



ORIGINAL RESEARCH PAPER (Marine Science)

Morphological, Sedimentary and Hydrodynamic Study in Intersection of the Arvand River and the Karun River by Using Field Data and Numerical Modeling

Rouhollah Amirabadi¹, Ehsan Shad², Ahmad Rezaee³, Ali Ghasemi⁴

¹ Assistant Professor, Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Qom University, Qom, Iran

² PhD Student, Marine Structure Group, Faculty of Engineering, Qom University, Qom, Iran

³ Ph.D. student, Faculty of Civil and Environmental Engineering, TMU, Tehran, Iran

⁴ PhD Student, Marine Structure Group, Faculty of Engineering, Qom University, Qom, Iran

ARTICLE INFO

Code: A-10-1584-1

Article History:

Received: 2020/09/23

Revised: 2020/12/11

Accepted: 2020/12/11

Keywords:

Arvand River

Karun River

Flow modeling

Sediment modeling

Field data.

*Corresponding author:

r.amirabadi@qom.ac.ir

ABSTRACT

Providing faultless proceeding of the engineer to protect the rivers requires understanding the river's morphological behavior and studying the area's hydrodynamic phenomena. The intersection of the Karun rivers as the most significant and longest river in Iran with the Arvand border river is of considerable importance due to its strategic location. In this paper, using field measurement and numerical modeling, the hydrodynamic processes of this area have been investigated. The size of marine parameters related to the border area with hard access at the intersection of Karun to Arvand includes water level and current velocity, hydrography, sediment granulation, and hydrodynamic modeling of current and sediment. Current velocity measurements show that the prevailing flow velocity in this area is towards Arvand, and Arvand tide can only reduce the flow velocities of this river locally. Hydrographic changes also indicate flood currents in Karun, which act like water jets, causing significant changes in the intersection of Karun and Arvand rivers and shifting the Talweg line to Iraq. At the junction of rivers, due to sharp changes in depth, sediments are coarser than other points, and also, the concentration of deposits increases with movement at depth. The numerical model results are consistent with field measurements. They indicate that the Karun River's sediment flow in the Arvand River is carried out, and the effects of sediment flow in the Arvand River on Karun are minimal. Also, the intersection of these two rivers has a high potential for sedimentation and increases the thickness of the bed.



NUMBER OF TABLES

4



NUMBER OF FIGURES

21



NUMBER OF REFERENCES

8

مطالعات مورفولوژی، رسوب و هیدرودینامیک جریان محدوده تقاطع رودخانه کارون و اروند با استفاده از

داده‌های میدانی و مدل‌سازی عددی

روح‌ا... امیرآبادی^{۱*}، احسان شاد^۲، احمد رضایی^۳، علی قاسمی^۴^۱ استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه قم، قم، ایران^۲ دانشجوی دکتری، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه قم، قم، ایران^۳ دانشجوی دکتری، گروه سازه‌های دریایی، دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران^۴ دانشجوی دکتری، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه قم، قم، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ دریافت: ۲۷/۱۳۹۹	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 قابل‌توجهی 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 قابل‌توجه 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.
تاریخ بازبینی: ۲۱/۹/۱۳۹۹	
تاریخ پذیرش: ۱۰/۱۰/۱۳۹۹	
واژگان کلیدی:	
اروند رود	
رود کارون	
مدل‌سازی جریان	
مدل‌سازی رسوب	
داده‌های میدانی.	
*نویسنده مسئول	
✉ r.amirabadi@qom.ac.ir	

مقدمه

مطالعه رژیم رسوبی رودخانه‌ها از جنبه‌های مختلف حائز اهمیت است. رودخانه‌ها تحت تأثیر فرسایش و رسوب‌گذاری 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 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) [۱]، 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 [۱]. سروسستانی 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

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 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.

روش پژوهش

۱. 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 تاید 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 مؤلفه و کلیه سطوح جزر و مدی استخراج شده است. به منظور انجام هیدروگرافی از یک دستگاه اکوساندر هیدروگرافی با برند CEEDUCER و برای انجام نوبری 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

و یک چرخش آنتی‌سیکلون را در قسمت شمال غربی خلیج و جریان ساحلی شناور در اطراف قطر و عربستان ایجاد می‌گردد [۲].

اعتماد شهیدی و همکاران (۲۰۱۵)، نفوذ آب شور به علت افزایش سطح آب دریا را در خور بهمن‌شیر بررسی کردند. نتایج نشان داد که سطح دریا از ۳۰ تا ۹۰ سانتی‌متر در سال ۲۱۰۰ افزایش می‌یابد و طول نفوذ شوری به طور معکوس با تخلیه و به طور مستقیم با افزایش سطح دریا افزایش یافته است [۳]. 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 [۴]. عبدالخانیان و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از مدل کوهرنس و GIS محدوده فرسایش و رسوب‌گذاری را در ارتباط با سرعت 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 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 [۵].

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، ۰/۴۲ 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 [۶].

همان‌طور که بررسی مطالعات نشان داد، محل برخورد رودخانه‌های کارون و اروند از اهمیت قابل‌توجهی 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

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.

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



شکل ۱: محدوده اندازه‌گیری پارامترهای دریایی.

Fig 1: Range of measurement of marine parameters

۲. مدل‌سازی عددی

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 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 دو بعدی جریان آب کم‌عمق که در واقع معادلات جریان متوسط‌گیری شده در عمق هستند، می‌باشد. این معادلات شامل 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،

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.

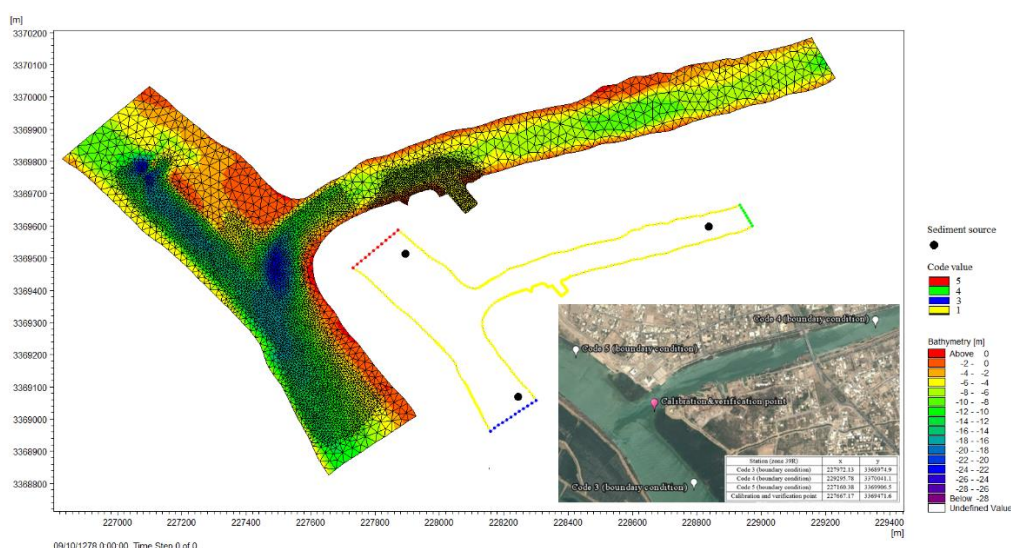
می‌باشد. محدوده مدل‌سازی دارای سه مرز باز و یک مرز بسته می‌باشد که مرز بسته با کد ۱ و مرزهای باز با کد ۳، ۴ و ۵ نام‌گذاری شده‌اند. اطلاعات مرز باز از داده‌های اندازه‌گیری استخراج شده از این رو در هر مرز باز، تغییرات تراز سطح آب، مؤلفه‌های سرعت جریان (U, V)، شوری و حرارت وارد شده است. اطلاعات مؤلفه‌های 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.

فن بازسازی گرادیان به کار برده می‌شود. بدین منظور از روش پیشنهادی جاواهار و کامات استفاده شده است [۷]. انتخاب محدوده مدل‌سازی به گونه‌ای 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 مورد نظر 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

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

Table 1: Accurate coordinates of the place of measurement of marine parameters and measurement conditions

نوع ایستگاه	شماره ایستگاه	موقعیت جغرافیایی		شرایط اندازه‌گیری	پارامترهای اندازه‌گیری
		X	Y		
ترازسنج	شماره ۱	۲۲۸۲۲۰	۳۳۶۹۶۷۹	ثابت تراز آب با تاید گیج در کنار اسکله صنعت شهید موسوی با فواصل ۱۰ دقیقه به مدت یک ماه کامل	اندازه‌گیری جزر و مد با استفاده از تاید گیج 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	۲۲۹۲۹۵/۷۸	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 آب و سرعت جریان در راستای X و Y
	شماره ۲	۳۳۶۹۹۰۶/۵	۲۲۷۱۶۰/۳۸		پارامترهای آب شامل: سرعت صوت، شوری، دما، چگالی، هدایت الکتریکی،
	شماره ۳	۳۳۶۹۴۷۱/۶	۲۲۷۶۶۷/۱۷		
	شماره ۴	۳۳۶۸۹۷۴/۹	۲۲۷۹۷۲/۱۳		
رسوبات بستر	شماره ۱	۳۳۶۹۹۰۳	۲۲۸۶۵۴	هر نمونه به میزان ۵ کیلوگرم بوده است	دانه‌بندی نمونه‌ها
	شماره ۲	۳۳۶۹۷۰۲	۲۲۷۳۷۸		
	شماره ۳	۳۳۶۹۴۴۸	۲۲۷۶۹۹		
	شماره ۴	۳۳۶۹۰۱۸	۲۲۷۸۵۸		
رسوبات معلق	شماره ۱	۳۳۷۰۰۱۸	۲۲۹۲۰۹	برداشت آب در اعماق ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۹ متری و به اندازه ۱/۵ لیتر	وزن رسوبات معلق
	شماره ۲	۳۳۶۹۷۸۹	۲۲۷۲۸۵		
	شماره ۳	۳۳۶۹۴۸۹	۲۲۷۶۵۳		
	شماره ۴	۳۳۶۹۰۵۰	۲۲۷۹۱۷		



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

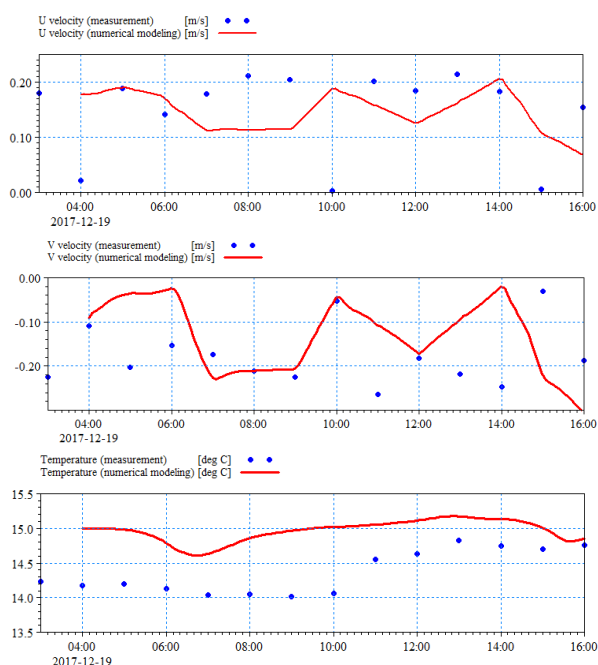
Fig 2: Computational network, model demarcation, location of sedimentary springs, location of stations for boundary conditions, calibration and validation stations

مدت، لحاظ گردیده است. لازم به ذکر است، فاکتور بدون بعد سرعت برای سرعت بخشیدن به محاسبه تغییرات بستر مورد استفاده قرار می گیرد.

جدول ۲: پارامترهای مدل انتقال رسوبات چسبنده.

Table 1: Parameters of sticky sediment transfer model

پارامترها	مقدار
تعداد بخش‌ها	۲
تعداد لایه‌ها	۲
ضریب سرعت سقوط	$m/s \cdot 50$
پروفیل رسوب‌گذاری (Deposition)	Teeter profile
تنش برشی بحرانی رسوب‌گذاری	$2 N/m \cdot 0.7$
مقدار شرایط مرزی	$3 kg/m \cdot 0.2$
ضریب سرعت‌دهی محاسبات (speed factor)	$14 - 0$



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

Fig 3: Comparison of modeling results and measurements performed at the intersection of Arvand and Karun rivers in the period of 12/19/2017

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.

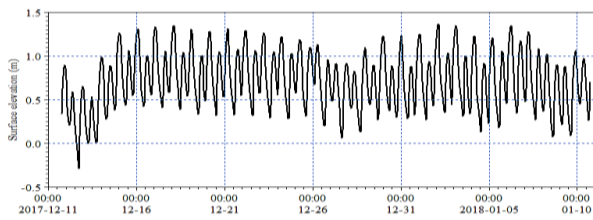
به منظور واسنجی (کالیبراسیون) پارامترهای مختلف مؤثر بر جریان بررسی و میزان اثر هر یک مورد ارزیابی قرار گرفته است. پارامترهای کالیبراسیون برای مدل جریان در این محدوده مطالعاتی تنها دو پارامتر ضریب زبری بستر و ضریب لزجت گردابه‌ای می‌باشد. به منظور انجام کالیبراسیون، مدل با شرایط مختلف از جمله ضرایب مانینگ 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 از آن است که ضریب زبری بستر (عدد مانینگ) مقدار ۶۰ و ضریب ویسکوزیته مقدار ثابت ۰/۲۵ (حداقل 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 $m^2/s \cdot 5$ 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

۱. جزر و مد

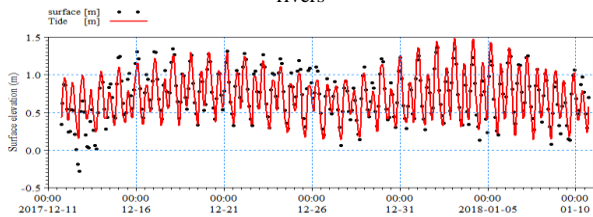
با توجه به ترازشنجی انجام گرفته در محدوده مطالعه، در این بخش به تحلیل آن پرداخته شده است. در شکل ۶، اطلاعات اندازه‌گیری شده تغییرات تراز آب نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل ۶ مشخص می‌باشد، در ابتدای اطلاعات تغییرات قابل توجهی در تراز آب مشاهده می‌باشد که می‌بایست مورد توجه قرار گیرد.

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.



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

Fig 6: Changes in water level at the intersection of Arvand and Karun rivers



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

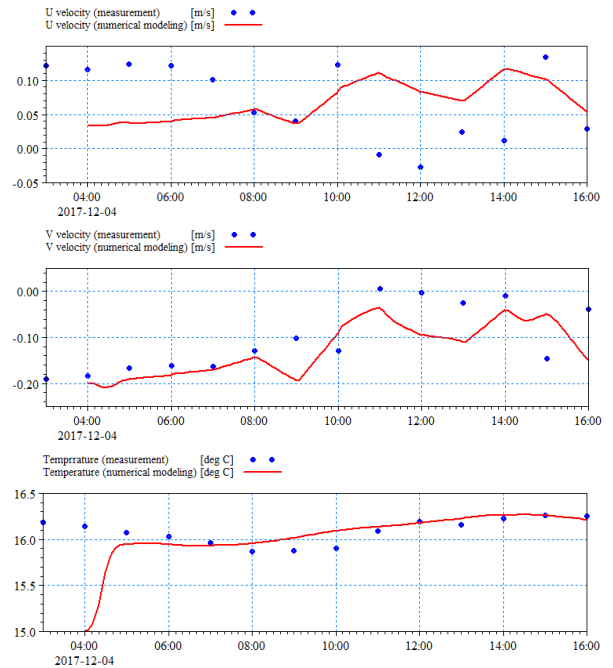
Fig 7: Isolation of tides from water level changes

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:

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

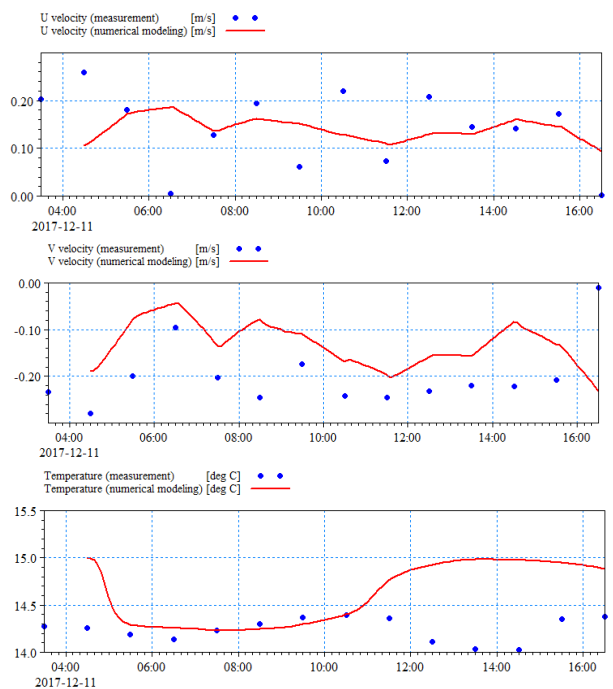
به طوری که:

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



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

Fig 4: Comparison of modeling results and measurements performed at the intersection of Arvand and Karun rivers in the period of 12/04/2017.

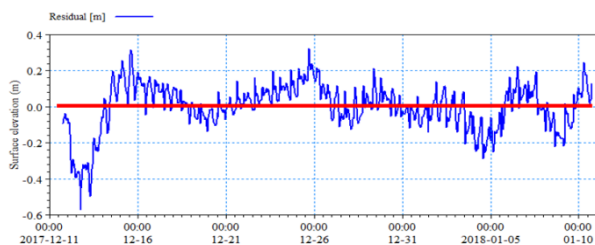


شکل ۵: مقایسه نتایج مدل‌سازی و اندازه‌گیری‌های انجام گرفته در نقطه تقاطع رودخانه‌های اروند و کارون در بازه زمانی ۲۰۱۷/۱۲/۱۱.

Fig 5: Comparison of modeling results and measurements performed at the intersection of Arvand and Karun rivers in the period 11/12/2017.

¹ IOS Tidal Package

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.
Fig 8: Differences in changes in water level and measured tidal values

جدول ۳: دامنه و فاز مؤلفه‌های جزر و مدی بر اساس تحلیل تغییرات تراز آب.

Table 2: Amplitude and phase of tidal components based on analysis of water level changes

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

۲. 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 برداشته‌ها، اندازه‌گیری شده است. در شکل ۹ بازه زمانی اندازه‌گیری‌های CTD نشان داده شده است. 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.

۳. 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.

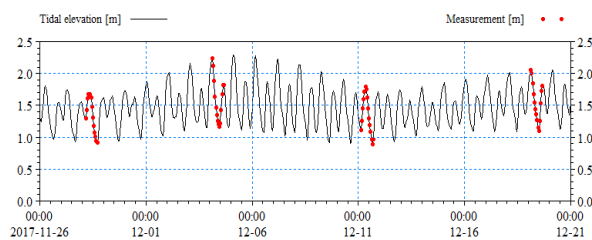
جهت جریان در ایستگاه به سمت شمال می‌باشد که با توجه به موقعیت قرارگیری آن، نشان از کانالیزه شدن جریان جزرومدی در این ناحیه دارد. در تقاطع رودخانه‌های ارونند و کارون، جریان متأثر از سرعت جریان‌های کارون می‌باشد.

در ایستگاه شماره ۴ که در جنوب محدوده مورد بررسی قرار دارد، جهت جریان شمالی-جنوبی و مقدار سرعت جریان دچار پخش‌شدگی

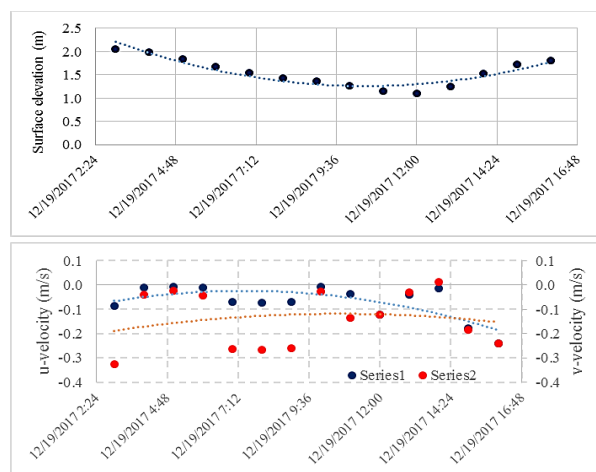
عمدتاً نیم‌روزانه است. بنابراین در هر روز دو قله و دو قعر با شدت مختلف مشاهده شود.

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

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. 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



شکل ۹: بازه زمانی اندازه‌گیری‌های CTD (نقاط قرمز).
Fig 9: CTD measurements (red dots)



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

Fig 10: An example of the results of measuring changes in water level and flow velocity components in the vicinity of Karun station

الگوی رفتار سرعت جریان و تراز آب در هنگام جزر و مد 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.

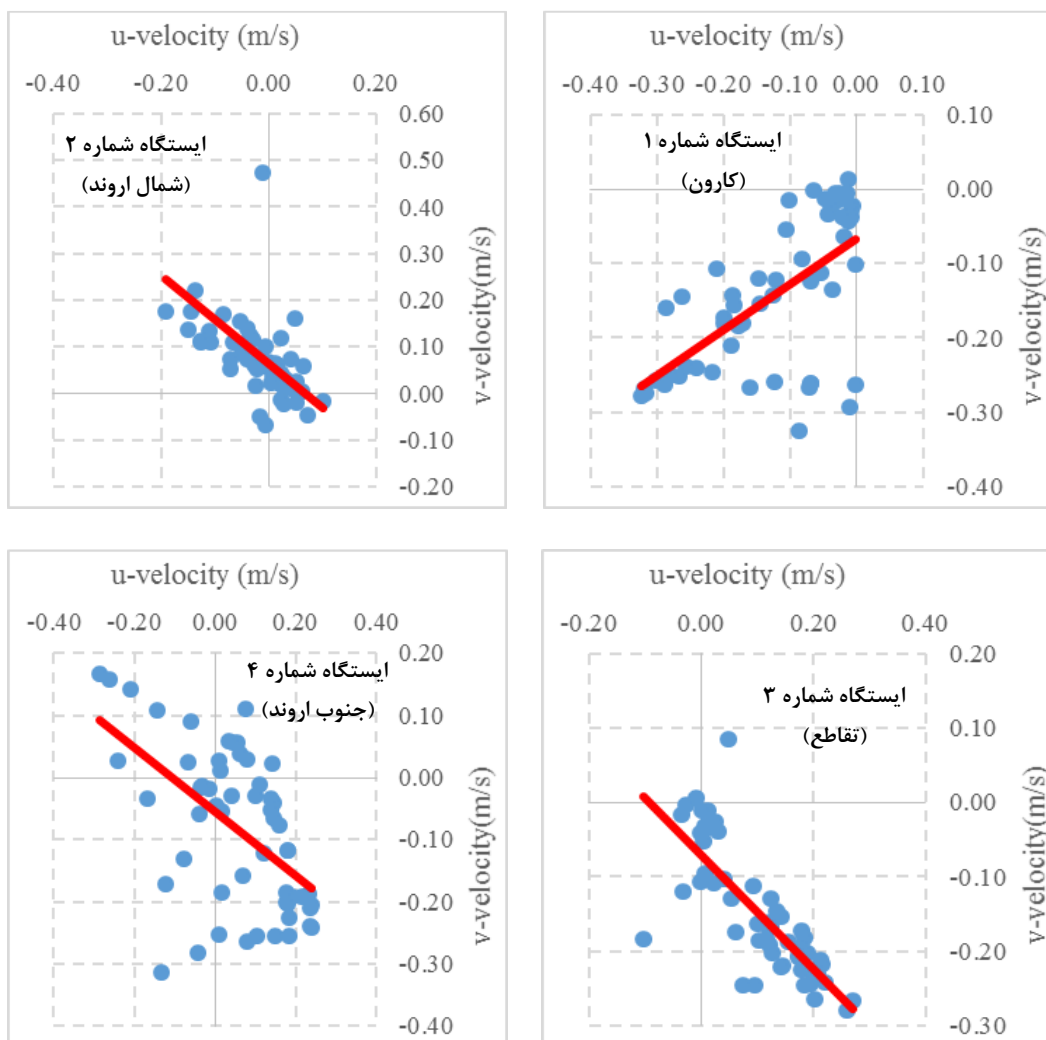
بیشینه‌ی سرعت جریان در دو بازه زمانی در شکل ۱۳ ارائه شده است. با توجه به این شکل می‌توان گفت سرعت در شاخه‌ی کارون بیشتر از اروند است. همچنین به دلیل وجود رودخانه کارون، سرعت‌ها در بخش مربوط به طرف عراقی رودخانه اروند بیشتر از بخش ایرانی آن است.

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.

می‌باشد که نشان می‌دهد، 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.

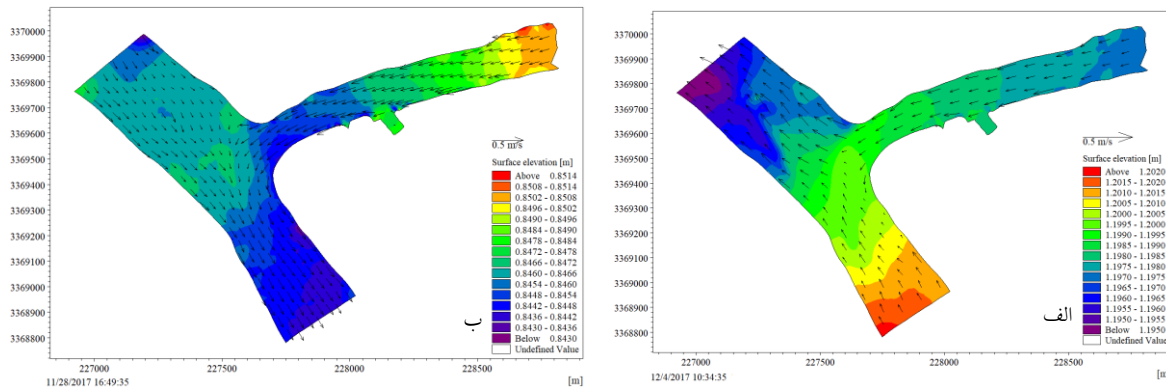
این تغییرات هیدروگرافی نشان دهنده جریان‌های سیلابی در کارون است که مانند جت آب عمل می‌نماید. به دلیل قرار داشتن جزیره‌ام الرصاص در مقابل جت خروجی از دهانه کارون، این جزیره مانند یک صفحه فشرده‌گی^۱ مقابل جریان خروجی گرفته و سبب شکل گرفتن جت دیواره‌ای^۲ خواهد شد.



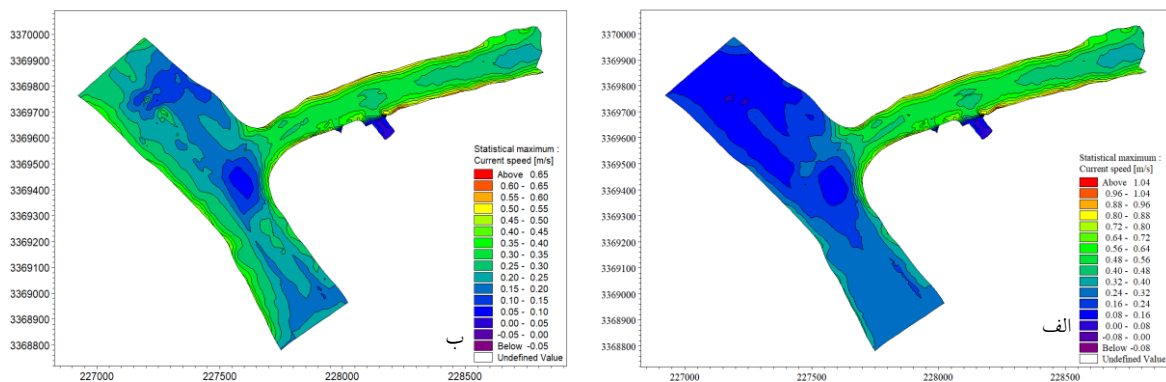
شکل ۱۱: سرعت جریان در ایستگاه‌های اندازه‌گیری.
Fig 11: Flow velocity at measuring stations

² wall jet

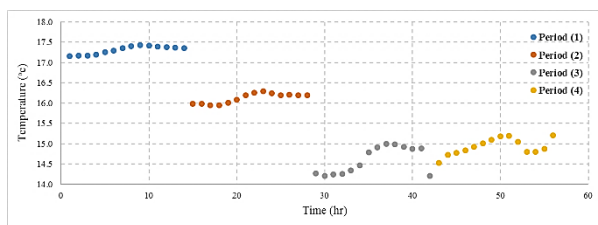
¹ impinged plate



شکل ۱۲: الگوی رفتار سرعت جریان و تراز آب در هنگام الف) مد و ب) جزر در محدوده مورد مطالعه.
Fig 12: Pattern of behavior of flow velocity and water level during a) tide and b) tide in the study area



شکل ۱۳: بیشینه سرعت جریان در بازه زمانی الف) ۲۰۱۷/۱۱/۲۸ ب) ۲۰۱۷/۱۲/۴ در محدوده مورد مطالعه.
Fig 13: Maximum flow velocity in the period a) 11/28/2017 b) 12/4/2017 in the study area



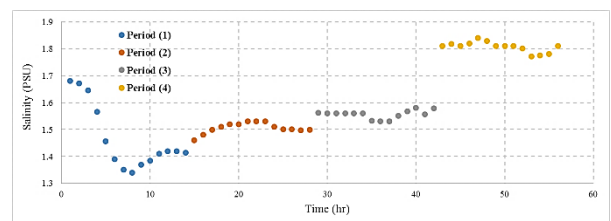
شکل ۱۵: تغییرات دمای آب در ایستگاه شماره ۱ (کارون) در بازه‌های زمانی مختلف اندازه‌گیری.

Fig 15: Measurements of water temperature in station number 1 (Karun) are measured at different time intervals

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).

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 روند کاهشی 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).



شکل ۱۴: تغییرات شوری در ایستگاه شماره ۱ (کارون) در بازه‌های زمانی مختلف اندازه‌گیری.
Fig 14: Salinity changes in station number 1 (Karun) are measured at different time intervals

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.



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

Fig 18: An example of a flow pattern at the intersection of open canals or rivers

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.

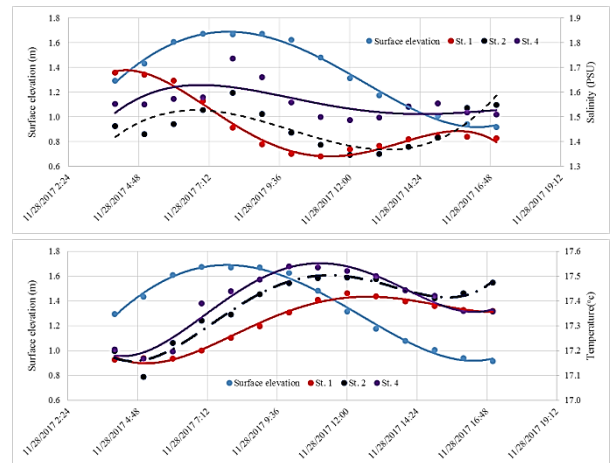
در ایستگاه‌های قرار گرفته در کارون و اروند تقریباً بیش از ۹۰ درصد مصالح ریزدانه است و در تقاطع این رودخانه‌ها تقریباً ۷۰ درصد مصالح ریزدانه است. با توجه به تغییرات شدید عمق در محل تقاطع، درشت‌دانه بودن نسبی مصالح دور از انتظار نبوده است.

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 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.

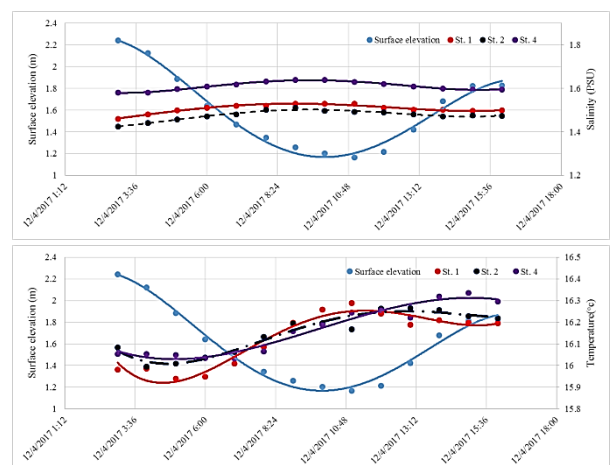
شکل‌گیری دو جلگه رسوبی در شمال و جنوب تقاطع رودخانه‌های کارون و اروند نشان می‌دهد که آورد رسوبی در این ناحیه توسط رودخانه کارون صورت می‌گیرد و اثرات آورد رسوبی رودخانه اروند بر کارون بسیار ناچیز است. الگوی پخش ذرات از منبع رسوبی واقع در

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).



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.

Fig 16: Changes in water temperature and salinity in different stations compared to changes in water level (tide) in the period 11/28/2017.



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.

Fig 17: Changes in water temperature and salinity in different stations compared to changes in water level (tide) in the period 04/12/2017

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 جداسازی جریان و فرسایش در محدوده حداکثر سرعت جریان رخ خواهد داد که این موضوع هماهنگی کاملی با الگوی رسوب‌گذاری در محدوده تقاطع

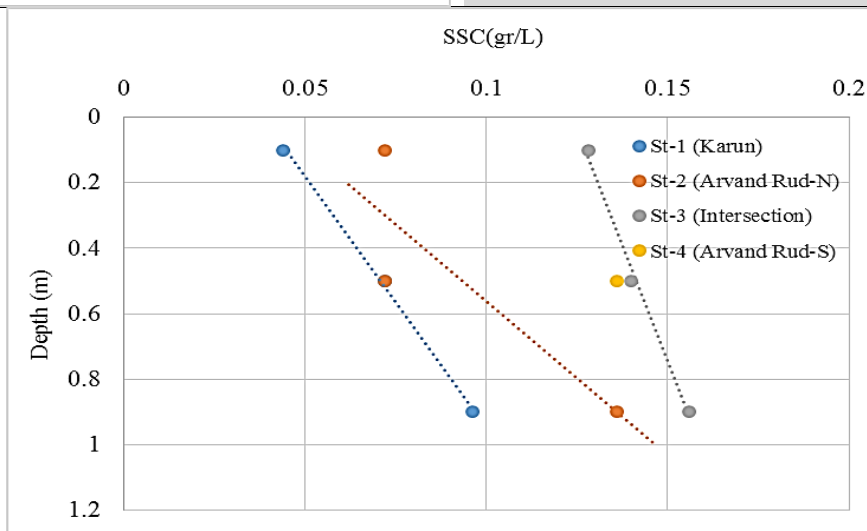
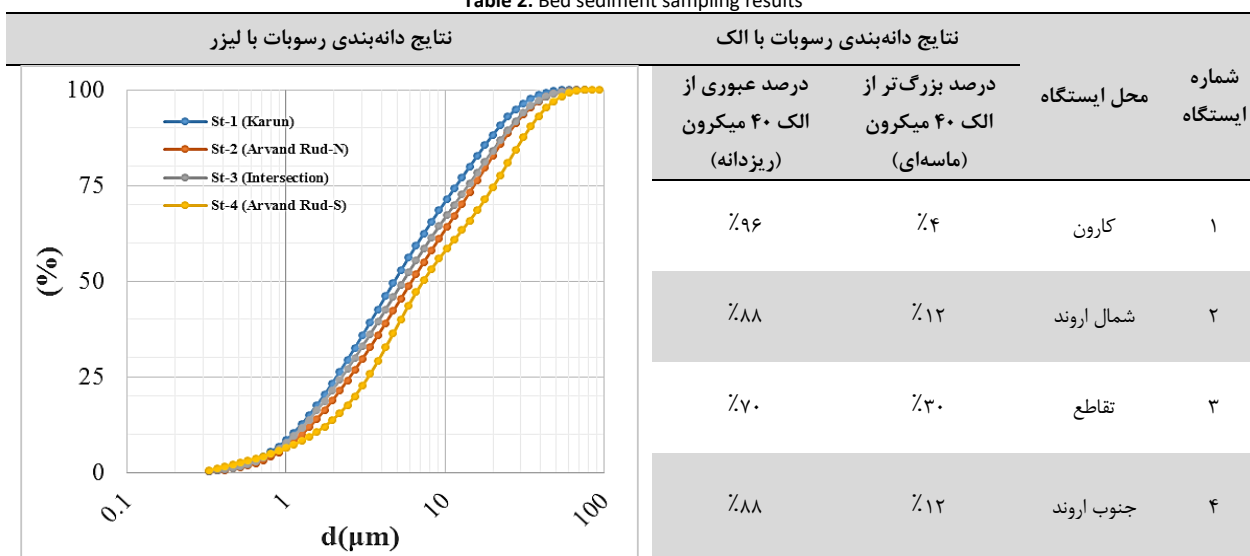
تغییرات تراز بستر در محدوده منطقه مورد مطالعه در شکل ۲۱-ب نشان داده شده است. به منظور سرعت بخشیدن به محاسبات مورفولوژیک جهت بررسی تغییرات تراز بستر از اعمال ضریب سرعت دهی صرف نظر شده است. تغییرات تراز بستر نشان می‌دهد که کانال رودخانه کارون قابلیت رسوب‌گذاری قابل توجهی در محل تقاطع با رودخانه اروند دارد.

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 ر محل تقاطع رودخانه‌های اروند و کارون به شدت تحت تأثیر منابع رسوبی رودخانه کارون است و منابع رسوبی قرار گرفته در رودخانه اروند تأثیری بر میزان رسوب‌گذاری این ناحیه ندارند. همچنین روند رسوب‌گذاری در رودخانه اروند باعث جابجایی خط ژرفگاه به سمت عراق شده است.

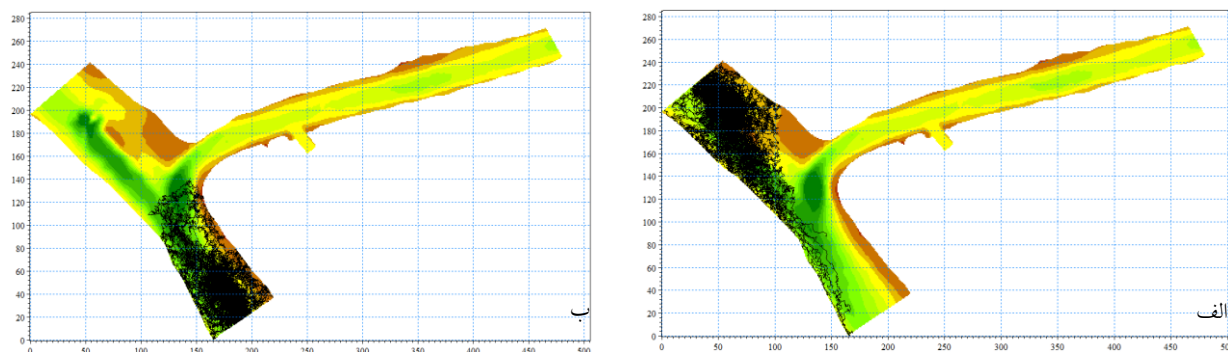
جدول ۴: نتایج نمونه‌برداری رسوبات بستر.

Table 2: Bed sediment sampling results



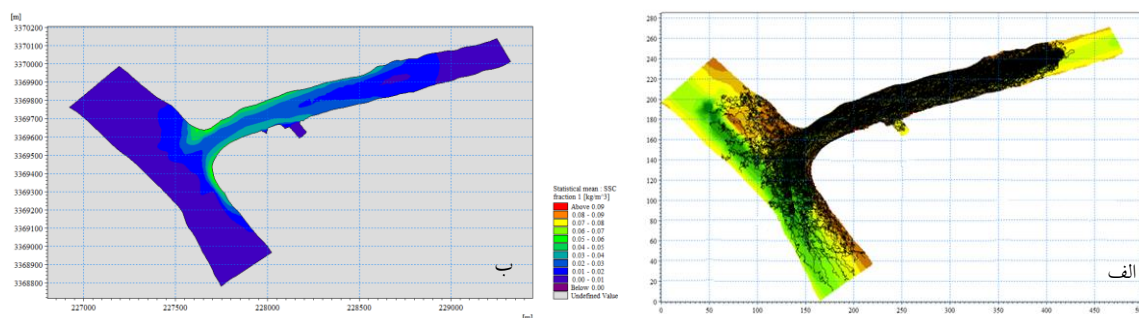
شکل ۱۹: غلظت رسوبات معلق.

Fig 19: Concentration of suspended sediments



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

Fig 20: Particle scattering pattern from a sedimentary source located north (a) and south (b) of the study area



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

Fig 21: Particle scattering pattern from a sedimentary source located in Karun. B) The average concentration of suspended sediments in the study area

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. [۸]

مشارکت نویسندگان

تمامی نویسندگان به یک میزان در نگارش این مقاله مشارکت داشته اند.

تشکر و قدردانی

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.

تعارض منافع

هیچگونه تعارض منافی برای این مطالعه وجود ندارد.

نتیجه‌گیری

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 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

References

1. Ajab pour A, Ashtar larky A, Sadrinasab M. 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 conferenceeds2015.
2. Shafie sarvestani M, Sadrinasab M. Plum modeling at the mouth of the arvand river. Pp. in Seventh International Conference on Coasts, Ports and Marine Structureseds.2006.
3. Etemad-Shahidi A, Rohani M, Parsa J, Lemckert C. Effects of sea level rise on the salinity of bahmanshir estuary. *Int J Environ Sci Technol.* 2015;**12**:3329-3340. doi: 10.1007/s13762-015-0761-x
4. Khosravi M, Siadatmousavi SM, Yari S, Azizpour J. Observation of currents in karun river. *Res Marine Sci.* 2017;**2**:50-58.
5. Abdolkaniyan N, Elmizase H, Dadelahi sohrab A, Sori A, Fayaz mohamadi M. Modeling comparison of pollution distribution in arvandrud in the high water and low water season. *J Marine Scie Technol.* 2018;**16**:13-24.
6. khosh khahesh M, Delbari A, Fayaz mohamadi M. Hydrodynamic simulation of tidal currents at the confluence of the karun and arvand rivers. *J Environ Sci Stud.* 2019;**4**:1599-1613.
7. Jawahar P, Kamath H. A high-resolution procedure for euler and navier-stokes computations on unstructured grids. *J Comput Physic.* 2000;**164**:165-203. doi: 10.1006/jcph.2000.6596
8. Gohari S, Amraei M. Study of junction angle effect on flow characteristics at channels confluences. *J Water Soil Knowledge.* 2014;**24**:243-257.

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

Amirabadi, R., Assistant Professor, Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Qom University, Qom, Iran
r.amirabadi@qom.ac.ir

Shad, E. PhD Student, Marine Structure Group, Faculty of Engineering, Qom University, Qom, Iran
ehsan.shad@ymail.com

Rezaee, A. Ph.D. student, Faculty of Civil and Environmental Engineering, TMU, Tehran, Iran
a.rezaemazyak@modares.ac.ir

Ghasemi, A. PhD Student, Marine Structure Group, Faculty of Engineering, Qom University, Qom, Iran
ghasemi.ali89@gmail.com



HOW TO CITE THIS ARTICLE

Citation (Vancouver) Amirabadi R, Shad E, Rezaee A, Ghasemi A. Morphological, Sedimentary and Hydrodynamic Study in Intersection of the Arvand River and the Karun River by Using Field Data and Numerical Modeling. *J Oceanography*. 2021; 12(45): 51-65.

 <http://doi.org/10.52547/joc.12.45.51>

 <http://joc.inio.ac.ir/article-1-1587-fa.html>

 <https://orcid.org/0000-0002-8311-5238>



COPYRIGHTS

©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.