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

محمد امین گندمی[1*]، سارا امیرزاده[1]، نورالدین بازگیر[1]

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

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

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۲۷

چکیده

رودخانه‌های تحت تأثیر جزر و مد باعث بروز شرایط هیدرولیکی پیچیده ای رودخانه می‌شوند. این پژهش تأثیر احداث سد سلولی بالادست بهمنشیر بر رودخانه کارون از ایستگاه هیدرومتری اهواز بعنوان مرز بالادست تا سه راهی حفار بعنوان مرز پایین‌دست مدل می‌باشد. از مدل HEC-RAS جهت مدل‌سازی 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 اندازه‌گیری 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 برثانیه، 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

مقدمه

رودخانه هایی که به آب‌های آزاد راه دارند، لزوماً تحت تأثیر جزر و مد محلی واقع می‌شوند. 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 بطورکلی مورد بحث قرار می‌گیرد. در راستای انجام هر اقدامی در این نوع رودخانه ها و یا در مدل‌سازی پارامترهای کیفی و رسوب، لازم است که رفتار هیدرودینامیک رودخانه جزر و مدی به درستی شناخته شود. در این راستا، می‌بایست معادلات هیدرودینامیکی حاکم بر جریان آب در رودخانه حل شوند. این بخش شامل تخمین سرعت، دبی و عمق جریان در مسیر رودخانه می‌باشد.که این کار با حل معادلات یک بعدی، دوبعدی و یا سه بعدی جریان امکان‌پذیر می‌باشد. از مدل‌های ریاضی معروف در این زمینه می‌توان مدل HEC-RAS را نام برد. این مدل مبتنی بر روش گام استاندارد می‌باشد. همچنین این مدل قابلیت در نظر گرفتن ضریب زبری متفاوت در هر مقطع را دارا می‌باشد 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 می‌باشد و ارتباط آن با دریا در حللت جزر و مد از طرفین اروند رود تا حفار و مصب بهمنشیر و اجرای طرح‌های مهندسی رودخانه و آبرسانی و شبکه‌های آبیاری زهکشی در رودخانه بهمنشیر، اهمیت شناخت و تحقیق در خصوص شرایط هیدرولیکی جریان جزر و مد بر سازه‌ای 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 طرح‌های مهندسی رودخانه و آبرسانی و شبکه‌های آبیاری و زهکشی در محدوده رودخانه کارون که متأثر از شرایط جریان در رودخانه مذکور می‌شود، اهمیت، شناخت و تحقیق در خصوص تغییرات هیدرولیکی جریان قبل و بعد از احداث سد مارد را بسیار ضروری می‌نماید(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 آن‌ها در ادامه اشاره می‌کنیم. کریمی (۱۳۸۸) در تحقیقی با عنوان بررسی تاثیر اصلاح و بهسازی مسیر رودخانه قره‌سو بر خصوصیات هیدرولیکی سیلاب در بازه شهر کرمانشاه با استفاده از مدل‌های هیدرولیکیHEC-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 تاثیرگذار 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 گرانبهای 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 سازه‌های ذخیره کننده آب همانند مخازن سدهای انحرافی و ذخیره‌ای باعث تقلیل عمر مفید اینگونه سازه ها شده و مشکلاتی را در عملکرد صحیح تأسیسات خروجی آن ها بوجود می‌آورد فاطمی (۱۳۹۰) در تحقیقی با عنوان تاثیر 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 سیلابهای 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 میباشد. 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-RAS به این نتیجه رسید که مطالعات هیدرولیک جریان در رودخانه‌هایی که در محدوده‌ی با اهمیت روستایی و شهری عبور می‌کند، از اقدامات اساسی در مهندسی رودخانه می‌باشد. اله وردی (۱۳۹۲) در مقاله ای با عنوان تاثیر سدهای بارزو و شیروان بر پهنه‌بندی سیلاب رودخانه قلجق با استفاده از HEC-RAS وGIS پی برد که وقوع سیلاب‌های مخرب در دشت‌های سیلابی خسارت‌های فراوانی را به دنبال داشته‌است، از این روی پیش‌بینی رفتار هیدرولیکی رودخانه در برقراری توسعه مناسب این مناطق از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. شهنی 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 48درجه و ۴۳ دقیقه شرقی واقع گردیده است . این رودخانه از انشعابات رودخانه کارون بوده که در حد فاصل جزیره آبادا ن و خرمشهر(محلی بنام حفار) منشعب شده است . دراین 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.

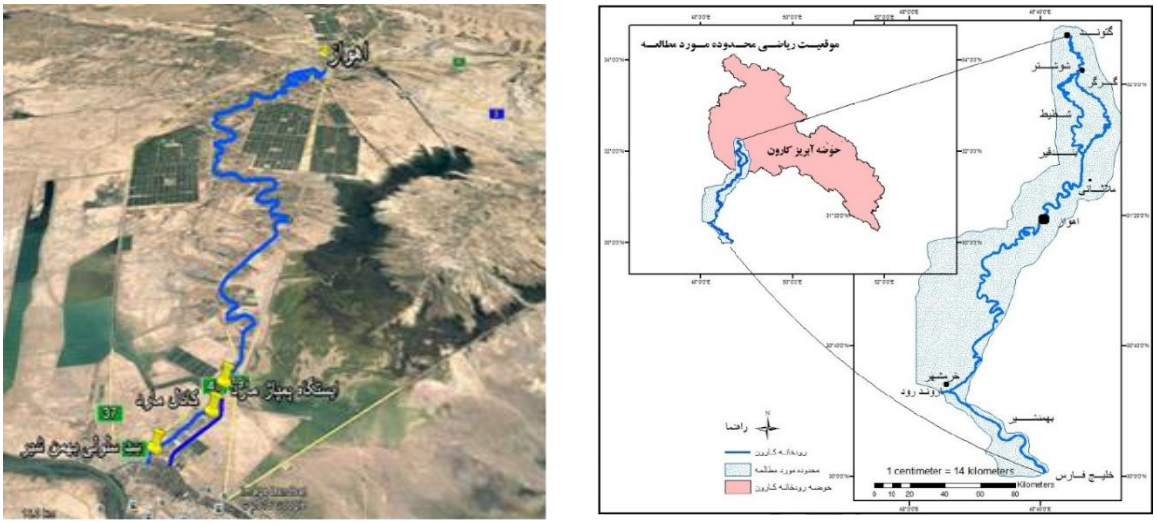
مواد و روشها

مقدمه

رودخانه کارون یکی از پرآب‌ترین رودخانه‌های ایران به شمار می‌آید و سطح بسیار گسترده‌ای 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 می‌شود. یکی از شاخه‌های این رودخانه در مسیری موسوم به کانال حفار امتداد یافته و از میان شهر خرمشهر می‌گذرد و به همراه رودخانه‌های دجله و فرات، رودخانه اروندرود را تشکیل می‌دهند. مسیر دوم، اتصال رودخانه کارون به رودخانه بهمنشیر است که مستقیماً وارد خلیج فارس می‌شود. 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 می‌پردازد. محدوده این پروژه از ایستگاه هیدرومتری اهواز در بالادست تا سه راهی حفار در خرمشهر در پایین دست می‌باشد.

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

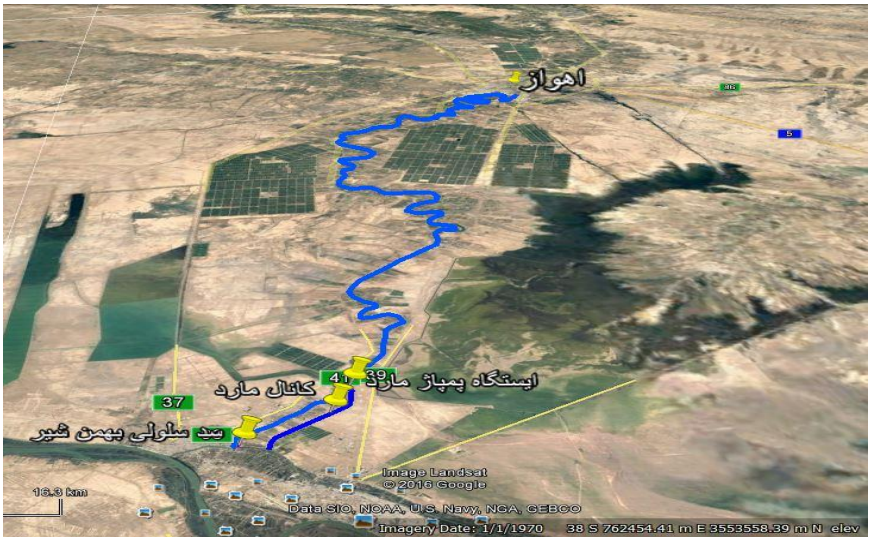
منطقه مورد مطالعه در استان خوزستان ناحیه مارد آبادان و پایین‌دست رودخانه بهمنشیر واقع شده است. این محدوده در مختصات جغرافیایی ۳۰ درجه و ۱۶ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۷ دقیقه تا ۵۲ درجه طول شرقی واقع شده است. در



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

قلمروی محاسباتی

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



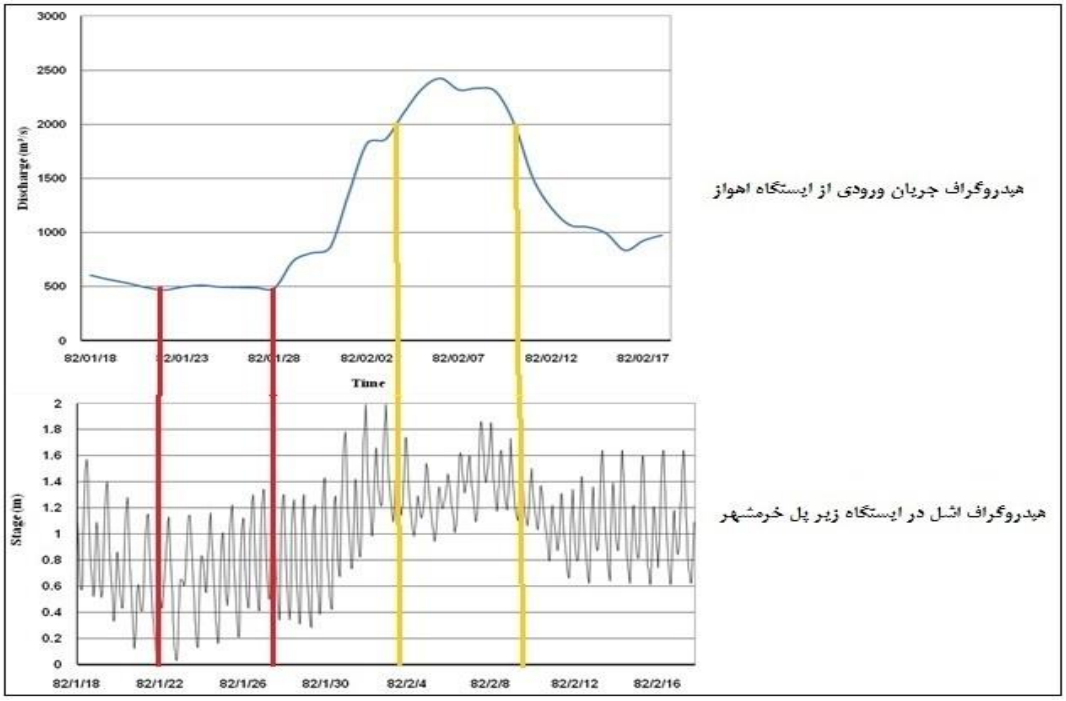
شکل ۲- محدوده منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه

تهیه مشخصات هندسی مقاطع

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 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.

مشخصات هیدرولیکی مقاطع

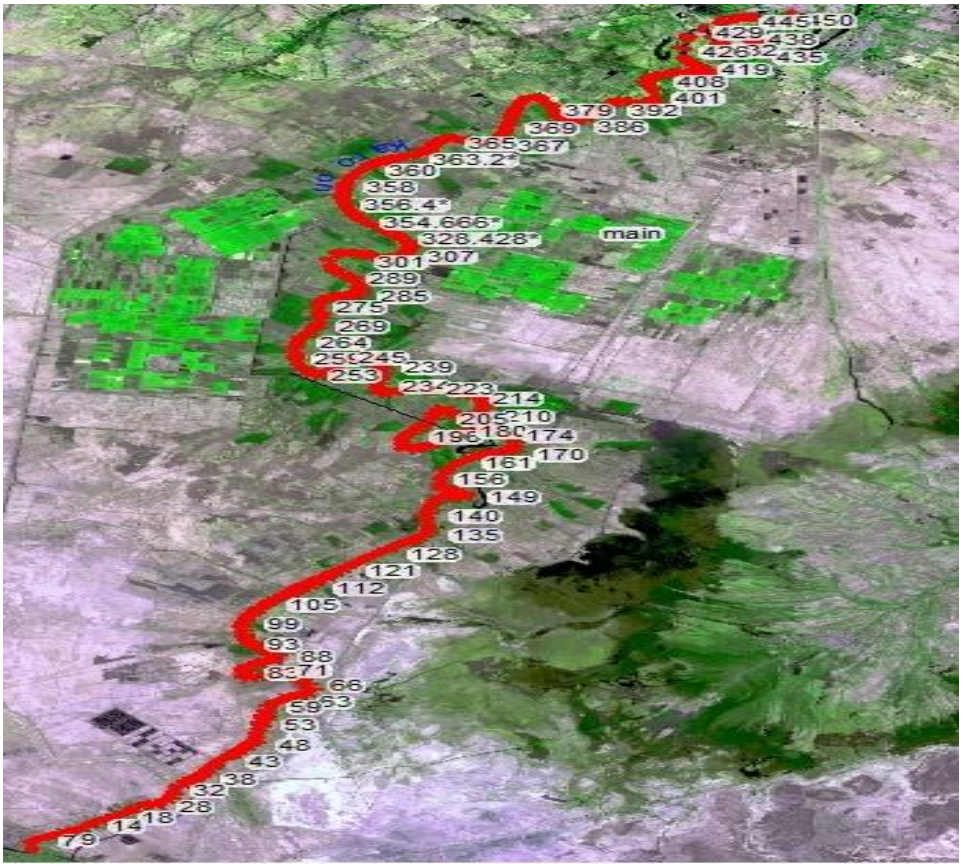
ایستگاه هیدرومتری اهواز به عنوان شرط مرزی بالادست و ایستگاه‌های جزر و مدی زیر پل خرمشهر به عنوان شرط مرزی پایین‌دست در نظر گرفته شدند. لکن با توجه به محدودیت اطلاعات موجود از ایستگاه‌های پایین‌دست از یک سو و همچنین نیاز به آمار مشاهداتی همزمان در تمامی مرزهای مدل از سوی دیگر، تنها هیدروگراف سیل از ایستگاه 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 شکل۳ هیدروگراف ایستگاه اهواز و هیدروگراف جزر و مدی ایستگاه زیر پل خرمشهر نشان داده شده است.



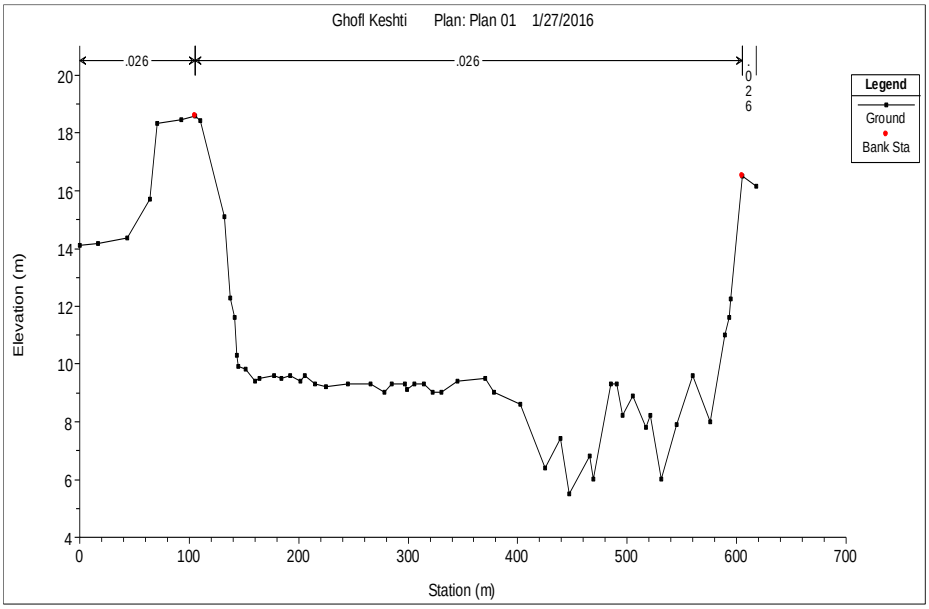
شکل ۳- مقایسه هیدروگراف ایستگاه اهواز با هیدروگراف جزر و مدی ایستگاه زیر پل خرمشهر

مقاطع عرضی

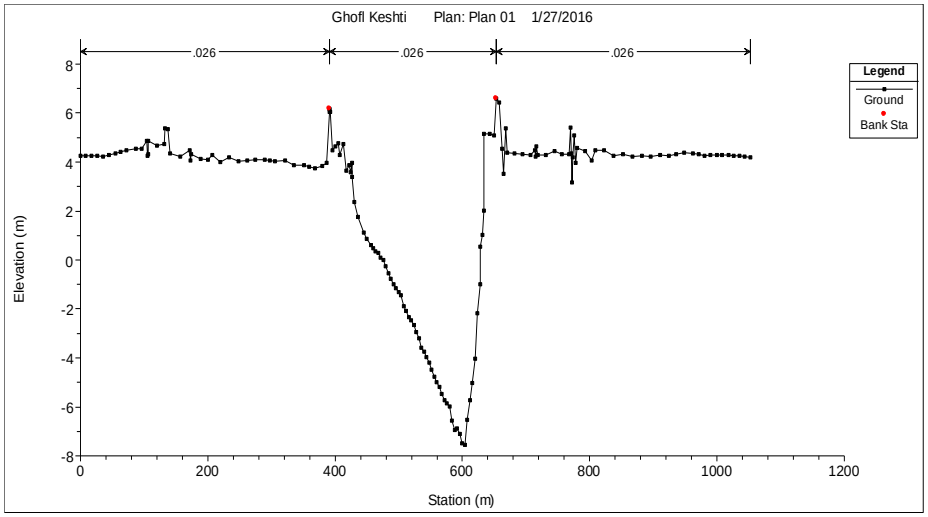
جهت معرفی شبکه رودخانه ۴۵۰ مقطع عرضی از کل رودخانه برداشت شد که در شکل ۴ از بالادست جریان (ایستگاه هیدرومتری اهواز) تا پایین دست محدوده مورد مطالعه (ایستگاه اشل خرمشهر) نشان داده شده اند. جهت استخراج و تعیین شرایط مرزی و جریان حاکم بر رودخانه، نتایج حاصل از اشلهای موجود در رودخانه به عنوان شرایط مرزی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



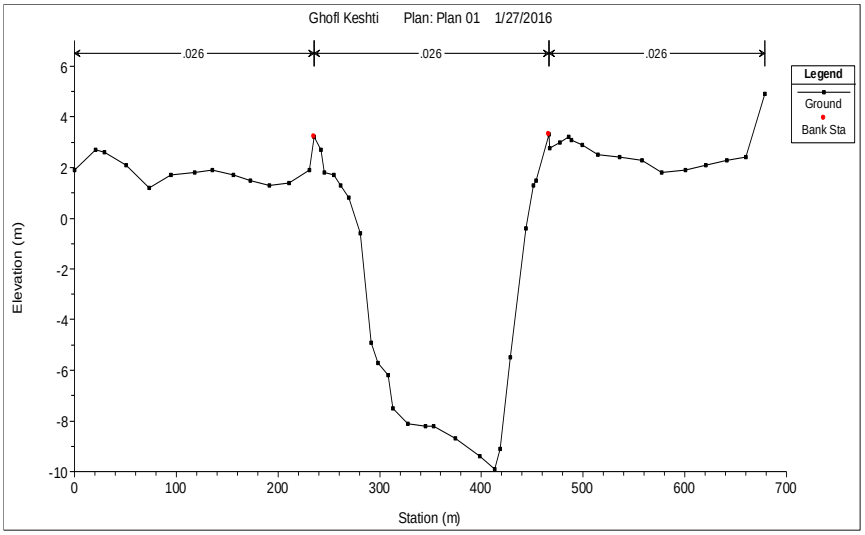
شکل ۴- مقاطع عرضی محدوده مورد مطالعه



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

پس از تعیین محل بازه‌های رودیابی 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، 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.

جدول ۱- اطلاعات مربوط به بازه های ۴۵۰ تا۳۵۸ 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

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

در این تحقیق به روش سعی و خطا ضریب زبری‌های متفاوت به مدل (جهت کالیبراسیون) معرفی گردید و نتایج تراز سطح آب محاسباتی با داده های سطح آب مشاهداتی در ایستگاه دارخوین صحت سنجی شد جدول ۲ ضریب زبری مانینگ را نشان میدهد.

جدول۲- 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

معرفی مدل HEC-RAS

جهت انجام مدل‌سازی یک‌بعدی جریان، از مدل HEC-RAS استفاده شده است. این مدل توانایی مدل کردن کامل شبکه‌ها ،کانال‌ها و رودخانه‌های شاخه‌ای یا تکی را دارا می باشد و می‌تواند جریان‌های ماندگار یا غیرماندگار، زیر بحرانی یا فوق بحرانی را به خوبی ترسیم کند.

معادلات بکار گرفته شده در مدل HEC-RAS

معادلات حاکم بر جریان عبارتنداز معادلات پیوستگی و معادله اندازهٔ 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 شونده‌ای بنیان گذاشته شده است و علی رغم این ساده‌سازی، نتایج رضایت بخشی در بسیاری از موارد حاصل گردیده است. این فرضیات عبارتنداز:۱- تغییرات پروفیل سطح آب به صورت تدریجی می‌باشد ۲- جریان یک بعدی است (از تغییرات مشخصه‌های جریان در عرض صرف نظر می‌شود).۳- رودخانه یا کانال دارای شیب کمی است ۴- شیب افت یا خط انرژی بین دو مقطع مجاور ثابت می‌باشد ۵- مرزها صلب (فرسایش ناپذیر) فرض شده است.

جمع‌آوری آمار و اطلاعات

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

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 کابردهای مهم مدل هیدرولیکی مذکور می باشد.

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 مترولوژیکی 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 استفاه شد. رویدادهای سیلاب انتخابی و اشل آنها در جدول ۱، ارائه شده است.

جدول۱- 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

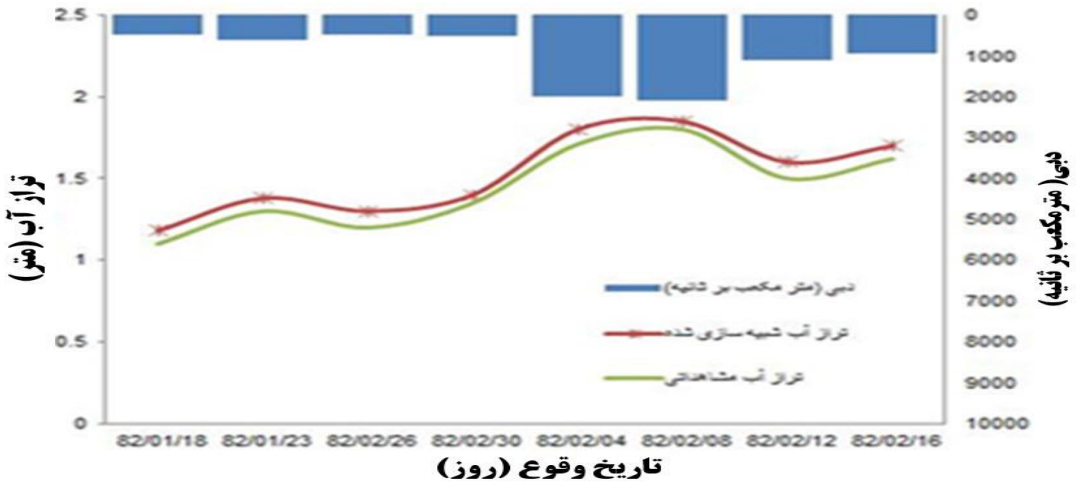
به‌منظور بررسی دقیق تأثیر سد سلولی بر شرایط جزر و مدی رودخانه بهمنشیر، مشخصات ایستگاه پمپاژ مارد، کانال مارد و سد سلولی بالادست بهمنشیر در ادامه ارائه می‌شود. ایستگاه پمپاژ مارد با ظرفیت ۱۲۰ متر مکعب بر ثانیه و توان حداکثر آب را از رودخانه کارون به کانال مارد به طول ۱۰/۵ کیلومتر منتقل و به سمت رودخانه 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 آب های رودخانه ها 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 داده های مشاهداتی و محاسباتی را نمایش می‌دهد. با توجه به ریز دانه بودن مصالح کف، نتیجه میشود که تأثیر وجود پیچ و خم‌های

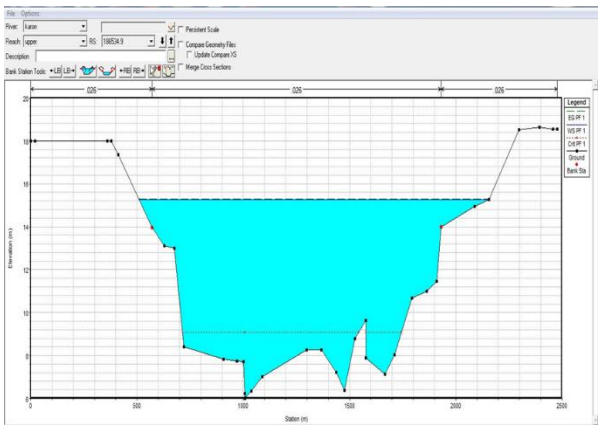
فراوان در طول بازه به مراتب بیشـــتر از تأثیر جنس مصالح بستر در تعیین ضریب مانینگ بوده است.



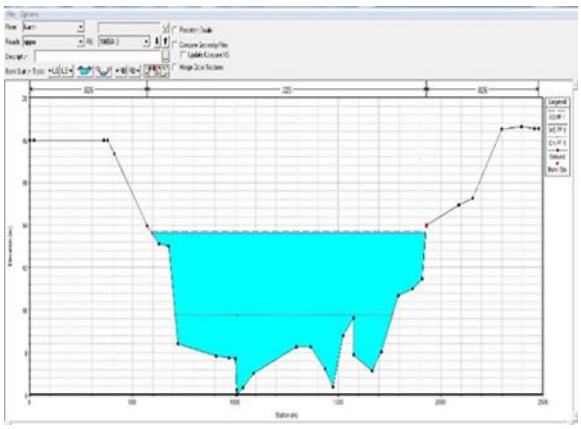
شکل ۸- تراز سطح آب حاصل از داده های مشاهداتی و شبیه سازی شده در مرحله کالیبراسیون مدل

نتایج اجرای مدل

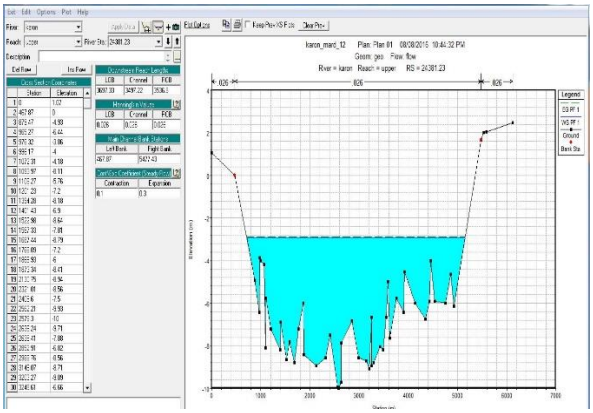
پس از اطمینان از صـحت انجام محاسـبات، اقدام به اجرا و استخراج نتایج از مدل گردید. جهت بررسی تأثیر احداث سد مارد بر پارامترهای هیدرولیکی رودخانه کارون در بازه مورد مطالعه این تحقیق، مشـــخصـــات جریان پروفیلهای عمق و ســـرعت جریان قبل و بعد از احداث سـد با یکدیگر مقایسـه گردید. در ادامه، هر یک از پارامترهای فوق الذکر ارائه شده اند.



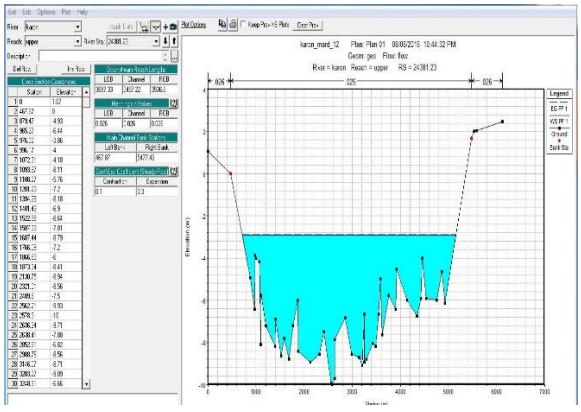
شکل ۹-پروفیل سطح آب در ایستگاه اهواز با دبی ۲۵۰۰ مترمکعب قبل از احداث سد



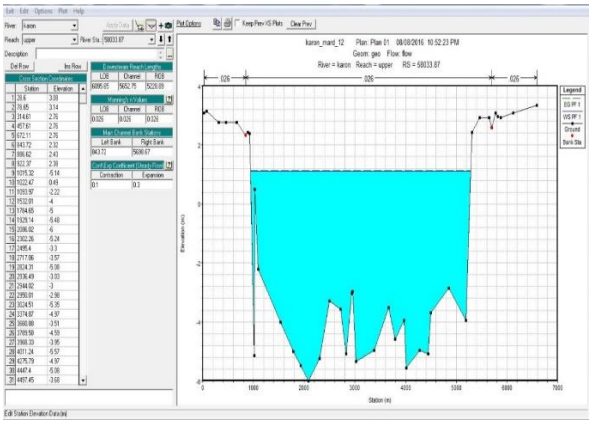
شکل ۱۰–پروفیل سطح آب در ایستگاه اهواز با دبی ۲۵۰۰ مترمکعب بعد از احداث سد



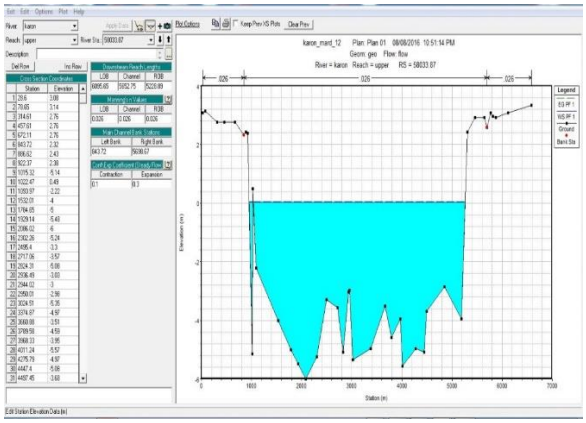
شکل ۱۱- پروفیل سطح آب ایستگاه دارخوین با دبی ۲۵۰۰ مترمکعب قبل از احداث سد



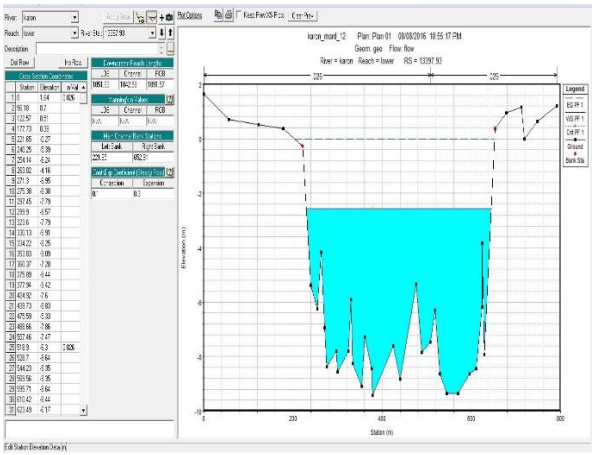
شکل ۱۲- پروفیل سطح آب در ایستگاه دارخوین با دبی ۲۵۰۰ مترمکعب بعد از احداث سد



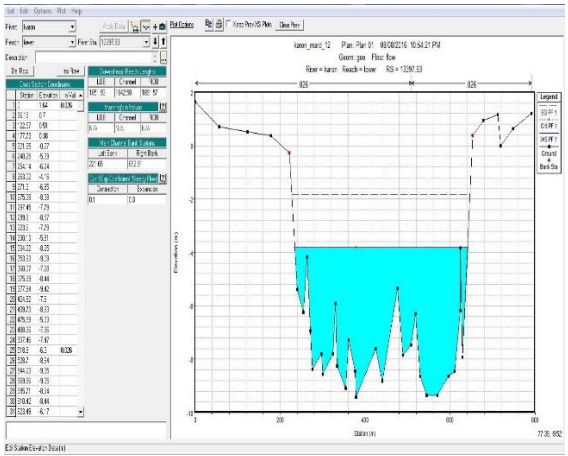
شکل ۱۳- پروفیل سطح آب در ایستگاه۲ دارخوین با دبی ۲۵۰۰ مترمکعب قبل از احداث سد



شکل ۱۴- پروفیل سطح آب در ایستگاه۲ دارخوین 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

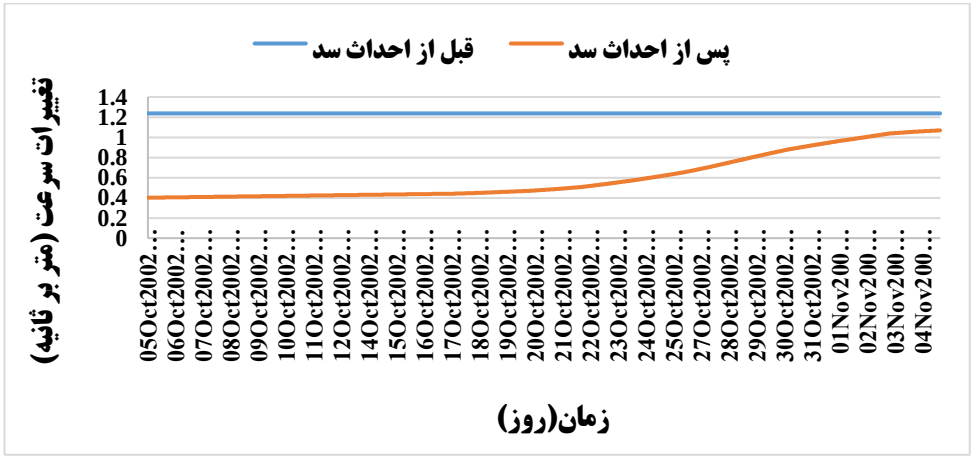


شکل ۱۶-پروفیل سطح آب در ایستگاه پل خرمشهر با دبی ۲۵۰۰ مترمکعب بعد از احداث سد

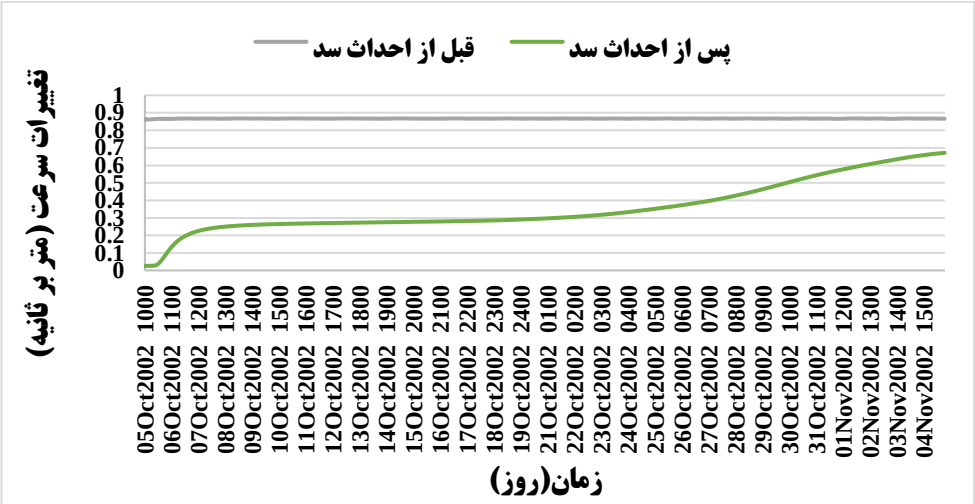
تغییرات سرعت جریان در مقاطع

در اشکال ۱۱ تا ۱۴ هیدروگراف تغییرات سرعت جریان برای دوره زمانی مورد نظر در این تحقیق در شـــرایط طبیعی رودخانه یعنی قبل از احداث ســـد مارد در پایین دست رودخانه کارون و شرایط پس از احداث سد، نشان داده شـــده اســـت. در این نمودارها همانطور که دیده می‌شود با پیشروی به سمت پایین‌دست (از ایستگاه اهواز در بالادســـت تا ایســـتگاه زیر پل خرمشـــهر در

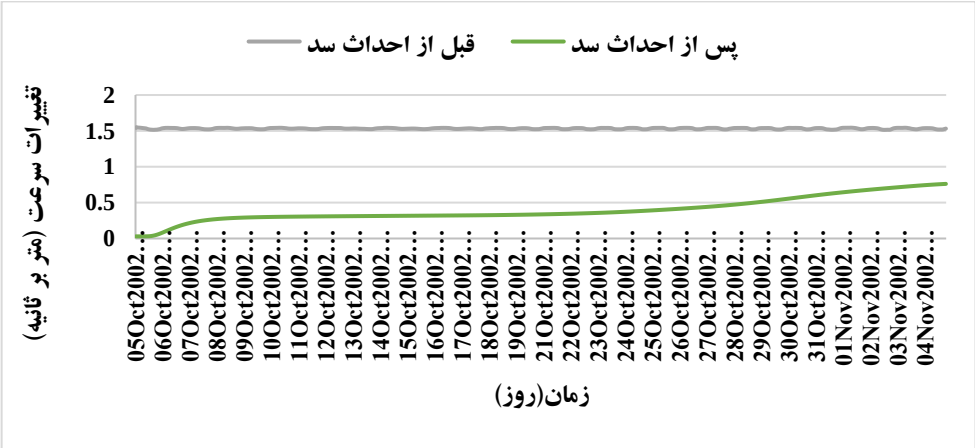
پایین‌دست)، سرعت جریان در مقاطع اهواز، دارخوین، مقطعی در بالادست سد مارد و مقطعی در پایین‌دست سد مارد قبل از احداث این سد روندی تقریباً یکنواخت داشته و لذا مقادیر آن در مقاطع ذکر شده بطور متوسط بترتیب حدود ۱/۲۴، ۰/۸۷، ۱/۵۳ و ۱/۲۴ متر بر ثانیه بوده است و پس از جانمایی سد مارد، سرعت جریان در مقاطع فوق الذکر بترتیب برابر ۰/۶، ۰/۳۶، ۰/۴ و ۰/۵۴ متر بر ثانیه محاسبه شده است.



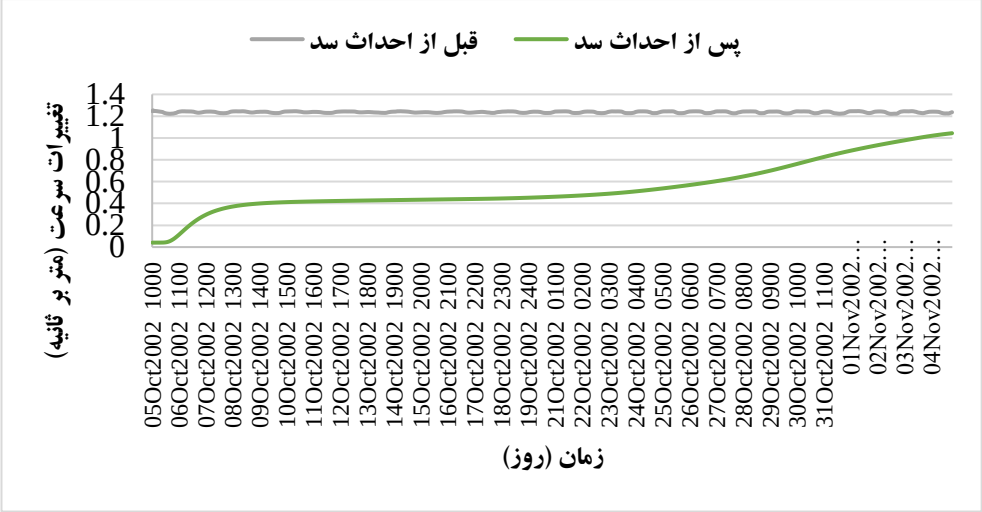
شکل ۱۷- مقایسه تغییرات سرعت در مقطع بالادست محدوده (ایستگاه اهواز)



شکل۱۸- مقایسه تغییرات سرعت در مقطع دارخوین



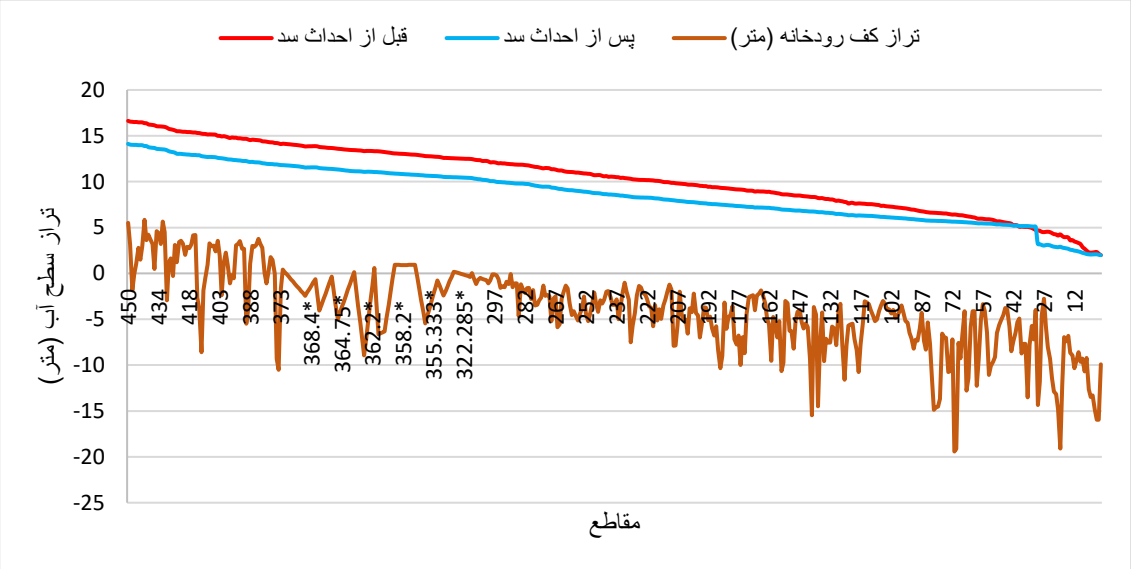
شکل ۱۹- مقایسه تغییرات سرعت در مقطع بالادست سد مارد



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

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 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.



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

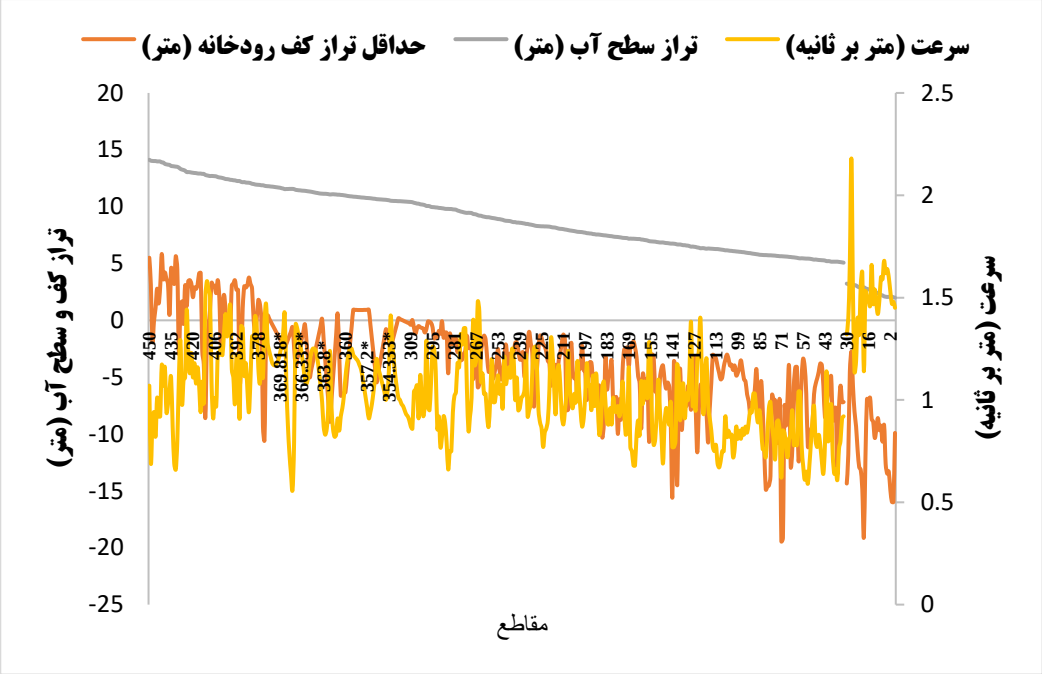
پس از احداث سد	قبل از احداث سد	تراز کف رودخانه (متر)	مقطع	فاصله نسبت به پایین دست رودخانه (متر)
تراز سطح آب (متر)	تراز سطح آب (متر)			
14.12	16.63	5.51	450	195384.24
14.04	16.55	3.13	448	193184.24
14.02	16.53	-1.84	447	193114.24
14.01	16.5	-0.07	446	192934.24
14.01	16.51	1.05	445	192664.24
13.98	16.47	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 بهمراه 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 احداثد سد مارد نشان میدهد.

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

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



شکل ۲۲-پروفیل سرعت جریان در طول مسیر و در مقاطع موجود بهمراه 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 هدرولیکی 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 پایین‌دست 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 مستحدثات اطراف رودخانه گردیده است.

۳-پس از احداث سد سلولی، روند تغییرات اشل در ایستگاه‌ها و مقاطع فوق الذکر بسیار کمتر می‌باشد بطوری‌که 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 پایین‌دست آن بشدت کاهشی 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 پایین‌دست 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،

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 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.

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 . تاثیر سدهای بارزو و شیروان بر پهنه‌بندی سیلاب رودخانه قلجق با استفاده از HEC-RAS وGIS ، دانشگاه زابل ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی ، پایان نامه کارشناسی

۸-امیری ، میثم ؛ حسن پور ، فرزاد ؛ حقیقت جو ، پرویز ؛ سلیمانی ساردو ، فرشاد ؛ ۱۳۹۱، تاثیر 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.

شهنی 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 ، تاثیر 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 هیدرولیکیHEC-RAS ، دانشگاه رازی ، دانشکده علوم کشاورزی.

۱۱-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.

۱۲یوسفی ، 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 Amirzadeh[1], Nooredin Bazgir[1]

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