پیشرفت‌ها در علوم و مهندسی آب
جلد ۱، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳

Advances in Water Sciences and Engineering
Vol.۱, Issue ۱, Spring ۲۰۲٤

مدل جامع شبیه‌سازی سیلاب رودخانه کاجو منطقه دشتیاری با هدف بررسی راهکار برای کنترل و کاهش خسارت سیل

حسین هلالات ناصریان[۱]، محمد عامل‌صادقی[۲*]

چکیده

وقوع سیلاب‌های ناگهانی در رودخانه کاجو واقع در جنوب استان سیستان و بلوچستان، خسارات مالی و جانی زیادی را به ویژه در محدوده دشت دشتیاری که بازه انتهایی و محل الحاق آن به رودخانه بزرگ باهوکلات است، به بار می‌آورد. بررسی تصاویر ماهواره‌ای مربوط به زمان سیلاب نشان می‌دهد که در محدوده دشت دشتیاری، جریان سیلاب رودخانه کاجو با رودخانه‌های مجاور خود تبادل هیدرولیکی داشته و با توجه به گستردگی سیلاب‌دشت و نامشخص بودن الگوی پخش جریان در محدوده دشت، امکان حصول به طرح مناسب کنترل سیلاب با استفاده از مدل‌های هیدرولیکی یک‌بعدی عملا وجود ندارد. در این مقاله، نتایج مدلسازی هیدرودینامیکی سیلاب رودخانه‌های مشرف به دشت دشتیاری بویژه رودخانه کاجو توسط مدل یک‌بعدی-دوبعدی MIKE FLOOD برای سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ساله ارائه و طرح مناسب علاج‌بخشی سیل و کاهش خسارت آن در منطقه پیشنهاد شده است.

کلمات کلیدی: سیلاب، مدل MIKE FLOOD، علاج بخشی، رودخانه کاجو.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۸/۲
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۹/۳

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران.
۲- استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران. ایمیل: masadeghi۱۳۵۵@yahoo.com
*- نویسنده مسئول

Comprehensive flood simulation model of Kajo river, Dashtyari region, with the aim of investigating a solution to control and reduce flood damage

H. Halalat Naserian[۱], M. AmelSadeghi[۲*]

Abstract

The occurrence of sudden floods in the Kajo River, located in the south of Sistan and Baluchistan Province, causes a lot of financial and human losses, especially in the area of the Dashtyari Plain, which is the final stretch and the place where it joins the great Bahukalat River. The analysis of satellite images related to the flood time shows that in the area of the Dashtyari plain, the flood flow of the Kajo river has a hydraulic exchange with the nearby rivers, and considering the extent of the flood plain and the uncertainty of the flow distribution pattern in the area of the plain, it is possible to achieve a suitable flood control plan with The use of one-dimensional hydraulic models practically does not exist.

In this article, the results of the hydrodynamic modeling of floods in the rivers overlooking the Dashtyari plain, especially the kajo River, have been presented by the ۱D-۲D MIKE FLOOD model for a flood with a return period of ۲۵ years, and a suitable plan for flood treatment and damage reduction in the region has been proposed.

Keywords: Flood , Mike Flood Model, Treatment, Kajo river.

Received: October ۲٤, ۲۰۲۳
Accepted: November ۲٤, ۲۰۲۳

۱- MSc., Civil Engineering Department, Islamic Azad University, Takestan, Iran.
۲- Assistant Professor, Civil Engineering Department, Islamic Azad University, Takestan, Iran.
Email: masadeghi۱۳۵۵@yahoo.com
* Corresponding Author

مقدمه

رودخانه کاجو در جنوب استان سیستان و بلوچستان و در محدوده شهرستان‌های نیکشهر و چابهار قرار دارد. این رودخانه از کوه‌های نیلاجبدا و کیلگی واقع در دهستان چانف در ۶۰ کیلومتری جنوب غربی ایرانشهر سرچشمه گرفته و با پیچ و خم و شیب نسبتا زیاد و الحاق سرشاخه‌های متعدد و قابل توجه از محدوده کوهستانی عبور می‌نماید. این رودخانه در پایین‌دست با عبور از حاشیه روستای پیرسهراب وارد دشت دشتیاری شده راه دسترسی به رودخانه کاجو در منطقه دشتیاری، جاده آسفالته چابهار-پلان-پیرسهراب و سایر جاده‌های فرعی و محلی است. در این محدوده و در حاشیه رودخانه کاجو، در حدود ۲۰۰ آبادی با جمعیت بالغ بر ۴۰۰۰۰ نفر ساکن هستند. در شکل شماره ۱ موقعیت رودخانه کاجو در استان سیستان و بلوچستان و راه‌های دسترسی به آن در منطقه دشتیاری نشان داده شده است.

پس از گذر از مجاورت شهر پلان به رودخانه باهوکلات می‌پیوندد. وقوع سیلاب‌های شدید و مخرب، حاشیه رودخانه کاجو به ویژه در محدوده دشت پرجمعیت دشتیاری و محل الحاق آن به رودخانه باهوکلات را تهدید می‌نماید، به گونه‌ای که وقوع سیلاب در سال‌های اخیر به ویژه در اسفندماه ۱۳۷۶ و بهمن‌ماه ۱۳۸۳ با دبی بیش از ۳۰۰۰ متر مکعب بر ثانیه منجر به خسارات مالی گسترده بر اراضی کشاورزی و تاسیسات و ابنیه مختلف گردیده است.

شکل ۱- موقعیت رودخانه کاجو در استان سیستان و بلوچستان و راههای دسترسی به آن در منطقه دشتیاری

بر اساس گزارش‌های موجود خسارات سیلاب بهمن‌ماه ۱۳۸۳ در این محدوده بالغ بر ۴۰ میلیارد

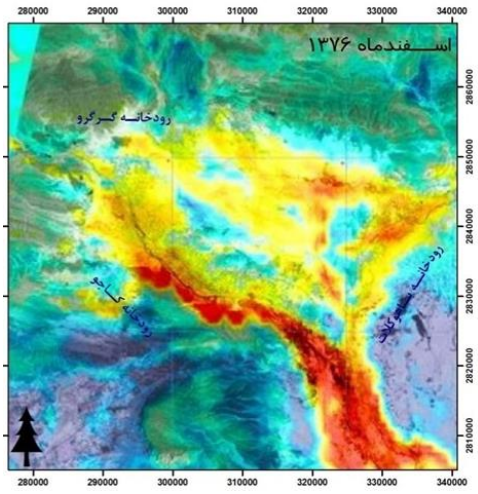
ریال برآورد شده است. همچنین وقوع سیلاب ناشی از سیکلون حاره‌ای گونو در خردادماه سال ۱۳۸۶ بخشهای وسیعی از محدوده دشت دشتیاری را تحت تاثیر قرار داد بطوریکه ابعاد وسیع و شدت سیلاب ناشی از این طوفان، موجب بروز تلفات انسانی و خسارات سنگین مالی در این محدوده گردید. در شکل شماره ۲ نمایی از سیل‌گرفتگی محدوده دشت دشتیاری و نحوه پخش سیلاب در منطقه بر روی تصاویر ماهواره‌ای مربوط به زمان وقوع سیلاب در اسفندماه ۱۳۷۶ و سیلاب ناشی از سیکلون حاره‌ای گونو در خردادماه سال ۱۳۸۶ (برداشت شده توسط سازمان ناسا در مورخ ۸۶/۳/۲۰) نشان داده شده است.

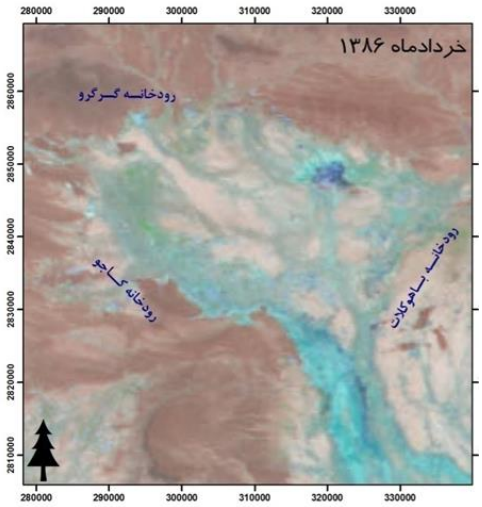
با توجه به وجود سوابق خسارت سیل متعدد در منطقه دشتیاری تاکنون و اجرای طرح‌های توسعه منابع آب و شبکه مدرن آبیاری و سرمایه‌گذاری‌های ثابت در سالهای اخیر و احتمال وقوع سیلابهای مشابه در آینده نزدیک، شناخت صحیح مسأله سیلاب و ارائه طرح علاج‌بخشی مناسب و تأثیرگذار برای کنترل سیلاب در منطقه از اهمیت بسزایی برخوردار است. لذا مدلسازی جامع سیل در سطحی وسیعتر از زیرحوضه کاجو و شناخت شاخه‌های طغیانی و موثر بر ایجاد خسارت سیل در منطقه دشتیاری از اهداف مهم در انجام این تحقیق به شمار می‌رود. در این زمینه برای نیل به هدف مطالعه، انتخاب مدل ریاضی و نرم افزار مناسب شبیه‌سازی سیلاب بسیار مهم است.

سوابق مطالعاتی در این زمینه نشان می‌دهد که وفایی منش و همکاران در سال ۱۳۸۶ تحلیل یک بعدی جریان رودخانه شریانی رودان در استان هرمزگان توسط نرم افزار HEC-RAS را مورد بررسی قرار دادند. نتایج بدست آمده نشان داد که این مدل در محاسبات هیدرولیکی رودخانه‌های شریانی که دارای بازه وسیعی می باشند، نمی تواند مسیر اصلی جریان را تشخیص دهد. در ادامه فیاضی و همکاران در سال ۱۳۸۸ موضوع تفاوت دقت مدل‌های یک بعدی MIKE۱۱ و یک بعدی-دوبعدی MIKE FLOOD را در زمینه پهنه‌بندی سیلاب محدوده‌ای از رودخانه کشکان در استان لرستان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج بدست آمده نشان داد که در رودخانه‌های کم عرض تفاوتی در نتایج شبیه‌سازی بین این دو مدل وجود ندارد ولی در مناطق دشتی که پهنه گستره جغرافیایی تأثیر جریان آب بیشتر است، به منظور حصول اطمینان از صحت شبیه‌سازی بایستی از مدل MIKE FLOOD استفاده نمود. بهداروند و همکاران نیز در سال ۱۳۸۸ ضمن مدلسازی بازه‌ای ۱۵۰ کیلومتری از رودخانه کارون در استان خوزستان به نتایج مشابهی دست یافتند. سیف و همکاران نیز در سال ۱۳۸۸ ضمن بیان مبانی، روش تهیه و مزایای نقشه خطر سیل برای ناحیه‌ای

سیل‌گیر بر روی مخروط‌افکنه جاماش در استان هرمزگان، با استفاده از نتایج شبیه‌سازی هیدرولیکی توسط مدل یک بعدی-دوبعدی MIKE FLOOD نسبت به شناسایی نقاط آسیب‌پذیر و معرفی راه‌های امن تخلیه و نقاط امن اسکان اقدام نمودند.

نتایج بدست آمده نشان داد با توجه به ماهیت دو بعدی جریان در محدوده مخروط افکنه‌ها، مدل MIKE FLOOD این امکان را فراهم می‌آورد که بتوان مدل یک بعدی MIKE۱۱ و مدل دوبعدی MIKE۲۱ را با هم تلفیق و مناسب‌ترین خروجی ممکن را که به شرایط واقعی بسیار نزدیک است تهیه نمود.





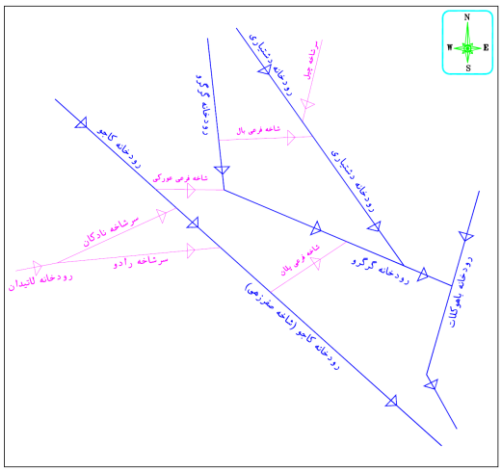
شکل ۲- نمایی از سیل‌گرفتگی و نحوه پخش سیلاب در محدوده دشت دشتیاری بر روی تصاویر ماهواره‌ای در زمان وقوع سیل در سال‌های ۱۳۷۶ (بالا)، ۱۳۸۶ (پایین)

مواد و روش‌ها

در این مقاله به منظور مدل‌سازی مناسب و تعیین پهنه‌های سیل‌گیر در محدوده دشت دشتیاری شهرستان چابهار و پیش‌بینی الگوی پخش جریان سیلاب در محدوده دشت، از مدل هیدرودینامیک یک بعدی- دوبعدی MIKE FLOOD استفاده گردید. برای شناخت سیستم آبراهه‌ای منطقه مورد مطالعه، نمایی از موقعیت کانال کاجو و شاخه‌های دیگر فعال مجاور آن در زمان سیلاب در شکل شماره ۳ نشان داده شده است. بازدیدهای میدانی از منطقه طرح نشان داد که کانال کاجو در مواقع آبدهی کم، جریان ورودی از بالادست را به

پایین‌دست و برای مصرف سیستم شبکه آبیاری سنتی موجود در دشت و در انتها به رودخانه باهوکلات انتقال می‌دهد. اما در مواقع سیلابی به ویژه سیلابهای ناگهانی به بدلیل عرض بسیار کم و شرایط گذردهی کم سیلاب در سالیان متمادی در کانال کاجو، این کانال توان گذردهی سیلاب ورودی از بالادست را نداشته و در نتیجه با توجه به شرایط توپوگرافی منطقه، سیلاب در شاخه صفرزهی (مشرف به اراضی ساحل راست کانال) و سرشاخه‌های فرعی منتهی به رودخانه گرگرو (مشرف به اراضی ساحل چپ کانال) و سایر سرشاخه‌های فرعی طبیعی و مصنوعی که از کانال کاجو بنا به دلایلی منشعب می‌شوند، سرریز شده و این امر موجب سیل‌گرفتگی محدوده دشت می‌گردد. با توجه به توضیحات ارائه شده سیستم رودخانه‌ای مشرف به محدوده دشت دشتیاری، شامل رودخانه لاتیدان ورودی از سمت غرب، رودخانه کاجو (شاخه عریض صفرزهی) ورودی از سمت شمال‌غربی، رودخانه‌های شریانی گرگرو و دشتیاری و سرشاخه چیل ورودی از شمال و رودخانه باهوکلات به عنوان زهکش اصلی منطقه ورودی از شمال‌غربی است. مهمترین خصوصیت رودخانه‌ها در این محدوده شریانی بودن و اندرکنش هیدرولیکی آنها با یکدیگر است، بطوریکه گفتگو با اهالی محلی نشان می‌دهد که در مواقع سیلاب شدید در بازه پایین‌دست و محل الحاق رودخانه‌های کاجو و گرگرو به باهوکلات، به دلیل شریانی بودن رودخانه‌ها و خروج جریان از شاخه اصلی و جاری شدن در سیلاب‌دشت، اراضی دشت در حدفاصل رودخانه‌های مذکور دچار سیل‌گرفتگی شدید می‌گردد. ماهیت شریانی رودخانه‌ها و توسعه بسیار زیاد مناطق مسکونی و کشاورزی در محدوده دشت (بویژه در حاشیه کانال کاجو) پیچیدگی خاصی را در ساماندهی و کنترل سیل اراضی مذکور ایجاد می‌نماید. در شکل شماره ۴ نمایی از سیستم رودخانه‌ای محدوده دشت دشتیاری به صورت شماتیک نشان داده شده است.

شکل ۳- موقعیت کانال کاجو در محدوده دشت دشتیاری بر روی تصاویر ماهواره‌ای



شکل ۴- سیستم شماتیک رودخانه‌ای در محدوده دشت دشتیاری

مدل MIKE FLOOD (MF) که توسط موسسه هیدرولیک دانمارک (Danish Hydraulics Institute-DHI) و برای مدل‌سازی رودخانه و سیلاب‌دشت در حالت سیلابی طراحی شده، یک زوج دینامیکی (Dynamic Coupled Model) از مدل رودخانه‌ای یک‌بعدی(M۱۱) MIKE۱۱ و مدل دوبعدی(M۲۱) MIKE۲۱ است. مدل M۱۱ به دلیل ماهیت یک بعدی، توانایی مدلسازی دقیق جریان‌های عرضی را ندارد و به همین خاطر در مدلسازی سیلاب‌ها در سیلابدشت‌ها نمی‌توان به نتایج مدل‌های یک بعدی از جمله M۱۱ اعتماد نمود. مدل M۲۱ نیز یک نرم‌افزار حرفه‌ای برای مدل‌سازی دو بعدی جریانهای سطح آزاد است که دارای ابزارهای گسترده‌ای برای مدلسازی هیدرولیک جریان و پارامترهای وابسته آن در رودخانه‌ها، مصب‌ها، آب‌های کم‌عمق ساحلی و آب‌های دور از ساحل است. در مدل‌سازی سیلاب به کمک MF، حل معادلات یک بعدی و دو بعدی جریان بصورت همزمان توسط دو نرم‌افزار M۱۱ و M۲۱ انجام شده و در هر گام زمانی، ارتباط بین دو مدل توسط MF برقرار می‌گردد (DHI,۲۰۰۷). از ورودی‌های مهم برای مدل‌سازی، هندسه بستر و مشخصات جریان است. در این مطالعه به منظور معرفی هندسه بستر محدوده مورد مطالعه به مساحت تقریبی ۱۷۰ هزار هکتار به مدل‌های M۱۱ و M۲۱، با توجه به اهداف مطالعه از مدل ارتفاعی رقومی (Digital Elevation Model-DEM) با دقت مسطحاتی ۹۰ متری و به منظور تشخیص خط‌القعر رودخانه‌ها نیز از تصاویر مربوط به نرم افزار Google Earth با دقت وضوح بسیار بالا بهره گرفته شد. همچنین به منظور معرفی هیدروگراف سیلاب، با انجام تحلیل فراوانی بر روی آمار ایستگاه‌های هیدرومتری موجود در منطقه و تعمیم آن به کمک روش‌های تجربی، هیدروگراف سیلاب رودخانه‌ها در محل ورود آنها به دشت برای دوره بازگشت ۲۵ ساله، به عنوان سیلاب شاخص در مهندسی رودخانه و تعیین بستر و حریم رودخانه‌ها، محاسبه و مورد استفاده قرار گرفت (یکم، ۱۳۹۰).

جدول ۱- مقادیر بیشینه دبی سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله زیرحوضه‌های مورد مطالعه

زیرحوضه / رودخانه	بیشینه دبی سیلاب (متر مکعب در ثانیه)
لاتیدان	۱۳۷۱
کاجو	۵۴۷۹
گرگرو	۱۱۳۲
دشتیاری	۹۱۶
چیل	۶۴۶

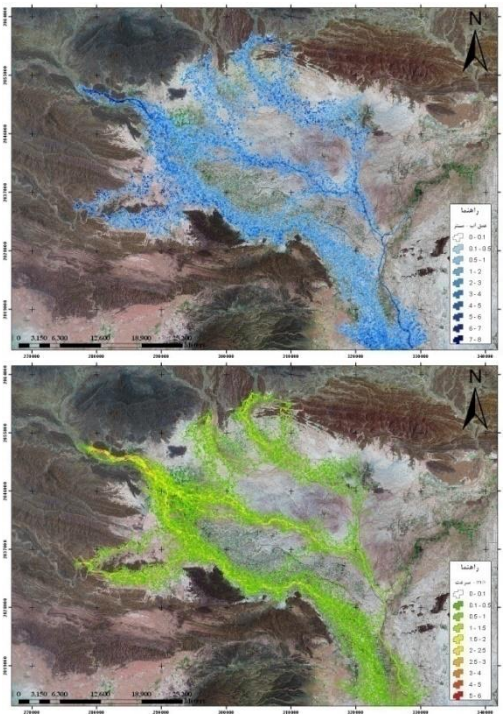
در جدول شماره ۱ مقادیر بیشینه دبی سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله برای هر یک از زیرحوضه‌های مورد مطالعه در مدل‌سازی، ارائه شده است.

به منظور اجرای مدل، در ابتدا مدل M۱۱ در حدفاصل بازه‌های ابتدایی هر یک از رودخانه‌ها در محدوده کوهستانی و با هدف معرفی شرایط مرزی ساخته شد. لذا پس از ترسیم کانال اصلی رودخانه‌ها در بازه‌های موردنظر به کمک تصاویر ماهواره‌ای، مقاطع عرضی ایجاد و سپس مشخصات سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله به صورت سری‌های زمانی به عنوان شرایط مرزی بالادست و تراز سیلاب در انتهای بازه‌های منتخب، محاسبه شده توسط مدل یک بعدی HEC-RAS، به عنوان شرط مرزی پایین‌دست به مدل معرفی و دبی به مقدار بسیار اندک و سطح آب نظیر آن در طول رودخانه، به عنوان شرایط اولیه مدل در نظر گرفته شد. در پایان زبری بستر رودخانه به عنوان ضریب مانینگ به مدل معرفی و با توجه به بازدیدهای میدانی انجام شده و منابع موجود در این زمینه، مقدار آن تخمین زده شد (یکم، ۱۳۹۰).

سپس مدل M۲۱ به منظور بررسی الگوی جریان و رفتار سیلاب در محدوده دشت ساخته شد. در این مدل ابتدا محدوده مدل‌سازی با توجه به نتایج بازدیدهای میدانی و شناخت پهنه سیل‌گیری سیلاب‌های تاریخی انتخاب و هندسه بستر به‌صورت بسی‌متری (Bathymetry) به مدل معرفی گردید. در ادامه دوره زمانی مدل‌سازی در تمامی حالات، برابر با زمان پایه هیدروگراف سیلاب‌های ورودی مدل انتخاب و گام زمانی انجام محاسبات با توجه به پایدار بودن مدل تعیین گردید. همچنین به منظور معرفی شرایط اولیه به مدل از عمق آب برابر صفر استفاده شد. به عبارت دیگر در شرایط اولیه محدوده دشت بصورت خشک فرض شده که با توجه به ماهیت فصلی رودخانه‌های منطقه فرضی منطقی است. در پایان با توجه به غیریکنواختی پوشش گیاهی و تغییرات زبری در بستر و کناره رودخانه‌ها و نیز در کل محدوده دشت، ضریب زبری با استفاده از نقشه کاربری اراضی بصورت متغیر به مدل معرفی گردید (یکم، ۱۳۹۰).

همان‌طور که بیان شد، مدل MF ترکیب هیدرودینامیکی دو نرم‌افزار یک بعدی M۱۱ و دوبعدی M۲۱ است که با اتصال آنها به یکدیگر باعث افزایش سرعت انجام محاسبات می‌گردد.

به‌صورت کلی شش نوع اتصال توسط MF قابل تعریف است که اتصال استاندارد و جانبی دو نوع مهم و کاربردی آنها می‌باشند. لذا با توجه به اهداف این مطالعه و شرایط مورفولوژیک رودخانه‌های مشرف به محدوده دشت، به منظور مدلسازی سیلاب از اتصال استاندارد (Standard Link) به عنوان رابط دینامیکی مدل‌های یک‌بعدی و دو بعدی استفاده گردید. در این نوع اتصال، انتهای رودخانه در M۱۱ به یک یا چند المان M۲۱ متصل شده و برای ارتباط یک شبکه گسترده M۲۱ به یک رودخانه در محدوده شبکه المان‌های M۲۱ کاربرد دارد. لذا باتوجه به عدم نیاز به مدل‌سازی یک‌بعدی کانال اصلی رودخانه‌ها بطور کامل، تنها بازه‌هایی ابتدایی رودخانه‌ها در محدوده کوهستانی جهت مدل‌سازی یک‌بعدی انتخاب و سپس از اتصال استاندارد به عنوان رابط دینامیکی مدل‌های یک‌بعدی و دوبعدی استفاده گردید. بدین ترتیب یک مدل M۱۱ و یک مدل M۲۱ (بدون شرایط مرزی)، تعریف و به MF معرفی و مدل‌سازی سیلاب انجام گردید. نکته بسیار مهم این است که تا حد امکان سعی گردید در تعریف مدل‌ها، زمان و گام‌های زمانی مدل‌سازی یکسان تعریف شوند. البته مدل M۲۱ که به همراه مدل M۱۱ اجرا می‌شود می‌تواند دارای گام زمانی متفاوت با M۱۱ باشد که گاهی اوقات باعث ناپایداری مدل می‌شود. به منظور صحت‌سنجی نتایج مدل از تطبیق پهنه‌های بدست آمده از مدل با پهنه سیلاب استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای مربوط به زمان وقوع سیلاب در محدوده دشت در دوره‌های زمانی مختلف بهره گرفته شد. برای ارائه طرح مناسب به منظور کنترل سیلاب رودخانه‌ها و کاهش خسارات آنها در محدوده دشت دشتیاری، تعیین پارامترهای هیدرولیکی موردنیاز نظیر تراز سطح آب (یا پهنه سیل) و سرعت جریان ضروری است که نحوه استخراج آنها و تحلیل‌های لازم با استفاده از امکانات نرم افزار ArcGIS انجام پذیرفت. مدل MF نتایج محاسبات عمق آب و سرعت را به صورت فایل Grid ذخیره می‌نماید که در محیط GIS قابل خواندن است. لذا با توجه به حجم بسیار زیاد فایل خروجی‌های مدل، نتایج محاسبات عمق آب و سرعت در هر ۱۵ دقیقه از مدل MF خوانده شد، بطوری‌که در هر یک از گام‌های زمانی، یک فایل Grid از عمق آب جریان و دو فایل Grid از سرعت لحظه‌ای جریان (در دو جهت X و Y) استخراج و به محیط GIS منتقل گردید. پس از آن با تحلیل‌های لازم در محیط GIS نتایج مربوط به پارامترهای بیشینه سطح آب و سرعت جریان در محدوده دشت استخراج و با استفاده از این نتایج، پهنه‌های سیلاب و تغییرات عمق و سرعت جریان بدست آمد. در شکل شماره ۵ پهنه‌های سیلابی و نحوه توزیع عمق و سرعت جریان برای سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله نشان داده شده است.



شکل ۵- پهنه سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله و تغییرات عمق و سرعت جریان در محدوده مورد مطالعه

نتایج و بحث

با بررسی نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله در محدوده دشت دشتیاری موارد زیر را می‌توان نتیجه گرفت: عمق سیلاب رودخانه کاجو در بازه بالادست دشت دشتیاری(ناحیه کوهستانی) حداکثر به میزان ۱/۵ تا ۷/۵ متر و در بازه پایین‌دست دشت به علت پخشیدگی جریان در سیلابدشت به کمتر از ۱/۵ تا ۴ متر می‌رسد. از طرفی عرض گستره سیلاب در محدوده دشت به ۶ کیلومتر نیز می‌رسد که نشان‌دهنده سطح بسیار زیاد محدوده سیل‌گرفتگی در این منطقه است.

رودخانه کاجو پس از ورود به محدوده دشت و در مجاورت روستای عورکی به دو شریان اصلی شامل؛ شاخه صفرزهی مشرف به اراضی ساحل راست رودخانه و سرشاخه عورکی منتهی به رودخانه گرگرو تقسیم می‌گردد. این دو شاخه قسمت عمده حجم جریان سیلاب را با خود منتقل می‌کنند. سرعت جریان در محدوده بالادست و پایین‌دست دشت دشتیاری که عمق جریان نسبتا زیاد است، به شدت بالا بوده و به بیش از ۴ متر بر ثانیه می‌رسد. در محدوده میانی دشت، به علت افزایش عرض و کاهش عمق جریان، سرعت جریان به کمتر از ۲ متر بر ثانیه نیز می‌رسد که با توجه به عریض بودن سیلابدشت این مقدار سرعت کمی نبوده و نشان دهنده مخرب بودن سیلاب حتی در محدوده دشت است. با توجه به شرایط توپوگرافی و شیب غالب اراضی در محدوده دشت، اغلب جریان سیلاب ورودی از بالادست رودخانه کاجو در شاخه صفرزهی جریان می‌یابد. پس از مدلسازی جریان مشخص گردید که جریان رودخانه کاجو در شاخه اصلی با نسبت ۶۰ به ۴۰ بین دو شاخه صفرزهی و سرشاخه عورکی تقسیم می‌گردد، به نحوی که ۶۰ درصد جریان وارد شاخه صفرزهی شده و ۴۰ درصد

مابقی توسط سرشاخه عورکی به رودخانه گرگرو انتقال می‌یابد. البته با توجه به عرض کم کانال کاجو در منطقه دشتیاری بطور متوسط برابر با ۵۰ متر، طبیعی است که با استفاده از مدل هیدرولیکی ساخته شده به کمک DEM با دقت مسطحاتی ۹۰ متری در این مطالعه، مشارکت این کانال در انتقال جریان سیلاب به خوبی نشان داده نخواهد شد. لیکن در طبیعت بر اساس مشاهدات میدانی و مصاحبه با ساکنین منطقه، سهم مشارکت کانال کاجو در مقایسه با شاخه‌های دیگر بسیار اندک بوده و عرض کم آن و مسدود شدن انتهای این کانال قبل از رسیدن به رودخانه باهوکلات تأکید بر این مطلب است. در بازه‌های مشخصی در شاخه صفرزهی، بخشی از جریان سیلابی این شاخه به سمت اراضی کشاورزی محدود به آن و کانال کاجو سرریز و جاری می‌شود که یکی از دلایل مهم ایجاد خسارت سیل در دشت دشتیاری شناخته می‌شود. لذا با توجه به توسعه گسترده روستاها و اراضی زراعی حاشیه آنها در محدوده دشت دشتیاری و در حاشیه رودخانه کاجو و آسیب پذیری زیاد آنها در مواقع سیلابی، لزوم اجرای یک طرح ویژه ساماندهی با توجه به شرایط خاص محدوده دشت اجتناب ناپذیر خواهد بود. در ادامه براساس نتایج بدست آمده از مدل‌سازی جامع هیدرودینامیکی سیلاب در محدوده دشت دشتیاری شهرستان چابهار توسط مدل MIKE FLOOD، طرح‌های زیر به ترتیب اولویت یا به صورت همزمان برای حل مسأله و علاج بخشی سیل و در جهت کاهش خسارات سیل پیشنهاد می‌گردد:

۱- ضرورت طراحی و اجرای سازه مقسم در ورودی رودخانه کاجو به دشت دشتیاری

با توجه به ضرورت تقسیم جریان در محل ورود رودخانه کاجو به دشت دشتیاری به صورت کنترل شده می‌بایست یک سازه مقسم طراحی و اجرا شود. از اهداف مهم طرح این نوع سازه، ضرورت ورود جریان به دشت دشتیاری به صورت کنترل شده و متناسب با عرض ساماندهی شده و همچنین انحراف میزان هدفمند جریان سیلابی در شاخه‌های گرگرو و صفرزهی به منظور کنترل سیلاب و در صورت امکان بهره‌برداری از آن با ایجاد فرصت جهت تغذیه سفره آب زیرزمینی است.

۲- ضرورت مطالعه و اجرای طرح کنترل سیل شاخه صفرزهی

در بازه‌های مشخصی در شاخه صفرزهی، بخشی از جریان سیلابی این شاخه به سمت اراضی کشاورزی محدود به آن و کانال کاجو سرریز و جاری می‌شود که در این مطالعه، یکی از دلایل مهم ایجاد خسارت سیل در دشت دشتیاری شناخته شد. لذا پس از طراحی و اجرای مقسم و یا به صورت همزمان، ضروری است که در بازه‌های سیلگیر، گزینه‌های

مختلف کنترل سیل بررسی و گزینه منتخب اجرا شود. طول کل این شاخه تقریباً به طول ۶۰ کیلومتر است.

۳- ساماندهی و بازگشایی بستر رودخانه کاجو در منطقه دشتیاری

مشاهدات و بررسی‌های میدانی و همچنین عکسهای هوایی از محدوده رودخانه کاجو در منطقه دشتیاری نشان داد که در طول زمان اراضی کشاورزی به سمت رودخانه کاجو توسعه یافته است. با توجه به آبیاری اراضی به صورت شق نهر از این رودخانه توسط زارعین، دستیازی‌هایی نیز به بستر رودخانه انجام شده که باعث بهم خوردگی طبیعت آن شده است. این مسئله تاحدی است که رودخانه از موقعیت مشخصی به بعد مسدود شده و انتهای آن به رودخانه باهوکلات به لحاظ هیدرولیکی متصل نمی‌شود. با بررسی عکس‌های هوایی لازم است براساس مبانی حقوقی رودخانه‌ها، بستر و حریم و طرح بازگشایی رودخانه اجرا و پس از طرح و اجرای طرح مقسم، طرح ساماندهی رودخانه با عرض تعادلی مناسب مطالعه و اجرا گردد.

لازم به توضیح است که طرح‌های فوق براساس ضرورت علاج‌بخشی سیل در منطقه دشتیاری و با استفاده از DEM با دقت مسطحاتی ۹۰ متری در دسترس از محدوده تقریباً وسیع در منطقه، مطالعه و ارائه گردیده است. در پایان براساس یافته‌های حاصل از این تحقیق، مطالعات تکمیلی و تحقیقات کاربردی اجرایی بیشتری در این زمینه به صورت زیر پیشنهاد می‌گردد.

۴- مطالعه جامع مهندسی رودخانه‌های حوضه آبریز باهوکلات

با توجه به اهمیت شرایط جریان در رودخانه باهوکلات به عنوان خطالقعر اصلی در سیستم رودخانه‌ای منطقه ضروری است جهت تصمیم‌گیری در اجرای طرح‌های مرحله اول ساماندهی مطالعه شده در رودخانه‌های این حوضه شامل سرباز، کاجو، گرگرو، صفرزهی و ... به صورت یکپارچه اثرات طرح‌ها مشخص و اولویت اجرایی آنها به منظور مدیریت و کاهش خسارات سیل منطقه مورد بررسی قرار گیرد. با توجه به سیستم جامع‌نگر در زمینه مهندسی رودخانه می‌توان نظام بهره‌برداری از منابع آب و رسوب و دیگر منابع محتمل درآمدزا را نیز با مشارکت تمامی ذینفعان از جمله مردم و دیگر سازمان‌ها تهیه و ارائه نمود.

۵- اجرای سیستم‌های هشدار سیل

با توجه به نتایج بدست آمده از مدل مبنی بر پخش سریع سیلاب رودخانه‌های مشرف به دشت به صورت سیلاب‌های ناگهانی یا Flash Floods استفاده از سیستم‌های هشدار سیل به عنوان روشی

برای کاهش خسارات جانی سیلاب حائز اهمیت فراوانی است.

نتیجه‌گیری

دشت دشتیاری به علت سیلاب‌های ناگهانی رودخانه کاجو خسارات مالی و جانی زیادی به وجود آورده است. در این تحقیق، نتایج مدلسازی هیدرودینامیکی سیلاب رودخانه‌های مجاور دشت دشتیاری به خصوص رودخانه کاجو بررسی شده است. این بخش توسط مدل یک‌بعدی- دوبعدی MIKE FLOOD برای سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله ارائه شده است. نتایج نشان داد که در رودخانه‌های کم عرض تفاوتی در نتایج شبیه‌سازی بین این دو مدل وجود ندارد. در خصوص مناطق دشتی به منظور اطمینان بیشتر از صحت شبیه‌سازی باید از مدل MIKE FLOOD استفاده شود. لازم به ذکر است که با توجه به ماهیت دو بعدی جریان در محدوده مخروط افکنه‌ها، مدل مذکور می‌تواند مدل یک بعدی MIKE۱۱ و مدل دوبعدی MIKE۲۱ را با هم تلفیق و مناسب‌ترین خروجی ممکن را تهیه کند.

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از تحقیق و کار گروهی ساماندهی رودخانه کاجو در مشاور یکم برای شرکت آب منطقه‌ای سیستان و بلوچستان بوده که توسط تهیه‌کنندگان آن به رشته تحریر در آمده است. لذا بر خود می‌دانیم بدینوسیله از مدیریت محترم شرکت آب منطقه‌ای و شرکت یکم برای فراهم نمودن زمینه و انجام این تحقیق کمال تشکر و سپاسگزاری به عمل آید.

مراجع

بهداروندی عسکر، م.، پارسی، ا.، و ایزدجو، ف. (۱۳۸۸)، "مقایسه نتایج مدل یک بعدی MIKE۱۱ با مدل دو بعدیMIKE FLOOD و تعیین حساسیت مدل MIKE۱۱"، هشتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، اهواز، دانشگاه شهید چمران.

فیاضی، م.، باقری، ع.، صدقی، ح.، کیهان، ک. و کاوه، ف. (۱۳۸۸)، "مطالعه پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از مدل‌های ریاضی یک بعدی و دو بعدی (MIKE۱۱ & MIKE FLOOD)"، هشتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، اهواز، دانشگاه شهید چمران.

سیف، س.، نوروزی، ا.، عامل صادقی، م. و وثوق، م. (۱۳۸۸)، "نقشه‌های خطر پذیری سیل در مخروط افکنه‌ها - مطالعه موردی حوضه آبریز جاماش"، هشتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، اهواز، دانشگاه شهید چمران.

شرکت مهندسین مشاور یکم، (۱۳۹۰)، "گزارش مطالعات پایه و تخصصی پروژه تعیین حد بستر و حریم و ساماندهی مرحله اول رودخانه کاجو"

وفایی منش، م و خورسندی، ح. (۱۳۸۶)، "تحلیل یک بعدی جریان در رودخانه‌های شریانی و تعیین بستر و حریم آن‌ها - مطالعه موردی رودخانه رودان"، ششمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه شهرکرد.