Archive of SID

مدل‌سازی سه بعدی بستر رودخانه بر اساس RCMM

ایمان صدقی[۱]، مسعود رضا حسامی کرمانی[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های هیدرولیکی، گروه عمران، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۲- استادیار دانشکده عمران دانشگاه شهید باهنر کرمان

Iman.sedghi@yahoo.com

چکیده:

عمق خط‌القعر[۱] رودخانه با استفاده از روابط هندسی هیدرولیکی محاسبه می‌شود. جهت انجام برآوردهای مربوط به بستر رودخانه و تعیین ارتفاع نقاط مختلف رودخانه، از پیمایش‌های میدانی استفاده می‌شودکه به عنوان مثال می‌توان به پیمایش‌های ایستگاهی نسبت به رودخانه‌های کم‌عمق و پیمایش با کمک قایق در رودخانه‌های عمیق اشاره نمود. هدف این مطالعه، ارزیابی مدل RCMM با استفاده از داده‌های رودخانه گز است که با ایجاد ارتباط بین ویژگی‌های عمق سنجی و شکل صفحه‌ای رودخانه، می‌تواند عمق رودخانه را برآورد نماید. رودخانه گز از نوع رودخانه‌های مئاندری است که در جنوب ایران، جنوب شرقی استان هرمزگان در ۸ کیلومتری بندر سیریک و در روستای سربندر واقع شده و زیر مجموعه شهرستان جاسک می باشد. مدل RCMM با استفاده از پلان دو بعدی کانال و روابط هندسه هیدرولیکی شکل سه بعدی کانال را به وجود می‌آورد. در این مدل برای تعیین موقعیت مسطحاتی خط‌القعر، شعاع انحنای ساحل سمت چپ درنظر گرفته می‌شود. عملیات هیدروگرافی برای تمام طول یک رودخانه، کاری پرهزینه و وقت‌گیر می‌باشد به همین منظور از مدل RCMM جهت پیش بینی موقعیت خط‌القعر رودخانه گز با داشتن مرز کانال و خط مرکز کانال رودخانه استفاده می‌شود. در راستای این تحقیق، با ۳۴٪ یا یک سوم داده‌های رودخانه، مدل کالیبره و با ۶۶٪ یا دو سوم داده‌های رودخانه، مدل تست شده است و برای بقیه‌ی بستر رودخانه که داده‌های هیدروگرافی آن معلوم نیست مدل بازسازی شده است. این مطالعه از دو بخش اصلی ۱- آماده‌سازی RCMM ۲- استفاده از روش RCMM ، جهت مدل‌سازی بستر رودخانه در قالب نرم افزار Arc GIS استفاده شده است، مدل‌سازی شکل هندسی رودخانه به روش RCMM راهکار مناسبی برای تعیین خط‌القعر رودخانه است و این مدل برای رودخانه‌های مئاندری همانند رودخانه گز به خوبی عمل می‌کند و همچنین برای توصیف و نمایش سه بعدی مدل رودخانه، از نرم افزار HEC-RAS استفاده شده است.

کلمات کلیدی: مورفولوژی، خط‌القعر، ضریب خمیدگی، هیدرولیکی، RCMM

[۱] Thalweg

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

کانال رودخانه‌ها از طریق فرآیندهای فرسایش و رسوب گذاری به وجود می‌آیند که در اثر آنها هم شکل کانال‌ها (کانال رودخانه) و هم شکل سطح مقطع‌ها (موقعیت خطالقعر) تغییر می‌کند. فرسایش یک ساحل و رسوب گذاری در ساحل دیگر باعث به وجود آمدن پیچ و خم در کانال روخانه می‌شود (Merwade,۲۰۰٤)، توپوگرافی بستر رودخانه نقشی بحرانی در مدل‌سازی عددی هیدرودینامیکی جریان، انتقال رسوب، اکولوژی و ارزیابی ژئومورفولوژی بازی می‌کند (Merwade,۲۰۰۴). این تحقیق روشی برای تعیین مدل سه بعدی بستر رودخانه با استفاده از روش RCMM فراهم می‌کند. توصیف سه بعدی رودخانه همچنین در مدل‌های نرم افزار HEC-RAS مورد استفاده قرار می‌گیرد (Merwade,۲۰۰۹).

روشی که معمولا برای جمع‌آوری داده‌های عمق سنجی مورد استفاده قرار می‌گیرد استفاده از قایق مجهز به عمق‌یاب صوتی و GPS یا به صورت پیمایشات میدانی است، که از داده‌های جمع‌آوری شده برای ساختن توپوگرافی مدل فیزیکی کانال رودخانه گز واقع در جنوب ایران، جنوب شرقی استان هرمزگان در ۸ کیلومتری بندر سیریک و در روستای سربندر استفاده شده است.

روش ارائه شده در این تحقیق تنها برای رودخانه‌های مئاندر کاربرد دارد و شامل رودخانه‌های چند شاخه‌ای نمی‌شود. این پژوهش دارای دو بخش اصلی: ۱- آماده‌سازی RCMM ۲- استفاده از روش RCMM می‌باشد. در بخش اول داده‌ها به شکل ورودی‌هایی قابل استفاده برای مدل RCMM تبدیل می‌شوند در بخش دوم مدل RCMM اجرا می‌شود.

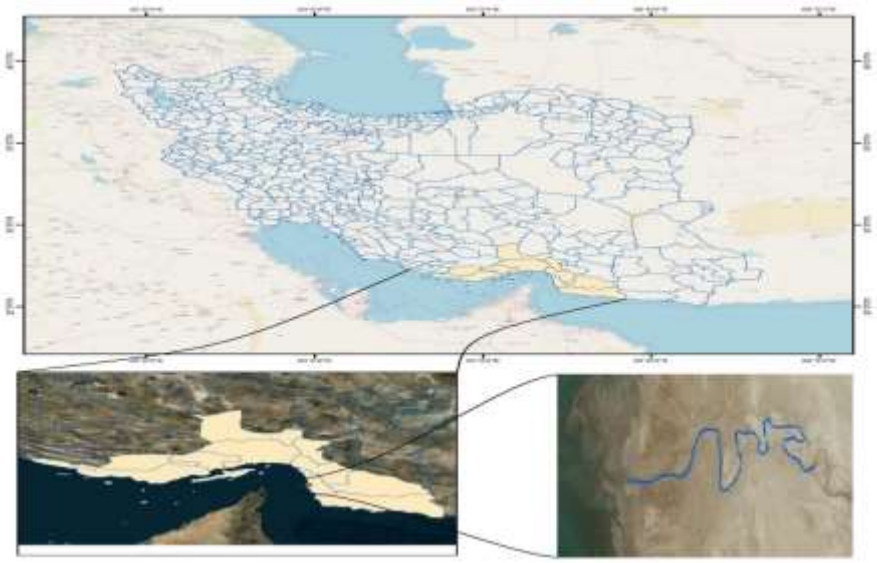
مدل RCMM توسط (Merwade ,۲۰۰٤) مطرح شده است؛ این مدل از مرز کانال و خط مرکز کانال برای برآورد شکل صفحه‌ی کانال استفاده می‌کند. در بسیاری از مطالعات، شکل موج‌های کانال در قالب اشکال هندسی ایده‌آل همانند ذوزنقه یا سهمی در نظرگرفته می‌شوند؛ از این شکل موجها جهت ایجاد سطح مقطع‌های مورد نیاز برای برآورد جریان رودخانه استفاده می‌شود. RCMM براساس ایجاد روابط بین خصوصیات کانال مختلف مانند شکل کانال (شکل رودخانه از نظر پلان) ، محل خطالقعر و مقاطع عرضی است. علاوه بر این، مدل ریخت شناسی کانال رودخانه ویژگی‌های کانال و مقطع را با توابع تحلیلی مشخص می‌کند.

۲- ابزار و روش

برای مدل‌سازی بستر رودخانه، روشی را باید ارائه داد که شامل مشخصات زمین شناسی و نوع آب و هوا و تمام عوامل موثر دیگر باشد. با استفاده از روش RCMM می‌توان چندین پارامتر را برای مدل‌سازی بستر رودخانه وارد مدل کرد. اما این تحقیق تنها بر روی نقش شکل کانال و عمق، در مدل‌سازی بستر یک رودخانه متمرکز می‌شود. داده‌های استفاده شده در این پژوهش برداشت توپوگرافی بستر رودخانه به وسیله GPS و دوربین نقشه‌برداری در طول رودخانه گز می‌باشد. این رودخانه از جنوب شرق استان هرمزگان شروع می‌شود، با گذشتن از روستاهای مستو، مغ کنار،گاردوهو،کردر،کلنگی، تومان راهی، میشی، نوشهر و سیریک کهنه به خلیج فارس وارد می‌شود (شکل شماره ۱).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل شماره (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان هرمزگان

همانطور که قبلا گفته شد این پژوهش از دو قسمت اصلی تشکیل شده است که به توضیح هر یک از آنها می‌پردازیم:

۱-۲- آماده‌سازی RCMM

شکل شماره (۲): الگوریتم RCMM (Merwade, ۲۰۰٤)

www.SID.ir

Archive of SID

۱-۱-۲- تبدیل داده‌ها

استفاده از RCMM شامل استفاده از داده‌ها در یک مکان برای کالیبراسیون و داده‌ها در مکان‌های دیگر برای صحت سنجی است. بنابراین استفاده از این روش مستلزم برخورد با موقعیت های مختلف و مقیاس‌های مختلف است. برای این فرآیند، داده‌ها در سیستمی جابجا می‌شوند که مستقل از مکان و مقیاس است. پس از پردازش، داده‌ها می‌توانند به مختصات اصلی خود تبدیل شوند. تبدیل اول داده‌ها شامل تبدیل داده از مختصات دکارتی (x, y, z) به مختصات متعامد (s, n, z) است. تبدیل داده از سیستم مختصات (x, y, z) به (s, n, z)، داده‌ها را مستقل از مکان می‌کند. در یک کانال رودخانه‌ای، وظیفه اختصاص مختصات (s,n) به P شامل یافتن فاصله عمود P از خط مرکزی (مختصاتn) و فاصله جریان P از انتهای بالادست (مختصات s) است. تبدیل دوم داده‌ها شامل نرمال‌سازی داده‌ها است. در این تحقیق نرمال‌سازی داده‌ها به داده مستقل از مقیاس اشاره می‌کند. این کار با تبدیل داده به یک فرم غیر بعدی انجام می‌شود که در آن عرض و عمق کانال یکسان است.

مطابق معادلات ۱ و ۲ برای هر نقطه هیدروگرافی، P (ni, zi) مختصات بی بعدی آورده شده است:

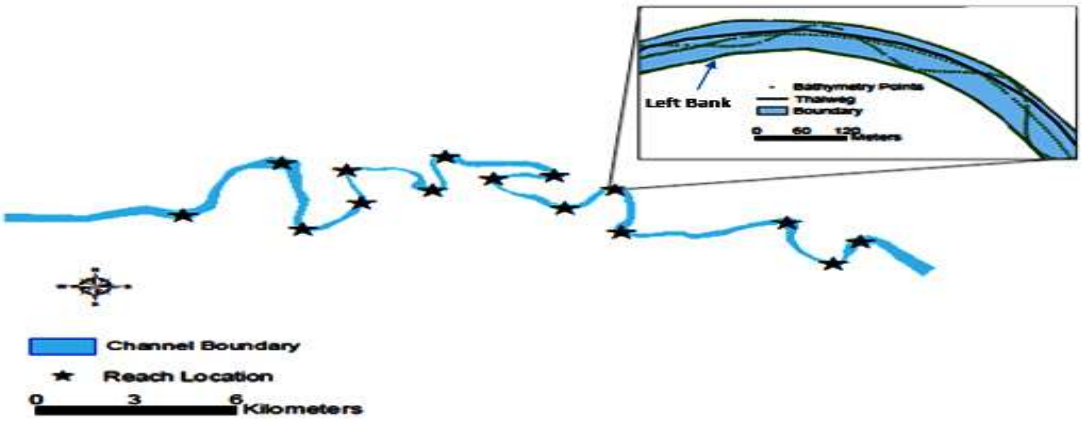
$$ni^* = (ni-nL)/W \qquad (۱)$$

$$zi^* = (Zb-zi\ )/d \qquad (۲)$$

در معادلات فوق،W عرض کانال، d حداکثر عمق کانال می‌باشد.

۲-۱-۲- محاسبه شعاع انحناء

مرز کانال به طوردستی به دو ساحل تقسیم شده است. ساحل سمت چپ به تعدادی قطعات تقسیم شده است به طوریکه طول هر قطعه تقریباً مساوی با طول موج مئاندر است، که تقریباً ۱۰ تا ۱۴ برابرعرض کانال می‌باشد (شکل شماره ۳). میانگین عرض کانال، تقریباً ۶۰ متر است، و میانگین طول قطعات تقریبا ۶۵۰ متر می‌باشد. تقسیم بندی ساحل به گونه‌ایست که هر قطعه شامل یک خم باشد و کیفیت داده‌ها در هر قطعه خوب باشد.

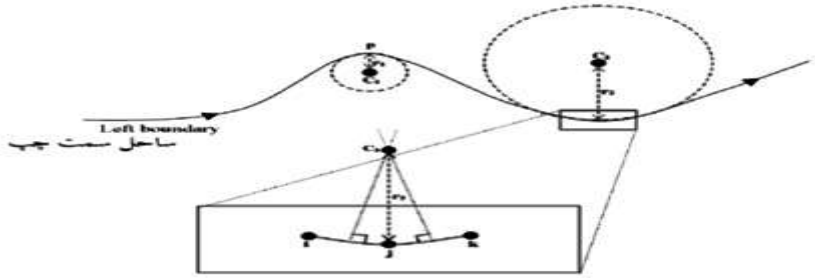


شکل شماره (۳): موقعیت قطعات مورد استفاده برای محاسبه شعاع انحنا

www.SID.ir

Archive of SID

مطابق شکل شماره (۴) برای هر قطعه، شعاع دایره انحنا[۲] با استفاده از دو نقطه انتهایی(i,k) و نقطه وسط (j) و نیز فاصله نقطه وسط کانال تا خطالقعر(r) محاسبه شده است.

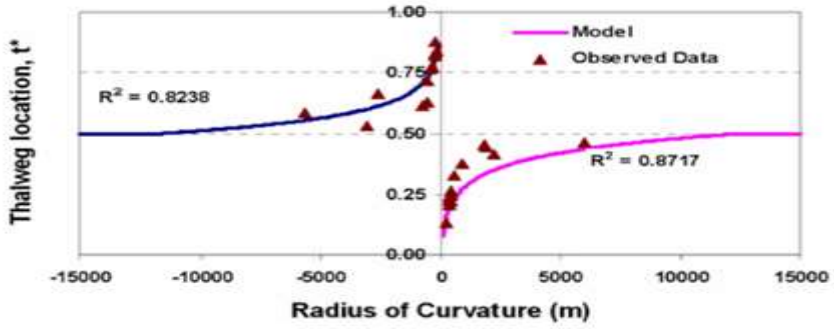


شکل شماره (۴): محاسبات شعاع انحنا برای کانال (Merwade, ۲۰۰۴)

نقطه تقاطع نیمسازهای عمود از قطعات ij و jk به عنوان مرکز دایره تعریف می‌شود (c۲)، شعاع این دایره یا همان شعاع انحنا است. با نگاه به سمت پایین دست، اگر مرکز انحنا در سمت راست قطعه باشد دایره(c۱)، شعاع انحنا مثبت است و شعاع انحنا برای دایره c۲ منفی است. بنابراین یک شعاع انحنا مثبت به این معنی است که خم[۳] کانال به سمت چپ است و یک شعاع انحنا منفی به این معنی است که خم یا پیچش کانال به سمت راست است.

۳-۱-۲- تعیین خطالقعر

RCMM برای ایجاد خط القعر از ساحل چپ (نگاه به پایین دست) استفاده می‌کند. ایجاد خطالقعر بر اساس یک رابطه لگاریتمی بین شکل کانال (شعاع انحنای سمت چپ) و فاصله خطالقعر از ساحل سمت چپ است. برای هر قطعه شعاع انحنا و موقعیت خطالقعر(t*) محاسبه می‌شود. شکل شماره (۵) نتایج شعاع انحنا و موقعیت خطالقعر را نمایش می‌دهد. بنابر این مقدار شعاع انحنا نه‌تنها کانال مئاندری را اندازه‌گیری می‌کند، بلکه نشان می‌دهد که آیا کانال به سمت چپ یا به سمت راست پیچیده یا منحرف شده است.



شکل شماره (۵): روابط بین موقعیت خط القعر و شعاع انحنا (Merwade, ۲۰۰۴)

شکل شماره (۵)، رابطه بین مکان خطالقعر و شعاع انحنا و دارای روابط زیر هستند:

[۲] Circle Of Curvature

[۳] Meandering

www.SID.ir

Archive of SID

الف (۳)	$0 < r < 10000m$	$t^* = -0,076*ln(r) + 1,21$
ب (۳)	$r \geq 10000m$	$t^* = 0,5$
الف (۴)	$-10000m < r < 0$	$t^* = 0,087*ln(abs(r)) - 0,32$
ب (۴)	$r \leq -10000m$	$t^* = 0,5$

در روابط فوق t و r به ترتیب موقعیت خط القعر و شعاع انحنا هستند. معادله‌های ۱ و ۲ یک عبارت ابعادی (شعاع انحنا) را به یک موقعیت خط‌القعر بدون بعد(t*) ارتباط می‌دهد. می‌توان فرض کرد که کانال‌های عریض‌تر در مقایسه با کانال‌های باریک‌تر شعاع انحنا بزرگ‌تری دارند. اگرچه رابطه بین عرض و شعاع انحنا قابل بحث است.از رابطه بین شعاع انحنای بعدی و محل خط‌القعر (معادلات ۳ و ۴) بدون تغییر برای پیش بینی خط‌القعر رودخانه گز با توجه به محاسبه شعاع انحنا استفاده شد.

۴-۱-۲- استفاده از یک شکل تحلیلی

برای برازش سطح مقطع کانال چندین فرم تحلیلی از جمله توابع توانی، چند جمله‌ای‌ها، Splines و توابع چگالی احتمال (گاما و بتا) در نظر گرفته می‌شود. بهترین فرم تحلیلی در این تحقیق توابع چگالی احتمال (گاما و بتا) است. بعد از یافتن فرم تحلیلی مناسب برای توصیف مقطع، اهمیت هر پارامتر با انجام تحلیل رگرسیون غیر خطی بررسی می‌شود (کودی و اسمیت ، ۱۹۹۷). هر سطح مقطع، ترکیبی از دو پارامتر توزیع بتا است. توزیع بتا شامل چهار پارامتر می‌باشد که تخمین آنها آسان است. سرانجام، تناسب کلی و اهمیت هر پارامتر برای ترکیبی از دو توزیع بتا با انجام یک تحلیل رگرسیون غیر خطی تأیید می‌شود. هنگامی که مقطع کانال با استفاده از ترکیبی از دو توزیع بتا تعریف شد، مرحله بعدی ارتباط پارامترهای توزیع بتا به مکانهای مختلف خط القعر است. برای ارتباط توزیع‌های بتا (مقطع کانال) به مکان‌های مختلف خط القعر ، نقاط هیدروگرافی به صورت دستی برای نه مکان مختلف خط القعر انتخاب می‌شوند و پارامترهای بتا (α^1، β^1 ، α^2 ، β^2و k) برآورد شده با انجام تجزیه وتحلیل رگرسیون غیرخطی تخمین زده می‌شوند (جدول شماره ۱). بنابراین α^1 و β^1 و α^2 و β^2 پارامترهای توزیع بتا هستند.

جدول شماره (۱): مقادیر آلفا و بتا

	ID *	LOCATION	ALPHA1	BETA1	ALPHA2	BETA2	FACTOR
▶	1	0.1	1.5	8	2.5	2.5	0.2
	2	0.2	2.25	7.5	2.25	2.25	0.225
	3	0.3	3	6	2	2	0.24
	4	0.4	3.75	5	1.75	1.75	0.25
	5	0.5	3.75	3.75	1.5	1.5	0.275
	6	0.6	5	3.75	1.75	1.75	0.25
	7	0.7	6	3	2	2	0.24
	8	0.8	7.5	2.25	2.25	2.25	0.225
	9	0.9	8	1.5	2.5	2.5	0.2

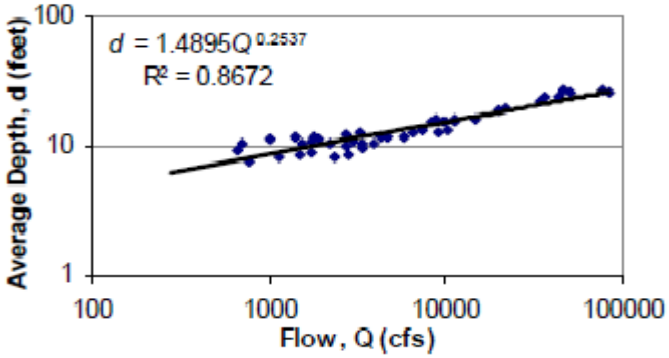
۵-۱-۲- به وجود آوردن روابط هندسه هیدرولیکی

برای توسعه مورفولوژی کانال در مناطق بدون داده، RCMM از مقادیر متوسط عمق، عرض و ارتفاع کانال رودخانه در مناطق بالا دست و پایین دست(نقاط مرجع) از منطقه مورد نظر استفاده می‌کند. محاسبه مقادیر متوسط عمق، عرض و ارتفاع در نقاط

www.SID.ir

Archive of SID

مرجع در طول کانال یک پیش‌نیاز برای استفاده از ومدل RCMM است. برای محاسبه این مقادیر بهتر است که سطح مقطع را در نقاط مرجع اندازه‌گیری کنیم اما اگر سطح مقطع اندازه‌گیری نشده باشد این مقادیر را می‌توان از داده‌های ایستگاه هیدرومتری از منحنی دبی- اشل وابسته به موقعیت اندازه‌گیری مقطعی از مقطع عرضی انجام دهیم. با استفاده از اندازه گیری‌های ایستگاه، می‌توان با ایجاد روابط هندسی هیدرولیکی، مقادیر عمق، عرض و ارتفاع در هر نقطه در امتداد کانال رودخانه محاسبه کرد. روابط هندسه هیدرولیکی، جریان را با مقادیر عمق، عرض و سرعت مرتبط می‌کند. شکل شماره (۶) رابطه هندسه هیدرولیکی بین جریان و عمق متوسط در ایستگاه رودخانه گز را نشان می‌دهد.



شکل شماره (۶): منحنی میانگین عمق و دبی جریان

$$W = aQb \quad (۵،۲۰) \qquad (۵)$$
$$d = cQf \quad (۵،۲۱) \qquad (٦)$$
$$v = kQm \quad (۵،۲۲) \qquad (۷)$$

در روابط فوق W، d، v و Q به ترتیب عرض متوسط ، عمق متوسط ، سرعت متوسط و دبی هستند که برای پیش‌بینی آنها از ایستگاه اندازه‌گیری در طول رودخانه گز استفاده شده است.

۲-۲- استفاده از روش RCMM

رودخانه‌ها نسبت به تغییر شرایط جریان یا مشخصات هندسی خود که بطور طبیعی یا مصنوعی(دخالت بشر) ایجاد می‌شود حساسیت و عکس العمل نشان می‌دهند. بعبارتی هر تغییری در رودخانه، تغییر در دیگر خصوصیات آنرا به دنبال دارد. استفاده از روش RCMM با نرم افزار Arc GIS انجام می‌شود.تهیه فایل هندسی رودخانه یکی از اقدامات اساسی برای ورودی مدل Arc GIS می‌باشد. جهت ساخت فایل هندسی رودخانه از Arc GIS استفاده می‌شود و برای نمایش شکل سه بعدی آن در محیط HEC-RAS انجام می‌شود. HEC-RAS با محیط نرم افزار Arc GIS انطباق داشته و با صرف زمان کمتر و دقت بیشتر، اطلاعات پایه هندسی که نقش مهمی در تحلیل رودخانه، دارا می‌باشند تهیه می‌شوند. برای دقت بیشتر، در تحلیل هیدرولیک جریان معمولا از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۰۰۰ برای محدوده مطالعاتی استفاده می‌شود. مراحل انجام کار جهت ساخت فایل هندسی در این پژوهش با استفاده از Arc GIS به ترتیب عبارتنداز:

۱- ایجادخط مرکزی رودخانه[۴]

[۴] Centerline

www.SID.ir

Archive of SID

۲- ایجاد نقاط کنترل[۵]
۳- ایجاد مرز رودخانه[۶]
۴- ایجاد مقاطع عرضی[۷]
۵- ایجاد خطوط پروفیل[۸]
۶- ایجاد خطالقعر[۹]
۷- آماده سازی داده‌ها برای مدل HEC-RAS

بعد از مدل‌سازی بستر رودخانه و به دست آوردن شکل هندسی مدل، داده‌های استخراج شده مدل از نرم افزار Arc GIS را در نرم افزار HEC-RAS به شکل سه بعدی نمایش می‌دهیم.

۱-۲-۲- ایجاد خطالقعر با استفاده از مدل RCMM

RCMM برای ایجاد خط القعر از ساحل چپ (نگاه به پایین دست) استفاده می‌کند. بنابراین ابتدا چند ضلعی مرزی باید به چند خطی مرزی تبدیل شود و سپس برای استخراج ساحل سمت چپ از هم جدا شوند. قبل از ایجاد خط القعر باید یک بخش مرزی[۱۰] ایجاد کرد این کار تمام فرایند پیش پردازش خط القعر را تکمیل می‌کند. ایجاد خط القعر بر اساس یک رابطه لگاریتمی بین شکل کانال (شعاع انحنای سمت چپ) و فاصله خط القعر از ساحل سمت چپ است. لذا برای این موضوع باید ضریب خمیدگی رودخانه مورد بررسی قرار گیرد تا پارامترهای خمیدگی رودخانه بطور صحیح انتخاب شوند.

۲-۲-۲- محاسبه ضریب خمیدگی

ضریب خمیدگی یا ضریب سینوسیته اولین بارتوسط لئوپولد، ولمن و میلر در سال ۱۹۶۴ برای طبقه بندی رودخانه‌ها تعریف شده است. بنابه تعریف، ضریب خمیدگی برابر است با طول تالوگ(Lr) رودخانه (محل عمیق‌ترین جای جریان) به طول دره‌ای(Lv) که رودخانه در آن جریان دارد. به همین دلیل، بنابه تعریف،P یا همان ضریب خمیدگی مطابق رابطه (۸)، برابر خواهد بود با:

$$P = Lr/Lv \qquad (۸)$$

ضریب خمیدگی تابعی از شیب دره و شیب واقعی رودخانه است و آنرا با نیز رابطه (۹) می‌توان تعریف کرد :

$$Sr/Sv=P \qquad (۹)$$

در رابطه بالا Sr شیب طولی رودخانه و **Sv** شیب دره می باشد.

رودخانه‌ها را با توجه به مقدار ضریب خمیدگی به سه دسته می‌توان طبقه‌بندی کرد:۱-رودخانه‌های با ضریب خمیدگی کم ($1 < P < ۱/۵$)، ۲-رودخانه‌های با ضریب خمیدگی متوسط ($۱/۵ < P \leq ۲$)، ۳-رودخانه‌های با ضریب خمیدگی بزرگ ($P \geq ۲$) درصورتی که ضریب خمیدگی رودخانه در حد متوسط یا بزرگ باشد، رودخانه مئاندری محسوب می‌شود.

---

۵ RefrencePoint
۶ ChannelBoundary
۷ CrossSections
۸ ProfileLines
۹ Thalweg
۱۰ BoundrySegment

www.SID.ir

Archive of SID

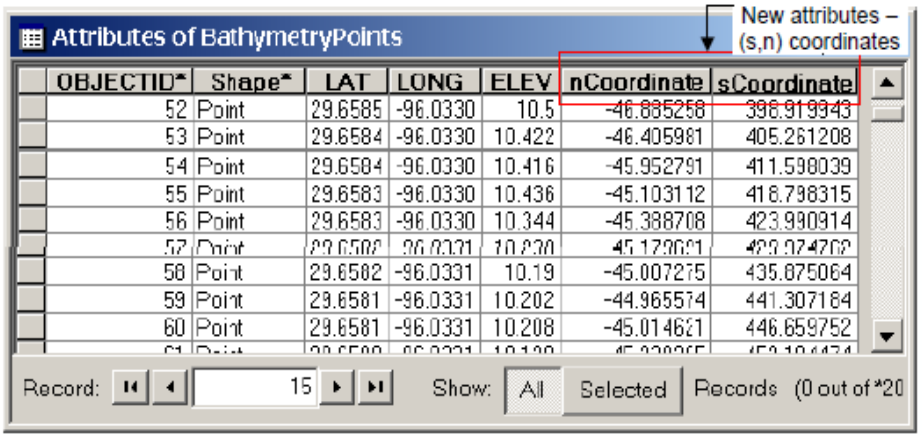
۳- بحث و نتایج

توصیف بستر کانال براساس شکل مئاندری بودن کانال و روابط هندسی هیدرولیکی است. هدف اصلی از انجام این تحقیق توسعه یک مدل برای پیدا کردن خط القعر رودخانه است. در راستای این تحقیق، تبدیل داده‌ها انجام شد سپس با توجه به محاسبه شعاع انحنا برای قطعات کوچک رودخانه با استفاده از ساحل سمت چپ و همچنین با توجه به روابط هندسه هیدرولیکی عرض و عمق کانال رودخانه و محاسبه ضریب خمیدگی برای تعیین خط القعر رودخانه انجام شد و در آخر با ایجاد رابطه بین موقعیت خط القعر و شعاع انحنا و استفاده از یک شکل تحلیلی محل خط القعر پیدا شد.

۳-۱- تبدیل داده‌ها

کل داده‌های مربوط به عمق سنجی به صورت مستقل از مکان و مقیاس تبدیل و نرمال شده‌اند. این تغییر به این معنی است که تمام نقاط اندازه‌گیری به سیستم مختصات (s, n, z) اختصاص داده شده‌اند. مختصات (s, n) در جدول ویژگی‌های نقاط اندازه‌گیری توپوگرافی به همراه ویژگی‌های اصلی مطابق جدول شماره (۲) ذخیره می‌شوند.

جدول شماره (۲): خصوصیات نقاط هیدروگرافی با مختصات (s, n)

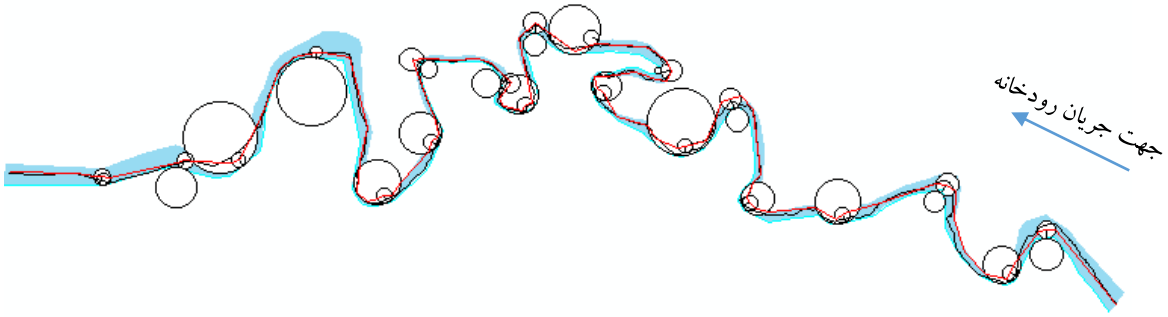


۳-۲- شعاع انحناء

در شکل شماره (۷)، شعاع انحنای مربوط به ساحل سمت چپ رودخانه گز محاسبه شده است.

www.SID.ir

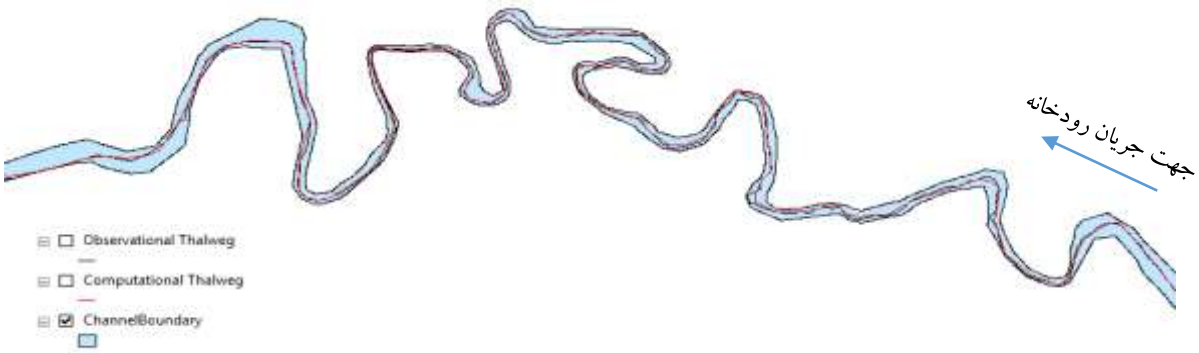
Archive of SID



شکل شماره (۷): محاسبه شعاع انحنای ساحل سمت چپ رودخانه گز

۳-۳- تعیین خطالقعر با توجه به محاسبه شعاع انحناء

از رابطه بین شعاع انحنای بعدی و محل خطالقعر (معادلات ۴ و ۵) بدون تغییر برای پیش بینی خطالقعر رودخانه گز با توجه به محاسبه شعاع انحنا مطابق شکل شماره (۸) استفاده شد.



شکل شماره (۸): خطالقعر مشاهده شده با محاسبه شده(از طریق شعاع انحنا)

۴-۳- ضریب خمیدگی

رودخانه گز را بر اساس شیب می‌توان به چهار بازه جداگانه تقسیم کرد و ضریب خمیدگی آنرا محاسبه نمود که نتایج در جدول شماره (۳) نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

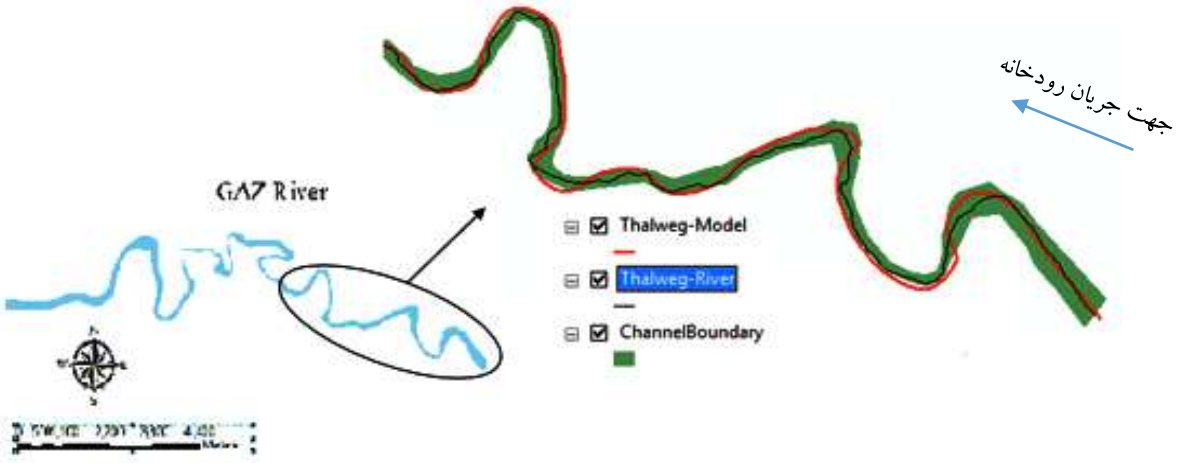
جدول شماره (۳): مقادیر شیب دره، شیب رودخانه و ضریب سینوسیته هر یک از مقادیر رودخانه گز

شماره بازه	S_r	S_v	P
۱	۰/۰۰۰۳۴	۰/۰۰۰۵۱	۱/۵۱
۲	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۳۳	۱/۵۷
۳	۰/۰۰۰۳۰	۰/۰۰۰۴۸	۱/۶۰
۴	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۱	۱/۶۶

هر چه به سمت پایین دست رودخانه می‌رویم شیب زیادتر می‌شود به همان نسبت ضریب خمیدگی افزایش می‌یابد.

۵-۳- کالیبره کردن مدل

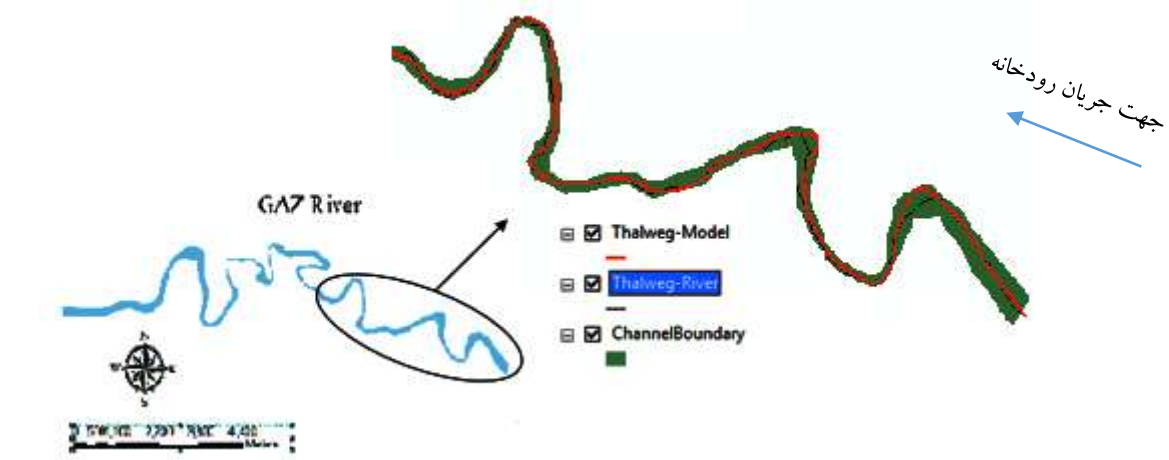
در این پژوهش برای کالیبره کردن مدل تنها از ۷۰٪ کل داده‌های موجود، یعنی حدود ۱۵ کیلومتر ابتدای رودخانه به منظور کالیبره کردن مدل برای پیش بینی



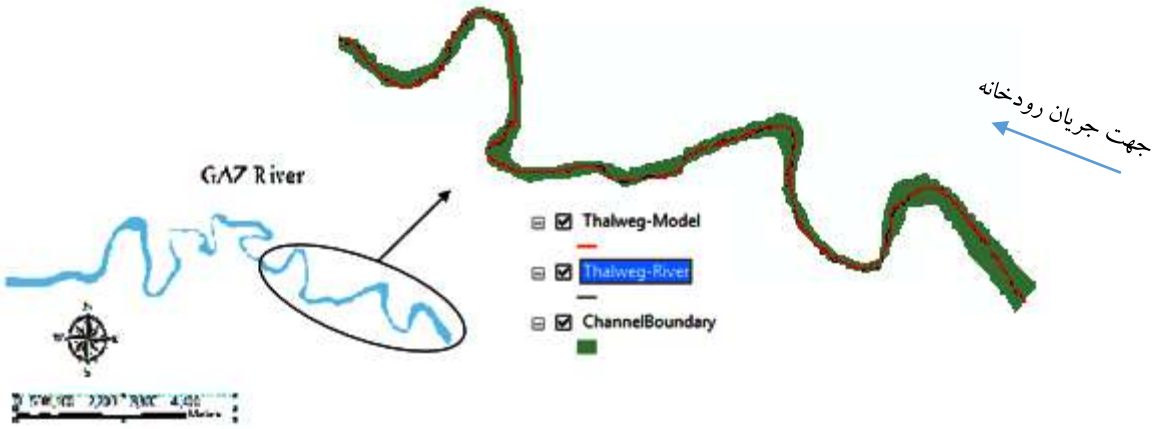
شکل شماره (۹): خطالقعر مشاهده‌ای و محاسبه‌ای با ضریب خمیدگی کم

www.SID.ir

Archive of SID



شکل شماره (۱۰): خطالقعر مشاهده‌ای و محاسبه‌ای با ضریب خمیدگی زیاد



شکل شماره (۱۱): خطالقعر مشاهده‌ای و محاسبه‌ای با ضریب خمیدگی متوسط

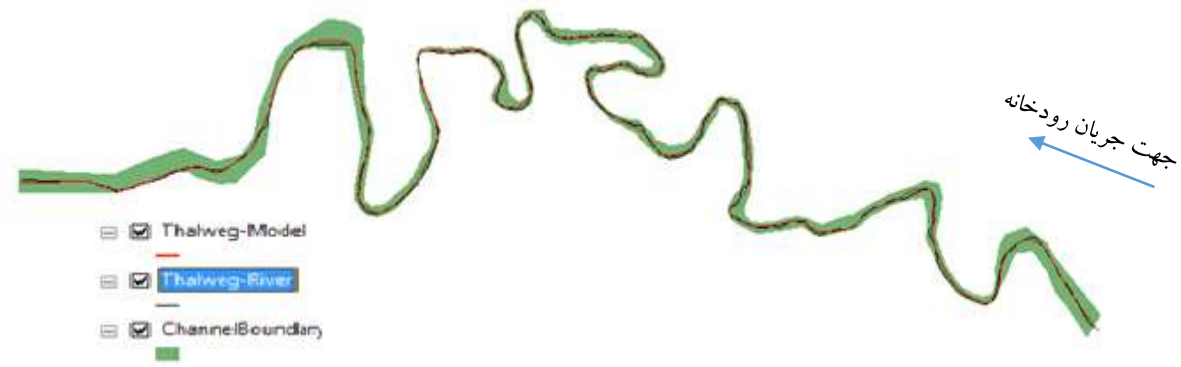
در شکل شماره (۱۱) چون ضریب خمیدگی رودخانه در بازه ۱/۵<P<۲ قرار دارد در نتیجه خطالقعر مشاهده‌ای رودخانه با خطالقعر مدل تطابق دارد اما در شکل شماره (۹) و (۱۰) به ترتیب با ضریب خمیدگی کم و زیاد خطالقعر مشاهده‌ای رودخانه با خطالقعر مدل RCMM تضاد زیادی دارد.

۶-۳- تست کردن مدل

در این پژوهش از ۶۶٪ مابقی داده‌ها برای تست کردن مدل برای پیش بینی خط القعر رودخانه استفاده شده است. بنابراین برای ایجاد خطالقعر کل رودخانه در مدل RCMM مطابق شکل شماره (۱۲) از ضریب خمیدگی متوسط استفاده می‌کنیم.

www.SID.ir

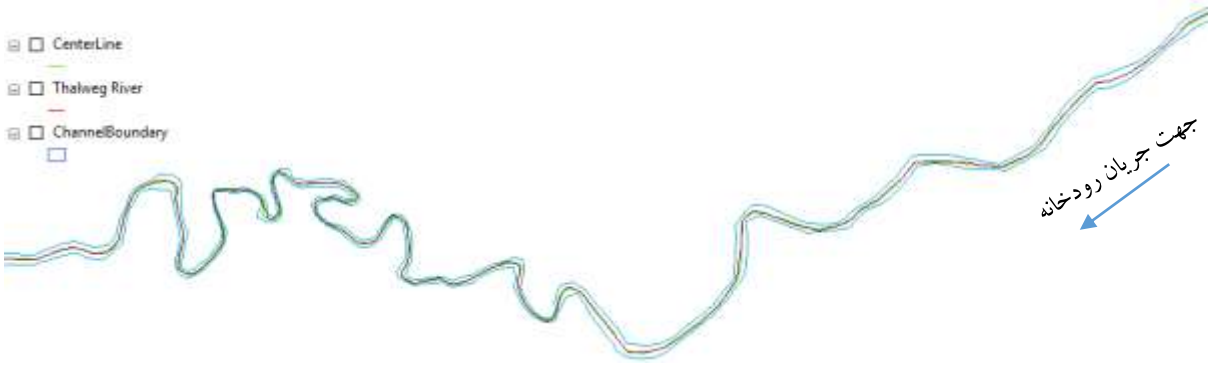
Archive of SID



شکل شماره (۱۲): ضریب خمیدگی متوسط برای کل رودخانه گز

۷-۳- بازسازی مدل برای کل رودخانه

در اینجا هدف بازسازی قسمتی از رودخانه است که هیدروگرافی آن معلوم نیست، لذا پس از کالیبره نمودن و تست کردن معلوم شد که مدل، آماده تهیه بقیه‌ی بستر رودخانه به روش عددی است. مطابق شکل شماره (۱۳)، مدل برای کل رودخانه گز بازسازی شده است و خط‌القعر رودخانه به دست آمده است.

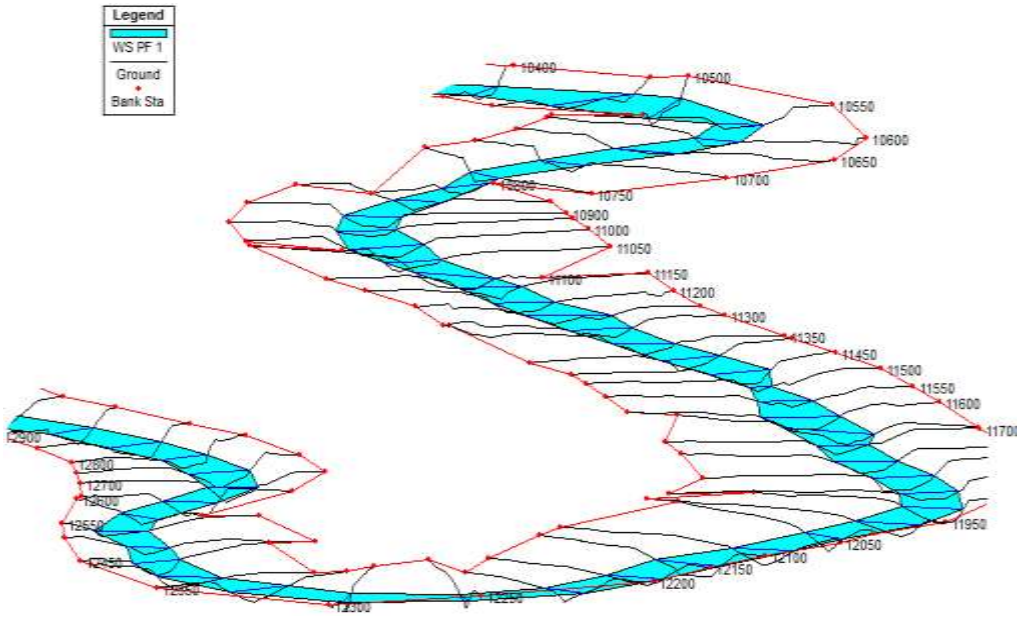


شکل شماره (۱۳): بازسازی کل رودخانه گز

با توجه به مدل‌سازی بستر رودخانه و به دست آوردن شکل هندسی مدل، داده‌های استخراج شده مدل از نرم افزار Arc GIS را به فایل هندسی تبدیل و در نرم افزار HEC-RAS مطابق شکل شماره (۱۴) نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل شماره (۱۴): سه بعدی قسمتی از رودخانه گز

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش با استفاده از مدل RCMM موقعیت مسطحاتی خط القعر پیش‌بینی شده و با استفاده از روابط هندسه‌ی هیدرولیکی عمق آن تعیین شده است. به منظ.ر پیش‌بینی خط القعر ابتدا داده‌ها به دو حالت برای مدل RCMM در نظر گرفته شده است. با بررسی پارامترهای ذکر شده و مشاهدات میدانی در این تحقیق می‌توان گفت که محدوده مورد مطالعه رودخانه گز رودخانه ای پیر می‌باشد که در دشت رسوبی جریان دارد. دبی جریان و بار رسوبی و بناهای هیدرولیکی موجود، عامل تشدید مئاندری شدن این رودخانه شده اند. با توجه به نتایج حاصل از یافته‌ها و شکل سه بعدی رودخانه می‌توان گفت:

الف- مدل **RCMM** برای مناطق هموار یا رودخانه‌های ساحلی با شیب کم به خوبی نتایج را پیش بینی می‌کند.

ب- مدل **RCMM** رودخانه‌های مئاندر به خوبی برآورد می‌نماید.

مدل RCMM این امکان را به ما می‌دهد که در آینده پارامترهای بیشتری مانند شیب رودخانه، دمای آب، جنس خاک و... را بتوان وارد مدل مورد نظر کرد. ما انتظار داریم با ایجاد پارامترهای بیشتر، تخمین صحیح‌تری را برای سطح مقطع و خط القعر رودخانه بدست آوریم.

مراجع

۱. طاحونی، ش ، طراحی پل، چاپ هفتم، ویرایش دوم، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۵

۲. جعفرزاده، م. ر، مکانیک رودخانه، چاپ اول، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد،۱۳۸۷

www.SID.ir

Archive of SID

۳. جورابیان، م. هوشمند، ر. ا، منطق فازی و شبکه‌های عصبی، چاپ چهارم، انتشارات شهید چمران اهواز، ۱۳۸۷

۴. قاسمی، ر، مدل‌سازی کمی وکیفی آبخوان دشت اردبیل با استفاده از نرم افزارGMS ، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه خوارزمی تهران، ۱۳۹۲

۵. Merwade, V. M., (۲۰۰٤). Geospatial description of river channels in three dimensions. Dissertation Presented to the Faculty of the Graduate School of The University of Texas at Austin in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy The University of Texas at Austin

٦. Merwade, V. M. and Maidment, D., (۲۰۰۵). River Channel Morphology Model A tool for analyzing and extrapolating river channel bathymetry. Submitted to the Texas Water Development Board, In fulfillment of Grant # ۲۰۰٤ -٤۸۳-۰۱٦. .

۷. Merwade, V., (۲۰۰۹). Effect of spatial trends on interpolation of river bathymetry, Journal of Hydrology.

۸. Gallerini, G., & De Donatis, M. (۲۰۰۹). ۳D modeling using geognostic data: The case of the low valley of Foglia river (Italy). Computers & Geosciences, ۳۵(۱), ۱٤٦–۱٦٤. doi:۱۰,۱۰۱٦/j.cageo.۲۰۰۷,۰۹,۰۱۲

۹. Chen, W.-B., & Liu, W.-C. (۲۰۱۷). Modeling the Influence of River Cross-Section Data on a River Stage Using a Two-Dimensional/Three-Dimensional Hydrodynamic Model. Water, ۹(۳), ۲۰۳. doi:۱۰,۳۳۹۰/w۹۰۳۰۲۰۳

۱۰. Parsapour-Moghaddam, P., & Rennie, C. D. (۲۰۱۸). Calibration of a ۳D Hydrodynamic Meandering River Model Using Fully Spatially Distributed ۳D ADCP Velocity Data. Journal of Hydraulic Engineering, ۱٤٤(٤), ۰٤۰۱۸۰۱۰. doi:۱۰,۱۰٦۱/(asce)hy.۱۹٤۳-۷۹۰۰,۰۰۰۱٤۲٤

۱۱. Du, M., Zavattero, E., Ma, Q., Delestre, O., Gourbesville, P., & Fouché, O. (۲۰۱۸). ۳D modeling of a complex alluvial aquifer for efficient management – application to the lower valley of Var river, France. La Houille Blanche, (۱), ٦۰–٦۹. doi:۱۰,۱۰۵۱/lhb/۲۰۱۸۰۰۹

۱۲. Hu, P., Hou, J., Zhi, Z., Li, B., & Guo, K. (۲۰۱۹). An Improved Method Constructing ۳D River Channel for Flood Modeling. Water, ۱۱(۳), ٤۰۳. doi:۱۰,۳۳۹۰/w۱۱۰۳۰٤۰۳

۱۳. Shen, M. Yue, Y. and Zhu, X. (۲۰۲۰). "۳D Modeling and Visualization of River Systems," International Conference on Intelligent Computing, Automation and Systems (ICICAS), ۲۰۲۰, pp. ٤۱۱-٤۱۵, doi: ۱۰,۱۱۰۹/ICICAS۵۱۵۳۰,۲۰۲۰,۰۰۰۹۲

۱٤. Zhang, X., Liu, J., Hu, Z., & Zhong, M. (۲۰۲۰). Flow Modeling and Rendering to Support ۳D River Shipping Based on Cross-Sectional Observation Data. ISPRS International Journal of Geo-Information, ۹(۳), ۱۵٦. doi:۱۰,۳۳۹۰/ijgi۹۰۳۰۱۵٦

www.SID.ir