد سازندگی

کارگاه فنی همزیستی با سیلاب
۲۵ مرداد ماه ۱۳۸۵

تأثیرات منفی کاربری اراضی بر سیل و فرسایش در استان خراسان

زهرا گوهری[۱]، مصطفی زارع‌بهاری[۲]

چکیده

همه ساله پهنه وسیعی از سواحل رودخانه‌ها و مسیل‌های ایران که معمولاً از اراضی مرغوب و حاصل‌خیز زراعی محسوب می‌شوند بر اثر عبور جریان‌های فصلی و سیلاب‌ها فرسایش یافته و از دسترس خارج می‌شوند. لذا بررسی وضعیت فرسایشی کناره‌ها و بستر رودخانه امری ضروری به نظر می‌رسد در این خصوص با استفاده از تکنیک‌های پردازش لایه‌های رقومی، واحدهای کاری در بازه حساسی از رودخانه تعیین و میزان فرسایش و رسوب محاسبه می‌گردد. از جمله عوامل مؤثر در میزان فرسایش سواحل رودخانه‌ها کاربری اراضی و نقش بسزای آن در تشدید سیل می‌باشد که می‌توان به عواملی از جمله: کوچک و پراکنده بودن قطعات، تراس‌بندی اراضی، شیوه‌های سنتی کشت و کار و ... بعنوان مشکل اساسی و مشترک رودخانه‌ها اشاره کرد.

مقدمه

حاشیه رودخانه‌ها عرصه‌های طبیعی هستند که همیشه مورد توجه بهره‌برداران آب بوده و بدون توجه به ظرفیت قابل تحمل این عرصه‌ها مورد استفاده می‌باشد. همچنین بستر رودخانه‌ها با توجه به نیاز بخش مسکن و شهرسازی و برداشت بی رویه شن و ماسه نیز از هجوم ساکنین مجاور در امان نبوده است.
بهره‌برداری غیرمعقول از مراتع بالادست در حریم رودخانه‌ها امکان تخلیه خاک را حادث می‌شود. مجموعه عوامل ذکر شده شرایطی را ایجاد می‌کند که با بروز سیل تخریب رودخانه‌ها نسبت به گذشته افزایش چشمگیری داشته باشد و رودخانه‌ها این شریان‌های حیاتی که عرصه‌های قابل بهره‌برداری و مفید

۱- کارشناس GIS و فرسایش، شرکت مشاور سازآب شرق، کارشناس منابع طبیعی ma_gohari@yahoo.com
۲- کارشناس هیدرولیک، شرکت مشاور سازآب شرق، کارشناس ارشد تاسیسات آبیاری mostafazarebaharei@yahoo.com

محسوب می‌شوند بعنوان مسیری زیان بار برای سلامت مجاورین که در واقع متجاوزین به این حریم طبیعی هستند عمل کند.

با توجه به اهمیت صحیح برداشت از رودخانه‌ها و تأثیر آن در فرسایش کناره و بستر آنها بعنوان مهمترین عامل تخریب رودخانه شناخته شده است که در این مقاله اقدام به بررسی آن گردیده است.

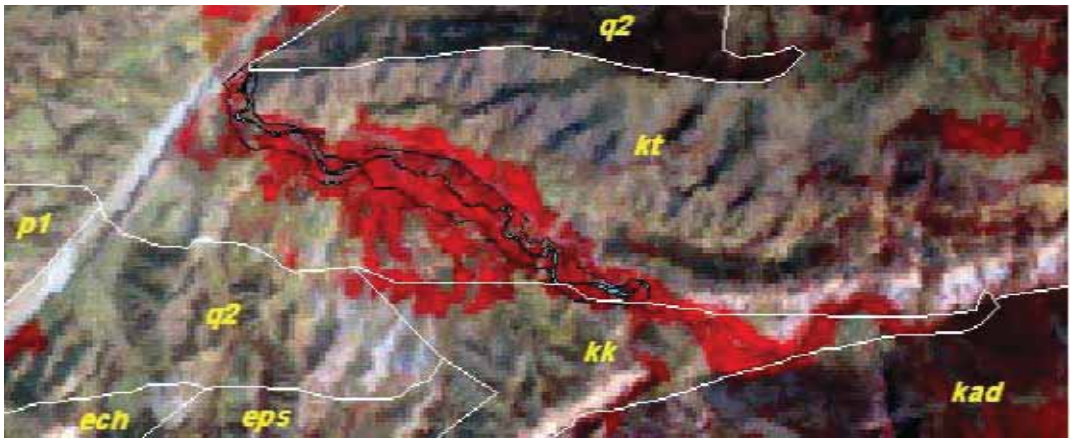
هدف طرح

استان خراسان دارای رودخانه‌هایی با استعداد بالقوه تولید سیل می‌باشد لذا شماری از سرشاخه‌های مهم استان از جمله اترک – درکش – کلات – ارتکند و ..... با توجه به اهمیت آنها و میزان خسارات در سال‌های قبل انتخاب وعوامل مؤثر در فرسایش رودخانه بررسی شده است.

روش انجام کار

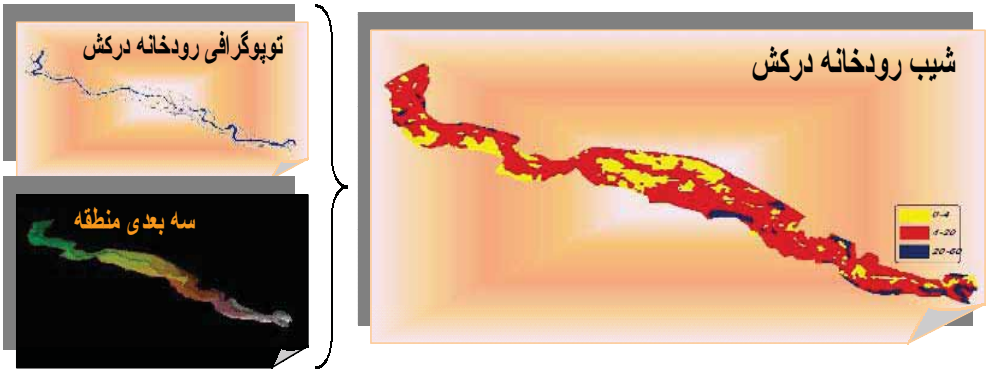
در این مطالعات از دو روش PSIAC و EPM در تعیین اثرات فرسایش و رسوب استفاده شده است. از آنجا که مطالعات در سطح حوزه آبخیز صورت نمی‌گیرد نیازی به بررسی کلیه فاکتورهای مورد نظر در روش‌های مذکور نمی‌باشد. لذا فاکتورهای اثرگذار در حفاظت از کناره‌های رودخانه‌ها بررسی می‌گردد. بنابراین با ترکیب نقشه‌های زمین –شیب و کاربری اراضی مبادرت به تعیین واحدهای کاری طی مراحل ذیل گردید.

۱- تهیه نقشه زمین شناسی مسیر رودخانه و تفکیک واحدهای سنگی از نظر تکتونیک و حساسیت به فرسایش و درجه بندی هر یک از واحدها به روش PSIAC

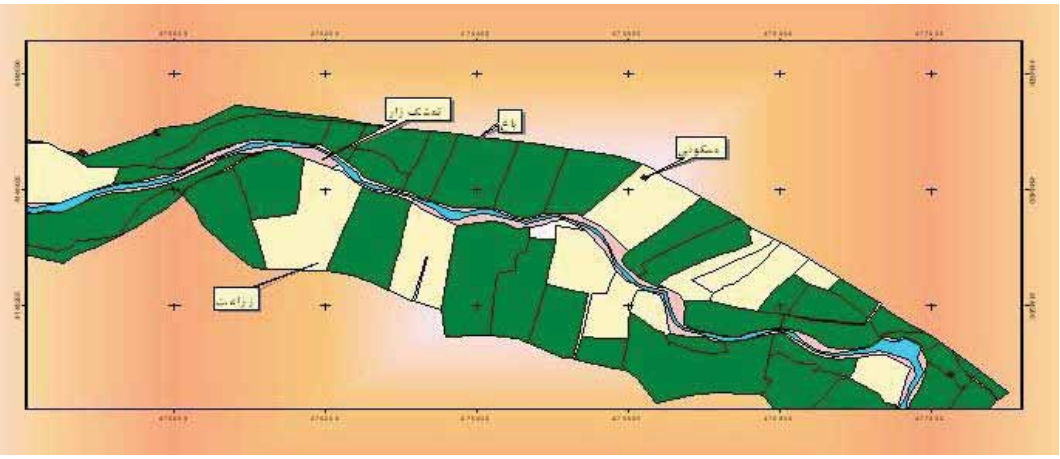


تصویر ماهواره و نقشه زمین شناسی رودخانه درکش

۲- تهیه نقشه شیب و بررسی درجه شیب و طول آن در ایجاد فرسایش کناری و نقش مهم آن در هدرفت خاک

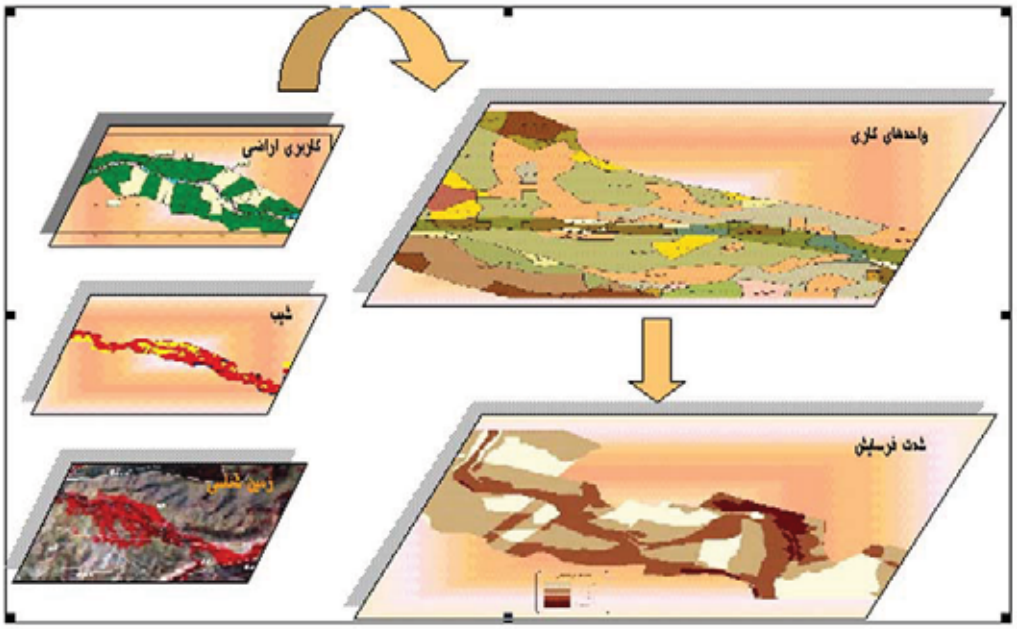


۳- برای تعیین امتیاز عامل نحوه استفاده از زمین دو معیار، یکی عملیات کشاورزی در سطح حوزه و دیگری وضعیت چرای دام مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. نقش پوشش گیاهی در حفاظت از کناره‌های رودخانه امری بدیهی و غیرقابل انکار است اما کشت و کار غیر اصولی در حواشی رودخانه‌ها، بهره‌برداری‌های بیش از اندازه از اراضی اطراف و بستر رودخانه، فعالیت‌های دامداری و چرای بیش از حد در عرصه‌های مرتعی بالادست رودخانه سبب افزایش فرسایش و تولید رسوب می‌گردد.



نقشه کاربری اراضی قسمتی از رودخانه درکش

۴- تهیه نقشه واحدهای کاری حاصل از تلفیق لایه‌های زمین‌شناسی- شیب- کاربری اراضی و ارزش‌گذاری هریک از فاکتورها و تعیین کلاس شدت فرسایش و تولید رسوب شامل فرسایش و تولید رسوب خیلی زیاد – زیاد – متوسط – کم – ناچیز



۵- تعیین خصوصیات – بافت و ساختمان خاک اراضی کناره رودخانه به منظور بررسی فرسایش پذیری بستر، محاسبه عمق فرسایش

بحث و نتیجه گیری

بهره‌برداری‌های بیش از ظرفیت قابل تحمل محیط‌های طبیعی که هم اکنون با افزایش جمعیت در حوزه‌های جغرافیایی بویژه در حاشیه رودخانه‌ها حادث گردیده میزان تخریب این عرصه‌های طبیعی را دو چندان کرده است، با مطالعه‌ای که برروی برخی رودخانه‌های استان انجام پذیرفت عوامل تأثیرگذار در روند تشدید سیل مورد بررسی قرار گرفت از جمله عوامل موثر نقش انکارناپذیر کشت و کار غیراصولی کاربرین حواشی رودخانه‌هاست. در ذیل به مواردی اشاره می‌گردد که بعنوان مشکل اساسی و مشترک در همه رودخانه‌ها مشهود بوده است.

- کوچک و پراکنده بودن قطعات اراضی سبب شده که زارعین بدون در نظر گرفتن حفظ منابع آب و خاک اقدام به کشت محصولاتی کنند که بیشتر نیاز دارند و آنچه برای روستائیان حائز اهمیت است محصول بیشتر و صرفه اقتصادی فعلی آنهاست از این رو منابع و استعدادهای بالقوه حوزه در معرض نابودی و نقصان شدید است.
- تراس‌بندی با فاصله نزدیک گاهی باعث می‌شود که در اثر بارندگی‌های بهاره با تخریب این تراس‌ها روند فرسایش اراضی با سرعت بیشتری صورت گیرد.
- شیوه‌های سنتی آبیاری و شستشوی بی رویه خاک سبب اتلاف منابع آب و خاک شده است.

شستشوی خاک در اثر شیوه‌های سنتی آبیاری در رودخانه روس

- پذیرش نوآوری و روش‌های جدید در بافت روستایی و کشاورزی بسیار کند و بطئی صورت می‌گیرد. کهولت سن، قلت سواد، کمی‌درآمد و عدم ارتباط با افراد فرهیخته و با سواد از جمله عواملی هستند که پذیرش نوآوری‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد.
- مسئله فرسایش خاک بعنوان معضل اصلی تشدید سیل است و لازمه مقابله با آن اصلاح نظام بهره‌برداری فعلی در یک اقدام مدیریتی است مشکل خرده مالکی در روستاها بزرگترین مانع رسیدن به این هدف محسوب می‌شود.
- تجاوزات انسان به حریم رودخانه و سیل از جمله احداث جاده و راههای ارتباطی، مناطق مسکونی سبب تخریب خاک، حذف پوشش گیاهی و توسعه فرسایش رودخانه‌ای به اشکال کناری و بستر و یا توام شده است.

احداث جاده و باغات در اطراف رودخانه ارتکند

- برداشت بی رویه شن و ماسه به منظور تامین نیازمندی‌های بخش مسکن از بستر رودخانه

برداشت بی رویه شن و ماسه از بستر رودخانه روس

- تغییر کاربری و تبدیل اراضی مرتعی به دیمزارهای کم بازده در بالادست بازه مطالعاتی سبب جریان یافتن سیلاب‌های مخرب و گل آلودگی و همچنین از بین رفتن اراضی تحت مالکیت ساکنین در بازه مطالعاتی شده است.

تقدیر و تشکر

انجام بهینه پروژه‌های مطالعاتی مستلزم استفاده از نیروهای کارآمد و تجارب ارزشمند آنها در زمینه‌های علمی و عملی می‌باشد این پروژه نیز از این امر مستثنی نبوده و عزیزانی چون آقایان دکتر عباسی، مهندس احمدیان یزدی و مهندس مصطفوی مکمل تیم مطالعاتی بودند که بدون حضور مؤثرشان این مهم تحقق نمی‌یافت.

منابع مورد استفاده

رفاهی، حسینقلی، ۱۳۷۵، فرسایش آبی، انتشارات دانشگاه تهران

تلوری، عبدالرسول، ۱۳۸۳، اصول مقدماتی مهندسی و ساماندهی رودخانه، انتشارات پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

مهندسین مشاور سازآب شرق، گزارش فرسایش و رسوب رودخانه‌های ارتکند – روس – درکش

مهندسین مشاور سازآب شرق، گزارش کاربری اراضی رودخانه‌های ارتکند – روس – درکش

کارگاه فنی همزیستی با سیلاب
۲۵ مرداد ماه ۱۳۸۵

بررسی تأثیر پخش سیلاب در اراضی تخریب شده آبخوان تسوج

محمد خانی چایکندی[۱]

چکیده

با توجه به اینکه ۸۵ درصد مساحت ایران را مناطق نیمه خشک، خشک و فراخشک تشکیل می‌دهد لذا استفاده از سیلاب‌ها در جهت تغذیه سفره‌های زیرزمینی و اصلاح اراضی تخریب شده و بهبود بافت خاک که اکثراً دارای بافت سبک Sandy loum بوده بسیار سودمند خواهد بود بدین منظور پژوهشی در اراضی به مساحت ۷۶۰ هکتار در شمال دریاچه ارومیه انجام گرفت که هدف ازآن تأثیر پخش سیلاب برخصوصیات فیزیک و شیمیائی خاک اراضی تخریب شده است نحوه پخش سیلاب در آبخوان تسوج بدین ترتیب است که سه کانال ذخیره آب به نام‌های کانال انگشتجان، امتسجان و احمدی جهت پخش سیلاب در اراضی تخریب شده که دارای شیب در حدود ۸-۵٪ می‌باشد احداث گردیده است و سیستم پخش سیلاب بصورت غلام گردشی بوده است این پژوهش در قالب بلوک کامل تصادفی با چهار تیمار و سه تکرار که تیمارها ابتدا، وسط و انتهائی غلام گردشی‌ها و پشته غلام گردشی‌ها بعنوان شاهد می‌باشد و تکرارها کانال‌ها ذخیره آب می‌باشد. نمونه‌برداری خاک از عمق‌های ۳۰-۰، ۶۰-۳۰ و ۹۰-۶۰ سانتیمتری در سال اول و سال پنجم می‌باشد و در طی اجرای پژوهش از عمق‌های رسوب‌گذاری انجام شده است و نفوذپذیری در وسط غلام گردشی‌ها در تیمارهای مورد نظر انجام شده است و نمونه‌های خاک جهت انجام آزمایشات فیزیک و شیمیائی به آزمایشگاه خاک‌شناسی ارسال شده است. آنالیز آماری نشان می‌دهد که مقدار نفوذپذیری خاک‌های اراضی تخریب شده پس از پخش سیلاب بطور فزاینده‌ای کاهش یافته است.

۱- عضو هیئت علمی‌مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی ـ نشانی پستی: تبریز، ۲ کیلومتر بعد از پلیس راه، مرکز تحقیقات کشاورزی ، منابع طبیعی و امور دام استان آ – شرقی، تلفن: ۰۴۱۲-۲۶۶۲۴۰۱ و فاکس: ۰۴۱۲-۲۶۶۲۸۶۶ Email: chaikandi@yahoo.com

مقدمه:

پخش سیلاب در اراضی آبخوان و رسوب‌گذاری موجبات تغییرات فیزیکی، شیمیائی و حاصلخیزی می‌گردد. مسئله اساسی بررسی این تغییرات در آبخوان تسوج می‌باشد. هدف اصلی ثبت و اندازه‌گیری تغییرات خصوصیات خاک در اثر پخش سیلاب می‌باشد و در اکثر پروژه‌ها انجام عملیات پایش به منظور داشتن اطلاعات پیوسته جهت مقایسه نتایج با شاخص‌های مورد نظر بعنوان یک نیاز اساسی مطرح می‌باشد و لذا در طرح پخش سیلاب نیز وجود یک شبکه جامع پایش جهت مقایسه، اندازه‌گیری، جمع‌آوری، پردازش اطلاعات از نتایج عملکرد سیستم ضروری به نظر می‌رسد. ورود حجم زیادی از سیلاب محتوی املاح و بار معلق که از مناطق مختلف حمل شده‌اند سبب تغییرات در خواص خاک می‌شود. بررسی روند تغییرات با اندازه‌گیری متغییرهای مختلف مشخص خواهد شد. در مورد اثرات کمی و کیفی پخش سیلاب بر منابع آب و خاک در ایران و سایر کشورها تحقیقات زیادی انجام گرفته است. اکثر محققین که اثرات پخش سیلاب را بر روی خصوصیات فیزیک و شیمیایی خاک بررسی کرده‌اند به این نتیجه رسیده‌اند که کاهش نفوذپذیری خاک در اثر مسدود شدن منافذ خاک بوسیله مواد معلق موجود در سیلاب می‌باشد. کاهش نفوذپذیری عرصه‌های پخش سیلاب در اثر پخش سیلاب مربوط به افزایش نسبی درصد سیلت و رس خاک می‌باشد. رسوب‌گذاری لای، رس و مواد آلی بر روی اراضی سبک و شنی، تعدیل بافت خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب قابل استفاده را بدنبال دارد.

Unger& stewart (۱۹۸۳) بیان کردند که در برابر یک درصد وزنی افزایش رس به خاک شنی، آب قابل استفاده حدود ۲۸/. درصد وزنی ودر صورت افزودن یک واحد مواد آلی ۱/۸ درصد وزنی افزایش می‌یابد. کوثر (۱۳۷۴) چنین اظهار می کند که پخش سیلاب بر روی خاک‌های جوان و زمین‌های فرسوده باعث بارور نمودن خاک آن مناطق می شود (۳). کشاورزان خراسانی به تجربه دریافته‌اند که سیلاب‌های قرمز رنگ ناشی از بارش بر روی سازندهای مارنی و خاک‌های ناپایدار برای آبگیری بندسارها مناسب نبوده ولی سیلاب‌های مربوط به بارش بر روی ارتفاعات بالادست که به رنگ زرد تیره می‌باشند جهت سیل‌گیری مناسب هستند (۱). رییسی و کوهیان افضل در مطالعاتشان که در استهبان استان فارس انجام داده‌اند مشاهده کردند که نفوذپذیری خاک در اثر پخش سیلاب در طول یک فصل چهار برابر کاهش یافته است (۵).

Zhu erming وقوع خشکسالی و سیلاب را در کشور چین بررسی نمود و به این نتیجه دست یافت که ۳۰ میلیون هکتار از اراضی این کشور تحت تأثیر وقوع خشکسالی و سیلاب می‌باشد که از این مقدار بیش از ۲۰ میلیون هکتار در معرض خشکسالی و ۹/۳ میلیون هکتار از این اراضی در معرض وقوع سیلاب هستند ایشان بر این باورند که با مهار سیلاب‌ها می‌توا ن در جهت احیا اراضی تخریب شده اقدام نمود (۷).

مواد و روش‌ها:

موقعیت جغرافیائی منطقه اجرای طرح: اراضی سیلاب تسوج که در شمال دریاچه ارومیه واقع شده است در استان آذربایجان شرقی قرار دارد. این منطقه از نظر جغرافیائی در ″۲۹، ′۱۸، °۴۵ تا ″۳۹، ′۲۳، °۴۵ شرقی و در ″۲۱، ′۲۱، °۳۸ تا ″۲۸، ′۲۴، °۳۸ شمالی واقع شده است. این حوزه از شمال به ارتفاعات میشوداغ و از جنوب به اراضی کشاورزی و باغات شهر تسوج و در انتها به دریاچه ارومیه ختم می‌شود واز شرق به مراتع روستای انگشتجان و از غرب به مراتع روستای امستجان ختم می‌شود.

روش بررسی:

نحوه پخش سیلاب در آبخوان تسوج بصورت غلام گردشی بوده و دارای سه کانال ذخیره آب به نام‌های کانال انگشتجان، امستجان و احمدی است. بنابراین با توجه به شرایط ونحوه اجرای طرح آبخوانداری در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار و در سه تکرار اجرا می‌شود. تیمارها شامل قسمت ابتدائی، وسطی و انتهای غلام گردشی‌ها و نیز پشته غلام گردشی‌ها بعنوان تیمار شاهد می‌باشد و تکرارها کانال‌های ذخیره آب می‌باشد. که در هر تکرار سه دریچه فعال انتخاب می‌شود. غلام گردشی‌ها به سه ناحیه ابتدائی، وسط و انتهائی تقسیم می‌شود. در سال اول، سوم و آخر اجرای طرح یک پروفیل خاک در ابتدا، وسط و انتهای هر یک از غلام گردشی‌های مربوط به هر خروجی حفر می‌شود و نمونه‌برداری از عمق‌های ۳۰-۰، ۶۰-۳۰ و ۹۰-۶۰ سانتیمتری انجام می‌شود. نمونه‌های خاک اعماق مشابه مربوط به هر تیمار در هر بلوک مخلوط گردیده و نمونه مرکب تهیه می‌شود بنابراین ۱۰۸ نمونه خاک تهیه می‌شود و در سال‌های اجرای طرح نمونه‌برداری از رسوبات تهشته در غلام گردشی‌ها در هر نوبت به تعداد ۲۷ نمونه تهیه می‌شود.

نتایج و تجزیه و تحلیل داده‌ها:

نمونه‌برداری خاک از سه تکرار (کانال امستجان، انگشتجان و احمدی) و جهار تیمار (ابتدای غلام گردشی‌ها، وسط غلام گردشی‌ها، انتهای غلام گردشی‌ها و شاهد) در سه عمق ۳۰-۰،۶۰ – ۳۰ و۹۰ -۶۰ سانتیمتری انجام شد و جمعاً به تعداد ۱۰۸ نمونه خاک جهت انجام آزمایشات خصوصیات فیزیک و شیمیایی به آزمایشگاه خاک‌شناسی ارسال شد و نیز آزمایشات نفوذپذیری در تیمارهای مورد نیاز انجام شد که در جداول جداگانه ارایه شده است.

جدول ۱– مقدار میانگین نفوذ در نوار اول انگشتجان

استوانه ۱			استوانه ۲			استوانه ۳			میانگین نفوذ تجمعی رینگ‌های ۱،۲،۳ به سانتیمتر
نفوذ تجمعی سانتیمتر	زمان تجمعی دقیقه	نفوذ سانتیمتر	زمان دقیقه	نفوذ تجمعی سانتیمتر	زمان تجمعی دقیقه	نفوذ سانتیمتر	زمان دقیقه	نفوذ تجمعی سانتیمتر	زمان تجمعی دقیقه	نفوذ سانتیمتر	زمان دقیقه	
۰/۶	۵	۰/۶	۵	۰/۴	۵	۰/۴	۵	۰/۸	۵	۰/۸	۵	۰/۶
۰/۹	۱۰	۰/۳	۵	۰/۶	۱۰	۰/۲	۵	۱/۳	۱۰	۰/۵	۵	۰/۹۳
۱/۱	۱۵	۰/۲	۵	۰/۷	۱۵	۰/۱	۵	۱/۵	۱۵	۰/۲	۵	۱/۱
۱/۵	۳۰	۰/۴	۱۵	۰/۹	۳۰	۰/۲	۱۵	۲/۱	۳۰	۰/۶	۱۵	۱/۵
۱/۸	۴۵	۰/۳	۱۵	۱/۱	۴۵	۰/۲	۱۵	۲//۵	۴۵	۰/۴	۱۵	۱/۸
۲/۱	۶۰	۰/۳	۱۵	۱/۲	۶۰	۰/۱	۱۵	۲/۸	۶۰	۰/۳	۱۵	۲/۰۳
۲/۵	۹۰	۰/۴	۳۰	۱/۳	۹۰	۰/۲	۳۰	۳/۲	۹۰	۰/۴	۳۰	۲/۳۳
۲/۸	۱۲۰	۰/۳	۳۰	۱/۵	۱۲۰	۰/۲	۳۰	۳/۵	۱۲۰	۰/۳	۳۰	۲/۶
۳/۳	۱۸۰	۰/۵	۶۰	۱/۸	۱۸۰	۰/۳	۶۰	۴/۲	۱۸۰	۰/۷	۶۰	۳/۱
۳/۷	۲۴۰	۰/۴	۶۰	۲/۱	۲۴۰	۰/۳	۶۰	۴/۷	۲۴۰	۰/۵	۶۰	۳/۵

مقدار میانگین نفوذ ۸/۷۵ میلیمتر در ساعت می‌باشد.

جدول ۲– مقدار میانگین نفوذ در نوار دوم انگشتجان

استوانه ۱			استوانه ۲			استوانه ۳			میانگین نفوذ تجمعی رینگ‌های ۱،۲،۳ به سانتیمتر
نفوذ تجمعی سانتیمتر	زمان تجمعی دقیقه	نفوذ سانتیمتر	زمان دقیقه	نفوذ تجمعی سانتیمتر	زمان تجمعی دقیقه	نفوذ سانتیمتر	زمان دقیقه	نفوذ تجمعی سانتیمتر	زمان تجمعی دقیقه	نفوذ سانتیمتر	زمان دقیقه	
۰/۷	۵	/۷۰	۵	۰/۵	۵	۰/۵	۵	۰/۹	۵	۰/۹	۵	۰/۷
۱/۳	۱۰	۰/۶	۵	۰/۹	۱۰	۰/۴	۵	۱/۵	۱۰	۰/۶	۵	۱/۲
۱/۹	۱۵	۰/۶	۵	۱/۳	۱۵	۰/۴	۵	۱/۹	۱۵	۰/۴	۵	۱/۷
۲/۸	۳۰	۰/۹	۱۵	۲/۰	۳۰	۰/۷	۱۵	۲/۸	۳۰	۰/۹	۱۵	۲/۵
۳/۶	۴۵	۰/۸	۱۵	۲/۷	۴۵	۰/۷	۱۵	۳/۵	۴۵	۰/۷	۱۵	۳/۳
¾	۶۰	۰/۷	۱۵	۳/۳	۶۰	۰/۶	۱۵	۴/۱	۶۰	۰/۶	۱۵	۳/۹
۵/۴	۹۰	۱/۱	۳۰	۴/۴	۹۰	۱/۱	۳۰	۵/۴	۹۰	۱/۳	۳۰	۵/۱
۶/۴	۱۲۰	۱/۰	۳۰	۵/۴	۱۲۰	۱/۰	۳۰	۶/۵	۱۲۰	۱/۱	۳۰	۶/۱
۸/۳	۱۸۰	۱/۹	۶۰	۶/۸	۱۸۰	۱/۴	۶۰	۸/۵	۱۸۰	۲/۰	۶۰	۷/۹
۱۰/۱	۲۴۰	۱/۸	۶۰	۸/۱	۲۴۰	۱/۳	۶۰	۱۰/۴	۲۴۰	۱/۹	۶۰	۹/۵

مقدار میانگین نفوذ ۲۳/۷۵ mm/h می‌باشد.

جدول ۳- مقدار میانگین نفوذ در نوار سوم انگشتجان

استوانه ۱				استوانه ۲				استوانه ۳				میانگین نفوذ تجمعی رینگ‌های ۱،۲،۳ به سانتیمتر
نفوذ تجمعی سانتیمتر	زمان تجمعی دقیقه	نفوذ سانتیمتر	زمان دقیقه	نفوذ تجمعی سانتیمتر	زمان تجمعی دقیقه	نفوذ سانتیمتر	زمان دقیقه	نفوذ تجمعی سانتیمتر	زمان تجمعی دقیقه	نفوذ سانتیمتر	زمان دقیقه	
۱،۵	۵	۱،۵	۵	۰/۹	۵	.۹	۵	۱/۴	۵	۱،۴	۵	۱،۲
۲،۲	۱۰	.۷	۵	۱،۳	۱۰	.۴	۵	۱/۷	۱۰	.۳	۵	۱،۷
۲،۵	۱۵	.۳	۵	۱،۶	۱۵	.۳	۵	۱/۹	۱۵	.۲	۵	۲
۳،۴	۳۰	.۹	۱۵	۲،۴	۳۰	.۸	۱۵	۲/۶	۳۰	.۷	۱۵	۲،۸
۴،۱	۴۵	.۷	۱۵	۳،۱	۴۵	.۷	۱۵	۳/۲	۴۵	.۶	۱۵	۳،۵
۵	۶۰	.۹	۱۵	۳،۸	۶۰	.۷	۱۵	۳/۹	۶۰	.۷	۱۵	۴،۲
۶،۳	۹۰	۱،۳	۳۰	۵	۹۰	۱،۲	۳۰	۵	۹۰	۱،۱	۳۰	۵،۴
۷،۷	۱۲۰	۱،۴	۳۰	۶،۱	۱۲۰	۱،۱	۳۰	۶/۲	۱۲۰	۱،۲	۳۰	۶،۶
۱۰،۲	۱۸۰	۲،۵	۶۰	۸،۴	۱۸۰	۲،۳	۶۰	۸/۳	۱۸۰	۲،۲	۶۰	۹
۱۲،۵	۲۴۰	۲،۳	۶۰	۱۰،۲	۲۴۰	۱،۸	۶۰	۱۰/۲	۲۴۰	۱،۹	۶۰	۱۱

مقدار نفوذ میانگین۳۳ میلیمتر می‌باشد.

جدول ۴- مقدار میانگین نفوذ در پشته غلام گردشی‌ها (شاهد)

استوانه ۱				استوانه ۲				استوانه ۳				میانگین نفوذ تجمعی رینگ‌های ۱،۲،۳ به سانتیمتر
نفوذ تجمعی سانتیمتر	زمان تجمعی دقیقه	نفوذ سانتیمتر	زمان دقیقه	نفوذ تجمعی سانتیمتر	زمان تجمعی دقیقه	نفوذ سانتیمتر	زمان دقیقه	نفوذ تجمعی سانتیمتر	زمان تجمعی دقیقه	نفوذ سانتیمتر	زمان دقیقه	
۱۴	۵	۱۴	۵	۱۶	۵	۱۶	۵	۹	۵	۹	۵	۱۳
۲۶	۱۰	۱۲	۵	۳۰	۱۰	۱۴	۵	۱۷	۱۰	۸	۵	۲۴/۳
۳۹	۱۵	۱۳	۵	۴۲	۱۵	۱۲	۵	۲۵	۱۵	۸	۵	۳۵/۳
۶۹	۳۰	۳۰	۱۵	۷۷	۳۰	۳۵	۱۵	۴۸	۳۰	۲۳	۱۵	۶۴/۷
۹۸	۴۵	۲۹	۱۵	۱۱۰	۴۵	۳۳	۱۵	۶۷	۴۵	۱۹	۱۵	۹۱/۷
۱۲۵	۶۰	۲۷	۱۵	۱۴۲	۶۰	۳۲	۱۵	۸۷	۶۰	۲۰	۱۵	۱۱۸
۱۵۸	۹۰	۳۳	۳۰	۱۸۰	۹۰	۳۸	۳۰	۱۲۴	۹۰	۳۷	۳۰	۱۵۴
۱۸۸	۱۲۰	۳۰	۳۰	۲۱۶	۱۲۰	۳۶	۳۰	۱۵۴	۱۲۰	۳۰	۳۰	۱۸۶
۲۳۵	۱۸۰	۴۷	۶۰	۲۷۰	۱۸۰	۵۴	۶۰	۲۰۲	۱۸۰	۴۸	۶۰	۲۳۵/۷
۲۷۹	۲۴۰	۴۴	۶۰	۳۲۳	۲۴۰	۵۳	۶۰	۲۴۹	۲۴۰	۴۷	۶۰	۲۸۳/۷

مقدار نفوذ میانگین ^{cm}۷۰/۹ در ساعت می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری:

آنالیز نمونه‌های خاک نشان می‌دهد که درصد رس و سیلت در اثر پخش سیلاب دو الی سه برابر شده است و درصد شن بطور شمگیری کاهش یافته است. افزایش درصد رس و سیلت در غلام گردشی‌ها سبب گردیده که مقدار میانگین نفوذپذیری در ردیف اول برابر با ۸/۷۵ میلیمتر در ساعت و در ردیف دوم برابر با ۲۳/۷۵ میلیمتر در ساعت و در ردیف سوم برابر با ۳۳ میلیمتر در ساعت ودر شاهد که پخش سیلاب انجام نشده است برابر با۷۰/۹ میلیمتر در ساعت برآورد شده است. مقایسه شاهد با ردیف اول غلام گردشی‌ها نشان می‌دهد که به میزان ۸ برابراز میزان نفوذپذیری کاسته شده است.

منابع:

۱- عرب خدری، محمود، ۱. پرتوی، ک. کمالی، ع. غفاری، ۱. سررشته‌داری، ۱۳۷۶ پژوهشی پیرامون تأثیری رسوب‌گذاری بر بازده نفوذپذیری شبکه‌های پخش سیلاب منتهی (بندسار)، گزارش نهائی طرح تحقیقاتی، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری

۲- کوثر، سید آهنگ، ۱۳۷۲، بیابان‌زدائی با گسترش سیلاب، انتشارات مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان فارس

۳- کوثر، سید آهنگ، ۱۳۷۴، مقدمه‌ای بر مهار سیلاب و بهره‌وری بهینه از آنها انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل و مرتع

۴- نادری، علی اصغر، ۱۳۷۶، اثر پخش سیلاب بر روی پاره‌ای از خواص فیزیکی و شیمیائی خاک شنی گربایگان فسا، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد رشته خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

۵- کوهیان افضل، ف. ۱۳۷۵، ارزیابی طرح شبکه تغذیه مصنوعی نوداب استهبان، دانشگاه شیراز، دانشکده علوم، گروه زمین‌شناسی.

6- Zhu Erming, 2002, The prevention & mitigation of flood & drought disasters in china

7- Hudson, N, 1987, Soil and water conservation in semi-Arid area, FAO Soilds bulletion, No. 57, 172p

کارگاه فنی همزیستی با سیلاب
۲۵ مرداد ماه ۱۳۸۵

مطالعه سیلاب و کنترل آن در دو زیر حوزه منتهی به دریاچه ارومیه

داود نیک نژاد[۱]، عزت ا... علیزاده[۲]

چکیده

در این بررسی که در زیر حوزه‌های رودخانه‌های امستجان و انگشتجان و چند آبراهه فرعی دیگر واقع در ایستگاه تحقیقاتی آبخوان تسوج صورت می‌گیرد به کنترل و مهار سیلاب و استفاده بهینه از رواناب‌های ناشی از بارندگی پرداخته می‌شود. با توجه به ساختار زمین‌شناسی و شیب خیلی زیاد سطوح آبگیر بلافاصله بعد از بارندگی، جریان آب همراه با غلظت بالای رسوب بصورت فوق بحرانی در رودخانه‌های مذکور برقرارمی‌گردد. برای حل این مشکل تعداد ۶۰ موانع و سازه فیزیکی در ایستگاه احداث گردید و قسمتی از رودخانه‌ها تعریض و ساماندهی شد و سه کانال ذخیره آب همراه با حوضچه رسوب‌گیر و سیستم پخش در مسیر دو رودخانه ایجاد شد تا در موقع وقوع سیل، آب از طریق سازه آبگیر وارد حوضچه رسوب‌گیر شده و پس از بر جای گذاشتن رسوب، وارد کانال ذخیره شود. قسمتی از آب ذخیره شده در کانال نفوذ و باعث تغذیه آب زیرزمینی و قسمتی دیگر از طریق سازه‌های پخش که در طول کانال‌ها به تعداد کافی احداث شده وارد غلام گردشی‌ها در عرصه می‌شود. علت ایجاد غلام گردشی‌ها بالا بودن شیب عرصه و جلوگیری از فرسایش و افزایش فرصت نفوذ آب به خاک است. در طول غلام گردشی‌ها درختانی از قبیل بادام، گردو، پسته، سرو، سنجد و انگور کاشته شده است که قسمتی از نیاز آبی آنها بطور نسبی از آب موجود در داخل غلام گردشی‌ها تأمین می‌گردد. اقدامات انجام شده باعث افزایش پوشش گیاهی طبیعی و در نتیجه باعث افزایش ماده آلی خاک و کاهش فرسایش پذیری، تثبیت خاک، تغذیه سفره آب زیرزمینی و کاهش خطرات ناشی از سیل در منطقه شده است. با توجه به جنس بستر رودخانه، شیب زیاد و قدرت تخریبی بالای سیل، خندق‌هایی با عمق بیش از ۳ متر ایجاد گردیده و در

۱- عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی،کارشناس ارشد آبیاری زهکشی، تلفن ۲۶۶۲۹۹۳ کد ۰۴۱۲
پست الکترونیک : niknezhad2005@yahoo.com

۲ - کارشناس عمران مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، تلفن ۲۶۶۲۹۹۳ کد ۰۴۱۲

حال پیشروی به سمت بالا دست است و سازه‌های بالا دست رودخانه را تهدید می‌کند که بایستی با ایجاد سازه‌های مقاوم دیگر مانع از گسترش آن شد.

واژه‌های کلیدی : بارندگی، کنترل سیل، پخش سیلاب، رسوب

مقدمه

سیلاب پدیده‌ای است که دلیل اصلی آن عوامل طبیعی بوده و دخالت بشر باعث برهم خوردن تعادل طبیعی حوضه‌های آبخیز و وقوع این پدیده و خسارات و زیان‌های ناشی از آن را تشدید می‌کند.

مهمترین عوامل در افزایش سیلاب تبدیل اراضی، تخریب پوشش گیاهی و خاک، تجاوز بشر به حریم رودخانه‌ها و شدت بارندگی می‌باشد که بایستی چاره‌ای اندیشیده شود. روش‌های مختلفی برای کنترل و مهار سیلاب وجود دارد. این روش‌ها عبارتند از روش‌های آبخیزداری وآبخوانداری، انحراف سیلاب، محدودسازی سیلاب با استفاده از گوره‌های اطراف رودخانه، اصلاح مسیر و بهسازی مسیر و بهسازی مقاطع رودخانه، محصور نمودن نقاط سیل‌گیر با دیواره‌های سیل برگردان، مخازن ذخیره تأخیری و تجهیز حوزه با امکانات پیش‌بینی و هشدار دهنده سیل قبل از وقوع سیلاب.

پیش بینی سیل بعنوان یک ابزار مدیریتی بیش از ۴۰ سال است که در کشورهای در حال توسعه مورد توجه قرار گرفته است. تنها در کشور آمریکا بیش از ۴۰۰ سیستم پیش بینی سیل راه‌اندازی شده است. در این زمینه حتی در کشورهای در حال توسعه جنوب شرق آسیا، پیشرفت‌های قابل ملاحظه ای صورت گرفته است [۵].

دخالت بشر در اکوسیستم و بهره‌برداری کنترل نشده از جنگل و چرای بی رویه موجب کاهش ظرفیت نگهداری آب در خاک و برهم زدن تعادل هیدرولوژیکی حوزه آبخیز شده و منجر به افزایش رواناب‌های سطحی می‌شود و به سوی شاخه‌های فرعی و اصلی رودخانه‌ها سرازیر می‌شود. افزایش آب رودخانه‌ها باعث حمل مقادیر زیاد رسوب می‌شود و در نتیجه بدلیل حمل بیش از ظرفیت رودخانه، رسوبات در کف بستر رودخانه ته‌نشین می گردد و باعث بالا آمدن کف بستر شده و پخش سیلاب به سوی دشت‌های اطراف رودخانه را سبب می گردد. یکی از روش‌های مهم در کنترل و کاهش رواناب سطحی جهت به تعویق انداختن سیل، عملیات آبخیزداری می باشد. این عملیات شامل موانع بیولوژیک یا ساختمانی در مقابل فرسایش و تشدید رواناب در سطح حوزه آبریز و نیز آبراهه‌های آن می باشد. کاهش خطرات ناشی از سیل آبخیز هر منطقه و در نتیجه کاهش فرسایش خاک و جلوگیری از تخریب زمین‌های کشاورزی مستلزم اجرای پروژه‌های آبخیزداری است[۳].

براساس گزارش مدیریت آبخیزداری استان مازندران در سال ۱۳۷۸ جمع کل خسارات ناشی از سیل ۸۶۰ میلیارد ریال بوده است. نتایج بررسی‌ها نشان داد که از مهمترین عوامل تداوم وقوع حوادثی نظیر سیل در این حوزه عدم مدیریت صحیح در بهره‌برداری از منابع نظیر برداشت بی رویه شن و ماسه و پایین افتادن

بستر رودخانه و برداشت بی رویه جنگل‌ها و مراتع توسط شرکتهای خصوصی و دولتی است[۸].
در سال ۱۹۷۹ کویلتی معیارهای طراحی سیستم‌های انحراف و پخش سیلاب و خاکریز را بمنظور کنترل سیلاب ارائه نمود که در صورت رعایت این معیارها خطرات و زیان‌های ناشی از سیل بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش خواهد یافت[۹و۱۰]. عدم توجه در انتخاب نوع سازه و احداث غیر اصولی بدون در نظر گرفتن مشخصات فنی ممکن است سبب بروز سیلاب‌های مخرب شوند [۴].
در رودخانه میناب جهت کنترل و جلوگیری از خسارات سیل روش‌های سازه‌ای و غیر سازه‌ای پیشنهاد گردیده است. سیلابی بودن رودخانه مذکور و ناپایداری کناره‌های آن، بعلت سست بودن جنس رسوب‌ها، کمبود بار معلق بدلیل احداث سد میناب، تند بودن شیب رودخانه مخصوصاً حد فاصل سد تا پل میناب باعث می‌شود تا سرریزهای اضطراری سد سریعاً عمل نموده وسیلاب‌های خطرناکی را سبب گردد [۷].
یکی دیگر از روش‌های کاهش خطرات سیل پهنه‌بندی سیل میباشد که اطلاعات ارزشمندی را در رابطه با طبیعت سیلاب‌ها و اثرات آن بر اراضی دشت سیلابی وتعیین حریم رودخانه‌ها ارائه می‌دهد، در نتیجه امکان ارسال هشدارهای مناسب در مواقع خطر سیل و تسهیل عملیات امداد و نجات را فراهم می‌سازد [۱].
از سال ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۳ در استان کرمان ۵۷۲ مورد سیل گزارش شده که ۵۶۷ نفر انسان و بیش از ۲۵۳ هزار رأس دام تلفات داشته، ۴۵۷۳ رشته قنات، ۵۰۱۵ هکتار بغ،۸۷۴۰۰ هکتار اراضی زراعی، ۳۸۲۲۷ باب واحد مسکونی وآموزشی و ۳۱۹ حلقه چاه خسارت دیده‌اند [۶]. از سال ۱۳۱۵ تا ۱۳۷۵ در استان آذربایجان غربی حدود ۲۶۷ مورد سیل حادثه خیز رخ داده که ۳۶ مورد آن مربوط به سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۵ بوده است. خسارات سیل در این ۱۰ سال بر اساس آمار ستاد حوادث غیر مترقبه شامل ۹۵ کشته یا مفقود، ۱۴۶ زخمی، تخریب ۳۷۰۳ کیلومتر راه، خسارات وتخریب ۱۲۶۴۵۱ هکتار مزارع و مراتع، ۹۳۰ دهنه پل،۵۹۲۴ رأس دام، ۳۸۵۹ رشته قنات و چشمه، ۲۸۰۷ خانه مسکونی و خسارت ۶۳۵ مورد آبادی و شهر بوده است [۲].

مواد و روش‌ها

حوزه‌های مورد مطالعه در استان آذربایجان‌شرقی واقع در شمال دریاچه ارومیه و حوزه‌های مشرف به شهرستان تسوج و روستاهای امستجان و انگشتجان می‌باشد و از نظر موقعیت جغرافیایی در مختصات "۴۰, '۱۸, °۴۵ تا "۲۶, '۲۳, °۴۵ طول شرقی و "۱۷, '۲۱, ° ۳۸ تا "۵۲, '۲۳, °۳۸ عرض شمالی واقع شده است که از شمال به ارتفاعات میشو داغ و از جنوب به مخروط افکنه و دشت‌های سیلابی رودخانه‌های تسوج، انگشتجان و امستجان و در نهایت به دریاچه ارومیه منتهی می‌شود.
مساحت زیر حوزه‌های اصلی که زهکشی یا خروجی آنها را رودخانه‌های امستجان و انگشتجان تشکیل می‌دهد به ترتیب ۹/۵ و ۱۳/۶ کیلومتر مربع و عرصه منتهی به این حوزه‌ها دارای مساحت ۶۷۰ هکتار

می‌باشد. مطالعات و عملیات اجرایی این حوزه‌ها از سال ۱۳۷۵ شروع گردیده و با توجه اینکه محل انتخاب شده به عنوان یک ایستگاه تحقیقاتی آبخیزداری و آبخوانداری در نظر گرفته شده است عملیات تکمیلی آن هنوز ادامه دارد. تعدادی از مشخصات فیزیکی یا فیزیوگرافی حوزه‌های مذکور که بر عکس‌العمل هیدرولوژیکی حوزه‌ها مؤثر می‌باشد در جدول شماره ۱ ارائه گردیده است و مشخصات هیدرولوژیکی آنها در جداول شماره ۲ و ۳ نشان داده شده است. در جدول شماره ۳ برای محاسبه دبی اوج با دوره‌های بازگشت مختلف از روش SCS استفاده گردیده و با توجه به کوچکتر بودن مساحت حوزه‌ها، دبی اوج از روش استدلالی یا CIA نیز محاسبه گردیده که خلاصه آن برای حوزه‌های مذکور در جدول شماره ۴ ارائه شده است.

جدول شماره ۱ – مشخصات فیزیکی حوزه‌های امستجان و انگشتجان

نام زیر حوزه	امستجان	انگشتجان
حداقل ارتفاع (m)	۱۵۰۰	۱۵۵۷
حداکثر ارتفاع (m)	۲۵۰۰	۳۴۴۰
متوسط ارتفاع (m)	۱۹۸۳	۱۹۸۹
ضریب گراولیوس	۱/۱۹	۱/۲۲۳
محیط زیر حوزه (km)	۱۳/۳	۱۶/۷
مساحت زیر حوزه (km^2)	۹/۵	۱۳/۶
طول آبراهه اصلی (m)	۴۵۰۰	۴۶۵۰
طول کل (m)	۲۳۷۸۴/۶۸	۳۵۰۱۰/۸۳
تراکم زهکشی (km / km^2)	۲/۴۱۹۶	۲/۳۹۹۶
شیب آبراهه (٪)	۲۰	۱۵
شکل حوزه	نزدیک به دایره	گلابی شکل

جدول شماره ۲– مشخصات هیدرولوژیکی حوزه‌های امستجان و انگشتجان

نام زیر حوزه	امستجان	انگشتجان
گرو هیدرولوژیکی خاک	B	B
زمان تمرکز (hr)	۰/۹۴	۱/۱
CN II	۶۹	۸۳
CN III	۶۹	۸۳

از آنجائیکه هدف از اجرای این طرح کنترل سیل و استفاده بهینه از روانات حاصله بود برای این منظور تا

به حال ۶۰ سازه مانند بندهای سر ریز، بندهای اصلاحی، سرسره آبی پلکانی و آبگیر جانبی در مسیر رودخانه‌های مذکور و در دامنه‌های منتهی به دشت یا عرصه احداث گردیده است. مصالح استفاده شده در ساخت این سازه‌ها گابیون، لاستیک فرسوده خودروهای سنگین، سنگ، سیمان، ماسه، خاک و گونی می‌باشد. توضیحات مربوط به هر کدام از سازه‌های از قبیل نام سازه مختصات سازه، محل سازه و مصالح مورد استفاده در جدول شماره ۵ و جا نمایی آنها در شکل ۱ نشان داده شده است.

جدول شماره۳ – محاسبه دبی اوج حوزه‌ها با دوره‌های برگشت متفاوت بروش SCS

دوره بازگشت (سال)		۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
بارش (mm)		۸	۱۸	۲۱	۲۶	۳۱	۳۴
بارش مؤثر (mm)		۰/۱۳۳	۰/۸۴	۱/۶	۳/۲	۵/۴	۶/۸
ضریب رواناب		۰/۰۱۶	۰/۰۴۷	۰/۰۷	۰/۱۲	۰/۱۷	۰/۲۰
دبی اوج (m^3/s)	امستجان	۰/۴۲۵	۲/۷	۵/۱	۱۰/۵	۱۷/۲	۲۱/۸
	انگشتجان	۰/۵۱۸	۳/۳	۶/۲	۱۲/۷	۲۱	۲۶/۶

جدول شماره ۴ – محاسبه دبی اوج زیر حوزه‌ها با دوره‌های برگشت متفاوت بروش CIA

دوره بازگشت (سال)		۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
دبی اوج (m^3/s)	امستجان	۱/۱۰۸	۳/۶۰۶	۶/۵۹	۱۰/۸۵	۱۸/۱۶۵	۲۴/۳۴۷
	انگشتجان	۱/۵۰۸	۴/۶۱۲	۹/۱۰	۱۴/۸۹	۲۳/۵۹۶	۳۰/۶۰۹

جدول شماره ۵ – مختصات جغرافیایی سازه‌های موجود در ایستگاه آبخوان تسوج

شماره سازه	نام سازه	محل سازه	نوع مصالح						مختصات جغرافیایی (UTM)	
			توری لاستیکی	توری سنگی	سنگ ملاتی	خشکه چینی	رویه بتونی	گونی	X	Y
1	بند سرریز گابیونی باحوضچه آرامش	رودخانه امستجان	–	*	*	–	–	–	528418	4245214
2	بند سرریز گابیونی باحوضچه آرامش	رودخانه امستجان	–	*	*	–	–	–	528454	4245175
3	آبگیر جانبی امستجان	ورودی کانال امستجان	–	–	*	–	–	–	528483	4245171
4	بند انحرافی رودخانه امستجان	رودخانه امستجان	–	*	*	–	–	–	528483	4245148
5	سرسره آبی	بالادست رسوب‌گیر کانل امستجان	*	*	–	–	*	–	528505	4245242
6	بند سر ریزگابیونی	بالادست رسوب‌گیر کانل امستجان	–	*	–	–	–	–	528595	4245359

ادامه جدول شماره ۵

شماره سازه	نام سازه	محل سازه	نوع مصالح						مختصات جغرافیایی (UTM)	
			توری لاستیکی	توری سنگی	سنگ ملاتی	خشکه چینی	رویه بتونی	گونی	X	Y
7	بند سر ریزگابیونی	بالادست رسوب‌گیر کانال امستجان	-	*	-	-	-	-	528573	4245406
8	بند سر ریزگابیونی	بالادست رسوب‌گیر کانال امستجان	-	*	-	-	-	-	528598	4245420
9	سر ریز رسوب‌گیر داخل کانال امستجان	مابین رسوب‌گیر و کانال امستجان	*	-	*	-	-	-	528618	4245334
10	سازه تیپ I	مابین دره چاشیر وقبرستان امستجان	-	*	-	-	-	-	528864	4245347
11	بنداصلاحی قوسی	مابین دره چاشیر وقبرستان امستجان	*	-	-	-	*	-	528893	4245462
12	بنداصلاحی	مابین دره چاشیر وقبرستان امستجان	*	-	-	-	*	-	528813	4245546
13	بنداصلاحی	مابین دره چاشیر وقبرستان امستجان	*	-	-	-	*	-	528869	4245545
14	بنداصلاحی	مابین دره چاشیر وقبرستان امستجان	-	-	-	*	-	-	528894	4245554
15	بنداصلاحی	مابین دره چاشیر وقبرستان امستجان	*	-	-	-	*	-	528849	4245571
16	بنداصلاحی	مابین دره چاشیر وقبرستان امستجان	-	-	-	*	-	-	528871	4245609
17	سرسره آبی بادیوار حائل	خروجی دره چاشیر متصل به کانال امستجان	*	*	-	-	*	-	529297	4245276
18	بند اصلاحی گابیونی باسرسره آبی	دره چاشیر اولین سازه از پایین دست	*	*	-	-	*	-	529134	4245292
19	بند اصلاحی گابیونی باسرسره آبی	دره چاشیر دومین سازه از پایین دست	*	*	-	-	*	-	529136	4245380
20	بند اصلاحی ملات سنگی باسر سره آبی لاستیکی	دره چاشیرسومین سازه از پایین دست	*		*	-	-	-	529098	4245502
21	بند اصلاحی گابیونی با سرسره آبی	دره چاشیرچهارمین سازه از پایین دست	*	*	-	-	*	-	529098	4245535
22	بند اصلاحی لاستیکی با سرسره آبی	تقاطع نیمه غربی و شرقی دره کریم	*	-	-	-	*	-	529262	4245480

ادامه جدول شماره ۵

شماره سازه	نام سازه	محل سازه	نوع مصالح						مختصات جغرافیایی (UTM)	
			توری لاستیکی	توری سنگی	سنگ ملاتی	خشکه چینی	رویه بتونی	گونی	X	Y
23	بند اصلاحی	نیمه غربی دره کریم	*	-	-	-	*	-	529258	4245528
24	بند اصلاحی	نیمه غربی دره کریم	*	-	-	-	*	-	529224	4245546
25	بند اصلاحی	نیمه غربی دره کریم	*	-	-	-	*	*	529225	4245579
26	بند اصلاحی (گونی ماسه سیمان 1:5 باگوشواره لاستیکی)	نیمه غربی دره کریم	*	-	-	-	*	*	529210	4245596
27	بند اصلاحی (گونی ماسه سیمان 1:5 باگوشواره لاستیکی)	نیمه غربی دره کریم	*	-	-	-	*	-	529223	4245608
28	بند اصلاحی (گونی ماسه سیمان 1:5 باگوشواره لاستیکی)	نیمه غربی دره کریم	*	-	-	-	*	-	529230	4245637
29	بند اصلاحی (گونی ماسه سیمان 1:5 باگوشواره لاستیکی)	نیمه غربی دره کریم	*	-	-	-	*	*	529254	4245663
30	بند اصلاحی (گونی ماسه سیمان 1:5 باگوشواره لاستیکی)	نیمه غربی دره کریم	*	-	-	-	*	*	529252	4245674
31	بند اصلاحی (گونی ماسه سیمان 1:5 باگوشواره لاستیکی)	نیمه غربی دره کریم	*	-	-	-	*	*	529266	4245675
32	بند اصلاحی (گونی ماسه سیمان 1:5 باگوشواره لاستیکی)	نیمه غربی دره کریم	*	-	-	-	*	*	529271	4245643
33	بند اصلاحی (گونی ماسه سیمان 1:5 باگوشواره لاستیکی)	نیمه غربی دره کریم	*	-	-	-	*	*	529285	4245662
34	بند اصلاحی (گونی ماسه سیمان 1:5 باگوشواره لاستیکی)	نیمه شرقی دره کریم	*	-	-	-	*	*	529288	4245539
35	بند اصلاحی (گونی ماسه سیمان 1:5 باگوشواره لاستیکی)	نیمه شرقی دره کریم	*	-	-	-	*	*	529294	4245571
36	بند اصلاحی (گونی ماسه سیمان 1:5 باگوشواره لاستیکی)	نیمه شرقی دره کریم	*	-	-	-	*	*	529299	4245585
37	بند اصلاحی (گونی ماسه سیمان 1:5)	نیمه شرقی دره کریم	-	-	-	-	-	*	529344	4245610
38	سرسره آبی ـ متصل به کانال ذخیره امستجان	متصل به انتهای کانال ذخیره امستجان	*	*	-	-	*	-	529421	4245346
39	سازه سر ریز بتونی ـ سنگی با پای لاستیکی	بالادست سازه شماره ۳۸	*	-	*	-	*	-	529394	4245390
40	بند اصلاحی ملات سنگ با سرسره آبی لاستیکی	بالادست سازه شماره ۳۹	*	-	-	-	*	-	529362	4245454
41	بند اصلاحی	بالادست سازه شماره ۳۹	*	-	-	-	*	-	529413	4245452

ادامه جدول شماره ۵

شماره سازه	نام سازه	محل سازه	نوع مصالح						مختصات جغرافیایی (UTM)	
			توری لاستیکی	توری سنگی	سنگ ملاتی	خشکه چینی	رویه بتونی	گونی	X	Y
42	بنداصلاحی	بالادست سازه شماره ۳۸	–	–	–	*	–	–	529495	4245441
43	بنداصلاحی	بالادست سازه شماره ۳۸	–	–	–	*	–	–	529534	4245417
44	بند اصلاحی	بالادست سازه شماره ۳۸	*	–	–	–	*	–	529587	4245420
45	بند اصلاحی	بالادست سازه شماره ۴۴	*	–	–	–	*	–	529583	4245464
46	سازه ماشین رو خشکه چین با بند سرریزگابیونی	روی جاده دسترسی پایین تر از آلی گولی – منتهی به عرصه پخش	–	*	–	–	–	–	529712	4245278
47	بنداصلاحی قوسی	بالادست سازه شماره ۴۶	*	–	–	–	*	–	529720	4245308
48	سرسره آبی	انتهای کانال ذخیره نیمه غربی انگشتجان	*	*	*	–	*	–	530293	4245312
49	دیواره حائل ملات سنگی به طول حدود ۱۰ متر ـ دارای دو پله که در زیر رسوب مدفون شده	بالادست سازه شماره ۴۸	–	–	*	–	–	–	530296	4245358
50	بند اصلاحی	بالادست سازه شماره ۴۹ شمالغربی باغ محرم اکبری	*	–	–	–	*	–	530270	4245461
51	بند اصلاحی	بالادست سازه شماره ۴۹ شمالشرقی باغ محرم اکبری	*	–	–	–	*	–	530385	4245584
52	بنداصلاحی قوسی	شمالشرقی بالادست باغ محرم اکبری	*	–	–	–	*	–	530442	4245593
53	بند اصلاحی لاستیکی واقع در نیمه شرقی باغ محرم اکبری	بالادست سازه شماره ۵۲	*	–	–	–	*	–	530424	4245618
54	بند سر ریز گابیونی با حوضچه آرامش	رودخانه انگشتجان	–	*	*	–	–	–	530844	4245218
55	بند سر ریز گابیونی با حوضچه آرامش	پایین دست سازه شماره ۵۴	–	*	*	–	–	–	530774	4245165
56	آبگیر جانبی نیمه شرقی کانال انگشتجان	ورودی نیمه شرقی کانال انگشتجان	–	–	*	–	–	–	530764	4245127
57	آبگیر جانبی نیمه غربی کانال انگشتجان	ورودی نیمه غربی کانال انگشتجان	–	–	*	–	–	–	530730	4245146
58	بند انحرافی رودخانه انگشتجان	رودخانه انگشتجان	–	*	*	–	–	–	530739	4245131
59	بند سر ریز با حوضچه آرامش ملات سنگی ـ گابیونی وسرسره آبی لاستیکی	رودخانه انگشتجان- پایین دست سازه شماره ۵۸	*	*	*	–	*	–	530639	4245053
60	بند اصلاحی قوسی گابیونی با گوشواره لاستیکی	پایین دست سازه شماره ۵۹	*	*	–	–	*	–	530607	4245007

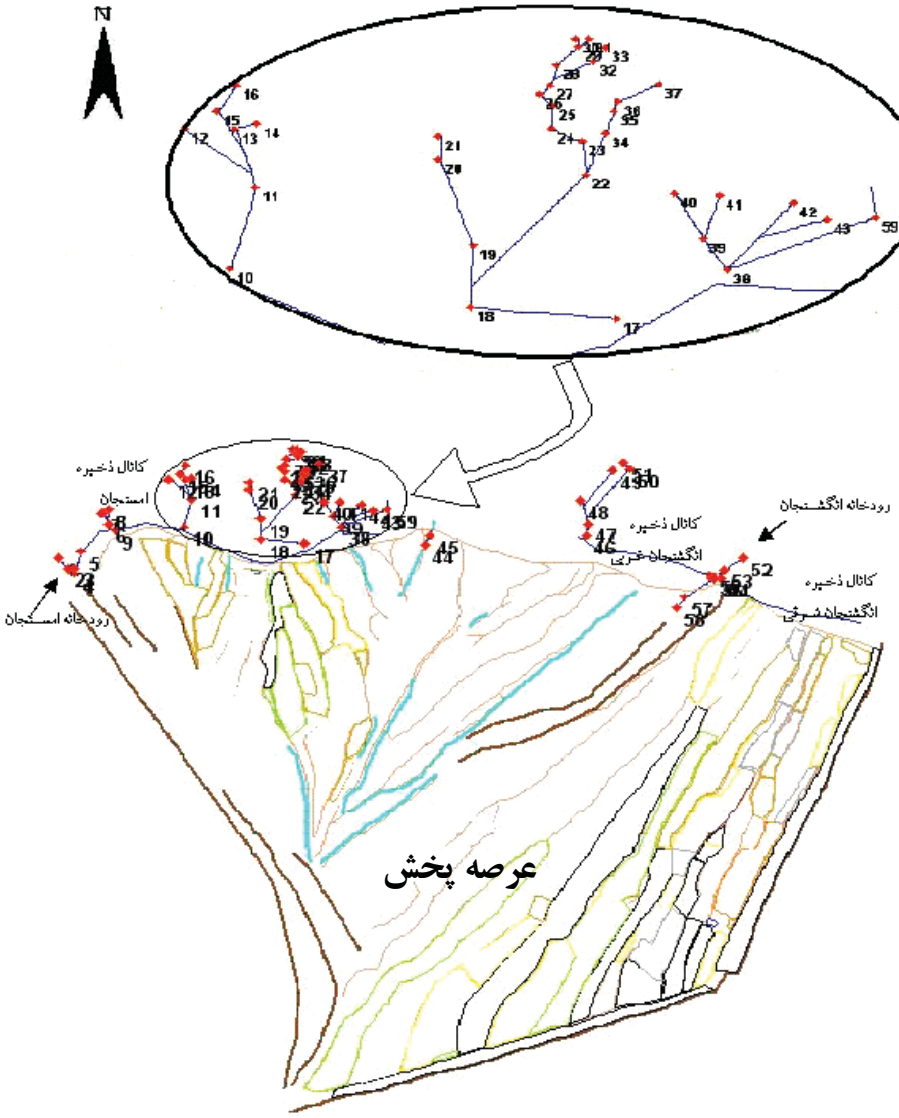
برای گرفتن آب و ذخیره کردن رواناب آبراهه‌های اصلی امستجان و انگشتجان و آبراهه‌های فرعی نظیر دره چاشیر (چاشیر دره سی) و دره کریم (کریم دره سی) دو کانال ذخیره بر روی رودخانه انگشتجان و یک کانال ذخیره بر روی رودخانه امستجان احداث گردید که رواناب رودخانه‌ها از طریق آبگیرها و رواناب آبراهه‌های فرعی از طریق سازه‌هایی نظیر سرسره آبی وارد کانال‌های ذخیره می‌شد.

حجم مفید ذخیره آب کانال ذخیره امستجان در حدود ۵۱۲۴۰ متر مکعب، کانال انگشتجان شرقی دارای حجم مفید ۳۸۱۶۰ مترمکعب و کانال انگشتجان غربی دارای حجم مفید ۱۸۹۰۰ متر مکعب می‌باشد که کل این حجم بایستی در مدت ۸ ساعت در عرصه ۵۰۰ هکتاری توسط غلام گردشی‌ها پخش شود. مشخصات کانال‌های ذخیره آب در جدول شماره ۶ نشان داده شده اشت.

جدول شماره ۶ – مشخصات کانال‌های ذخیره آب

نام کانال	طول کانال (m)	شکل سطح مقطع	عرض کف (m)	شیب دیواره افقی : قائم	شیب طولی
امستجان	۱۲۲۰	ذوزنقه	۱۵	۱ : ۳	صفر
انگشتجان شرقی	۵۳۰	ذوزنقه	۳۰	۱ : ۳	صفر
انگشتجان غربی	۴۵۰	ذوزنقه	۱۵	۱ : ۳	صفر

درکانال امستجان ۱۰ مورد لوله، کانال انگشتجان شرقی و۶ مورد لوله و در کانال انگشتجان غربی ۴ مورد لوله آزبست به قطرهای ۲۵ و ۳۰ سانتی متر، طول ۲۵ متر و شیب ۲ درصد کار گذاشته شده است. بمنظور جلوگیری از ورود رسوب و گرفتگی لوله‌ها و مدفون شدن دهانه لوله‌های مذکور، آب ذخیره شده در داخل کانال‌ها از طریق لوله‌های بتونی به قطر ۸۰ سانتی متر و ارتفاع ۲/۴ متر که دارای سوراخ‌هایی به قطر ۵ سانتی‌متر می‌باشد وارد لوله‌های آزبست می‌شود. تعداد سوراخ‌های روی لوله سیمانی ۳۰–۲۵ عدد در هر ۸۰ سانتی متر طول بود. در صورتیکه در اطراف لوله‌های بتونی فیلتر شنی پیش‌بینی شود سیستم پخش عملکرد بهتری خواهد داشت. شکل شماره ۴ نمونه‌ای از لوله‌های مذکور در داخل کانال را نشان می‌دهد. در خروجی لوله‌ها دریچه‌هایی برای کنترل آب کار گذاشته شده است که دبی خروجی را میتوان تنظیم نمود. آب خروجی از لوله‌های وارد غلام گردشی‌هایی به عرض یک متر و عمق ۰/۶ متر می‌شود و علت ایجاد غلام گردشی‌ها شیب زیاد عرصه (۷– ۵ درصد) می‌باشد که مجموع طول کلی آنها در حدود ۱۲۰۰۰۰ متر می‌باشد. جدول شماره ۷ مشخصات کانال‌های غلام گردشی را نشان می‌دهد.



شکل شماره ۱ – نقشه جانمایی سازه‌ها در منطقه مورد مطالعه

شکل شماره ۴ – نمونه ای از لوله‌های بتونی مشبک در داخل کانال

جدول شماره ۷ – مشخصات کانال‌های غلام گردشی

طول کل غلام گردشی‌ها (m)	شکل مقطع	شیب طولی (٪)	عرض (m)	عمق آب(m)	تعداد	طول متوسط(m)	کل حجم عملیات خاکی (m^3)
۱۲۰۰۰۰	سهمی	۰/۵	۱	۰/۵	۲۷	۴۴۴۴	۳۹۶۰۰

در ابتدای هر کانال ذخیره قسمتی تحت عنوان کانال رسوب‌گیر طراحی شده است که رسوب‌های ریز دانه را در خود ذخیره و در نهایت آب قابل مصرف وارد کانال ذخیره آب می‌شود. این سیستم باعث کاهش رسوب آب شده و از ورود رسوب به عرصه و غلام گردشی‌ها جلوگیری می‌گردد در غیر این صورت رسوبات در بستر نهال‌های کشت شده رسوب نموده و مانع رسیدن هوا به ریشه گیاه و منجر به خشک شدن گیاه می‌گردد. مشخصات تأسیسات رسوب‌گیر کانال‌ها در جدول شماره ۸ و شکل کانال‌های ذخیره آب، قسمت رسوب‌گیر و غلام گردشی‌ها در شکل شماره ۲ نشان داده شده‌اند.

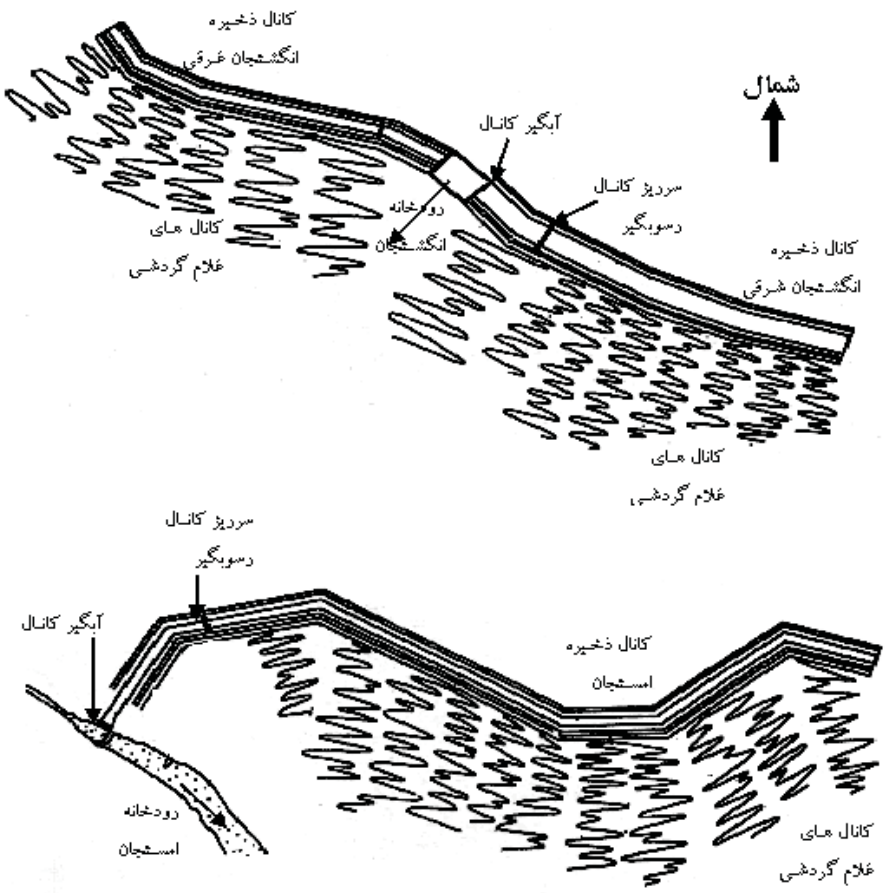
جدول شماره ۸ – مشخصات تأسیسات رسوب‌گیر

نام کانال رسوب‌گیر	طول کانال رسوب‌گیر (m)	ارتفاع سرریز رسوب‌گیر (m)	عمق کانال رسوب‌گیر (m)	عرض سرریز رسوب‌گیر (m)	شکل مقطع	شیب دیواره (افقی : قائم)	عرض کف (m)
امستجان	۲۲۸	۱/۵	۳	۲۳	ذوزنقه	۱ : ۳	۱۵
انگشتجان شرقی	۱۱۰	۱/۵	۳	۳۸	ذوزنقه	۱ : ۳	۳۰
انگشتجان غربی	۱۱۰	۱/۵	۳	۲۴	ذوزنقه	۱ : ۳	۱۵

چهار تا کف بند نیز به منظور تثبیت بستر، کاهش شیب، کنترل و تثبیت رسوب در آبراهه‌های اصلی امستجان و انگشتجان و در بالادست آبگیرها و بندهای انحرافی احداث گردیده که دو مورد آن مربوط به رودخانه امستجان و دو مورد دیگر مربوط به رودخانه انگشتجان می‌باشد.

وجود اراضی مارنی در بالادست آبراهه‌های اصلی نشانگر رسوب‌دهی بالای این اراضی می‌باشد. به همین دلیل وقوع سیلاب در تاریخ ۱۳۷۷/۲/۲۲ منجر به پر شدن کانال‌های ذخیره رسوب و همچنین مدفون شدن بند انحرافی و دهانه آبگیر در رسوب گردید که بر اساس شواهد موجود با توجه به حجم رسوبات منتقل شده به پایین دست نشان دهنده یک سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله بوده است.

در صورتیکه دوره بازگشت بارندگی متناظر با آن به مراتب کمتر بوده است. تحقیقات انجام شده نشان داده است که دبی پیک سیلاب وایزه‌ای برای شرایط مشابه سیلاب عادی می‌تواند تا ۱۰ برابر سیلاب عادی افزایش داشته باشد و علت آن غلظت بالای جریان سیل و افزایش ضریب زبری می‌باشد که منجر به افزایش عمق جریان می‌گردد.



شکل شماره ۲- کانال‌های ذخیره آب، قسمت رسوب‌گیر و غلام گردشی‌ها

در سه ماهه اول سال ۱۳۷۸ سه مورد سیل بو قوع پیوسته که در مجموع ۶۴۹۸۰۰ متر مکعب آب در کانال‌های ذخیره جمع شده و سپس از طریق سیستم پخش در طی ماههای خشک به کانال‌های غلام گردشی هدایت شده است. حجم کل رسوب‌گذاری در داخل کانال‌های ذخیره آب و رسوب تا فروردین ۱۳۷۸ برابر ۷۲۲۰۰ متر مکعب و حجم رسوب‌گذاری در پشت بندهای اصلی بالادست ۱۴۳۶ متر مکعب برآورد شده است. سیلاب‌های مذکور که حاوی بار بستر زیادی بوده سبب مدفون شدن بند انحرافی و دهانه آبگیر در رسوب و از دست دادن کارایی آنها شده است و کانال‌های ذخیره نیز از رسوب پر شده دریچه‌های تخلیه رسوب در رسوب مدفون شده و کارائی لازم را از دست داده بود که بعد از فروکش کردن سیل، کانال‌ها لایروبی و دهانه‌های آبگیر از رسوبات تخلیه گردیدند.

بدلیل وجود سازنده‌های فرسایش پذیر در بالادست تعدادی بند اصلاحی بر روی آبراهه‌های فرعی احداث گردید تا ضمن کاهش شیب، دبی پیک سیلاب کاهش یافته و سبب ته‌نشینی رسوبات در پشت این بندها شده و بخش قابل توجهی از رسوبات حذف گردد و احتمال وقوع سیلاب‌های واریزه‌ای کاهش یابد.

برای احداث سازه‌ها از گابیون، سنگ، لاستیک فرسوده خودروهای سنگین، کیسه‌های حاوی خاک سیمان و سنگ چینی استفاده شده است. در محل اتصال آبراهه‌های فرعی به کانال‌های ذخیره سازه‌های پله‌ای شکل تحت عنوان سرسره آبی احداث گردیده است.نمونه ای از این سازه در شکل شماره ۵ نشان داده شده است.

شکل شماره ۵ – نمونه ای از سرسره آبی پلکانی در محل اتصال آبراهه فرعی به کانال ذخیره آب

عمل پخش سیلاب در عرصه از طریق کانال‌های غلام گردشی صورت می‌گیرد زیرا به دلیل شیب زیاد عرصه امکان پخش سیلاب از طریق کانال‌های گسترشی وجود ندارد و کانال‌های غلام گردشی تا انتهای عرصه ادامه یافته است. در حاشیه غلام گردشی‌ها درختانی از قبیل بادام، پسته، سرو، گردو، انگور و سنجد کشت شده‌اند که بدلیل آبیاری از طریق سیستم پخش عملکرد خوبی را نشان می‌دهند. علاوه بر عملکرد مناسب درختان، پوشش گیاهی طبیعی عرصه نیز بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است. به دلیل طول زیاد کانال‌های خاکی غلام گردشی که کل طول آنها در حدود ۱۲۰ کیلومتر می‌باشد آب نفوذی از این کانال‌ها و کانال‌های ذخیره به داخل زمین قابل ملاحظه بوده که می‌تواند نقش مؤثری را در تغذیه آب‌های زیرزمینی منطقه داشته باشد که به علت خشک سالی‌های متوالی در سال‌های اخیر سطح آب زیرزمینی تقریباً ثابت مانده و آب نفوذ یافته به داخل زمین افت سطح آب زیرزمینی را جبران نموده است.

بحث و نتیجه گیری:

با توجه به فرسایش پذیر بودن حوزه‌های مربوط به آبراهه‌های اصلی امستجان و انگشتجان رسوبات زیادی بهمراه رواناب به پایین دست منتقل می‌گردد که با احداث بندهای اصلاحی از حجم رسوبات منتقل شده به پایین دست به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاسته می‌شود.

وجود غلظت بالای رسوب در رواناب ناشی از بارندگی قدرت تخریبی سیلاب و عمق جریان را افزایش می‌دهد و منجر به ایجاد سیلاب وایزه‌ای می‌شود.

پخش سیلاب در عرصه سبب افزایش پوشش گیاهی طبیعی و درختی گردیده است.

کانال‌های آبیاری غلام گردشی باعث کاهش شیب و طولانی‌تر شدن مسیر حرکت آب گردیده و فرصت نفوذ آب در خاک بیشتر می‌شود و علاوه بر تغذیه آب زیرزمینی، آب بیشتری در اختیار گیاهان قرار می‌گیرد.

قسمت اعظمی از رسوبات قبل از ورود به کانال ذخیره آب در قسمت رسوب‌گیر گرفته می‌شود.

لوله‌های مشبک بتونی مانع از مدفون شدن قسمت ورود آب به لوله‌های آزبستی می‌شود و مقداری از

رسوبات ریز دانه نیز در اطراف لوله‌های بتونی رسوب می‌کند در صورتیکه در اطراف لوله‌های بتونی از فیلتر شن استفاده شود عملکرد سیستم تخلیه و پخش آب از کانال به عرصه بهتر خواهد شد.

سازه‌های احداث شده در مسیر آبراهه‌های اصلی باعث تعدیل شیب آبراهه، کاهش فرسایش و تثبیت بستر آبراهه‌ها گردیده است.

با توجه به اینکه سیلاب‌های اتفاق افتاده از نوع وایزه‌ای بوده دارای قدرت تخریبی بالا می‌باشد که در طراحی و ساخت سازه‌ها بایستی دقت بیشتری به عمل آید و از مصالح با مقاومت و دوام بالا استفاده شود.

با توجه به مشاهدات به عمل آمده سازه‌هایی که در آنها از گونی‌های حاوی خاک سیمان استفاده شده به دلیل فرسودگی گونی‌ها، محتویات آنها تحت تأثیر جریان آب شسته شده و منجر به تخریب سازه شده است. ولی سازه‌های گابیونی سنگی چینی و توری سنگی لاستیکی با رویه بتونی از دوام خوبی برخوردار می‌باشد.

فهرست منابع

۱- اکبری باویل، ع. ۱۳۸۴. پهنه‌بندی سیل در منطقه لیقوان. خلاصه مقالات کنفرانس بین المللی مخاطرات زمین، بلایای طبیعی و راهکارهای مقابله با آنها. دانشگاه تبریز. ص ۱۳.

۲- بروشکه، ا. ۱۳۸۴. سیل یکی از بلایای طبیعی و خسارت ناشی از آن در یک دهه گذشته (مطالعه موردی استان آذربایجان‌غربی). خلاصه مقالات کنفرانس بین المللی مخاطرات زمین، بلایای طبیعی و راهکارهای مقابله با آنها. دانشگاه تبریز. ص ۱۵.

۳- ضیائی، ح. ۱۳۸۰. اصول مهندسی آبخیزداری. دانشگاه امام رضا (ع). ۵۴۲ ص.

۴- قدوسی، ج. ۱۳۷۹. شناسنامه حوزه آبخیز معرف و زوجی (کچیک). وزارت جهاد کشاورزی.

۵- گودرزی، م. ۱۳۸۴. بررسی زمان پیش‌بینی و کنترل زمان سیل و کاربرد آنها در کشور. خلاصه مقالات کنفرانس بین المللی مخاطرات زمین، بلایای طبیعی و راهکارهای مقابله با آنها. دانشگاه تبریز. ص ۲۴۸۴.

۶- میجانی، ک. ۱۳۸۴. سیلاب‌ها وخسارات ناشی از آنها در استان کرمان. دومین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب وخاک. دانشگاه کرمان. ص ۲۱۲۶.

۷- نوحه‌گر، ا. ۱۳۸۴. سیلاب و تمهیدات مدیریتی برای مهار آن در رودخانه میناب (حد فاصل سد میناب تا تنگه هرمز). خلاصه مقالات کنفرانس بین المللی مخاطرات زمین، بلایای طبیعی و راهکارهای مقابله با آنها. دانشگاه تبریز. ص ۱۱۰.

۸- هادیان، ا. ۱۳۸۴. مدیریت بهران و راهکارهای کنترل عوامل مؤثر بر بروز سیلاب (مطاله موردی حوزه آبخیز نکارود مازندران). خلاصه مقالات کنفرانس بین المللی مخاطرات زمین، بلایای طبیعی و راهکارهای مقابله با آنها. دانشگاه تبریز. ص ۱۱۲.

9- Quilty, J. A. 1972. Soil conservation structures for marginal arable areas Gap absorption and gap spreader banks.J, Soil Cons. N. S. W. 28: 116-130.

10- Quilty, J. A. 1972. Soil conservation structures for marginal arable areas Diversion spreader banks and tank drains. J, Soil Cons. N. S. W. 28: 157-168.

Proceedings of the Workshop on Harmonious Coexistence with Flood Water

Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID)

Publication Issue: 105
2006