

شبیه‌سازی پهنه‌بندی سیل با استفاده از مدل HEC-RAS (مطالعه موردی: رودخانه کارون حدفاصل بند قیر تا هواز)

فرشته قمی اوپلی¹، محمدصادق صادقیان²، امیر حسین جاوید³، سیداحمد میر باقری⁴

چکیده

به منظور برنامه‌ریزی جهت بهره‌برداری بهینه و کنترل پدیده سیل که از مسایل دنیا و از جمله کشور ما می‌باشد، مطالعات و تحقیقات زیادی مورد نیاز است. خسارات گسترده ناشی از طغیان رودخانه‌ها در چند ساله اخیر در مناطق مختلف کشور ایجاب می‌نماید برنامه‌ای جامع در این زمینه تهیه و تدوین گردد. از طرفی برنامه‌ریزی و اعمال روش‌های کنترل سیل بدون اطلاع از رفتار این پدیده در شرایط مختلف مقدور نخواهد بود. دامنه خسارات سیل در شرایط مختلف متأثر از میزان آورد و خصوصیات هندسی بستر جریان و اراضی مجاور می‌باشد. لذا به منظور پیش‌بینی دامنه خسارات ناشی از سیل در شرایط مختلف و توجیه اقتصادی و اجتماعی برنامه‌های کنترل و مهار سیل، پهنه‌بندی خطر سیل برای دوره‌های بازگشت مختلف ضروری است. پهنه‌بندی خطر سیل بدون اطلاع از بزرگی سیل و رفتار جریان سیلابی در مسیر و دشت سیلابی ممکن نیست. لذا هیدروگراف سیل خروجی در بالادست حوزه و زیرحوزه‌های موجود در مسیر مورد نظر با استفاده از روش‌های هیدروگراف واحد و شاخص سیلاب تعیین شدند و همچنین حداکثر رقوم تراز سطح آب در ۴۴ مقطع عرضی مشخص در طول حدود ۴۳ کیلومتر از مسیر رودخانه کارون به دست آمد. سپس با استفاده از مدل ارتفاعی رقومی (DEM) تولید شده از بستر و حریم رودخانه و حداکثر رقوم تراز سطح آب در مقاطع معین برای دوره بازگشت‌های ۱۰، ۲۰، ۲۵ و ۵۰ و ۱۰۰ ساله با استفاده از قابلیت نرم‌افزار HEC-RAS پهنه خطر سیل برآورد شدند و محدوده و میزان اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی که در صورت وقوع سیلاب به مخاطره خواهند افتاد برای سیلاب‌هایی با دوره بازگشت‌های مذکور مشخص شدند.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی سیل، دوره بازگشت، مدل ارتفاعی رقومی، مدل HEC_RAS

1- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست - منابع آب - دانشکده محیط زیست و انرژی دانشگاه علوم و تحقیقات تهران
fghomi@yahoo.com

2- دانشیار دانشکده عمران دانشگاه تهران مرکز

3 و 4 - دانشیار دانشکده محیط زیست و انرژی دانشگاه علوم و تحقیقات تهران

مقدمه

شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک حاکم بر بخش وسیعی از کشور ما سبب شده است علی‌رغم تحمیل خسارات سنگین ناشی از بروز خشکسالی به اراضی کشاورزی و عرصه منابع طبیعی، همه ساله شاهد بروز سیلابهای مخرب با دامنه خسارات وسیع باشیم. تخریب شدید منابع طبیعی چه به صورت بهره‌برداری بی‌رویه از جنگل‌ها و مراتع و چه به شکل تغییر کاربری اراضی و تبدیل آنها به اراضی کشاورزی نامناسب و یا ساخت بی‌رویه مناطق مسکونی، موجب شده است، سیلابها سال به سال چه از نظر تعداد وقوع و چه از نظر شدت خسارات افزایش یابند. اطلاعات جمع‌آوری شده نشان می‌دهد که فراوانی وقوع سیل در ایران از 39 رویداد در سال 1350 به 276 مورد در سال 1377 فزونی یافته است (3). کمترین تعداد وقوع سیل مربوط به سال 1357، با 19 مورد و بیشترین آن مربوط به سال 1371 با 307 مورد بوده است. بررسی آمار و اطلاعات خسارات سالانه ناشی از وقوع سیلابها در ایران و جهان بیانگر گستردگی صدمات ناشی از سیلاب به منابع طبیعی، انسانی و اقتصادی مناطق مختلف می‌باشد. لذا تدوین برنامه‌ای جامع باهدف مهار، کنترل و بهره‌برداری بهینه با اعمال اقدامات مدیریتی، متناسب با کلیه عوامل دخیل در ایجاد و طغیان سیلاب‌های منطقه‌ای ضروری می‌باشد. چرا که بررسی‌ها و مطالعات انجام شده نشان می‌دهند که علت افزایش خسارات سیل در دنیا، افزایش تکرر یا بزرگی طغیان‌ها نبوده، بلکه تشدید استفاده از اراضی سیلاب‌دشت‌ها و اراضی سیل‌گیر مجاور رودخانه‌ها می‌باشد. با عنایت به تأثیر عوامل مختلف در بروز سیل، انواع اقدامات مدیریتی (آبخیزداری و مدیریت کاربری اراضی، برنامه‌ریزی و مدیریت در مسیر رودخانه‌ها و مسیل‌ها، پیش‌بینی و هشدار سیل، اقدامات پیشگیری و حمایتی در مناطق سیل‌گیر و پهنه‌بندی خطر سیل) می‌توانند در کاهش خسارات ناشی از آن مؤثر باشند. از جمله اقدامات مدیریتی که می‌تواند نقش به‌سزایی در کاهش خسارات ناشی از وقوع سیلاب داشته باشد، پهنه‌بندی خطر سیل است. پهنه‌بندی خطر سیل با هدف به‌کارگیری در برنامه‌ریزی و مدیریت در کنترل و مهار سیل تا کنون در کشور ما مورد توجه نبوده و در قالب طرح تحقیقاتی و حتی مطالعاتی فعالیت چندانی در این زمینه صورت نگرفته است. در داخل کشور در بخش مطالعات مهندسی رودخانه در حوزه علاء مرودشت استان فارس و حوزه آبخیز دماوند با استفاده از مدل HEC-2 نسبت به تعیین حداکثر رقوم تراز سطح آب در مسیرهای مورد نظر از دو مورد فوق‌الذکر اقدام و با انتقال دستی رقوم نقاط در مقاطع معینی از مسیر رودخانه در نقشه توپوگرافی پهنه سیل تعیین گردیده است (4و 5).

همچنین با استفاده از مدل کامپیوتری MIKE-11 و مشخصات هندسی و هیدرولوژیکی رودخانه بعد از تعیین حداکثر تراز سطح آب پهنه خطر سیل برای بیست کیلومتر از مسیر رودخانه هلیل در پایین شهر جیرفت و همچنین بخشی از مسیر رودخانه کرخه به صورت دستی تعیین شده است (6). در جستجوهای انجام شده تعدادی مطالعات موردی که توسط کارشناسان و محققین خارج از کشور به انجام رسیده است، به دست آمد، که ذیلاً مورد اشاره قرار می‌گیرد:

گروهی از متخصصان ایالات متحده در سال 1988 برای پهنه‌بندی خطر سیل در منطقه آریزونا غربی و شرقی با استفاده از خصوصیات هیدرولوژیک و ژئومورفولوژیک به بررسی خطرات تهدید کننده عملیات مهندسی پرداختند. برای شروع مطالعات با توجه به خصوصیات ژئومورفولوژیک، حوزه‌های آبخیز، منطقه را به شش واحد مطالعاتی تقسیم نمودند. در پایان با توجه به فرسایش کناری ساحل و بستر رودخانه‌ها و ته نشست رسوبات در هنگام وقوع و فروکش جریان سیل ضوابط مورد نظر در پهنه‌بندی منطقه مورد مطالعه و مناطق مشابه تدوین و ارایه گردیده‌است (8).

در مطالعه دیگری که در منطقه آبرتای ایالات متحده آمریکا در سال 1993 صورت گرفته‌است بهره‌گیری از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی به منظور کاربرد در شبیه‌سازی سیل مورد ارزیابی قرار گرفته و به صورت آزمایشی در منطقه‌ای به وسعت 11000 کیلومتر مربع با به کارگیری GIS و روش SCS استاندارد رواناب حاصل از بارش منطقه‌ای محاسبه گردیده‌است. کاربرد GIS، موفقیت نتایج به دست آمده در مقایسه بارش‌های سنتی را نشان می‌دهد (9).

این تحقیق با هدف گزینش روش مناسب برای برآورد هیدروگراف سیل خروجی از حوزه و تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر سیل در مسیر مورد نظر از رودخانه کارون در حد فاصل بند قیر تا اهواز و همچنین تعیین میزان اراضی سیل گیر در دوره بازگشت‌های مختلف به اجرا درآمد .

محدوده مطالعاتی

محدوده مطالعاتی در این تحقیق شامل بازه‌ای از رودخانه کارون در حد فاصل بند قیر تا اهواز می‌باشد که واقع در استان خوزستان است. این استان در عرض جغرافیایی 29° و $58'$ تا 32° و $58'$ شمالی و طول جغرافیایی 47° و $42'$ تا 50° و $39'$ شرقی در گوشه جنوب غربی ایران واقع شده‌است و با استان‌های لرستان، اصفهان، ایلام، چهارمحال و کهگیلویه هم‌جوار است. این استان از جنوب به خلیج فارس و از غرب به کشور عراق محدود می‌شود و دارای مساحتی بالغ بر 66/532 کیلومتر مربع است. استان خوزستان شامل 15 شهر و شهرستان می‌باشد. اراضی این استان به صورت دشت‌های وسیع و ارتفاعات هستند. این منطقه بیشترین تعداد سدهای برقایی در کل کشور شامل سدهای دز، شهید عباسپور، مارون، کرخه و گدارلندر را دارد. وجود شش رودخانه مهم (کارون، دز، کرخه، زهره، مارون و جراحی) باعث حاصل‌خیزی زیاد زمین‌های این استان شده‌است. خوزستان یکی از معدود استان‌های ایران است که از طریق تنگه‌ی هرمز به آب‌های آزاد بین‌المللی دسترسی دارد (2).

محدوده مطالعاتی طولی حدود 43/49 کیلومتر را در بر می‌گیرد، شامل:

Ø 20/20 کیلومتر، در حد فاصل بند قیر تا اهواز با بافت کشاورزی

Ø 23/27 کیلومتر، در پایین دست اهواز با بافت مسکونی - صنعتی به منظور کالیبراسیون

در شکل ۱- محدوده مطالعاتی در عکس هوایی نمایش داده شده است .



شکل ۱- عکس هوایی منطقه

روش کار

پهنه‌بندی خطر سیل در مرحله اول نیاز به شناخت ویژگی‌های سیلاب و سیلابدشت‌ها دارد و مستلزم نوعی گروه‌بندی سیلابدشت از نظر آسیب‌پذیری و گروه‌بندی مجموعه عملیات و فعالیت‌های عمرانی و توسعه‌ای متناسب با استعداد اراضی است. بررسی و ارزیابی ارتباط بین مسایل توسعه و خطرات موجود یا احتمالی ناشی از آن با هدف تلفیق جنبه‌های توسعه توأم با کاهش خطرات سیل از موارد بسیار مهم در پهنه‌بندی خطر سیل می‌باشد. انجام هر یک از موارد فوق نیازمند معیارهایی است که ممکن است در کشورهای مختلف با یکدیگر تفاوت داشته باشند. گروه‌بندی سیلابدشت‌ها ممکن است براساس معیارهای هیدرولیک، خطرات سیل، کاربری اراضی و یا برنامه‌های توسعه انجام گیرد (۱).

مدارکی که توسط سازمان ملل متحد انتشار یافته است، پهنه سیل‌گیر یا سیلابدشت رودخانه‌ها را مطابق شکل ۱ به سه منطقه ممنوعه (Prohibitive Zone)، مشروط (Restrictive Zone)، و مجاز (Allowable Zone) تقسیم می‌کند (۳). منطقه ممنوعه شامل سیلابراه و معبر سیلاب‌های متوسط است و در این منطقه هیچ‌گونه کاهش ظرفیت ذخیره اراضی به خاطر ساخت و ساز موجه و مجاز نیست. مرز نهایی و خارجی این منطقه در ممالک مختلف و حتی ایالات وابسته به هر کشور به صورت متفاوتی تعیین و انتخاب می‌شود (۳). مناطق و مرزبندی‌های مشخص شده در شکل ۲ به شرح ذیل توصیف شده‌اند:

۱- منطقه ممنوعه، سیلابراه و معبر سیل، در این منطقه هیچ‌گونه ساختمان یا خاکریز (پل‌ها) نباید

احداث شود.

۲- مرز بیرونی و نهایی منطقه ممنوعه و مرز داخلی منطقه مشروط

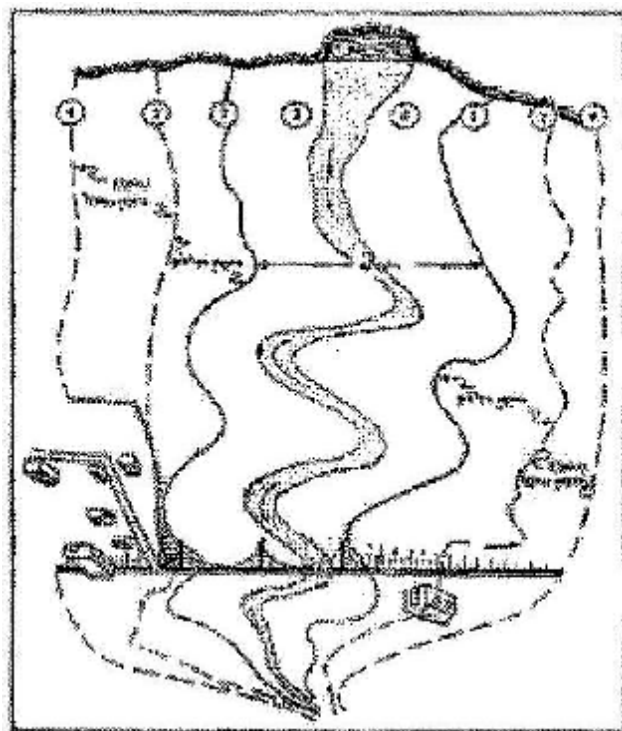
۳- مرز بیرونی و نهایی منطقه مشروط- فاصله بین ۲ و ۳ را می‌توان به طور مشروط و طبق ضوابط و

مقررات برای مقاصد مختلف مور استفاده قرارداد. مرز بیرونی منطقه مشروط، که با شماره ۳ نشان داده شده-

است، مرز سیل‌گیری اراضی سیلاب دشت بر اثر سیلاب طراحی است که محل دقیق آن طی مطالعات مربوط مشخص می‌شود.

4- مرز بیرونی و نهایی منطقه اختار (مجاز)، منطقه اختار بین 3 و 4 واقع شده و فاقد هرگونه محدودیت برای عمران است.

در این تحقیق برای دستیابی به اهداف مورد نظر با توجه به اطلاعات مورد نیاز اقدامات زیر برنامه‌ریزی و انجام گردید:



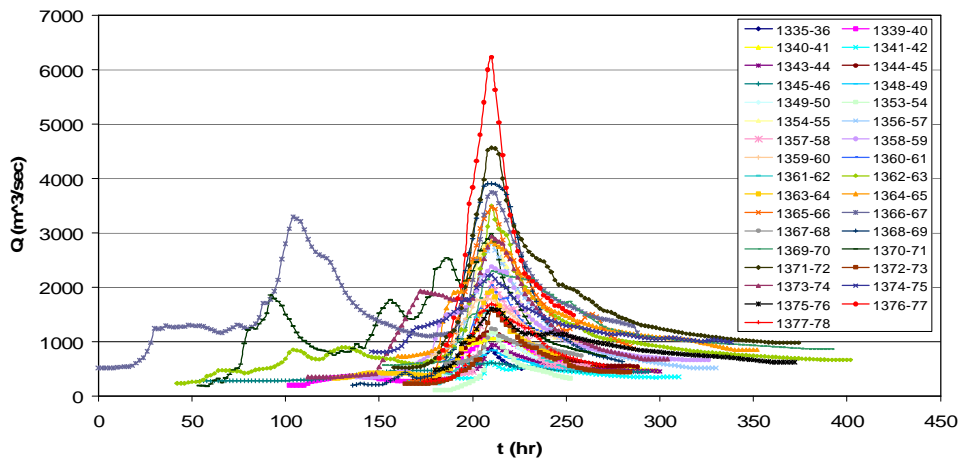
شکل 2- په‌نه‌بندی اراضی سیلاب‌دشت (3)

برآورد هیدروگراف سیلاب‌های مورد نظر در محل‌های تعیین شده

جهت تعیین هیدروگراف سیلاب طراحی از روش شاخص سیلاب (Flood index method) و هیدروگراف واحد (Unit hydrograph) استفاده گردید. روش شاخص سیلاب برای تحلیل سیلاب‌های ثبت شده در ایستگاه‌های هیدرومتری کاربرد دارد که در این رابطه وجود تعداد کافی هیدروگراف سیلاب حداکثر سالانه ضروری می‌باشد.

در این روش، ابتدا تمام هیدروگراف‌های سیلاب حداکثر لحظه‌ای سالانه از آمار تاریخی استخراج شدند و هیدروگراف‌های غیر متعارف حذف گردیدند و هیدروگراف‌های ناقص تکمیل شدند. جهت تکمیل هیدروگراف‌های ناقص در سیلاب‌های استخراجی، با استفاده از یک روش گرافیکی از آمار دبی روزانه این

ایستگاه‌ها در زمان وقوع سیل استفاده شد و با ترسیم هیدروگراف روزانه روی هیدروگراف ساعتی به صورت پله‌ای، هیدروگراف‌ها به شکل مناسبی تکمیل و اصلاح گردیدند. برای نمونه هیدروگراف‌های سیلاب حداکثر سالانه حاصل، به صورت پیک روی پیک برای ایستگاه پل شالو در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳- هیدروگراف‌های حداکثر سالانه مشاهده‌ای در ایستگاه پل شالو

روش هیدروگراف واحد برای محاسبه هیدروگراف سیلاب در حوزه‌های میانی و یا ایستگاه‌هایی به کار رفت که هیدروگراف‌های سیل مشاهده‌ای کافی نداشتند. در این روش، در واقع از طریق تحلیل بارش و به کارگیری مدل بارش - رواناب، هیدروگراف سیل محاسبه شد سپس جهت کالیبراسیون مدل بارش - رواناب با استفاده از هیدروگراف سیلاب‌های تحلیل شده در ایستگاه پل شالو به روش شاخص سیلاب و هیتوگراف بارش‌های تحلیل شده در حوزه‌های بالادست ایستگاه مزبور، پارامترهای مدل کالیبره گردید.

پهنه‌بندی خطر سیل با مدل HEC-RAS

اطلاعات اولیه مورد نیاز جهت شبیه‌سازی پهنه‌بندی سیل با استفاده از مدل HEC-RAS عبارتند از :

- × اطلاعات هیدرولیکی (ضرایب زبری ، وضعیت مسیر رودخانه ...)
- × اطلاعات توپوگرافیک (پروفیل طولی و عرضی رودخانه و اراضی حاشیه ...)
- × اطلاعات جریان سیل (هیدروگراف ورودی سیل ، منحنی دبی - اشل ...)

به برخی از موارد فوق به اختصار در زیر اشاره می شود:

مراحل مدل‌سازی :

۱- تعریف پلان رودخانه و تعریف مختصات مقاطع عرضی رودخانه (طول، عرض و ارتفاع هر نقطه

از هر مقطع)

۲- تعیین ضریب زبری رودخانه در کانال اصلی و سیلاب دشت

کاربردی‌ترین روش تعیین ضریب مانینگ (n) عبارتست از : بازدید صحرایی، قضاوت مهندسی و استفاده از جداول پیشنهادی ارایه شده توسط محققین که عموماً بر مبنای نوع دانه‌بندی بستر و پوشش آن ارائه شده اند. جمله روابط ارایه شده برای تعیین ضریب مانینگ می‌توان به رابطه معروف کاون اشاره نمود که ابتدا براساس جدول موجود، 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 مسیراعمال و ضرایب مانینگ مطابق رابطه زیر اصلاح می‌گردد.

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) n_5$$

که در رابطه فوق عوامل معادله به ترتیب عبارتند از:

n : ضریب مانینگ ترکیبی

n₀: ضریب مانینگ مربوط به دانه‌بندی مواد بستر

n₁: ضریب مانینگ مربوط به درجه ناهمواری در سطح بستر رودخانه

n₂: ضریب مانینگ مربوط به تغییرات مقطع رودخانه

n₃: ضریب مانینگ مربوط به موانع موجود در مسیر رودخانه

n₄: ضریب مانینگ مربوط به پوشش گیاهی

n₅: ضریب مانینگ مربوط به درجه انحنای مسیر رودخانه

در این مطالعات بر اساس رابطه فوق وضعیت حاکم بر رودخانه، ضریب مانینگ ارزیابی گردید.

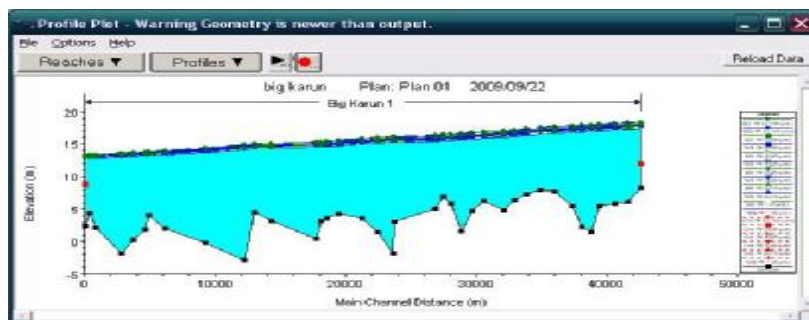
3- وارد کردن شرایط مرزی بالا دست و پایین دست (مقدار شیب طولی)

4- وارد کردن میزان دبی لازم (به منظور تحلیل جریان)

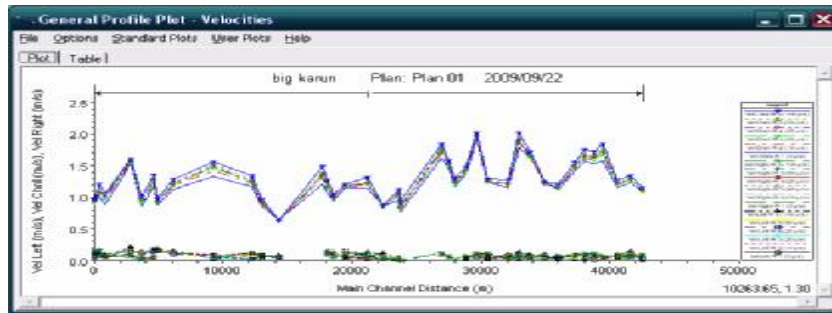
5- انتخاب رژیم جریان مورد نظر (که جریان مختلط انتخاب گردید)

نتایج حاصل از اجرای مدل

در شکل‌های زیر برخی از نتایج اخذ شده از مدل سازی با HEC-RAS نشان داده شده است.



شکل 4- تراز آب در main channel



شکل 5- تغییرات سرعت در طول رودخانه

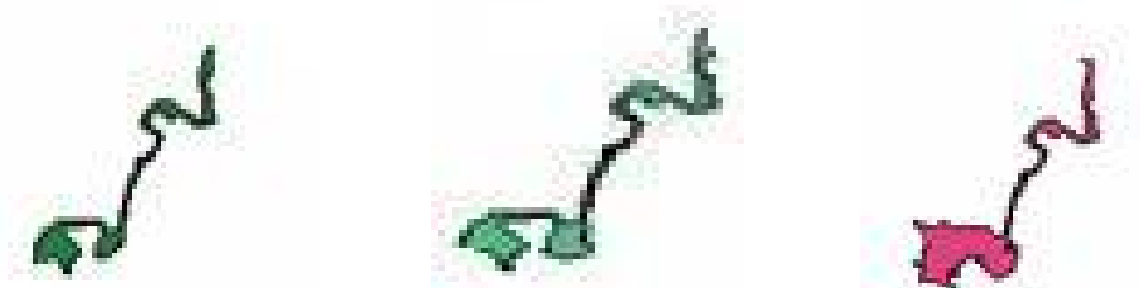
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)
1	174	PF 1 (5 yrs)	3397.70	8.29	17.34	11.71	17.40	0.000086
1	174	PF 2 (10 yrs)	3748.30	8.29	17.70	11.87	17.76	0.000080
1	174	PF 3 (20 yrs)	3884.50	8.29	17.83	11.92	17.90	0.000078
1	174	PF 4 (25 yrs)	3990.30	8.29	17.93	11.97	18.00	0.000077
1	174	PF 5 (50 yrs)	4128.80	8.29	18.05	12.03	18.11	0.000076
1	174	PF 6 (100 yrs)	4529.40	8.29	18.36	12.22	18.43	0.000074

شکل 6- حداکثر سیلاب لحظه‌ای مشاهده شده برای دوره‌های برگشت مختلف در ایستگاه 174

تعیین سطوح آب‌گرفتگی و عمق آب در مناطق سیلاب دشت با استفاده از HEC-GeoRAS

به منظور انتقال نتایج مدل هیدرولیک به یک بانک اطلاعاتی در محیط GIS، از HEC-GeoRAS که ابزاری (Extension) در نرم افزار Arcview می‌باشد، بهره گرفته شده است. این ابزار علاوه بر ارائه نتایج در محیط GIS، با استفاده از مدل رقومی زمین (شبکه مثلث‌بندی - TIN) و پردازش اطلاعات هیدرولیک اعم از رقم 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 محاسبه شد.

در شکل 7 سطوح آب‌گرفتگی در سیلاب دشت‌ها در شرایط موجود با دوره‌های بازگشت 5 الی 100 سال ارائه گردیده است.



Return period = 5year Return period =10year Return period =20year



Return period =20year Return period =25year Return period =100 year

شکل 7- سطوح آبگرفتگی در سیلاب دشت‌ها در شرایط موجود (دوره‌های بازگشت 5 الی 100 سال)

نتیجه گیری

در رودخانه کارون درحد فاصل بند قیر تا اهواز، وسعت اراضی در معرض خطرسیل در دوره بازگشت‌های مختلف تفاوت چشمگیری باهم ندارند.

در صورتی‌که در دشت‌های سیلابی حدودا 10 کیلومتر پایین دست اهواز در حدفاصل مقطع 114 تا 128 به علت تغییرات تدریجی شیب در دامنه‌های مشرف به رودخانه‌ها با بروز تغییر کمی در رقوم تراز سطح سیلاب، در وسعت اراضی در معرض خطرسیل شاهد تغییر قابل توجهی خواهیم بود.

البته باتوجه به شرایط توپوگرافیک حوزه کارون و عدم وجود مناطق مناسب، اجرای پروژه‌های سامان‌دهی مسیر رودخانه به منظور ایجاد امکان بهره‌برداری بیشتر از اراضی حریم منطقه ممنوعه و همچنین حذف خطر تهدید مناطق مسکونی و کشاورزی ضروری است. لذا برای نیل به این هدف بررسی‌های حاضر نشان داد که گزینه انحراف آب از بالا دست شهر اهواز به نهر ماله، گزینه مناسبی از نظر فنی و اقتصادی می‌باشد.

در این گزینه سیلاب رودخانه کارون با احداث کانالی به مقطع $150 \times 2,5$ مترمربع و به طول 11 کیلومتر به نهر ماله منتقل می‌گردد. با افزایش ظرفیت آبگذاری این نهر از 100 مترمکعب بر ثانیه به 600 مترمکعب بر ثانیه سیلاب نهایتا به هورشادگان منحرف می‌شود.

گزینه دیگری که برای انحراف آب رودخانه کارون به هورشادگان وجود دارد، نهر بحره است که ام چون نیازمند تملک اراضی در محدوده شهر اهواز و تخریب روستای عطیش در انتهای آن می‌باشد، از آن صرف‌نظر می‌شود.

همچنین بنا به گزارشات مهندسين مشاور، سدهای تأخیری بر روی رودخانه شور، کانال انحراف آب از رودخانه کارون به نهر ماله و هم چنین احداث خاکریز در پایین دست شهر اهواز بخش عمده‌ای از خسارات سیل رودخانه کارون را کاهش می‌دهد.

همچنین برخی از راهکارهای عملی که برای کنترل سیلاب در منطقه پیشنهاد می‌گردند عبارتند از :

- تجهیز و تکمیل شبکه ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرولوژیک بر اساس استانداردهای بین المللی
- مجهز کردن رودخانه‌های طغیانی مشرف به مراکز شهری و اقتصادی به سیستم‌های پیش‌بینی و هشدار سیل

- لحاظ نمودن مطالعات پیش‌بینی و هشدار سیل در تهیه دستورالعمل‌های بهره‌برداری از مخازن سدها در جهت امکان تخلیه سریع مخازن در شرایط وقوع سیلاب‌های بزرگ
- پیش‌بینی سیستم هشدار سیل
- ملزم نمودن مردم به رعایت هر چه بیشتر حریم رودخانه‌ها
- انجام عملیات عکس برداری هوایی بلافاصله پس از وقوع سیلاب‌های بزرگ در حوزه

پیشنهادها

با توجه به عدم تجهیز عموم حوزه‌های آبخیز کشور به تجهیزات اندازه‌گیری، کاربرد روش‌های تجربی در برآورد سیلاب‌ها اجتناب ناپذیر است. از طرف دیگر بخش عمده‌ای از اطلاعات مورد نیاز این روش‌ها و بهره‌گیری از طریق به‌کارگیری سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) فنون سنجش از راه دور، قابل تهیه می‌باشند. لذا توصیه می‌شود که با توجه به قابلیت فنون و ابزار یادشده در تهیه اطلاعات و اعمال تغییرات مورد نظر در لایه‌های اطلاعاتی اولیه، بانک‌ها یا اطلاعات پایه حوزه‌های آبخیز کشور تحت استاندارد واحدی برنامه‌ریزی و تهیه گردند. از طرف دیگر تهیه و ارایه نقشه‌های پهنه خطر سیل با تدوین ضوابط مورد نیاز در کلیه دشت‌های سیلابی و حریم رودخانه‌ها امری ضروری و ممکن است. چون، وجود چنین نقشه‌هایی، ابزاری مهم و مؤثر در برنامه‌ریزی اجرای طرح‌های عمرانی، کشاورزی،... و به‌طور کلی در تعیین کاربری اراضی چنین مناطقی در دست مسوولین ذی‌ربط ملی و منطقه‌ای خواهد بود. بدیهی است که بهره‌گیری از این نقشه‌ها در کاهش هزینه طرح‌های عمرانی به‌لحاظ پیش‌بینی رفتار جریان در شرایط مختلف منجر به کاهش خسارات ناشی از سیل در شرایط طغیانی با اتخاذ تدابیر مناسب، خواهد گردید. همچنین با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق، می‌توان در مناطقی با شرایط یکسان با بهره‌گیری از روش و مواد مورد استفاده نسبت به پهنه‌بندی خطر سیل در مسیل‌ها و دشت‌های سیلابی اقدام نمود.

- برای حصول نتیجه بهتر می‌توان پهنه‌بندی را در محدوده مورد نظر به کمک نرم افزار دیگر نیز مدل-سازی نمود و نتایج را با هم مقایسه کرد.

منابع

- 1- تلوری، ع.، 1376؛ مدیریت مهارسیلاب کاهش خسارات سیل، کارگاه آموزشی- تخصصی مهارسیلاب رودخانه ها.
- 2- مهندسین مشاور مهتاب قدس ، 1387 ؛ مطالعات مهارسیلاب در حوزه‌های آبخیز کارون و دز؛
- 3- معاونت آبخیزداری، 1381؛ بررسی وضعیت سیل کشور.
- 4- معاونت آبخیزداری، 1370؛ مطالعات مهندسی رودخانه علاء مرودشت استان فارس.
- 5- معاونت آبخیزداری، مطالعات جامع حوزه آبخیزدماوند،
- 6- وهابی، جلیل، 1376؛ پهنه‌بندی خطر سیل با به‌کارگیری سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در حوزه آبخیز طالقان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
- 7- Mendenhall W., Reinmuth J.E., Beaver R., 1989; Statistics for management and economics, 1989, P. 700-701.
- 8- Richard A. & etal, 1999; flood plain determination using ArcView and HEC-RAS, www.esri.com/library/userconf/proc99/proceed/papers/pap808.
- 9- United Nations, ESCAP, 1984; Proceedings of the seminar on flood Vulnerability Analysis and on the Principles of flood Plain Management for flood Loss Prevention, W.R.S., No.58.

