

پهنه‌بندی سیلاب با مقایسه نرم‌افزارهای HEC-RAS و CCHE2D

مریم غلامی^۱، داور خلیلی^۲، رضا محمدی مطلق^۳

۱- کارشناس ارشد آبیاری زهکشی دانشگاه شیراز

۲- استاد بخش مهندسی آب دانشگاه شیراز

۳- کارشناس ارشد منابع آب

maryamgholami84@gmail.com

خلاصه

تعیین حد بستر و حریم رودخانه‌ها امکان حفاظت بستر رودخانه در مقابل اشغال و احداث هرگونه تاسیسات غیرمجاز در آن را فراهم می‌سازد. بدین ترتیب، بستر رودخانه که محل عبور سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ سال است، خالی از هرگونه ساخت و ساز باقی مانده و خسارت ناشی از سیلاب روی تاسیسات احداثی کاهش می‌یابد. نخستین فعالیت‌ها در مورد کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در مطالعه پدیده سیلاب به اوایل دهه ۱۹۸۰ میلادی باز می‌گردد. منطقه مورد مطالعه، ۵ کیلومتر از حوضه رودخانه فیروزآباد است. در این تحقیق با قرار دادن مقاطع عرضی در مدل HEC-RAS و دیگر مشخصات لازم همچون ضریب مانینگ و دبی سیلاب طراحی برای شبیه‌سازی هیدرولیکی و تعیین پهنه سیلاب در مدل HEC-RAS پهنه سیلاب به صورت رقوم سطح آب محاسبه گردید و در محل مقاطع عرضی مشخص شده است. از طرف دیگر با استفاده از آمار و اطلاعات محدوده مورد نظر، از روش دو بعدی CCHE2D نیز برای پهنه‌بندی سیلاب رودخانه فیروزآباد استفاده شد. بنابراین نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که پهنه سیلاب بدست آمده از مدل‌های دوبعدی تطابق زیادی با بستر تعیین شده از بازدیدهای میدانی و عکس‌های هوایی داشته، در حالی که نتایج مدل یک بعدی در بخش‌هایی از رودخانه غیرقابل اعتماد می‌باشد.

کلمات کلیدی: پهنه‌بندی، سیلاب، رودخانه فیروزآباد، CCHE2D، GIS

۱. مقدمه

اگرچه رودخانه‌ها از دیرباز به عنوان مهمترین منبع تأمین نیازهای آبی جوامع بشری به شمار می‌روند، با این وجود وقوع سیلاب‌های مخرب در این مجاری همواره عامل تهدیدی برای ساکنین اراضی و تاسیسات احداث شده در مجاورت سواحل آن‌ها می‌باشند. برای پیش‌بینی واکنش رودخانه معمولاً از مدل‌های عددی و فیزیکی استفاده می‌شود. سیل یک پدیده طبیعی است و به راحتی قابل پیش‌بینی نمی‌باشد، بنابراین می‌توان اثرات مخرب سیل را با سیستم‌های پیش‌بینی قوی، کمتر کرد. از اساسی‌ترین گام‌ها در مدیریت سیلاب‌دشت، کنترل سیلاب، تخمین خسارات سیل و تعیین دقیق مرزهای سیلاب‌دشت یا همان پهنه‌بندی سیلاب می‌باشد، که دست‌یابی به این نتایج جز با تحلیل هیدرولیکی امکان‌پذیر نمی‌باشد. نرم‌افزارهای زیادی به بازار معرفی شده‌اند که با الگوریتم‌های قوی به کار رفته در آن‌ها برای حل معادلات جبری، پشتوانه بسیار خوبی را برای مهندسين هیدرولیک فراهم کرده است. با افزایش قابلیت دسترسی به اطلاعات دیجیتال و کارایی تحلیل‌های کامپیوتری، GIS^۴ نقش بسزایی را در مدل‌سازی هیدرولوژیکی و هیدرولیکی ایفا می‌کند. با توسعه روزافزون نرم‌افزارهای GIS و تکنیک‌های دورسنجی امکان مدل شدن پدیده سیلاب به طور دقیق‌تر فراهم شده است.

^۱ کارشناس ارشد آبیاری زهکشی

^۲ استاد بخش مهندسی آب دانشگاه شیراز

^۳ کارشناس ارشد منابع آب

^۴Geographic Information System

در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزارهای HecGeoRas و CCHE2D و مقایسه آن‌ها اقدام به پهنه‌بندی سیل در قسمتی از رودخانه فیروزآباد کرده و با استفاده از نتایج هر روش، معایب و محاسن آن‌ها بیان شده و بهترین روش را مشخص می‌نماییم.

۲. پیشینه تحقیق

باور (۱۹۹۴)، اولین فعالیت‌ها را در زمینه برقراری پیوند بین مدل هیدرولیکی و GIS انجام داد. [۱] به این ترتیب ابزاری به نام ARC/HEC2 بمنظور کمک به هیدرولوژیست‌ها در تحلیل‌های مربوط به پهنه‌بندی تهیه گردید. آکرمین و همکاران از HEC-GeoRAS به عنوان برنامه مرتبط کننده ARCInfo و HEC-RAS استفاده کردند. [۲] این نگارش خاص GeoRAS از ArcInfo برای بدست آوردن اطلاعات جغرافیایی که در HEC-RAS مورد نیاز است استفاده می‌کند. با استفاده از مدل HEC-RAS صفری در سال ۱۳۸۸ اقدام به پهنه‌بندی خطر سیل در رودخانه نکا واقع در استان مازندران نمود و نتیجه گرفت که این مدل کارایی زیادی در محاسبه پروفیل سطح آب و پهنه سیل گیر دارد. [۳] مغربی در سال ۱۳۹۰، در پژوهشی الگوی جریان آشفته را در بازه ای از رودخانه ی کارون در حالت غیر دائم توسط مدل‌های عددی MIKE 21 FM و CCHE2D مدلسازی نموده است. [۴] نتایج این پژوهش نشان داد که هر دو مدل به طور کیفی به درستی الگوی جریان در ناحیه‌ی مورد بررسی را شبیه‌سازی می‌کنند، اما تفاوت‌هایی در نتایج حاصل از مدلسازی در دو نرم‌افزار فوق الذکر وجود دارد که ناشی از نحوه‌ی حل معادلات و توانایی‌های متفاوت در این دو نرم‌افزار است. سلطان‌زاده و همکاران در پژوهشی در سال ۱۳۸۸، اثر تغییر ناگهانی زبری بستر بر توزیع سرعت و پروفیل سطح آب در کانال‌های روباز را به صورت عددی و آزمایشگاهی بررسی کردند. [۵] در این پژوهش شبیه‌سازی عددی جریان با استفاده از نرم‌افزارهای FLUENT و CCHE-2D و آزمایش‌ها در آزمایشگاه سازه‌های هیدرولیکی دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام پذیرفت. خماری پامساری و همکاران در پژوهشی در سال ۱۳۹۰، الگوی جریان غیرمماندگار در رودخانه چم‌میرکی را با استفاده از مدل هیدرودینامیکی CCHE-2D بررسی نمودند و تغییرات رفتاری پارامترهای سرعت، عمق جریان، تنش برشی و غیره را در رودخانه مورد ارزیابی و تحلیل قرار دادند. [۶]

۳. منطقه مورد مطالعه

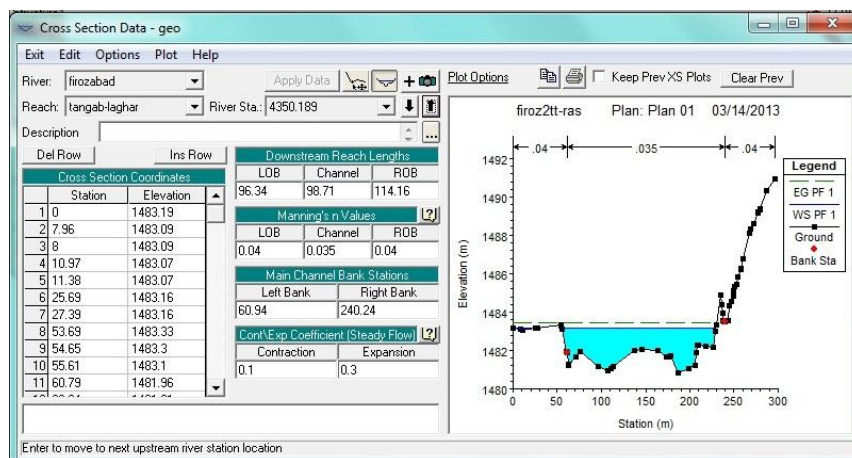
منطقه مورد مطالعه، حوضه رودخانه فیروزآباد است که پس از عبور از تنگ عرب‌ها یا هابقر بنام نهر اعظم نامیده شده سپس با پیوستن آب‌های شور حاصل از گنبد‌های نمکی از پایین‌دست به رودخانه شور موسوم و از منطقه دهرم و احمدآباد گذشته و به رودخانه قره‌آغاج می‌پیوندد و از آنجا بنام رودخانه مند مجموعه آب‌های حوضه بزرگی را به خلیج فارس تخلیه می‌نماید. از آنجا که بعد از خروج از دشت فیروزآباد آب این رودخانه تقریباً قابل استفاده نمی‌باشد و فقط در منطقه دهرم و احمدآباد در فصل‌های سیلابی آب این رودخانه به سمت مزارع منحرف می‌گردد، لذا می‌توان گفت که عملاً آب این رودخانه از بین می‌رود و با انتقال آب شور به رودخانه قره‌آغاج کیفیت آن را نیز از بین می‌برد رودخانه فیروزآباد که در سرشاخه بنام حنیفکان نامیده می‌شود از بلندی‌های کوه میشوان، دلو، سلامتی و بری (در جنوب حوضه رودخانه قره‌آغاج) با ارتفاع حداکثر ۳۰۹۷ متر از سطح دریا سرچشمه گرفته و آب چشمه‌های حنیفکان سبب پر آب شدن می‌گردد.

۴. مواد و روش‌ها

برای بدست آوردن آمار مورد نیاز این تحقیق از امور مطالعات سازمان آب منطقه‌ای فارس و نشریات منتشره وزارت نیرو استفاده شده است. این اطلاعات شامل: آمار و اطلاعات آب‌سنجی و سیلاب‌ها، آمار و اطلاعات خسارات سیل، نقشه‌ها و گزارشات تعیین بستر و حریم و عکس‌های Ortho Photo می‌باشد. داشتن عکس‌های هوایی Ortho Photo منطقه دید بهتری از مسیر رودخانه در اختیار کارشناس قرار می‌دهد، استفاده از این عکس-های هوایی روش جدیدی در مهندسی رودخانه بوده و باعث افزایش دقت و صرفه‌جویی در زمان و کاهش بازدیدهای میدانی می‌گردد.

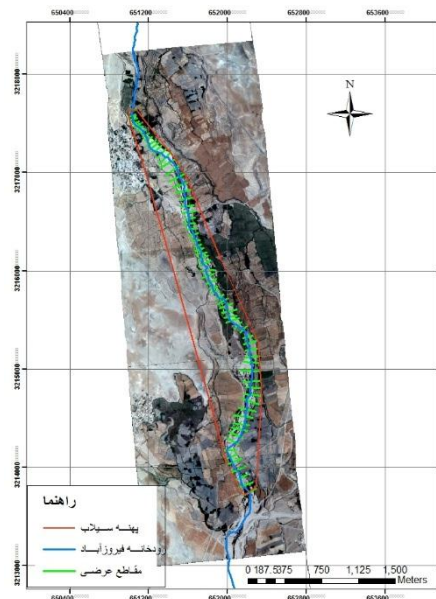
۴-۱. روش اول: نرم‌افزار یک بعدی HEC-RAS و HEC-GEORAS

پس از بازدیدهای میدانی و بررسی مقاطع مختلف رودخانه و گرفتن عکس، نقشه‌برداری و نمونه‌برداری از بستر رودخانه، مطالعات هیدرولوژی که یکی از اساسی‌ترین مطالعات تعیین حد بستر و حریم رودخانه می‌باشد، انجام پذیرفت. با توجه به مطالعات انجام شده دبی ماکزیمم برای محدوده مورد مطالعه مقدار ۵۸۲/۵۵ متر مکعب بر ثانیه بدست آمد. به منظور تخمین ضریب زبری جهت رودخانه فیروزآباد با توجه به جداول موجود در کتاب‌های هیدرولیک انهار و هیدرولیک رسوب و همچنین اسلایدهای موجود در کتاب هیدرولیک انهار برابر ۰/۰۴۵ می‌باشد ولی با توجه به اینکه به احتمال زیاد وجود درختچه‌ها در کف که یکی از عوامل مهم در تعیین ضریب زبری مانینگ می‌باشد، به علت تغییرات هیدرولوژی در چند سال اخیر است و با توجه به منافع کشاورزان بومی عدد ۰/۰۳۵ به عنوان ضریب زبری مانینگ (بستر) و مقدار ۰/۰۵ در کناره‌ها در نظر گرفته می‌شود. به‌طور معمول پهنه‌بندی سیلاب بر اساس مدل‌سازی هیدرولیک جریان در شرایط دائمی به‌دست می‌آید. به عبارت دیگر هیدرولیک جریان در طول مسیر رودخانه با معرفی حداکثر دبی هیدروگراف سیل با دوره برگشت مشخص و برای شرایط جریان دائمی مورد بررسی قرار می‌گیرد. به منظور بررسی هیدرولیکی جریان در رودخانه مذکور، از نرم‌افزارهای GIS، HEC-RAS و HEC-GEORAS برای استخراج نتایج و پهنه‌بندی سیلاب استفاده می‌شود. یکی از امکانات برنامه HEC-GeoRas انتقال اطلاعات مربوط به هندسه رودخانه به نرم‌افزار HEC-RAS می‌باشد. دبی با دوره بازگشت ۲۵ ساله را طبق محاسبات گفته شده انجام داده و در نرم‌افزار HEC-RAS قرار داده و اجرا می‌کنیم. دلیل انتخاب دوره بازگشت ۲۵ سال به خاطر این است که حد بستر رودخانه بر طبق قوانین موجود، پهنه سیلابی در شرایط طبیعی با انجام تصحیحات بر روی مدل، جریان آب در شرایط موجود، شبیه‌سازی شده است. پس از قرار دادن دبی و ورود اطلاعات لازم برای اجرا نمودن نرم‌افزار، می‌توان ارتفاع سطح آب بالا آمده را برای هر مقطع به دست آورد (تراز سطح آب). در شکل ۱ نمونه‌ای از این مقاطع عرضی نشان داده شده است.



شکل (۱) - نمونه‌ای از مقاطع عرضی بدست آمده برای دبی با دوره بازگشت ۲۵ سال

حال جهت انتقال داده‌ها از HEC-RAS به GIS ابتدا در نرم‌افزار HEC-RAS داده‌ها به صورت فایلی که قابل خواندن برای GIS باشد ذخیره می‌شوند. سپس به کمک الحاقیه HEC-GeoRas و نقشه‌های رقومی DEM و TIN در محدوده مورد مطالعه و همچنین با استفاده از عکس-های هوایی OrthoPhoto که از دقت بسیار بالایی برخوردارند، پهنه‌بندی سیلاب در محدوده مورد مطالعه صورت می‌پذیرد. به این صورت که با قرار دادن مقاطع عرضی در مدل HEC-RAS و دیگر مشخصات لازم همچون ضریب مانینگ و دبی سیلاب طراحی برای شبیه‌سازی هیدرولیکی و تعیین پهنه سیلاب در مدل HEC-RAS پهنه سیلاب به صورت رقوم سطح آب محاسبه گردید و در محل مقاطع عرضی مشخص شده است. شکل (۲) این پهنه‌بندی را نشان می‌دهد.



شکل ۲- پهنه‌بندی سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ سال با استفاده از نرم‌افزار HEC-GeoRas برای محدوده مورد مطالعه

با توجه به این که حریم رودخانه ۲۰ متر در نظر گرفته شده است و همچنین پهنه سیلاب ترسیم شده توسط الحاقیه نرم‌افزار HEC-GeoRAS (شکل ۲) و همچنین با استفاده از عکس‌های هوایی و بازدیدهای میدانی، بعضی از قسمت‌های این حریم ترسیم شده توسط الحاقیه HEC-GeoRAS اصلاح شده است. در شکل ۳ این نقاط اصلاحی مشخص شده است.



شکل ۳- نمونه‌ای از مسیر اصلاح شده با توجه به بازدیدهای میدانی و عکس‌های هوایی

حال با توجه به وجود بعضی از این خطاها در نرم افزار HEC-GeoRAS و جهت مقایسه این نرم افزار با نرم افزار CCHE2D، پهنه سیلاب را با نرم-افزار CCHE2D نیز محاسبه نموده و مزایا و معایب هر دو روش را تعیین می نمایم.

۴-۲. روش دوم: نرم افزار دو بعدی CCHE2D

مدل CCHE2D در سال ۱۹۹۷ در مرکز بین المللی National Center for Computational Hydro science and Engineering (NCCHE) توسط آقایان جیا^۱، وانگ^۲ و سام^۳ زیر نظر دانشگاه می سی سی پی آمریکا تهیه گردید. در سالیان اخیر مدل مذکور به تدریج توسعه یافته به طوری که نگارش آخر آن CCHE2D 3.2 از قابلیت های زیادی در زمینه شبیه سازی آب و رسوب برخوردار می باشد. نرم افزار CCHE2D شامل دو قسمت است: (۱) نرم افزار تشکیل شبکه (Mesh Generation) و (۲) نرم افزار گرافیکی مدل (CCHE2D – GUI).

معادلات جریان آب حاکم بر مدل CCHE2D

از آنجا که اغلب جریان های مجاری باز جزء مسائل آب های کم عمق می باشند، بنابراین تاثیر حرکت قائم ذرات آب از اهمیت چندانی برخوردار نبوده و به همین دلیل معادلات دو بعدی متوسط گیری شده در عمق در بیشتر موارد شبیه سازی هیدرولیک جریان در رودخانه ها از دقت و کارایی مناسبی برخوردار است. معادلات جریان متوسط گیری شده در عمق برای جریان های آشفته، در مدل CCHE2D به صورت زیر می باشند:

معادلات پیوستگی جریان

$$\frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

معادله مومنتم (حرکت)

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -g \frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{1}{h} \left[\frac{\partial(h\tau_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial(h\tau_{yx})}{\partial y} \right] - \frac{\tau_{bx}}{\rho h} + f_{cor}v \quad (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -g \frac{\partial Z}{\partial y} + \frac{1}{h} \left[\frac{\partial(h\tau_{yx})}{\partial x} + \frac{\partial(h\tau_{yy})}{\partial y} \right] - \frac{\tau_{by}}{\rho h} + f_{cor}u \quad (3)$$

که در این معادلات u و v به ترتیب مولفه های سرعت مجموع عمقی به ترتیب در جهات x و y ، g شتاب ثقلی، Z تراز سطح آب، ρ چگالی آب، h عمق موضعی جریان آب، f_{cor} ضریب کوریولیس، τ_{xx} ، τ_{xy} ، τ_{yx} و τ_{yy} تنش های رینولدزی متوسط گیری شده در عمق و τ_{bx} و τ_{by} تنش های برشی روی بستر می باشند. در این معادلات مومنتوم (۲ رابطه مومنتم) تنش های رینولدزی را می توان با استفاده از فرض بوزینسک بصورت زیر تخمین زد (روان روی، ۱۳۹۲):

$$\tau_{xx} = 2\nu_t \frac{\partial u}{\partial x} \quad (4)$$

$$\tau_{xy} = \tau_{yx} = \nu_t \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \quad (5)$$

¹Jia

²Wang

³Sam

$$\tau_{yy} = 2\nu_t \frac{\partial u}{\partial y} \quad (6)$$

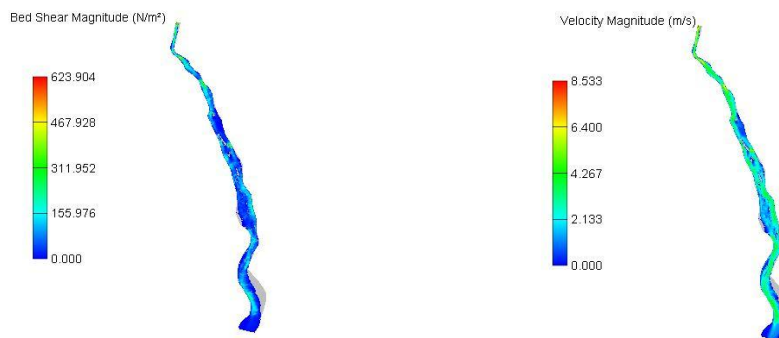
بعد از اجرای مدل و شبیه سازی آن می توان نتایج جریان را مشاهده نمود. جدول ۱ متوسط برخی از پارامترهای جریان را به ازای سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ سال در کل بازه انتخابی رودخانه فیروزآباد نشان می دهد.

جدول ۱- متوسط برخی از پارامترهای جریان در بازه انتخابی

شماره مقطع	متوسط سرعت	حداقل سرعت	حداکثر سرعت	متوسط تنش برشی	حداقل تنش برشی	حداکثر تنش برشی	ضریب همبستگی بین سرعت و تنش برشی
کل رودخانه	۲/۰۹	۰/۰۰۰	۸/۵۳۳	۷۱/۱۸	۰/۰۰۰	۶۲۳/۹۰۴	۰/۸۵۲

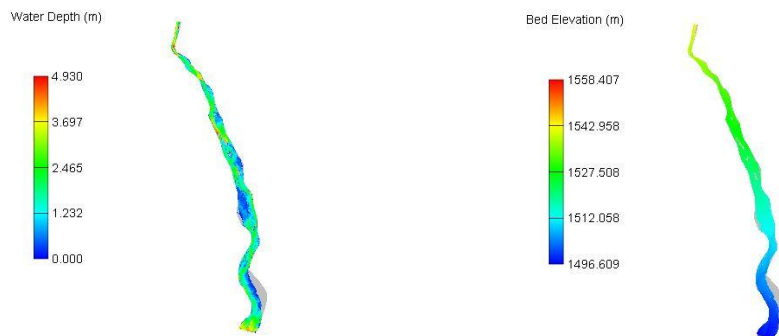
همانطور که در جدول ۱ ملاحظه می شود متوسط سرعت برابر با ۲/۰۹ متر بر ثانیه و متوسط تنش برشی برابر با ۷۱/۱۸ نیوتن بر متر مربع بدست آمد. علاوه بر این ضریب همبستگی بین متوسط سرعت و تنش برشی برابر با ۰/۸۵۲ بدست آمد که این نشان دهنده این موضوع است که سرعت و تنش برشی در کل بازه انتخابی از رودخانه فیروزآباد با یکدیگر رابطه مستقیم دارند.

شکل های (۴) تا (۷) به ترتیب برآیند سرعت، برآیند تنش برشی، عمق آب و تغییرات بستر را نشان می دهند.



شکل ۵- برآیند تنش برشی در در بازه انتخابی رودخانه

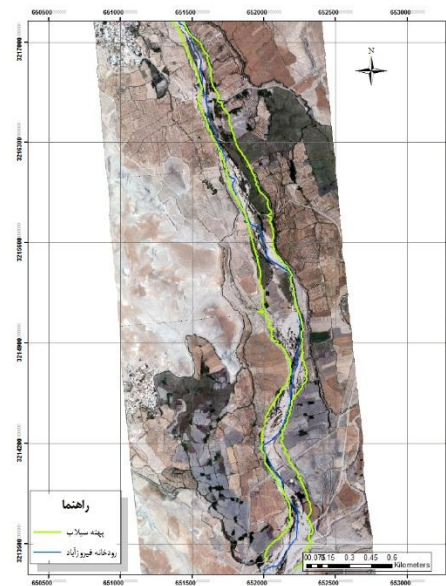
شکل ۴- برآیند سرعت آب در بازه انتخابی رودخانه



شکل ۷- عمق آب در در بازه انتخابی رودخانه

شکل ۶- تغییرات بستر به ازای سیل با دوره بازگشت ۲۵ سال

حال جهت انتقال داده ها از CCHE2D به GIS و تعیین پهنه سیلاب ابتدا در نرم افزار CCHE2D نقاط خشک را حذف نموده و با استفاده از مختصات بدست آمده در این نرم افزار در محیط GIS خط پهنه سیلاب را ترسیم می نمایم. شکل ۸ پهنه سیلاب را نمایش می دهد.



شکل ۸- پهنه‌بندی سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ سال با استفاده از نرم‌افزار CCHE2D برای محدوده مورد مطالعه

۷. نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که با توجه به نتایج به‌دست آمده از نرم‌افزار HEC-RAS مشخص می‌شود که در بعضی از مقاطع عرضی رودخانه فیروزآباد، ساحل‌های چپ یا راست رودخانه کوتاه بوده و به سیلاب‌دشت می‌رسند، که در این مقطع آب با دبی‌های مختلف از مقطع رودخانه گذشته و وارد سیلاب‌دشت می‌شوند. در این پژوهش از نرم‌افزار دو بعدی CCHE2D برای شبیه‌سازی جریان در رودخانه مورد مطالعه در مقایسه با نرم‌افزار یک بعدی HEC-RAS استفاده شده است. مدل CCHE2D یک مدل متوسط‌گیری شده در عمق برای شبیه‌سازی هیدرودینامیک و انتقال رسوب در کانال‌های روباز و رودخانه‌ها می‌باشد. بعد از اجرای مدل و شبیه‌سازی آن می‌توان نتایج جریان را مشاهده نمود. نتایج تراز سطح آب، سرعت میانگین، تنش برشی و ... به صورت جدول و شکل نمایش می‌دهد. مشخص است که سرعت در کناره‌ها مقدارش صفر و هر چه به مرکز نزدیک‌تر می‌شود سرعت افزایش می‌یابد و در بعضی نقاط در مرکز به ماکزیمم مقدارش (۸/۵ متر بر ثانیه) نیز می‌رسد. همچنین می‌توان نتایج تنش برشی برآیند را برای محدوده مورد مطالعه بعد از اجرای مدل و شبیه‌سازی مشاهده نمود، که تنش برشی میانگین در جداره‌های رودخانه صفر و به سمت مرکز افزایش می‌یابد.

با توجه به مقاطع عرضی بدست آمده از نرم‌افزار HEC-RAS و همچنین پهنه سیلاب بدست آمده از نرم‌افزار CCHE2D و مقایسه این دو روش مشخص می‌شود که مقاطع مدل یک بعدی در بخش‌هایی از مسیر روخانه نتایج متفاوتی با شرایط موجود رودخانه دارد. با مقایسه پهنه‌بندی سیلاب ۲۵ ساله از هر دو روش مشخص شد که در مدل یک بعدی HEC-RAS پهنه سیلاب نتایج متفاوتی با شرایط موجود رودخانه نشان می‌دهد. این در حالیست که پهنه حاصل از نتایج دو بعدی تطابق بیشتری با حد بستر واقعی رودخانه فیروزآباد دارد. بنابراین نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که پهنه سیلاب بدست آمده از مدل‌های دوبعدی تطابق زیادی با بستر تعیین شده از بازدیدهای میدانی و عکس‌های هوایی داشته، در حالی که نتایج مدل یک بعدی در بخش‌هایی از رودخانه غیرقابل اعتماد می‌باشد.

۸. قدرتدانی

در نهایت از سازمان آب منطقه‌ای فارس جهت همکاری در این طرح نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

۹. مراجع

1. Beavers, M.A. (1994). Floodplain Determination Using HEC-2 and GIS. Masters Thesis. Department of Civil Engineering. The University of Texas at Austin.
2. Ackerman, C., T., Thomas A. Evans, Gary W. Brunner (1999). HEC-GeoRAS: Linking GIS to Hydraulic Analysis Using ARC/INFO and HEC-RAS, International Esri User Conference, Esri, Redlands, CA.
۳. صفری، ع و مهدوی م (۱۳۸۰). تعیین الگوی مدیریت بهینه در دشت‌های سیلابی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
۴. مغربی، م. ۱۳۹۰. بررسی عددی اثر میان‌گذر مستقیم بر روی الگوی جریان در قوس رودخانه (مطالعه موردی رودخانه کارون). اولین کنفرانس ملی عمران و توسعه، رشت.
۵. سلطان زاده، ن. رحیم پور، م. قادری، ک. رحیمی، آ. ۱۳۸۸. بررسی اثر تغییر ناگهانی زبری بستر بر پروفیل سطح آب و توزیع سرعت در کانال‌های روباز. دهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان، دانشگاه شهید باهنر.
۶. خماری پامساری، ح. کریمی پاشاکی، م، ح. کاویان فر، آ. ۱۳۹۰. شبیه‌سازی عددی الگوی جریان غیردائمی در رودخانه با استفاده از مدل CCHE2D (مطالعه موردی رودخانه چم میرکی). دهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، رشت، انجمن هیدرولیک ایران، دانشگاه گیلان.