Archive of SID

کاربرد مدل یک بعدی CCHE در شبیه‌سازی هیدرولیکی و رسوبی رودخانه (مطالعه موردی: رودخانه کارون، بازه اهواز – فارسیات)

فرهنگ آذرنگ[1]، محمود شفاعی‌بجستان[2]، بابک شاهی‌نژاد[3]

1. کارشناسی ارشد عمران- آب دانش آموخته دانشگاه آزاد اسلامی واحد جامع شوشتر
farhangazarang@yahoo.com
2. استاد گروه سازه‌های آبی دانشکده علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز
3. دانشجوی دکترای سازه‌های آبی دانشکده علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ دریافت:89/1/28 **تاریخ پذیرش: 89/3/27**

چکیده

رودخانه‌ها از اصلی‌ترین و در دسترس‌ترین منبع‌های تامین آب برای مصارف گوناگون می باشند، لذا بررسی شرایط هیدرولیکی و رسوبی رودخانه‌ها از اهمیت به سزایی برخوردار است و ضرورت انجام آن کاملاً احساس می‌شود. با عنایت به روند پیچیده رسوب‌گذاری و فرسایش در رودخانه کارون و اهمیت زیادی که تغییرات مورفولوژی این رودخانه در طرح‌های ساماندهی، کنترل سیلاب و طراحی سازه‌های هیدرولیکی دارد، نیاز به شناخت تغییرات مورفولوژیکی این رودخانه شدیداً احساس می‌گردد. در این تحقیق اقدام به بررسی شرایط هیدرولیکی و رسوبی رودخانه با استفاده از مدل ریاضی CCHE1D شده است. مدل یک بعدی CCHE یک مدل ریاضی برای شبیه‌سازی جریان و انتقال رسوب در شبکه رودخانه‌ها و کانال‌ها می‌باشد. این مدل در سال 1998 توسط مرکز ملی محاسبات مهندسی و علوم آب دانشگاه می‌سی‌سی‌پی (NCCHE) توسعه‌یافته است. مدل CCHE در پروژه‌های تحقیقاتی گوناگونی در سراسر جهان از جمله کشورهای امریکا، تایوان و ... مورد استفاده قرار گرفته است. برای انجام شبیه‌سازی جریان و رسوب رودخانه کارون در طی سال‌های 1377 تا 1384 از این مدل استفاده گردید. اطلاعات مورد نیاز ورودی مدل فراهم گردید و مدل مورد اجرا قرار گرفت. سپس نتایج حاصل از اجرای مدل با استفاده از اطلاعات و مشخصات اندازه‌گیری شده میدانی مورد واسنجی و صحت‌سنجی قرار گرفت، در ادامه نتایج حاصل از مدل CCHE با سایر مدل‌های کار شده در این محدوده نیز مورد مقایسه قرار گرفت. در نهایت با توجه به نتایج حاصل از مدل CCHE، میزان رسوب‌گذاری در بازه اهواز – فارسیات در حدود دو و نیم میلیون تن در سال برآورد گردید.

واژه‌های کلیدی: ***رسوب‌گذاری، مورفولوژی، شبیه‌سازی، اهواز - فارسیات.***

مقدمه

رودخانه‌ها مهم‌ترین منابع حیاتی طبیعت هستند. در ایران بر خلاف کشورهایی از قبیل چین، هندوستان، پاکستان، آمریکای شمالی و آمریکای جنوبی، رودخانه‌های بزرگ و پرآب جریان ندارند و از نقطه نظر منابع آب در زمره کشورهای کم آب جهان شناخته شده است. بهره‌برداری اصولی و طرح‌ریزی شده از رودخانه‌های کشور به کمک علوم مربوط به مهندسی رودخانه، از کارهای ملی و پرهزینه‌ای است که در جهت بهره‌برداری بهینه از منابع آب و خاک برای تولیدات کشاورزی، مصارف شهری و صنعتی باید صورت گیرد [1].

www.SID.ir

Archive of SID

آب یکی از مهم‌ترین عوامل فرسایش پوسته زمین بوده و در مسیر حرکت خود موادی را به صورت محلول، معلق و بار بستر حمل می‌کند. این مواد در هر جا که موقعیت ایجاب کند ته‌نشین می‌شوند. مواد شسته شده از دامنه‌ها و دشت‌ها سبب فرسایش خاک و فقر پوشش گیاهی و تخریب محیط‌زیست می‌گردند. از طرفی وجود این مواد در آب مورد استفاده برای شرب، بهره‌برداری صنعتی، کشاورزی و پرورش آبزیان می‌تواند مشکلاتی در امر بهره‌برداری ایجاد کند.

هر یک از فرآیندهای سه گانهٔ فرسایش، انتقال و رسوب‌گذاری می‌توانند مشکلاتی را بوجود آورند. به طور مثال فرسایش باعث از بین رفتن زمین‌های کشاورزی، تخریب سازه‌های کنار رودخانه‌ها، تخریب پل‌ها و سایر بناهای مجاور رودخانه و همچنین موجب عمیق‌تر شدن بستر رودخانه‌ها می‌شود. ذرات رسوبی فرسایش یافته ممکن است پس از فاصله کوتاهی و یا پس از طی مسافت‌های طولانی ته‌نشین شوند، رسوب‌گذاری ذرات زمانی شدت می گیرد که از عوامل بوجود آورنده فرسایش و آستانه حرکت ذرات کاسته شود. از اهم مشکلاتی که رسوب‌گذاری می‌تواند بوجود آورد عبارتند از: ایجاد جزایر در مسیر رودخانه‌ها و در نتیجه کاستن از ظرفیت انتقال جریان‌های سیلابی، رسوب‌گذاری در مخازن پشت سدها و در نتیجه کاستن از ظرفیت مفید مخزن، رسوب‌گذاری در مسیل رودخانه‌ها در هنگام سیلابی و در نتیجه وارد کردن خسارت به بناها و مزارع، رسوب‌گذاری در کف رودخانه و در نتیجه کم شدن عمق رودخانه که باعث غیر قابل کشتیرانی شدن رودخانه می‌شود [5].

مواد و روش‌ها

الف) منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز رودخانه کارون با مساحتی معادل 42754 کیلومتر مربع بین مختصات جغرافیایی 48 درجه و 4 دقیقه تا 51 درجه و 55 دقیقه طول شرقی و 20 درجه و 17 دقیقه تا 32 درجه و 4 دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است و یکی از وسیع‌ترین حوضه‌های آبریز کشور محسوب می‌شود. محیط حوضه معادل 1620 کیلومتر است و ابعاد مستطیل معادل آن 56 و 756 کیلومتر و ضریب گراویلیوس حوضه نیز 2/24 می‌باشد. حوضه آبریز رودخانه کارون از نظر تقسیم‌بندی کلی هیدرولوژی ایران، جزئی از حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان می‌باشد. این حوضه آبریز از شمال به حوضه آبریز دز و حوضه آبریز رودخانه‌های قره چای ساوه، گلپایگان و زاینده رود، از مغرب به حوضه آبریز رودخانه کرخه، از مشرق به حوضه رودخانه‌های کر و زاینده رود و مسیل‌های آباده و از جنوب به حوضه رودخانه‌های زهره، جراحی و مارون محدود می‌گردد. کارون پرآب‌ترین رودخانه ایران محسوب می‌شود که با 890 کیلومتر طول پس از کرخه طویل‌ترین رودخانه نیز می‌باشد. این رودخانه از چهار سرشاخه اصلی به نام‌های خرسان، آب ونک، آب کیار و بازفت تشکیل یافته است. رودخانه کارون در دشت آبرفتی خوزستان که مرکب از ماسه، رس و سیلت است، جریان دارد. وجود طاق‌دیس سردارآباد در جنوب شوشتر مانع از پیشروی رودخانه کارون به سمت غرب می‌شود. در پایین دست طاق‌دیس سردار آباد و به سمت جنوب رودخانه کارون همچنان به صورت رودخانه آبرفتی خوزستان جریان دارد. پس از بند قیر سه رودخانه گرگر، شطیط و دز یکی می‌شوند و به سمت اهواز جریان یافته و در آنجا با طاق‌دیس ماسه سنگ اهواز طلاقی می‌کند. بعد از عبور از طاق‌دیس اهواز تا تلاقی بهمنشیر و اروندرود مجدداً در دشت آبرفتی خوزستان که تا عمق 50 متر ضخامت آبرفت آن اندازه‌گیری شده است ادامه می‌یابد. رودخانه با بار

www.SID.ir

Archive of SID

معلق رودخانه‌ای است که تا 3 درصد بار بستر دارد. رودخانه با بار مخلوط دارای 3 تا 11 درصد بار بستر است و بالاخره رودخانه با بار رسوبی کف رودخانه‌ای است که بیش از 11 درصد رسوبات آن به صورت بار بستر است. به علت شیب کم رودخانه کارون و ضریب سینوسی نزدیک به 2 آن، این رودخانه از گروه رودخانه با بار معلق شناسایی می‌شود [1].

به منظور اجرای مدل و انجام شبیه‌سازی نیاز به آمار و اطلاعات ایستگاه‌های هیدرومتری در محدوده مورد مطالعه می‌باشد. رودخانه کارون به علت اهمیت و حیاتی بودن آن دارای ایستگاه‌های هیدرومتری متعددی در طول مسیر خود می‌باشد.

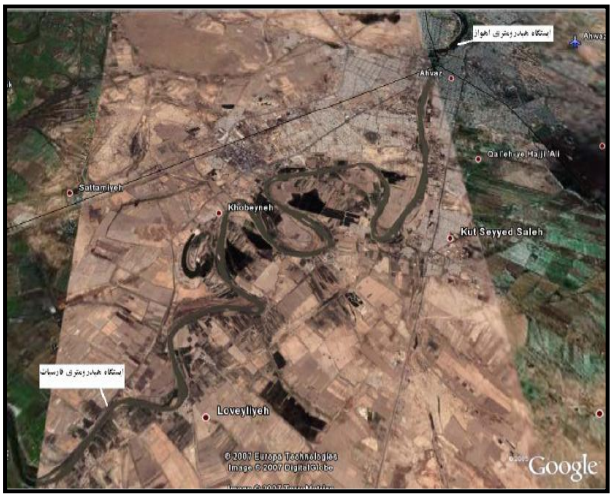
برای این منظور از اطلاعات ایستگاه‌های هیدرومتری اهواز و فارسیات استفاده گردید. مشخصات این ایستگاه‌ها مطابق جدول 1 است.

ب) معرفی مدل یک بعدی CCHE

مدل‌های ریاضی زیادی توسط محققین مختلف برای مطالعه جریان و رسوب در رودخانه‌ها توسعه یافته است که برخی از آن ها جنبه تجاری پیدا کرده و به دفعات در پروژه‌های متعدد در نقاط مختلف جهان مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مدل CCHE یک مدل یک‌بعدی برای شبیه‌سازی جریان و حمل رسوب در شبکه کانال‌ها و رودخانه‌هاست. نرم افزار شبیه‌سازی CCHE در سال 1998 در مرکز ملی محاسبات مهندسی و علوم آب دانشگاه

جدول (1): مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری مورد استفاده در تحقیق

کد ایستگاه	نام ایستگاه	رودخانه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع صفر اشل	سال تاسیس	تجهیزات
21-309	اهواز	کارون	3469350.4	280701.1	9.787	1329	لیمنوگراف - اشل
21-465	فارسیات	کارون	3451555.1	263017.2	3.015	1352	اشل



شکل (1): عکس هوایی از محدوده مورد مطالعه

www.SID.ir

Archive of SID

می‌سی‌سی‌پی (NCCHE) توسعه یافته است. NCCHE با همکاری آزمایشگاه ملی رسوبات (NSL) مدل‌های کامپیوتری روندیابی جریان و حمل رسوب DWAVNET (Diffusive Wave model for channel (Bed and BEAMS NETworks) Bank Erosion Analysis Model for Stream) را به عنوان ابزارهایی برای سنجش و ارزیابی سازه‌های کنترل فرسایش و مدیریت بهتر توسعه داد. سپس این مدل‌های اصلی تکمیل شدند و تبدیل به CCHE شدند.

این مدل جدید (CCHE) شامل مدل موج پخشیدگی و مدل موج دینامیک است که معادلات سنت ونانت را به طور کامل حل می‌کند، مدل انتقال رسوب غیرتعادل را اتخاذ کرده و برای محاسبه رسوبات غیر یکنواخت و تغییرات بستر و طبقه بندی مواد بستر استفاده می‌کند. مدل CCHE دارای یک رابط گرافیکی قوی با تعدادی زیاد از طرح‌های جدید است. مدل توانایی شبیه‌سازی جریان غیردائمی در کانال‌ها و رودخانه‌ها را داراست و از مدل موج پخشیدگی و مدل موج دینامیک برای بدست آوردن مشخصات مختلف جریان در مجرای اصلی و دشت‌های سیلابی استفاده می‌کند. مدل CCHE همچنین قابلیت در نظر گرفتن اثرات سازه‌های هیدرولیکی نظیر کالورت، فلوم، مقاطع پل و سازه شیب‌شکن را دارد. همچنین مدل می‌تواند بدون محاسبات انتقال رسوب به کار رود.

CCHE حمل رسوبات غیریکنواخت را در رودخانه‌ها محاسبه می‌کند. مدل، رسوب و مقادیر آن را با تطبیق دادن با تغییرات هندسه مقطع عرضی رودخانه، اندازه ترکیبات مصالح بستر و فرسایش سواحل و پهن شدگی رودخانه محاسبه می‌کند. CCHE چندین گزینه را برای محاسبات رسوب و اجزای وابسته به آن فراهم آورده است. به عنوان مثال ظرفیت حمل رسوب می تواند با 4 رابطه محاسبه شود. (طرح SEDTRA، روش اصلاح شده ایکرز و وایت، روش اصلاح شده انگلوند و هانسن و روش وو و همکاران).

CCHE مورد تجدید نظر کلی و پیشرفته‌ای قرار گرفته است و با توسعه و صادر کردن نسخه 3/0 به اوج خود رسیده است. تمامی بخش‌های این سیستم با طرح‌ها و ابزارهای جدید و پیشرفته‌ای تعریف شده است. CCHE نیاز به برنامه Arc View GIS از نسخه‌های 3/0 تا 3/3 دارد و قبل از اینکه مدل CCHE را نصب کنید باید برنامه Arc View GIS را در سیستم خود داشته باشید.

سیستم مدل‌سازی شبکه کانال و رودخانه CCHE1D یک بسته نرم‌افزاری گسترده است که شامل چندین برنامه است که اکثرشان در NCCHE توسعه یافته است. قسمت اصلی بسته نرم‌افزاری شامل مدل‌سازی جریان و حمل رسوب است . مدل جریان رودخانه و حمل رسوب مورد بازدید و تجدید نظر قرار گرفته است و اکنون مدل هر شکلی را برای مقطع عرضی می‌پذیرد و هیچ محدودیتی ندارد.

مدل CCHE1D همچنین شامل نسخه‌ای از مدل تحلیل نما و منظره یا TOPAZ (Topographic PArameteri Zation) است که یک نقشه رقومی ارتفاعی (DEM) را برای انتخاب یک شبکه کانال و رودخانه و زیر حوضه‌های مشابه تجزیه و تحلیل می‌نماید.

CCHE همچنین شامل مدل رقومی‌سازی (دیجیتالی کردن) کانال یا رودخانه است که به کاربر اجازه می‌دهد تا شبکه کانال و رودخانه اصلی را روی تصاویر، نقشه‌ها و عکس‌ها جانمایی نماید.

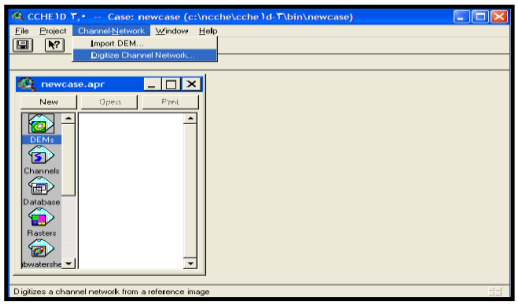
مدل دارای محدودیت‌های زیر می‌باشد:

- مدل جریان CCHE بهتر است برای جریان

www.SID.ir

Archive of SID

- مدل CCHE برای شبکه کانال و رودخانه (زهکشی) فقط با یک خروجی محدود شده است.
- مدل CCHE یک مدل یک بعدی است و نباید برای موقعیت‌های دوبعدی و سه‌بعدی به کار برده شود.
- کاربرد نسخه جاری مدل CCHE1D برای رودخانه‌ای که به دریا متصل می‌شود، توصیه نمی‌گردد [7، 8].



شکل (2): نمایی از محیط مدل CCHE

ج) مروری بر کارهای گذشته صورت گرفته با مدل CCHE

- روندیابی جریان در رودخانه Pu-Tze تایوان
- روندیابی جریان و انتقال رسوب در رودخانه Pa-Chang تایوان
- بررسی جریان غیردائمی و انتقال رسوب در رودخانه East-Fork امریکا
- کاربرد مدل CCHE در حوضه آبریز GoodWin Creek امریکا

د) معادلات حاکم بر مدل

معادلات حاکم بر جریان و رسوب در رودخانه‌ها و کانال‌های باز عبارتند از:

1- مدل موج دینامیک:

معادلات حاکم بر مدل موج دینامیک در جریان کانال‌های روباز معادلات سنت ونانت است که عبارتند از:

1- معادله پیوستگی

معادله اندازه حرکت

(1)

$$\frac{\partial A}{\partial t}+\frac{\partial Q}{\partial x}=q$$

(2)

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{Q}{A}\right)+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\beta Q^2}{2A^2}\right)+g\frac{\partial h}{\partial x}+g\left(S_f-S_0\right)=0$$

در این معادلات؛

x و t محورهای مکانی و زمانی، A مساحت جریان، Q دبی جریان، h عمق جریان، S_0 شیب بستر، β ضریب تصحیح مومنتم، g شتاب ثقل، q دبی در واحد عرض جانبی و S_f شیب اصطکاکی می‌باشد.

در روش موج دینامیک، از معادله کامل مومنتم استفاده می‌شود. معادله کامل مومنتم همراه با معادله پیوستگی که در این روش حل می‌شود، تنها با کمک روش‌های عددی امکان‌پذیر است.

2- مدل موج پخشیدگی:

معادله مومنتم برای مدل موج پخشیدگی به فرم زیر نوشته می‌شود:

$$\frac{\partial h}{\partial x}+S_f-S_0=0 \qquad (3)$$

www.SID.ir

Archive of SID

3- معادلات حاکم بر انتقال رسوب

معادله حاکم بر انتقال رسوب غیر یکنواخت در شرایط تعادلی به صورت زیر است:

$$\frac{\partial(AC_{tk})}{\partial t}+\frac{\partial Q_{tk}}{\partial x}+\frac{1}{L_s}(Q_{tk}-Q_{t^*k})=q_{lk} \quad (4)$$

در این معادله؛ C_{tk} متوسط غلظت رسوبات مقطع برای اندازه ذرات k، Q_{tk} نرخ رسوبات حمل شده واقعی برای اندازه ذرات k ، Q_{t^*k} ظرفیت حمل رسوب، L_s طول معادل انتقال رسوبات غیر تعادلی و q_{lk} دبی جانبی ورودی یا خروجی رسوبات در واحد طول مجرا است [7، 8].

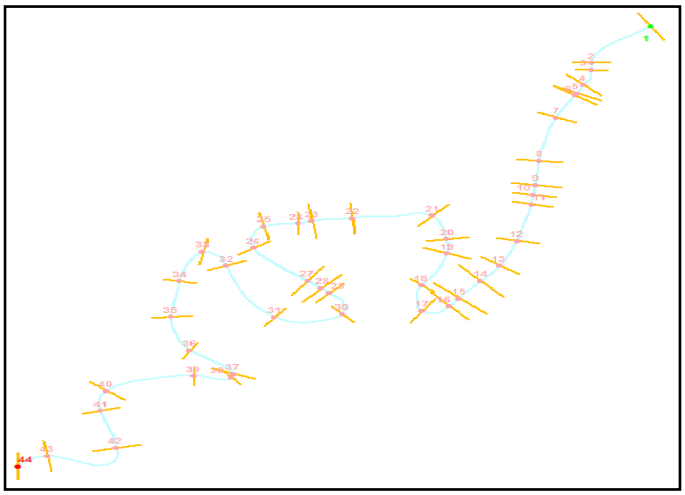
برای برآورد رسوب انتقالی مدل CCHE از چهار روش زیر استفاده می‌نماید:

- رابطه اصلاح شده ایکرز – وایت
- رابطه اصلاح شده انگلوند و هانسن
- رابطه وو و همکاران
- مدل SEDTRA که شامل روابط لارسن، یانگ و میر – پیتر و مولر می‌باشد.

فرمول‌ها و روابط حاکم بر این روش‌ها در کتاب‌ها و مراجع هیدرولیک و انتقال رسوب موجود است[4].

ه) مقدمات شبیه‌سازی و اجرای مدل

برای انجام شبیه‌سازی از داده‌های هندسی، هیدرولیکی و رسوبی رودخانه کارون استفاده گردید. در بخش اطلاعات هندسی، پلان عمومی بازه مورد مطالعه همراه با مقاطع عرضی رودخانه به مدل معرفی می‌گردد، همچنین برای این منظور از تعداد 44 مقطع عرضی استفاده شد. شکل 3 پلان هوایی رودخانه در بازه مورد نظر و مقاطع عرضی جانمایی شده را نشان می‌دهد.



شکل (3): پلان رودخانه و مقاطع عرضی جانمایی شده در مسیر

از هیدروگراف روزانه دبی جریان و منحنی سنجه-رسوب ایستگاه اهواز از سال 1377 تا 1384در ایستگاه بالادست و منحنی دبی اشل در ایستگاه پائین دست (فارسیات) به عنوان اطلاعات هیدرولیکی و رسوبی مورد نیاز مدل در قالب

www.SID.ir

Archive of SID

شرایط مرزی برای اجرای مدل استفاده شده است.

برای بدست آوردن اطلاعات دانه‌بندی مواد بستر رودخانه کارون از منحنی‌های دانه‌بندی و گزارش‌های سازمان آب و برق خوزستان استفاده شد، که به صورت زیر استخراج گردید.

قطر متوسط ذرات یا D_{50} ذرات 0/213 mm، حد پایین اندازه رسوبات mm0/06 و حد بالای آن mm2 و وزن مخصوص نسبی رسوبات (چگالی ویژه) 2/65 می‌باشد.

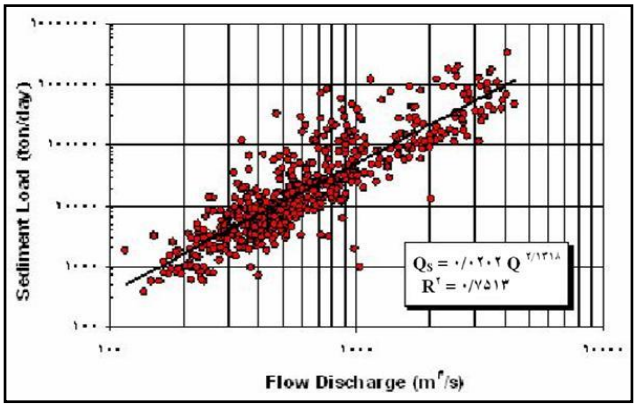
پس از تعیین مشخصات و وارد نمودن اطلاعات در CCHE، شبیه‌سازی و اجرای مدل صورت می‌پذیرد. شکل زیر نمایی از اجرای صحیح شبیه‌سازی در مدل را نشان می‌دهد.

نتایج و بحث

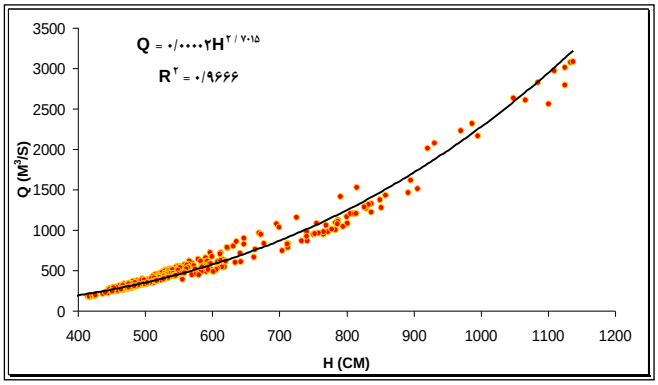
الف) واسنجی مدل

در بخش مدل‌سازی هیدرودینامیک از جمله پارامترهایی که در مدل‌های ریاضی باید واسنجی شود، ضریب مقاومت بستر می‌باشد که به صورت ضریب زبری مانینگ یا ضریب شزی تعریف می‌شود. بدین منظور معمولاً ضرایب زبری در مقاطع عرضی مختلف تا حدی تغییر داده می‌شود که مشخصات جریان از قبیل دبی یا عمق تا حد قابل قبولی با مقادیر اندازه‌گیری شده هم‌خوانی داشته باشد [6].

برای اجرای قسمت رسوبی مدل، ابتدا لازم است تا از واسنجی بودن هیدرولیکی مدل اطمینان



شکل (4): منحنی سنجه ایستگاه اهواز



شکل (5): رابطه دبی اشل ایستگاه فارسیات

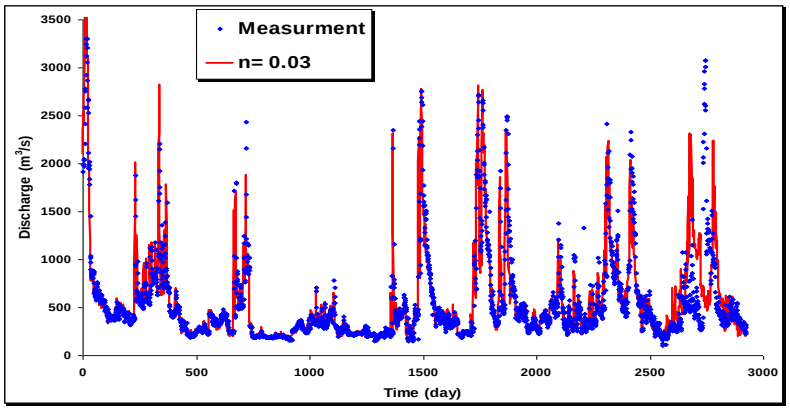
www.SID.ir

Archive of SID

شکل (6): پیغامی مبنی بر اجرای صحیح مدل

حاصل شود، چرا که پارامترهای به دست آمده از هیدرودینامیک جریان مبنای محاسبات رسوبی می‌باشند. به همین منظور در ابتدا برای شبیه‌سازی هیدرولیک جریان، مدل به ازای مقادیر مختلف ضریب زبری مانینگ اجرا گردید و مشاهده شد که نتایج حاصل از اجرای هیدرولیکی مدل با ضریب زبری مانینگ 0/03 بهترین برازش را با داده‌های مشاهداتی دارد. به منظور واسنجی مدل، ایستگاه هیدرومتری اهواز به عنوان مرز بالادست و ایستگاه هیدرومتری فارسیات به عنوان مرز پایین دست در نظر گرفته شده است. در واسنجی مدل ابتدا از هیدروگراف خروجی ایستگاه فارسیات در طول دوره شبیه‌سازی (1377-1384) به عنوان مقادیر مشاهداتی جهت مقایسه با مقادیر شبیه‌سازی شده استفاده شد. شکل (7) واسنجی اجرای مدل با ضریب زبری مانینگ 0/03 را نشان می‌دهد.

برای حصول اطمینان بیشتر از واسنجی شدن مدل هیدرولیکی با ضریب زبری مانینگ 0/03، اقدام به انجام مقایسه پروفیل سطح آب به دست آمده از مدل CCHE با نتایج حاصل همین کمیت از دو مدل GSTARS و HEC- RAS شده است. این دو مدل برای همین بازه از رودخانه کارون توسط کارشناسان سازمان آب و برق خوزستان به کار گرفته شده است. شکل زیر این مقایسه و تطابق داده‌ها را در دبی جریان حدود 1500 متر مکعب بر ثانیه نشان می‌دهد.

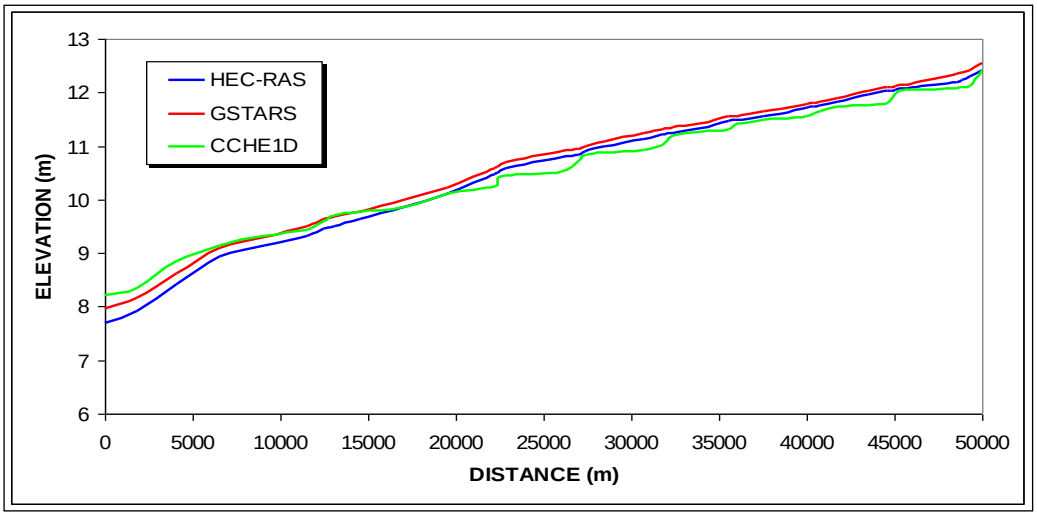


شکل (7): مقایسه مقادیر دبی جریان شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده در ایستگاه فارسیات

بعد از اطمینان از واسنجی مدل برای شبیه‌سازی هیدرولیکی، بایستی مدل برای شبیه‌سازی رسوب نیز واسنجی گردد. برای این منظور اقدام به واسنجی روابط رسوبی موجود در مدل برای مقطع عرضی

www.SID.ir

Archive of SID

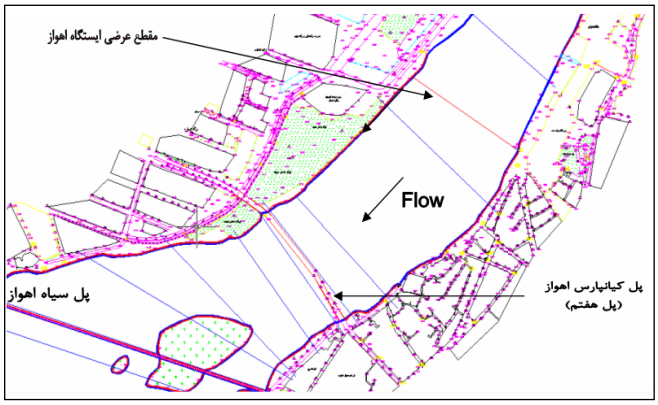


شکل (8): مقایسه پروفیل‌های سطح آب به دست آمده از مدل‌های مختلف

ایستگاه اهواز شده است. به منظور واسنجی رسوبی از پارامتر تخلخل استفاده گردید و مقادیر مختلف آن مورد ارزیابی قرار گرفت، و در نهایت تخلخل 0/4 مورد استفاده قرار گرفت. بدین صورت که مقطع عرضی ایستگاه اهواز در سال‌های 1377 و 1384 با نتایج تغییرات مقطع عرضی حاصل از شبیه‌سازی مقایسه گردیده است. شکل‌های (9) و (10) محل ایستگاه اهواز و واسنجی روابط رسوبی را نشان می‌دهد.

ب) صحت سنجی مدل

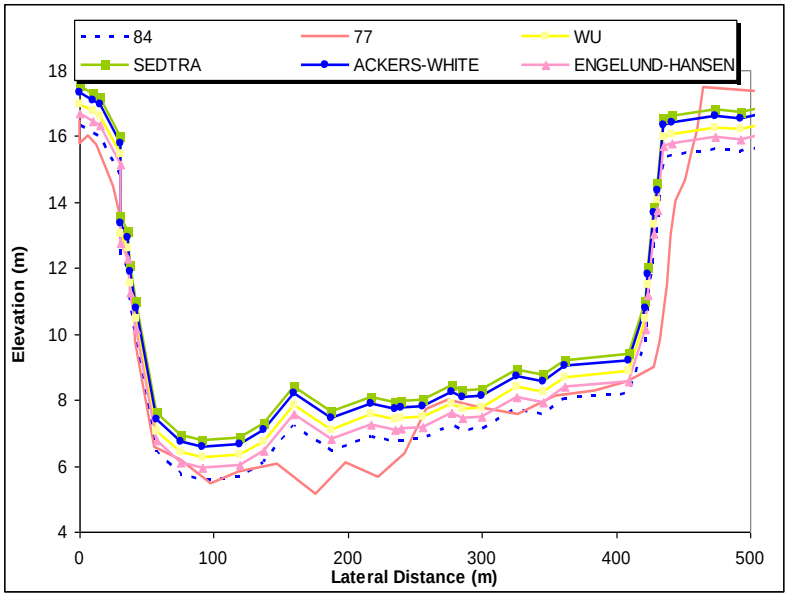
صحت‌سنجی یکی از موارد بسیار مهم در بحث مدل‌سازی می‌باشد، به طوری که قبل از استفاده از یک مدل بایستی از صحت نتایج و قابل اعتماد بودن مدل و نتایج به دست آمده از آن اطمینان حاصل نمود. در فرایند مدل‌سازی توسعه‌دهندگان مدل پس از توسعه، مدل را با استفاده از آزمایش‌های مرجع صحت‌سنجی کرده و نتایج به دست آمده، مستندسازی می‌شوند.



شکل (9): محل ایستگاه هیدرومتری اهواز

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (10): مقایسه مقطع عرضی ایستگاه اهواز شبیه‌سازی‌شده و اندازه‌گیری‌شده

صحت نتایج باید از دو طریق احراز شود:

1- روند تغییرات پارامتر مزبور در مدل عددی با روند اندازه‌گیری شده همخوانی داشته باشد.

2- مقادیر متناظر عددی و اندازه‌گیری شده در نقاط مختلف میدان با خطای قابل قبولی نزدیک هم باشند.

با در اختیار داشتن یک مجموعه اطلاعات اندازه‌گیری شده، آن ها به دو زیر مجموعه برای استفاده در بخش واسنجی و صحت‌سنجی تقسیم‌بندی می‌شوند. به طوری که بخش اعظم آن برای قسمت اول مورد استفاده قرار می‌گیرد. پس از واسنجی مدل با اطلاعات اندازه‌گیری شده، می‌توان مدل را با استفاده از باقی مانده اطلاعات اندازه‌گیری شده، صحت سنجی نمود. یعنی بدون تغییر دادن پارامترهای واسنجی، مدل با شرایط جدید اجرا می‌شود. سپس با مقایسه نتایج حاصل از مدل و مقادیر اندازه‌گیری شده می‌توان صحت مدل را برای شرایط جدید بررسی نموده و میزان اطمینان به مدل واسنجی شده را برآورد نمود.

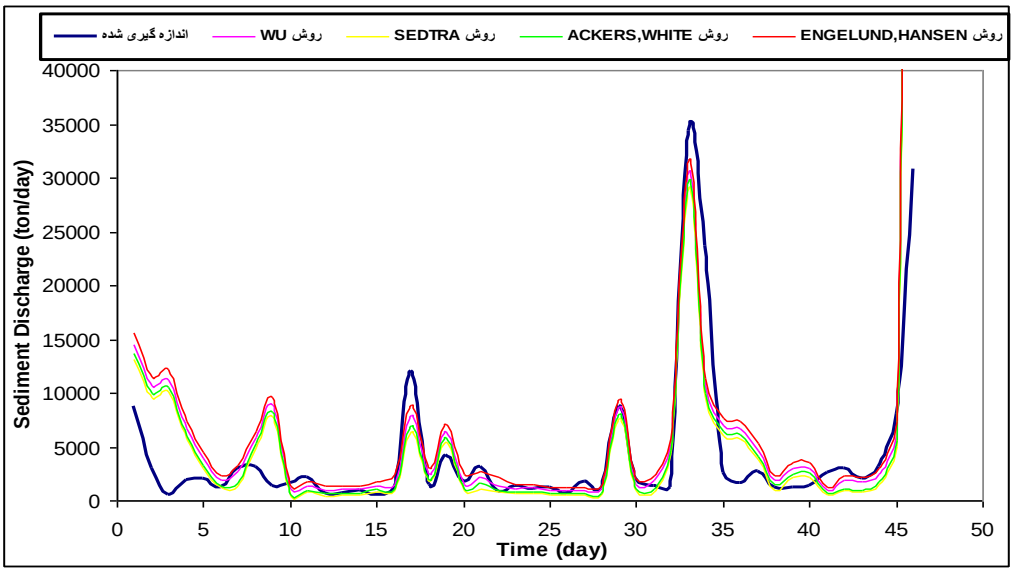
در بخش صحت‌سنجی مدل، ابتدا مقایسه‌ای بین دبی‌های رسوبی اندازه‌گیری شده در ایستگاه فارسیات (نقطه خروجی) و مقادیر شبیه‌سازی شده در زمان‌های مختلف در همان ایستگاه صورت می‌گیرد، که نتایج حاصل از این مقایسه به صورت زیر است. لازم به ذکر است که اندازه‌گیری غلظت در ایستگاه مذکور جهت تعیین دبی رسوب به طور منظم برداشت نشده است و روزهایی که این اندازه‌گیری صورت گرفته انتخاب شده‌اند. سپس روزهای نظیرشان که با شبیه‌سازی به دست آمده است نیز انتخاب گردید و این مقادیر با هم مورد مقایسه قرار گرفت.

در شکل مربوطه محور افقی نمودار، بیان‌گر روزهایی است که این برداشت صورت گرفته است.

در ادامه صحت‌سنجی مدل، مقایسه‌ای بین خطالقعر اندازه‌گیری شده رودخانه کارون در مسیر مورد مطالعه با مقادیر شبیه‌سازی شده صورت

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (11): مقایسه دبی رسوب ایستگاه فارسیات

می‌گیرد. این شکل بیان‌گر پیش‌بینی تغییرات خط‌القعر رودخانه کارون می‌باشد.

ج) برآورد رسوب سالیانه

با استفاده از نتایج به دست آمده از مدل ریاضی CCHE، می‌توان حجم رسوب‌گذاری در بازه اهواز – فارسیات را برآورد نمود. در مسیر رودخانه در ایستگاه هیدرومتری اهواز که نقطه بالادست است، مقدار رسوب ورودی می باشد و ایستگاه هیدرومتری فارسیات در پایین‌دست، نقطه خروجی می باشد. از تفاضل این مقادیر رسوبی، می توان مقدار حجم رسوب سالیانه در بازه اهواز – فارسیات را به دست آورد.

جدول زیر مقادیر برآورد شده حجم رسوب‌گذاری در بازه اهواز تا فارسیات را برای روابط مختلف نشان می‌دهد.

جدول (2): نتایج برآورد حجم رسوب‌گذاری با روابط گوناگون

رابطه رسوبی	وو و همکاران	SEDTRA	ایکرز و وایت	انگلوند و هانسن
حجم رسوب گذاری (میلیون تن در سال)	2/47	2/87	2/709	2/179

www.SID.ir

Archive of SID

د) نتیجه گیری

1- در ابتدا مدل ریاضی CCHE بر اساس ضریب‌های زبری مانینگ مختلف اجرا گردید و با توجه به واسنجی مدل ریاضیGSTARS در بازه اهواز- فارسیات با ضریب زبری مانینگ 0/03 و مطابقت مناسب دو کمیت پروفیل سطح آب و دبی جریان ایستگاه فارسیات با این ضریب، مدل CCHE با ضریب زبری مانینگ 0/03 واسنجی گردید.

2- نتایج واسنجی مدل CCHE در مقطع عرضی ایستگاه هیدرومتری اهواز نشان می‌دهد که مقطع عرضی برآورد شده توسط روابط انگلوند-هانسن و وو و همکاران بهترین تطابق را با مقطع عرضی اندازه‌گیری شده سال 1384 ایستگاه دارند. رابطه SEDTRA از بین روابط رسوبی مورد بررسی، بیشترین خطا را داشته است.

3- جهت اطمینان از واسنجی شدن مناسب مدل، پروفیل‌های سطح آب در دبی 1500 متر مکعب بر ثانیه در مدل‌های مختلف با هم مقایسه گردید.

4- برای صحت‌سنجی مدل نیز پیش‌بینی از پروفیل خط القعر رودخانه در بازه مورد بررسی صورت گرفته است. همچنین در ادامه هیدروگراف رسوب خروجی بازه (ایستگاه فارسیات) مورد بررسی قرار گرفت. در این بررسی مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده دبی رسوب در ایستگاه فارسیات با هم مقایسه شدند.

5- نتایج واسنجی و صحت‌سنجی مدل، قابلیت و کارایی مناسب مدل ریاضی CCHE را در پیش‌بینی تغییرات طولی و عرضی رودخانه نشان می‌دهد.

6- با استفاده از نتایج به دست آمده از مدل ریاضی CCHE، میزان رسوب‌گذاری در بازه اهواز تا فارسیات در حدود دو و نیم میلیون تن در سال برآورد شده است، (با متوسط گیری از نتایج روابط گوناگون). از بین روابط مختلف رابطه انگلوند – هانسن بهترین مطابقت را با نتایج حاصل از مدلGSTARS نشان می‌دهد [3].

منابع

1- آل‌یاسین، احمد، 1386، کاربرد مهندسی رودخانه در رودخانه‌های دز و کارون، انتشارات کمیته ملی سدهای بزرگ ایران (وزارت نیرو)، نشریه شماره 33.

2- امامی، سید امیر، 1379، انتقال رسوب، انتشارات جهاد دانشگاهی، دانشگاه امیرکبیر.

3- شاهی‌نژاد، بابک، ظهیری، عبدالرضا، رستمی، سعید، 1386، پیش بینی روند فرسایش و رسوب‌گذاری در رودخانه کارون در محدوده شهری اهواز با استفاده از مدل GSTARS ، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران.

4- شفاعی‌بجستان، محمود، 1384، هیدرولیک رسوب، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.

5- علی زاده، امین، 1380، اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

6- وزارت نیرو، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، 1386، راهنمای کاربرد مدل‌های ریاضی و فیزیکی در مطالعات مهندسی و سامان دهی رودخانه، نشریه شماره 320- الف.

www.SID.ir

Archive of SID

7- Vieira, Dalmo, Wu, Weiming, 2002, Technical Manual for One-Dimensional Channel Network Model, Version 3.0, University of Mississippi.
8- Vieira, Dalmo, Wu, Weiming, 2002, User's manual for One-Dimensional Channel Network Model, Version 3.0, University of Mississippi.

www.SID.ir