

مدل مدیریت به روز کنترل سیلاب

چکیده

سدها جزو مهم‌ترین سازه‌های هیدرولیکی می‌باشند که معمولاً به صورت چند منظوره ساخته می‌شوند. یکی از اهداف احداث سدها کنترل سیلاب است و برای این منظور قسمتی از حجم مخزن برای کنترل سیلاب در نظر گرفته می‌شود البته به دلیل اینکه هزینه ساخت سد با افزایش ارتفاع آن به شدت افزایش می‌یابد برای کاهش هزینه سد و همچنین استفاده بیشتر از حجم، دریاچه‌هایی را بر روی بدنه یا روی سرریز تعبیه می‌کنند که هنگام وقوع سیل با الگوی زمانی که برای اداره کردن این دریاچه‌ها مشخص می‌کنند، سیل ورودی به مخزن کنترل می‌شود.

در این تحقیق سعی شده است با بهره‌گیری از مدل‌های شبیه‌سازی مختلف (مدل‌های بارش- رواناب و مدل هیدرولیکی روندیابی سیل) و تلفیق آنها با یک مدل بهینه‌سازی (برنامه‌ریزی پویا) سیاستی جهت کنترل و کاهش خسارت ناشی از سیل ارائه شود. مدل مدیریتی سیلاب ترکیبی از مدل روندیابی جریان تک‌بعدی غیردائمی مدل بارش رواناب، مدل کنترل دریاچه، نمایشگرهای گرافیکی و یک نرم‌افزاری است که به صورت ساده در ارتباط با کاربر می‌باشد. روندیابی جریان غیر دائمی مدل با استفاده از مدل DWOPER انجام می‌شود. در تخمین میزان رواناب ناشی از بارش و بدست آوردن هیدروگراف سیل ورودی به مخزن از مدل HEC-1 استفاده شده است. در مدل کنترل دریاچه با استفاده از یک مدل برنامه‌ریزی پویا و تلفیق آن با مدل DWOPER، میزان خروجی در هر بازه زمانی به گونه‌ای تعیین می‌شود که خسارت ناشی از سیل در محل خسارت کمینه شود. استفاده از یک مدل روندیابی برای محاسبه ارتفاع آب و میزان دبی در محل خسارت و لحاظ کردن اثر استهلاک طغیان در مسیر رودخانه می‌تواند یک نوآوری در این زمینه محسوب شود. مدل‌های گرافیکی و نرم‌افزار تهیه شده، اجازه کنترل اطلاعات در هر مرحله را به کاربر می‌دهد که در نهایت یک خروجی به صورت برنامه زمان‌بندی کنترل دریاچه‌های روی سرریزی یا دریاچه‌های دیگر به اپراتور دریاچه ارائه می‌شود.

مقدمه

سیل یکی از زیان‌بارترین بلایای طبیعی است که طبق آمار سازمان ملل متحد در یک دهه در ۱۳۰ مورد رویداد بزرگ بیش از ۶۱۰۳ نفر تلفات انسانی و ۹/۰۶ میلیارد دلار خسارت اقتصادی محسوس بجا گذاشته است. تنها در بین سال‌های ۱۳۷۱-۱۳۶۱ تعداد سیلاب‌های مهم کشور به ۴۸۱ مورد رسیده است و خسارت جانی در این سیلاب‌ها اعم از کشته یا مجروح، بیش از ۶۳۲ نفر بوده است که رقم بزرگی را تشکیل می‌دهد.

یک سیستم مدیریتی کنترل سیلاب موفق می‌بایست از ویژگی‌های زیر برخوردار باشد:

۱. قابلیت جمع‌آوری اطلاعات هیدرولوژیکی و داده‌های مربوط به پایش بر روی حوزه
۲. ایجاد یک بانک اطلاعاتی و مدیریت آن
۳. کالیبراسیون و قابلیت پیش‌بینی سیلاب

۴. دارا بودن بهینه سازی برای حداقل سازی خسارت ناشی از سیل
۵. يك سیستم رایانه‌ای روندیابی، تخمین خسارت، بهینه‌سازی و کنترل سیلاب مطابق با اطلاعات کسب و یا پیش‌بینی شده

اهداف مطالعه

مدل مدیریت سیلاب مورد بررسی یکی از روش‌های غیرسازه‌ای کنترل سیلاب است که با استفاده از زیر مدل‌های مختلف جهت شبیه‌سازی و بهینه‌سازی خروجی از دریاچه‌ها و سد طراحی شده است تا خسارت ناشی از سیل پیش‌بینی شده در محل آسیب‌پذیر پایین‌دست حداقل شود.

هدف از این مطالعه ارزیابی الگوی زمانی برای کنترل دریاچه‌های سازه کنترل سیلاب است بگونه‌ای که میزان خسارت ناشی از سیل در پایین‌دست، با احتساب اثر پخش سیل در رودخانه به حداقل برسد. وسعت و پیچیدگی شاخص‌ها در تدوین و شبیه‌سازی ما را بر آن می‌دارد تا فرایند پیش‌بینی و مدیریتی مدل را در قالب يك سیستم مورد ارزیابی قرار دهیم. اجزای این سیستم عبارتند از:

۱. مدل‌های مختلف شبیه‌سازی بارش رواناب
۲. مدل کنترل دریاچه و الگوریتم بهینه‌سازی
۳. مدل روندیابی دینامیکی و برآورد خسارت

این اجزا به صورت پیوسته با هم در ارتباط می‌باشند و این ارتباط متقابل، ماهیت و رفتار سیستم را تعیین می‌کند. به دلیل زیاد بودن حجم محاسبات و همچنین دقت بالای محاسبات و محدود بودن توانایی انسان در ذخیره اطلاعات و دنبال کردن روند محاسبات و زمان‌بری فنون دستی، لازم است تا از فنون و مدل‌های مناسب ریاضی جهت ارتقای مدل مدیریتی و دقت بیشتر رفتار سیستم استفاده شود. لذا می‌توان مفاهیم و اصول و سیاست‌ها را در قالب مدل‌های ریاضی تنظیم نموده و با استفاده از روش‌ها و الگوریتم‌های کلاسیکی موجود، بهترین سیاست را جهت کنترل سیلاب بکار برد.

دامنه کار

در این تحقیق سعی شده است با بهره‌گیری از مدل‌های شبیه‌سازی مختلف (مدل‌های بارش- رواناب و مدل‌های هیدرولیکی روندیابی سیل) و تلفیق آنها با مدل برنامه‌ریزی پویا (بهینه‌سازی) سیاستی جهت کنترل کاهش خسارت ناشی از سیل ارزیابی شود. مدل مدیریتی کنترل سیلاب ترکیبی از مدل روندیابی جریان تک‌بعدي غیردائمی، مدل بارش رواناب، مدل کنترل دریاچه، نمایشگرهای گرافیکی و يك نرم‌افزار است که به صورت ساده در ارتباط با کاربر می‌باشد. روندیابی جریان غیر دائمی با استفاده از يك مدل روندیابی انجام می‌شود. در تخمین میزان رواناب ناشی از بارش و بدست آوردن هیدروگراف سیل ورودی به مخزن از يك مدل بارش رواناب استفاده شده است. در مدل کنترل دریاچه با استفاده از يك مدل برنامه‌ریزی پویا و تلفیق آن با مدل روندیابی هیدرولیکی، میزان خروجی در بازه زمانی به گونه‌ای تعیین می‌شود که خسارت ناشی از سیل در محل خسارت حداقل شود. لحاظ کردن اثر استهلاک طغیان در میسر رودخانه

می‌تواند یک نوآوری در این زمینه محسوب شود. مدل‌های گرافیک و نرم‌افزار تهیه شده، اجازه کنترل اطلاعات در هر مرحله را به کاربر می‌دهد که در نهایت یک خروجی به صورت برنامه زمان‌بندی کنترل دریاچه‌های سرریز و یا دیگر دریاچه‌های سد، دستورالعمل بهره‌برداری را به اپراتور خواهد داد.

همچنین روش‌های مختلف اداره کردن دریاچه روی سد و حالت‌های گوناگون اتخاذ سیاست‌های بهره‌برداری مورد بررسی قرار می‌گیرد. به منظور بدست آوردن یک سیاست جامع و همچنین ارایه روش‌های نوین، در مقایسه با روش‌های موجود، از مدل‌های بهینه‌سازی استفاده می‌شود. چهارچوب کلی این مدل‌ها در تعیین دبی‌های خروجی به گونه‌ای است که میزان خسارت در محل خسارت حداقل شود. در این راستا مدل‌های فراوانی تهیه شده است که در این تحقیق خلاصه‌ای از مدل‌های بهینه‌سازی موجود برای مدیریت دریاچه‌های سد نیز آورده شده است.

ادبیات موضوع

امروزه به دلایل خسارت فراوانی که سیل‌ها در مناطق دنیا به بار می‌آورند، مطالعات فراوانی بر روی سیستم‌های کنترل سیلاب انجام شده است و در نتیجه این تحقیقات مدل‌های فراوانی برای اداره مخزن جهت کنترل سیلاب ارایه شده است. یکی از مشهورترین مدل‌ها توسط آقایان (۱۹۹۲) Mays & Unver برای مدیریت کنترل سیلاب تهیه شده که در این مدل از یک مدل بارش رواناب برای پیش‌بینی سیلاب در حوزه رودخانه کلرادو جنوبی استفاده شده است.

از جمله کارهای دیگری که می‌توان اشاره کرد مدل HEC5 است که توسط مهندسان ارتش آمریکا تهیه و منتشر شده است. در این مدل خروجی‌ها بر اساس قاعده ثابت و الگوهای از پیش تعیین شده برای کنترل سیلاب تعیین می‌شود.

Can & Houch (1984) یک مدل برنامه‌ریزی آرمانی را برای کنترل ساعتی سیستم‌های چند مخزنه بکار بردند و این مدل را در حوزه رودخانه سبز در هندوستان مورد استفاده قرار دادند. Soon و همکاران (۱۹۸۹) یک مدل بهینه‌سازی برای بهره‌برداری از مخازن چندگانه در زمان وقوع سیلاب ارایه دادند. آقایان Fontane & Shim (1996) با ارایه سیستم DSS یک استراتژی مدیریتی ارایه و در مدل خود از تکنیک شبکه عصبی برای پیش‌بینی بارش رواناب و یک سیستم GIS برای بدست آوردن اطلاعات حوزه و برنامه‌ریزی پویا دینامیکی برای کنترل سیلاب استفاده کرده‌اند.

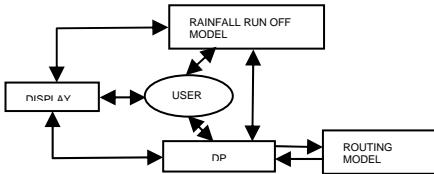
در مدل‌هایی که به آنها اشاره شد از یک مدل پیش‌بینی (یا اندازه‌گیری جریان) الگویی مناسب برای تخلیه سیلاب از مخازن سدها اتخاذ می‌شود. نکته قابل توجه در این مدل‌ها آن است که در این مدل‌ها اثرات پخش سیلاب و روندیابی کامل سیل بعد از مخزن مورد بررسی قرار نگرفته و در مواردی فقط با استفاده از ضرایبی میزان دبی در محل خسارت تخمین زده شده است.

مدل مدیریت به روز کنترل سیلاب

مدل مدیریت به روز کنترل سیلاب با استفاده از کاهش تداوم سیل‌پذیری و کاهش پیک سیلاب و همچنین اتخاذ

سیاست‌هایی در بهره‌برداری از مخازن سدها که سبب کاهش خسارت ناشی از سیل می‌شود. این روش جزو روش‌های غیرسازه‌ای کنترل سیلاب است و مهم‌ترین مشخصه آن آرایه یک راهکار مدیریتی برای استفاده از تجهیزات و امکانات موجود می‌باشد. مدلی که در این تحقیق تهیه شده از چهار زیر مدل تشکیل شده است:

۱. زیر مدل بارش رواناب
 ۲. زیر مدل کنترل دریاچه (مدل برنامه‌ریزی پویا)
 ۳. زیر مدل روندیابی دینامیکی
 ۴. زیر مدل گرافیکی
- ارتباط منطقی بین مدل‌ها در شکل آورده شده است.



ارتباط بین زیر مدل‌ها

یکی از ویژگی‌های مدل اصلی قابلیت ورود داده‌های ایستگاه‌های باران‌سنجی و اندازه‌گیری و پیش‌بینی سیلاب است که این امر توسط مدل بارش رواناب صورت می‌گیرد. مدل بارش رواناب براساس داده‌هایی که از ایستگاه‌های باران‌سنجی و اندازه‌گیری بدست می‌آید، میزان بارش و رواناب حاصل را محاسبه می‌کنند و رواناب محاسبه شده تا ورودی به مخزن روندیابی هیدرولوژیکی شده و در نهایت هیدروگراف ورودی به مخزن پیش‌بینی می‌شود. البته محاسبه میزان رواناب را می‌توان با استفاده از روش‌های مختلف هیدرولوژی انجام داد که در مورد انواع روش‌های موجود و قابلیت‌های مدل‌ها در گزارش طرح به تفصیل بحث شده است. فواصل زمانی برای هیدروگراف سیل معمولاً در حدود یک ساعت است که می‌توان مقدار کمتری هم در نظر گرفت. نکته قابل توجه در مدل بارش رواناب بکار گرفته شده کالیبراسیون مدل است که با استفاده از هیدروگراف پیش‌بینی شده و مقادیر مشاهده شده در رودخانه انجام می‌شود. در طی کالیبراسیون مدل پارامترهای هیدرولوژیکی حوزه تصحیح شده و مقادیر واقعی برای انجام محاسبات بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرند. هیدروگراف ورودی به مخزن که از مدل بارش رواناب بدست می‌آید بعنوان ورودی در مدل کنترل دریاچه به خدمت گرفته می‌شوند. محاسبات این مدل به صورت مرحله‌ای بوده و برای انجام محاسبات خود از یک الگوریتم بهینه‌سازی پویا بهره می‌گیرد. مقادیر خروجی از دریاچه به گونه‌ای تعیین می‌شوند که در پایان مجموع خسارت‌ها در پایین‌دست حداقل گردد. برای تعیین میزان خسارت در محل آسیب‌پذیر می‌بایست تراز سیل در رودخانه مشخص گردد. در این مدل برای محاسبه دقیق ارتفاع جریان از مدل روندیابی دینامیکی استفاده شده است. این مدل با برنامه‌ریزی پویا تلفیق شده است به گونه‌ای که خروجی‌های تعیین شده از مدل DP به مدل روندیابی وارد شده و پس از محاسبه ارتفاع و دبی جریان در محل آسیب‌پذیر، میزان

خسارت توسط يك تابع خسارت و با استفاده از مقادير دبي و ارتفاع سيل بدست آمده، محاسبه مي‌شود. اين ميزان خسارت دوباره وارد DP شده و پروسه بهينه‌سازي تکرار مي‌شود.

از جمله نکات بارز اين مدل لحاظ کردن فاصله مكاني و زماني است که طول مي‌کشد تا خروجي‌ها از دريچه به محل خسارت برسند. همانگونه که گفته شد براي اين منظور از مدل رونديابي ديناميكي استفاده شده است. خروجي‌هاي اين مدل به صورت هيدروگراف محاسبه شده، وارد تابع خسارت مي‌شود و تابع خسارت بر حسب ارتفاع آب ميزان خسارت را محاسبه مي‌کند. خسارت محاسبه شده بعنوان مقدار جریمه يا خسارت وارد مدل DP شده و براي محاسبه گام بعدي مورد استفاده قرار مي‌گيرد. در انتها مدل DP مسيري را که داراي کمترین خسارت در کل زمان پایه هيدروگراف سيل است، تعيين کرده و مقادير خروجي مشخص مي‌شود. اين مقدار وارد مدل گرافيكي مي‌گردد و مدل گرافيكي اين مقادير خروجي و همچنين هيدروگراف ورودی و تراز آب در مخزن (يا حجم متناظر با آن) را به صورت گراف‌هاي نمايش مي‌دهد.

نتايج و دستاوردها

به منظور بررسي اثرات رونديابي در پايين‌دست بر روي سياست خروجي حالات زير در نظر گرفته شده است:
(الف) محل خسارت بلافاصله بعد از محل سد قرار دارد.
(ب) محل خسارت در فاصله ۱۵ كيلومتری از محل سد قرار دارد.

به منظور بررسي اثرات تابع خسارت بر روي مسير بهينه دو حالت زير در نظر گرفته شده است:
(الف) تابع خسارت با توان ۲ ارتفاع آب متناسب است.
(ب) تابع خسارت با توان $1/5$ ارتفاع آب متناسب است.
به منظور بررسي تاثير حالات مختلف مخزن هنگام شروع سيل نيز دو حالت زير در نظر گرفته شده است:
(الف) تراز آب مخزن در شروع سيلاب در تراز حداقل قرار دارد.
(ب) تراز آب مخزن در شروع سيلاب تراز نرمال قرار دارد که در اين حالت آزادسازي همراه با پيش تخليه است.
نتايج عملکرد مدل و الگوي رهاسازي سيلاب و بهره‌برداري از دريچه‌ها در حالات مختلف تهيه و تعدادي از آنها به عنوان نمونه، در شکل‌هاي زير ارايه شده است. همانطور که ملاحظه مي‌شود مدل قادر است با اعمال سياست‌هاي بهره‌برداري مختلف که متاثر از شرايط اوليه مخزن، محل خسارت بالقوه و شکل تابع خسارت است، بهترين دستورالعمل را تهيه و صادر نمايد.

نتيجه‌گيري

با توجه به گستردگي مطالب و تعداد مدل‌هاي موجود، مطالعات گسترده‌اي در زمينه انواع مدل‌هاي بارش رواناب و مدل‌هاي رونديابي صورت گرفته و مزایا و معایب هر کدام از مدل‌ها مشخص شده است. در نهايت با توجه به بررسي‌هاي انجام گرفته و نتايج بدست آمده مدل HEC-1 براي مدل بارش رواناب و مدل DWOPER براي مدل رونديابي انتخاب شد. با

بررسی‌های انجام شده و کاربرد مدل تهیه شده نتایج زیر حاصل شد:

۱. مدل DP برای مدل کردن مسایلی که به صورت چند مرحله‌ای و با قیودات و توابع غیر خطی هستند بسیار مناسب است. در مسایل مدیریت به روز کنترل سیلاب که تصمیم‌گیری به صورت مرحله‌ای صورت می‌گیرد و توابع خسارت ماهیت غیر خطی دارند استفاده از مدل DP نتایج قابل قبولی به همراه دارد.
۲. ادغام مدل DP با مدل DWOPER سبب می‌شود که محدودیت‌های مدل DWOPER به مدل DP منتقل شود که این امر سبب افزایش محدودیت‌ها و کاهش کارایی مدل می‌شود.
۳. میزان دقت و کارایی مدل DP بستگی به حافظه رایانه دارد که خود این امر سبب ایجاد محدودیتی در میزان محاسبات مدل می‌شود.
۴. تلفیق مدل‌های شبیه‌سازی و بهینه‌سازی، ضمن بیان دقیق‌تر شرایط حاکم بر مساله، به دلیل لحاظ کردن استهلاک سیل در مسیر رودخانه، با کارایی بیشتری همراه بوده و نسبت به دیگر روش‌های مدیریت سیلاب دارای نتایج بهتری است.

پیشنهادها

- به منظور حصول نتیجه مطلوب‌تر و ارایه يك الگوي مناسب‌تر جهت تحقیقات آتی پیشنهادهاي زیر ارایه می‌شود:
۱. تربیت و استفاده از شبکه عصبی و یا مدل‌های ANFIS برای پیش‌بینی یا تخمین سیلاب به عنوان يك مدل بارش رواناب که توسط داده‌های بارش و رواناب در يك منطقه خاص تربیت می‌شود.
 ۲. تهیه و تنظیم جداولی شامل سیاست‌های آزادسازی تحت شرایط مختلفی برای بدست آوردن الگوي بهره‌برداري دراز مدت.
 ۳. تنظیم يك سیستم خبره^۱ برای اداره دريچه در بهره‌برداري دراز مدت.
 ۴. ادغام يك سیستم GIS^۲ با مدل تهیه شده جهت بدست آوردن اطلاعات پایه‌ای و مشخصات هیدرولیکی از این سیستم.
 ۵. تدوین يك برنامه مطالعاتی جامع در سطح ملي برای بررسی مشکلات موجود در دستورالعمل‌های کنترل دريچه در سدهای دريچه‌دار و بررسی سیاست‌های اتخاذ شده در سیلاب‌های اتفاق افتاده نتایج این سیاست‌ها با نتایج بدست آمده از مدل به منظور محاسبه مقدار کاهش خسارتي بدست آمده است.

1- Expert system

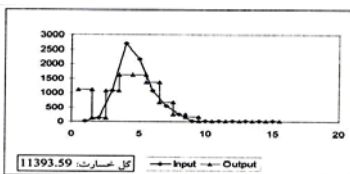
2- Geography Information System

تشکر و قدردانی

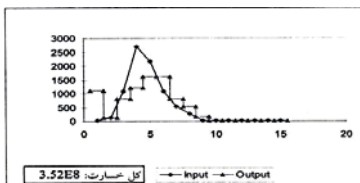
این طرح پژوهشی با حمایت مالی معاونت پژوهش و مطالعات پایه شرکت سهامی مدیریت منابع آب (دفتر امور پژوهشی و پشتیبانی علمی) به انجام رسیده است که بدین وسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

مراجع

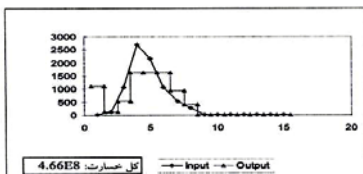
- ۱- محمودیان، رامین و افشار، عباس (۱۳۷۸) " بهینه‌سازی روش کنترل سیلاب با استفاده از حجم کنترل سیلاب مخازن سدها"، دومین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه علم و صنعت ایران، آبان ۷۸.
- 2- Shim , S.B.,Fontane , D.G. (1996) " Decision Support System In Han River Basin , South Korea " , ASCE , The 5th Water Res. Oper . Workshop.
- 3- Unver ,O.,Mays , L.W.,and Lansey K.,(1987) " Realtime Flood Management Model for the Highland Lake System " ASCE (WRPM) ,113(5), 620-638 .
- 4- U.S. Army Corp of Engineers (1979) " HEC5 Simulation of Flood Control and Conservation System " . HEC. Davis , California .
- 5- U.S. Army Corp of Engineers (1998) " DWOPER Dynamic Wave Operation Program , User's Manual " , HEC . Davis , California .



(توان تابع خسارت = ۲)



پایین دست سد
(توان تابع خسارت = ۵)



پایین دست سد
(توان تابع خسارت = ۵)

Abstract

Multipurpose dams are among the most important hydraulic structures. when flood control is to be considered, a given volume of the reservoir will is allocated to this purpose. To reduce the construction cost, it is an usual practice to equip the spillways with radial gates. A certain operation rule may be used to operate such gate.

It has been tried to employ appropriate mathematical models (i.e. rainfall-runoff model, hydraulic routing model, etc.)In conjunction with dynamic programming optimization model (DP) to develop an optimal policy, which minimizes it total damages, the developed flood control management model (FCMM) is composed of 1. Rainfall - runoff module, 2. Unsteady one-dimensional hydraulic routing module, 3. Gate operation model, and 4. A user interface module. Hydraulic routing is performed employing Dynamic Wave Operating model (DWOPER). HEC-1 is employed to develop inflow hydrograph from measured rainfall. Gate operation module is DP optimization model, which interacts with DWOPER to control the outflow at any given time step, which minimizes the total damage. Combining an optimization technique with a hydraulic routing model, which accounts for flood damping is a new development in flood management problems. Developed UI provides the user with on friendly output showing the time schedule for gate operation.