ترسیم نقشه های پهنه سیلاب
(مطالعه موردی رودخانه مارون،بازه سد مارون تا چم نظام)

مهدی خواجه پور [۱] ، امیرعباس کمان بدست [۲]

اهواز-بلوار گلستان-سازمان آب و برق خوزستان-معاونت حفاظت وبهره برداری از منابع آب

ka57_amir@yahoo.com mm.khajehpoor@yahoo.com

چکیده :

علم جوان و نوپای مهندسی رودخانه از ترکیب تخصص هایی چند از جمله تلفیق دو علـم هیـدرولیک و هیـدرولوژی بـه بحث و بررسی حرکت موج سیل در مجرای رودخانه می‌پردازد. با بررسی حرکت موج سیل و با در دست داشتن اطلاعاتی از سیل در بالادست می‌توان زمان وقوع حداکثر سیل لحظه‌ای و مقدار آنرا در ایستگاه پایین دست رودخانه بدسـت آورد. مطالعات تعیین حریم و بستر رودخانه ها از برنامه هایی است که در چند سال اخیر به طور جدی از طرف وزارت نیـرو در دستور کار قرار گرفته تا با مشخص شدن حریم قانونی رودخانه های کشور همانند راه ها و مخازن سدها حریم مجاز برای فعالیت های اهالی ساکن در حاشیه رودخانه ها تعیین گردد.مشکلات اساسی که در اثر عدم رعایت حریم رودخانـه هـا و انجام امور ساخت و ساز و کشت و کار در این نواحی ایجاد می شود، به طور معمول در زمانهای بارنـدگی و جـاری شـدن سیلابها موجب بروز خسارت مالی و جانی بر جمعت ساکن در حاشیه رودخانه ها میگردد.نقشه‌های پهنه‌بندی سـیلاب در مطالعات مدیریت دشت سیلابی کاربرد وسیعی دارد. امروزه این نقشه‌ها یکی از اطلاعات پایه و مهم در مطالعـات طرحهـا در دنیا محسوب شده و قبل از هرگونه سرمایه‌گذاری و یا اجرای طرحهای توسعه، بررسی آن در دسـتور کـار سـازمانهای ذیربط قرار دارد. این نقشه‌ها، اطلاعاتی درباره طبیعت سیل در مواقعی که سیل دارای دوره برگشتی است کـه مـی‌توانـد دشت سیلابی حاشیه رودخانه را متاثر کند، ارائه می‌نماید. این نقشه محدوده متاثر از سیل معین را مشخص کرده، اجرای اقدامات حفاظتی مناسب در مقابل خسارات مالی و جانی سیل را آسان می‌سازد. روند افزایشـی خسـارات جـانی و مـالی ناشی از جاری شدن سیلاب، مهندسین را بر آن داشته است که با اتکاء بر ابزار مدرنی چون مـدل ریاضـی MIKE11 و سیستمهای اطلاعات جغرافیایی (GIS) چاره‌ای نو جهت کنتـرل و مـدیریت ایـن پدیـده بیاندیشـند. یکـی از ابزارهـای قدرتمند تجزیه و تحلیل داده‌های مکان‌دار، سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌باشد که امروزه بطور گسترده‌ای در زمینه‌های علمی مختلف بکار گرفته می‌شود. اولین گام برای سود جستن از آن، شناخت و تسلط بر تواناییهای این سیستم می‌باشـد از آنجاییکه در زمینه استفاده از *GIS* برای مطالعات روندیابی و شبیه سازی پهنه سیل در داخل کشور کار چندانی انجام نشده است. در این تحقیق، با استفاده از مدل ریاضی *MIKE 11* که قابلیت بسیار بالایی در شبیه‌سازی رفتار هیدرولیکی رودخانه، محاسبهٔ پروفیل سطح آب و ارتباط با سیستم اطلاعات جغرافیایی دارد، به تعیین مناطق سیل‌گیر دشت سیلابی

---

[۱]- کارشناس ارشد مهندسی عمران- آب ، سازمان آب و برق خوزستان

[۲]- استادیار و عضو هیات علمی دانشگاه اسلامی واحد اهواز

بازه‌ای از رودخانه مارون اقدام می‌گردد وترسیم نقشه های پهنه‌های سیگیربا دوره بازگشت های مختلف با استفاده ازنـرم افزار *ARC VIEW* ارائه می‌شود.

واژه های کلیدی : ***مهندسی رودخانه،نقشه های پهنه بندی سیلاب، مدل ریاضی MIKE 11نرم افزار ARC VIEW***

۱-مقدمه :

علم جوان و نوپای مهندسی رودخانه از ترکیب تخصص هایی چند از جمله تلفیق دو علم هیدرولیک و هیدرولوژی به بحث و بررسی حرکت موج سیل در مجرای رودخانه می‌پردازد. با بررسی حرکت موج سیل و با در دست داشتن اطلاعاتی از سیل در بالادست می‌توان زمان وقوع حداکثر سیل لحظه‌ای و مقدار آنرا در ایستگاه پایین دست رودخانه بدست آورد.مطالعات تعیین حریم و بستر رودخانه ها از برنامه هایی است که در چند سال اخیر به طور جدی از طرف وزارت نیرو در دستور کار قرار گرفته تا با مشخص شدن حریم قانونی رودخانه های کشور همانند راه ها و مخازن سدها حریم مجاز برای فعالیت های اهالی ساکن در حاشیه رودخانه ها تعیین گردد.مشکلات اساسی که در اثر عدم رعایت حریم رودخانه ها و انجام امور ساخت و ساز و کشت و کار در این نواحی ایجاد می شود، به طور معمول در زمانهای بارندگی و جاری شدن سیلابها موجب بروز خسارت مالی و جانی بر جمعت ساکن در حاشیه رودخانه ها میگردد.بسیاری از تعدی ها به حریم رودخانه ها به طور مستقیم باعث کاهش ظرفیت عبور سیلاب و یا افزایش تراز آب میگردد.که در هر صورت زمینه بروز سیلابهای مخرب را آماده تر میکند .لذا تعیین بستر سیلابی رودخانه ها به نحوی، تعیین حریم خطر و محدوده احتمال بروز خسارت است که از نظر امنیت معیشتی و زیستی اهالی حائز اهمیت خواهد بود.شناخت رفتاری رودخانه و انجام فعالیتهای سازگار با طبیعت رودخانه و اقدامات مهندسی بجا، همواره دغدغه مهندسین درگیر در این رشته بوده است و همیشه به ابزاری جهت شبیه‌سازی پدیده مورد نظر در رودخانه نیازمند بوده‌اند. بدون بکارگیری چنین ابزاری فضاوتهای مهندسی غالباً با محافظه‌کاری بیشتر و هزینه‌های بالاتری به اجرا در می‌آید.بشر از زمانهای دور با سیلاب آشنا بوده، اما اثرات مخرب سیلاب در گذشته به مراتب کمتر بوده است. از علل آن کمبود جمعیت ودر نتیجه محدود بودن صنایع، زمینهای کشاورزی و فعالیتهای بشری در منطقه دشت سیلابی[۳] در آن زمان را می‌توان بر شمرد. در سالهای اخیر رشد شهرهای واقع در حاشیه رودخانه‌ها که ناشی از افزایش تمرکز جمعیت و سرمایه بوده موجب شده تا ساکنین و دارایی‌های موجود در منطقه، در معرض خطر سیل باشند.وقوع سیلاب برای قشرهای مختلف جامعه مشکلات متفاوتی را ایجاد می‌کند. سیلاب برای روستائیان کم بضاعت به معنی بلا بوده و خسارتهای زیادی را به آنان وارد می‌کند. مناطق شهری با خسارتهای غیرمستقیمی مواجه می‌شوند که ناشی از اختلال در ارتباطات، ناشی از تخریب خاکزیرها، راهها، آبروها و سازه‌های دیگر است. برای دولت، وقوع سیلاب تحمیل هزینه‌هایی را بدنبال دارد که شامل امداد رسانی بازسازی و جبران خسارتهای وارده به منابع ملی در اثر از بین رفتن محصولات، حیوانات اهلی و تلفات جانی است. این هزینه، همچنین شامل اجرای روشهای حفاظتی برای کاهش خسارات ناشی از سیلاب و کمک به مردم آسیب دیده نیز می‌شود. پیش‌بینی رفتار هیدرولیکی رودخانه در مقابل سیلابهای احتمالی جهت کاهش خسارات وارده به مناطق شهری تأسیسات در حال ساخت، مزارع و سایر کاربری‌های حوزه آبخیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. علاوه بر آن هر اقدام مهندسی که بدلیل تنگاتنگی حیات انسان با آب بر رودخانه اعمال می‌گردد همانند محدودسازی مقطع رودخانه، ساخت سازه‌های متقاطع (سد، پل، ....) ساماندهی موضعی رودخانه، برداشت مصالح و ... نیاز به درک صحیحی از اثرات متقابل آن بر رفتار هیدرولیکی رودخانه خواهد داشت به همین دلیل شبیه‌سازی جریان در رودخانه از ابزار اولیه مطالعات مهندسی رودخانه بوده و مورد تأکید قرار می‌گیرد.نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب در مطالعات مدیریت دشت سیلابی کاربرد وسیعی دارد. امروزه این نقشه‌ها یکی از اطلاعات پایه و مهم در مطالعات طرحها در دنیا محسوب شده و قبل از

[3] - Flood plain

هرگونه سرمایه‌گذاری و یا اجرای طرحهای توسعه، بررسی آن در دستور کار سازمانهای ذیربط قرار دارد.این نقشه‌ها، اطلاعاتی درباره طبیعت سیل در مواقعی که سیل دارای دوره برگشتی است که می‌تواند دشت سیلابی حاشیه رودخانه را متاثر کند، ارائه می‌نماید. این نقشه محدوده متاثر از سیل معین را مشخص کرده، اجرای اقدامات حفاظتی مناسب در مقابل خسارات مالی و جانی سیل را آسان می‌سازد. امروزه کشورهای پیشرفته و بعضی کشورهای در حال توسعه با صرف هزینه‌های کمی جهت مطالعات پهنه‌بندی خطر سیل، مهمترین اقدامات مدیریتی (BMP_S)[۴] و اجرایی را در این زمینه اتخاذ می‌کنند زیرا این مطالعات بعنوان مهمترین اطلاعات پایه در انتخاب روشهای سازه‌ای و غیره سازه‌ای کنترل و مهار سیلاب بشمار می‌روند. روند افزایشی خسارات جانی و مالی ناشی از جاری شدن سیلاب، مهندسین را بر آن داشته است که با اتکاء بر ابزار مدرنی چون مدل ریاضی MIKE11 و سیستمهای اطلاعات جغرافیایی (GIS)[۵] چاره‌ای نو جهت کنترل و مدیریت این پدیده بیاندیشند.

۲-اهداف تحقیق:

یکی از ابزارهای قدرتمند تجزیه و تحلیل داده‌های مکان‌دار، سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌باشد که امروزه بطور گسترده‌ای در زمینه‌های علمی مختلف بکار گرفته می‌شود. اولین گام برای سود جستن از آن، شناخت و تسلط بر تواناییهای این سیستم می‌باشد از آنجاییکه در زمینه استفاده از GIS برای مطالعات روندیابی و شبیه سازی پهنه سیل در داخل کشور کار چندانی انجام نشده است. در این تحقیق، با استفاده از مدل ریاضی MIKE 11 که قابلیت بسیار بالایی در شبیه‌سازی رفتار هیدرولیکی رودخانه، محاسبهٔ پروفیل سطح آب و ارتباط با سیستم اطلاعات جغرافیایی دارد، به تعیین مناطق سیل‌گیر دشت سیلابی بازه‌ای از رودخانه مارون اقدام می‌گردد وترسیم نقشه های پهنه‌های سیگیربا دوره بازگشت های مختلف با استفاده ازنرم افزار ARC VIEW ارائه می‌شود.

۳-مروری بر سابقه تحقیق داخل و خارج از کشور:

- بردبار، امین(۱۳۸۵)، بااستفاده از نرم‌افزارهای ArcView GIS و MIKE 11 به کمک مقاطع عرضی تهیه شده از رودخانه بشار نسبت به پهنه‌بندی سیل وتهیه نقشه های پهنه بندی سیل اقدام نمود و به مقایسه نتایج پهنه بندی سیل در مدلهای MIKE 11 و HEC-RAS پرداخت. نهایتا نتیجه گرفت که مدلهای HEC-RAS و MIKE 11 جهت پهنه بندی سیلاب رودخانه بشار جوابهای بسیار نزدیکی به یکدیگر داشته، که می توان هر دو مدل را برای روندیابی و پهنه بندی سیل رودخانه مورد نظر بکار برد.

- وهابی(۱۳۷۶)، با بکارگیری تکنیکهای سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی و نرم‌افزارهای HEC-1 و MIKE 11 به کمک مقاطع عرضی تهیه شده از رودخانه، در حوزه آبخیز طالقان اقدام به پهنه‌بندی خطر سیل نمود. در نقشه پهنه‌بندی تهیه شده، مناطق ممنوع، مشروط و مجاز با ذکر شرایط، مشخص گردید.

- سالمیان، امیر رضا(۱۳۸۴) ،بهنه بندی سیلاب رودخانه بشار را با استفاده از نرم‌افزارهای ArcView و HEC-RAS انجام داد و نقشه های پهنه بندی سیل را بدست آورد .

- عبقری، هیراد(۱۳۸۳) ، با استفاده از نرم‌افزارهای ArcView و HEC-RAS در رودخانه جاجرود اقدام به پهنه‌بندی سیلاب وتهیه نقشه های پهنه بندی سیل در منطقه مورد نظر نمود .

- مهاب قدس طی سالهای (۱۳۷۰-۱۳۶۷) به پهنه‌بندی سیلاب رودخانه‌های سیمینه‌رود و زرینه‌رود با کمک نرم افزار FLDROUT در دشت میاندوآب، تحت عنوان کنترل سیل و با هدف حفاظت از اراضی کشاورزی، تامین ایمنی روستاهای

[4] - Best Management practices
[5] - Geographic Information system GIS

حاشیه رودخانه و غیره از خطرات سیل، پرداخت. در این مطالعه، پهنه‌های سیلگیر در دوره بازگشتهای مختلف، تعیین شده است.

- اداره راه و ترابری آمریکا (۲۰۰۳)، در تحقیقی تحت عنوان " شبیه سازی دشت سیلابی رودخانه ماروچی در محیط MIKE11 و تلفیق نتایج در محیط GIS به شبیه سازی هیدرودینامیکی رودخانه ماروچی بوسیله برنامه MIKE11 پرداخته و در انتها سیل رودخانه مورد نظر با ظرافت هر چه تمام در محیط GIS پهنه بندی شده و در قالب نقشه های رنگی کاملا" دقیق تهیه شده است.

- باروفی، فرلا، کلینی، امینتورپ، پرتنر و سینز (۲۰۰۱)، طی پروژه ای حوضه آبریز تاگلیامنتو در کشور دانمارک را شبیه سازی نمودند. در این تحقیق با بهره گیری از مدل ریاضی MIKE11 حوضه آبریز مورد نظر مدلسازی شده است.

- شَتری، احمد ردزی و عبدل هلیم (۲۰۰۲)، با انجام تحقیقی تحت عنوان ترکیب RS ، GIS و مدل هیدرودینامیکی MIKE11 برای جلوگیری از حداقل خطا، نتایج را در قالب یک سری نقشه های محدوده سیلگیر ارایه کردند این مطالعه بر روی رودخانه لنگات در حوضه آبریز مالزی و در انستیتو تکنولوژی آزمایشگاه مدلهای ریاضی دانشگاه پوترا مالزی به انجام رسیده است.

- نیدبالا، کریگر، ماسیجوسکی ، پاپلاوسکی و بودزینسکا (سال ۲۰۰۲). در طی یک مقاله به روشهای مدیریت سیل و ابزارهای پیش بینی سیلاب با مدل MIKE11 برای رودخانه ویستولا، واقع در هلند پرداختند. در این تحقیق به ارزیابی نتایج مدل ریاضی MIKE11 با واقعیت موجود پرداخته شده است که با همکاری انستیتو هیدرولیک دانمارک به انجام رسیده است.

- وایلمز، ویز، پوپا، تایمب، برلامونت (۲۰۰۲)، مقاله ای تحت عنوان مدلسازی دو بعدی سیل رودخانه توسط MIKE11 ارایه کرده اند در این مقاله به بررسی سطح سیلاب در جریان دایمی پرداخته شده و نتایج شبیه سازی بصورت نقشه های دو بعدی سیلاب ارایه گردیده است. این مقاله در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه کاتولیک لیوون صورت گرفته است.

- جی. بلک بورن و هیک(۲۰۰۲). روندیابی ترکیبی سیل و پیش بینی ارتفاع سیل را در قالب یک طرح پژوهشی ارایه کردند و روشهای روندیابی سیلاب را ارایه نمودند.

۴-مواد و روش ها :

۴-۱-مقدمه :

پدیده سیلاب بسیار پیچیده تر از آنست که بتوان آنرا دقیقا مدل سازی نمود اما تا حدی قابل قبول می توان به این مهم دست یافت. تلفیق مدل هایMIKE11 و GIS قابلیتشان را در پهنه بندی سیل نمایش می دهد و کار زمان بر محاسبه مقاطع هندسی رودخانه را به حداقل می رساند. ازطرفی نقشه های پهنه بندی با دقت بسیار بالایی تولید می شود.

۴-۲-سیمای عمومی منطقه مورد مطالعه :

نام اصلی و قدیمی رودخانه مارون « تاب» است و از کوه نیل سرچشمه می‌گیرد و از لوداب می‌گذرد و از این محل به بعد مارون نامیده می‌شود پس از دریافت رودهای کوچکتری از قسمت شمال شرق وارد دشت بهبهان می‌شود و پس از پیوستن شاخه های فرعی وچشمه های فصلی ودائمی مسیر شرقی غربی را طی کرده تا به ایستگاه ایدنک می رسد.بعد از ایستگاه ایدنک رودخانه قلات نیز به آن می پیوندد.سپس با طی کردن یک مسیر شمالی جنوبی به ایستگاه بهبهان می رسد.سد مخزنی بهبهان در فاصله کمی بالادست ایستگاه بهبهان واقع شده است.این رودخانه پس از مشروب نمودن دشت های بهبهان واضافه شدن شاخه های فرعی دیگر به آن با رودخانه ا... بهم پیوسته و رودخانه جراحی را تشکیل می دهد و سرانجام در بندر امام خمینی به آبهای خلیج‌فارس می‌ریزد.حوضه آبریز رودخانه مارون در دامنه های جنوبی و جنوب غربی زاگرس میانی بین ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه و ۴۷ درجه و ۲۷ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۱ درجه و ۴۲ دقیقه و ۳۰ درجه و ۲۹ دقیقه عرض جغرافیای قرار دارد. مساحت حوضه آبریز مارون حدود ۱۰۶۸۵ کیلومتر مربع است. آب و هوای این حوضه متأثر از عرض کم جغرافیایی، تغییرات ارتفاع در مناطق مختلف و مجاورت با خلیج فارس در بخش های جنوبی آن است.

۴-۳-وضعیت هیدرولوژی:

رودخانه مارون دارای سه ایستگاه هیدرومتری است. در این تحقیق بازه بهبهان تا چم نظام مورد مطالعه قرار گرفت. ایستگاه هیدرومتری بهبهان از سال آبی ۵۲-۱۳۵۱ تا ۸۰-۱۳۷۹ (با ۸ سال خلاء آماری) دارای ۲۱ سال آمار اندازه گیری آبدهی می باشد. ایستگاه هیدرومتری چم نظام بر روی رودخانه مارون از سال آبی ۳۷-۱۳۳۶ تا ۸۰-۱۳۷۹ (با چند سال خلاء آماری مربوط به دهه ۴۰) دارای۴۱ سال آمار آبدهی سالیانه در طول دوره شاخص آماری تطویل گردیده است و با این کار تعداد سال آماری ایستگاه چم نظام به ۳۰ سال رسید.

۴-۴-روشهای مختلف پهنه‌بندی سیلابدشت:

روشهای موجود برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی را می‌توان به پنج گروه عمده به شرح زیر تقسیم‌بندی نمود:

- روش مشاهده‌ای و استفاده از داغاب سیلاب- مقایسه عکسهای هوایی منطقه- استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیکهای سنجش از دور- محاسبه دستی- استفاده از مدلهای ریاضی کلیه روشهای فوق جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی سیل احتیاج به تعیین تراز جریان سیل و انتقال رقوم سطح آب روی نقشه‌های توپوگرافی دارند. همه این روشها اصولاً از همان روند یکسان استفاده از رقوم تعیین شده سطح آب در هر مقطع عرضی (یا موقعیت‌های مختلف) برای پهنه‌بندی کمک می‌گیرند. که البته بین مقاطع عرضی با درون‌یابی نقاط ،گستره پخش سیل مشخص می‌گردد تفاوت عمده بین این روشها در نحوه تعیین پروفیل سطح آب می‌باشد.

۴-۵-مدل ریاضی MIKE11 :

جهت انجام تحقیق، مدل ریاضی MIKE11 انتخاب گردید. این مدل از پیشرفته‌ترین نرم‌افزارهای موجود می‌باشد و یکی از محاسن آن توانایی مدل کردن جریان غیرماندگار بصورت تک بعدی است. معادلات حاکم بر جریان نیز عبارتند از معادلات پیوستگی (.Continuity Eq) و معادله اندازه حرکت (.Momentum Eq). این معادلات به معادلات سنت و نانت نیز معروف هستند که در ذیل ارائه می‌گردند:

$$\frac{\partial Q}{\partial x}+\frac{\partial A}{\partial t}=q \qquad [1]$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x}+\frac{\partial}{\partial x}\left(a\frac{Q^2}{A}\right)+gA\frac{\partial y}{\partial x}+g\frac{n^2|Q|Q}{AR^{4/3}}=gAS_0+VgCos\phi+\frac{\Gamma w}{\rho}BCos\Theta \qquad [2]$$

که در آن :

V = سرعت متوسط جریان شاخه فرعی به اصلی Q = دبی جریان y = عمق جریان n = ضریب مانینگ A = سطح مقطع جریان S = شیب بستر رودخانه a = ضریب تصحیح انرژی جنبشی ϕ= زاویه اتصال شاخه فرعی به اصلی Θ = زاویه وزش باد با جهت جریان R = شعاع هیدرولیکی Γ = تنش برشی ناشی از وزش باد W = سرعت باد ρ = جرم مخصوص هوا B = عرض سطح آب در مقطع q = دبی جریان فرعی ورودی به شاخه اصلی x = متغیر فاصله در طول مسیر جریان t = متغیر زمان

g = ضریب شتاب ثقل

بطور کلی شبکه جریان بصورت گره گره در نظر گرفته می‌شود که هر گره در شبکه نمایانگر یک مقطع جریان می‌باشد. معادلات دیفرانسیل *[1]* و *[2]* حاکم بر جریان با استفاده از روش تفاضلهای محدود غیر صریح (Implicit) منقطع گشته و روابطی برای دبی‌ها و عمق جریان بین گره‌های مختلف شبکه آورده شده است . برای هر گره داخلی می‌توان دو معادله منقطع شده براساس معادلات پیوستگی و مومنتم نوشت. برای گره‌های مرزی از شرایط مرزی استفاده می‌گردد . با داشتن شرایط اولیه (Initial Conditions) دستگاه معادلاتی بدست می‌آید که با روش جاروی مضاعف (Double Sweep Method) رفت و

برگشتی حل می‌گردند. نتایج دبی‌ها و عمقهای جریان بدست آمده در هر مرحله زمانی بعنوان شرایط اولیه برای مرحله زمانی بعدی بکار برده می‌شود.جهت شبیه‌سازی مدل ریاضی *Mike-11* نیاز به اطلاعات زیر می‌باشد:۱ـ شبکه‌بندی سیستم رودخانه و شاخه‌های فرعی آن ۲ـ مقاطع عرضی رودخانه ۳ـ شرایط مرزی در بالادست و پائین دست سیستم ۴-ضریب زبری

۴-۶-مقاطع عرضی رودخانه‌ها و شاخه‌ها :

با برداشت مقاطع عرضی رودخانه توسط عملیات نقشه‌برداری ، شکل هندسی رودخانه به مدل ریاضی معرفی می‌گردد. هر مقطع بصورت مجموعه از مختصات نقاط که مبدأ آنها اولین نقطه سمت چپ مقطع می‌باشد، به مدل معرفی می‌گردد. برای کلیه نقاط باید سطح مقایسه‌ای انتخاب شود که در این تحقیق سطح آزاد آب دریا در نظر گرفته شده است. در طرح حاضر تعداد زیادی از مقاطع عرضی در سال ۱۳۸۳ برداشت شده است، همچنین مقاطعی در محل پیچها و سازه‌های متقاطع با مسیر رودخانه از قبیل پل ، سدهای انحرافی و غیره نیز برداشت شده است. با توجه به اهمیت سازه‌های متقاطع با مسیر رودخانه و تأثیر آن در محاسبات هیدرولیکی، یک مقطع در مجاورت سازه‌های موجود برداشت شده است

۴-۷-شرایط مرزی :

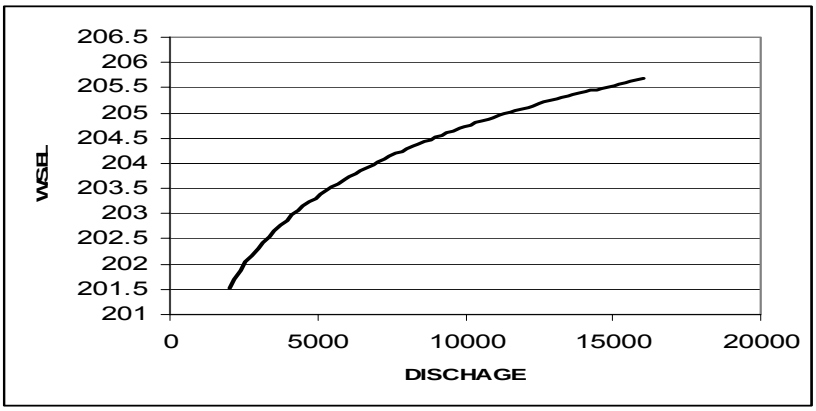
جهت انجام محاسبات هیدرولیکی نیاز به معرفی شرایط مرزی در بالادست و در پایین دست محدوده رودخانه به مدل ریاضی می‌باشد. شرایط مرزی بالادست بصورت دبی یا هیدروگراف برای هر شاخه ورودی به سیستم و شرط مرزی پایین دست به صورت رابطه دبی ـ اشل یا اشل ـ زمان برای هر شاخه که از سیستم منشعب می‌شود مورد نیاز می‌باشد. با توجه به اینکه کلیه شاخه‌های فرعی در این محدوده به رودخانه مارون می‌ریزند و به عنوان دبی حوزه میانی ورودی به سیستم می‌باشند، لذا در سیستم این بازه تعداد هفت مرز ورودی (شش شاخه فرعی علاوه بر شاخه اصلی رودخانه مارون) و یک مرز خروجی وجود دارد.

۴-۷-۱-شرط مرزی بالادست :

با توجه به اینکه حدود پهنه سیلاب براساس مرز پخش سیلاب با دوره برگشت‌های مورد نظر در وضعیت فعلی رودخانه و با وجود کلیه تأسیسات متقاطع تعیین می‌گردد و سد مخزنی مارون بر روی رودخانه مارون احداث گردیده، لذا هیدروگراف طغیانهای ورودی به رودخانه مارون در این حالت تحت تأثیر شرایط تنظیمی می‌باشد و هیدروگراف سیلابهای رودخانه تحت شرایط تنظیمی می‌بایستی توسط برنامه‌های تخصصی (روند یابی در مخازن سدها) برآورد گردد. لازم به ذکر است که با توجه به اینکه سازه‌ای یا سدی بر روی شاخه‌های فرعی احداث نشده است، هیدروگراف طغیانهای شاخه‌های فرعی تغییر نخواهد یافت.

۴-۷-۲-شرط مرزی پایین‌دست :

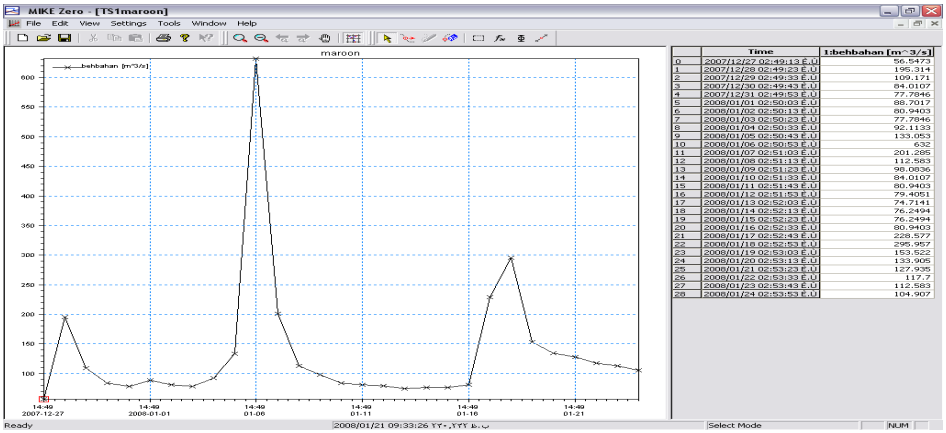
شرط مرزی پایین‌دست ثابت می‌باشد و عبارت است از رابطه دبی ـ اشل ایستگاه هیدرومتری چم نظام.



شکل (۱-۴) رابطه دبی اشل ایستگاه هیدرومتری چم نظام

۸-۴-روندیابی سیلابها در رودخانه مارون :

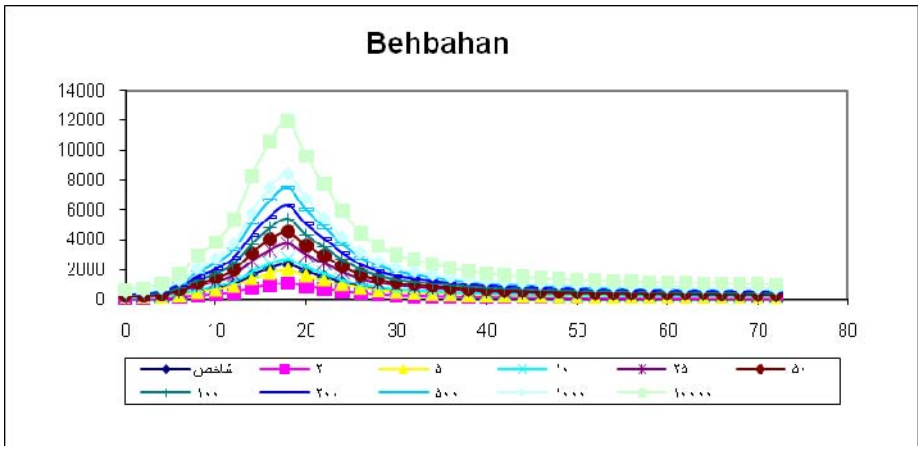
جهت شبیه‌سازی روندیابی سیلابها در مخزن سد مارون، اطلاعات زیر تهیه شده و به برنامه کامپیوتری معرفی گردیده است:
ـ هیدروگراف ورودی به مخزن سد ـ رابطه سطح ـ ارتفاع مخزن ـ رابط دبی ـ اشل خروجی از سد
رابطه سطح ـ ارتفاع مخزن سد از مشخصات سد استخراج گردیده و رابطه دبی ـ اشل خروجی از سد براساس رقوم ، طول و نوع سرریز سد محاسبه شده است. هیدروگراف طغیان‌های رودخانه مارون در محل ایستگاه هیدرومتری بهبهان با کسر سیلاب‌های حوزه میانی حد فاصله بین محل سد مارون و ایستگاه مذکور، به عنوان هیدروگراف طغیانهای ورودی به مخزن سد به برنامه کامپیوتری معرفی گردیده است. لازم به ذکر است که هیدروگراف طغیانهای ایستگاه بهبهان و حوزه‌های میانی تحت تأثیر رژیم طبیعی در مطالعات هیدرولوژی (شرکت مهندسی مشاور سازآب) برآورد گردیده است.پس از اجرای برنامه کامپیوتری و محاسبه هیدروگراف سیل روندیابی شده ، مجدداً سیلاب حوزه میانی بین محل سد مارون و ابتدای محدوده تحقیق (ایستگاه بهبهان) به هیدروگراف سیل خروجی از سد اضافه شده و به عنوان شرط مرزی بالادست رودخانه مارون به مدل ریاضی MIKE 11 معرفی گردیده است.



شکل (۲-۴) هیدروگراف ورودی به مدل ریاضی MIKE 11

جدول (۱-۴) دبی در دوره برگشتهای مختلف ، ایستگاه بهبهان

دوره برگشت سیل (سال)	دبی (m^3/S)
۲	۶۳۲
۵	۱۲۳۹
۱۰	۱۷۱۸
۲۰	۲۲۲۲
۲۵	۲۳۸۹
۵۰	۲۹۲۸
۱۰۰	۳۴۹۳
۲۰۰	۴۰۸۳
۵۰۰	۴۹۰۱
۱۰۰۰	۵۵۴۷
۱۰۰۰۰	۷۸۶۱



شکل (۳-۴) هیدروگراف سیلاب های روندیابی شده ایستگاه بهبهان

۹-۴-ضریب زبری :

در ابتدا، جهت تخمین اولیه مقادیر ضریب زبری، بازدیدهای مکرر از محدوده مطالعاتی به عمل آمده و بررسی عکس‌های برداشت شده از مقاطع عرضی رودخانه صورت گرفته است. با در نظر گرفتن جنس و مصالح تشکیل دهنده بستر و سواحل رودخانه و نوع پوشش گیاهی، مسیر رودخانه به چندین ناحیه تقسیم شده که برای هر ناحیه با توجه به شرایط آن و با استفاده از جداول استاندارد در این زمینه، مقدار اولیه ضریب زبری تخمین زده شده است. سپس با اجرای مدل ریاضی رقوم سطح آب محاسبه شده در محل ایستگاههای موجود در مسیر رودخانه بر اساس دبی‌های مختلف استخراج گردید و با رقوم واقعی ثبت شده معادل همان دبی‌ها در ایستگاهها مقایسه شده است. در مرحله بعدی مقدار ضرایب زبری در نواحی مختلف مسیر رودخانه تغییر گردید تا اختلاف بین رقوم محاسباتی سطح آب و رقوم واقعی ثبت شده در محل ایستگاه‌ها کمتر شود. مراحل فوق به صورت سعی و خطا تکرار شده تا اختلاف بین رقوم سطح آب مذکور به حداقل برسد، تا از نتایج محاسبات مدل ریاضی اطمینان حاصل شود و بتوان به صحت نتایج خروجی آن اعتماد کرد.در بازه (محدوده رودخانه مارون) ، ایستگاه هیدرومتری چم نظام در انتهای بازه و در فاصله ۵۴/۲۸۵ کیلومتر نسبت به محل شروع محدوده تحقیق قرار دارد و کنترل رقوم سطح آب جهت اصلاح مقدار ضریب زبری بر اساس قرائت‌های اشل آن ایستگاه صورت گرفته است. لازم به ذکر است که با توجه به اینکه دبی اوج سیلاب ۲ ساله رودخانه مارون در محل ایستگاه چم نظام در حدود ۱۳۵۶ مترمکعب در ثانیه محاسبه شده است، لذا دبی‌های انتخاب شده جهت کالیبراسیون مدل ریاضی از عدد فوق بیشتر می‌باشد. متوسط اختلاف رقوم سطح آب محاسباتی و رقوم سطح آب ثبت شده در ایستگاه چم نظام پس از اصلاح ضریب زبری به چهار سانتیمتر رسیده است. در جدول شماره (۴-۹) به ترتیب مقادیر ضریب زبری در نواحی مختلف رودخانه‌های مارون ارائه گردیده است.

جدول (۲-۴) ضریب زبری نواحی مختلف رودخانه مارون

ردیف	نام رودخانه	از کیلومتر	تا کیلومتر	ضریب زبری
۱	مارون	۰/۰۰۰	۷/۸۳۷	۰/۰۳۳
۲	مارون	۷/۸۳۷	۴۹/۹۹۹	۰/۰۴۰

لازم به ذکر است که با توجه به وسعت محدوده تحقیق ، تعداد شاخه‌های فرعی و تعداد مقاطع موجود، ضریب زبری اصلاح شده به عنوان متوسط ضریب زبری در کل عرض رودخانه (کانال اصلی و سیلابگاه‌ها) به مدل ریاضی معرفی گردیده است.جهت حصول اطمینان بیشتر از مقدار ضریب زبری تعیین شده ، حساسیت مدل ریاضی نسبت به تغییرات ضریب زبری برای سیلاب

۲۵ ساله بررسی گردیده است. بررسی‌های صورت گرفته بر اساس افزایش و کاهش ضریب زبری نواحی مختلف رودخانه مارون به نسبت ۸ و ۱۵ درصد می‌باشد و نتایج آن در جدول شماره (۴-۱۰) ارائه گردیده است.

جدول (۳-۴) نتایج تحلیل حساسیت مدل ریاضی به تغییرات ضریب زبری رودخانه مارون

درصد تغییرات ضریب زبری	*متوسط تغییرات رقوم سطح آب (متر)*
ضریب زبری ۸ درصد بیشتر معرفی شده	+۰/۱۲۶
ضریب زبری ۱۵ درصد بیشتر معرفی شده	+۰/۲۳۸
ضریب زبری ۸ درصد کمتر معرفی شده	-۰/۱۳۷
ضریب زبری ۱۵ درصد کمتر معرفی شده	-۰/۲۶۴

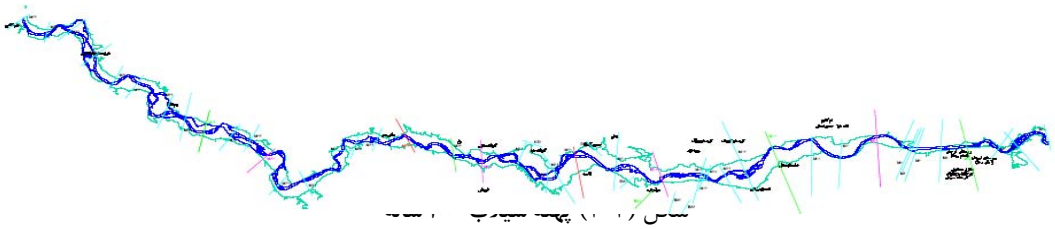
نتایج آنالیزهای انجام شده نشان می‌دهد که در صورتی که در تعیین ضریب زبری حتی تا ۱۵ درصد کم یا زیاد تخمین زده شده باشد، رقوم سطح آب بطور متوسط در حدود ۲۵ سانتیمتر تغییر خواهد داشت که با توجه به شرایط کوهستانی مسیر رودخانه مارون، تغییرات عرض سطح آب (جهت ترسیم خط بستر) نسبت به تغییر رقوم سطح آب به مقدار ۲۵ سانتیمتر ناچیز می‌باشد و قابل چشم‌پوشی است.

۴-۱۰-آشنایی با ArcView GIS:

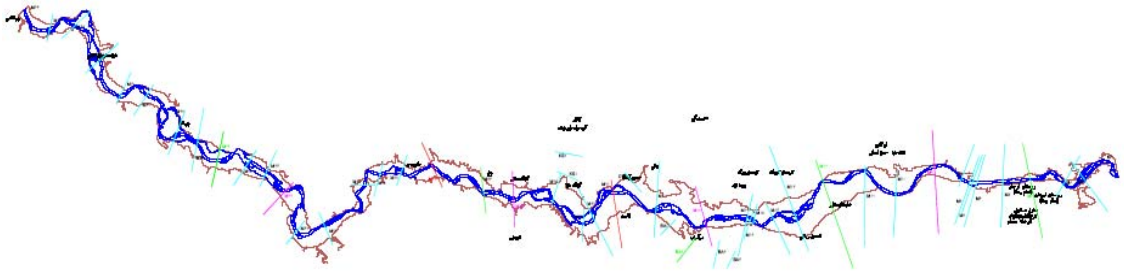
ArcView GIS محیطی پویاست که نقشه ها و اطلاعات توصیفی را به یکدیگر متصل می کند، به صورتی که با تغییر هر یک ،دیگری به صورت منطقی تغییر می کند و با دیگری منطبق می گردد.ArcView به کاربران این امکان را می دهد که به سادگی اطلاعات مکانی و داده های توصیفی را برای ایجاد نقشه ها ،جداول و نمودارها به کار گیرند.این نرم افزار ابزارهای لازم برای جستجو ،تحلیل داده ها و نمایش نتایج را با کیفیت مناسب در اختیار کاربران قرار می دهد.بطور اختصار قابلیتهای اولیه این نرم افزار عبارت است از:ایجاد سیستم اطلاعات جغرافیایی رومیزی، محیط کاری و گرافیکی آسان، داشتن مجموعه ای از ابزارها برای نمایش ،کاوش،جستجوواصلاح ، تحلیل اطلاعات مرتبط با موقعیتهای جغرافیایی، داشتن نمونه هایی از داده های آماده قابل استفاده و قابلیت نمایش نمودارهای اطلاعاتی.

۴-۱۱-ترسیم نقشه های پهنه سیلابی :

پس از وارد کردن اطلاعات مربوط به رودخانه از قبیل مشخصات هندسی خط مرکزی سواحل و همچنین ترسیم عرض آبگرفتگی در هر مقطع عرضی، می توان میزان گسترش آب به اطراف را برای هر دوره بازگشت بصورت نقشه وار نمایش داد. نقشه های پهنه سیلابی در دوره برگشتهای متفاوت بوسیله نرم افزار ArcView با دوره بازگشت های مختلف ترسیم گردیده است.



شکل (۴-۴) پهنه سیلاب ۱۰۰۰ ساله



شکل (۴-۵) پهنه سیلاب ۵۰۰ ساله

۵-نتایج حاصله از تحقیق:

نتیجه ۱ : بر طبق مشاهدات و محاسبات صورت انجام شده ضریب زبری مانینگ در رودخانه مارون در بازه مورد مطالعه تفاوت داشته، که مقدار آنهابرای کیلومتر ۰/۰۰۰ تا کیلومتر ۷/۸۳۷ برابر۰/۰۳۳ و برای کیلومتر۷/۸۳۷ تا کیلومتر۴۹/۹۹۹ برابر۰/۰۴۰می باشد.

نتیجه ۲ : با توجه به مراحل ذکر شده میتوان نتیجه گرفت که فرایند پهنه بندی سیل یک فرایند محاسباتی بر اساس روش تکرار میباشد که بمنظور تکمیل نتایج مدلسازی و نمایش آنها انجام میشود.

نتیجه ۳ : نقشه های پهنه بندی سیل می تواند به عنوان ابزار دقیق جهت استرتژی های توسعه تلقی گردد.

نتیجه ۴ : با توجه به سطح پهنه هر سیلاب با دوره بازگشت های مختلف می توان سطح اراضی آب گرفتگی و خسارت دیده را پیش بینی و با استفاده از نتایج حاصل می توان جهت کنترل سیل برنامه ریزی نمود.

نتیجه ۵ : پهنه بندی سیلاب با استفاده از MIKE11 بعنوان یکی از راهکارهای غیر سازه ای ، از ابزارهای کار آمد در مدیریت کاهش خطر سیل می باشد.

نتیجه ۶ : اولین قدم در مطالعات اقتصادی طرحهای مدیریت سیلاب و یا مهار سیلاب ، داشتن نقشه های پهنه بندی سیلاب می باشد.زیرا با توجه به پهنه سیل در دوره بازگشت های متعدد و برآورد خسارت در هر پهنه بندی میزان سرمایه گذاری جهت جلوگیری از خسارت در حالت بهینه محاسبه خواهد گردید.

نتیجه ۷ : نقشه های پهنه بندی در سیستم هشدار و عملیات امداد و نجات می توانند کارساز باشند.این نقشه ها این امکان را به مسئولین می دهد تا نسبت به برنامه ریزی عملیات امداد و نجات و ارسال هشدارهای مناسب در فرصت کوتاهی اقدام نمایند.

نتیجه ۸ : تعیین حریم و بستر از لحاظ فنی و حقوقی در کشور بسیار پراهمیت و پیچیده می باشد.زیرا با توجه به پهنه سیل در دوره بازگشت های متعدد و برآورد خسارت در هر پهنه بندی میزان سرمایه گذاری جهت جلوگیری از خسارت در حالت بهینه محاسبه خواهد گردید.

نتیجه ۹ :مساحت و محیط پهنه سیلگیر با در نظر گرفتن رودخانه مارون به شرح جدول ذیل می باشد :

جدول (۱-۵) مساحت و محیط پهنه سیلگیر

دوره بازگشت (سال)	مساحت پهنه سیلگیر (کیلومتر مربع)	محیط پهنه سیلگیر (کیلومتر)
۲	۱۱/۲۰	۱۲۹/۴۵
۵	۱۵/۸۳	۱۳۰/۹۰
۱۰	۱۹/۱۴	۱۳۴/۰۰
۲۵	۲۱/۵۷	۱۳۸/۷۷
۱۰۰	۲۲/۹۰	۱۴۰/۰۰
۲۰۰	۲۳/۳۳	۱۴۵/۵۸
۵۰۰	۲۵/۲۸	۱۵۵/۰۰
۱۰۰۰	۲۶/۶۷	۱۵۹/۰۰

۶- تقدیر و تشکر :

از دفتر تحقیقات و استانداردهای مهندسی آب سازمان آب و برق خوزستان به عنوان حمایت کننده مقاله تشکر می نماییم.

۷-منابع و ماخذ :

۱- مدیریت سیل در محدوده شهرها ، ۱۳۷۶، *ارزیابی هیدرولوژی و اقتصادی سیل، دانشگاه* صنعتی شریف، ارائه به وزارت مسکن و شهرسازی معاونت معماری و شهرسازی.

۲-*مجموعه مقالات ششمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه دانشگاه شهید چمران اهواز*،۱۳۸۱.

۳- مخترع، ع.، ۱۳۷۸، *تعیین خسارات سیل و انتخاب گزینه غیر سازه ای مناسب مهار سیلاب در منطق شهری*، پایان نامه دوره کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف.

۴-*مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیز داری کل کشور،۱۳۷۷ ،گزارش بازدید از شهر ماسوله.*

۵-مطیعی، ه.،۱۳۸۲، *آموزش ArcView و الحاقیه های آن*، انتشارات دانشکده صنعت آب و برق شَهید عباسپور.

۶-نوایی، آ و عادلی نیا، م.، ۱۳۸۱، *مقدمه ای بر GIS*وآموزش نرم افزار*ARCVIEW*، انتشارات دیباگران تهران.

7-Applying GIS to Hydraulic analysis. Francisco oliviera, 2003 deportment of civil engineering university of Texas.

8-Emergency Management Agency, 1999. Above the Flood: Elevating your flood prone House.

9- Emergency Management Agency, 2000. Non-Residential flood proofing.