

بررسی نتایج تاثیر احداث سد سلولی مارد بر شرایط بالادست سد در رودخانه کارون با استفاده از مدل HEC-RAS

محمد امین گندمی^{۱*}، سارا امیرزاده^۱، نورالدین بازگیر^۱

۱ - سازمان آب و برق خوزستان، معاونت حفاظت و بهره برداری منابع آب، خوزستان، ایران

* نویسنده مسئول: (Gandomi.civil.engineer@gmail.com)

چکیده

رودخانه‌های تحت تأثیر جزر و مد باعث بروز شرایط هیدرولیکی پیچیده ای رودخانه می‌شوند. این پژوهش تأثیر احداث سد سلولی بالادست بهمنشیر بر رودخانه کارون از ایستگاه هیدرومتری اهواز بعنوان مرز بالادست تا سه راهی حفار بعنوان مرز پایین دست مدل می‌باشد. از مدل HEC-RAS جهت مدل سازی شرایط رودخانه در این پژوهش استفاده شده است. نتایج خروجی نرم افزار نشان داد که پس از احداث سد روند تغییرات در ایستگاه بالادست جریان بشدت تغییر یافته، بطوری که مقادیر سطح آب در ایستگاه‌های اهواز، دارخوین، بالادست سد سلولی به ترتیب ۴/۵، ۸، ۱۲ متر اندازه گیری شد. سرعت متوسط جریان در مقاطع اهواز، دارخوین، بالادست و پایین دست سد سلولی به ترتیب ۱/۲۴، ۰/۸۷، ۱/۵۳، ۱/۲۴ متر بر ثانیه، و سرعت جریان پس از احداث و جانمایی سد به ترتیب برابر ۰/۶، ۰/۳۶، ۰/۴ و ۰/۵۴ محاسبه شد. این سرعت پس از جانمایی سد سلولی حدود ۵۹ درصد کاهش داشت. همچنین پروفیل طولی رودخانه کارون از ابتدا تا انتهای مسیر در شرایط قبل و بعد از احداث سد مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج نشان داد که سطح آب با احداث سد بطور متوسط حدود ۱۷۵ سانتیمتر کاهش پیدا کرده است. نتایج حاصله از اشل‌های محاسباتی نیز نشان می‌دهد که احداث سد سلولی در پایین دست رودخانه عامل مهمی جهت تسکین جریان سیلابی با دبی بسیار بالا و کاهش تراز سطح آب بوده است که این امر طبیعتاً عامل کنترل کننده سیلاب در رودخانه کارون می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: جزر و مد، شرایط هیدرولیکی، سد سلولی، مدل HEC-RAS

رودخانه هایی که به آب های آزاد راه دارند، لزوماً تحت تأثیر جزر و مد محلی واقع می شوند. تأمین یک منبع آب قابل اطمینان و پایدار جهت آبرسانی به منطقه پروژه از قبیل (شرب، کشاورزی و صنعت) و همچنین روش برداشت و توزیع کمی و کیفی آب بطور کلی مورد بحث قرار می گیرد. در راستای انجام هر اقدامی در این نوع رودخانه ها و یا در مدل سازی پارامترهای کیفی و رسوب، لازم است که رفتار هیدرودینامیک رودخانه جزر و مدی به درستی شناخته شود. در این راستا، می بایست معادلات هیدرودینامیکی حاکم بر جریان آب در رودخانه حل شوند. این بخش شامل تخمین سرعت، دبی و عمق جریان در مسیر رودخانه می باشد. که این کار با حل معادلات یک بعدی، دوبعدی و یا سه بعدی جریان امکان پذیر می باشد. از مدل های ریاضی معروف در این زمینه می توان مدل HEC-RAS را نام برد. این مدل مبتنی بر روش گام استاندارد می باشد. همچنین این مدل قابلیت در نظر گرفتن ضریب زبری متفاوت در هر مقطع را دارا می باشد یکی از محاسن مدل HEC-RAS، توانایی مدل کردن جریان غیرماندگار بصورت تک بعدی است. با توجه به موقعیت رودخانه کارون که مورد مطالعه در این پژوهش می باشد و ارتباط آن با دریا در حالت جزر و مد از طرفین ارون رود تا حفر و مصب بهمنشیر و اجرای طرح های مهندسی رودخانه و آبرسانی و شبکه های آبیاری زهکشی در رودخانه بهمنشیر، اهمیت شناخت و تحقیق در خصوص شرایط هیدرولیکی جریان جزر و مد بر سازه های موجود در این بازه، بسیار ضروری است. این شرایط مشکلاتی از قبیل کاهش شدید کیفیت آب، رسوبگذاری در رودخانه و کاهش ظرفیت کشتیرانی و لایروبی، کشاورزی و آب شرب را تحت تأثیر قرار داده است. اجرای طرح های مهندسی رودخانه و آبرسانی و شبکه های آبیاری و زهکشی در محدوده رودخانه کارون که متأثر از شرایط جریان در رودخانه مذکور می شود، اهمیت، شناخت و تحقیق در خصوص تغییرات

هیدرولیکی جریان قبل و بعد از احداث سد مارد را بسیار ضروری می نماید (۴). در این بین مطالعاتی زیادی توسط محققین متعدد توسط مدل HEC-RAS و همچنین مطالعاتی در محدوده پژوهش انجام گرفته که به نتایج برخی از آن ها در ادامه اشاره می کنیم. کریمی (۱۳۸۸) در تحقیقی با عنوان بررسی تأثیر اصلاح بهسازی مسیر رودخانه قره سو بر خصوصیات هیدرولیکی سیلاب در بازه شهر کرمانشاه با استفاده از مدل های هیدرولیکی HEC-RAS به این نتیجه رسید که اصلاح و بهسازی مسیر رودخانه ها بر خصوصیات سیلاب از قبیل پهنه سیل، شکل هیدروگراف دبی، هیدروگراف اشل، سرعت جریان و ... در مقاطع مختلف تأثیرگذار می باشد. مهربان (۱۳۸۸) در تحقیقی با عنوان بررسی هیدرولیک رسوب در مخازن سدها با استفاده از نرم افزار HEC-RAS به این نتیجه رسید که مسئله رسوبگذاری و آب بردگی در مسیر طبیعی رودخانه ها یکی از مهمترین بخش های مطالعاتی منابع آب و خاک بشمار می رود. آب بردگی یا فرسایش از یک سو باعث از دست رفتن میلیون ها تن از خاک گرانبه های زراعی شده و از سوی دیگر در پل ها و دیگر سازه های آبی مشکلات پایداری شیب بوجود می آورد و از طرفی رسوبگذاری و انباشت مواد معلق رودخانه ها در سازه های ذخیره کننده آب همانند مخازن سدهای انحرافی و ذخیره ای باعث تقلیل عمر مفید اینگونه سازه ها شده و مشکلاتی را در عملکرد صحیح تأسیسات خروجی آن ها بوجود می آورد فاطمی (۱۳۹۰) در تحقیقی با عنوان تأثیر سازه سر ریز زهک - نیاتک بر پهنه بندی سیلاب رودخانه سیستان با استفاده از مدل HEC-RAS و GIS به این نتیجه رسید که وقوع سیلاب های مخرب در دشتهای سیلابی خسارتهای فراوانی را به دنبال داشته است بطوریکه لزوم پیش بینی رفتار هیدرولیکی رودخانه ها در برقراری توسعه مناسب این مناطق از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد. میثم امیری (۱۳۹۱) در تحقیق با

عنوان تاثیر سدهای انحرافی سیسان و زهک بر پهنه بندی سیلاب رودخانه سیستان با استفاده از HEC-RAS و GIS به این نتیجه رسید که دشت های سیلابی رودخانه ها، اراضی حاصلخیزی هستند که انسان همواره خواستار توسعه این مناطق بوده است . از این روی حفاظت و مدیریت دشت های سیلابی امری ضروری است رقیه یوسفی (۱۳۹۱) در تحقیقی با عنوان ارزیابی اثرات سناریوهای مختلف ساماندهی رودخانه بر مشخصات هیدرولیک جریان در رودخانه کارون، محدوده شهر اهواز با استفاده از نرم افزار HEC-RA به این نتیجه رسید که مطالعات هیدرولیک جریان در رودخانه هایی که در محدوده ی با اهمیت روستایی و شهری عبور می کنند، از اقدامات اساسی در مهندسی رودخانه می باشد. اله وردی (۱۳۹۲) در مقاله ای با عنوان تاثیر سدهای بارزو و شیروان بر پهنه بندی سیلاب رودخانه قلجق با استفاده از HEC-RAS و GIS پی برد که وقوع سیلاب های مخرب در دشت های سیلابی خسارت های فراوانی را به دنبال داشته است، از این روی پیش بینی رفتار هیدرولیکی رودخانه در برقراری توسعه مناسب این

مواد و روشها

مقدمه

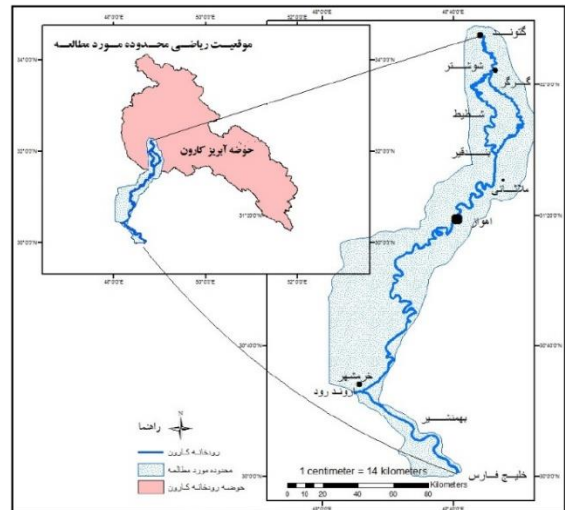
رودخانه کارون یکی از پرآب ترین رودخانه های ایران به شمار می آید و سطح بسیار گسترده ای از ارتفاعات زاگرس را در حوضه آبریز خود دارد و در طی مسیر خود بارها تغییر جهت میدهد. این رودخانه در نزدیکی پل خرمشهر به دو شاخه تقسیم می شود. یکی از شاخه های این رودخانه در مسیری موسوم به کانال حفار امتداد یافته و از میان شهر خرمشهر می گذرد و به همراه رودخانه های دجله و فرات، رودخانه اروندرود را **موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه** منطقه مورد مطالعه در استان خوزستان ناحیه مارد آبادان و پایین دست رودخانه بهمنشیر واقع شده است. این محدوده در مختصات جغرافیایی ۳۰ درجه و ۱۶

مناطق از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد. شهینی کرم نژاد (۱۳۹۲) در مقاله ای تحت عنوان تعیین پهنه سیل گیر در رودخانه ها با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS پی برد شناخت و تحلیل هیدرولیک جریان یکی از موضوعات با اهمیت می باشد که در بسیاری موارد می تواند موضوع تحقیق محققین مختلف و همچنین متولیان امور مطالعاتی و اجرایی منابع آبی باشد.

رودخانه بهمنشیر در منتهی الیه جنوب غربی ایران و حد فاصل عرض جغرافیایی ۳۰ درجه تا ۳۰ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۳ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۴۳ دقیقه شرقی واقع گردیده است . این رودخانه از انشعابات رودخانه کارون بوده که در حد فاصل جزیره آبادان و خرمشهر (محلی بنام حفار) منشعب شده است . در این مطالعه با استفاده از داده های جزر و مد و همچنین با اندازه گیری سرعت و جهت جریان آب ، سرعت و جهت جریان باد و همچنین با محاسبه نرخ رسوبات معلق و شناخت جنس رسوبات منطقه، سرعت رسوبات عمود بر ساحل در این محدوده تخمین زده شده است.

تشکیل می دهند. مسیر دوم، اتصال رودخانه کارون به رودخانه بهمنشیر است که مستقیماً وارد خلیج فارس می شود. این پژوهش به تعیین مشخصات هیدرولیکی جریان متأثر از احداث سد مارد بر روی رودخانه کارون و در ۱۰ کیلومتری سه راهی حفار در خرمشهر و در پایین دست می پردازد. محدوده این پروژه از ایستگاه هیدرومتری اهواز در بالادست تا سه راهی حفار در خرمشهر در پایین دست می باشد.

دقیقه تا ۳۴ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۷ دقیقه تا ۵۲ درجه طول شرقی واقع شده است. در

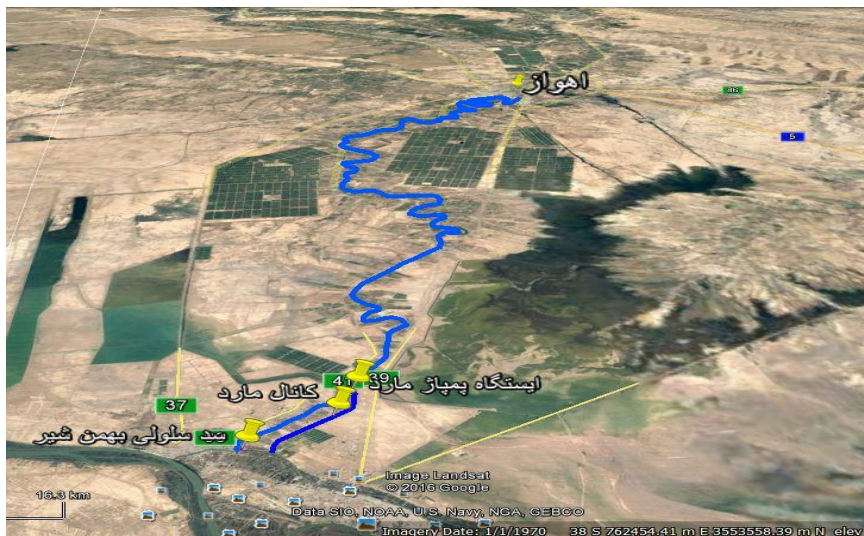


شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور و استان خوزستان بر روی نقشه

قلمروی محاسباتی

دست می‌باشد. محدوده منطقه مورد مطالعه در شکل ۲ نشان داده شده است.

قلمروی محاسباتی شامل، بازه ای از رودخانه کارون از ایستگاه هیدرومتری اهواز به عنوان مرز بالادست و ایستگاه خرمشهر در سه راهی حفار به عنوان مرز پایین



شکل ۲- محدوده منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه

تهیه مشخصات هندسی مقاطع

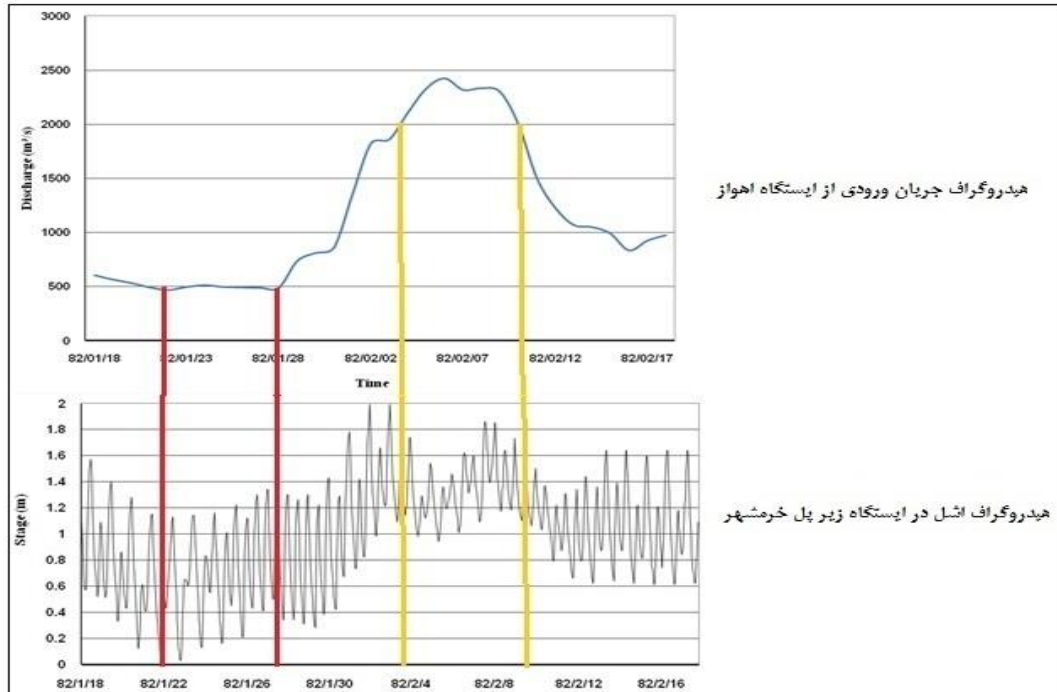
که بزرگترین عدد در ابتدای رودخانه و کوچکترین عدد در انتهای بازه مورد مطالعه قرار می‌گیرد. مقاطع رودخانه کارون از ۴۵۰ شروع شده و به مقطع صفر ختم می‌شوند. به دلیل نواقص موجود در مقاطع، تعدادی از آنها حذف شده‌اند.

اطلاعات مقاطع عرضی رودخانه کارون از بالادست اهواز تا ابتدای بهمنشیر مربوط به سال ۱۳۷۶ که در قالب فایل اتوکد تهیه شده‌اند. مقاطع عرضی در نرم‌افزار HEC-RAS با شماره مشخص می‌شوند به طوری

مشخصات هیدرولیکی مقاطع

ایستگاه هیدرومتری اهواز به عنوان شرط مرزی بالادست و ایستگاه‌های جزر و مدی زیر پل خرمشهر به عنوان شرط مرزی پایین‌دست در نظر گرفته شدند. لکن با توجه به محدودیت اطلاعات موجود از ایستگاه‌های پایین‌دست از یک سو و همچنین نیاز به آمار مشاهداتی همزمان در تمامی مرزهای مدل از سوی دیگر، تنها

هیدروگراف سیل از ایستگاه هیدرومتری اهواز که آمار سطح آب مشاهداتی متناظر آن در ایستگاه‌های جزر و مدی زیر پل خرمشهر موجود و در دسترس بود، به عنوان شرایط مرزی بالادست در نظر گرفته شد. در شکل ۳ هیدروگراف ایستگاه اهواز و هیدروگراف جزر و مدی ایستگاه زیر پل خرمشهر نشان داده شده است.

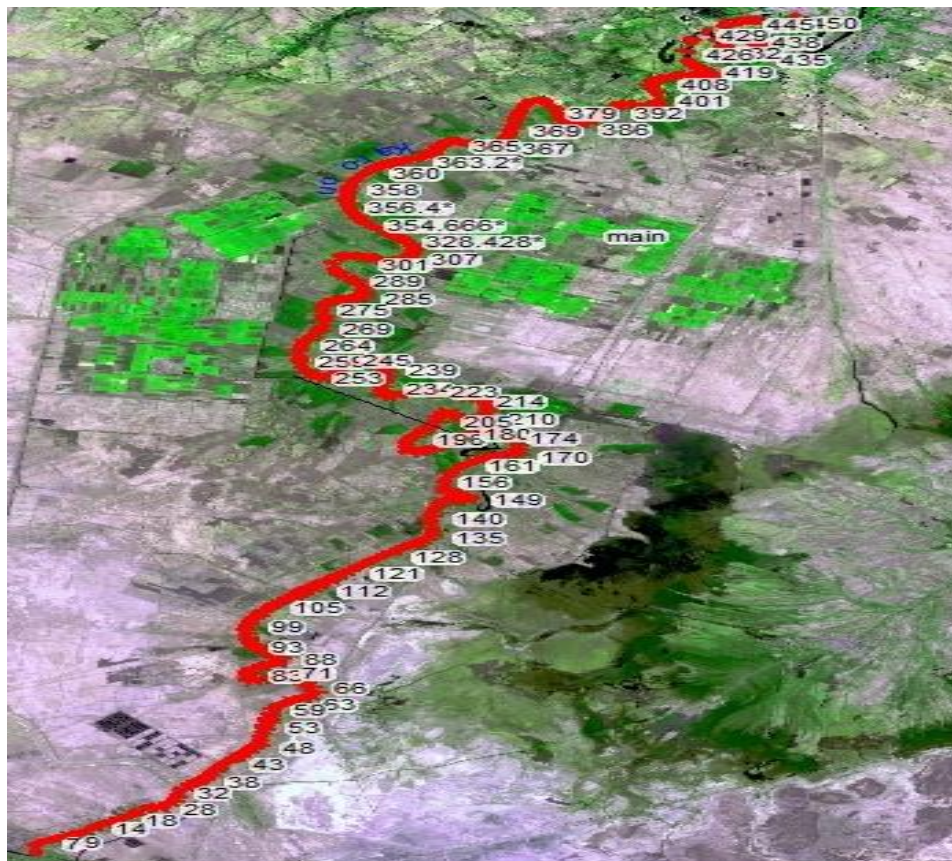


شکل ۳- مقایسه هیدروگراف ایستگاه اهواز با هیدروگراف جزر و مدی ایستگاه زیر پل خرمشهر

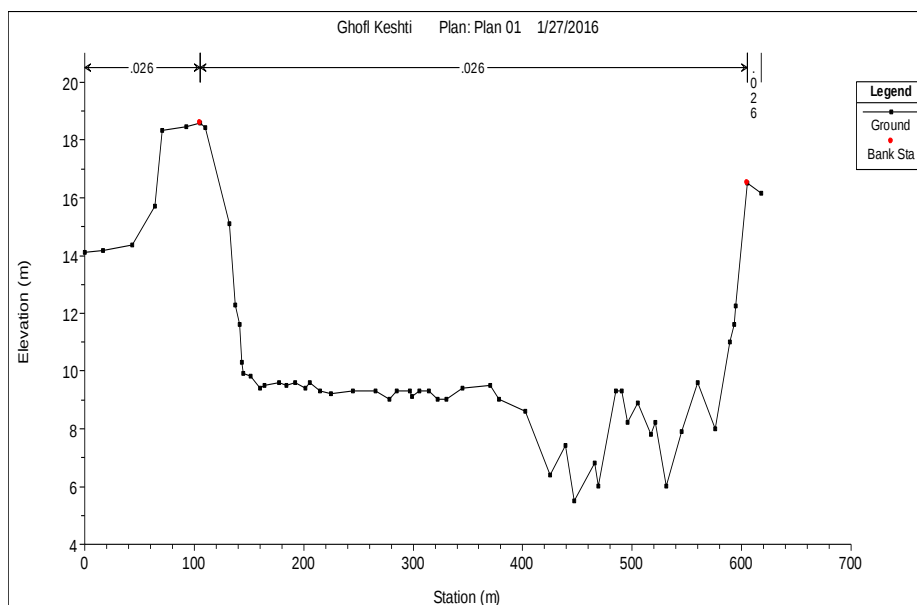
مقاطع عرضی

جهت معرفی شبکه رودخانه ۴۵۰ مقطع عرضی از کل رودخانه برداشت شد که در شکل ۴ از بالادست جریان (ایستگاه هیدرومتری اهواز) تا پایین دست محدوده مورد مطالعه (ایستگاه اشل خرمشهر) نشان داده شده اند. جهت استخراج و تعیین شرایط مرزی و جریان حاکم بر

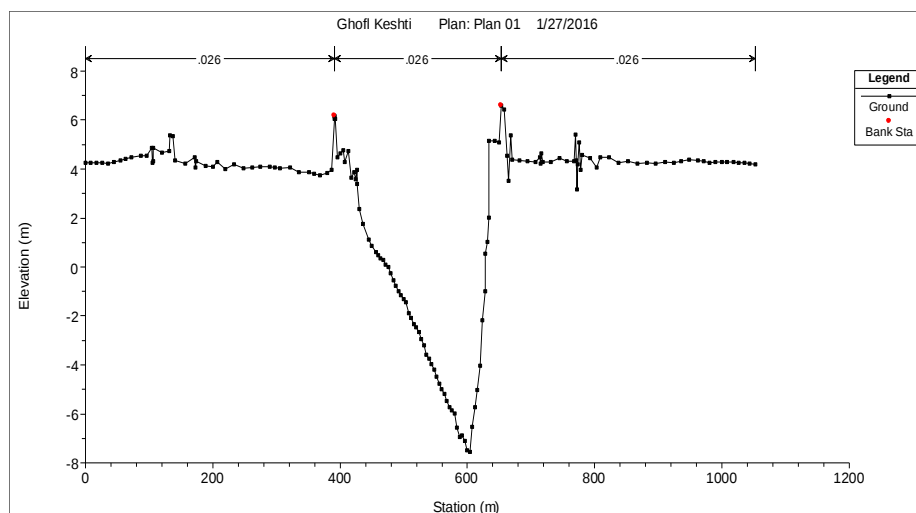
رودخانه، نتایج حاصل از اشل‌های موجود در رودخانه به عنوان شرایط مرزی پایین دست در نظر گرفته شد. در شکل‌های ۵، ۶ و ۷ یکی مقاطع عرضی بالادست (اهواز)، ایستگاه مشاهداتی دارخوین و ایستگاه پایین دست (خرمشهر) آورده شده است.



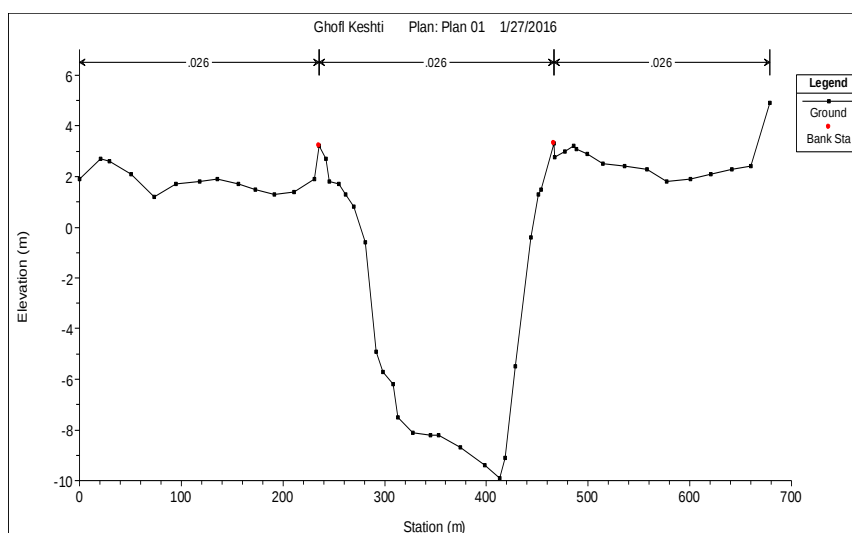
شکل ۴- مقاطع عرضی محدوده مورد مطالعه



شکل ۵- مقطع عرضی بالادست جریان (ایستگاه هیدرومتری اهواز)



شکل ۶- مقطع عرضی ایستگاه دارخوین



شکل ۷- مقطع عرضی ایستگاه خرمشهر

مشخصات هیدرولیکی رودخانه کارون

حداکثر عمق، طول و ضریب زبری مانینگ دیواره‌ها و بستر، محاسبه و وارد مدل گردید. که نتایج تعدادی از مقاطع از مقطع ۴۵۰ تا مقطع ۳۵۸ در جدول ۴-۱، ارائه شده است.

پس از تعیین محل بازه‌های روندیابی در ۴۵۰ بازه و بر اساس قرار گرفتن از ابتدای ایستگاه هیدرومتری اهواز تا خروجی آبخیز، در محیط GIS و عملیات میدانی در هر بازه پارامترهای مورد نیاز مدل شامل مقطع عرضی،

جدول ۱- اطلاعات مربوط به بازه های ۴۵۰ تا ۳۵۸ رودخانه کارون

شماره مقاطع	طول (متر)	حداکثر عمق (متر)	زبری بستر	زبری دیواره راست	زبری دیواره چپ	شکل مقطع عرضی
۴۵۰	۱۶۹/۳	۲/۱	۰/۰۲۴	۰/۱۰۸	۰/۱	نامنظم
۴۴۵	۱۹۳/۱	۴/۵	۰/۰۲۴	۰/۰۷۴	۰/۰۹۴	نامنظم
۴۳۸	۱۰۹/۲۴	۵	۰/۰۲۴	۰/۰۲۵	۰/۱۰۶	نامنظم
۴۲۹	۳۸۴/۶	۵/۵	۰/۰۲۴	۰/۰۲۵	۰/۰۸۲	نامنظم
۴۳۵	۴۲۰/۶۹	۳	۰/۰۲۴	۰/۰۴۹	۰/۵۹	نامنظم
۴۲۶	۵۸۸/۹۲	۶/۵	۰/۰۲۴	۰/۱۴۴	۰/۱۳۹	نامنظم

نامنظم	۰/۱۳۹	۰/۱۴۴	۰/۰۲۴	۸	۳۸۹/۵۹	۴۱۹
نامنظم	۰/۱۶۴	۰/۱۱۹	۰/۰۲۵	۶	۴۳۸/۷	۴۰۸
نامنظم	۰/۲۰۴	۰/۱۵۴	۰/۰۲۵	۸	۳۱۹/۸۳	۴۰۱
نامنظم	۰/۱۹۴	۰/۱۵۴	۰/۰۲۵	۵/۸	۴۵۸/۱۶	۳۹۲
نامنظم	۰/۱۹۴	۰/۱۴۴	۰/۰۲۵	۱۰/۵	۲۷۴/۹۱	۳۷۹
نامنظم	۰/۱۹۴	۰/۱۳۲	۰/۰۲۵	۱۲	۶۲۲/۱۶	۳۸۶
نامنظم	۰/۱۹۴	۰/۱۴۴	۰/۰۲۵	۱۱	۷۹/۶	۳۷۹
نامنظم	۰/۰۲۵	۰/۱	۰/۰۲۵	۷	۸۶/۱۳	۳۶۹
مسطیل	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵	۹	۶۳/۴۲	۳۶۷
نامنظم	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۰۲۴	۱۲	۵۴۷/۵۴	۳۶۵
نامنظم	۰/۱۰۵	۰/۰۸	۰/۰۲۴	۷	۱۳۹۷/۲۳	۳۶۳
نامنظم	۰/۰۲۵	۰/۱۹۵	۰/۰۲۵	۷	۹۸/۰۹	۳۶۰
نامنظم	۰/۱۷۵	۰/۰۷۵	۰/۰۲۴	۶	۲۰۹/۷۲	۳۵۸

مشاهداتی در ایستگاه دارخوین صحت سنجی شد جدول ۲ ضریب زبری مانینگ را نشان میدهد.

در این تحقیق به روش سعی و خطا ضریب زبری های متفاوت به مدل (جهت کالیبراسیون) معرفی گردید و نتایج تراز سطح آب محاسباتی با داده های سطح آب

جدول ۲- آمار داده های هیدرومتری ایستگاه دارخوین

رویداد	۸۲/۱/۱۸	۸۲/۱/۲۳	۸۲/۱/۲۶	۸۲/۱/۳۰	۸۲/۲/۴	۸۲/۲/۸	۸۲/۲/۱۲	۸۲/۲/۱۶
دبی (متر مکعب بر ثانیه)	۴۸۰	۵۲۰	۴۹۰	۵۱۰	۲۰۰۰	۲۱۰۰	۱۱۰۰	۹۵۰
اشل آب (متر)	۱/۵	۱/۱۸	۱/۳	۱/۴	۱/۸	۱/۸۵	۱/۶	۱/۶۸

حاصل گردیده است. این فرضیات عبارتند از: ۱- تغییرات پروفیل سطح آب به صورت تدریجی می باشد ۲- جریان یک بعدی است (از تغییرات مشخصه های جریان در عرض صرف نظر می شود). ۳- رودخانه یا کانال دارای شیب کمی است ۴- شیب افت یا خط انرژی بین دو مقطع مجاور ثابت می باشد ۵- مرزها صلب (فرسایش ناپذیر) فرض شده است.

جمع آوری آمار و اطلاعات

اطلاعات مورد استفاده در این پژوهش شامل ۱- آمار ایستگاه های هیدرومتری ۲- آمار ایستگاه های برداشت اشل ۳- پروفیل های مقاطع عرضی رودخانه کارون و جهت شبیه سازی مدل ریاضی HEC-RAS نیاز به اطلاعات نظیر ۱- شبکه بندی سیستم رودخانه و شاخه های فرعی آن ۲- مقاطع عرضی رودخانه ۳- شرایط مرزی در مدل ریاضی ۴- شرایط مرزی بالادست

معرفی مدل HEC-RAS

جهت انجام مدل سازی یک بعدی جریان، از مدل HEC-RAS استفاده شده است. این مدل توانایی مدل کردن کامل شبکه ها، کانال ها و رودخانه های شاخه ای یا تکی را دارا می باشد و می تواند جریان های ماندگار یا غیر ماندگار، زیر بحرانی یا فوق بحرانی را به خوبی ترسیم کند.

معادلات بکار گرفته شده در مدل HEC-RAS

معادلات حاکم بر جریان عبارتند از معادلات پیوستگی و معادله اندازه حرکت. این معادلات به معادلات سنت ونانت نیز معروف هستند. روشی که در مدل یک بعدی HEC-RAS برای شبیه سازی عبور جریان از رودخانه به کار رفته است، بر اساس فرضیات ساده شونده ای بنیان گذاشته شده است و علی رغم این ساده سازی، نتایج رضایت بخشی در بسیاری از موارد

۴- شرایط مرزی پایین دست ۵- تعیین ضریب زبری مانینگ می‌باشد. همچنین اطلاعات هیدرولوژی شامل دبی حداکثر لحظه‌ای از جمله پارامترهای مهم مدل جهت روندیابی جریان می‌باشد. با توجه به اهداف اجرای مدل که بصورت بروز وقایع سیلابی می‌باشد. تعیین دبی حداکثر لحظه‌ای جهت برآورد سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف یکی از کاربردهای مهم مدل هیدرولیکی مذکور می‌باشد.

کالیبراسیون مدل HEC-RAS

مهمترین قسمت در استفاده از یک مدل ریاضی

کالیبراسیون و اطمینان از صحت نتایج مدل است. هدف کالیبراسیون ایجاد نظامی موثر به منظور کنترل صحت و دقت پارامترهای متروژیک دستگاه‌های آزمون و وسایل اندازه‌گیری و کلیه تجهیزاتی است که عملکرد آنها بر کیفیت فرآیند تاثیرگذار است. در این مطالعه جهت کالیبراسیون و ارزیابی مدل از هشت وقایع سیلابی که آمار مقادیر دبی و تراز آب آنها در ایستگاه دارخوین موجود بوده استفاده شد. رویدادهای سیلاب انتخابی و اشل آنها در جدول ۱، ارائه شده است.

جدول ۱- رویدادهای سیلاب انتخابی و اشل آنها در ایستگاه هیدرومتری دارخوین

رویداد	۸۲/۰۱/۱۸	۸۲/۰۱/۲۳	۸۲/۱/۲۶	۸۲/۱/۳۰	۸۲/۲/۴	۸۶/۲/۸	۸۲/۲/۱۲	۸۲/۲/۱۶
دبی (متر مکعب بر ثانیه)	۴۸۰	۵۲۰	۴۹۰	۵۱۰	۲۰۰۰	۲۱۰۰	۱۱۰۰	۹۵۰
اشل آب (متر)	۱/۵	۱/۱۸	۱/۳	۱/۴	۱/۸	۱/۸۵	۱/۶	۱/۶۸

مشخصات سد سلولی کانال مارد، و ایستگاه پمپاژ

به منظور بررسی دقیق تأثیر سد سلولی بر شرایط جزر و مدی رودخانه بهمنشیر، مشخصات ایستگاه پمپاژ مارد، کانال مارد و سد سلولی بالادست بهمنشیر در ادامه ارائه می‌شود. ایستگاه پمپاژ مارد با ظرفیت ۱۲۰ متر مکعب بر ثانیه و توان حداکثر آب را از رودخانه کارون به کانال مارد به طول ۱۰/۵ کیلومتر منتقل و به سمت رودخانه بهمنشیر هدایت می‌کند. این ایستگاه در نوع خود بزرگ‌ترین ایستگاه پمپاژ در کشور و خاورمیانه است و از ۴۲ پمپ سه متر مکعبی بهره می‌برد که از کیفیت و قابلیت بالایی برخوردارند و به تناسب جریان رودخانه بهمنشیر و شوری پایین دست به مقدار نیاز آب از کارون پمپاژ و وارد رودخانه بهمنشیر می‌شود. جاری شدن آب‌های خلیج فارس به دلیل مد، سطح آب بالا آمده و آب شور دریا با پیشروی در اروند و عبور به رودخانه کارون و بهمنشیر تمام آب‌های رودخانه‌ها را غیرقابل استفاده می‌کرد. سد سلولی بالادست بهمنشیر در موقعیت ۳۰۰ متری سه راهی حفار- بهمنشیر- کارون قرار گرفته است. جنس سازه از نوع فلزی به شکل

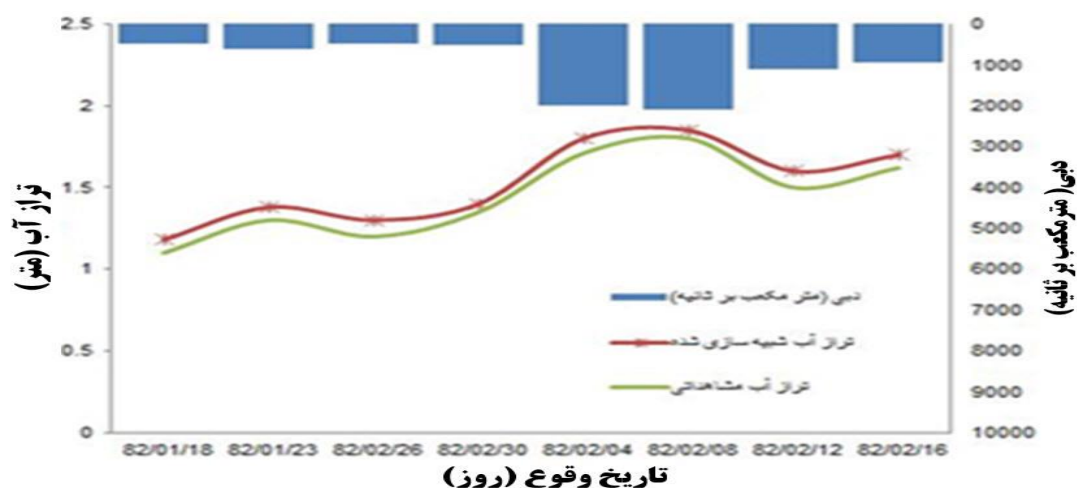
مقاطع دایره ای متوالی می‌باشد. تعداد سلولها ۸ عدد، تعداد آرک‌ها ۶ عدد، تعداد سپرهای هر سلول ۶۸ عدد و عمق سپرها برابر ۱۲، ۱۶ و ۱۸ متر می‌باشد. طول تاج سد برابر ۱۳۰ متر و عرض آن برابر ۱۰/۴۲ متر و ارتفاع آن از سطح دریا برابر ۲/۸ متر می‌باشد. احداث سد سلولی به عنوان مانعی مصنوعی به منظور جلوگیری از تداخل آب شور دریا و آب شیرین رودخانه، تامین آب خام (شرب، کشاورزی و صنعتی) جزیره آبادان و خرمشهر، جلوگیری از اتلاف انرژی و افزایش بازده تولید ایستگاه پمپاژ مارد به ظرفیت ۱۲۰ مترمکعب بر ثانیه و عبور طغیان‌های فصلی، ایجاد معبر کشتیرانی سه منظوره نظامی، تجاری و گردشگری از جمله اهداف اجرای طرح سد سلولی به شمار می‌آید.

نتایج و بحث

نتایج واسنجی مدل HEC-RAS

مقایسه نمودارهای حاصل از داده‌های مشاهداتی و محاسباتی را نمایش می‌دهد. با توجه به ریز دانه بودن مصالح کف، نتیجه میشود که تأثیر وجود پیچ و خم‌های

فراوان در طول بازه به مراتب بیشتر از تأثیر جنس مصالح بستر در تعیین ضریب مانینگ بوده است.

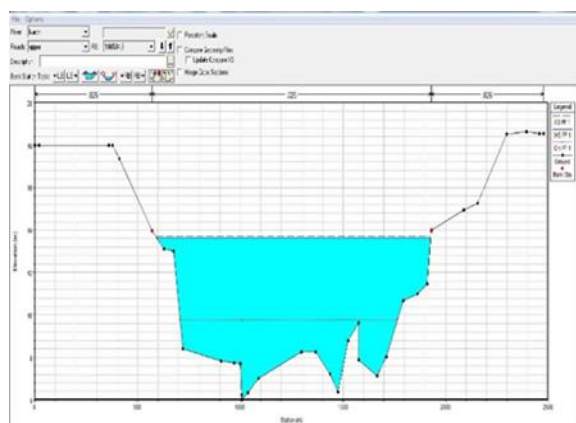


شکل ۸- تراز سطح آب حاصل از داده های مشاهداتی و شبیه سازی شده در مرحله کالیبراسیون مدل

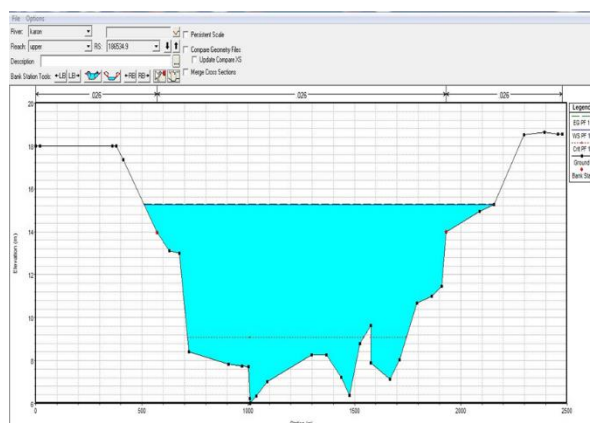
کارون در بازه مورد مطالعه این تحقیق، مشخصات جریان پروفیل‌های عمق و سرعت جریان قبل و بعد از احداث سد با یکدیگر مقایسه گردید. در ادامه، هر یک از پارامترهای فوق الذکر ارائه شده اند.

نتایج اجرای مدل

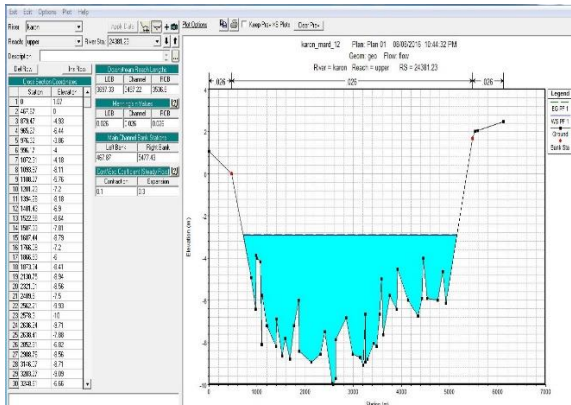
پس از اطمینان از صحت انجام محاسبات، اقدام به اجرا و استخراج نتایج از مدل گردید. جهت بررسی تأثیر احداث سد مورد بر پارامترهای هیدرولیکی رودخانه



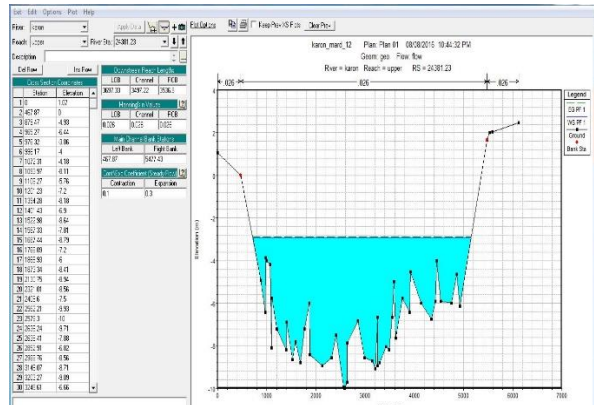
شکل ۱۰- پروفیل سطح آب در ایستگاه اهواز با دبی ۲۵۰۰ مترمکعب بعد از احداث سد



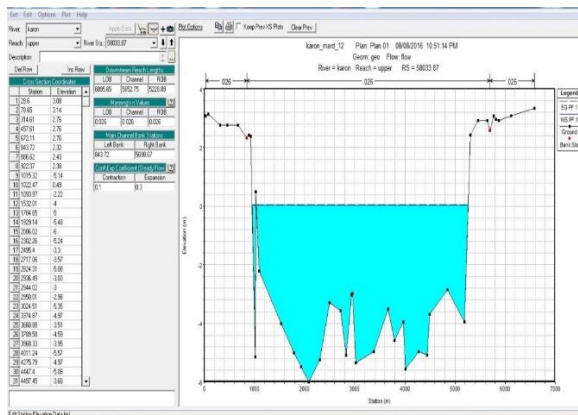
شکل ۹- پروفیل سطح آب در ایستگاه اهواز با دبی ۲۵۰۰ مترمکعب قبل از احداث سد



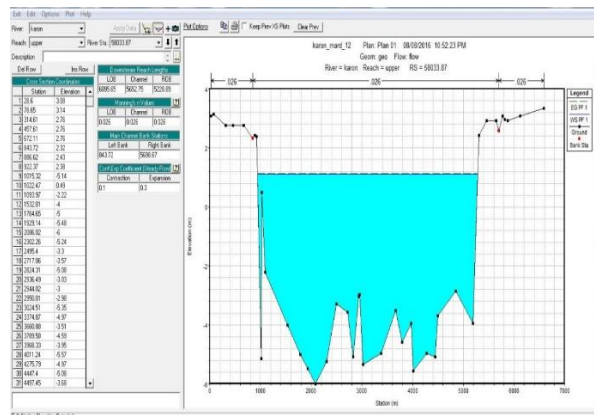
شکل ۱۲- پروفیل سطح آب در ایستگاه دارخوین با دبی ۲۵۰۰ مترمکعب بعد از احداث سد



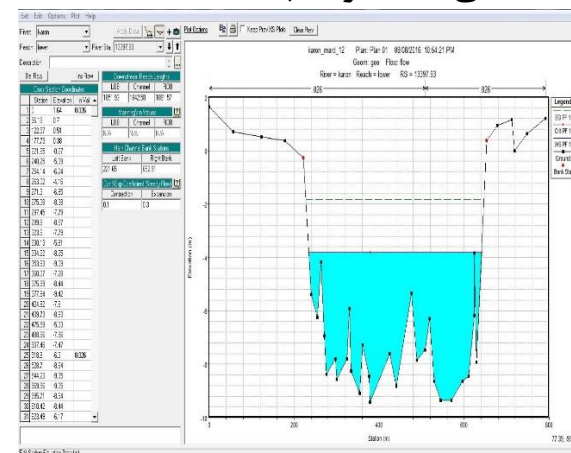
شکل ۱۱- پروفیل سطح آب در ایستگاه دارخوین با دبی ۲۵۰۰ مترمکعب قبل از احداث سد



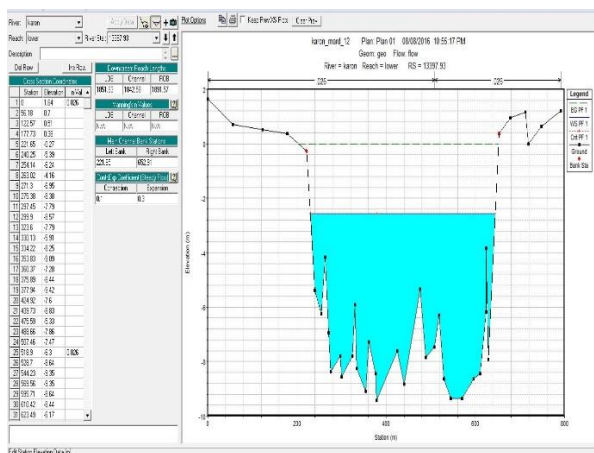
شکل ۱۴- پروفیل سطح آب در ایستگاه ۲ دارخوین با دبی ۲۵۰۰ مترمکعب بعد از احداث سد



شکل ۱۳- پروفیل سطح آب در ایستگاه ۲ دارخوین با دبی ۲۵۰۰ مترمکعب قبل از احداث سد



شکل ۱۶- پروفیل سطح آب در ایستگاه پل خرمشهر با دبی ۲۵۰۰ مترمکعب بعد از احداث سد



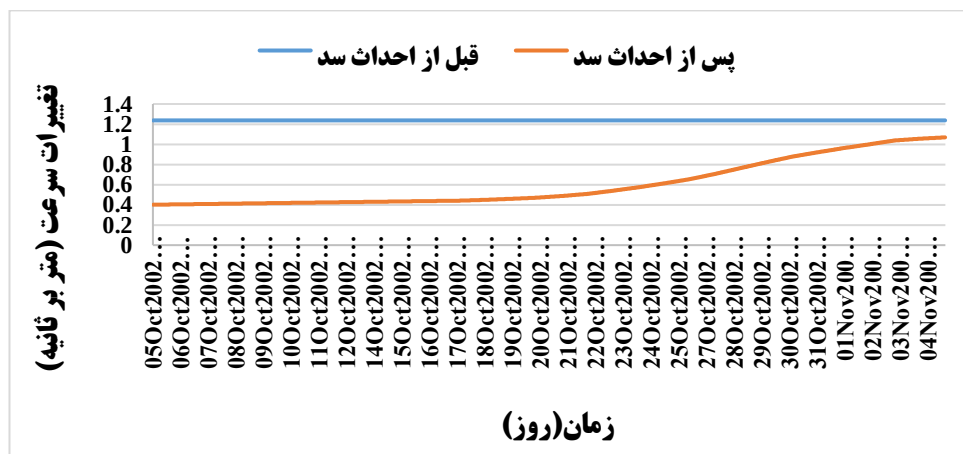
شکل ۱۵- پروفیل سطح آب در ایستگاه پل خرمشهر با دبی ۲۵۰۰ مترمکعب قبل از احداث سد

دست رودخانه کارون و شرایط پس از احداث سد، نشان داده شده است. در این نمودارها همانطور که دیده می‌شود با پیشروی به سمت پایین دست (از ایستگاه اهواز در بالادست تا ایستگاه زیر پل خرمشهر در

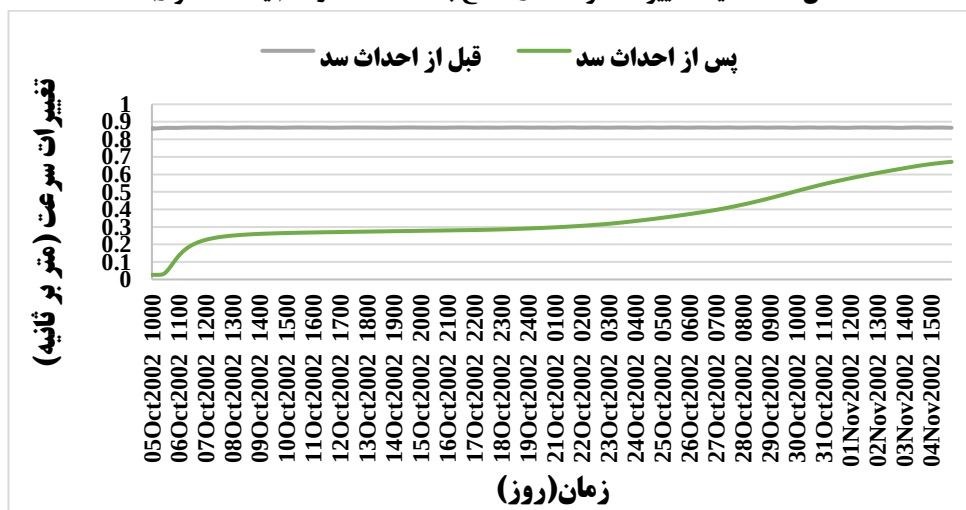
تغییرات سرعت جریان در مقاطع در اشکال ۱۱ تا ۱۴ هیدروگراف تغییرات سرعت جریان برای دوره زمانی مورد نظر در این تحقیق در شرایط طبیعی رودخانه یعنی قبل از احداث سد مارد در پایین

بترتیب حدود ۱/۲۴، ۰/۸۷، ۱/۵۳ و ۱/۲۴ متر بر ثانیه بوده است و پس از جانمایی سد مارد، سرعت جریان در مقاطع فوق الذکر بترتیب برابر ۰/۶، ۰/۳۶، ۰/۴ و ۰/۵۴ متر بر ثانیه محاسبه شده است.

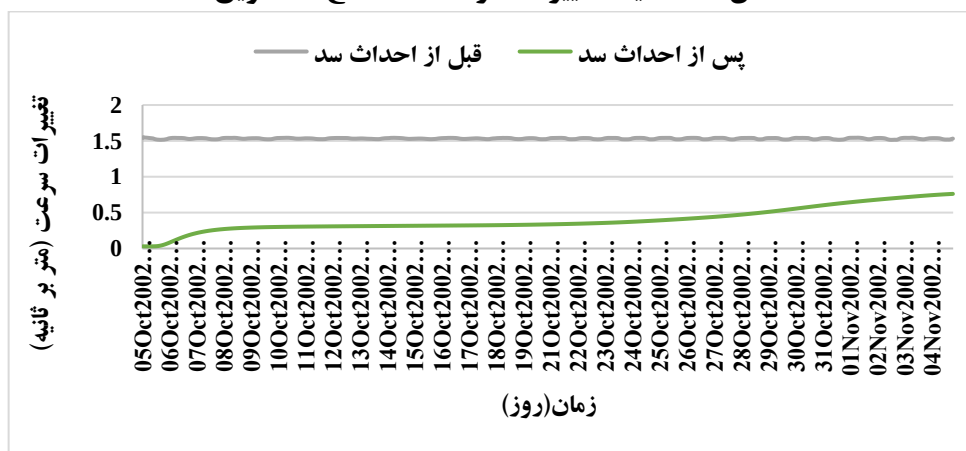
پایین دست)، سرعت جریان در مقاطع اهواز، دارخوین، مقطعی در بالادست سد مارد و مقطعی در پایین دست سد مارد قبل از احداث این سد روندی تقریباً یکنواخت داشته و لذا مقادیر آن در مقاطع ذکر شده بطور متوسط



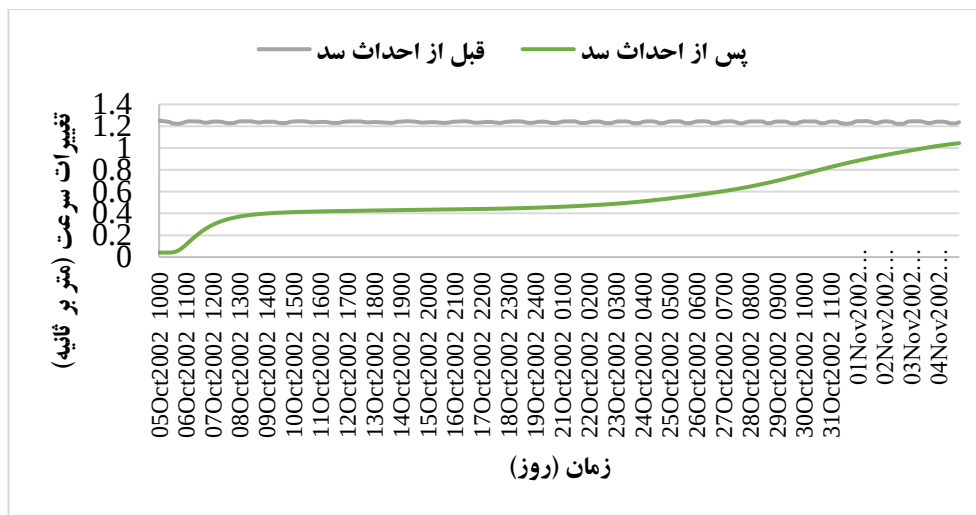
شکل ۱۷- مقایسه تغییرات سرعت در مقطع بالادست محدوده (ایستگاه اهواز)



شکل ۱۸- مقایسه تغییرات سرعت در مقطع دارخوین



شکل ۱۹- مقایسه تغییرات سرعت در مقطع بالادست سد مارد

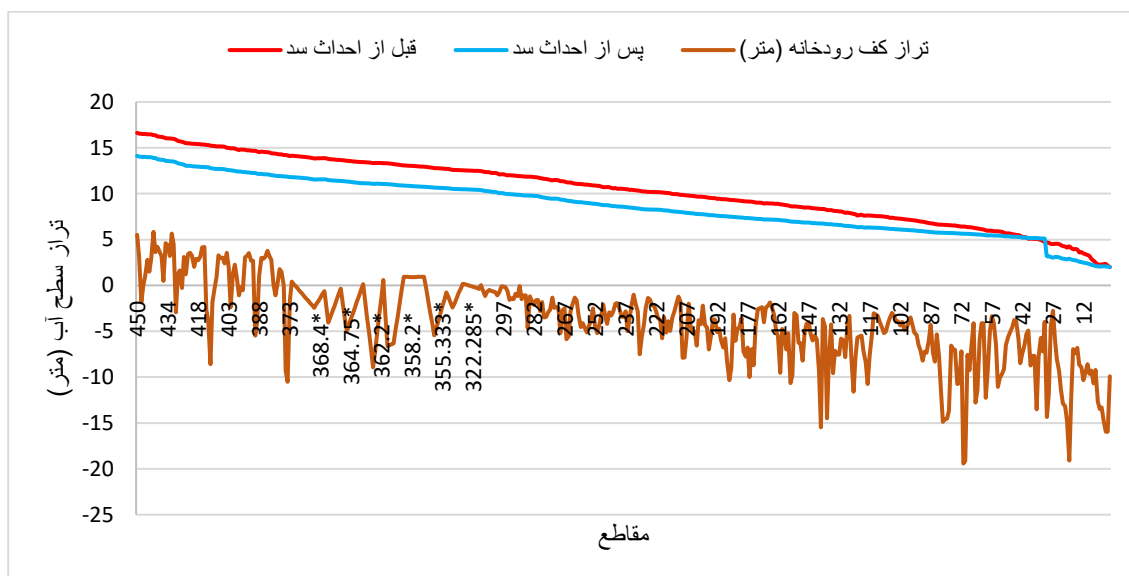


شکل ۲۰- مقایسه تغییرات سرعت در مقطع پایین دست سد مارد

این نمودار پیداست سطح آب با احداث سد بطور متوسط حدود ۱۷۵ سانتیمتر کاهش پیدا کرده است. جدول (۴-۵) مقادیر محاسبه شده تراز سطح آب را قبل و بعد از احداث سد نشان داده است.

پروفیل طولی جریان

در شکل (۴-۳۴) پروفیل طولی رودخانه کارون از ابتدا تا انتهای مسیر مورد مطالعه در شرایط قبل و بعد از احداث سد مارد نشان داده شده است. همانطور که از



شکل ۲۱- پروفیل طولی و سرعت جریان رودخانه کارون از ایستگاه اهواز تا ایستگاه زیر پل خرمشهر

جدول ۳- مقادیر محاسبه شده تراز سطح آب قبل و بعد از احداث سد مارد

پس از احداث سد	تراز سطح آب (متر)	قبل از احداث سد	تراز سطح آب (متر)	تراز کف رودخانه (متر)	مقطع	فاصله نسبت به پایین دست رودخانه (متر)
14.12	16.63	5.51	450	195384.24		
14.04	16.55	3.13	448	193184.24		
14.02	16.53	-1.84	447	193114.24		
14.01	16.5	-0.07	446	192934.24		
14.01	16.51	1.05	445	192664.24		
13.98	16.47	2.79	444	192334.24		
13.98	16.47	1.48	443	192034.24		
13.97	16.46	2.97	442	191924.24		
13.89	16.38	5.84	441	191194.24		

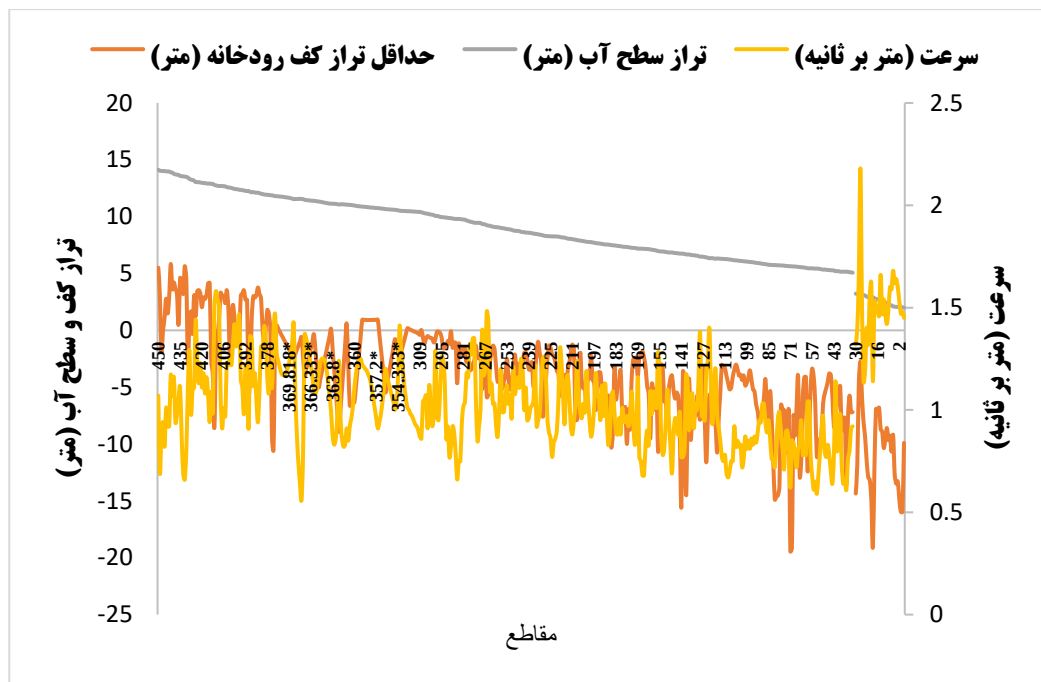
پروفیل سرعت و تراز سطح جریان

در شکل (۴-۳۵) پروفیل سرعت جریان در طول مسیر و در مقاطع موجود به همراه پروفیل طولی رودخانه کارون پس از احداث سد مارد نشان داده شده است. همانطور که از این نمودار پیداست نوسانات سرعت جریان بعد از سد به دلیل ایجاد جریان فوق بحرانی

افزایش پیدا کرده است که پس از طی مسافتی بتدریج کاهش پیدا میکند. جدول (۴-۶) نیز مقادیر محاسبه شده پارامترهای مهم هیدرولیکی خروجی از مدل HEC-RAS را شامل دبی، حداقل تراز کف رودخانه، تراز سطح آب، سرعت جریان، سطح مقطع جریان و عدد فرود جریان پس از احداث سد مارد نشان میدهد.

جدول ۴ - مقادیر محاسبه شده پارامترهای هیدرولیکی خروجی از مدل HEC-RAS رودخانه کارون پس از احداث سد مارد

عدد فرود	سطح مقطع جریان (متر مربع)	سرعت (متر بر ثانیه)	تراز سطح آب (متر)	حداقل تراز کف رودخانه (متر)	دبی (مترمکعب بر ثانیه)	مقاطع
0.15	2471.3	1.07	14.12	5.51	2641.76	450
0.08	3806.18	0.69	14.04	3.13	2641.13	448
0.12	2971.35	0.89	14.02	-1.84	2641.1	447
0.1	2841.31	0.94	14.01	-0.07	2641.06	446
0.09	3229.87	0.82	14.01	1.05	2640.99	445
0.12	2614.59	1.01	13.98	2.79	2640.92	444
0.11	2881.53	0.92	13.98	1.48	2640.84	443
0.11	2875.65	0.92	13.97	2.97	2640.81	442
0.16	2259.43	1.17	13.89	5.84	2640.62	441



شکل ۲۲- پروفیل سرعت جریان در طول مسیر و در مقاطع موجود به همراه پروفیل طولی رودخانه کارون پس از احداث سد مارد

نتیجه گیری

با توجه به تحقیق صورت گرفته در خصوص نتایج تاثیر احداث سد سلولی بر شرایط هیدرولیکی بالادست سد در رودخانه کارون، میتوان نتایج تغییرات پارامترهای هیدرولیکی جریان قبل و بعد از احداث سد را اینگونه بیان کرد.

۱- نتایج حاصله از اشل‌های محاسباتی نشان می‌دهد که احداث سد مارد در پایین دست رودخانه عامل مهمی جهت تسکین جریان سیلابی با دبی بسیار بالا و کاهش تراز سطح آب بوده است که این امر طبیعتاً عامل کنترل کننده سیلاب در رودخانه کارون می‌باشد.

۲- با احداث سد مارد بر روی رودخانه کارون و در پایین دست آن، ضمن کنترل شوری و نگاه داشتن آن در پایین دست و انتهای رودخانه کارون و پس روی جریان نوسانی جزر و مد، بطور متوسط باعث کاهش ۴۴ درصدی دبی شرایط سیلابی ۲۵۰۰ متر مکعب بر ثانیه که حداکثر دبی سیلابی در طول دوره شبیه‌سازی بوده، شده و در نتیجه باعث تسکین آن و جلوگیری از

خسارت به سیلابدشت و مستحذات اطراف رودخانه گردیده است.

۳- پس از احداث سد سلولی، روند تغییرات اشل در ایستگاه‌ها و مقاطع فوق الذکر بسیار کمتر می‌باشد بطوری که برای ایستگاه بالادست جریان یعنی ایستگاه اهواز مقدار تراز سطح آب بطور متوسط برابر ۱۲ متر، در ایستگاه دارخوین برابر حدود ۴/۵، در مقطع بالادست سد مارد برابر حدود ۳/۵ و در مقطع پایین دست آن بشدت کاهش و نوسانی (متأثر از اثرات جزر و مد پایین دست آن یعنی رودخانه بهمنشیر) و برابر حدود ۲ متر می‌باشد.

۴- سرعت جریان قبل از احداث سد سلولی در مقاطع اهواز، دارخوین، مقطعی در بالادست سد و مقطعی در پایین دست سد قبل از احداث سد روندی تقریباً یکنواخت داشته و لذا مقادیر آن در مقاطع ذکر شده بطور متوسط بترتیب حدود ۱/۲۴، ۰/۸۷، ۱/۵۳ و ۱/۲۴ متر بر ثانیه بوده است و پس از جانمایی سد سلولی، سرعت جریان در مقاطع فوق الذکر بترتیب برابر ۰/۶،

نشان داده شده است. و سطح آب با احداث سد بطور متوسط حدود ۱۷۵ سانتیمتر کاهش پیدا کرده است. ۶-نوسانات سرعت جریان بعد از سد به دلیل ایجاد جریان فوق بحرانی افزایش پیدا کرده است که پس از طی مسافتی بتدریج کاهش پیدا میکند. همچنین تأثیرات احداث سد مارد بر مشخصات هیدرولیکی جریان از جمله تراز و سرعت و دبی تشریح بررسی گردید و تأثیرات منفی مشاهده نگردید.

۰/۳۶، ۰/۴ و ۰/۵۴ متر بر ثانیه محاسبه شده است، که در واقع مقادیر سرعت در مقاطع مذکور بترتیب حدود ۵۱ درصد، ۵۸ درصد، ۷۳ درصد و ۵۶ درصد و بطور کلی میانگین سرعت در تمامی مقاطع از ایستگاه اهواز در بالادست تا ایستگاه پایین دست سد سلولی حدود ۵۹ درصد کاهش یافته است. ۵-پروفیل طولی رودخانه کارون از ابتدا تا انتهای مسیر مورد مطالعه در شرایط قبل و بعد از احداث سد مارد

منابع

- [1] Amiri, Meysam; Hassanpour, Farzad; Haghighat Joe, Parviz; Soleimani Sardo, Farshad; 1391, the effect of deviant dams of Sistan and Zokia on the zoning of the Sistan river flood using HEC-RAS and GIS, Master of Water Resources Engineering, Faculty of Water and Soil, Zabul University.
- [2] Fatemi, Mahboubeh, 2012, the effect of overflow structures on the Sistan river flood zoning using the HEC-RAS and GIS model, Masters of irrigation and drainage, Zabul University.
- [3] Hassanpour, Farzad; Bagheri, Mustafa. 2014. The effect of Barzo and Shirvan dams on the zoning of flood flood floods using HEC-RAS and GIS, Zabul University, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Master's Thesis.
- [4] Hosnijad, Abdul Sahib; And so race, Jamshid. 2009. Tide of Bahmanir River, Eighth International Seminar of River Engineering, Ahvaz, Shahid Chamran University of Ahvaz. (In Persian).
- [5] Karimi, Zahra; Qamarnia, Hooshang; Ghobadian, the messenger. 2009. Investigating the effect of correction and improvement of the River River River on the hydraulic properties of flood in the city of Kermanshah using HEC-RAS hydraulic models, Razi University, Faculty of Agricultural Sciences.
- [6] Mehraban, asiyeh; Akbari, Gholam Hossein. 2009. Hydraulic Sedimentation in Dams Reservoirs Using HEC-RAS Software, Master's Thesis, University of Sistan Baluchestan, Faculty of Engineering

۷-اله وردی؛ حسن پور، فرزاد؛ باقری، مصطفی. ۱۳۹۲. تأثیر سدهای بارزو و شیروان بر پهنه‌بندی سیلاب رودخانه قلجق با استفاده از HEC-RAS و GIS، دانشگاه زابل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، پایان نامه کارشناسی ۸-امیری، میثم؛ حسن پور، فرزاد؛ حقیقت جو، پرویز؛ سلیمانی ساردو، فرشاد؛ ۱۳۹۱، تأثیر سدهای انحرافی سیستان و زهک بر پهنه بندی سیلاب رودخانه سیستان با استفاده از HEC-RAS و GIS، کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل.

شهینی کرم نژاد؛ بختیاری، مرتضی. ۱۳۹۲. تعیین پهنه سیل گیر در رودخانه ها با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS، همایش ملی مهندسی عمران و کاربردی و دستاوردهای نوین، شرکت ساز کویر.

۹-فاطمی، محبوبه، ۱۳۹۰، تأثیر سازه سر ریز زهک - نیاتک بر پهنه بندی سیلاب رودخانه سیستان با استفاده از مدل HEC-RAS و GIS، کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه زابل.

۱۰- کریمی ، زهرا ؛ قمرنیا ، هوشنگ ؛ قبادیان ، رسول . ۱۳۸۸ . بررسی تاثیر اصلاح و بهسازی مسیر رودخانه قره‌سو بر خصوصیات هیدرولیکی سیلاب در بازه شهر کرمانشاه با استفاده از مدل‌های هیدرولیکی HEC-RAS ، دانشگاه رازی ، دانشکده علوم کشاورزی.

۱- مهربانی، روح اله ؛ محمودی کردستانی ، سهام الدین ؛ مکوندی ، علی . ۱۳۸۸ . تحلیل هیدرولیکی شوری آب شرب شهرهای آبادان و خرمشهر در خشکسالی سالهای ۸۶ تا نیمه اول ۸۸، هشتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، اهواز، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۱ یوسفی ، رقیه ؛ ادیب ، آرش ؛ محمودیان شوشتری ، محمد ؛ حقیقی ، علی . ۱۳۹۱ . ارزیابی اثرات سناریوهای مختلف ساماندهی رودخانه بر مشخصات هیدرولیک جریان در رودخانه کارون، محدوده شهر اهواز با استفاده از نرم افزار HEC-RAS ، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی ، پایان نامه کارشناسی ارشد.

Study the effect of cellular dams on upstream conditions of rivers by using the HEC-RAS model (case study: Mared cellular dam on the karoon river)

Mohammad Amin Gandomi^{*1}, Sara Amirzadeh¹, Nooredin Bazgir¹

1-Khuzestan Water and Power Authority (KWPA), Ahvaz, Iran

Abstract

The tide causes complex hydraulic conditions in the river. This study is the effect of constructing an upstream cell-dam of Bahmanshir on Karoon river from Ahvaz hydrometric station as an upstream border to Hafar three-way as a downstream model boundary. HEC-RAS model has been used to model river conditions in this research. The software output results showed that after the construction of the dam, the trend of changes in the upstream station changed drastically, so that the water level values in Ahvaz, Darkhovin, upstream of the cell dam were measured at 4.5, 8, 12 meters, respectively. The average flow velocities in Ahvaz, Darkhovin, upstream and downstream sections of the cell dam are 1.24, 0.87, 1.53, 1.24 m / s, respectively, and the flow velocity after construction and location of the dam is 0.6, respectively. , 0.36, 0.4 and 0.54 were calculated. This rate decreased by about 59% after the placement of the cell barrier. Also, the longitudinal profile of the Karoon River from the beginning to the end of the route in the conditions before and after the construction of the dam was studied, and the results showed that the water level has decreased by an average of about 175 cm with the construction of the dam. The computational scales also show that the construction of a cell dam downstream of the river has been an important factor in alleviating flood flow with very high flow and reducing the water level, which is naturally a factor in controlling floods in the Karun River.

Keywords: Tidal, Hydraulic Conditions, Cellular Dam, HEC-RAS Model