

مطالعات مورفولوژی، رسوب و هیدرودینامیک جریان محدوده تقاطع رودخانه کارون و اروند با استفاده از داده‌های میدانی و مدل‌سازی عددی

روح ا... امیرآبادی^{۱*}، احسان شاد^۲، احمد رضایی^۳، علی قاسمی^۴

۱- استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه قم. پست الکترونیکی: r.amirabadi@qom.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه قم. پست الکترونیکی: e.shad@stu.qom.ac.ir

۳- دانشجوی دکتری، گروه سازه‌های دریایی، دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه تربیت مدرس. پست الکترونیکی: a.rezaemazyak@modares.ac.ir

۴- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه قم. پست الکترونیکی: ghasemi.ali89@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۰/۶

* نویسنده مسوول

تاریخ دریافت: ۹۹/۶/۲

چکیده

ارائه اقدامات صحیح مهندس به منظور محافظت از رودخانه‌ها مستلزم شناخت رفتار مورفولوژیک رودخانه و بررسی پدیده‌های هیدرودینامیکی منطقه است. محل برخورد رودخانه‌های کارون به عنوان بزرگ‌ترین و طولانی‌ترین رودخانه ایران با رودخانه مرزی اروند به علت موقعیت استراتژیک آن از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. در این مقاله با استفاده از اندازه‌گیری میدانی و مدل‌سازی عددی به بررسی فرآیندهای هیدرودینامیکی این ناحیه پرداخته شده است. اندازه‌گیری پارامترهای دریایی مربوط به منطقه مرزی با دسترسی سخت در محدوده تقاطع کارون به اروند است و شامل برداشت تراز سطح آب و سرعت جریان، هیدروگرافی، دانه‌بندی رسوب، و مدل‌سازی هیدرودینامیکی جریان و رسوب می‌شود. اندازه‌گیری‌های سرعت جریان نشان می‌دهد که سرعت جریان غالب در این ناحیه به سمت اروند می‌باشد و جزر و مد اروند تنها می‌تواند سرعت جریان‌های این رودخانه را به صورت موضعی کاهش دهد. تغییرات هیدروگرافی نیز نشان دهنده جریان‌های سیلابی در کارون می‌باشد که مانند جت آب عمل می‌نماید به طوری که سبب تغییرات قابل توجه در بستر محل تقاطع رودخانه‌های کارون و اروند و جابجایی خط ژرفگاه به سمت عراق شده است. در محل تقاطع رودخانه‌های با توجه به تغییرات شدید عمق، رسوبات نسبت به سایر نقاط درشت‌دانه می‌باشند و نیز غلظت رسوبات با حرکت در عمق افزایش می‌یابد. نتایج مدل عددی با اندازه‌گیری‌های میدانی مطابقت داشته و حاکی از این است که آورد رسوبی در رودخانه اروند توسط رودخانه کارون صورت می‌گیرد و اثرات آورد رسوبی رودخانه اروند بر کارون بسیار ناچیز می‌باشد. همچنین محل تقاطع این دو رودخانه پتانسیل بالایی برای رسوب‌گذاری و افزایش ضخامت بستر دارد.

کلمات کلیدی: اروند رود، رود کارون، مدل‌سازی جریان، مدل‌سازی رسوب، داده‌های میدانی.

۱. مقدمه

دست‌خوش تغییرات گوناگونی می‌شوند. بررسی و مطالعه تغییرات ساحلی تحت اثر پدیده‌های هیدرودینامیکی نظیر جزر و مد، انتقال رسوب و تغییرات شوری نیازمند فهم عمیق از این پدیده‌ها می‌باشد. پیش‌بینی و بررسی دقیق تغییرات پدیده‌های ذکر

مطالعه رژیم رسوبی رودخانه‌ها از جنبه‌های مختلف حائز اهمیت است. رودخانه‌ها تحت تأثیر فرسایش و رسوب‌گذاری

جریان و پخش آلودگی در ساحل اروند رود تعیین نموده‌اند. شرایط مرزی اعمال شده شامل تغییرات دما، شوری و دبی برای مرز باز رودخانه و تغییرات دما، شوری و اعمال مؤلفه‌های جزرومدی S_2 , M_2 و O_1 و K_1 برای مرز باز دریا بوده است. با توجه به مقاطع عرضی و خروجی سرعت جریان از مدل کوهرنس، نتایج این تحقیق حاکی از این است که پهنه تحت پوشش بیشترین آلودگی، با سرعت جریان آب کمتر و با رسوب‌گذاری بیشتر منطبق است. همچنین، در مقطع دهانه رودخانه میانگین سرعت در وسط رودخانه بیشتر و در دو طرف ساحل رودخانه کمتر است؛ در نتیجه، در دو ساحل ایران و عراق رسوب‌گذاری بیشتر و فرسایش کمتری انجام گرفته است (Abdolkaniyan et al., 2018).

خوش خواهش و همکاران (۱۳۹۸)، با استفاده از مدل مایک ۲۱ به مدل‌سازی جریانات جزر و مدی در محل تلاقی کارون و اروند پرداخته‌اند. شرایط مرزی با استفاده از سه مرز باز (رودخانه کارون، اروند و دریا) برای مدل در نظر گرفته شده است. نتایج حاکی از این است که بیشترین سرعت جریان هنگام کهکشند در وسط رودخانه کارون و اروند، $0/42$ متر بر ثانیه می‌باشد. با حرکت به سمت بالادست رودخانه سرعت جریان کاهش پیدا می‌کند. بیشینه سرعت جریان به هنگام جزر بیشتر از بیشینه سرعت جریان در هنگام مد است علت این اتفاق همسو بودن جهت جریان رودخانه با جریان جزر است (khosh kharesh et al., 2019).

همان‌طور که بررسی مطالعات نشان داد، محل برخورد رودخانه‌های کارون و اروند از اهمیت قابل توجهی برخوردار بوده و نیز اندازه‌گیری و بررسی پدیده‌های هیدرودینامیکی نقش بسیار مهمی در شناخت و پیش‌بینی تغییرات هیدرودینامیکی حاکم بر منطقه خواهد داشت لذا مطالعات جریان سنجی، هیدروگرافی و مدل‌سازی عددی برای محدوده کانال عضدی که محل برخورد کارون به اروند می‌باشد، انجام گرفته است. یکی از اهداف اصلی این تحقیق ارائه اطلاعات ارزشمند اندازه‌گیری شده در یک منطقه با دسترسی سخت است. منطقه مورد مطالعه به محل مرز ایران و عراق بسیار نزدیک بوده است از این رو برداشت اطلاعات نیازمند دریافت مجوز و هماهنگی‌های بسیار بوده است. مجموعه کاملی از اطلاعات و پارامترهای دریایی در این منطقه برداشت شده است و در اختیار سایر محققین قرار گرفته است. مطالعات شامل اندازه‌گیری پدیده‌های دریایی شامل مشاهدات یک ماهه

شده، نقش چشمگیری در کاهش هزینه‌ها و پایداری سازه‌های ساخته شده؛ خواهد داشت و عدم شناخت این پدیده‌ها می‌تواند باعث بروز هزینه‌های سنگینی به پروژه‌ها گردد. تقاطع رودخانه‌های کارون و اروند به دلیل وجود بنادر و مجتمع‌های کشتی‌سازی مختلف و همچنین قرارگیری در نقطه مرزی از اهمیت استراتژیک، اقتصادی، تجاری و سیاسی ویژه‌ای برخوردار است. در محدوده مورد نظر با توجه به اهمیتی که ذکر شد، تحقیقاتی انجام گردیده است که در ادامه تعدادی از مطالعات انجام گرفته در سال‌های اخیر، بررسی می‌گردد. عجب پور (۱۳۹۴)، تغییرات سمت و سرعت جریان در محل تلاقی اروند رود و کارون را بررسی کرد. در این مطالعه کمیت‌هایی مانند تغییرات سطح آب، سرعت جریان، دما، شوری و عمق آب طی یک دوره کامل جزر و مدی در دو مرحله کهکشند و مهکشند اندازه‌گیری شد. مطالعات آن‌ها نشان داد که میانگین شارش آب در هر دو مرحله به سمت دریا می‌باشد (Ajab pour et al., 2015). سروستانی و صدری نسب به بررسی و مطالعه ساختار یک پلوم در دهانه ورودی رودخانه اروند به خلیج فارس که یک خور معکوس است پرداختند. در این مطالعه از چهار مؤلفه جزر و مدی شامل H_2 , S_2 , K_1 و O_1 استفاده کردند. نتایج نشان داد که پلوم در دهانه رودخانه اروند به سمت چپ رفته و بر اثر نیروی کوریولیس به سمت راست چرخیده و یک چرخش آنتی‌سیکلون را در قسمت شمال غربی خلیج و جریان ساحلی شناور در اطراف قطر و عربستان ایجاد می‌گردد (Shafie sarvestani and Sadrinasab, 2006). اعتماد شهیدی و همکاران (۲۰۱۵)، نفوذ آب شور به علت افزایش سطح آب دریا را در خور بهمن شیر بررسی کردند. نتایج نشان داد که سطح دریا از 30 تا 90 سانتی‌متر در سال 2100 افزایش می‌یابد و طول نفوذ شوری به طور معکوس با تخلیه و به طور مستقیم با افزایش سطح دریا افزایش یافته است (Etemad-Shahidi et al., 2015). خسروی و همکاران (۲۰۱۷)، نتایج اندازه‌گیری میدانی جریان در رودخانه کارون را به مدت یک ماه در فصل بهار ارائه کردند. مطالعات نشان می‌دهد که به طور کلی جریان خالص رودخانه یک حرکت دریاسو در رودخانه کشندی کارون تولید می‌کند، اما سرعت‌های کشندی معمولاً مقدار بالاتری در مقایسه با حرکت ناشی از جریان باقیمانده رودخانه دارند (Khosravi et al., 2017).

عبدالخانیان و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از مدل کوهرنس و GIS محدوده فرسایش و رسوب‌گذاری را در ارتباط با سرعت

ناوبری قایق هیدروگرافی، از خطوط طراحی شده، در ماژول SURVEY نرم افزار HYPACK استفاده شده است.

به منظور اندازه‌گیری پارامترهای جریان در محدوده مورد مطالعه یک ایستگاه اندازه‌گیری در رودخانه کارون و ۳ ایستگاه در اروند رود در نظر گرفته شد. اندازه‌گیری برای هر ایستگاه در چهار روز و روزانه ۱۳ ساعت انجام شده است. در این اندازه‌گیری‌ها پارامترهایی از جمله سرعت، جهت آب و پارامترهای فیزیکی آب دریا اندازه‌گیری شدند. در این عملیات، هر یک ساعت، اقدام به برداشت اطلاعات سرعت و جهت آب، با استفاده از سرعت‌سنج شده است. در هر برداشت، سه نقطه در پروفیل عمقی تعیین شده، بطوریکه در عمق ۰/۱، ۰/۵ و ۰/۹ متری ایستگاه، داده‌ها اندازه‌گیری و ثبت شده‌اند. سرعت جریان‌های جزرومدی با استفاده از دستگاه‌های جریان‌سنج داپلری با برند Sea & Sun ساخت کشور آلمان نصب شده در کنار شناور (بصورت Downward) اندازه‌گیری شده است.

کلیه این داده‌ها پس از تخلیه از حافظه تجهیزات مرتبط، به نرم‌افزار واسط منتقل و پردازش شده است. جهت تعیین مشخصات دانه‌بندی رسوب در محدوده مورد نظر در چهار نقطه نمونه‌برداری انجام گرفته است. این عملیات با استقرار در هر نقطه، توسط ابزار نمونه‌گیری (گراپ) و با ارسال آن به بستر رودخانه، طبق استاندارد آزمایشگاه، حدود ۵ کیلوگرم رسوب جمع‌آوری شد. نمونه‌های برداشت شده در کیسه‌های مخصوص ذخیره و جهت انجام آزمایش‌های لازم به آزمایشگاه ارسال گردیدند. محل نقاط نمونه‌برداری به گونه‌ای انتخاب شده است که دانه‌بندی رسوبات در رودخانه‌های و محل تلاقی آن‌ها مشخص شود.

با توجه به محل تلاقی دو رودخانه حداقل چهار نقطه برای تعیین میزان غلظت رسوبات معلق نیاز هست. این عملیات توسط ابزار نمونه‌گیری (WATER SAMPLER) انجام گرفت و در سطوح ۰/۱، ۰/۵ و ۰/۹ نمونه آب جمع‌آوری و حجم‌های مشخص ۱/۵ لیتری از آب برداشت شده است. نمونه‌های برداشت شده در بطری‌های مخصوص ذخیره و جهت انجام آزمایش‌های مربوطه به آزمایشگاه ارسال گردیده است. محدوده اندازه‌گیری، ایستگاه‌های اندازه‌گیری، شرایط نمونه‌برداری و داده‌های اندازه‌گیری شده نیز در شکل ۱ و جدول ۱ ارائه گردیده است.

جزر و مد، تغییرات سطح آب، هیدروگرافی، جریان سنجی، دانه‌بندی رسوب، مدل‌سازی هیدرودینامیک جریان و مدل‌سازی انتقال رسوب ریزدانه می‌باشد. شاخص بودن این اندازه‌گیری‌ها به دلیل برداشت اطلاعات همزمان هیدرودینامیک در ایستگاه‌های موردنظر است. این اطلاعات برای تحلیل پدیده‌های همزمان در ارتباط با رسوب معلق و جریان، همچنین تغییرات چگالی با دما و شوری بسیار مناسب بوده و در مدل‌های ریاضی سه بعدی کاربرد دارد. مطالعه حاضر با مد نظر داشتن اندازه‌گیری‌های دریایی انجام شده و به ارائه پارامترهای اندازه‌گیری شده در محدوده‌ی اتصال رودخانه‌های کارون و اروند پرداخته است.

روند مطالعه و بررسی در این مقاله به این صورت است که در بخش فوق به مقدمه و بیان مسئله، اهداف و مطالعات پیشین پرداخته شده است. سپس متدولوژی برداشت اطلاعات اندازه‌گیری و مدل‌سازی عددی شرح داده شده و نحوه واسنجی و صحت‌سنجی مدل ارائه شده است. در بخش بحث و ارائه نتایج، ابتدا نتایج مربوط به برداشت‌های تراز دریا و جزر و مد پرداخته شده سپس الگوی جریان با استفاده از نتایج اندازه‌گیری‌های میدانی و مدل هیدرودینامیکی ارائه شده است. سایر پارامترهای برداشت شده شامل شوری و حرارت نیز تحلیل و بررسی شده‌اند. در بخش بعدی به مورفولوژی و رسوب پرداخته شده است این بخش شامل ارائه نتایج هیدروگرافی، تحلیل رسوبات بستر و رسوب معلق و تحلیل نتایج مدل عددی انتقال رسوب می‌شود. در نهایت جمع‌بندی از مطالب ارائه شده در این مقاله انجام شده است.

۲. متدولوژی و برداشت اطلاعات

به منظور ثبت مشاهدات جزر و مدی از دستگاه اندازه‌گیری از نوع RBR که با اندازه‌گیری فشار قادر به ثبت تغییرات سطح آب می‌باشد، استفاده شد. این تایید گیج در کنار اسکله صنعت شهید موسوی نصب شد و تغییرات سطح آب با فواصل ۱۰ دقیقه به مدت یک ماه کامل ذخیره گردید. تجزیه و تحلیل مشاهدات با روش پارامترهای هارمونیک کروی انجام گرفته است. در این تجزیه و تحلیل داده، ۳۶ مولفه و کلیه سطوح جزر و مدی استخراج شده است. به منظور انجام هیدروگرافی از یک دستگاه اکوساندر هیدروگرافی با برند CEEDUCER و برای انجام

جدول ۱: مختصات دقیق محل اندازه‌گیری پارامترهای دریایی و شرایط اندازه‌گیری.

نوع ایستگاه	شماره ایستگاه	موقعیت جغرافیایی		شرایط اندازه‌گیری	پارامترهای اندازه‌گیری
		X	Y		
ترازسنج	شماره ۱	۲۲۸۲۲۰	۳۳۶۹۶۷۹	ثابت تراز آب با تایید گیج در کنار اسکله صنعت شهید موسوی با فواصل ۱۰ دقیقه به مدت یک ماه کامل	اندازه‌گیری جزر و مد با استفاده از تالی‌دگیج از نوع RBR
هیدروگرافی	-	-	-	خطوط هیدروگرافی با فاصله خطوط در دو فاز ۱۰ متر و ۵ متری	دستگاه اکوساندر هیدروگرافی دو فرکانسه با برند Ceeducer
جریان‌سنجی	شماره ۱	۳۳۷۰۰۴۱/۱	۳۳۹۲۹۵/۷۸	اندازه‌گیری پارامترهای جریان با دستگاه CTD در ۴ روز و روزانه ۱۳ ساعت در اعماق ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۹ متری	سرعت و جهت جریان ستون
	شماره ۲	۳۳۶۹۹۰۶/۵	۳۳۷۱۶۰/۳۸		آب و سرعت جریان در راستای X و Y
	شماره ۳	۳۳۶۹۴۷۱/۶	۳۳۷۶۶۷/۱۷		پارامترهای آب شامل: سرعت صوت، شوری، دما، چگالی، هدایت الکتریکی،
	شماره ۴	۳۳۶۸۹۷۴/۹	۳۳۷۹۳۲/۱۳		
رسوبات بستر	شماره ۱	۳۳۶۹۹۰۳	۳۳۸۶۵۴	هر نمونه به می‌زان ۵ کیلوگرم بوده است	دانه‌بندی نمونه‌ها
	شماره ۲	۳۳۶۹۷۰۲	۳۳۷۳۷۸		
	شماره ۳	۳۳۶۹۴۴۸	۳۳۷۶۹۹		
	شماره ۴	۳۳۶۹۰۱۸	۳۳۷۸۵۸		
رسوبات معلق	شماره ۱	۳۳۷۰۰۱۸	۳۳۹۲۰۹	برداشت آب در اعماق ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۹ متری و به اندازه ۱/۵ لیتر	وزن رسوبات معلق
	شماره ۲	۳۳۶۹۷۸۹	۳۳۷۳۸۵		
	شماره ۳	۳۳۶۹۴۸۹	۳۳۷۶۵۳		
	شماره ۴	۳۳۶۹۰۵۰	۳۳۷۹۱۷		



شکل ۱: محدوده اندازه‌گیری پارامترهای دریایی.

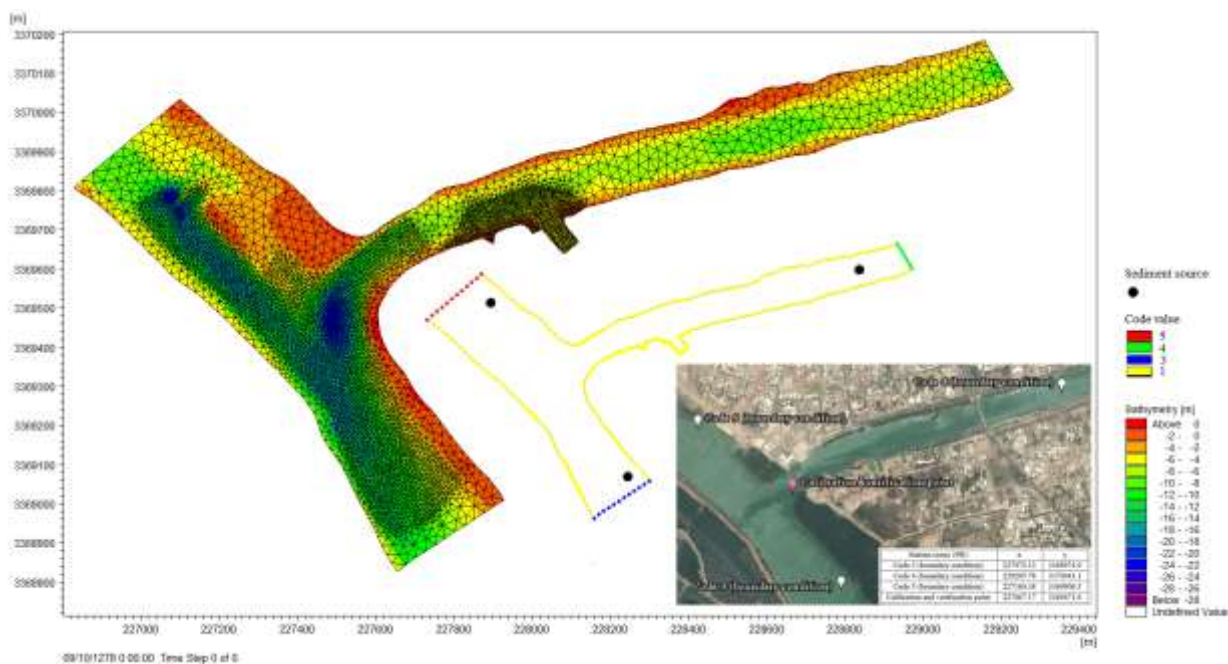
۳. مدل‌سازی عددی

ریزدانه رسوب در محل برخورد رود کارون و اروند استفاده شده است. این مدل جریانات را در یک سیال تک لایه (به‌طور عمودی همگن) مدل‌سازی می‌کند. نتایج خروجی مدل هیدرودینامیک به‌عنوان ورودی برای مدل انتقال رسوب و مدل رهگیری ذرات استفاده می‌شود. اساس این مدل عددی استفاده از معادلات دوبعدی جریان آب کم‌عمق که در واقع معادلات جریان متوسط‌گیری شده در عمق هستند، می‌باشد. این معادلات شامل

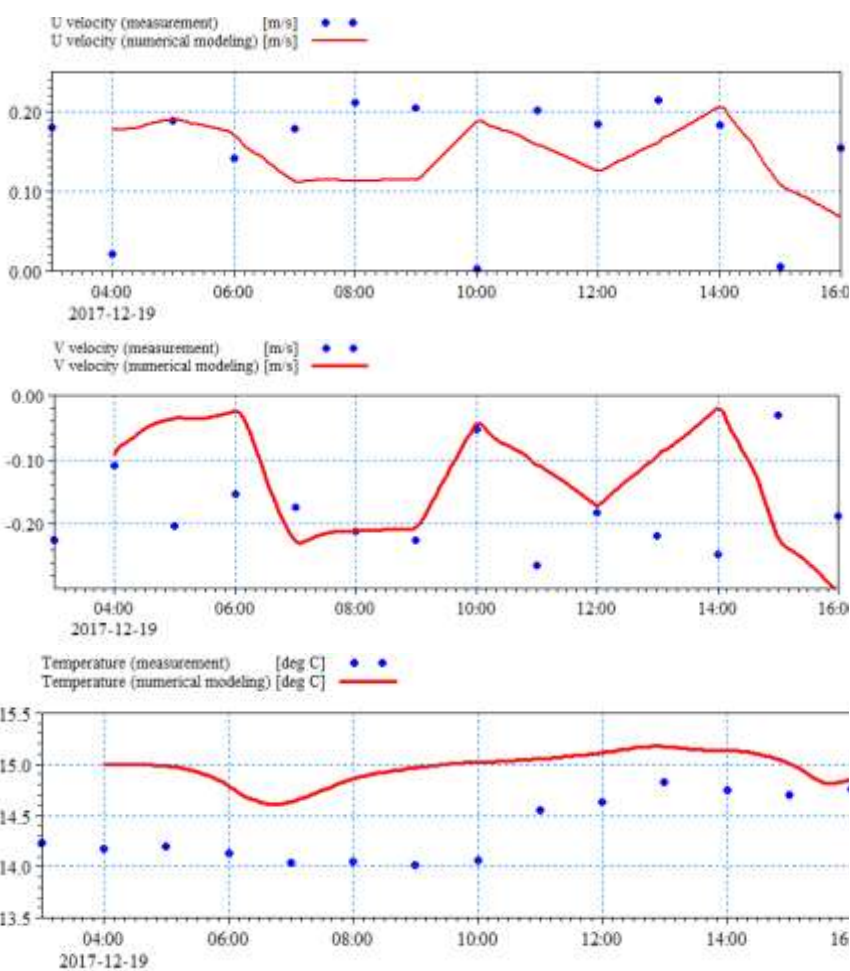
برای تحلیل الگوی رفتار جریان و رسوب در محدوده مورد مطالعه، یک مدل هیدرودینامیک برپا گردیده است. مدل‌سازی عددی با استفاده از نرم‌افزار Mike انجام شده است. بدین منظور از مدل هیدرودینامیک جریان، مدل انتقال رسوب ریزدانه و مدل رهگیری ذرات برای مدل‌سازی رفتار جریان و ذرات رسوب

از آن است که ضریب زبری بستر (عدد مانینگ) مقدار ۶۰ و ضریب ویسکوزیته مقدار ثابت ۰/۲۵ (حدافل مقدار ممکن برای ضریب لزجت گردابه‌ای) برای واسنجی بکار گرفته شده‌اند. برای انجام صحت‌سنجی، نتایج مدل با مقادیر مؤلفه‌های سرعت و شوری در ایستگاه تقاطع رودخانه‌های اروند و کارون نشان داده شده در جدول ۱ (ایستگاه شماره ۳) در سه بازه زمانی مختلف مورد مقایسه قرار گرفته است. نتایج شبیه‌سازی‌ها به‌طور مطلوبی با داده‌های ایستگاه واسنجی و صحت‌سنجی مطابقت دارد. پس از واسنجی و صحت‌سنجی و اطمینان از عملکرد مدل، بررسی الگوی جریان در محدوده مورد مطالعه امکان‌پذیر می‌باشد. نتایج صحت‌سنجی سرعت جریان و شوری در سه زمان مختلف شکل ۳ تا شکل ۵ نشان داده شده است. با استفاده از نتایج به دست آمده از مدل جریان، یک مدل انتقال رسوب در محدوده مورد مطالعه برپا گردیده و بر اساس آن مکانیسم فرآیند رسوب‌گذاری در محل تقاطع رودخانه‌های اروند و کارون تعیین شده است. جهت شناخت الگوی رفتار ذرات رسوبی در محدوده مورد مطالعه، از روش مسیریابی ذرات رسوبی استفاده شده است. در این راستا سه منبع رسوبی به ترتیب در رودخانه کارون، جنوب محدوده مطالعاتی در رودخانه اروند و شمال رودخانه اروند با توجه به مرزبندی به مدل وارد شده است. موقعیت چشمه‌های رسوبی در شکل ۲ ارائه شده است. نتایج این مطالعات می‌تواند ابزار مناسبی جهت کنترل نتایج مدل‌سازی انتقال رسوبات چسبنده باشد. با توجه به اینکه هدف مدل‌سازی حاضر بررسی الگوی حرکت ذرات است، از این‌رو وزن ذرات در مدل‌سازی صفر در نظر گرفته شده است. همچنین ضریب پخش افقی برابر ۰/۵ m^2/s در نظر گرفته شده است. در مطالعه انتقال رسوب، نتایج مدل جریان به صورت Decoupled در نظر گرفته شده است؛ بنابراین میدان جریان محاسبه شده در مطالعات رسوب به عنوان ورودی در نظر گرفته شده است. با توجه به کمبود اطلاعات شار رسوبی اطلاعات مرزها بر اساس مطالعات گذشته لحاظ شده است. پارامترهای مدل انتقال رسوب در جدول ۲ ارائه شده است. همان‌گونه که مشخص شده، این مدل‌سازی به دو روش انجام گرفته است. در روش اول فاکتور سرعت لحاظ نشده و در روش دوم این فاکتور جهت در نظر گرفتن اثرات بلند مدت، لحاظ گردیده است. لازم به ذکر است، فاکتور بدون بعد سرعت برای سرعت بخشیدن به محاسبه تغییرات بستر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

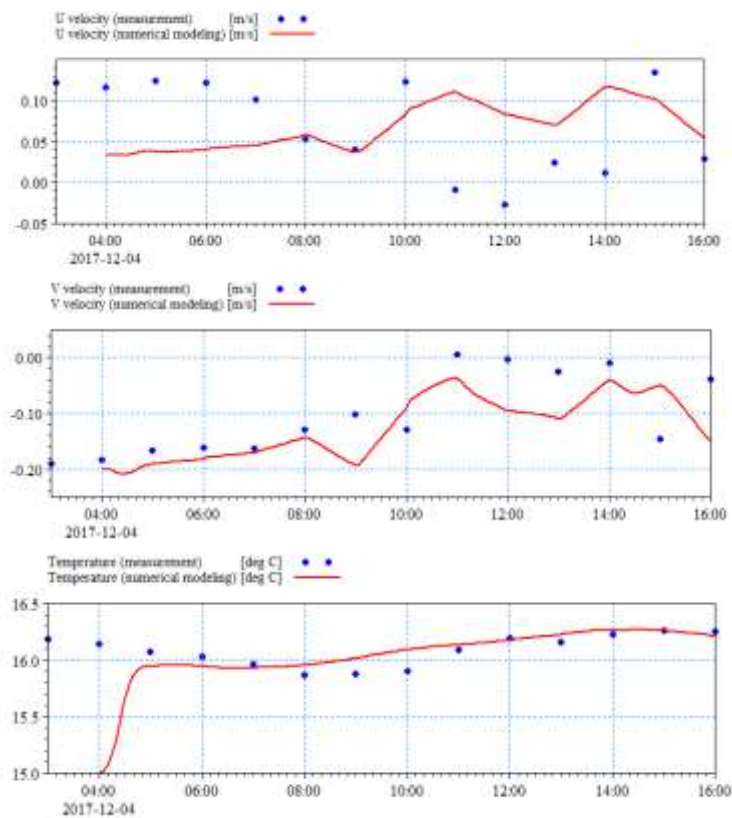
معادله بقاء جرم و دو معادله بقاء اندازه حرکت است. به کمک این دستگاه معادلات، سه مجهول عمق آب و دو مؤلفه سرعت بر اساس روش حجم محدود محاسبه می‌شوند. در این مدل، از شبکه بدون ساختار استفاده شده است. شارهای عبوری از اضلاع سلول‌ها با استفاده از روش ریمان محاسبه می‌شوند. برای دست یافتن به دقت مرتبه دو مکانی، فن بازسازی گرادیان به‌کاربرده می‌شود. بدین منظور از روش پیشنهادی جاواهار و کامات استفاده شده است (Jawahar and Kamath, 2000). انتخاب محدوده مدل‌سازی به‌گونه‌ای است که محدوده مورد مطالعه و شرایط مرزی را در برگیرد. این شبکه‌بندی اهداف مطالعات مورد نظر و حداقل دقت مورد نیاز در تولید اطلاعات را تضمین می‌نماید به نحوی که شبکه محاسباتی به حد کافی ریز باشد؛ که دقت موردنظر را تأمین نماید؛ بدین معنی که شبکه محاسباتی دقت کافی در نواحی عمیق و نیمه عمیق را برخوردار است. جهت تعیین شبکه‌بندی بهینه، آنالیز حساسیت برای استقلال نتایج از شبکه‌بندی انجام گرفته است. شبکه بهینه‌سازی شده نهایی شامل ۱۰۸۳۹ المان و ۵۶۱۷ گره محاسباتی می‌باشد. محدوده مدل‌سازی دارای سه مرز باز و یک مرز بسته می‌باشد که مرز بسته با کد ۱ و مرزهای باز با کد ۳، ۴ و ۵ نام‌گذاری شده‌اند. اطلاعات مرز باز از داده‌های اندازه‌گیری استخراج شده از این رو در هر مرز باز، تغییرات تراز سطح آب، مؤلفه‌های سرعت جریان (u, v)، شوری و حرارت وارد شده است. اطلاعات مؤلفه‌های جریان و شوری و حرارت به صورت متوسط‌گیری شده در عمق استفاده گردیده و اطلاعات مرزی به صورت متغیر در زمان و ثابت در مکان وارد شده است. در شکل ۲ شبکه‌بندی مورد استفاده، شرایط مرزها و موقعیت ایستگاه‌های مورد استفاده ارائه شده است. به منظور واسنجی (کالیبراسیون) پارامترهای مختلف مؤثر بر جریان بررسی و میزان اثر هر یک مورد ارزیابی قرار گرفته است. پارامترهای کالیبراسیون برای مدل جریان در این محدوده مطالعاتی تنها دو پارامتر ضریب زبری بستر و ضریب لزجت گردابه‌ای می‌باشد. به منظور انجام کالیبراسیون، مدل با شرایط مختلف از جمله ضرایب مانینگ متفاوت برای یک دوره اندازه‌گیری اجرا شده است. نتایج مدل‌سازی با سرعت جریان‌های اندازه‌گیری شده و تغییرات شوری و حرارت در نقطه تقاطع رودخانه‌های اروند و کارون مورد واسنجی قرار گرفته است. موقعیت ایستگاه‌های مورد استفاده برای واسنجی در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج مدل‌سازی‌ها و مقایسه‌های انجام شده حاکی



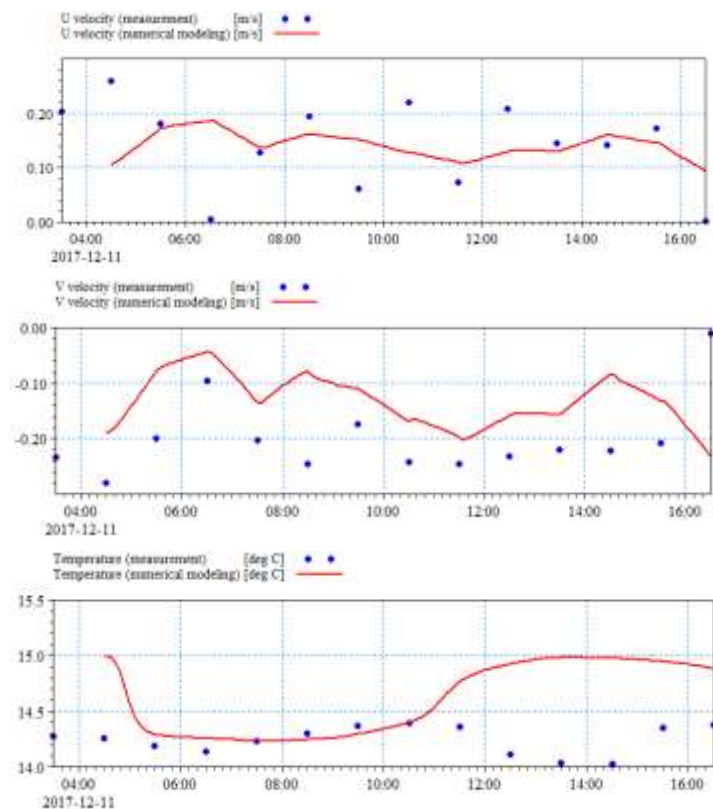
شکل ۲: شبکه محاسباتی، مرزبندی مدل، موقعیت چشمه‌های رسوبی، موقعیت ایستگاه‌های جهت شرایط مرزی، ایستگاه واسنجی و صحت‌سنجی.



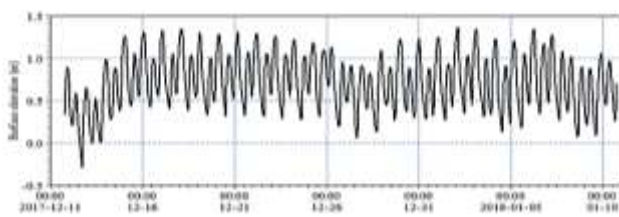
شکل ۳: مقایسه نتایج مدل‌سازی و اندازه‌گیری‌های انجام گرفته در نقطه تقاطع رودخانه‌های اروند و کارون در بازه زمانی ۲۰۱۷/۱۲/۱۹.



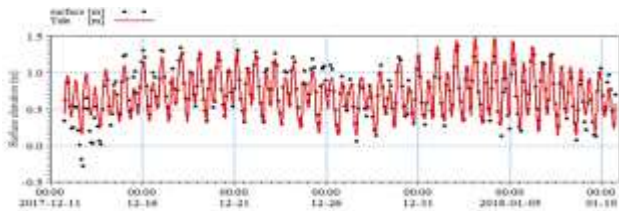
شکل ۴: مقایسه نتایج مدل‌سازی و اندازه‌گیری‌های انجام گرفته در نقطه تقاطع رودخانه‌های اروند و کارون در بازه زمانی ۲۰۱۷/۱۲/۰۴.



شکل ۵: مقایسه نتایج مدل‌سازی و اندازه‌گیری‌های انجام گرفته در نقطه تقاطع رودخانه‌های اروند و کارون در بازه زمانی ۲۰۱۷/۱۲/۱۱.



شکل ۶: تغییرات تراز سطح آب در محدوده تقاطع رود اروند و کارون.



شکل ۷: جداسازی جزر و مد از تغییرات تراز سطح آب.

تعیین رژیم جزر و مد در محدوده مورد مطالعه یک از تحلیل‌های متداول جزرومدی است. معیار دسته‌بندی رفتار و رژیم جزرومد بر اساس ضریب جدول ۳ و طبق رابطه ریاضی (۱) تعیین می‌شود:

$$F = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2} \quad (1)$$

به طوری که: اگر $F < 0.25$ جزرومد نیم‌روزانه، $0.25 < F < 1.5$ جزرومد آمیخته ولی عمدتاً نیم‌روزانه، $1.5 < F < 3.0$ جزرومد آمیخته ولی عمدتاً روزانه و اگر $F > 3.0$ جریان روزانه باشد. با توجه به تحلیل انجام گرفته مقدار ضریب شکل در محدوده مورد مطالعه به صورت زیر محاسبه می‌شود. مقدار F تقریباً برابر ۰.۷۴ است که نشان می‌دهد رژیم جزرومد آمیخته ولی عمدتاً نیم‌روزانه است. بنابراین در هر روز دو قله و دو قعر با شدت مختلف مشاهده شود.

$$F = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2} = \frac{0.2077 + 0.0606}{0.3086 + 0.0551} \approx 0.74 \quad (2)$$

یکی دیگر از پارامترهایی که مورد توجه قرار می‌گیرد، اختلاف مقادیر تراز اندازه‌گیری شده و مقادیر جزرومد است که نشان تأثیر عوامل محیطی مانند خیزآب ناشی از باد، اندرکنش سایر مؤلفه‌های جزرومد، اختلاف فاز جریان در دو محیط مختلف، جریان رودخانه‌ای در بالادست و دیگر پدیده‌ها است.

جدول ۲: پارامترهای مدل انتقال رسوبات چسبنده.

پارامترها	مقدار
تعداد بخش‌ها	۲
تعداد لایه‌ها	۲
ضریب سرعت سقوط	m/s۵۰
پروفیل رسوب‌گذاری (Deposition)	Teeter profile
تنش برشی بحرانی رسوب‌گذاری	۲ N/m۰/۰۷
مقدار شریط مرزی	۳ kg/m۰/۰۲
ضریب سرعت‌دهی محاسبات (speed factor)	۱۴ - ۰

۴. بحث و ارائه نتایج

در این بخش به تحلیل اندازه‌گیری‌های انجام گرفته و نتایج مدل‌سازی عددی پرداخته شده است. تحلیل تغییرات تراز سطح آب و جزر و مد، الگوی جریان، نتایج مدل هیدرودینامیک، الگوی شوری و حرارت و هیدروگرافی، نمونه‌برداری رسوب و نتایج مدل‌سازی انتقال رسوب از اهم نتایج این بخش است.

تحلیل و تبیین اطلاعات جمع‌آوری شده و نتایج مدل‌سازی، علاوه بر ایجاد تصویری از محدوده مورد مطالعه، شمایی کلی از فرآیندهای فیزیکی حاکم نیز ارائه می‌نماید.

۴-۱ جزرومد

با توجه به ترازسنجی انجام گرفته در محدوده مطالعه، در این بخش به تحلیل آن پرداخته شده است. در شکل ۶، اطلاعات اندازه‌گیری شده تغییرات تراز آب نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل ۶ مشخص می‌باشد، در ابتدای اطلاعات تغییرات قابل‌توجهی در تراز آب مشاهده می‌باشد که می‌بایست مورد توجه قرار گیرد.

گام نخست در تجزیه و تحلیل داده‌های جزر و مدی، برازش مناسب دامنه و فاز تشکیل دهنده با داشتن حداقل مربعات است. جهت تفکیک تغییرات تراز سطح آب ناشی از جزر و مد و سایر عوامل، از بسته نرم‌افزاری IOS^۱ استفاده شده است.

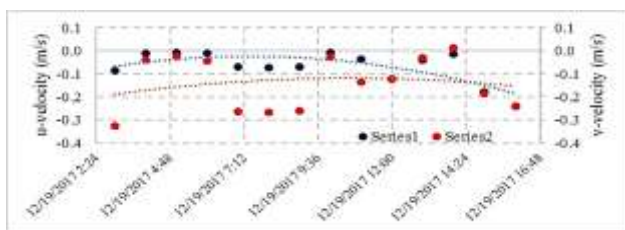
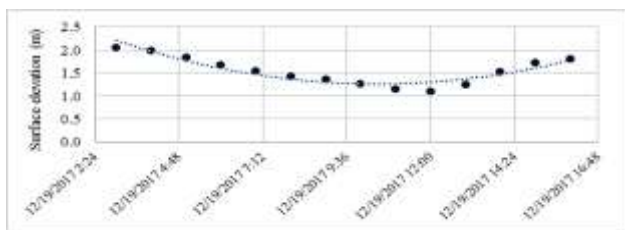
دامنه تغییرات تراز جزر و مدی نسبت به ترازهای اندازه‌گیری شده در شکل ۷ و مقادیر دامنه و فاز مؤلفه‌های جزر و مدی در جدول ۳ ارائه شده است.

^۱ IOS Tidal Package

جدول ۳: دامنه و فاز مؤلفه‌های جزر و مدی بر اساس تحلیلی تکی‌رات تراز آب.

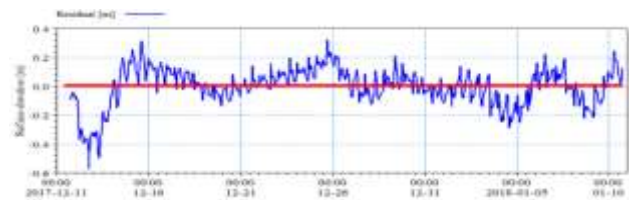
Z0		M2		S2		K1		O1	
Amp.	Phase	Amp.	Phase	Amp.	Phase	Amp.	Phase	Amp.	Phase
۰/۷۲	-	۰/۳۰۸۶	۷۳/۵۱	۰/۰۵۵۱	۱۴۶/۴۵	۰/۲۰۷۷	۲۰/۷۷	۰/۰۶۰۶	۰/۰۲

همان‌گونه که مشخص است، اندازه‌گیری‌های در دو بازه حداقل و حداکثر جزر و مد انجام گرفته است. نمونه‌ای از نتایج اندازه‌گیری‌های انجام گرفته در محدوده ایستگاه شماره ۱ (کارون) در شکل ۱۰ نشان داده شده است.



شکل ۱۰: نمونه‌ای از نتایج اندازه‌گیری تغییرات تراز سطح آب و مؤلفه‌های سرعت جریان در محدوده ایستگاه کارون.

در شکل ۸ مقدار باقی‌مانده تراز سطح آب و مقادیر مثبت و منفی آن مشخص شده است. با توجه به موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه، یکی از پارامترهای مؤثر در تراز سطح آب، جریان رودخانه کارون است که به نظر می‌رسد هر وقت میزان جریان قابل توجه باشد مانع از انتشار موج جزر و مد در داخل رودخانه می‌شود. با توجه به اینکه اندازه‌گیری‌ها در فصل زمستان انجام گرفته است، اختلاف شدید در بازه اولیه می‌تواند از جریان قابل توجه در رودخانه کارون باشد. البته با توجه به احداث سد در بالادست رودخانه و محدوده مورد بررسی، کنترل و کاهش میزان سرریز سد می‌تواند سبب نفوذ قابل توجه جزرومد و آب شور در رودخانه گردد که مقادیر مثبت باقی‌مانده نیز تا حدودی مؤید این موضوع می‌باشد.



شکل ۸: اختلاف تغییرات تراز سطح آب اندازه‌گیری شده و مقادیر جزرومد.

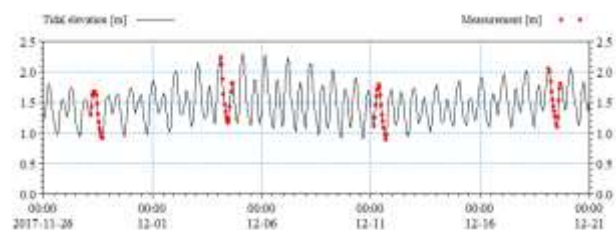
۳-۴ بررسی الگوی سرعت جریان

الگوی سرعت جریان‌های اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های ۱ تا ۴ در شکل ۱۱ نشان داده شده است. در شکل ۱۱ راستای سرعت جریان در موقعیت‌های مختلف با خط قرمز نشان داده شده است. اندازه‌گیری‌های انجام گرفته در کارون نشان می‌دهد که سرعت جریان غالب در این ناحیه به سمت ارونند می‌باشد و جزر و مد ارونند تنها می‌تواند سرعت جریان‌های این رودخانه را به صورت موضعی کاهش دهد. جهت جریان در ایستگاه به سمت شمال می‌باشد که با توجه به موقعیت قرارگیری آن، نشان از کانالیزه شدن جریان جزرومدی در این ناحیه دارد.

در تقاطع رودخانه‌های ارونند و کارون، جریان متأثر از سرعت جریان‌های کارون می‌باشد. در ایستگاه شماره ۴ که در جنوب محدوده مورد بررسی قرار دارد، جهت جریان شمالی-جنوبی و مقدار سرعت جریان دچار پخش شدگی می‌باشد که نشان می‌دهد،

۲-۴ جریان سنجی (CTD)

در برداشت‌های CTD، مؤلفه‌های سرعت جریان در جهت x و y، شوری، حرارت و چگالی در سه عمق از سطح برداشته شده است. همچنین تغییرات تراز سطح آب نیز هم‌زمان با پاره‌ای از این برداشت‌ها، اندازه‌گیری شده است. در شکل ۹ بازه زمانی اندازه‌گیری‌های CTD نشان داده شده است.



شکل ۹: بازه زمانی اندازه‌گیری‌های CTD (نقاط قرمز).

روند کاهش داشته است. در بازه زمانی اول شاهد کاهش شوری اندازه‌گیری شده در ایستگاه ۱ هستیم که نشان دهند ورود منبع آب با شوری کم است. همچنین تغییرات دما در هر بازه اندازه‌گیری در این ایستگاه نشان دهند تغییرات دما در طول شبانه روز است. (شکل ۱۴ و شکل ۱۵).

حالت دوم بررسی الگوی شوری و دما، مقایسه نتایج ایستگاه‌های مختلف در یک بازه زمانی است. با توجه به این موضوع، بررسی الگوی شوری در بازه زمانی اول نشان می‌دهد تغییرات این پارامتر در ایستگاه ۱ با ایستگاه‌های ۲ و ۴ متفاوت است به گونه‌ای که در ایستگاه ۱ با افزایش سطح آب میزان شوری کاهش می‌یابد ولی در ایستگاه‌های شماره ۲ و ۴ شوری افزایش پیدا می‌کند. بررسی تغییرات دما نشان می‌دهد روند تغییرات این مؤلفه در سه ایستگاه نزدیک به هم است به صورتی که افزایش سطح آب باعث افزایش دما در هر سه ایستگاه می‌شود (شکل ۱۶).

در بازه زمانی دوم روند تغییرات شوری در سه ایستگاه بسیار به یکدیگر نزدیک است به گونه‌ای که در هر سه ایستگاه با افزایش سطح آب شوری کاهش می‌یابد. همچنین تغییرات دما در سه ایستگاه شباهت زیادی به یکدیگر دارد به صورتی که با افزایش سطح آب میزان دما کاهش پیدا می‌کند (شکل ۱۷).

۴-۵ مورفولوژی و رسوب

پویایی و فرآیند شکل‌گیری جریان در محل تلاقی رودخانه‌ها منجر به تغییرات شدید مورفولوژی در این ناحیه می‌شود که در شکل ۱۸ نشان داده شده است. با توجه به الگوی جریان نشان داده در شکل ۱۸ می‌توان دریافت که رسوب‌گذاری در نواحی جداشدگی جریان و فرسایش در محدوده حداکثر سرعت جریان رخ خواهد داد که این موضوع هماهنگی کاملی با الگوی رسوب‌گذاری در محدوده تقاطع رودخانه‌های اروند و کارون دارد؛ بنابراین یکی از موضوعاتی که در تحلیل این محدوده بایستی مورد توجه قرار گیرد، جریان‌های سیلابی کارون است که می‌تواند سبب تغییرات قابل توجه در بستر محل تقاطع رودخانه‌های کارون و اروند شود.

تأثیر رودخانه کارون در این ناحیه رو به کاهش است و اثر جزر و مد قابل مشاهده می‌باشد.

بررسی تغییرات عمق در نقاط مختلف محدوده مطالعاتی می‌تواند الگوی تقریبی جریان غالب را مشخص نماید. از این رو در اولین گام به بررسی هیدروگرافی در محدوده مورد مطالعه، پرداخته شده است. در محل تقاطع رودخانه‌های اروند و کارون یک منطقه بسیار عمیق توسعه یافته است.

این تغییرات هیدروگرافی نشان دهنده جریان‌های سیلابی در کارون است که مانند جت آب عمل می‌نماید. به دلیل قرار داشتن جزیره‌ام الرصاص در مقابل جت خروجی از دهانه کارون، این جزیره مانند یک صفحه فشرده^۱ مقابل جریان خروجی گرفته و سبب شکل گرفتن جت دیواره‌ای^۲ خواهد شد. الگوی رفتار سرعت جریان و تراز آب در هنگام جزرومد در شکل ۱۲ ارائه شده است. دبی ورودی از رودخانه کارون در زمان مد باعث کاهش اثر جریان برگشتی از سمت دریا می‌شود. بیشینه سرعت در زمان‌های جزر و مد بین ۰/۳ الی ۰/۴ بوده و اختلاف تراز آب در طول رودخانه اروند مشهود است.

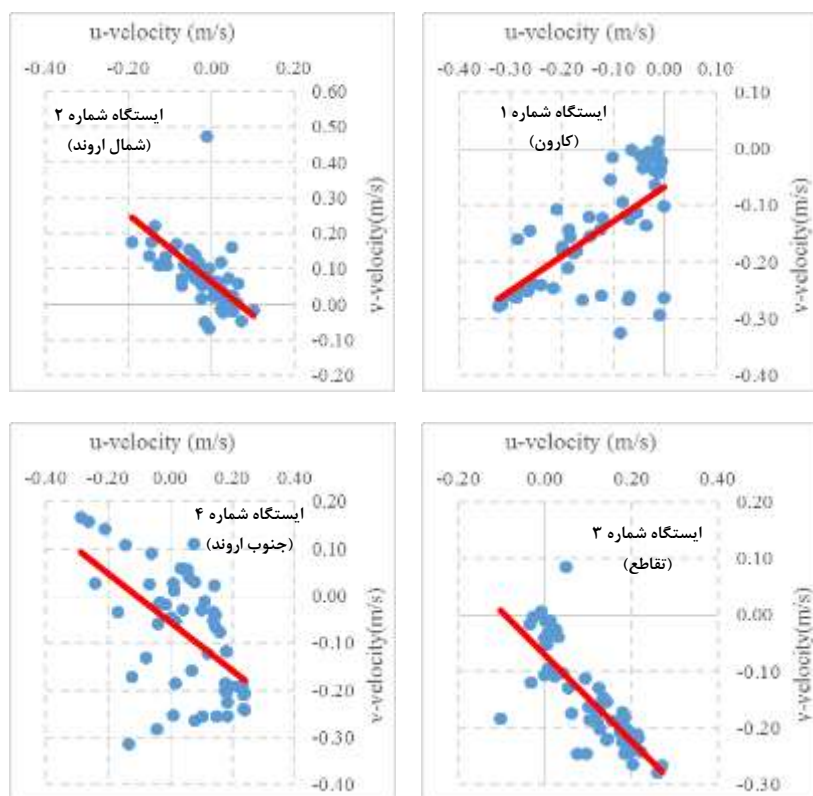
بیشینه‌ی سرعت جریان در دو بازه زمانی در شکل ۱۳ ارائه شده است. با توجه به این شکل می‌توان گفت سرعت در شاخه‌ی کارون بیشتر از اروند است. همچنین به دلیل وجود رودخانه کارون، سرعت‌ها در بخش مربوط به طرف عراقی رودخانه اروند بیشتر از بخش ایرانی آن است. سرعت در نقاطی که عمق کمتری داشته تا بیش از ۱ متر بر ثانیه نیز افزایش یافته است اما بیشینه‌ی سرعت در میانه کارون بین ۰/۴ تا ۰/۵ متر بر ثانیه است و با نزدیک شدن به خشکی به دلیل کاهش عمق سرعت جریان افزایش یافته است. در اروند اما بیشینه سرعت کمتر از ۰/۳ متر بر ثانیه است.

۴-۴ بررسی الگوی شوری و حرارت

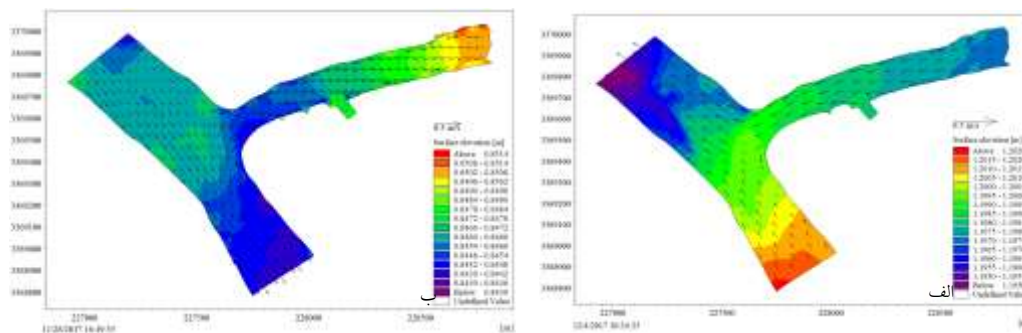
الگوی شوری و حرارت به دو صورت قابل بررسی است. حالت اول بررسی الگوی تغییرات شوری و دما در یک ایستگاه و در بازه‌های زمانی مختلف است. بر این اساس، روند تغییرات شوری و دما در ایستگاه ۱ نشان می‌دهد میزان شوری در این ایستگاه در طول بازه اندازه‌گیری افزایش یافته در حالی که دما

^۱ impinged plate

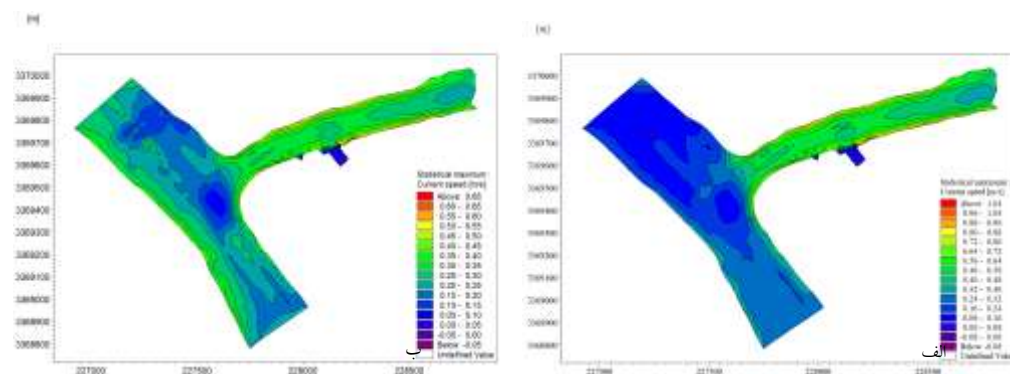
^۲ wall jet



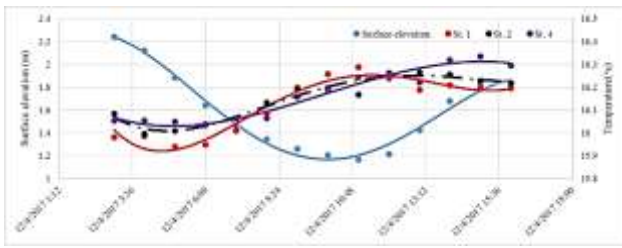
شکل ۱۱: سرعت جریان در ایستگاه‌های اندازه‌گیری.



شکل ۱۲: الگوی رفتار سرعت جریان و تراز آب در هنگام الف) مد و ب) جزر در محدوده مورد مطالعه.



شکل ۱۳: بیشینه سرعت جریان در بازه زمانی الف) ۲۰۱۷/۱۱/۲۸ ب) ۲۰۱۷/۱۲/۴ در محدوده مورد مطالعه.



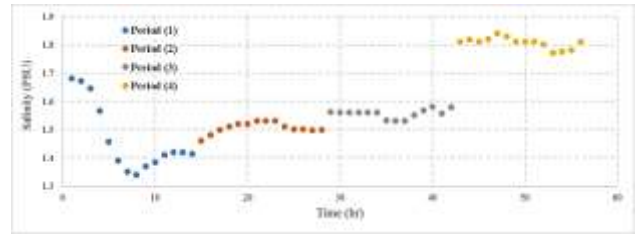
شکل ۱۷: تغییرات دمای آب و شوری در ایستگاه‌های مختلف نسبت به تغییرات تراز سطح آب (جزر و مد) در بازه زمانی ۲۰۱۷/۱۲/۰۴.



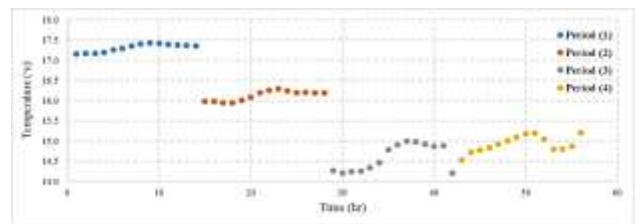
شکل ۱۸: نمونه‌ای از الگوی جریان در محل تقاطع کانال‌های باز یا رودخانه‌ها (Gohari and Amraei, 2014).

نمونه‌برداری‌های رسوب شامل نمونه‌برداری از رسوبات بستر و غلظت رسوبات معلق می‌باشد. در جدول ۴ نتایج نمونه‌برداری رسوبات بستر ارائه شده است. همان‌گونه که مشخص است عمده رسوبات منطقه ریزدانه بوده و از این رو دانه‌بندی رسوبات با لیزر انجام گرفته است. نکته قابل توجه میزان مصالح ماسه‌ای در ایستگاه‌های مختلف می‌باشد. در ایستگاه‌های قرار گرفته در کارون و اروند تقریباً بیش از ۹۰ درصد مصالح ریزدانه است و در تقاطع این رودخانه‌ها تقریباً ۷۰ درصد مصالح ریزدانه است. با توجه به تغییرات شدید عمق در محل تقاطع، درشت‌دانه بودن نسبی مصالح دور از انتظار نبوده است.

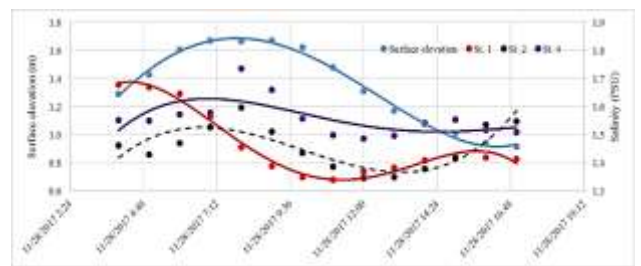
همچنین غلظت رسوبات معلق که در عمق‌های مختلف از سطح آب به دست آمده‌اند در شکل ۱۹ نشان داده شده است. غلظت رسوبات با حرکت در عمق افزایش یافته است. اندازه‌گیری انجام گرفته در کارون دارای کم‌ترین مقدار غلظت رسوبات معلق و ایستگاه قرار گرفته در تقاطع اروند و کارون دارای بیشترین غلظت رسوبات معلق است. نتایج نشان می‌دهد که جنس رسوبات منطقه ریزدانه بوده و پیچیدگی جریان در ناحیه تقاطع اروند و کارون بسیار قابل توجه می‌باشد. الگوی پخش ذرات از منبع رسوبی واقع در شمال و جنوب محدوده



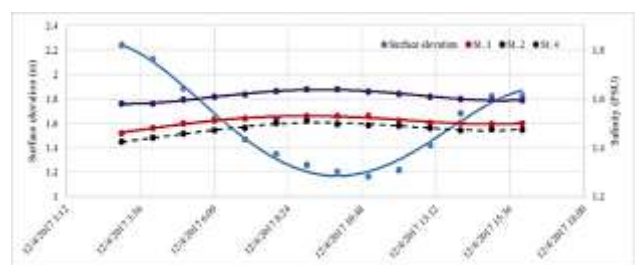
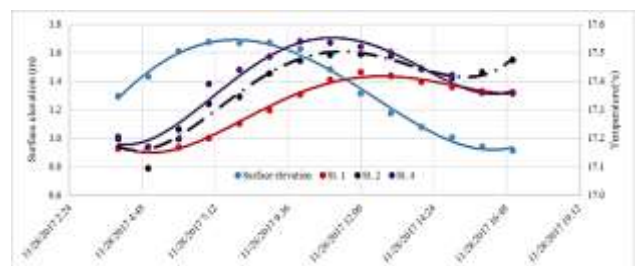
شکل ۱۴: تغییرات شوری در ایستگاه شماره ۱ (کارون) در بازه‌های زمانی مختلف اندازه‌گیری.



شکل ۱۵: تغییرات دمای آب در ایستگاه شماره ۱ (کارون) در بازه‌های زمانی مختلف اندازه‌گیری.



شکل ۱۶: تغییرات دمای آب و شوری در ایستگاه‌های مختلف نسبت به تغییرات تراز سطح آب (جزر و مد) در بازه زمانی ۲۰۱۷/۱۱/۲۸.

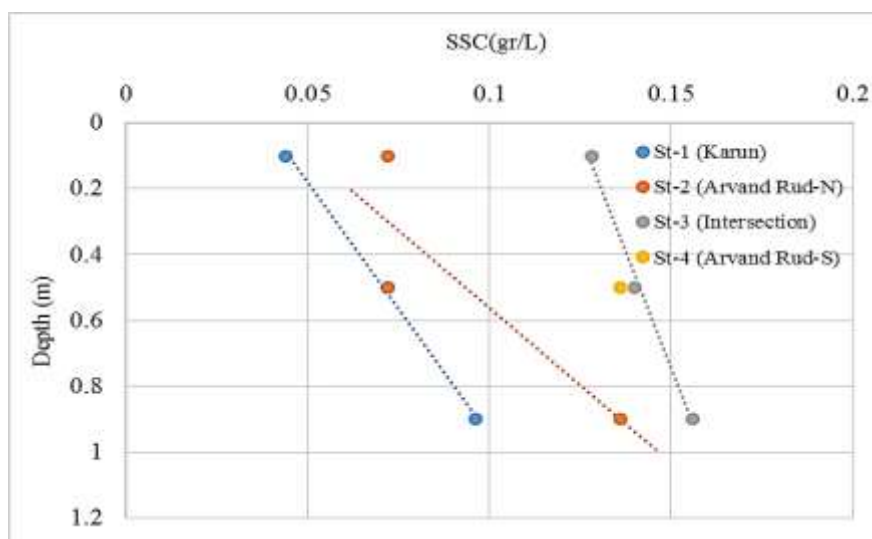
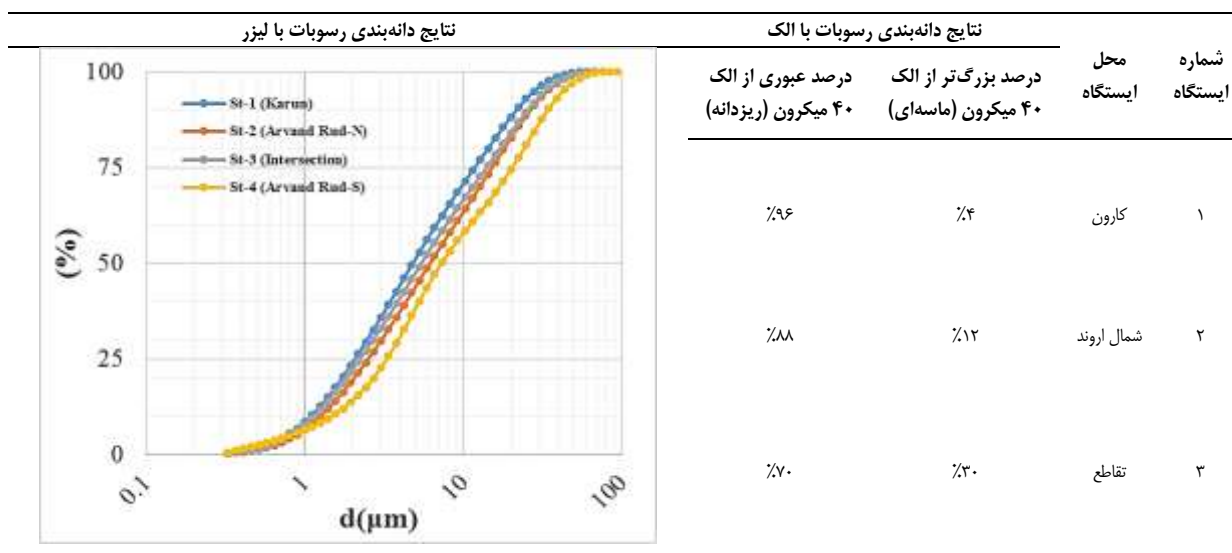


اروند و کارون به شدت تحت تأثیر منابع رسوبی رودخانه کارون است و منابع رسوبی قرار گرفته در رودخانه اروند تأثیری بر میزان رسوب گذاری این ناحیه ندارند. همچنین روند رسوب-گذاری در رودخانه اروند باعث جابجایی خط ژرفگاه به سمت عراق شده است.

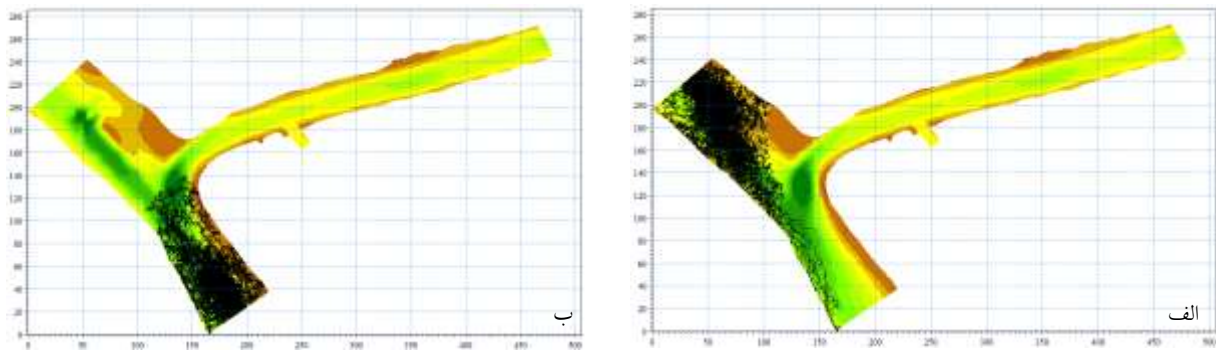
تغییرات تراز بستر در محدوده منطقه مورد مطالعه در شکل ۲۱-ب نشان داده شده است. به منظور سرعت بخشیدن به محاسبات مورفولوژیک جهت بررسی تغییرات تراز بستر از اعمال ضریب سرعت‌دهی صرف نظر شده است. تغییرات تراز بستر نشان می‌دهد که کانال رودخانه کارون قابلیت رسوب‌گذاری قابل توجهی در محل تقاطع با رودخانه اروند دارد.

رودخانه اروند در شکل ۲۰ ارائه شده است. الگوی پراکندگی ذرات در منابع رسوبی قرار گرفته در اروند نشان می‌دهد که منابع رسوبی این نواحی به داخل رودخانه کارون نفوذ نمی‌کند. البته هیدروگرافی منطقه مؤید این موضوع نیز هست. شکل‌گیری دو جلگه رسوبی در شمال و جنوب تقاطع رودخانه‌های کارون و اروند نشان می‌دهد که آورد رسوبی در این ناحیه توسط رودخانه کارون صورت می‌گیرد و اثرات آورد رسوبی رودخانه اروند بر کارون بسیار ناچیز است. الگوی پخش ذرات از منبع رسوبی واقع در کارون با استفاده از مدل رهگیری ذرات رسوبی در شکل ۲۱-الف نمایش داده شده است. با توجه به این شکل‌ها می‌توان دریافت که نحوه انتقال ذرات رسوبی در محل تقاطع رودخانه‌های

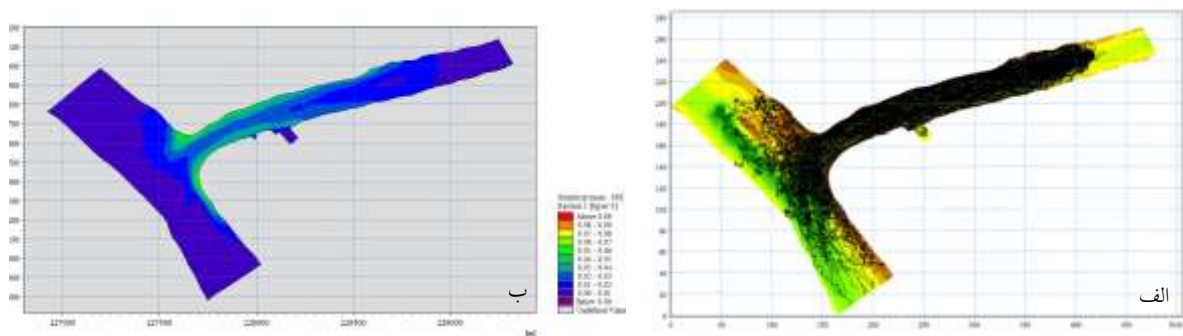
جدول ۴: نتایج نمونه‌برداری رسوبات بستر.



شکل ۱۹: غلظت رسوبات معلق.



شکل ۲۰: الگوی پخش ذرات از منبع رسوبی واقع در شمال (الف) و جنوب (ب) محدوده مطالعاتی.



شکل ۲۱: الف) الگوی پخش ذرات از منبع رسوبی واقع در کارون. ب) متوسط غلظت رسوبات معلق در محدوده مورد مطالعه.

۵. جمع‌بندی

عمل می‌نماید. به دلیل قرار داشتن جزیره‌ام الرصاص در مقابل جت خروجی از دهانه کارون، این جزیره مانند یک صفحه فشرده‌گی مقابل جریان خروجی گرفته و سبب شکل گرفتن جت دیواره‌ای خواهد شد. بررسی تغییرات دما و شوری نشان می‌دهد روند تغییرات این مؤلفه در سه ایستگاه نزدیک به هم است به صورتی که افزایش سطح آب باعث افزایش دما و کاهش شوری در هر سه ایستگاه می‌شود. در محل تقاطع رودخانه‌های اروند و کارون با توجه به تغییرات شدید عمق، رسوبات نسبت به سایر نقاط درشت‌تر هستند اما عمده رسوبات منطقه مورد مطالعه از نوع ریزدانه می‌باشد. غلظت رسوبات با حرکت در عمق افزایش یافته و کمترین و بیشترین غلظت رسوب به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های کارون و تقاطع اروند کارون می‌باشد. نتایج مدل عددی نیز نشان دهنده عدم نفوذ بار رسوبی از کانال رودخانه اروند به داخل رودخانه کارون بود در حالی که آورد رسوبی رودخانه الوند به رودخانه کارون قابل توجه است. همچنین نتایج مدل انتقال رسوب چسبنده نشان داد که در محل تقاطع این دو رودخانه پتانسیل بالایی برای رسوب‌گذاری و افزایش ضخامت بستر دارد.

در این تحقیق به تحلیل و بررسی یک ماهه داده‌های اندازه‌گیری شده، پدیده‌های دریایی و مدل‌سازی عددی هیدرودینامیک جریان، رسوب و مورفولوژی در محل برخورد رودخانه‌های کارون و اروند پرداخته شده است. مجموعه کاملی از اطلاعات و پارامترهای دریایی در این منطقه مرزی با دسترسی سخت برداشت شده است و در اختیار سایر محققین قرار گرفته است. مطالعات نشان می‌دهد که اختلاف مقادیر تراز اندازه‌گیری شده و مقادیر جزرومد نشان از تأثیر عوامل محیطی مانند خیزآب ناشی از باد، اندرکنش سایر مؤلفه‌های جزرومد، اختلاف فاز جریان در دو محیط مختلف، جریان رودخانه‌ای در بالادست است.

اندازه‌گیری‌های سرعت جریان در کارون نشان می‌دهد که سرعت جریان غالب در این ناحیه به سمت اروند می‌باشد و جزر و مد اروند تنها می‌تواند سرعت جریان‌های این رودخانه را به صورت موضعی کاهش دهد. تغییرات هیدروگرافی نیز نشان دهنده جریان‌های سیلابی در کارون می‌باشد که مانند جت آب

bahmanshir estuary. International journal of environmental science and technology, 12: 3329-3340.

Gohari, S.; Amraei, M., 2014. Study of junction angle effect on flow characteristics at channels confluences. Journal of Water and Soil Knowledge, 24: 243-257.

Jawahar, P.; Kamath, H., 2000. A high-resolution procedure for euler and navier–stokes computations on unstructured grids. Journal of Computational Physics, 164: 165-203.

khosh khahesh, M.; Delbari, A.; fayaz mohamadi, M., 2019. Hydrodynamic simulation of tidal currents at the confluence of the karun and arvand rivers. Journal of Environmental Science Studies, 4: 1599-1613.

Khosravi, M.; Siadatmousavi, S.M.; Yari, S.; Azizpour, J., 2017. Observation of currents in karun river. Research in Marine Sciences, 2: 50-58.

Shafie sarvestani, M.; Sadrinasab, M., 2006. Plum modeling at the mouth of the arvand river. Pp. in Seventh International Conference on Coasts, Ports and Marine Structureseds.

۶. سپاسگزاری

نویسندگان مقاله برخورد لازم می‌دانند از سازمان مجری طرح‌های عمرانی وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح آقایان مهندس نظری و مهندس فلاح تشکر و قدردانی به عمل آورند.

منابع

Abdolkaniyan, N.; Elmizase, H.; dadelahi sohrab, A.; Sori, A.; fayaz mohamadi, M., 2018. Modeling comparison of pollution distribution in arvandrud in the high water and low water season. Journal of Marine Science and Technology, 16: 13-24.

Ajab pour, A.; Ashtar larky, A.; Sadrinasab, M., 2015. Investigating the flow of water at the intersection of arvand river and karun through the influx of tidal waves. Pp. in The first national environmental conferenceeds.

Etemad-Shahidi, A.; Rohani, M.; Parsa, J.; Lemckert, C., 2015. Effects of sea level rise on the salinity of