

شبیه سازی هیدرولیکی رفتار رودخانه قره چای در سیلاب های تاریخی: درس هایی جهت ارائه طرحهای بهینه ساماندهی رودخانه

حسین دهقان، معاون حفاظت و بهره برداری، شرکت آب منطقه ای گلستان
اباصلت شجاع شفیعی، مدیر رودخانه ها و سواحل، شرکت آب منطقه ای گلستان
محمد مهدی سوخته سرائی، رئیس گروه حفاظت و بهره برداری از رودخانه ها و سواحل، شرکت آب منطقه ای گلستان
حامد تقی زاده، دانشجوی دکتری سازه های هیدرلیکی، شرکت مهندسی مشاور تراز آب جامع
عباس نقوی، کارشناس ارشد سازه های هیدرلیکی، شرکت مهندسی مشاور تراز آب جامع

چکیده

بلایای طبیعی همچون سیل، که بخشی از طبیعت محیط زیست از سانها را تشکیل می دهد، گاه با چنان شدت و غافلگیری حادث می شوند که تلفات و خسارات فراوانی را به همراه دارد. کشور ایران نیز علی رغم ورود به یک دوره کم آبی و خشک سالی همواره از هجوم سیلاب های مخرب در امان نبوده و از طرفی رخداد سیلاب های با شدت و حجم خسارات بزرگتر، بیشتر رخ داده است. رودخانه قره چای رامیان در استان گلستان، یکی از رودخانه های مهم حوزه آبریز گرگان رود می باشد. این رودخانه در طول زمان سیل های زیادی را تجربه کرده است که سیل تاریخ ۹۳/۰۸/۰۳ یکی از سیل های بزرگ این رودخانه بوده است. در این تحقیق در گام اول بوسیله مدل عددی دوبعدی، این واقعه شبیه سازی شده است. نتایج مدل با اتفاقات رخ داده و خسارات وارده به اراضی کشاورزی همخوانی مناسبی داشته است. در ادامه اطلاعاتی از مدل عددی برای نگاه بهتر به طرح های ساماندهی و مهندسی رودخانه بدست آمده است. از این نتایج می توان به امکان تدقیق حریم و بستر رودخانه ها و انتخاب مناسب دوره بازگشت سیلاب طرح های موضعی اشاره کرد. از طرفی تغییر نوع نگاه در برخورد با رودخانه های کوهستانی نیز یکی از موارد مهمی است که بدان پرداخته شده است.

واژه های کلیدی: رودخانه قره چای رامیان، سیلاب، شبیه سازی عددی، طرح های مهندسی رودخانه

مقدمه

رودخانه ها، خون جاری در رگ های تمدن هستند. تمدن های بزرگ و کهن همواره در کنار رودخانه ها شکل گرفته و بوجود آمده اند. مانند تمدن مصر باستان در کنار رودخانه نیل و تمدن بین النهرین در کنار رودخانه های دجله و فرات. شهرها، روستاها و مراکز جمعیتی نیز در طول تاریخ در حاشیه رودخانه ها ایجاد شده اند. اما از اواسط قرن بیستم به بعد این تمدنها سبب فشار بر روی رودخانه ها شده است و چون رودخانه ها در واقع با قدرت خود می خواهند تعادل خود را در طبیعت حفظ کنند واکنش طبیعی آنها به صورت سیل های مخرب نشان داده شده است [۱]. تجربیات بدست آمده در این زمینه حاکی از آن است که زمانی که فعالیت و تجاوزات انسان، مخالف طبیعت و تمایلات رژیم پایدار رودخانه باشد، رودخانه غلبه می یابد و بدین ترتیب است که فهم روابط مابین پارامترهای متغیر و موثر در فرایند تغییر شکل، اندازه و قواره رودخانه اهمیت

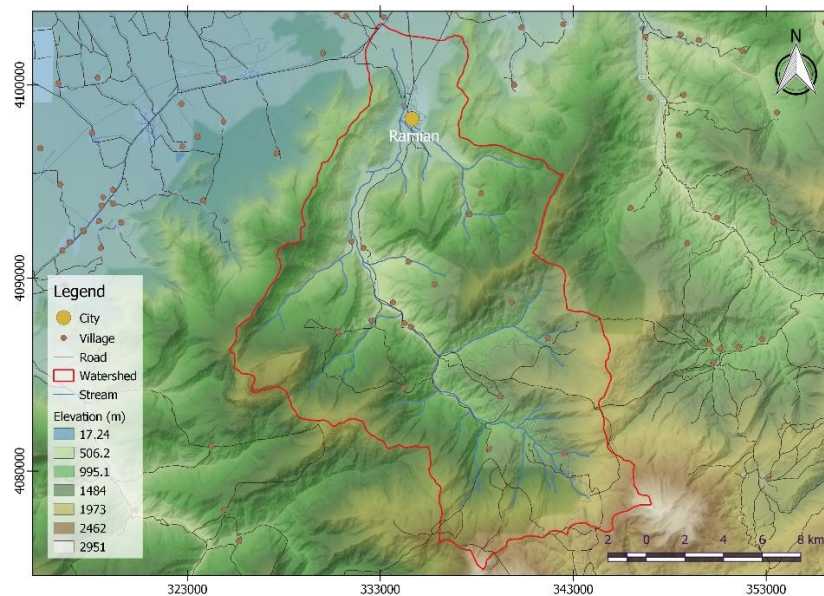
زیادی پیدا می‌کند. شناخت پارامترهای فوق و میدان تاثیر آنها که تحت قوانین فیزیک صورت می‌گیرد کمک شایانی به افزایش توان پیش بینی فرآیند تعدیلات و م‌شکل احتمالی آینده رودخانه‌ها می‌کند، چرا که اگر روح رودخانه درک نشود و تغییرات نامنا سبی در ساختار آن ایجاد گردد، رودخانه در نهایت می‌تواند رفتار مخربی از خود نشان دهد [۱].

علم مهندسی رودخانه عبارت است از تمامی فرآیندهای طرح ریزی، طراحی، ساختمان، بهره‌داری و نگهداری انواع کارهایی که مقصود از آنها، ایجاد تغییراتی در سیستم رودخانه است تا شرایط بهتری برای استفاده از رودخانه حاصل شود. لذا شناخت و آگاهی کافی از مشخصات و دامنه تغییرات هر رودخانه به منظور انجام مطالعات، طراحی و اجرا در رودخانه به نحوی که مانع عملکرد طبیعی آن نشود و رودخانه را مجبور به عکس العمل غیر طبیعی ننماید، بسیار ضروری است. بررسی آمار نشان می‌دهد که خسارات سیلاب در ۵ دهه اخیر بیش از نیمی از کل خسارات ناشی از بلایای طبیعی در دنیا را به خود اختصاص داده است. شرایط اقلیمی و جغرافیایی ایران نیز به گونه ایست که هر ساله شاهد رخداد پدیده سیلاب همراه با خسارات فراوان بوده است. رخداد سیلاب در ایران مختص به منطقه خاصی نبوده و تمام کشور از این پدیده متاثر است. البته مشخصات سیلاب بسته به هر منطقه متفاوت می‌باشد. به طور مثال در مناطق شمالی کشور که دارای رودخانه‌های با شیب تند و طول کوتاه است، سیلابهای سالیانه علاوه بر خسارات زیاد منجر به تلفات بالای هموطنان می‌شود. درحالی‌که در مناطق جنوبی ایران، رخداد سیلابهای تدریجی و ناشی از بارش‌های سنگین در مناطق بالادست و ذوب برف با ویژگی تلفات کم ولی خسارات بسیار بالا به اراضی کشاورزی، مسکونی و صنعتی می‌باشد. نکته حائز اهمیت آن است که در دوره‌های کم‌آبی و خشکسالی نیز رخداد این پدیده متوقف نشده و با شدت بزرگتر و حجم خسارات بالاتر رخ می‌دهد. بنابراین می‌توان اذعان داشت که دیگر نباید سیلاب را به عنوان یک حادثه غیرمترقبه در کشور دانست و باید ضمن ایجاد آمادگی لازم و تدوین راههای پیشگیری و مدیریت بهینه سیلاب، بروز خسارات ناشی از سیلاب را در کشور تا حد زیادی کاهش داد. طرحها و راهکارهایی که به منظور پیشگیری و کاهش خسارات سیل برنامه ریزی و اجرا می‌شود را می‌توان به دو قسمت عمده سازه‌ای و غیرسازه‌ای تقسیم کرد. در روش‌های سازه‌ای عمدتاً با اجرای پروژه‌هایی نظیر سدسازی، احداث دایک و خاکریزها، ساماندهی رودخانه و انحراف مسیر رودخانه و ... منجر به دورکردن سیلاب از مردم و عدم بروز خسارات می‌گردد. از طرفی در روش‌های غیرسازه‌ای نظیر مدیریت حوزه‌های آبخیز، پهنه بندی سیلابدشت و اعمال مقررات خاص کاربری این اراضی، ایجاد سیستم‌های هشدار سیلاب و اطلاع رسانی رخداد سیلاب پیش از وقوع و تهیه نظام نامه‌های عملیاتی مدیریت بحران سیلاب، با دور کردن مردم از سیلاب، ضمن اجازه گذر سیلاب از مناطق، موجبات کاهش خسارات سیل می‌گردد. لیکن به منظور رسیدن به نتایج مطلوب لازم است تلفیقی از این دو روش در مناطق مختلف اعمال گردد [۱].

در این تحقیق با تمرکز بر سیلاب رخ داده در تاریخ ۹۳/۰۸/۰۳ در رودخانه قره‌چای رامیان، در گام اول هیدروگراف سیلاب رخ داده بوسیله مدل احتمالاتی توزیع سه پارامتری کومارا سوامی بازسازی شده است. سپس این سیلاب بوسیله مدل HEC-RAS 2D شبیه سازی شده است. اطلاعات حاصل از مدل عددی نتایج ارزشمندی را از رفتار رودخانه در بازه مورد بررسی بدست می‌دهد. بازنگری در طرح‌های ساماندهی و مهندسی رودخانه در بازه مورد بررسی، تدقیق انتخاب دوره بازگشت سیلاب طراحی سازه‌های در دست طراحی و حساسیت و پیچیدگی رفتار جریان و سیلاب در رودخانه‌های کوهستانی از نتایج این تحقیق بوده است.

رودخانه قره‌چای

رودخانه قره‌چای رامیان از سرشاخه‌های مهم گرگانرود است که از کوههای قطار چشمه سرچشمه گرفته و انشعابات خط‌الراس‌های سرقلعه، حاجی‌کوه، پلنگ‌سره و تپه‌آرام در طول مسیر رودخانه، آنرا تغذیه می‌نماید. این رودخانه پس از گذشتن از مجاورت روستاهای شش‌آب، سیدکلاته، باقرآباد، قره‌قاج، حاجی‌نظر، توران‌تورک، قوری‌چای، سرپل، سپاهی‌دادگر، ایمر محمد و باغه‌یلمه سالیان و شهر رامیان و همچنین اتصال مسیلهای مهم سیاهجوی، زرین‌رود و محمدآباد در نزدیکی روستای حبیب‌ایشان به گرگانرود پیوسته و پس از طی مسافتی وارد دریای خزر می‌شود. این رودخانه در دو ناحیه کوهستانی و دشتی جریان دارد. در قسمت کوهستانی عمدتاً به صورت دست‌نخورده و بکر باقی مانده است و روستاها بیشتر در مناطق دشتی بوجود آمده‌اند و اراضی کنار رودخانه اغلب به صورت زمین‌های کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته است. البته در پاره‌ای مناطق باغات در ابتدای بازه مطالعاتی جنگل و مرتع نیز مشاهده می‌گردد. در شکل ۱ نقشه حوضه آبریز رودخانه قره‌چای (خروجی روستای قره‌قاج، تقاطع جاده بجنورد-گرگان) نشان داده شده است.



شکل (۱) حوضه آبریز رودخانه قره چای رامیان (نقطه خروجی، روستای قره قاچ)

مشخصات فیزیولوژیک حوضه آبریز قره چای رامیان منتهی به روستای قره قاچ در جدول ۱ نشان داده شده است [۲].

جدول (۱) مشخصات فیزیولوژیک حوضه آبریز قره چای رامیان

مساحت (کیلومتر مربع)	محیط (کیلومتر)	شیب متوسط (درصد)	طول آبراهه اصلی (کیلومتر)	حداقل رقوه ارتفاعی (متر)
308.9	92.1	36.8	35.72	135
حداکثر رقوه ارتفاعی (متر)	ضریب فرم	ضریب گراویلیوس	مستطیل معادل (کیلومتر)	زمان تمرکز (ساعت)
2745	0.24	1.5	38.3×8.1	3

سیلاب تاریخ ۹۳/۰۳/۰۸

در تاریخ ۹۳/۰۸/۰۳ بارشی با تمرکز در مناطق کوهستانی و بالادست حوضه آبریز قره چای اتفاق افتاده است. در محل ایستگاه باران سنجی رامیان، میزان بارش ۶۰ میلیمتر ثبت شده است. پس از آغاز سیلاب با توجه به بررسی‌های صورت گرفته توسط سازمان متولی، دبی پیک سیلاب در ایستگاه هیدرومتری رامیان حدود ۳۶۷ متر مکعب بر ثانیه برآورد شده است. این سیلاب معادل سیلاب ۱۲۰ ساله حوضه آبریز بوده است. پیک سیلاب مشاهده شده در ساعت ۱۹ عصر اتفاق افتاده و زمان تداوم سیلاب حدود ۱۲ ساعت بوده است. این سیلاب باعث تخریب کامل ایستگاه هیدرومتری رامیان و خسارات زیادی را به روستاها و زمین‌های کشاورزی مجاور رودخانه وارد نموده است (شکل ۲).



ب) تخریب کامل ایستگاه هیدرومتری رامیان



الف) تخریب زمین‌های کشاورزی (روستای سید کلاته)

شکل (۲) تصاویر آسیب‌های سیل در رودخانه قره چای رامیان

با توجه به اطلاعات محدود موجود از سیل تاریخ ۹۳/۰۸/۰۳، برای دستیابی به هیدروگراف سیلاب رخ داده از مدل احتمالاتی توزیع سه پارامتری کوماراسوامی استفاده شده است. تابع چگالی احتمال این توزیع به صورت رابطه ۱ می باشد.

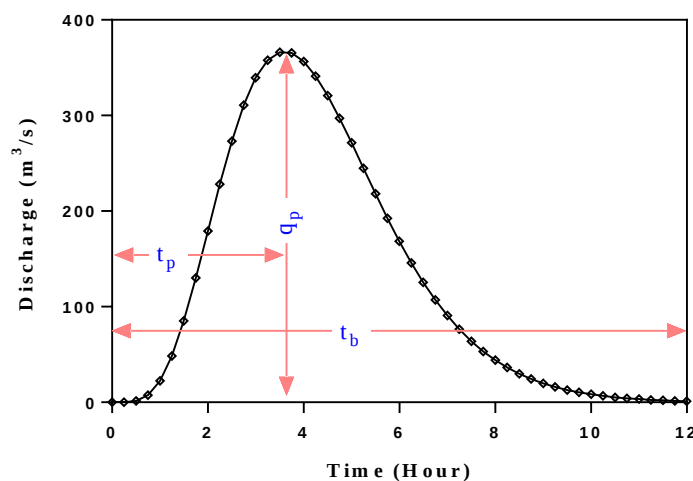
$$f(x) = \frac{pqx^{p-1}}{b^p} \left(1 - \frac{x^p}{b^p}\right)^{q-1} \quad (1)$$

با شرایط $0 \leq x \leq b < \infty$ ، $q > 0$ ، $p > 0$ ، مقدار $b = t_b$ بوده و مقادیر p و q از طریق روابط شماره ۲ و ۳ قابل محاسبه می باشد.

$$t_p = t_b \left(\frac{p-1}{pq-1} \right)^{1/p} \quad (2)$$

$$q_p = \frac{p^q (p-1)^{(p-1)/p} q (q-1)^{q-1}}{b^p t_b (pq-1)^{q-1/p}} \quad (3)$$

با مقادیر مشخص t_p (زمان رخداد پیک سیلاب)، q_p (دبی پیک سیلاب) و t_b (زمان تداوم سیلاب) هیدروگراف سیل تاریخ ۹۳/۰۸/۰۳ به صورت نمودار شکل ۳ مدلسازی شده است. هیدروگراف سیل مذکور به عنوان شرط مرزی در مدل عددی مورد استفاده قرار گرفته است [۳].



شکل (۳) هیدروگراف بازسازی شده سیل تاریخ ۹۳/۰۸/۰۳

مدل عددی

مدل HEC-RAS توسط اداره مهندسان ارتش آمریکا توسعه یافته شده است. این مدل به عنوان یکی از نرم افزارهای پایه در مطالعات مهندسی رودخانه در داخل کشور رواج یافته است. در نسخه جدید ارائه شده قابلیت های بسیار ویژه ای از جمله شبیه سازی دوبعدی به این مدل افزوده شده است. شبیه سازی دوبعدی جریان امکانات بسیار زیادی را برای آگاهی بیشتر و بهتر از فرایندهای رودخانه ای در اختیار قرار داده است. عملکرد اساسی مدل های دوبعدی بر اساس انفصال میدان حل به المان های صفحه ای بوده است که معادلات حاکم بر جریان در هر کدام از المان ها محاسبه شده و در نهایت کل میدان شبیه سازی می گردد [۴].

مدل دوبعدی HEC-RAS معادلات پیوستگی و فرم ویژه ای از معادله مومنتم (پخش موج) را برای حل میدان دو بعدی مورد استفاده قرار می دهد. البته لازم به ذکر است که فرم دینامیکی کامل هم در مدل گنجانده شده است. معادله پیوستگی برای جریان های غیرماندگار در رابطه شماره ۴ نشان داده شده است.

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} + \frac{\partial(vh)}{\partial y} + q = 0 \quad (4)$$

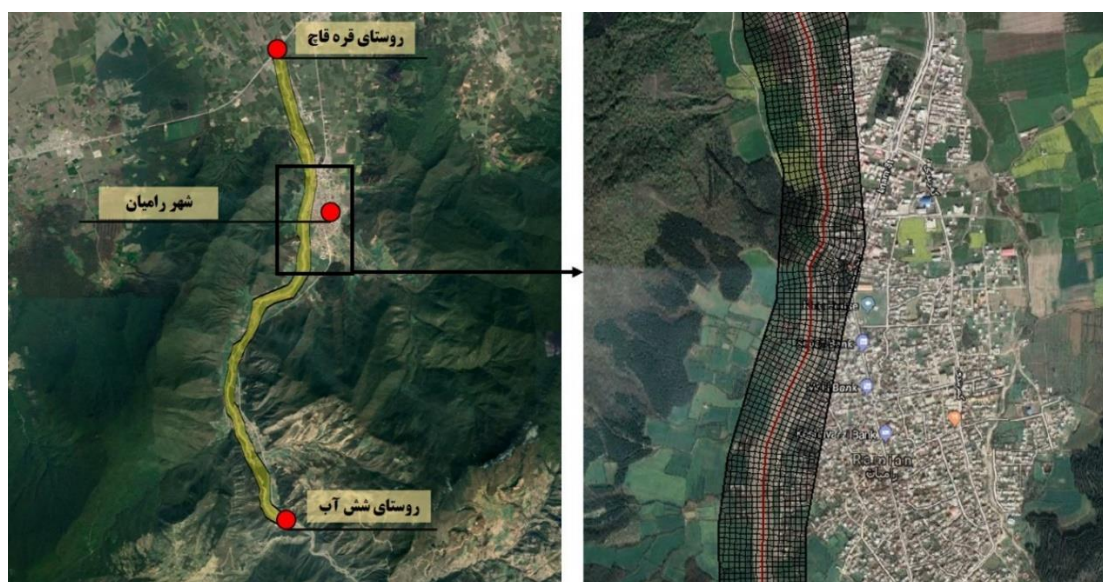
در این رابطه t زمان، H تراز سطح آب، h عمق جریان، q منبع تغذیه یا تخلیه می باشد. u و v نیز سرعت های جریان در راستای x و y می باشند.

معادله پخش موج (فرم خاصی از معادله مومنتم) نیز می تواند بوسیله گرادیان فشار باروتروپیک و اصطکاک کف بیان شوند.

$$-g\nabla H = C_f V \quad (5)$$

در این رابطه $V = (u, v)$ ، $\nabla = (\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y})$ و C_f پارامتر اصطکاک کف می باشد که در این مدل تو سط معادله مانینگ محاسبه می گردد [4].

برای شبیه سازی سیلاب سال ۹۳، بازه ای به طول ۱۸ کیلومتر، از روستای شش آب تا روستای قره قاچ انتخاب شده است. پس از تهیه مدل رقمی رودخانه و فراخوانی در مدل عددی، محدوده میدان حل گسسته سازی شده است. امان های انتخاب شده تقریباً یکنواخت و دارای ابعاد ۱۰ متری می باشند. در مجموع کل دامنه حل شامل ۱۵۰۰۰ امان بوده است. ضرایب زبری مورد استفاده در شبیه سازی نیز بر اساس نقشه کاربری اراضی موجود از منطقه بدست آمده است. شرط مرزی بالادست، هیدروگراف مدلسازی شده در نمودار شکل ۳ می باشد و شرط مرزی پایین دست نیز عمق نرمال بوده است. گام های زمانی شبیه سازی نیز ۱ ثانیه انتخاب شده است. در شکل ۴ محدوده شبیه سازی سیلاب مد نظر و شبکه بندی مدل عددی در مجاورت شهر رامیان نشان داده شده است.



شکل (۴) محدوده شبیه سازی و شبکه بندی مدل عددی

نتایج و بحث

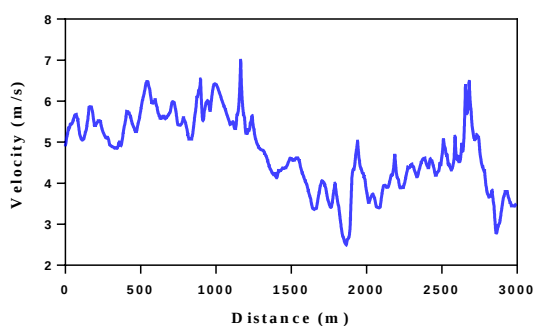
در شکل ۵، عمق سیلاب، سرعت جریان و عدد فرود جریان در مجاورت بازه ای از روستای سید کلاته و شهر رامیان نشان داده شده است. با توجه به اینکه رودخانه قره چای رامیان در بازه مورد بررسی در رده رودخانه های کوهستانی بوده است، سرعت های جریان در کل بازه مورد بررسی بسیار بالا بوده است. با توجه به شکل ۵-الف-۲ سرعت جریان در مجاورت روستای سید کلاته به مقادیر ۷ تا ۱۰ متر بر ثانیه نیز رسیده است. همچنین سرعت در مجاورت شهر رامیان نیز به طور میانگین حدود ۵ متر بر ثانیه بوده است. سرعت های فوق، علاوه بر اثرگذاری شدید بر بستر و سواحل رودخانه، می توانند سنگ هایی با ابعاد و اندازه هایی تا ۱ تن را نیز در خود به حرکت در آورند. موردی که در رودخانه قره چای در سیل سال ۹۳ مشهود بوده است. حمل سنگ هایی با این ابعاد قدرت تخریبی سیلاب را چندین برابر خواهد کرد. همچنین با توجه به شکل ۵، عدد فرود جریان در بخش عمده ای از مسیر به صورت فوق بحرانی بوده است. لازم به ذکر است که در کل بازه مورد بررسی، سرعت های جریان بسیار بالا بوده و رژیم جریان فوق بحرانی می باشد.



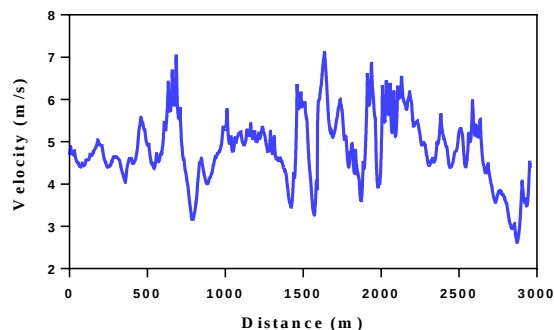
ب-۱) تصویر عمق سیلاب در مجاورت روستای سید کلاته



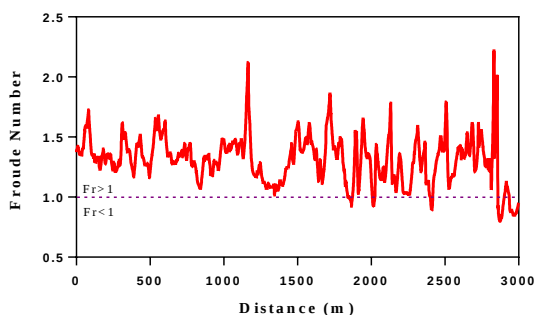
الف-۱) تصویر عمق سیلاب در مجاورت شهر رامیان



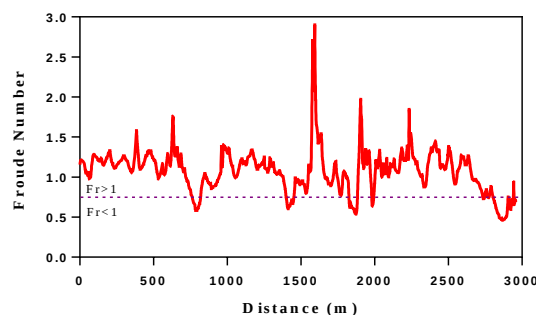
ب-۲) سرعت جریان در محور مرکزی رودخانه (مجاورت روستای سید کلاته)



الف-۲) سرعت جریان در محور مرکزی رودخانه (مجاورت شهر رامیان)



ب-۳) عدد فرود جریان در محور مرکزی رودخانه (مجاورت روستای سید کلاته)



الف-۳) عدد فرود جریان در محور مرکزی رودخانه (مجاورت شهر رامیان)

شکل (۵) عمق سیلاب، سرعت و عدد فرود جریان در مجاورت روستای سید کلاته و شهر رامیان

عموما در مطالعات تعیین حدود حریم و بستر رودخانه ها، بازه ی مورد بررسی تحت شرایط جریان پایدار، یک بعدی و برای پیک سیلاب ۲۵ ساله مدل شده و بستر تعیین می گردد. در همین ابتدا، بستر تعیین شده با ابهامات و اشکالاتی مواجه می باشد. عموما از اولین اشکالاتی که پیش می آید تعیین بستر برای رودخانه های موجود در مناطق با شیب پایین و سیلابدشت گسترده می باشد. پخش جریان از محدوده مقاطع عرضی مدل یک بعدی عملا بستر تعیین شده را در حالت ابهام قرار خواهد داد. از طرفی این مساله برای رودخانه های کوهستانی نیز می تواند بوجود آید. به عنوان نمونه برای رودخانه قره چای علی رغم قرارگیری در منطقه کوهستانی و شیب بالا در برخی موارد این مساله در مدل یک بعدی مشاهده شده است. اطلاعات مورد نیاز در مدل های دوبعدی تفاوت چندانی با مدل یک بعدی نخواهد داشت. لذا با توجه به پیشرفت اطلاعات مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی دستیابی به بسیاری از داده ها مانند کاربری اراضی (برای تعیین ضرائب زبری دقیق تر محدوده) و روش های نقشه برداری هوایی، استفاده از مدل های یک بعدی پایدار به جز در فازهای اولیه و شناخت منسوخ به نظر می رسد. مگر اینکه ضریب اطمینان بسیار

بالایی از پایدار بودن محلی جریان، دقت و گستردگی مقاطع عرضی تهیه شده و سایر پارامترهای موثر حاصل گردد. مساله بسیار مهمی که مطرح می باشد این است که عموماً رودخانه های موجود در کشور فصلی بوده و سیلاب ها با یک هیدروگراف مشخصی وارد مسیر رودخانه می شوند. اگر رودخانه ها دارای شیب کمی باشند این مساله می تواند بسیار حساس تر نیز باشد. با نگاهی به منحنی های دبی اشل تهیه شده برای بسیاری از ایستگاه های هیدرومتری، که عموماً از طریق شبیه سازی های یک بعدی پایدار حاصل شده اند، این منحنی به صورت تک شاخه و برای هر اشل یک دبی مشخصی معرفی شده است. حال آنکه در بررسی های دقیق تر مشاهده می شود که منحنی دبی اشل، بویژه برای رودخانه های فصلی به صورت حلقوی بوده و دبی منحصر به فردی برای اشل وجود نخواهد داشت. به عنوان نمونه برای رودخانه اوهایو آمریکا، برای اشل ۹ متر دو دبی ۸۰۰۰ و ۶۰۰۰ متر مکعب بر ثانیه مشاهده شده است که دبی اولی در زمان خیز سیلاب و دبی دومی در زمان افت سیلاب می باشد [۵]. مطالب بیان شده تحت شرایط خاصی می تواند علاوه بر تحت تاثیر گذاشتن بر پهنه سیلاب، بسیاری از پردازش های حاصله از آن را نیز تحت تاثیر قرار دهد. با بررسی نتایج حاصل از شبیه سازی سیلاب سال ۹۳ که تقریباً معادل سیلاب ۱۲۰ ساله بوده است، مشخص شده است که در برخی نواحی حد بستر و حریم یا بیشتر برآورد شده و یا کمتر. به عنوان نمونه در مجاورت شهر رامیان حد بستر و حریم در ساحل راست رودخانه بیشتر برآورد شده است [۶]. با توجه به شکل ۶ حتی بستر از پهنه سیلاب ۱۲۰ ساله نیز بیشتر برآورد شده است.



شکل (۶) پهنه سیلاب و حدود حریم و بستر در مجاورت شهر رامیان

در داخل کشور مدل های ریاضی مناسبی چون DSLRS برای افزایش دقت و جامعیت داشتن انتخاب حریم، کمک شایانی به این بخش از مطالعات کرده است [۷]. لذا همین مدل در صورتی که بستر به طرز مناسبی برآورد نگردد عملکرد مناسبی نخواهد داشت. یکی دیگر از اشکالاتی که در طرح های ساماندهی و مهندسی رودخانه دیده شده است مربوط به انتخاب دوره بازگشت سیلاب بوده است. عموماً مشاهده شده است که بازه ای از رودخانه به طول چند کیلومتر مورد بررسی قرار گرفته شده است و بوسیله اقدامات مختلف سازه ای برای یک سیلاب طرح منحصر ساماندهی شده است. حال آنکه لازم است تمامی اجزا رودخانه در طرح های ساماندهی و هر اقدام سازه ای به صورت موضعی مورد بررسی قرار گیرد. این نگاه کلی ممکن است در دو حالت خودنمایی کند. یا طرحی با ضریب اطمینان پایینی طرح و اجرا شود و یا اینکه باعث تحمیل هزینه های سنگین گردد. از طرفی آیین نامه های تدوین شده برای طرح های مهندسی رودخانه نگاه بسیار کلی داشته است. البته پر واضح است که دستیابی به یک الگوریتم کامل برای انتخاب دوره بازگشت سیلاب عملاً امکان پذیر نخواهد بود. به نظر می رسد برای انتخاب دوره بازگشت سیلاب طرح، بایستی در رودخانه های کوهستانی که معمولاً جریان در سیلاب های طراخی به صورت فوق بحرانی برقرار خواهد بود، تفاوتی قائل شد. مدلسازی های اولیه و مناسب در فاز های اولیه مطالعات می تواند با آگاهی از پارامترهای موثر در رودخانه حتی به

تجدیدنظر در انتخاب دوره بازگشت سیلاب نیز کمک کند. به عنوان مثال آگاهی از رژیم رودخانه، توان آبراهه، سرعت و عمق جریان در یک انتخاب اولیه از دوره بازگشت، می تواند باعث قضاوت مهندسی بهتری گردد.

نتیجه گیری

در این تحقیق در گام اول هیدروگراف سیلاب سال ۹۳ بازسازی شده و بوسیله مدل عددی شبیه سازی شده است. با نگاهی به مناطق تحت تاثیر از سیلاب مشخص شده است که نتایج حاصل از شبیه سازی و سیلاب رخ داده همپوشانی مناسبی داشته است. در گام بعد به بررسی دیدگاه های مختلف در مباحث مربوط به تعیین حدودحریم و بستر، طرح های ساماندهی مهندسی رودخانه و انتخاب دوره بازگشت سیلاب شده است. با توجه به پیشرفت های چشمگیر مدل های عددی، سیستم های اطلاعات جغرافیایی و ... لازم است تا تغییر دیدگاه در مباحث مهندسی رودخانه ایجاد گردد. در نهایت توصیه هایی برای بهبود طرح های مهندسی رودخانه و افزایش ضریب اطمینان آنها (با افزایش اندک هزینه های محاسباتی و کارشناسی) ارائه شده است.

منابع

- [۱] آل یاسین، احمد (۱۳۷۹). "کاربرد مهندسی رودخانه در رودخانه های دز و کارون"، تهران، وزارت نیرو، کمیته ملی سدهای بزرگ ایران
- [۲] نقوی، عباس؛ مهرداد نوروزی، بهزاد خلیلی و داوود رحیمی ملکی (۱۳۹۶) "علاجبخشی سد انحرافی آیش دیوان رامیان"، پنجمین کنگره بین المللی عمران، معماری و توسعه شهری، تهران
- [3] Nadarajah, S. (2007). "Probability models for unit hydrograph derivation". Journal of hydrology, 344(3-4), 185-189.
- [4] U.S. Army Corps of Engineering (USACE), "HEC-RAS River Analyses System, 2D modeling user's manual", Version 5, (2016).
- [5] WMO. (2010). "Manual on stream gauging", Volume II—Computation of discharge.
- [۶] مهندسی مشاور کاوش پی مشهد (۱۳۸۸). "مطالعات تعیین حد بستر و حریم رودخانه قره چای رامیان"، گزارش مطالعات هیدرولیکی
- [۷] ایدی، ضیاءالدین (۱۳۹۱). توسعه و کاربرد مدل DLSRS در تعیین حریم موردی رودخانه ها مطالعه موردی-استان ایلام، نهمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، اهواز، دانشگاه شهید چمران اهواز