

مدلسازی عددی رفتار سیلاب در محورهای مواصلاتی احداث شده

در مناطق با توپوگرافی هموار

فواد کیلانتهئی*، استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، قزوین، ایران
امیر محجوب، استادیار، پژوهشکده حمل و نقل، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران
امیرحسین عباس‌نیا، استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد پردیس، تهران، ایران
سید ابوالحسن حقایقی، دانش آموخته کارشناسی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: kilanehei@eng.ikiu.ac.ir

دریافت: ۹۶/۰۴/۱۷ - پذیرش: ۹۶/۱۰/۱۶

صفحه ۶۵-۸۳

چکیده

تعیین محل و ارتفاع مناسب آبروها به عنوان فاکتوری بسیار مهم در طراحی مسیر مطرح است. در مناطق کوهستانی با توجه به وجود شیب کافی، تعیین محل و ظرفیت آبگذری آبروها بر اساس مطالعه حوضه آبریز بالادست جاده و با مطالعات تحلیلی برای دوره بازگشت‌های مختلف سیلاب قابل محاسبه و انجام است این در حالی است که تعیین محل آبروها و ارتفاع جاده در مناطق با توپوگرافی هموار به سادگی ممکن نیست زیرا اختلاف ارتفاع قابل ملاحظه‌ای در دو سمت جاده وجود ندارد. در مواقع سیلابی آب در پشت جاده شروع به افزایش ارتفاع نموده و مساحت زیادی از بالادست جاده را مستغرق می‌کند. در این مواقع تعیین محل و ارتفاع مناسب برای جاده و ظرفیت آبروها برای جلوگیری از روگذری بسیار مهم است. با توجه به طبیعت جریان در این مناطق برای تعیین سطح غرقاب شده و ارتفاع آب، مدل‌سازی دو بعدی جریان قبل از جاده ضروری است. در این مقاله به عنوان نمونه بخشی از جاده اصلی لامرد- خنج واقع در جنوب استان فارس و نزدیکی شهرستان لامرد مورد بررسی قرار گرفته است. ابتدا با انجام مطالعات هیدرولوژیکی دبی جریان سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف تعیین و در ادامه جریان پشت جاده به صورت عددی مورد مدلسازی دو بعدی هیدرولیکی قرار گرفته است. به این ترتیب جهت حرکت غالب جریان، مناطق مستعد روگذری سیلاب، مساحت آبگرفته پشت جاده و ارتفاع آب بر روی آن تعیین می‌گردد. نتایج مدل تطابق بسیار مناسبی با آثار بجای مانده از سیلاب‌های قبلی را نشان داد. این مطالعات می‌تواند به عنوان راهنمای مناسب برای محورهای موجود و آتی در مناطق هموار که در مواجهه با جریانهای سیلابی قرار دارند، ملاک عمل قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آبرو، راه‌های دشتی، مدلسازی دو بعدی جریان، روگذری سیلاب

۱- مقدمه

بازگشت‌های مختلف است. این اطلاعات در مناطق کوهستانی و تپه ماهوری به علت شیب زیاد آبراهه به سادگی با استفاده از مدل‌سازی یک بعدی آبراهه قابل محاسبه است. در مناطق پست و با شیب کم در بسیاری از اوقات تعیین بستر اصلی آبراهه‌ها و مسیل‌ها به سادگی امکان پذیر نمی‌باشد و در هر سیلاب این بستر جابجا می‌گردد. در اینگونه موارد مدل‌های یک بعدی جریان قابل استفاده نبوده و استفاده از مدل‌های دو بعدی اجتناب ناپذیر

تقاطع جاده با آبراهه‌های طبیعی از نقاط مهم در طراحی مسیر محسوب می‌شوند. با توجه به اینکه جاده‌ها همانند سد ارتباط هیدرولیکی دو سمت خود را قطع می‌کنند بنابراین همواره احداث سازه‌هایی برای برقراری مجدد این ارتباط مورد نیاز است. آبروها و پلها از مهم‌ترین این سازه‌ها بشمار می‌آیند که طراحی آنها نیازمند وجود اطلاعات پایه‌ای نظیر دبی عبوری، پهنه سیلابی و ارتفاع آب در سیلابدشت برای دوره

شکل ۱- الف وضعیت مسیر در شروع بارندگی و شکل ۱- ب روگذری سیلاب از محور به علت عدم کفایت آبگذری آبروها و ارتفاع نامناسب خط پروژه را نشان می‌دهد. همانگونه که در شکل‌های مذکور مشخص است پخش سیلاب در ناحیه بسیار وسیع بالادست جاده و حرکت آن در راستای طولی و عرضی لزوم استفاده از مدل‌های دو بعدی در پلان را توجیه می‌نماید.

است. بسیاری از محورهای مواصلاتی استانهای شمالی و جنوبی کشور که عموماً در طول سال با سیلابهای متعددی مواجه می‌شوند دارای شرایط یاد شده می‌باشند. در شکل‌های شماره ۱ و ۲ به ترتیب بخشی از محور کهیر- کنارک واقع در استان سیستان و بلوچستان و یکی از محورهای استان خراسان شمالی در زمان وقوع بارندگی و جاری شدن سیل ارائه شده است.



ب



الف

شکل ۱. بخشی از محور کهیر- کنارک واقع در استان سیستان و بلوچستان ، الف) وضعیت محور در ابتدای شروع بارندگی و قبل از روگذری سیلاب، ب) بعد از روگذری سیلاب



شکل ۲. روگذری سیلاب در یکی از محورهای استان خراسان شمالی

جریان در بخش شریانی رودخانه تفاوت زیادی با بخش آبراه‌های آن داشته و مدل‌های یک بعدی قادر به شبیه‌سازی صحیح آن نیستند. روحی و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی و مقایسه دو نرم‌افزار معروف برای مدل‌سازی هیدرولیکی یک بعدی رودخانه پرداختند. در این مطالعه با انتخاب بازه‌ای از رودخانه قره آغاج به طول تقریبی ۲۵ کیلومتر، شبیه‌سازی سیلاب توسط مدل‌های کامپیوتری MIKE 11 و HEC-RAS انجام گردید. سپس نتایج هر روش با مقادیر سیلاب مشاهداتی

تاکنون مطالعات بسیاری در خصوص تعیین دبی سیلاب و پهنه سیلابی مسیله‌ها و رودخانه‌ها انجام شده است. ملک عباسلو و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی و مدل‌سازی دو بعدی الگوی جریان در رودخانه‌های مخروط افکنه‌ای پرداختند. این محققین محدودیت‌های مدل‌های یک بعدی در مدل‌سازی رودخانه‌های شریانی را دلیل استفاده از مدل‌های دو بعدی عنوان نمودند. ایشان رودخانه رودان در استان هرمزگان را با استفاده از مدل CCHE2D مدل‌سازی کردند. بررسی‌ها نشان داد که الگوی

مقایسه شد. نتایج حاکی از دقت بالای مدل عددی نرم‌افزار MIKIE 11 نسبت به مدل نرم‌افزار HEC-RAS در شبیه‌سازی جریان سیلاب در آبراه‌های طبیعی می‌باشد. امیری و پورقاسم (۱۳۹۴) به بررسی نقش روندیابی سیل در تفکیک و شناسایی مناطق سیل خیز پس از برآورد دبی زیر حوزه‌ها در آبراه‌های اصلی تا خروجی کل حوزه پرداختند. بدین منظور حوزه آبریز توتکابن به مساحت ۴۳۷.۱ کیلومتر مربع در استان گیلان به ۷ زیر حوزه تقسیم گردید و با نرم افزار HEC-HMS مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که میزان مشارکت زیر حوزه‌ها فقط متناسب با مساحت و دبی خروجی حوزه نمی‌باشد و عوامل دیگری از جمله موقعیت مکانی زیر حوزه‌ها، نقش روندیابی در رودخانه اصلی، فاصله تا خروجی، شماره منحنی زیر حوزه‌ها و میزان بارش دریافتی هر زیر حوزه نقش بسزایی در سیل خیز بودن زیر حوزه دارند. فرخی رودپشتی و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از نرم افزارهای Civil3D و HEC-RAS به مدل‌سازی هیدرولیکی رودخانه سبزکوه در وضع موجود پرداختند و اثرات هیدرولیکی آن را در شرایط سیلابی مورد بررسی و ارزیابی قرار دادند. در ادامه براساس نتایج ارزیابی، بازه‌های بحرانی به لحاظ اثرات مخرب حضور کاربریهای متفاوت در بستر رودخانه تعیین شد و پیشنهاداتی برای ساماندهی و یا آزادسازی تصرفات ارائه نمودند. ساندر^۱ و همکاران (۲۰۱۶) به مطالعه هیدرولیکی دو بعدی رودخانه‌ای شاخه‌ای در کلمبیا با استفاده از نرم‌افزار RiverFlow 2D پرداختند. رودخانه برای دوره‌های بازگشت مختلف با استفاده از داده‌های هیدرولوژیکی شامل تراز آب پایین‌دست و مقدار جریان ورودی مدل‌سازی شد. سگورا بلتران^۲ و همکاران (۲۰۱۶) نیز بررسی هیدرولیکی رودخانه گرون^۳ را با استفاده از مدل دو بعدی RiverFlow 2D انجام دادند. هدف آنها پهنه‌بندی سیلاب و تحلیل ریسک برای کاربریهای مختلف اطراف رودخانه بود. این محققین برای تحلیل‌های هیدرولوژیکی و تعیین دبی‌های مختلف برای دوره بازگشت‌های متفاوت، نرم افزار TETIS را مورد استفاده قرار دادند. نتایج خروجی مدل هیدرولیکی بر روی نقشه کاربری‌ها قرار گرفت و تحلیل ریسک برای آنها تعیین شد. غربی و همکاران (۲۰۱۶) به مقایسه مدل‌سازی هیدرولیکی مدل‌های یک بعدی MIKIE 11 و HEC-RAS در مقابل مدل دو بعدی TELEMAC پرداختند. ایشان بستر سیلابی رودخانه مدجرد^۴ در کشور تونس را مورد مدل‌سازی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد علی‌رغم اینکه

ساخت و اجرای مدل‌های یک بعدی بسیار سریع و آسان است نتایج بدست آمده از آنها به صورت قابل ملاحظه‌ای در بستر سیلابی غیر دقیق می‌باشند در مقابل، مدل دو بعدی این ضعف را می‌تواند تصحیح کند.

اگر چه مطالعات بسیاری در خصوص تعیین پهنه سیلابی مسیله‌ها و رودخانه‌های با دشت سیلابی وسیع انجام شده است لیکن بررسی اثر وجود جاده به عنوان سدی در برابر حرکت سیلاب و شبیه‌سازی رفتار آن کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در این مقاله سعی شده است به عنوان نمونه قسمتی از جاده اصلی لامرد- خنج واقع در جنوب استان فارس و در محدوده شهرستان لامرد مورد بررسی قرار گیرد. محدوده مورد بررسی در حد فاصل بین کیلومتر ۶ الی کیلومتر ۹ (کیلومتر صفر خروجی شهرستان لامرد) و در تقاطع با رودخانه شور مهران می‌باشد. با توجه به هموار بودن توپوگرافی منطقه، خط القعری در منطقه به روشنی قابل مشاهده نیست. هر سال در مواقع سیلابی و با طغیان رودخانه، بخشی از جاده به زیر آب فرو می‌رود. در شکل شماره ۳ نمایی از نواحی بالادست و پایین‌دست محور مذکور در سیلاب آذر ماه سال ۹۱ و در شکل شماره ۴ بالادست جاده با وضوح بیشتری ارائه شده است. اهمیت این محدوده از جاده با توجه به وجود منطقه ویژه اقتصادی صنایع انرژی‌بر لامرد در پایین دست و یک شهرک صنعتی در بالادست جاده بسیار زیاد می‌باشد. در این مطالعه محدوده مورد نظر پس از تعیین مقدار دبی آوردی مورد مدل‌سازی دو بعدی قرار گرفته و با استفاده از نتایج مدل، مناطقی که روگذری سیلاب در آن روی داده است به‌مراه طول آبرگشتگی و ارتفاع آن بر روی جاده به ازای دبی با دوره‌های بازگشت مختلف تعیین شده است. لازم به ذکر است که منطقه ویژه اقتصادی صنایع انرژی‌بر لامرد برای حفاظت سایت در برابر سیلاب، اطراف محدوده خود دو کانال در شمال و جنوب احداث نموده که هدف آنها انتقال دبی سیلاب به پایین دست است.

۲- مطالعات هیدرولوژیکی

مشخصات ویژه سیل از قبیل حجم سیلاب، دبی اوج و زمان رسیدن به آن بستگی به مشخصات بارش طرح دارد. داشتن رابطه یا نموداری که از روی آن بتوان به ازاء تادامهای

و حساسیت به تخریب و یا مقدار هزینه‌ای که صرف احداث آن می‌شود یا خطراتی که ممکن است به لحاظ جانی و مالی در اثر خراب شدن ببار آورد با دوره بازگشت مشخص طراحی می‌شوند.

مختلف، مقدار شدت بارندگی را تخمین زد از ملزومات عمده‌ای است که در طراحی سازه‌های آبی از آن استفاده می‌شود. از طرف دیگر سازه‌های آبی مانند سیلیند، زهکش، پل، سد، جوی‌های جمع‌آوری هرزآب و امثال آن بر حسب اهمیت



(الف)



(ب)

شکل ۳. نمایی از نواحی بالادست و پایین‌دست محور لامرد- خنج در سیلاب آذر ماه سال ۹۱، الف) دید از بالادست، ب) دید از پایین‌دست



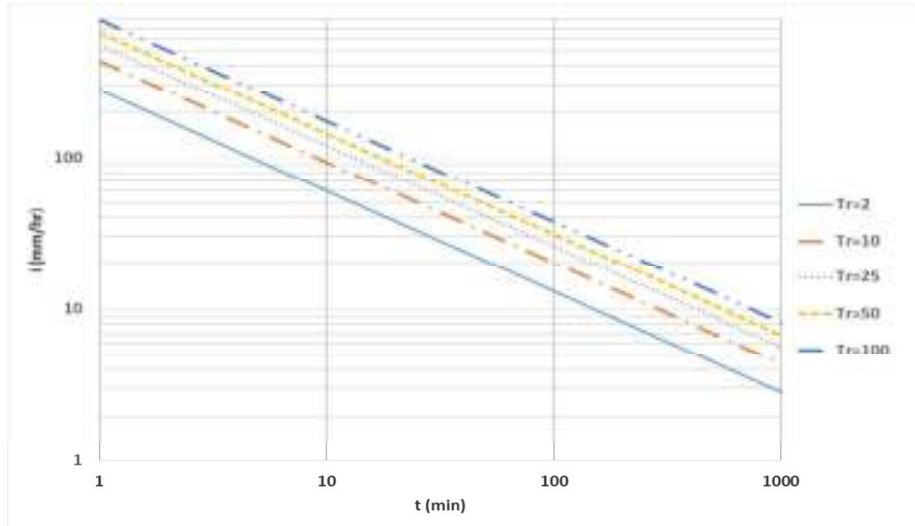
شکل ۴. نمایی از بالادست محور لامرد- خنج جاده با وضوح بیشتر

روزانه هستند که صرفاً اطلاعات مربوط به بارانهای ۲۴ ساعته را ثبت می‌کنند. لذا استفاده از روشهای معمول آماری برای تولید رابطه شدت-مدت- فراوانی در این منطقه امکان پذیر نیست. عباس‌نیا و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از بارانهای ۲۴ ساعته، منحنی‌های شدت-مدت- فراوانی را برای منطقه لامرد استخراج نمودند. معادله شدت-مدت- دوره بازگشت تعیین شده برای منطقه لامرد بصورت رابطه زیر است.

$$i = 230 \frac{T_r^{0.27}}{t^{0.664}} \quad (1)$$

که در آن i شدت بارندگی بر حسب Tr , mm/hr دوره بازگشت بارندگی بر حسب سال و t مدت بارندگی بر حسب دقیقه است. شکل ۵ منحنی‌های شدت-مدت- دوره بازگشت بدست آمده از این رابطه را نشان می‌دهد.

بنابراین شدت یا مقدار بارندگی که به ازاء یک تداوم معین در طراحی از آن استفاده می‌شود (باران طرح) باید مربوط به دوره بازگشت مورد نظر باشد. تغییرات شدت بارندگی نسبت به دوره بازگشت، یک تابع آماری-احتمالاتی است که برای هر منطقه اقلیمی مقدار متفاوتی دارد. داشتن این رابطه نیز از ملزومات طراحی در سازه‌های آبی است. از تلفیق روابط فوق می‌توان به توابع یا نمودارهای واحدی دست یافت که بتوان از روی آنها مقدار شدت بارندگی را در تداومها و دوره‌های بازگشت مختلف برآورد نمود. منطقه جنوب کشور فقر اطلاعاتی زیادی در زمینه وجود ایستگاههای ثبات باران سنجی دارد و بیشتر ایستگاههای موجود فقط دارای باران سنجهای



شکل ۵. منحنی‌های IDF تولید شده برای منطقه لامرد

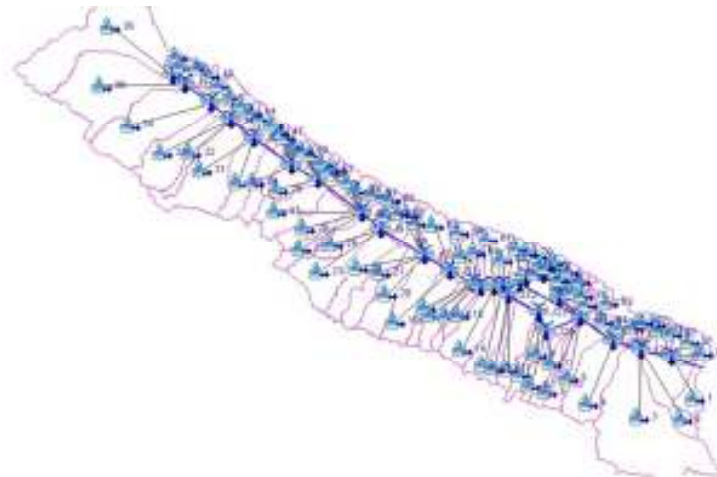
کیلومتر مربع را نشان می‌دهد. در روش SCS ارتفاع رواناب ناشی از باران از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (2)$$

که در آن: Q ارتفاع رواناب، P ارتفاع بارندگی و S ارتفاع مربوط به نفوذ در خاک و ذخیره سطحی است. مقدار تلفات کلی یا S، توسط رابطه‌ای، با یک عامل بدون بعد به نام شماره منحنی (CN)، ارتباط می‌یابد.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (3)$$

پس از تعیین منحنی IDF در ادامه دبی طرح با استفاده از مدلسازی هیدرولوژیکی حوزه آبریز بالادست جاده محاسبه می‌گردد. هدف از این مدلسازی، تعیین هیدروگراف سیلاب و مقادیر پیک آن به ازای دوره‌های بازگشت مختلف می‌باشد. بدین منظور، با استفاده از نتایج تحلیل داده‌های بارش و بکارگیری مدل HEC-HMS که یک مدل بارش-رواناب برای تهیه هیدروگراف سیلاب است، نسبت به برآورد مقادیر سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف اقدام شد. روش بارش-رواناب مورد استفاده هیدروگراف واحد SCS می‌باشد. شکل ۶ حوزه‌بندی بالادست رودخانه شور مهران به مساحت ۱۷۶۲



شکل ۶. مدلسازی زیر حوزه‌های آبریز رودخانه شور مهران در نرم افزار HEC-HMS

در رابطه فوق، S برحسب میلیمتر می‌باشد. پس از تعیین مقدار CN، مقدار S مشخص شده و با در نظر گرفتن بارندگی، ارتفاع رواناب محاسبه می‌گردد. مقدار CN بین صفر تا ۱۰۰ متغیر است. در CN برابر صفر هیچگونه روانابی از بارندگی حاصل نیامده و در CN برابر ۱۰۰، تمامی بارش در سطح زمین جریان یافته و ارتفاع رواناب برابر ارتفاع بارندگی خواهد بود. شماره منحنی (CN) با توجه به مشخصات خاک، نوع بهره‌وری از زمین و شرایط رطوبت قبلی خاک تعیین می‌گردد. با توجه بررسی‌های انجام شده و موارد فوق، در این مطالعات شماره منحنی برای حوضه‌های آبریز بزرگ جنوبی برابر ۸۰ و شماره

منحنی برای سایر حوضه‌های آبریز ۸۲ در نظر گرفته شده است. پس از تعیین هیدروگراف سیلاب در هر یک از زیرحوضه‌ها، می‌بایست نحوه پیوستن شاخه‌های مختلف رودخانه و تجمیع این هیدروگرافها مدلسازی گردد. این مهم بوسیله روندیابی جریان در طول کانال رودخانه شور مهران انجام گرفت. به این منظور در حرکت از بالادست به پائین دست از روش ماسکینگام-کونج استفاده شده است. در ادامه نتایج حاصل از مدلسازی به ازای دوره‌های بازگشت ۲۰۰، ۱۰۰، ۵۰، ۲۵، ۱۰ و ۲ سال در جدول شماره ۱ ارائه گردیده است.

جدول ۱. مقادیر دبی اوج بر حسب متر مکعب بر ثانیه در بالادست جاده

مساحت حوضه	دوره بازگشت(سال)						
	200	100	50	25	10	5	2
Km ²							
1762.11	1312	936.4	753.8	588.2	457.1	305	110

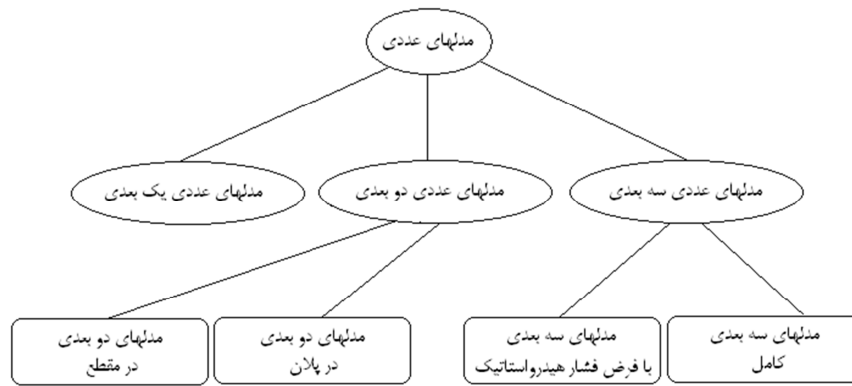
رودخانه‌ای می‌باشد اما با توجه به وسعت ناحیه‌ای که باید در مدل دیده شود و همچنین نقش خطاهای مقیاسی در نتایج آزمایشها از یک طرف و هزینه بسیار زیاد ساخت مدل فیزیکی برای هر پروژه از طرف دیگر، باعث می‌شود که از این روش برای پروژه‌های معمول مهندسی استفاده نشود. مدل‌های عددی بهترین گزینه برای بررسی وضعیت جریان و مورفولوژی رودخانه در چنین مسائلی هستند. کاربرد و دقت مدل‌های عددی به فرضیات و روشهای حل عددی استفاده شده در آن بستگی دارد. مدل‌های عددی اساساً مبتنی بر تئوریه‌ها و روابط ریاضی هستند و به کمک حل معادلات اصلی حاکم، به تحلیل جریان و حرکت رسوبات می‌پردازند. مدل‌های عددی را می‌توان به طور کلی به لحاظ دامنه هندسی محاسباتی به صورت شکل شماره ۷ تقسیم نمود.

۳- مطالعات هیدرولیکی

این بخش به مدلسازی هیدرولیکی اختصاص دارد. در ابتدا مدل‌های هیدرولیکی مورد بررسی قرار گرفته و با مقایسه آنها مدل مناسب انتخاب شده است و در ادامه مراحل مدل‌سازی آورده شده است.

۳-۱- انتخاب مدل عددی مناسب جهت شبیه‌سازی سیلاب

تعیین مقادیر سرعت، فشار و سایر متغیرهای محیط مورد نظر را می‌توان از اهداف مدل‌سازی برشمرد. برای تعیین پارامترهای مذکور در مسائل واقعی جریان، دو راه حل وجود دارد. مدل‌سازی فیزیکی و مدل‌سازی عددی. استفاده از مدل فیزیکی یک روش اولیه در بررسی جریان در محل سازه‌های



شکل ۷. تقسیم بندی مدل‌های عددی بر اساس دامنه محاسباتی

بعدی در عمق نیز در مواردی قابل استفاده است که تغییرات شدید پارامترهای جریان در عرض وجود نداشته باشد. مدل‌های دو بعدی در مقایسه با مدل‌های یک بعدی اطلاعات جامع تری را بدست می دهند و می توان از آنها برای تحلیل جریان و توپوگرافی بستر در پروژه‌های مهندسی رودخانه استفاده نمود. از مدل‌های دو بعدی در پلان می توان به مدل‌های MIKE21 و HEMAT اشاره کرد.

مدلهای سه بعدی با توجه به استراتژی حل و تعیین پارامترهای جریان در عمق به دو صورت تقسیم بندی می شوند. در صورتیکه معادلات جریان در سه بعد به صورت کامل حل گردند (معادلات سه بعدی مومتم و معادله پیوستگی) مدل را مدل سه بعدی کامل گویند. چنانچه از فرض فشار هیدرواستاتیک در حل معادلات استفاده گردد و معادلات جریان (معادله دو بعدی مومتم و معادله پیوستگی) حل گردد، مدل را مدل سه بعدی با فرض فشار هیدرواستاتیک نامند. مدل‌های سه بعدی با فرض فشار هیدرواستاتیک در مقایسه با مدل‌های سه بعدی کامل دارای سرعت بالاتری هستند اما دقت محاسبات آنها در عمق در مقایسه با مدل‌های سه بعدی کامل، پایین تر است به طوری که قادر به تشخیص و محاسبه جریانهای عمقی به صورت کامل نیستند (کیلانتهئی، ۱۳۹۰). مدل‌های سه بعدی در مقایسه با مدل‌های دو بعدی بسیار وقت گیر بوده و استفاده از آنها در پروژه‌های مهندسی معمول نشده است. از مدل‌های سه بعدی که قادر به انجام محاسبات جریان و رسوب می باشند می توان مدل‌های MIKE3، SSIIM، Flow 3D، Delft3D، Telemac و SMS را نام برد.

از جمله مسائل مهم در مقاله حاضر تعیین محدوده رودخانه در بالادست و پایین دست جاده و ارتفاع سیلاب بر روی آن در مواقع سیلابی است. با توجه به تغییر زیاد

مدلهای عددی یک بعدی از ابتدایی ترین مدل‌های ریاضی برای حل مسائل مهندسی رودخانه می باشند. روش حل این مدلها بر اساس حل معادلات حاکم بر جریان و یا رسوب در یک بعد محاسباتی است (به عنوان مثال در امتداد کانال یا رودخانه). به دلیل طبیعت پیچیده جریان در محل سازه‌های هیدرولیکی و شرایط مختلفی که برای جریان در این نواحی بوجود می آید، این مدلها قادر به شبیه سازی جریان و تغییرات بستر رسوبی در این نواحی نیستند. با توجه به سرعت بالای حل این مدلها از آنها می توان برای بررسی وضعیت جریان در بازه های طولانی رودخانه استفاده کرد و از این نظر بر مدل‌های دو بعدی و سه بعدی ارجحیت دارند و می توانند اطلاعات مفیدی در مورد جریان و رسوب در مسیرهای طولانی را با صرف زمان اندک و با دقت قابل قبول تولید کنند. از مشهورترین و کارآمدترین مدل‌های یک بعدی موجود می توان از مدل‌های Hec6، GSTARS، FLUVIAL12 و MIKE11 نام برد.

همانطور که در شکل شماره ۷ نشان داده شده است، مدل‌های عددی دو بعدی از نظر دامنه محاسباتی به دو دسته تقسیم بندی می شوند. دسته اول که با نام مدل‌های دو بعدی در پلان شناخته می شوند، شامل مدل‌های هستند که محیط محاسباتی در دو امتداد افق (X و Y) شبکه بندی شده و در عمق (Z) از ترمهای متوسط گیری شده استفاده می نمایند. دسته دوم این مدلها، مدل‌های دو بعدی در مقطع نامیده می شوند که در آنها محیط محاسباتی شامل صفحه ای است که در امتداد جریان (X) و در عمق (Z) گسترده شده است و در عرض (Y) ترمهای متوسط گیری شده بکار گرفته شده است. مدل‌های دو بعدی در پلان بیشتر در مواردی استفاده می شوند که تغییرات زیادی در پارامترهای جریان در عمق وجود ندارد بطوریکه می توان از سرعت متوسط عمقی برای محاسبات استفاده کرد و مدل‌های دو

مشخصات جریان در راستای عرضی نسبت به راستای طولی، شاخه‌ای بودن جریان و همچنین اهمیت تعیین مشخصات جریان در نقاط مختلف، مدل‌های یک بعدی توانایی شبیه‌سازی چنین وضعیتی را ندارند. از طرف دیگر نظر به گستردگی زیاد منطقه مورد مطالعه، کم عمق بودن جریان در قیاس با پلان محیط و حجم بسیار بالای محاسبات در مدل‌های سه بعدی، کاربرد مدل سه بعدی برای شرایط پروژه حاضر مقرون به صرفه نمی‌باشد. لذا در اینجا از مدل‌های دو بعدی در پلان استفاده شده است. از بین مدل‌های دو بعدی در پلان نیز مدل MIKE 21 انتخاب شد. این انتخاب با توجه به جهانی و جامع بودن نرم افزار MIKE 21 و استفاده از آن در بسیاری از پروژه‌های کاربردی در نقاط مختلف دنیا و همچنین توانایی نرم افزار مذکور در مدلسازی محیط‌های بسیار بزرگ است.

۳-۲- معادلات حاکم

مناسب‌ترین معادلات برای شبیه‌سازی هیدرودینامیک جریان آبهای سطحی، معادلات آبهای کم عمق است که فرم دو بعدی آن در صفحه افق شامل معادله پیوستگی و معادلات اندازه حرکت در جهت‌های x و y است. این معادلات، که به معادلات میانگین عمقی نیز معروفند، به کمک انتگرالگیری در جهت قائم از معادلات ناویر-استوکس از کف کانال تا سطح آزاد آب به همراه اعمال شرایط مرزی مناسب در بستر و سطح جریان بدست می‌آیند. معادلات آبهای کم عمق در صورت برقرار بودن دو شرط اساسی توزیع فشار هیدرواستاتیک و یکنواختی پروفیل قائم سرعت قابل استفاده می‌باشند. دو فرض فوق در اکثر جریانهای سطحی که نسبت عمق جریان به عرض آنها کم است، برقرار می‌باشند. معادلات مربوط به جریان آبهای کم عمق عبارتند از:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}}{\partial y} = hS \quad (4)$$

$$\frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial y} = f\bar{v}h - gh\frac{\partial\eta}{\partial x} - \frac{1}{\rho_0}\frac{\partial P_a}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial\rho}{\partial x} - \frac{\tau_{xx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{yx}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0 h}\left(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial x}(hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y}(hT_{xy}) + hu_s S \quad (5)$$

$$\frac{\partial h\bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{v}^2}{\partial y} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial x} = f\bar{u}h - gh\frac{\partial\eta}{\partial y} - \frac{1}{\rho_0}\frac{\partial P_a}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial\rho}{\partial y} - \frac{\tau_{xy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{yy}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0 h}\left(\frac{\partial S_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}(hT_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x}(hT_{xy}) + hv_s S \quad (6)$$

MIKE21، به دو صورت Higher Order و Low Order می‌باشد. (Manual of MIKE 21., 2005)

رابطه (۴) معادله پیوستگی و روابط (۵) و (۶) معادلات اندازه حرکت در جهت‌های x و y می‌باشند.

در روابط فوق، \bar{u} و \bar{v} سرعت‌های انتگرال‌گیری شده در عمق در جهت‌های x و y ، η تغییرات تراز سطح آزاد آب، d عمق آب ساکن ($h = \eta + d$)، T_{ij} تنش‌های جانبی، S_{ij} تنش‌های شعشی، f پارامتر نیروی کوریولیس و τ_s و τ_b تنش‌های ناشی از سطح و بستر می‌باشند. منقطع سازی معادلات حاکم در مدل عددی MIKE 21 بر اساس روش حجم محدود صورت می‌گیرد. اولین مرحله برای حل عددی معادلات، تولید شبکه محاسباتی است. برای تولید شبکه محاسباتی روشهای مختلفی وجود دارد که بسته به روش حل معادلات و نوع شبکه مورد نیاز، می‌تواند متفاوت باشد. شبکه مورد استفاده در حل معادلات باید به نحوی باشد که با کمترین تعداد المان، بیشترین دقت محاسباتی حاصل گردد. برای شبکه بندی محیط فیزیکی استفاده از شبکه با ساختار مستطیلی و ناساختار مثلثی در مدل عددی پیش‌بینی شده است. روش حل عددی معادلات در نرم افزار

۳-۳- روند انجام مدلسازی دو بعدی ناحیه مورد مطالعه

برای انجام مدلسازی دو بعدی، مراحل زیر به ترتیب انجام می‌گردد تا اطلاعات پایه به مدل داده شود.

- ✓ مشخص کردن محدوده مدلسازی با توجه به شرایط توپوگرافی و نحوه ورود و خروج جریان‌های موجود به ناحیه مورد مطالعه
- ✓ تعیین ابعاد سلولهای محاسباتی با توجه به ملاحظات هیدرولیکی و دقت مورد نیاز برای مدلسازی
- ✓ جمع‌آوری اطلاعات نقشه‌برداری انجام شده در ناحیه مورد مطالعه و مشخص کردن نواقص اطلاعاتی مربوطه
- ✓ تعیین عوارض مصنوعی (زاهها، خاکریزها، پلها، آبروها و سایر عوارض تعیین کننده در حرکت جریان) و انجام

نقشه برداری موضعی با دقت بالاتر از این عوارض

✓ تبدیل داده‌های نقشه برداری به فایل‌های ورودی قابل

دریافت توسط مدل

✓ ساخت شبکه مناسب برای مدلسازی

✓ تعیین ارتفاع سلولهای محاسباتی با استفاده از انترپلاسیون

داده‌های نقشه برداری

✓ تعیین محدوده مرزها و اعمال شرایط مرزی متناسب با هر

مرز

✓ تعیین گام زمانی مناسب برای حل معادلات با توجه به

محدودیت عدد کورانت

محدوده نهایی مدلسازی در شکل ۸ نشان داده شده است.

در ابتدا محدوده مدلسازی کوچکتر در نظر گرفته شده بود اما

با توجه به تاثیر مستقیم نتایج مدل از مرز بالادست و همچنین

وجود تاسیسات موثر نظیر خاکریز، جاده‌های مختلف در

بالادست محور مطالعه و توپوگرافی متغیر، محدوده مدلسازی از

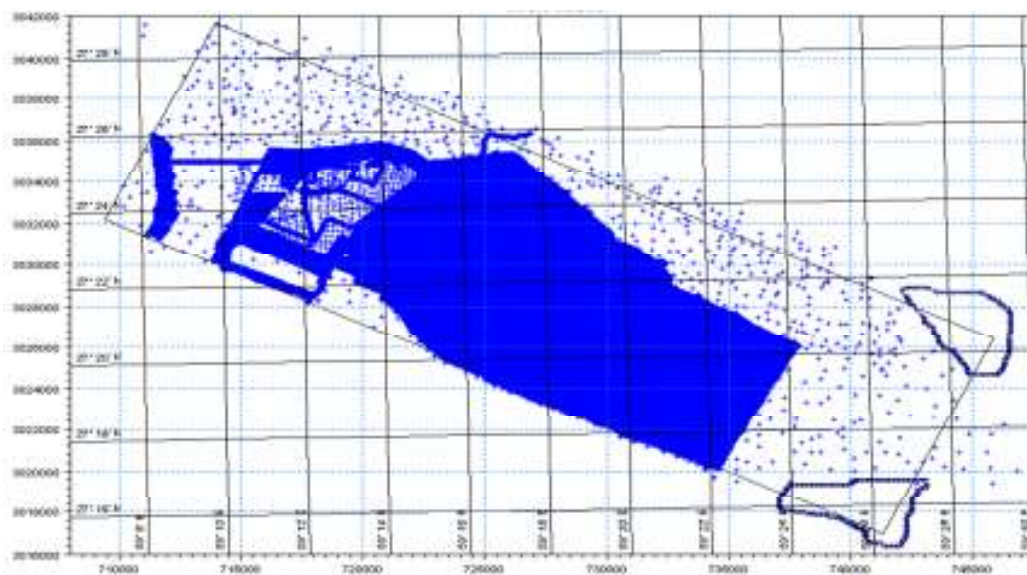
سمت بالادست گسترش پیدا کرد.



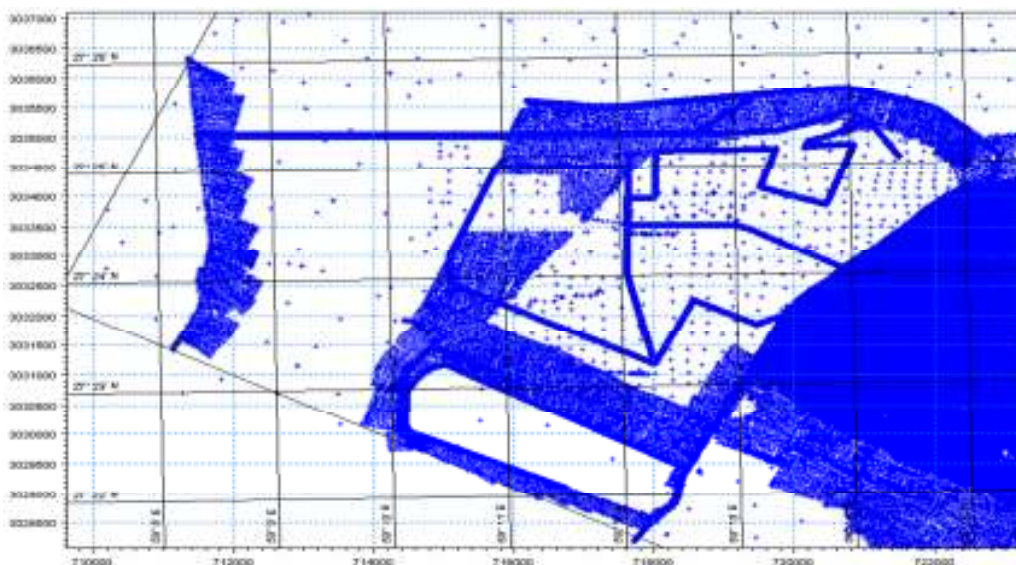
شکل ۸. تصویر ماهواره‌ای محدوده مدلسازی

ملاحظه می‌گردد نقاط نقشه برداری شده در پایین دست جاده دارای تراکم مناسب می‌باشند که حاصل برداشت‌های نقاط به مقیاس ۱ به ۲۰۰۰ می‌باشند. در نواحی دیگر با استفاده از نقشه-های ۱ به ۲۵۰۰۰ نقاط ارتفاعی استخراج شده‌اند. عوارض مصنوعی نظیر جاده‌ها نیز با تراکم بالا تولید و به مدل وارد

اطلاعات نقشه برداری در محدوده مطالعاتی تهیه و به مدل اعمال گردید. شکل ۹ محدوده محاسباتی نهایی پس از وارد نمودن اطلاعات نقشه برداری را نشان می‌دهد. برای نشان داده بهتر نقاط، محدوده بالادست جاده به صورت بزرگنمایی شده در شکل ۱۰ ارائه شده است. همانطور که در تصویر مذکور



شکل ۹. محدوده محاسباتی نهایی پس از وارد نمودن اطلاعات نقشه‌برداری



شکل ۱۰. محدوده بالادست جاده به صورت بزرگنمایی شده

۳-۴- شبکه‌بندی محیط و شرایط مرزی

جهت منقطع‌سازی محدوده محاسباتی از شبکه‌بندی منظم محیط استفاده شد. در شبکه‌بندی منظم ابعاد المانها در دستیابی به شبکه‌ای با دقت و کارایی مناسب، بسیار مهم و تاثیرگذار است. بدین منظور در ابتدا شبکه‌ای با المانهای مربعی با ابعاد ۵*۵ متر ساخته شد. علت انتخاب المانهایی با این ابعاد، قابلیت مدلسازی مدل برای شبیه‌سازی جاده ۱۱ متری لامرد- خنج و سایر جاده‌های مواصلاتی منطقه بود. محدوده محاسباتی دارای ابعاد حدود ۱۵ کیلومتر در ۴.۴ کیلومتر است. به این ترتیب

تعداد سلولهای محاسباتی در محدوده حل بالغ بر ۲.۶۰۰.۰۰۰ المان بود. در مرحله بعد مرزها به مدل معرفی شدند. بدین منظور محدوده مرزهای بالادست و پایین دست جاده که در واقع ورودی و خروجی‌های مدل هستند، مشخص می‌شوند. به علت تر و خشک شدن سلولهای محاسباتی می‌بایست عمق تر و خشک شدن سلولهای محاسباتی به مدل داده می‌شد. در این تحقیق عمق تر شدن سلول ۲ سانتی‌متر و عمق خشک شدن آن ۱ سانتی‌متر لحاظ گردیده است. برای مرز بالادست (ضلع غربی) با توجه به معلوم بودن دبی برای دوره‌های بازگشت

مختلف، از شرط مرزی دبی معلوم و در مرز پایین دست (ضلع شرقی) با توجه به کاهش شدید پایداری مدل در هنگام تر و خشک شدن المانها در مرزها، شرط مرزی ارتفاع معلوم به مدل داده شد و برای از بین بردن اثر آن بر محیط اصلی، مرز پایین دست به اندازه کافی دور در نظر گرفته شد تا تاثیری بر داده‌های موجود در محدوده مدل‌سازی نداشته باشد (شکل ۸). ضریب زبری مانینگ مورد استفاده در مدل‌سازی نیز با توجه به بازدید میدانی برابر ۰.۰۳۱ در نظر گرفته شد. مدل‌سازی انجام شده توسط پردازشگر هفت هسته‌ای (Intel Core i7-3770) @ 340 GHz CPU انجام شد و زمان تقریبی اجرای مدل در حدود ۳۶۰ ساعت (۱۵ روز) بود. همانطور که ملاحظه می‌شود مدت زمان مدل‌سازی بسیار طولانی است که با توجه به تعداد زیاد مدل‌سازی‌ها برای دوره‌های بازگشت مختلف، منطقی به نظر نمی‌رسد. جهت کاهش زمان محاسبات و بهینه نمودن روند مدل‌سازی، تصمیم گرفته شد که تعداد المانهای مورد استفاده برای مدل‌سازی کاهش یابد. لذا ابعاد المانها به صورت ۱۰x۱۰ متر تبدیل شد. افزایش ابعاد المانها باعث کاهش تعداد آنها می‌گردد اما به تبع آن دقت مدل در شبیه‌سازی عوارض نیز کاهش می‌یابد. مهمترین عارضه در این تحقیق جاده لامرد- خنج می‌باشد که با توجه به ابعاد شبکه محاسباتی (۱۰ متر) و عرض جاده (۱۱ متر) به صورت مناسب در مدل لحاظ نمی‌گردد. برای رفع مشکل یاد شده، جاده به صورت مصنوعی تعریف شد. به این ترتیب که جاده به صورت ۴ خط ۵ متری (۲۰ متر) فرض گردید و به این ترتیب عرض جاده حداقل بوسیله دو المان در شبیه‌سازی لحاظ گردید. زمان مدل‌سازی تا حد قابل قبولی کاهش یافت و به حدود ۹۰ ساعت رسید. به این ترتیب مدل‌سازی برای دوره‌های بازگشت مختلف با شبکه‌بندی جدید انجام شد که در بخشهای بعدی نتایج آورده شده است.

۳-۵- مدل‌سازی برای دبی با دوره بازگشت‌های مختلف

جهت اعمال شرایط مرزی بالادست از دبی با دوره بازگشت‌های مختلف (نتایج مطالعات هیدرولوژی) استفاده شده است که به صورت دائمی به مدل از مرز غربی (بالادست جاده) وارد می‌شود. در مرز پایین دست نیز همانطور که گفته شد شرط مرزی ارتفاع معلوم لحاظ گردیده است. در تمامی مدل‌سازی‌ها، حالت دائمی از حل جریان غیردائمی با شرایط مرزی ثابت حاصل شده است. بنابراین نحوه حرکت جریان با گذشت زمان

قابل رصد کردن است. در ادامه خروجی‌های مدل بعد از حصول به حالت ماندگار برای دبی با دوره بازگشت‌های مختلف آورده شده است و در نهایت نتایج حاصل مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است.

۳-۵-۱- دوره بازگشت ۲ ساله

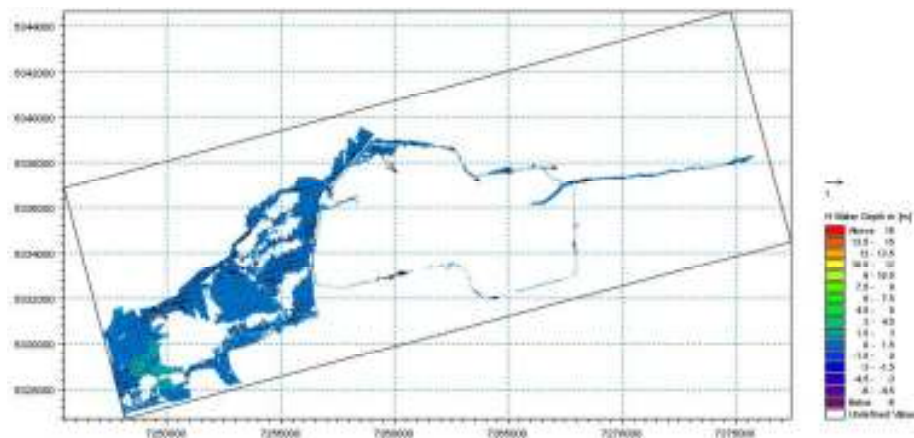
نتایج مدل به ازاء سیلاب با دوره بازگشت دو ساله که معادل ۱۱۰ متر مکعب بر ثانیه می‌باشد در شکل‌های ۱۱ و ۱۲ ارائه شده است. با توجه به شکل مذکور و بررسی نحوه حرکت جریان در زمانهای مختلف، ملاحظه می‌شود که بخش عمده‌ای از جریان پس از برخورد با جاده لامرد- خنج به سمت باند شمالی منحرف شده و در امتداد جاده پس از عبور از پل جاده میرحسینی (که به طور عمود بر محور لامرد- خنج قرار دارد) از طریق آبرو واقع در کیلومتر ۱۰، وارد کانال احداث شده در شمال منطقه ویژه اقتصادی صنایع انرژی‌بر می‌شود. این موضوع با دقت و وضوح بیشتری در شکل ۱۲ نمایش داده شده است.

۳-۵-۲- دوره بازگشت ۵ ساله

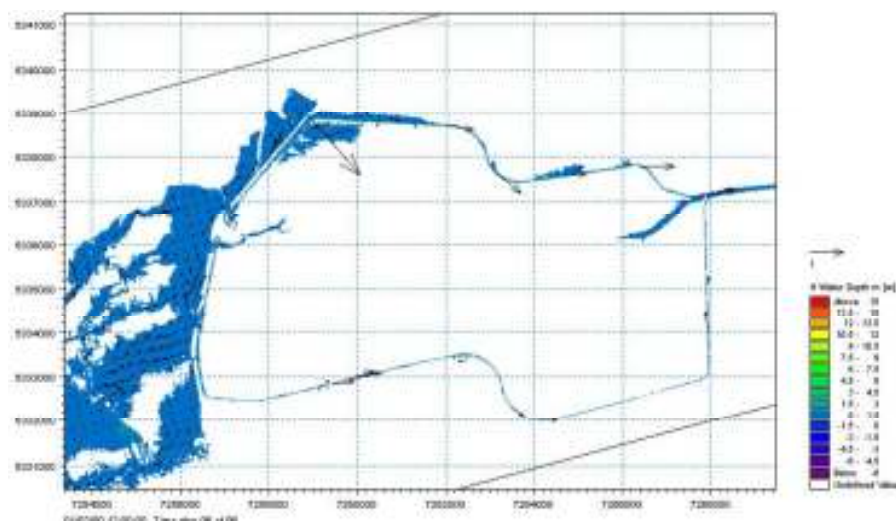
بر اساس مطالعات هیدرولوژی انجام شده، دبی حداکثر سیلاب با دوره بازگشت پنج ساله برابر ۳۰۵ متر مکعب بر ثانیه برآورد شده است. نتایج مدل به ازاء دبی یاد شده در شکل‌های ۱۳ و ۱۴ آورده شده است. با توجه به شکل مذکور ملاحظه می‌شود که سیلاب، در بخش‌هایی از جاده اصلی لامرد- خنج روگذری دارد. با دقت در تصویر مشخص می‌شود که طول روگذری از جاده اصلی در نواحی شمالی بیشتر از سایر قسمتها است.

۳-۵-۳- دوره بازگشت ۱۰ ساله

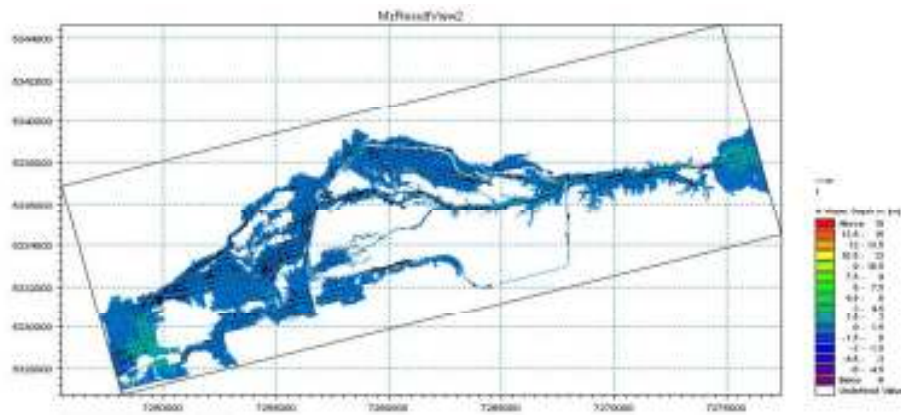
دبی حداکثر سیلاب با دوره بازگشت ده ساله در رودخانه شور مهران برابر ۴۵۷ متر مکعب بر ثانیه تعیین شده است. نتایج مدل به ازاء دبی مذکور در شکل‌های ۱۴ و ۱۵ آورده شده است. مطابق شکل، طول روگذری از جاده اصلی نسبت به حالت قبل (دبی با دوره بازگشت ۵ ساله) افزایش یافته است. نظر به شکل ۱۴ روگذری حادث شده در جاده اصلی علاوه بر بخشهای شمالی محور قسمتهایی از جاده در حفاصل باند جنوبی منطقه ویژه اقتصادی صنایع انرژی‌بر تا رودخانه مرکزی را نیز در بر گرفته است.



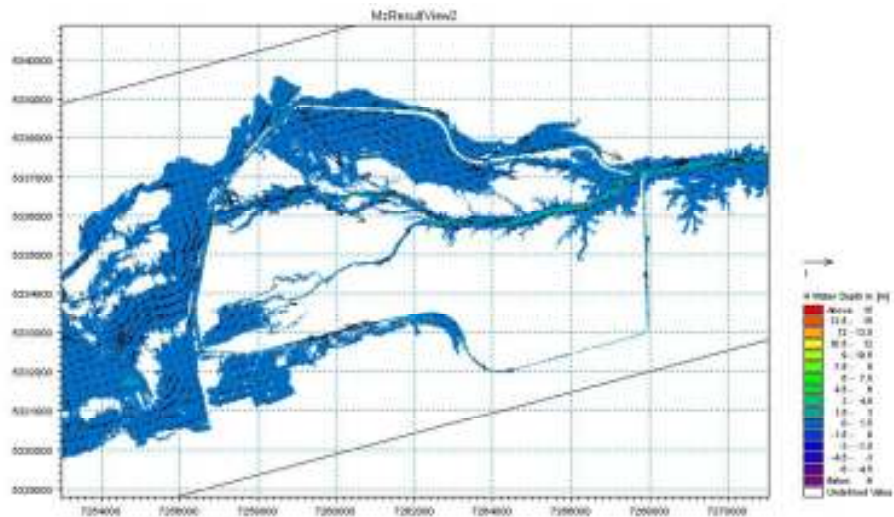
شکل ۱۱. عمق آب به همراه بردارهای سرعت به ازاء سیلاب با دوره بازگشت دو ساله خروجی از مدل



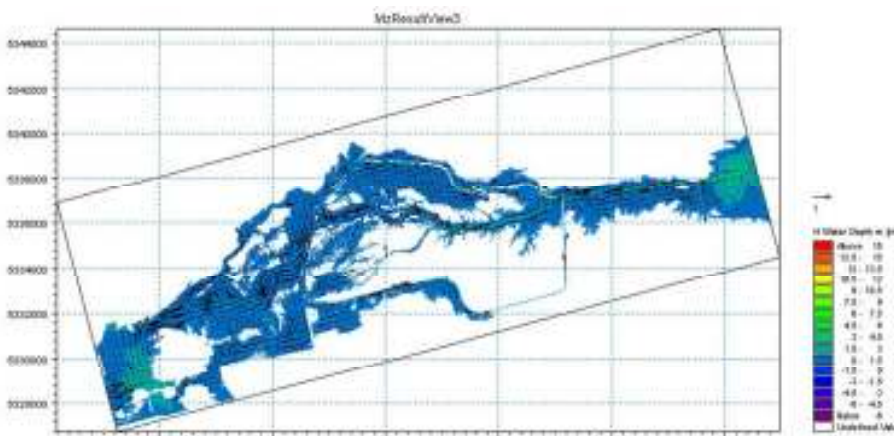
شکل ۱۲. عمق آب و بردارهای سرعت به ازاء سیلاب با دوره بازگشت دو ساله با بزرگنمایی بیشتر خروجی از مدل



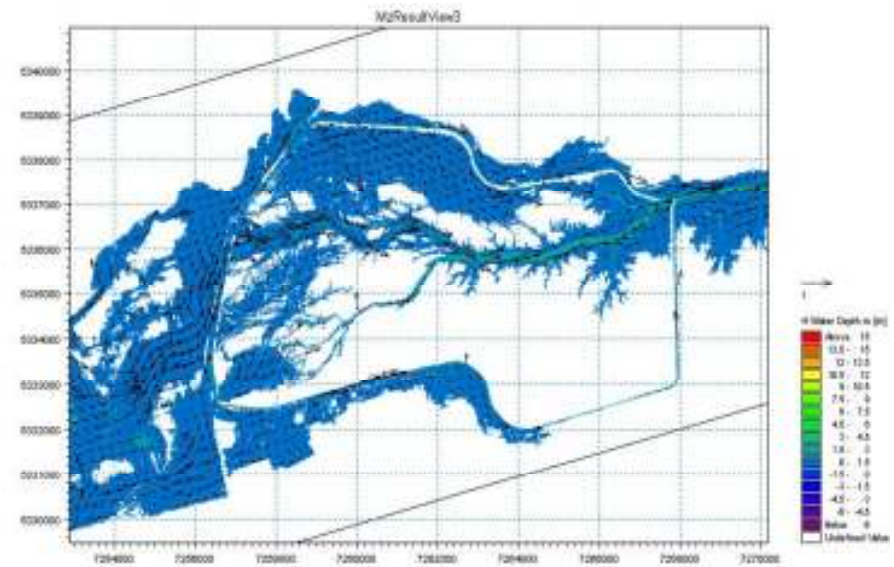
شکل ۱۳. عمق آب به همراه بردارهای سرعت به ازاء سیلاب با دوره بازگشت ۵ ساله خروجی از مدل



شکل ۱۴. عمق آب و بردارهای سرعت به ازاء سیلاب با دوره بازگشت ۵ ساله با بزرگنمایی بیشتر خروجی از مدل



شکل ۱۵. عمق آب به همراه بردارهای سرعت به ازاء سیلاب با دوره بازگشت ده ساله خروجی از مدل



شکل ۱۶. عمق آب و بردارهای سرعت به ازاء سیلاب با دوره بازگشت ده ساله با بزرگنمایی بیشتر خروجی از مدل

۳-۵-۴- دوره بازگشت ۲۵ ساله

یافته است و سیلاب در مجاورت ضلع غربی سایت نیز بخشهایی بیشتری از سایت را در برگرفته است (تصویر ۲۰).

نتایج مدل به ازاء سیلاب با دوره بازگشت بیست و پنج ساله که معادل ۵۸۸ متر مکعب بر ثانیه می باشد در تصاویر ۱۷ و ۱۸ ارائه شده است. با توجه به شکل مذکور و بررسی نحوه حرکت جریان در زمانهای مختلف، ملاحظه می شود که مسیر کلی جریان پس از روگذری از جاده کشوری لامرد- خنج با توجه به جهت شیب سطح داخلی منطقه ویژه اقتصادی صنایع انرژی بر به سمت مسیل شور مهران است.

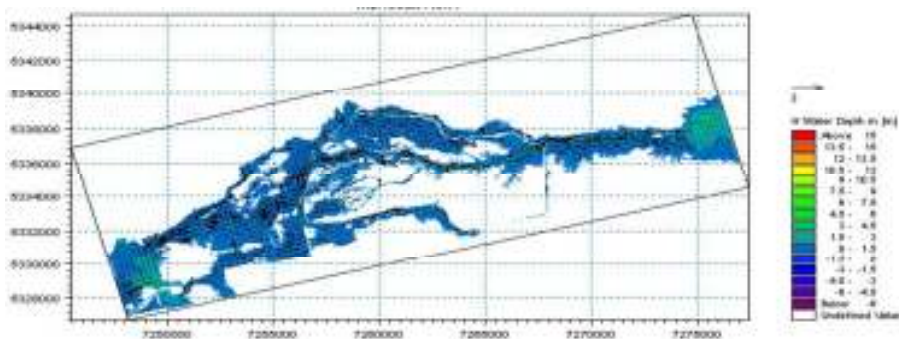
۳-۵-۶- دوره بازگشت ۱۰۰ سال

بر اساس مطالعات هیدرولوژی انجام شده، دبی حداکثر سیلاب با دوره بازگشت صد ساله برابر ۹۵۰ متر مکعب بر ثانیه تعیین شده است. نتایج مدل به ازاء دبی مذکور در تصویر ۲۱ و ۲۲ آورده شده است. روند کلی حرکت و رفتار سیلاب با حالت دبی با دوره بازگشت ۵۰ ساله مشابه است با این تفاوت که قسمت بیشتری از جاده در زیر آب فرو رفته است و عمق آب در پشت جاده افزایش پیدا کرده است.

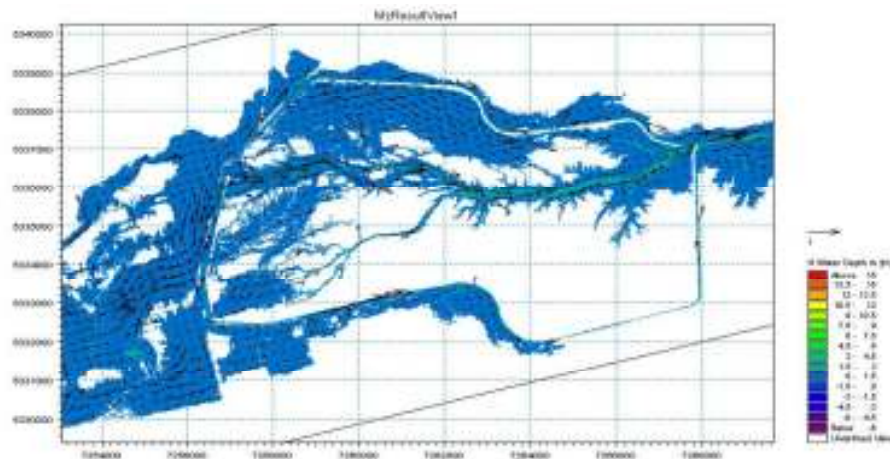
۳-۵-۵- دوره بازگشت ۵۰ ساله

با استفاده از اطلاعات بدست آمده از مدل سازی های انجام شده، یک مقطع عرضی از جاده به عنوان نمونه در حالت سرریز شدن سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله در تصویر ۲۳ نشان داده شده است. همانطور که در تصویر دیده می شود، عمق آب بر روی جاده در این حالت در حدود ۱ متر است.

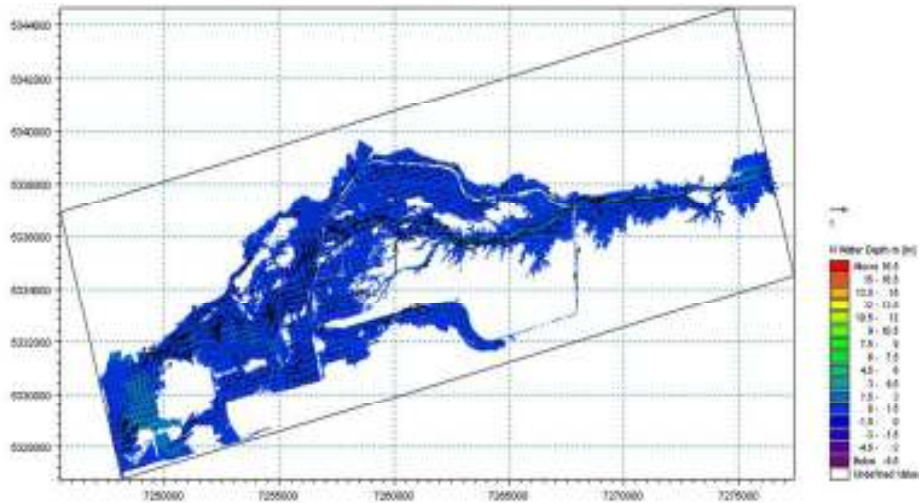
دبی حداکثر سیلاب با دوره بازگشت پنجاه ساله در رودخانه شور مهران در محدوده سایت برابر ۷۵۰ متر مکعب بر ثانیه تعیین شده است. خروجی های مدل به ازاء دبی یاد شده در تصویر ۱۹ ارائه شده است. رفتار کلی سیلاب در این حالت مشابه با حالت قبل (دبی با دوره بازگشت ۲۵ ساله) است با این تفاوت که طول روگذری از جاده اصلی لامرد- خنج افزایش



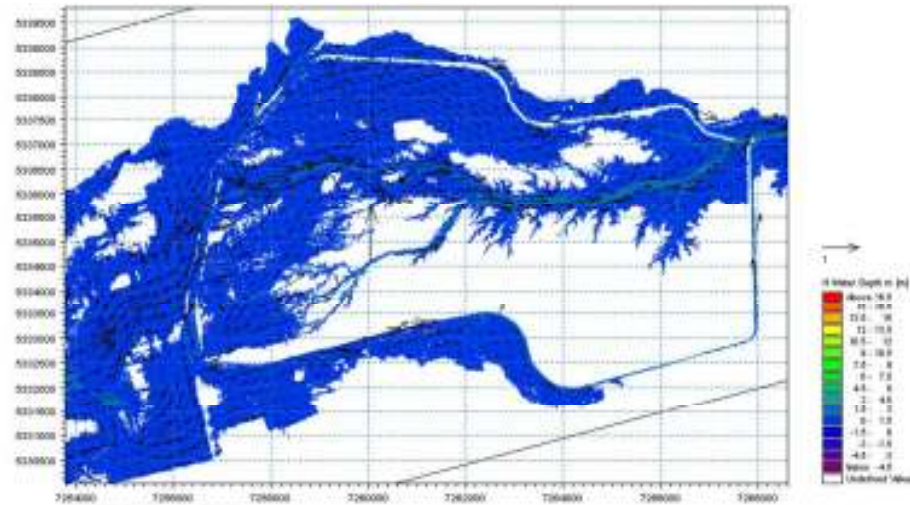
شکل ۱۷. عمق آب به همراه بردارهای سرعت به ازاء سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله خروجی از مدل



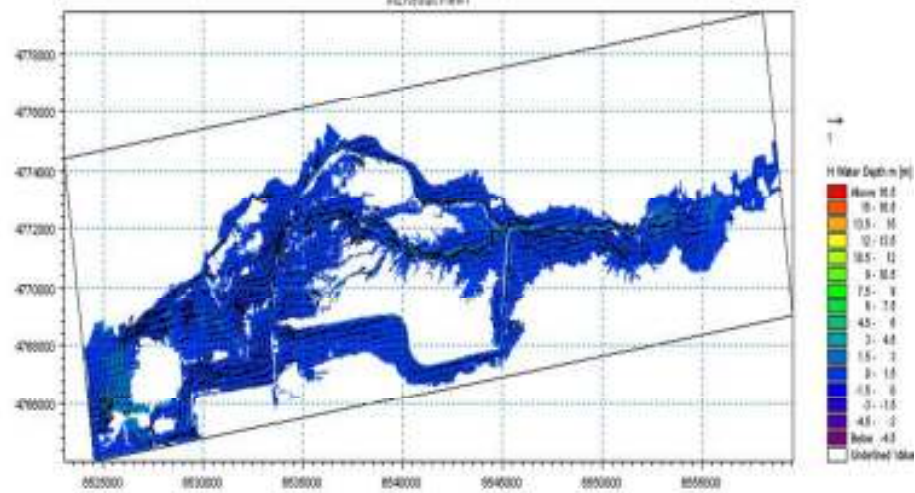
شکل ۱۸. عمق آب و بردارهای سرعت به ازاء سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله با بزرگنمایی بیشتر خروجی از مدل



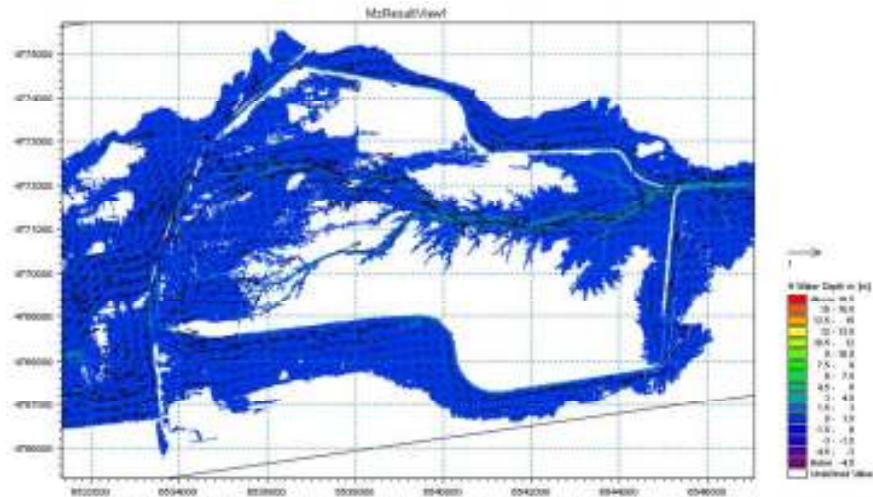
شکل ۱۹. عمق آب به همراه بردارهای سرعت به ازاء سیلاب با دوره بازگشت ۵۰ ساله خروجی از مدل



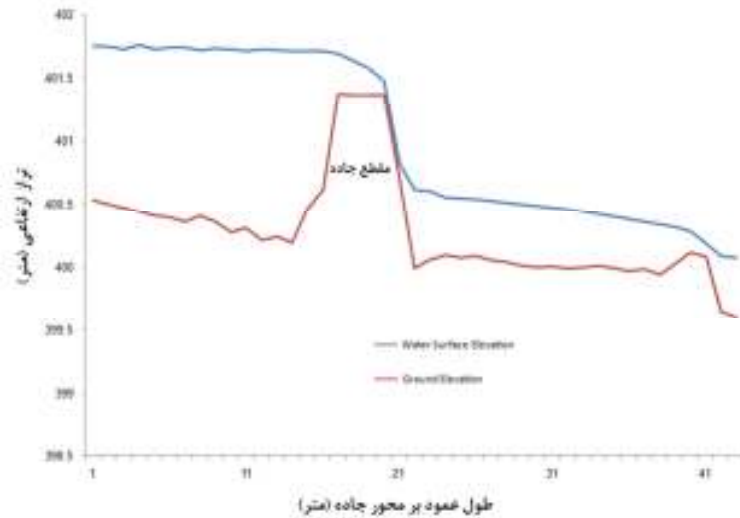
شکل ۲۰. عمق آب و بردارهای سرعت به ازاء سیلاب با دوره بازگشت ۵۰ ساله با بزرگنمایی بیشتر خروجی از مدل



شکل ۲۱. عمق آب به همراه بردارهای سرعت به ازاء سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله خروجی از مدل



شکل ۲۲. عمق آب و بردارهای سرعت به ازاء سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله با بزرگنمایی بیشتر خروجی از مدل



شکل ۲۳. نمایی از مقطع عرضی جاده در حالت سرریز شدن سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله

می‌نماید. درصد‌های تقسیم دبی به ازاء دوره بازگشت های مختلف در جدول ۲ و نمودار ۱ ارائه شده است.

ارزیابی و دقت مدل عددی با توجه به عملکرد کانالهای مذکور در سیلابهای روی داده چند سال اخیر انجام شده است. در سیلابهای با دبی کم، روگذری از جاده لامرد- خنج صورت نگرفته و غالب جریان روی به سمت ضلع شمالی سایت داشته است که نتایج مدل نیز موید این مطلب است. شواهد و آثار مشاهداتی در مناطقی که با افزایش دبی سیلاب روگذری از آن نقاط صورت گرفته است با خروجی‌های مدل سازگاری دارد. با توجه به اعداد جدول ۲ و مباحث عنوان شده در بخشهای قبلی می‌توان به این مهم دست یافت که رفتار سیلاب به ازاء دوره بازگشت‌های مختلف، متفاوت است. در دوره بازگشت دو ساله

۳-۵-۷- تحلیل نتایج

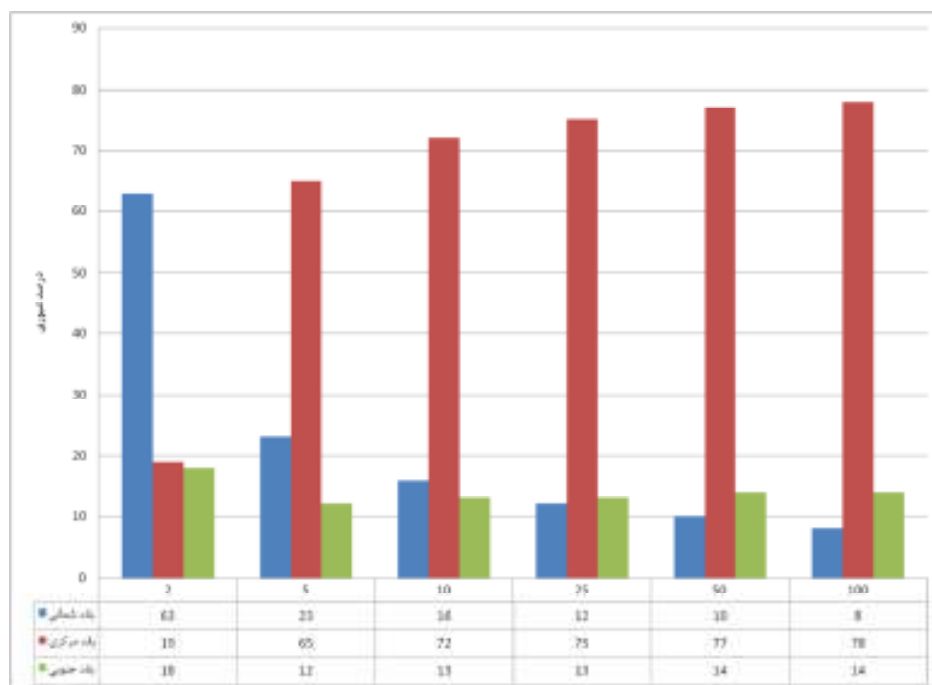
همانگونه که قبلاً نیز ذکر شد در پایین‌دست محور لامرد- خنج (در محدوده مورد مطالعه) منطقه ویژه اقتصادی صنایع انرژی‌بر لامرد واقع است. با توجه به اهمیت سایت مذکور، موضوع کنترل و هدایت مناسب سیلاب در محدوده آن، بسیار مهم و اساسی است. منطقه ویژه اقتصادی صنایع انرژی‌بر برای حفاظت خود در برابر سیلاب، علاوه بر احداث گوره‌های مهار سیلاب در اطراف محدوده خود دو کانال در شمال و جنوب سایت نیز احداث نموده که هدف آنها انتقال دبی سیلاب به پایین دست است. سیلاب پس از برخورد و عبور از جاده لامرد- خنج به گوره‌های مهار سیلاب سایت رسیده و سه مسیر عبور از کانال شمالی، کانال جنوبی و رودخانه میانی را دنبال

روگذری از جاده کشوری لامرد- خنج، سهم بخش مرکزی رشد قابل توجهی می‌یابد.

بخش عمده جریان از بانده شمالی عبور می‌کند. با افزایش دوره بازگشت و به تبع آن ازدیاد دبی حداکثر سیلاب و وقوع

جدول ۲. درصد عبوری جریان در بانده شمالی، جنوبی و مرکزی برای دوره بازگشت‌های مختلف

دوره بازگشت	بانده شمالی	بخش میانی	بانده جنوبی
۲	۶۳	۱۹	۱۸
۵	۲۳	۶۵	۱۲
۱۰	۱۶	۷۲	۱۳
۲۵	۱۲	۷۵	۱۳
۵۰	۱۰	۷۷	۱۴
۱۰۰	۸	۷۸	۱۴



نمودار ۱. تغییرات درصد دبی در مسیرهای تخلیه جریان (ضلع شمالی، مرکزی، ضلع جنوبی)

ارتفاع آبرو و اجرای دوباره مدل، عملکرد آن مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. با تکرار روند ذکر شده، بهینه‌ترین محل، عرض و ارتفاع آبروها در بازه‌هایی که روگذری سیلاب به ازای دوره بازگشت طراحی در آن روی می‌دهد، تعیین می‌گردد.

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق با استفاده از مدل عددی دو بعدی در پلان، رفتار سیلاب در محل برخورد جاده‌های ارتباطی با مسیلهای

تعیین دوره بازگشت آبروها و پلهای راهها بر اساس استانداردهای معتبر و با توجه به اهمیت راه، خطرات ناشی از شکست پل یا آبرو و روگذری سیلاب و ... انجام می‌گیرد. با استفاده از نتایج مدل دو بعدی به ازای سیلاب با دوره بازگشت طراحی، می‌توان مناطقی که روگذری سیلاب در آن روی داده است به‌مراه طول آبرگرفتنی و ارتفاع آن بر روی جاده را تعیین نمود. در ادامه مناسب‌ترین محل برای تعبیه آبرو یا پل (بر اساس خروجی مدل) جانمایی می‌گردد و با تخمین عرض و

۷- مراجع

-امیری، ا. و پورقاسم، و.، (۱۳۹۴)، "بررسی نقش مشارکت حوزه‌های آبریز در شدت سیل‌خیزی با استفاده از مدل HEC_HMS مطالعه موردی حوزه توتکابن گیلان"، سومین کنفرانس ملی مدیریت و مهندسی سیلاب با رویکرد سیلاب‌های شهری، تهران.

-روحی، م.، حیدری، م.، ابراهیمی ثانی، م. و عابدینی، ا.ع.، (۱۳۹۴)، "ارزیابی مدل های کامپیوتری MIKE11 و HEC-RAS در شبیه سازی عددی جریان سیلاب"، کنفرانس و نمایشگاه مهندسی آب، تهران.

-عباس‌نیا، ا.ح.، کیلانته‌ئی، ف.، گلوی، م.، کریمی، ع.، (۱۳۹۴)، "تولید منحنی های شدت سمدت فراوانی در منطقه لامرد" اولین کنفرانس علوم و مهندسی آب، سالن همایش‌های وزارت نیرو، تهران.

-فرخی رودپشتی، س.، عامل صادقی، م. و رضوانی زاده، ع.، (۱۳۹۴)، "ارزیابی هیدرولیکی جریان در رودخانه ها با استفاده از نرم افزارهای HEC-RAS و Civil3D: مطالعه موردی: رودخانه سبزکوه در استان چهار محال و بختیاری"، کنفرانس بین المللی اقتصاد مدیریت و علوم کشاورزی، منطقه آزاد انزلی، مرکز بین المللی ارتباطات دانشگاهی.

-کیلانته‌ئی، ف. (۱۳۹۰)، "توسعه مدل دو بعدی- سه بعدی شبیه‌سازی جریان در اطراف سازه‌های هیدرولیکی رودخانه‌ای"، پایان‌نامه دکتری گرایش سازه‌های هیدرولیکی، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران.

-ملک عباسلو، ا.، حاجی کندی، ه. و پیرستانی، م.ر.، (۱۳۹۱)، "مدلسازی دو بعدی الگوی جریان در رودخانه‌های مخروط افکنه‌ای"، نهمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، اهواز، دانشگاه شهید چمران اهواز.

-Gharbi, M., Soualmia, A., Dartus, D., Masbernat, L., (2016), "Comparison of 1D and 2D Hydraulic Models for Floods Simulation on the Medjerda River in Tunisia", J. Mater. Environ. Sci., 7(8).

واقع در مناطق با توپوگرافی هموار مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت و بعنوان مطالعه موردی، روگذری سیلاب در بخشی از محور اصلی لامرد- خنج در جنوب استان فارس که در سیلابدشت رودخانه شور مهران قرار گرفته است، شبیه‌سازی شد. مقایسه نتایج بدست آمده با شواهد عینی در سیلابهای گذشته، نشان داد که مدل دو بعدی توانایی و دقت بسیار مناسبی در پیش‌بینی محل، طول آبگرفتگی و ارتفاع آن بر روی جاده به ازای دبی با دوره‌های بازگشت مختلف دارد. در مطالعه موردی انجام شده، رفتار سیلاب برای دوره بازگشت‌های مختلف، متفاوت بود. در دوره بازگشت دو ساله بخش عمده جریان در امتداد جاده و به سوی قسمت شمالی آن حرکت می‌نماید این در حالی است که با افزایش دوره بازگشت و به تبع آن افزایش دبی حداکثر سیلاب و وقوع روگذری از جاده اصلی لامرد- خنج، عبور سیلاب متوجه بخش میانی جاده که متناظر با خط- القعر طبیعی مسیل است، می‌گردد. به علت گستردگی محدوده سیلابدشت مسیل‌ها در مناطق با توپوگرافی هموار، عملاً مدل‌های یک بعدی قادر به مدلسازی مناسب نحوه توزیع و سرعت آب در این نواحی نبوده و استفاده از آنها با خطای زیادی همراه است. با استفاده از مطالعات انجام شده و مدلسازی دو بعدی جریان می‌توان محدوده آبگرفتگی و در ادامه محل مناسب برای احداث آبروها و پل‌ها و همچنین ارتفاع مناسب جاده نسبت به زمین طبیعی را تعیین و طرحی بهینه و ایمن را ارائه نمود.

۵- سپاسگزاری

این تحقیق با مساعدت و همکاری صادقانه سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران، طرح ایجاد منطقه ویژه اقتصادی صنایع انرژی‌بر لامرد و مهندسین مشاور ماب صورت گرفته است که بدینوسیله از همکاری مدیران و کارشناسان آن تشکر و قدردانی می‌گردد.

۶- پی‌نوشت‌ها

- 1- Sandra
- 2- Segoral Beltran
- 3- Girona
- 4- Medjerda

Hernández, M., González-Sanchis, M., Bussi, G., Ortiz, E., “Using post-flood surveys and geomorphologic mapping to evaluate hydrological and hydraulic models: The flash flood of the Girona River (Spain) in 2007”, *Journal of Hydrology*, Volume 541, Part A, October 2016, pp. 310–329.

-Manual of MIKE 21, (2005), “Coastal Hydraulic and Oceanography Hydrodynamic Module”, Danish Hydraulic Institute (DHI Software).

-Sandra J. Alzate, Daniel E. Guyumus, Juan P. Quijano and Mario Díaz-Granados, (1784-1792), “Two-dimensional hydraulic flood modelling in domains with multiple tributaries areas for risk analysis”, *River Flow* Constantinescu, Taylor & Francis Group.

-Segura-Beltrán, F., Sanchis-Ibor, C., Morales-