بررسی اثرات جزر و مد دریایی خلیج فارس بر روی منحنی اشل- دبی در رودخانه کارون

آرش ادیب[۱*]، امین تقوی فر[۲]، محمد واقفی[۳]

۱. گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه شهید چمران اهواز
۲. دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر
۳. گروه عمران دانشکده مهندسی دانشگاه خلیج فارس- بوشهر

چکیده

از عوامل موثر در رودخانه هایی که به دریاهای آزاد می ریزند، جزر و مدی است که در اثر جاذبه اجرام سماوی(خصوصاً ماه و خورشید) در دریا رخ می دهد. امواج جزر و مدی از دریا وارد رودخانه می شوند و در این هنگام عوامل دیگری که شکل ساحل، چگونگی انعکاس امواج از ساحل و اثرات آبهای کم عمق می باشند بر این امواج اثر کرده و آنها را از حالت پریودیک به غیرپریودیک تبدیل می نمایند. این امواج به هنگام پیشروی در رودخانه با جریانات رودخانه ایی که از بالادست می آیند، ترکیب شده وحالت بسیار پیچیده ایی از لحاظ هیدرولیکی و هیدرولوژیکی در رودخانه ایجاد می نمایند. تعیین دبی جریان در قسمتهایی از رودخانه که تحت تاثیر جزر و مد دریا است غیر ممکن می باشد. به این دلیل برای تعیین منحنی اشل- دبی در این قسمت از رودخانه باید تمهیدات خاصی اندیشیده شود. در این تحقیق با استفاده از دبی رودخانه کارون در اهواز و تراز سطح آب در خرمشهر، تراز سطح آب در مقاطع جزر و مدی رودخانه کارون (از خرمشهر تا دارخوین) به صورت نمودار و روابط رگراسیونی استخراج گردید. این نمودارها و روابط، ابزار مناسبی برای تعیین تراز سطح آب در این مقاطع بوده که با دانستن دبی رودخانه در اهواز و ارتفاع مد در خرمشهر می توان تراز سطح آب را در مقاطع مورد نظر در داخل رودخانه استخراج نمود.

واژگان کلیدی: امواج جزر و مدی، جریان رودخانه ایی، اهواز، خرمشهر، دارخوین، منحنی اشل-دبی

* نویسنده مسوول، پست الکترونیک: arashadib@yahoo.com

۱. مقدمه

مسئله تاثیر جزرومد بر روی رودخانه های منتهی به دریا از مسائل بسیار مهم وپیچیده در هیدرولیک ومهندسی رودخانه و نواحی ساحلی می باشد. به وسیله روندیابی هیدرولیکی و در نظر گرفتن تاثیر جزر و مد دریا بر رودخانه های جزر و مدی و استفاده از روشهای و داده های مناسب می توان منحنی های اشل-دبی را این رودخانه ها تعیین نمود. با بررسی عوامل حاکم بر جریان در رودخانه های جزر و مدی و مصب آنها در نواحی ساحلی، دو پدیده مستقل از هم را می توان مشاهده نمود، این پدیده ها عبارتند از:

الف- جریان رودخانه ایی که تابعی از شرایط اقلیمی، هواشناسی و فیزیوگرافی حوضه آبریز رودخانه در بالادست مصب رودخانه می باشد.

ب-تغییرات ارتفاع سطح آب در اثر جزر و مد (بالا و پایین رفتن سطح آب دریا) در پایین دست مصب رودخانه

جریان رودخانه ایی یک پدیده هیدرولوژیکی بوده و مهمترین عامل ایجاد کننده آن بارندگی و ذوب برف می باشد. مقدار دبی آن بستگی به خصوصیات بارندگی، رژیم بارندگی(بارانی یا برفی)، نوع خاک حوضه آبریز و مقدار نفوذپذیری آن ، مقدار پوشش گیاهی و ناهمواریهای زمین و وضعیت اب زیرزمینی ورودی به رودخانه دارد.

عوامل موثر بر پدیده جزرو مد هم شامل موارد زیر می باشد:

بالا آمدن سطح آب در اثر عامل آسمانی، که میزان بالا آمدن آب بستگی به موقعیت زمین نسبت به ماه و خورشید دارد که در مواقع مختلف سال و کلیه نقاط زمین بر اساس جداول و محاسبات قابل پیشبینی است. این عامل حالت پریودیک دارد و هر ۱۸/۵ سال ارتفاع سطح آب ناشی از آن تکرار می گردد.

علت دیگر بالا آمدن سطح آب در رودخانه های جزر و مدی، عوامل جوی دریا مانند انواع طوفانهای دریایی و سونامی و انعکاس موج از سواحل و اثرات آبهای کم عمق می باشند که حالت غیر هارمونیک دارند. به دلیل غیر هارمونیک بودن این عوامل، پدیده جزر و مد در رودخانه های جزر و مدی بر خلاف دریاها حالت غیر هارمونیک دارد.

برای روندیابی جریان در رودخانه های جزر و مدی باید این رودخانه ها را به سه قسمت تقسیم نمود:

۱- قسمت بالادست رودخانه که تنها تحت تاثیر جریان رودخانه ایی است و مانند رودخانه های معمولی عمل می کند.

۲- قسمت پایین دست رودخانه که تنها تحت تاثیر جزر ومد است.

۳- قسمت میانی رودخانه که تحت تاثیر هر دو عامل جریان رودخانه ایی و جزر و مدی است و تحلیل هیدرولیکی جریان در این قسمت بسیار پیچیده است. این قسمت را محدوده تاثیر جزر و مد می نامند.در این قسمت از رودخانه جریان در چندین جهت رخ می دهد. در قسمت پایین یک گوه شوری وجود دارد که از دریا وارد رودخانه می شود و در هنگام مد، جریان در این گوه به سمت بالادست است در حالی که در هنگام جزر جریان به سمت پایین دست می باشد از طرفی در بالای این قسمت جریان رودخانه ایی غالب است که به سمت دریا جریان دارد. این موضوع مانع از تعیین یک سرعت کلی برای جریان می شود و در نتیجه با وسایل موجود نمی توان دبی جریان را اندازه گیری نمود. تنها پارامتری که در این قسمت از رودخانه قابل اندازه گیری است، تراز سطح آب می باشد. به این دلیل تعیین منحنی اشل- دبی در این قسمت بسیار مشکل است. محققینی از روشهای تحلیلی برای روندیابی جریان در این قسمت استفاده نموده اند

(Parsons, 1918; Pillsbury, 1940; Perroud, 1959; LeBlon, 1978; Godin, 1985).

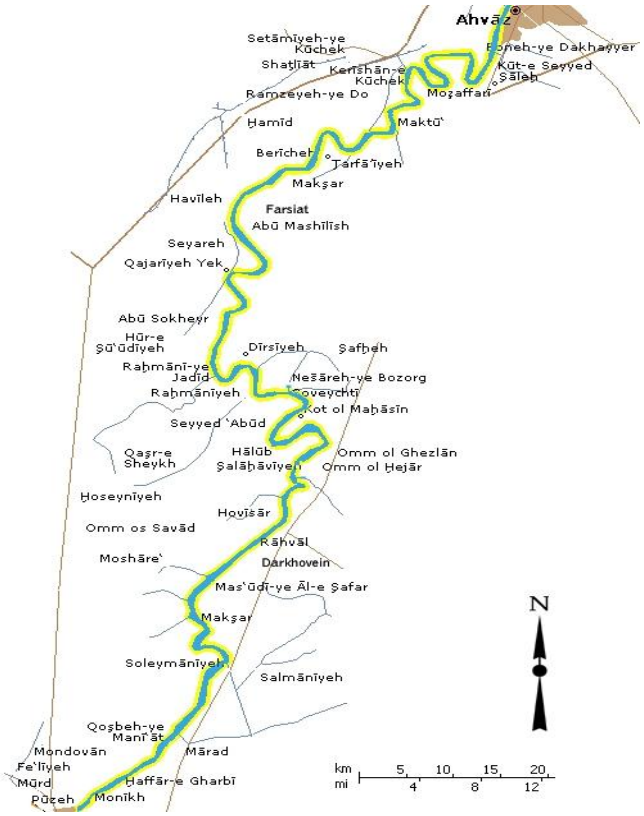
با توسعه علوم کامپیوتری و ارائه مدلهای یک بعدی برای روندیابی رودخانه ها، تعدادی از محققین از روشهای عددی برای روندیابی رودخانه استفاده نمودند (Sanders *et al.*, 2001; Sobey, 2001). البته این محققین تنها به روندیابی جریان پرداخته و به استخراج جنبه های کاربردی این روندیابی نپرداخته اند، ضمن اینکه آنها دقیقاً شرایط جزر و مدی در مرز پایین دست را نیز مد نظر قرار نداده اند. به عبارت دیگر روندیابی آنها در این رودخانه ها مانند روندیابی جریان در رودخانه های غیرجزر و مدی می باشد. همچنین محققینی با روشهای احتمالاتی به بررسی اندرکنش جزر و مد و سیلاب پرداخته اند (Mantz and Wakeling, 1979; Acreman, 1994; Samuels and Burt, 2002; Hawkes *et al.*, 2002; Adib *et al.*, 2010).

نویسنده این مقاله نیز با روش شبکه عصبی تراز سطح آب را در رودخانه های جزر و مدی کارون و Severn تعیین نموده است(Adib, 2008). محققینی به استخراج منحنی های ساختاری در دهانه رودخانه های جزر و مدی پرداخته اند ولی در مورد سایر قسمتهای این نوع رودخانه ها فعالیتی انجام نداده اند (Lim, 2003; Adib, 2010). در این تحقیق با توجه به تغییرات دبی جریان رودخانه ایی در بالادست و تغییرات ارتفاع جزر و مد در پایین دست، شرایط مرزی مختلفی برای روندیابی جریان در نظر گرفته می شود و پس از اجرای مدل به ازاء این شرایط، منحنی های اشل-دبی در مقاطع جزر و مدی استخراج می گردد.

۲. مواد و روشها

معرفی رودخانه کارون در محدوده مورد مطالعه

رودخانه کارون یکی از بزرگترین و طویلترین رودخانه های ایران و حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان بوده و آبهای مناطق وسیعی از کشور را جمع آوری کرده و به خلیج فارس می رساند. حوضه آبریز کارون در چین خوردگیهای زاگرس میانی و در جنوب حوضه آبریز رودخانه کرخه قرار دارد. سرچشمه کارون در زردکوه بختیاری در محلی موسوم به کوهرنگ قرار دارد. شاخه اولیه آن در این محل به‌نام آب کوهرنگ نامیده می شود. رودخانه از سرچشمه در جهت جنوب غربی جریان می یابد و پس از عبور از مناطق کوهستانی و طی مسیری در حدود ۴۵۰ کیلومتر در محلی به‌نام گتوند وارد جلگه خوزستان می گردد و از این محل به بعد مسیر پر پیچ و خمی را طی کرده و در شمال شهرستان شوشتر در محلی به‌نام بندمیزان به دو شاخه به نامهای شطیط و گرگر تقسیم میگردد. این دو شاخه پس از طی مسافتی در دشت در محلی به‌نام بندقیر که در فاصله ۴۵ کیلومتری شمال شهر اهواز قرار دارد ، با ملحق شدن به شاخه دیگری به نام دز ، رودخانه کارون بزرگ را بوجود می آورند. رودخانه کارون در جهت شمال به جنوب جریان یافته و از شهر اهواز عبور میکند و مجدداً در ۵ کیلومتری شهر خرمشهر به دو شعبه تقسیم می گردد. شاخه شرقی آن به نام بهمنشیر با عبور از شمال شرقی جزیره آبادان به خلیج فارس می ریزد و شاخه دیگر به‌نام حفار از شهر خرمشهر گذشته و به اروند رود ملحق می شود. طول کارون حدود ۸۹۰ کیلومتر(از سر شاخه اصلی تا محل الحاق به اروند رود) بوده و حوضه آبریز آن منطقه ایی بوسعت ۶۶۹۳۰ کیلومترمربع را شامل می گردد. پهنا و ژرفای کارون در طول مسیر طولانی آن متفاوت می باشد بطوریکه در محل تلاقی با رودخانه دز پهنای آن بین ۲۵۰ تا ۳۰۰ متر و در جنوب اهواز حدود ۴۰۰ متر بوده ودر حوالی خرمشهر از ۳۵۰ تا ۹۰۰ متر تغییر می نماید.ژرفای آن در قسمت زردکوه بختیاری ۴ متر و در نزدیکی اهواز بین ۲ تا ۴ متر می باشد. بازه مورد مطالعه رودخانه کارون در این تحقیق در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل۱. مسیر رودخانه کارون از اهواز تا خرمشهر

به ازاء ترکیبات مختلف مد و دبی رودخانه ایی، تراز سطح آب در قسمتهای جزر و مدی رودخانه کارون بوسیله روندیابی هیدرولیکی جریان محاسبه گردید. در نهایت تراز سطح آب برای هر ترکیب مد و جریان رودخانه ایی استخراج شد و منحنی ساختاری برای هر مقطع ترسیم گردید. این منحنی نقش منحنی اشل- دبی در رودخانه های غیر جزر و مدی را دارد و تفاوت آن این است که چون در مقاطع جزر و مدی نمی توان دبی را اندازه گیری نمود، تراز سطح آب در این مقاطع بر اساس دبی بالادست که تحت تاثیر جزر و مد نیست و ارتفاع مد پایین دست نشان داده می شود. در ادامه این منحنی های ساختاری با استفاده از مدل احتمالاتی نوشته شده توسط نویسندگان این مقاله به روابط رگراسیونی تبدیل شد که تراز سطح آب (نسبت به سطح آزاد آب دریاها) را بر اساس ارتفاع مد در پایین دست و دبی جریان رودخانه ایی در بالادست نشان می دهد.

منحنی های ساختاری:

نتایجی که از روندیابی هیدرولیکی جریان حاصل می شود در واقع حالت خام دارند و با استفاده از آنها باید به ارائه قابلیتهای مناسبی پرداخت که بتوان در کاربردهای عملی از آن قابلیتها استفاده نمود تا دیگر نیازی به روندیابی هیدرولیکی جریان که امری زمان بر است، نباشد. این قابلیتها باید به گونه ایی باشند که به راحتی و در اسرع وقت بتوان از آنها استفاده نمود و توسط عوامل اجرایی که ممکن است چندان تسلطی بر موضوع نداشته باشند هم قابل کاربرد باشد. برای این منظور در ابتدا منحنی های ساختاری ارائه شد. به وسیله این منحنی ها به راحتی می توان محدوده تاثیر جزر و مد را مشخص نمود و به تجزیه و تحلیل جریان در مقاطع میانی رودخانه پرداخت.

منحنیهای ساختاری بر اساس دبی رودخانه در

بالادست و ارتفاع جزر و مد در پایین دست ارتفاع سطح آب در یک مقطع خاص از رودخانه را مشخص می کنند همچنین این منحنیها توانائی نشان دادن حالتهای مختلفی از ترکیب پدیده های امواج جزر و مدی و جریان رودخانه ایی که آن ارتفاع خاص را در مقطع مورد نظر ایجاد می کنند، را دارند. به کمک این منحنیها میتوان در آینده تنها با داشتن دبی جریان در بالادست و ارتفاع مد در پایین دست ارتفاع سطح آب در مقطع مورد نظر را بدست آورد و دیگر نیازی به روندیابی هیدرولیکی جریان نیست و این امر کمک زیادی به طراح و کاهش زمان محاسبات می کند.

بر اساس منحنیهای ساختاری ایجاد شده میتوان دید که در مقاطع پایین دست امواج جزر و مدی حاکمند و به ازاء یک ارتفاع مد خاص در محدوده وسیعی از دبیهای جریان رودخانه ایی، ارتفاع سطح آب در مقطع مورد نظر تغییر نمی کند.

در مقاطع بالادست دیده می شود که جریان رودخانه ایی حاکم است و به ازاء یک دبی خاص در محدوده وسیعی از ارتفاع مدها، ارتفاع سطح آب در مقطع مورد نظر تغییر نمی کند.

در مقاطع میانی مشاهده می شود که هر دو پدیده بر جریان حاکم هستند و منحنی مربوط به هر تراز تا محدوده ای از دبی رودخانه، تحت تاثیر جریان رودخانه است و با کمتر شدن دبی جریان تحت تاثیر مد قرار می گیرد و با حرکت به سمت بالادست این دبی که مرز بین دو حالت را نشان می دهد مقدار کمتری دارد. یعنی تاثیر دبی رودخانه افزایش می یابد و دیده می شود که حتی دبیهای کوچک هم می توانند بر مدهای بزرگ غلبه نمایند. از نکات جالب در این محدوده میانی این است که در ترازهای سطح آب بالاتر این منحنی ها تقریباً بر روی نیمساز ربع دوم و چهارم به سمت بالا حرکت می کنند یعنی نقطه مرزی بین دو قسمت افقی (غالب بودن دبی) و مایل (غالب بودن مد) در دبی رودخانه ایی و ارتفاع مد بیشتری رخ می دهد.

با تجزیه و تحلیل منحنی های ساختاری می توان مسافتی از رودخانه که تحت تاثیر امواج جزر و مدی می باشد را تعیین نمود که در این محدوده مسئله کیفیت آب و شوری هم حائز اهمیت است.

روش تهیه و استفاده از منحنی های ساختاری:

در منحنی های ساختاری هیدروگرافهای جریان رودخانه ای مختلف در مرز بالادست و سیکلهای جزر و مد مختلف در مرز پایین دست اعمال می گردد و در مقاطع مورد نظر به ازاء ترازهای خاصی که مدنظر کاربر است، باید دید که چه دبیهای جریان رودخانه ای در مرز بالادست و ارتفاعات مدی در پایین دست آن تراز مورد نظر را ایجاد می کنند و با اتصال این نقاط منحنی ساختاری تراز موردنظر بدست می آید.

حسن این روش این است که در این روش از تعدادزیادی شرایط مرزی مختلف که بایکدیگر ترکیب می شوند استفاده می شود و در واقع این منحنی ها مقادیر متوسط این حالات را نشان می دهد و به این دلیل جوابهای آن معقول است و مزیت دیگر این منحنی ها این است که با مراجعه به این منحنی ها دیگر نیازی به اجرای مدلهای کامپیوتری نیست.

لازم به ذکر است که چون برای رسم این منحنی ها از تعداد زیادی شرایط مرزی استفاده شده است، این منحنی ها مقداری نوسانات کوچک دارند یعنی کاملاً صاف (Smooth) نیستند. برای اینکه این منحنی ها قابلیت کاربردی داشته باشند و ضمناً خطای استفاده از آنها ناچیز باشد، این نوسانات کوچک حول مقدار میانگین آنها فیلتر شده اند و به عبارتی منحنی صاف گردیده است.

برای استفاده از این منحنی ها باید دبی جریان رودخانه ای و ارتفاع مد متناظر با هر ترکیبی را به منحنی های ساختاری مقطع مورد نظر برده و تراز

سطح آب مربوط به آن ترکیب را استخراج نمود و سطح آب متناظر با آن را مبنای طراحی قرار داد.

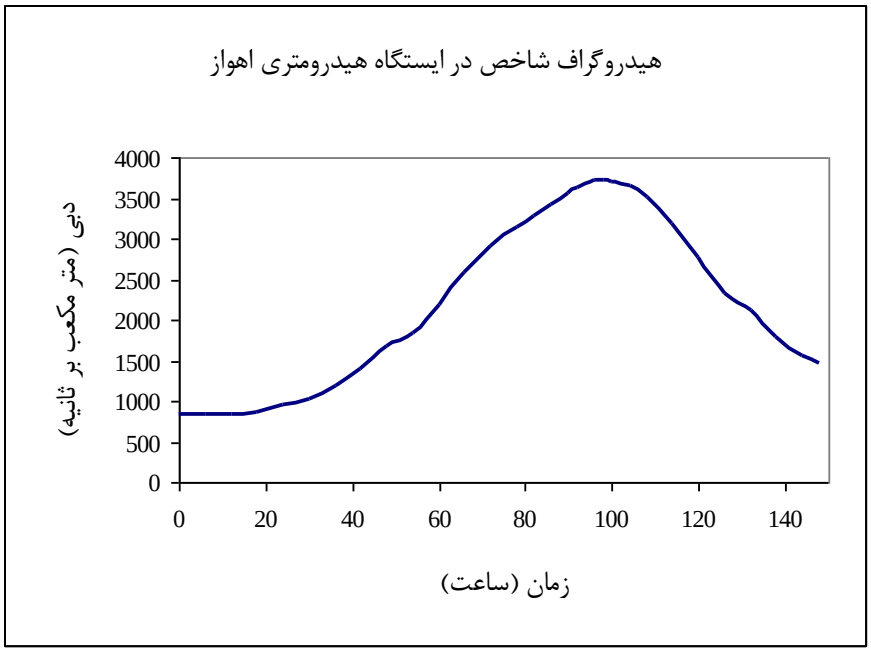
روابط رگراسیونی:

منحنی های ساختاری با وجود مزیتهایی که دارند و محدوده تاثیر جزر و مد و مقاطع بالادست و پایین دست و میانی را به خوبی نشان می دهند، دارای معایبی نیز هستند که یکی از آنها کاربرد مشکل آنها می باشد. در صورتی که بتوان این منحنی ها را به یک رابطه ریاضی تبدیل نمود، استفاده از آنها بسیار ساده تر می گردد. برای این منظور از مدل احتمالاتی نوشته شده توسط نویسندگان این مقاله استفاده می شود و به وسیله روش حداقل مربعات خطاها بهترین رابطه رگراسیونی که کمترین خطا را دارد، به عنوان رابطه رگراسیونی ساختاری در نظر گرفته می شود. این رابطه تراز سطح آب را به صورت تابعی از ارتفاع مددر پایین دست و دبی جریان رودخانه ایی در بالادست نشان می دهد. برای هر مقطع در محدوده تاثیر جزر و مد یک رابطه مستقل رگراسیونی برای یک محدوده از دبی جریان رودخانه ایی و ارتفاع مد بدست می آید.

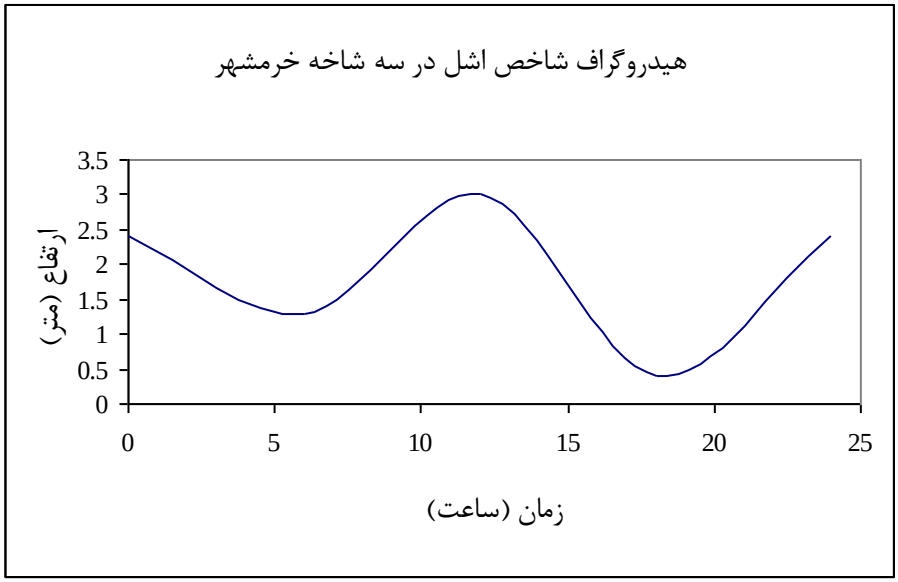
۳. نتایج

معادله حاکم برای روندیابی هیدرولیکی جریان معادله سنت و نان می باشد و برای حل آن از مدل HEC-RAS استفاده گردید. با کالیبراسیون مدل بر اساس مشاهدات تراز سطح آب در ایستگاههای دارخوین(۱۳۵ کیلومتری اهواز) و سلمانیه(۱۶۰ کیلومتری اهواز) مقدار ضریب مانینگ برابر با ۰/۰۲۲ تعیین شد.منحنی های تغییرات جریان رودخانه ایی و جزر و مد بر اساس روشی که در ذیل توضیح داده می شود، به مدل معرفی می گردند:

۱- برای جریان رودخانه ایی اگر دبی آن کمتر از ۱۰۰۰ متر مکعب بر ثانیه باشد، چون شرایط سیلابی بر آن حاکم نیست، جریان رودخانه ایی به صورت یک جریان ثابت به مدل معرفی می گردد. ولی اگر دبی جریان از این حد افزایش یابد، جریان رودخانه ایی به صورت هیدروگراف شکل ۲ که هیدروگراف سیلاب پوش بر روی هیدروگرافهای سیلاب رودخانه کارون در شهر اهواز می باشد، به مدل معرفی می گردد.

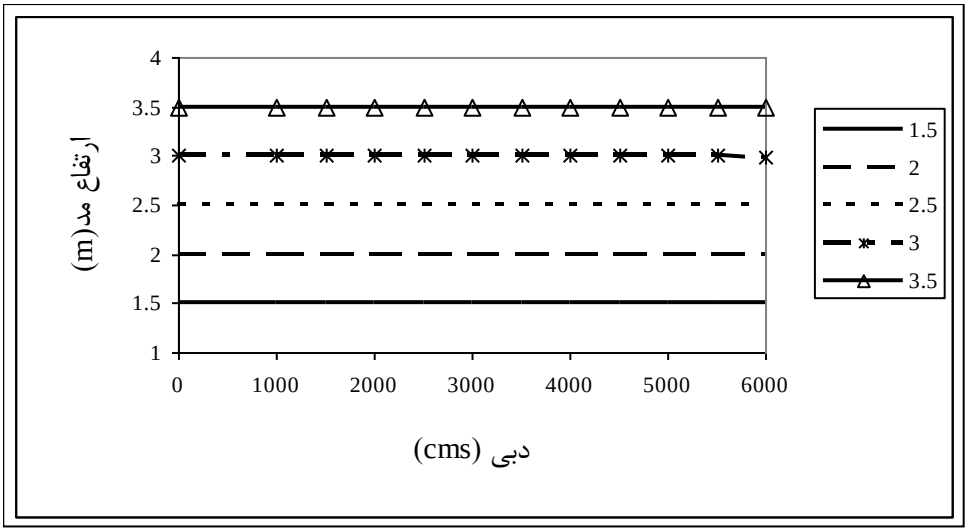


شکل۲. هیدروگراف شاخص در ایستگاه هیدرومتری اهواز

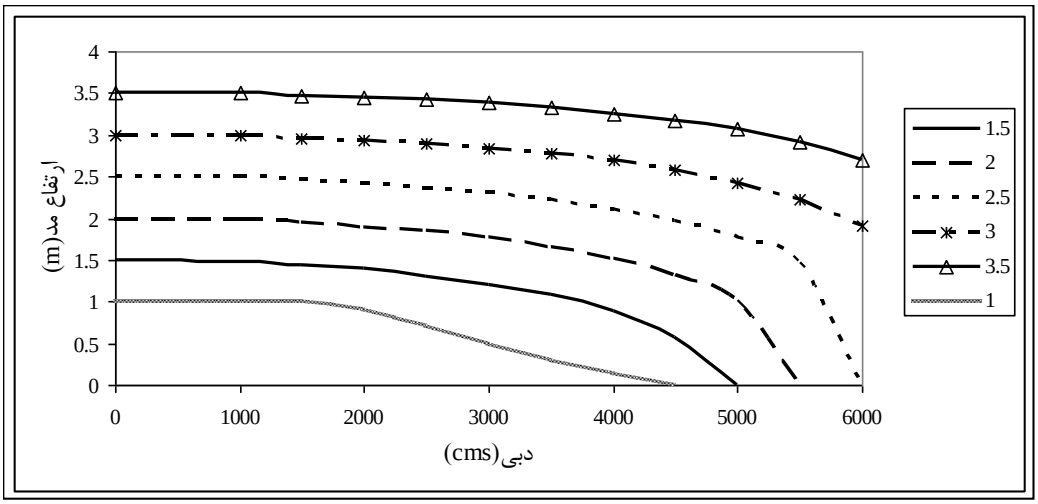


شکل۳. منحنی شاخص اشل در سه شاخه خرمشهر

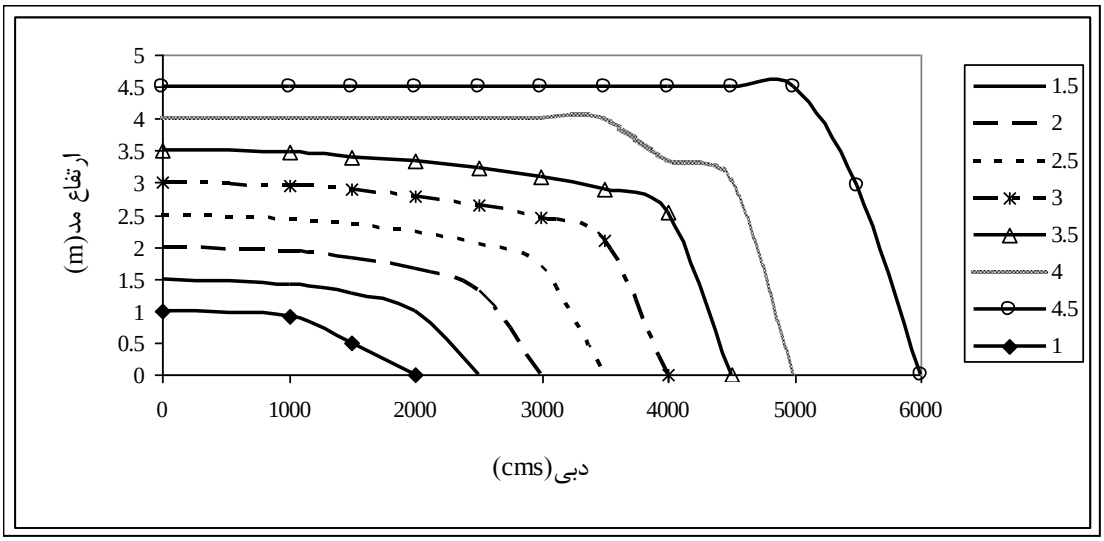
۲- برای معرفی منحنی اشل در خرمشهر به مدل از سیکل جزر و مدی مستخرج از جداول نیروی دریایی انگلستان (Admiral tidal table) در خرمشهر استفاده گردید. این سیکل جزر و مدی در شکل (۳) نشان داده شده است. با توجه به روند ذکر شده در قسمت روش تحقیق، منحنی های ساختاری برای تعدادی از مقاطع جزر و مدی رودخانه کارون در اشکال ۴ تا ۹ نشان داده شده است.



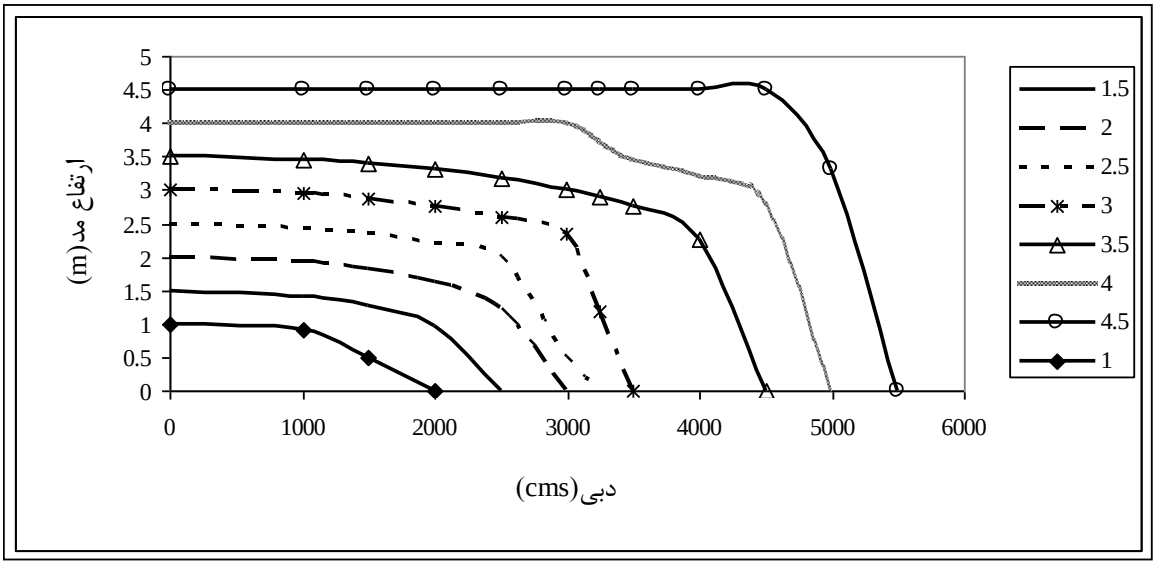
شکل۴. منحنی ساختاری در کیلومتر ۱۸۷/۷۴۶ از ایستگاه هیدرومتری اهواز



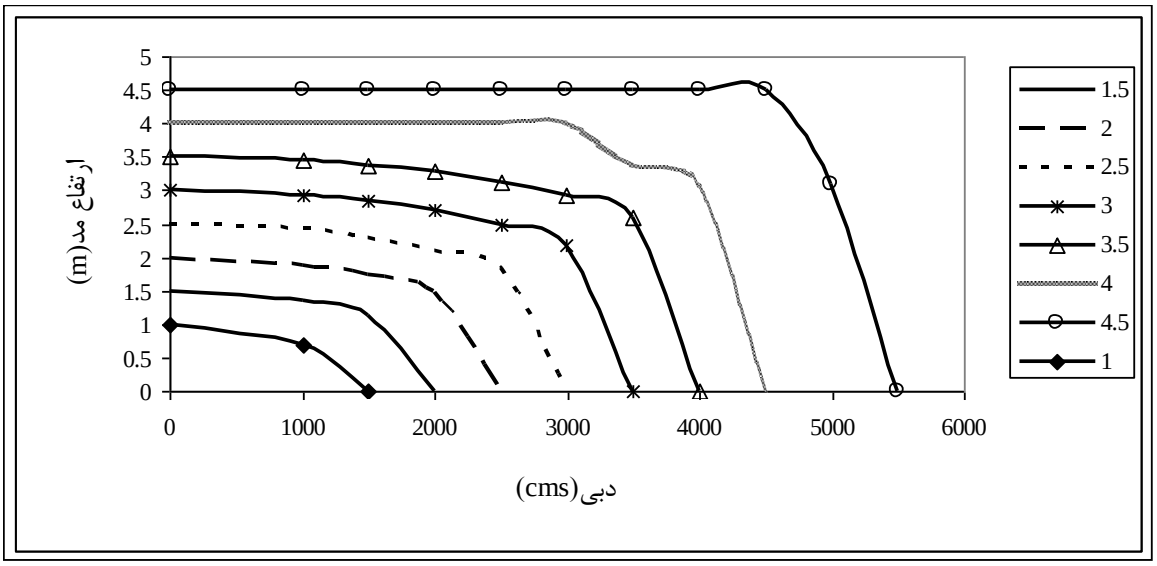
شکل۵. منحنی ساختاری در کیلومتر ۱۷۸/۱۰۶۵ از ایستگاه هیدرومتری اهواز



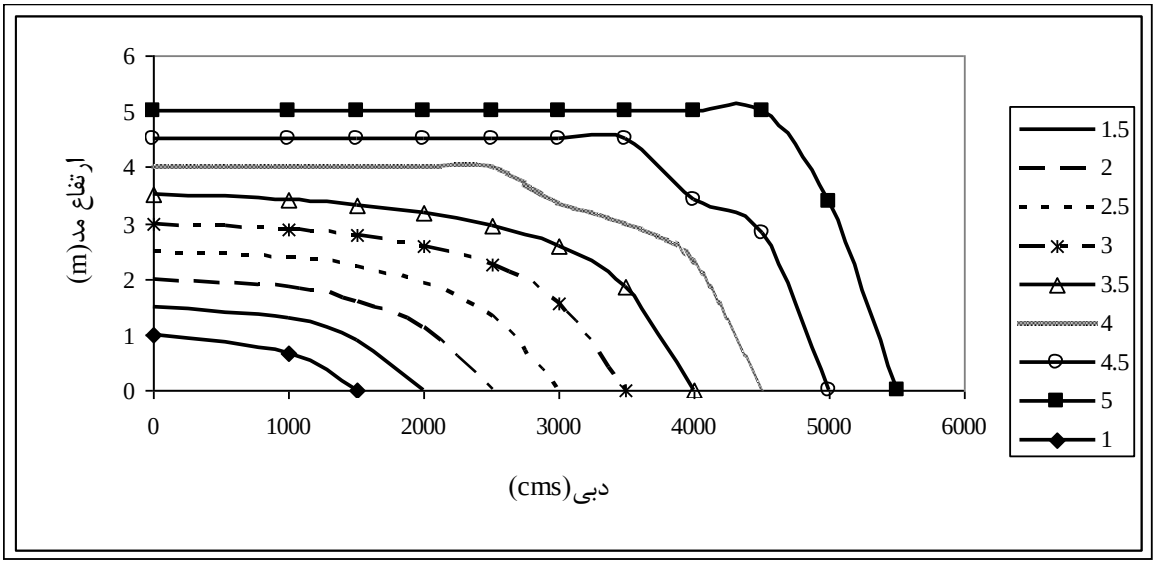
شکل۶. منحنی ساختاری در کیلومتر ۱۶۸/۴۲۷۷ از ایستگاه هیدرومتری اهواز



شکل۷. منحنی ساختاری در کیلومتر ۱۶۰/۸۸۰۹ از ایستگاه هیدرومتری اهواز(سلمانیه)



شکل۸. منحنی ساختاری در کیلومتر ۱۵۱/۵۳۷۲ از ایستگاه هیدرومتری اهواز



شکل۹. منحنی ساختاری در کیلومتر ۱۳۵/۰۳۲۵ از ایستگاه هیدرومتری اهواز(دارخوین)

روابط رگراسیونی مقاطع فوق به صورت جدولی در جداول ۱ تا ۵ نشان داده شده است:

(۱) رابطه رگراسیونی در۱۸۷/۷۴۶ کیلومتری ایستگاه هیدرومتری اهواز $H=HT$ که در آن: H: تراز سطح آب در مقطع مورد نظر بر حسب متر

HT : ارتفاع مد در پایین دست بر حسب متر

که:

Q : دبی جریان رودخانه ایی در بالادست بر حسب مترمکعب بر ثانیه

جدول۱. روابط رگراسیونی در کیلومتر ۱۷۸/۱۰۶۵ از ایستگاه هیدرومتری اهواز

HT(m)	Q(CMS)	H(m)	Q(CMS)	H(m)
۰-۱/۲۵	۰-۲۰۰۰	HT	۲۰۰۰-۴۵۰۰	Q/4500+HT/1.62
۱/۲۵-۱/۷۵	۰-۴۵۰۰	HT	۴۵۰۰-۵۰۰۰	Q/3333.333+HT/3.8
۱/۷۵-۲/۲۵	۰-۵۰۰۰	HT	۵۰۰۰-۵۵۰۰	Q/2750+HT/5.5
۲/۲۵-۲/۷۵	۰-۵۵۰۰	HT	۵۵۰۰-۶۰۰۰	Q/2400+HT/6.96
۲/۷۵-۳/۲۵	۰-۶۰۰۰	HT		
۳/۲۵-۳/۷۵	۰-۶۰۰۰	HT		

جدول۲. روابط رگراسیونی در کیلومتر ۱۶۸/۴۲۷۷ از ایستگاه هیدرومتری اهواز

HT(m)	Q(CMS)	H(m)	Q(CMS)	H(m)
۰-۱/۲۵	۰-۱۰۰۰	HT	۱۰۰۰-۲۰۰۰	Q/2000+HT/1.8
۱/۲۵-۱/۷۵	۰-۲۰۰۰	HT	۲۰۰۰-۲۵۰۰	Q/1666.667+HT/3.299997
۱/۷۵-۲/۲۵	۰-۲۵۰۰	HT	۲۵۰۰-۳۰۰۰	Q/1500+HT/3.9
۲/۲۵-۲/۷۵	۰-۳۰۰۰	HT	۳۰۰۰-۳۵۰۰	Q/1400+HT/4.704
۲/۷۵-۳/۲۵	۰-۳۵۰۰	HT	۳۵۰۰-۴۰۰۰	Q/1333.333+HT/5.68
۳/۲۵-۳/۷۵	۰-۴۰۰۰	HT	۴۰۰۰-۴۵۰۰	Q/1285.714+HT/6.685726
۳/۷۵-۴/۲۵	۰-۴۵۰۰	HT	۴۵۰۰-۵۰۰۰	Q/1250+HT/7.75
۴/۲۵-۴/۷۵	۰-۵۰۰۰	HT	۵۰۰۰-۶۰۰۰	Q/1333.333+HT/6

جدول۳. روابط رگراسیونی در کیلومتر ۱۶۰/۸۸۰۹ از ایستگاه هیدرومتری اهواز(سلمانیه)

HT(m)	Q(CMS)	H(m)	Q(CMS)	H(m)
۰-۱/۲۵	۰-۱۰۰۰	HT	۱۰۰۰-۲۰۰۰	Q/2000+HT/1.8
۱/۲۵-۱/۷۵	۰-۲۰۰۰	HT	۲۰۰۰-۲۵۰۰	Q/1666.667+HT/3.199997
۱/۷۵-۲/۲۵	۰-۲۵۰۰	HT	۲۵۰۰-۳۰۰۰	Q/1500+HT/3.66
۲/۲۵-۲/۷۵	۰-۲۵۰۰	HT	۲۵۰۰-۳۲۵۰	Q/1300+HT/3.449333
۲/۷۵-۳/۲۵	۰-۳۰۰۰	HT	۳۰۰۰-۳۵۰۰	Q/1166.667+HT/5.506657
۳/۲۵-۳/۷۵	۰-۴۰۰۰	HT	۴۰۰۰-۴۵۰۰	Q/1285.714+HT/5.837153
۳/۷۵-۴/۲۵	۰-۴۵۰۰	HT	۴۵۰۰-۵۰۰۰	Q/1250+HT/7
۴/۲۵-۴/۷۵	۰-۴۵۰۰	HT	۴۵۰۰-۵۵۰۰	Q/1222.222+HT/5.5

جدول۴. روابط رگراسیونی در کیلومتر ۱۵۱/۵۳۷۲ از ایستگاه هیدرومتری اهواز

HT(m)	Q(CMS)	H(m)	Q(CMS)	H(m)
۰-۱/۲۵	۰-۱۰۰۰	HT	۱۰۰۰-۱۵۰۰	Q/1500+HT/2.1
۱/۲۵-۱/۷۵	۰-۱۵۰۰	HT	۱۵۰۰-۲۰۰۰	Q/1333.333+HT/3.04
۱/۷۵-۲/۲۵	۰-۲۰۰۰	HT	۲۰۰۰-۲۵۰۰	Q/1250+HT/3.675
۲/۲۵-۲/۷۵	۰-۲۵۰۰	HT	۲۵۰۰-۳۰۰۰	Q/1200+HT/4.368
۲/۷۵-۳/۲۵	۰-۳۰۰۰	HT	۳۰۰۰-۳۵۰۰	Q/1166.667+HT/5.086658
۳/۲۵-۳/۷۵	۰-۳۵۰۰	HT	۳۵۰۰-۴۰۰۰	Q/1142.857+HT/5.942857
۳/۷۵-۴/۲۵	۰-۴۰۰۰	HT	۴۰۰۰-۴۵۰۰	Q/1125+HT/6.9075
۴/۲۵-۴/۷۵	۰-۴۵۰۰	HT	۴۵۰۰-۵۵۰۰	Q/1222.222+HT/5.5

جدول۵. روابط رگراسیونی در کیلومتر ۱۳۵/۰۳۲۵ از ایستگاه هیدرومتری اهواز(دارخوین)

HT(m)	Q(CMS)	H(m)	Q(CMS)	H(m)
۰-۱/۲۵	۰-۱۰۰۰	HT	۱۰۰۰-۱۵۰۰	Q/1500+HT/1.95
۱/۲۵-۱/۷۵	۰-۱۲۵۰	HT	۱۲۵۰-۲۰۰۰	Q/1333.333+HT/2.426668
۱/۷۵-۲/۲۵	۰-۱۷۵۰	HT	۱۷۵۰-۲۵۰۰	Q/1250+HT/2.825
۲/۲۵-۲/۷۵	۰-۲۰۰۰	HT	۲۰۰۰-۳۰۰۰	Q/1200+HT/3.216
۲/۷۵-۳/۲۵	۰-۲۵۰۰	HT	۲۵۰۰-۳۵۰۰	Q/1166.667+HT/3.61666
۳/۲۵-۳/۷۵	۰-۳۰۰۰	HT	۳۰۰۰-۴۰۰۰	Q/1142.857+HT/4.228575
۳/۷۵-۴/۲۵	۰-۳۲۵۰	HT	۳۲۵۰-۴۵۰۰	Q/1125+HT/5.175
۴/۲۵-۴/۷۵	۰-۳۵۰۰	HT	۳۵۰۰-۵۰۰۰	Q/1111.111+HT/6.288889
۴/۷۵-۵/۲۵	۰-۴۰۰۰	HT	۴۰۰۰-۵۵۰۰	Q/1100+HT/7.436

با توجه به منحنی های ساختاری و روابط رگراسیونی می توان به نتایج زیر دست یافت:

۱- برای یک محدوده خاص از دبیهای سیلاب، منحنی های ساختاری هر چه به سمت مقاطع بالادست نزدیک می شوند از ارتفاع بیشتری آغاز می شوند و به ارتفاع زیادتری ختم می شوند. به عنوان مثال با توجه به اشکال (۷) و (۹) مشاهده می شود که در محدوده دبی ۴۰۰۰ تا ۵۰۰۰ مترمکعب بر ثانیه در دارخوین منحنی های ساختاری از ارتفاع ۴ متر شروع می شوند و به ارتفاع ۵ متر ختم می گردند. در حالی که در سلمانیه منحنی های ساختاری از ارتفاع ۳/۵ متر شروع و به ارتفاع ۴/۵ متر ختم می گردند.

۲-به وسیله منحنی های ساختاری می توان مشاهده کرد که در مقاطع بالادست رودخانه های جزر و مدی سیلاب عامل حاکم در تعیین تراز سطح آب می باشد و در مقاطع پایین‌دست رودخانه های جزر و مدی امواج جزر و مدی عامل حاکم در تعیین تراز سطح آب می باشند.

۳-قسمتهای افقی در منحنی های ساختاری نشانگر محدوده ای هستند که در آنجا امواج جزر و مدی حاکم می باشند و در مقاطعی که نزدیک به دهانه رودخانه جزر و مدی هستند تراز سطح آب برای دبیهای نسبتاً پایین برابر ارتفاع جزر و مد در دهانه رودخانه است. همچنین این قسمتهای افقی با یکدیگر موازی می باشند.

۴- در قسمت مایل منحنی های ساختاری، دبی سیلاب حاکم می باشد این قسمت از منحنی در دبی کمتری برای مقاطع بالادست تر آغاز می گردد. نقطه آغاز این قسمت از منحنی در واقع محل برخورد این قسمت با قسمت افقی منحنی می باشد. قسمتهای مایل منحنی های ساختاری با یکدیگر موازی می باشند.

۵- با افزایش تراز سطح آب ،قسمت مایل منحنی های ساختاری در دبیهای بالاتری آغاز می شود. دلیل این امر این است که برای افزایش تراز سطح آب، ارتفاع مد در دهانه رودخانه باید افزایش یابد و دیگر دبیهای کم نمی توانند بر امواج جزر و مدی غلبه کنند و برای غلبه بر این امواج، دبی سیلاب نیز باید افزایش یابد.

۶- مهمترین کاربرد منحنی های ساختاری در مقاطع میانی است در این مقاطع هم حالت حاکمیت مد و هم حالت حاکمیت سیلاب دیده می شود که بستگی به تراز سطح آب و دبی سیلاب و ارتفاع مد دارد و مشاهده می شود که با افزایش تراز سطح آب نقطه مرزی بین قسمت افقی و مایل منحنی ها بر روی نیمساز ناحیه دوم و چهارم به سمت بالا حرکت می کند.

۷- در این مقاله روابط رگراسیونی به صورت جدولی برای هر مقطعی که در محدوده تاثیر جزر و مد در رودخانه کارون می باشد، ارائه گردیده اند. با مشاهده این جداول دیده می شود که در دبیهای کم تراز سطح آب برابر با ارتفاع مد در دهانه رودخانه می باشد و با افزایش دبی اثرات دبی رودخانه ایی بر تراز سطح آب افزایش می یابد.

۸- با توجه به این جداول دیده می شود که با افزایش ارتفاع مد در دهانه رودخانه دبی جریان رودخانه ایی نیز باید افزایش یابد تا بتواند بر مد غلبه نماید و اثر آن بر تراز سطح آب مشاهده شود.

۹- در مقاطع بالادست مشاهده می گردد که در یک تراز سطح آب مشخص اثرات دبی رودخانه ایی به مراتب بیشتر از اثرات آن برای همان تراز در مقاطع پایین دست تر است. به عنوان مثال برای تراز ۲/۲۵ تا ۲/۷۵ متر در دارخوین دبی رودخانه ایی باید بیش از ۲۰۰۰ مترمکعب بر ثانیه باشد تا اثر آن مشاهده گردد در حالیکه در سلمانیه برای این تراز دبی رودخانه ایی باید بیش از ۲۵۰۰ مترمکعب بر ثانیه باشد.

۴.بحث و نتیجه گیری

همانگونه که در این تحقیق اشاره شد، امروزه برای تسهیل و تسریع کارهای اجرائی و مشاوره ایی نیاز به ابزارهایی می باشد که علاوه بر دقت بالا، سرعت امور طراحی و اجراء را کاهش دهند. در بحثهای مهندسی رودخانه از قبیل ساماندهی رودخانه ها و تعیین حریم بستر رودخانه، اولین و مهمترین داده مورد نیاز، تعیین تراز سطح آب در مقاطع مختلف رودخانه می باشد. روند یابی هیدرولیکی جریان یکی از راههای دسترسی به تراز سطح آب می باشد ولی این روش علاوه بر زمانبر بودن، نیاز به داشتن دانش فنی بالایی دارد و قابل استفاده کاربران معمولی نیست. بنابراین باید نتایج روندیابی هیدرولیکی تبدیل به منحنی های اشل- دبی گردد، تا به سهولت و توسط همه عوامل اجرائی قابل کاربرد باشد.

در رودخانه های جزر و مدی به دلیل تداخل جزر و مد با جریان رودخانه ایی تهیه این منحنی ها به سهولت رودخانه های غیر جزر و مدی نیست. در هر مقطع بسته به ورود مد یا جزر تراز سطح آب تغییرات زیادی می نماید و از طرفی به دلیل لایه ایی بودن جریان اندازه گیری دبی و سرعت امکان پذیر نیست. به این دلیل در این تحقیق بر اساس دبی بالادست و ارتفاع مد پایین دست، تراز سطح آب در مقاطع جزر و مدی رودخانه کارون محاسبه گردید و نتایج آن به صورت منحنی های ساختاری ارائه شد. ضمناً برای سهولت بیشتر این منحنی ها تبدیل به روابط رگراسیونی گردید تا

دیگر نیازی به مراجعه به آنها و قرائت شکلها نباشد. این روابط علاوه بر قابلیت کاربردی، از لحاظ علمی نیز حائز اهمیتند. آنها محدوده تاثیر جزر و مد و محدوده حاکمیت مد یا دبی را در هر محدوده نشان می دهند و قابلیت کاربرد برای مسائلی مانند قابلیت کشتی رانی در رودخانه را نیز دارند. با مشاهده منحنی های ساختاری و روابط رگراسیونی محدوده تاثیر جزر و مد در رودخانه کارون مشخص می شود. این محدوده تا ایستگاه هیدرومتری دارخوین ادامه دارد و در عمل نیز اندازه گیری سرعت و دبی جریان در این ایستگاه امکان پذیر نیست و تنها تغییرات سطح آب ناشی از جزر و مد را می توان در این ایستگاه اندازه گیری نمود. از طرفی محدوده دبیهای جریان و ارتفاع مدهای نشان داده شده در این منحنی ها و روابط تا دوره بازگشت ۱۰۰ ساله را پوشش می دهند به عبارتی ترازهای سطح آب این منحنی ها در اکثر موارد قابل کاربرد هستند (تا دوره بازگشت ۱۰۰ سال).

برای پیشنهاد در مورد ادامه این تحقیق، نیاز به داده های دقیقتر و بیشتری خصوصاً در ایستگاههای خرمشهر ، دارخوین و سلمانیه می باشد همچنین باید چندین ایستگاه جزر و مدی جدید در این محدوده ایجاد نمود تا دقت این منحنی ها و روابط افزایش یابد.

منابع

Acreman, M.C. 1994. Assessing the joint probability of fluvial and tidal floods in the river Roding. J. the Ins. Water and Envir. Manage. 8(5): 490-496.

Adib, A. 2008. Determining water surface elevation in tidal rivers by ANN. Proc .Institution Civ. Engrs. 161(WM2): 83-88.

Adib, A. 2010. Extraction of structural curves, regression relations and structural regression relations in the tidal limit of the Karun River. Indian J. Sci. and Tech. 3(5): 530-536.

Adib, A., Vaghefi, M., Labibzadeh, M., Rezaeian, A., Tagavifar, A. and Foladfar, H. 2010. Predicting extreme water surface elevation in tidal river reaches by different joint probability methods. J. Food, Agri. & Envir. 8(2): 988-991.

Godin, G. 1985. Modification of river tides by the discharge. J.Wtrwy, Port, Coast, and Oc.Engrg, ASCE 111(2): 257-274.

Hawkes, P.J., Gouldby, B.P., Tawn, J.A. and Owen M.W. 2002. The joint probability of waves and water levels in coastal engineering design. J. Hydr. Res. 40(3): 241-251.

LeBlon, P.H. 1978. On tidal propagation in shallow rivers. J.Geophysical Res. 83: 4717-4721.

Lim, Y.H. 2003. Design flood estimation methods for rivers with extensive tidal interaction zones. Ph.D. Thesis,Memorial university of Newfoundland, Canada.

Mantz, P.A. and Wakeling H.L. 1979. Forecasting flood levels for joint events of rainfall and tidal surge flooding using extreme value statistics. Proc .Institution Civ. Engrs. 67(Mar): 31-50.

Parsons, W.B. 1918. The Cape Cod Canal. Trans., ASCE 82: 1-143.

Perroud, P. 1959. The propagation of tidal waves into channels of gradually varying cross-section. Tech. Memorandum, Beach Erosion Board. Washington, D.C, 112.

Pillsbury, G.B. 1940. Tidal hydraulics. Professional Paper of the Corps of Engrs, U.S. Govt. Printing Office, 24.

Samuels, P.G. and Burt N. 2002. A new joint probability appraisal of flood risk. Proc .Institution Civ. Engrs. 154(WM3): 109-115.

Sanders, B.F., Green, C.L., Chu, A.K. and Grant S.B. 2001. Case study: modeling tidal transport of urban runoff in channels using the finite-volume method. J.Hydr.Engrg., ASCE 127(10): 795-804.

Sobey, R.J. 2001. Evaluation of numerical models of flood and tide propagation in channels. J.Hydr.Engrg., ASCE 127(10): 805-824.

Studies on effects of the Persian Gulf tidal currents on stage-discharge curves of Karun River

Arash Adib[1*], Amin Tagavifar[2], Mohammad Vaghefi[3]

Abstract:
The rivers that pour to seas and oceans are known as tidal rivers. A governing factor on tidal rivers is tidal bores which are produced by the gravity of moon and sun. Reflection of waves from beaches and the shape of beaches and effects of shallow water, affect tidal bores in the mouth of tidal rivers. These factors convert tidal bores from time-periodic condition to a non-periodic condition. Tidal bores move to upstream of river while fluvial flows downstream. Because of combination of tidal bores and fluvial flows, hydraulic and hydrologic conditions are very complex in the tidal rivers. Measurement of velocity and discharge of current is impossible in the tidal limit of tidal rivers. For determination of stage-discharge curves, a special method is needed. In this study, water surface elevation is estimated in the tidal limit of the Karun River (from Khoramshar to Darkhovein) by using the discharge of fluvial flow in Ahvaz and tidal height in Khoramshar. Water surface elevation is shown by structural curves and regression relations. These curves and relations are suitable tools for determination of water surface elevation in the tidal limit of the Karun River by using discharge of fluvial flow in Ahvaz and tidal height of Khoramshar.

Keywords: Tidal bores, Fluvial flow, Ahvaz, Khoramshar, Darkhovein, Stage-discharge curve

* Corresponding Author’s E-mail: arashadib@yahoo.com