

## اندازه‌گیری میدانی جریان در رودخانه کارون

مازیار خسروی<sup>۱\*</sup>، سیدمصطفی سیادت موسوی<sup>۲</sup>، صادق یاری<sup>۳</sup> و جعفر عزیزپور<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>نویسنده مسئول، کارشناس ارشد پژوهشی، گروه علوم غیرزیستی، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران mazyar.khosravi2007@gmail.com

<sup>۲</sup>استادیار، دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران siadatmousavi@iust.ac.ir

<sup>۳</sup>استادیار، بخش فیزیک دریا، گروه علوم غیرزیستی، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران yari.sadegh@gmail.com

<sup>۴</sup>کارشناس ارشد پژوهشی، گروه علوم غیرزیستی، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران oceanography.jafar@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱/۲۲

تاریخ دریافت: ۹۴/۷/۱۴

### چکیده

مطالعه حاضر نتایج اندازه‌گیری میدانی جریان در رودخانه کارون به مدت یک ماه از فصل بهار را ارائه می‌دهد. این اندازه‌گیری در ایستگاهی با عمق متوسط ۵ متر و با فاصله تقریبی ۱۲۰ کیلومتر از انتهای شمالی خلیج فارس، به منظور درک بهتر هیدرودینامیک جریان انجام شده است. تحلیل طیفی جریان، انرژی بالایی را در فرکانس‌های کشندی نشان می‌دهد که بیانگر تاثیر کشند در این ایستگاه اندازه‌گیری است. نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد که بیشینه جریان اندازه‌گیری شده توسط دستگاه جریان‌سنج  $70/6 \text{ cm/s}$ ، دریا سو و برخلاف انتظار مقارن با زمان سیگنال کهکشند است. سطح بالای دبی رودخانه هم‌زمان با سیگنال کهکشند، عامل رویداد این سرعت بیشینه است. در این دوره اندازه‌گیری، مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده جهت جریان کلی رودخانه، کشند به همراه تغییرات سطح دبی رودخانه شناخته شد. همچنین قابل ذکر است که تحلیل هارمونیک داده‌های تراز سطح آب،  $M2$ ،  $K1$  و  $O1$  را به ترتیب مهم‌ترین سیگنال‌های کشندی با غلبه نسبی کشند نیم‌روزه در دوره و مکان اندازه‌گیری معرفی می‌کند.

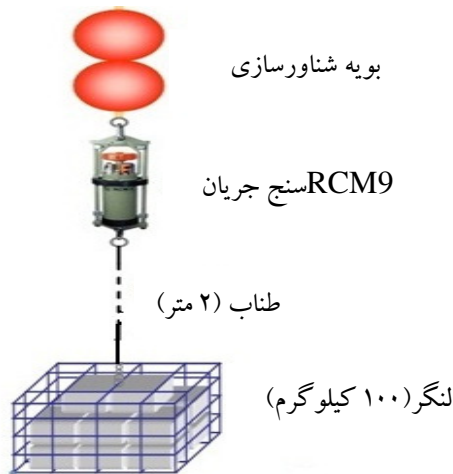
### واژه‌های کلیدی: رودخانه کارون، جریان، کشند، دبی رودخانه

#### ۱. مقدمه

رودخانه کارون می‌تواند به سبب برداشت آب و تغییر خروجی سدهای بالادست باشد که به‌طور منظم در ساعات اوج مصرف برق کشور انجام می‌شود. همچنین، رژیم ماهانه و طبیعی جریان در رودخانه کارون، با جریان بیشینه و غالب ناشی از ذوب یخ در ماه‌های مارس و آوریل و همچنین کمینه جریان در ماه‌های سپتامبر و اکتبر توصیف می‌گردد. مطالعه حاضر اولین پژوهش است که در آن اندازه‌گیری میدانی طولانی‌مدت جریان در رودخانه کارون منتشر شده است. اندازه‌گیری جریان از طریق یک دستگاه جریان‌سنج در موقعیت جغرافیایی  $30^{\circ}44'37,65''N$  و  $24^{\circ}48'57,85''E$  به‌منظور توصیف هیدرودینامیک جریان صورت گرفته است (شکل ۱). دستگاه جریان‌سنج مذکور همچنین مجهز به حسگر فشار بوده و بنابراین نوسانات تراز سطح آب

رودخانه کارون واقع در استان خوزستان تنها آبراهه قابل کشتیرانی و بزرگ‌ترین حوضه رودخانه‌ای در ایران است. رودخانه کارون با طول ۸۶۷ کیلومتر و مساحت حوضه ۷۱۹۸۰ کیلومتر مربع، از زردکوه در رشته‌کوه‌های زاگرس سرچشمه گرفته و در نهایت در رودخانه اروند که منبع عمده آب شیرین در خلیج فارس است، تخلیه می‌گردد. حوضه کارون از سه ناحیه اقلیمی کوهستانی، کوه‌پایه‌ای و بیابانی تشکیل شده است. محدوده شرایط اقلیمی حوضه کارون از تابستان‌های گرم و خشک با دمای بالاتر از ۵۰ درجه تا زمستان‌های سرد با دماهای کم‌تر از صفر در نوسان است. کل بارش سالانه حوضه از ۱۵۰ میلی‌متر در دشت‌ها تا ۱۲۰۰ میلی‌متر در نواحی کوهستانی متغیر است [1]. تغییرات دبی

انجام شد. به این ترتیب یک دستگاه جریان‌سنج RCM<sup>۲</sup> ساخت شرکت آندرا، کشور نروژ، در عمق ۲/۵ متری از بالای بستر در رودخانه کارون نصب شد. در این مورینگ یک وزنه ۱۰۰ کیلوگرمی به‌عنوان لنگر و همچنین از طنابی با طول ۲ متر برای اتصال دستگاه به لنگر استفاده شد. وزن دستگاه RCM از بالا با یک بویه شناورساز با شناوری ۴۲ کیلوگرم مهار گردید. این بویه همچنین عامل قائم ماندن دستگاه در ستون است. اندازه‌گیری‌های RCM برای یک دوره یک ماهه از ساعت ۰۹:۰۰ صبح روز ۲۹ ماه آوریل تا ساعت ۱۶:۲۰ عصر روز ۲۹ ماه می سال ۲۰۱۳ (مصادف با اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۲) با گام زمانی نمونه‌برداری ۲۰ دقیقه انجام شد. طرح شماتیک اجزای مختلف مورینگ مذکور در شکل ۲ نمایش داده شده است.



شکل ۲. طرح شماتیک اجزای مورینگ

گام زمانی ۲۰ دقیقه‌ای انتخاب شده در این اندازه‌گیری می‌تواند تغییرات جریان و نیز کشند را به‌خوبی از میان داده‌های جریان اندازه‌گیری شده تفکیک نماید. دستگاه جریان‌سنج مورد استفاده در اندازه‌گیری عملیات میدانی ذکر شده دارای دقت ۰/۵ سانتی‌متر بر ثانیه برای اندازه‌گیری جریان، و دقت  $\pm 5$  درجه برای جهت جریان است. خطای سینماتیک در این مورد بنا به مشخصه‌های ذکر شده ناچیز است. خرابی دستگاه، خالی شدن باتری‌ها در طی یک ماهه اندازه‌گیری مورد مطالعه در این مشاهده میدانی رخ نداده است. دستگاه اندازه‌گیری جریان را برحسب سانتی‌متر بر ثانیه و جهت آن را

رودخانه در این بازه زمانی ثبت و در این پژوهش برای تحلیل و استخراج مؤلفه‌های کشندی مورد استفاده قرار گرفته است. عمق متوسط آب در این موقعیت ۵ متر است و دستگاه به‌صورت قائم در ۲/۵ متری از کف رودخانه قرار گرفته است. فاصله عمودی نقطه اندازه‌گیری تا انتهای شمالی خلیج فارس ۱۲۰ کیلومتر است. همچنین برای درک بهتر دینامیک جریان در رودخانه کارون، داده‌های تغییرات دبی روزانه رودخانه کارون در ایستگاه فارسیات با موقعیت جغرافیایی  $30^{\circ}59'20''N$  و  $22^{\circ}48'47''E$  که در بالادست ایستگاه جریان‌سنجی این مطالعه واقع می‌شود تهیه و مورد بررسی قرار گرفت. این داده‌ها که مربوط به بازه ۹۲ روزه از ۲۱ مارس تا ۲۰ ژوئن است، از داده‌های دبی بایگانی شده از مدیریت منابع آب ایران به دست آمد.



شکل ۱. نقشه محل اندازه‌گیری میدانی جریان در ناحیه دارخوین و همچنین موقعیت ایستگاه دبی‌سنجی فارسیات در رودخانه کارون

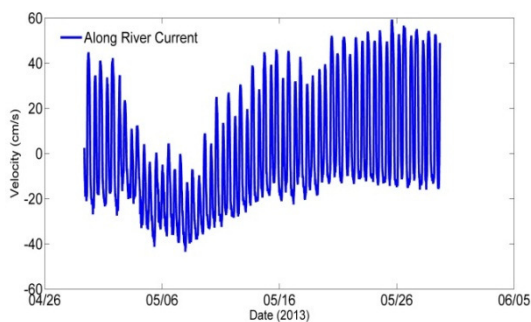
## ۲. مواد و روش‌ها

مورینگ<sup>۱</sup>ها سکوه‌های مناسبی برای ابزارهای اقیانوس‌شناسی برای اندازه‌گیری‌های بلندمدت در یک موقعیت خاص هستند. مورینگ‌ها به روش اوپلری اندازه‌گیری‌های خود را ثبت می‌کنند. طراحی یک مورینگ بسته به عمق آب و نوع ابزارهای مورد استفاده در اندازه‌گیری است، اما در هر صورت اجزای پایه تشکیل‌دهنده یک مورینگ اقیانوس‌شناسی متشکل از یک لنگر، خط مورینگ (طناب و زنجیر) و یک یا تعدادی بویه شناورساز برای قائم نگاه داشتن خط مورینگ است [2]. عملیات میدانی این پژوهش به‌منظور جریان‌سنجی از طریق سیستم مورینگ در اردیبهشت ۱۳۹۲

نرم‌افزاری T-Tide انجام شده است. در تحلیل کشندی کلاسیک، سیگنال‌های کشندی به صورت مجموعی از توابع سینوسی در فرکانس‌های مربوط به پارامترهای نجومی است [5]. تمامی محاسبات و کدهای تهیه شده در محیط MATLAB انجام و فراهم گردیده است.

#### ۴. نتایج

به دلیل طول زیاد رودخانه کارون (۸۶۷ کیلومتر)، نتایج اندازه‌گیری میدانی جریان در این پژوهش در یک مکان و زمان محدود بوده و نمی‌توان آن‌ها را به کل رودخانه و همچنین دیگر فصول تعمیم داد. بنابراین نتایج ارائه شده در این بخش فقط محدود به مکان و فصل اندازه‌گیری است. نمودارهای ۳، ۴ و ۵ به ترتیب تغییرات جریان در راستای رودخانه، سری زمانی تراز سطح آب و همچنین دمای ثبت شده توسط حسگرهای جریان، فشار و دما از دستگاه RCM را برای اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۲ نمایش می‌دهد. نتایج حاصل از تحلیل مؤلفه‌های اصلی نشان داد که در راستای رودخانه، بیشینه سرعت پاد دریاسو  $60 \text{ cm/s}$  و بیشینه سرعت دریاسو  $43/5 \text{ cm/s}$  است (شکل ۳). همچنین همان‌طور که از شکل ۴ پیداست، روزهای ۶ و ۱۹ ماه می مقارن با سیگنال کهکشند<sup>۴</sup> و همچنین روزهای ۱۳ و ۲۷ ماه می مقارن با سیگنال مهکشند است. از طرفی نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های حسگر دما در  $2/5$  متری بالای بستر حاکی از افزایش تدریجی دما از حداقل  $23$  درجه سلسیوس تا بیشینه  $28$  درجه سانتی‌گراد در طول دوره اندازه‌گیری در ماه اردیبهشت است (شکل ۵). افزایش دما به دلیل تغییر فصل و انتقال از فصل بهار به اوایل تابستان است.



شکل ۳. نمودار تغییرات جریان در راستای رودخانه در عمق  $2/5$  متری بالای بستر در اندازه‌گیری یک ماهه اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۲

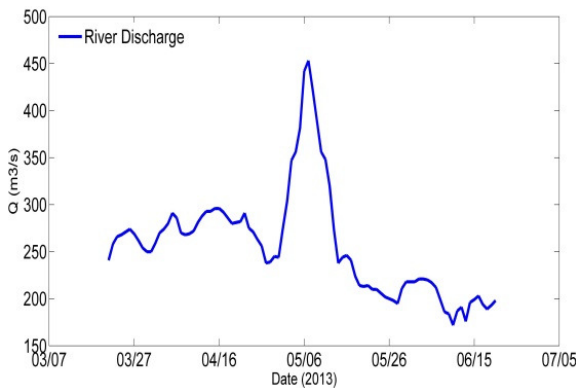
نسبت به شمال مغناطیسی زمین ثبت می‌کند. تغییر ناگهانی دما، رطوبت، فشار جوی و ... در طول مدت اندازه‌گیری ثبت نشده است. دستگاه توسط Test Unit آزمایش شده و نتایج به دست آمده با فرم‌های واسنجی تهیه شده توسط شرکت سازنده مقایسه، و از صحت دستگاه اطمینان حاصل شده است. پیش از انجام محاسبات، داده‌ها به صورت چشمی کنترل و از عدم وجود پیک‌های ناگهانی و بازه‌های بدون برداشت توسط دستگاه اطمینان حاصل شد. همچنین اختلاف هر داده با داده قبلی محاسبه و سپس اختلاف‌های غیرمتعارف شناسایی شد. به این ترتیب، داده‌های خارج از محدوده قابل قبول حذف و با داده بازسازی شده مناسب جایگزین گردید.

#### ۳. تئوری و محاسبات

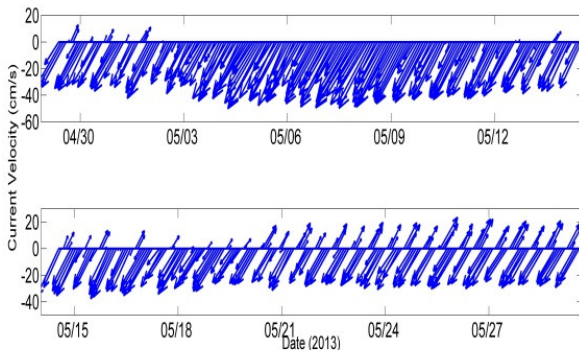
اولین مرحله در توصیف و تحلیل داده‌های جریان در این مطالعه، محاسبه سرعت جریان در راستای رودخانه (شمال شرقی - جنوب غربی) از طریق تحلیل مؤلفه‌های اصلی، PCA<sup>۳</sup> بود [3]. سپس برای درک هیدرودینامیک جریان و توصیف نیروهای موجود در منطقه، از تحلیل طیفی برای ارائه داده‌های سری زمانی به فرم سری فرکانسی استفاده گردید. در تبدیل فوریه، داده‌های زمانی به وسیله مجموع تعدادی از سینوس‌ها و کسینوس‌ها بیان می‌شود. در Rotary Spectra، با استفاده از مؤلفه‌های افقی سرعت، انرژی در فرکانس‌ها به دو مؤلفه مدور، چرخان ساعت‌گرد و چرخان پادساعت‌گرد تجزیه می‌شود [4]. مجموع مؤلفه‌ها در فرکانس‌ها متناسب با واریانس سرعت ناشی از آن مؤلفه‌ای با آن فرکانس است. اگر در یک فرکانس مقدار مؤلفه‌ای خیلی بزرگ‌تر از دیگری باشد، حرکت در این فرکانس از بعد مؤلفه بزرگ‌تر به صورت متقارن مدور است. به عبارت دیگر اگر دو مؤلفه در یک فرکانس دارای مقدار برابر بودند، حرکت در این فرکانس روی خط مستقیم است. مواردی بین این دو حالت می‌تواند با عنوان حرکت بیضوی از بعد مؤلفه بزرگ‌تر مورد بررسی قرار گیرد. همچنین جداسازی سیگنال‌های کشندی جریان و در نتیجه جریان کشندی از دیگر سیگنال‌ها با استفاده از تحلیل هارمونیک از طریق بسته

سرعت جریان رودخانه گردیده و از طرفی افت تراز نوسانات سطح آب به‌موجب سیگنال کهکشند رخ داده است. این موضوع در شکل‌های ۳، ۶ و ۷ که اندازه سرعت، دبی و همچنین جهت جریان را نشان می‌دهند، آشکار است. همچنین در شکل ۸، که نمودار روند نوسانات تراز سطح آب رودخانه است، افت نوسانات تراز سطح آب رودخانه در بازه ۶ تا ۸ می‌مقارن با زمان سیگنال کهکشند است.

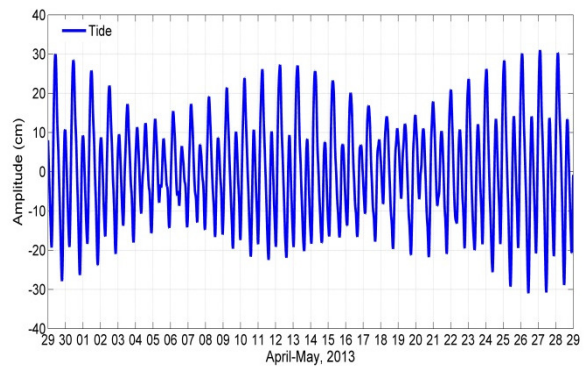
در این بازه زمانی با دبی بالا در رودخانه، جهت جریان همواره دریاسو بوده و این افزایش دبی حتی بر جریان مد با جهت پاد دریاسو نیز غالب بوده است (شکل‌های ۳ و ۷). بیشینه جریان اندازه‌گیری شده توسط دستگاه در تاریخ ۷ می مصادف با بازه زمانی با دبی بالا در رودخانه رخ داده که مقدار جریان  $70/6 \text{ cm/s}$ ، دریاسو و در هنگام کهکشند بوده است. این در حالی است که به‌طور معمول انتظار این است که بیشینه جریان هنگام سیگنال مهکشند رخ دهد.



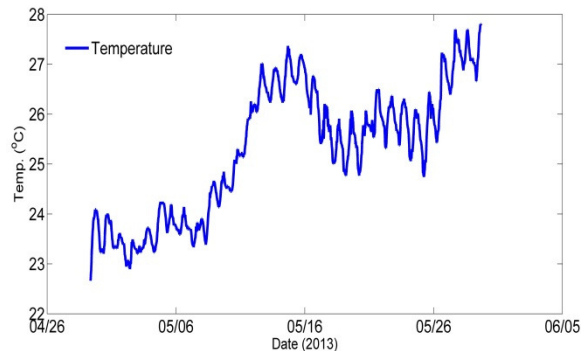
شکل ۶. تغییرات دبی روزانه در رودخانه کارون، ایستگاه فارسیات



شکل ۷. Stickplot جریان در رودخانه کارون، دارخوین



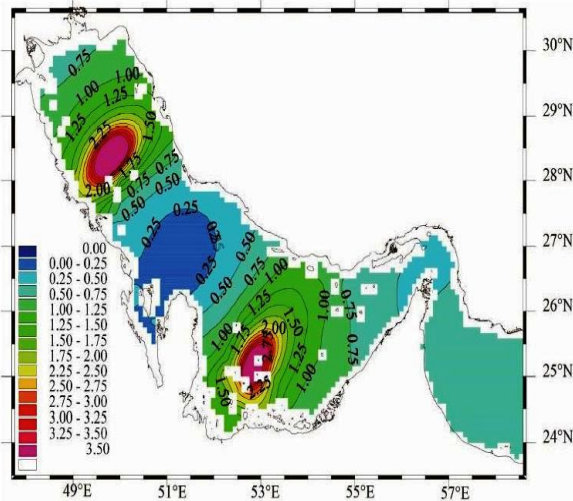
شکل ۴. نمودار تغییرات تراز سطح آب در محل اندازه‌گیری (محاسبه شده از آنالیز هارمونیک روی داده‌های نوسانات سطح آب)



شکل ۵. نمودار تغییرات دمای آب در عمق ۲/۵ بالای بستر در اندازه‌گیری یک ماهه اردیبهشت ۱۳۹۲

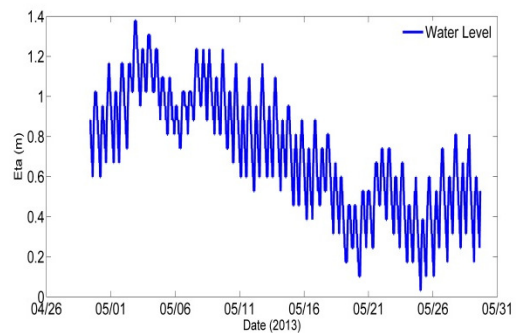
تغییرات جریان کلی در راستای رودخانه همواره یک جریان دریاسو را در بازه ۱ تا ۱۱ می‌نشان می‌دهد. همان‌طور که از شکل ۶ پیدا است، دبی رودخانه در این بازه زمانی نمایش داده شده به‌طور معمول کمتر از ۳۰۰ متر مکعب در ثانیه است. اما در بازه زمانی ۱ تا ۱۱ می، دبی رودخانه کارون به بالاتر از ۳۰۰ متر مکعب بر ثانیه رسیده که بالاترین مقدار خود را در ۷ می با میزان ۴۵۳ متر مکعب در ثانیه داشته است. دبی رودخانه‌ها از طریق حاصل‌ضرب اندازه سرعت جریان در مساحت کل مقطعی که جریان رودخانه از آن می‌گذرد، محاسبه می‌گردد. مساحت مقطع برابر حاصل‌ضرب عرض رودخانه در عمق آب (نوسانات تراز سطح آب) است. بدیهی است که عرض رودخانه در بازه‌ی اندازه‌گیری ثابت مانده (به دلیل شیب تند کناره‌ها در محل اندازه‌گیری) و این عمق آب (نوسانات تراز سطح آب) است که به‌واسطه نیروهای کشندی، تغییرات دبی و نوسانات اتمسفری در حال تغییر است. بنابراین افزایش سطح دبی رودخانه منجر به افزایش

اندازه‌گیری‌های جریان نیز آمیخته بودن کشند در این مکان را تایید می‌کند. به عبارت دیگر کشند در رودخانه کارون در این مکان از اندازه‌گیری، ترکیبی از سیگنال‌های نیم روزه و روزانه بوده و برتری با مؤلفه‌های نیم‌روزه است.



شکل ۹. نقشه پارامتر F روی سرتاسر خلیج فارس که نشان‌دهنده نوع کشند است [7].

اما نتایج حاصل از تحلیل طیفی روی داده‌های جریان در رودخانه کارون در عمق ۲/۵ متری از بالای بستر برای دوره اندازه‌گیری (شکل ۱۰) نشان می‌دهد که با کاهش دوره تناوب، انرژی طیف در هر دو جهت ساعت‌گرد و پادساعت‌گرد<sup>۶</sup> افت می‌کند. کمترین انرژی طیف در هر دو جهت ساعت‌گرد و پادساعت‌گرد، در فرکانس‌های بالا و دوره‌های تناوب پایین عمدتاً تحت تاثیر وزش باد است. دلیل این موضوع عرض کوچک رودخانه است که اجازه انتقال اندازه حرکت قابل ملاحظه به سطح آب رودخانه را نمی‌دهد. بنابراین اثر باد در ایجاد جریان در رودخانه کوچک و قابل صرف نظر است. بیشینه انرژی طیف در فرکانس ۰/۰۸ cph در هر دو جهت ساعت‌گرد و پادساعت‌گرد مشاهده می‌گردد که مربوط به کشند نیم روزانه است. همچنین بیشینه موجود در فرکانس ۰/۰۴۱ cph در هر دو جهت ساعت‌گرد و پادساعت‌گرد حاکی از انرژی نسبتاً بالای طیف در فرکانس‌های کشند روزانه است. دو قله موجود در فرکانس‌های ۰/۱۲۱ cph و ۰/۱۶۱ cph به ترتیب مربوط به



شکل ۸. نمودار تغییرات نوسانات تراز سطح آب

اما در ادامه محاسبات دامنه و فاز سیگنال‌های کشندی از طریق تحلیل هارمونیک بر رویدادهای نوسانات تراز سطح آب رودخانه (جدول ۱) با تخمین‌های بازه‌ی اطمینان ۹۵ درصد ارائه گردیده است. همان‌طور که از جدول پیدا است O1 و K1، به ترتیب مهم‌ترین سیگنال‌های کشندی در این موقعیت از رودخانه کارون را تشکیل می‌دهند. جدول ۱. دامنه و فاز سیگنال‌های کشندی

سیگنال کشندی	فرکانس (cph)	دامنه (m)	خطای دامنه (m)	خطای فاز (°)	خطای فاز (°)
M2	0.080511	0.135	0.01	142.25	4
K1	0.041781	0.079	0.005	57.89	4
O1	0.038731	0.042	0.005	35.88	8
S2	0.083333	0.038	0.01	201.96	15.6
MK3	0.122292	0.033	0.006	94.41	10.8

با توجه به روش Defent نسبت دامنه‌های کشندی

$$F = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2}$$

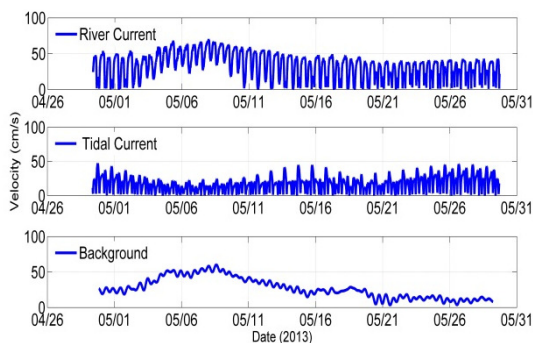
کارون (جدول ۱)، وضعیت کشند به صورت زیر است [6]:

$$F = 0.7$$

که نشان‌دهنده یک کشند مختلط و عمدتاً نیم‌روزه در این موقعیت از رودخانه کارون است. مقدار حاصل با مقادیر F محاسبه شده از طریق مدل آب‌های کم‌عمق و همگن برای منطقه خلیج فارس در توافق است (شکل ۹). در واقع الگوی کشند در بخش شمالی خلیج فارس آمیخته است و از نیم روزه تا روزانه تغییر می‌کند.

بنابراین، کشند در رودخانه کارون از این الگو پیروی کرده و

جهت جریان باقیمانده منطقه هم‌جهت و به‌سوی دریا جاری می‌گردد، و گاهی هنگام جریان مد با انرژی بالای خود بر جریان باقیمانده منطقه غلبه و جریانی پاد دریاسو ایجاد می‌کند. البته همان‌طور که بیان شد به علت دبی بالای رودخانه در بازه ۱ تا ۱۱ می جریان همواره دریاسو بوده و سیگنال‌های کشندی به هنگام جریان مد، انرژی کافی برای تغییر جهت جریان رودخانه را نداشته است.

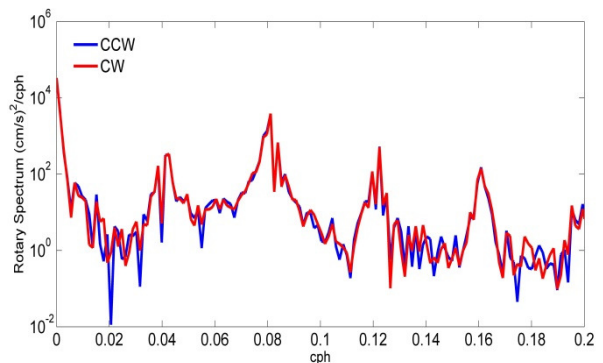


شکل ۱۱. مقایسه اندازه جریان کل رودخانه، اندازه جریان ناشی از کشند و اندازه جریان باقیمانده

## ۵. بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش M2، K1 و O1 را به ترتیب مهم‌ترین سیگنال‌های کشندی با غلبه نسبی سیگنال‌های نیم‌روزه در این مکان و دوره اندازه‌گیری شده در رودخانه کارون معرفی می‌کند. به‌طور معمول بیشینه سرعت‌های جریان هنگام سیگنال دبی رودخانه در بازه زمانی ۱ تا ۱۱ می، بیشینه سرعت جریان در طی دوره اندازه‌گیری با مقدار  $70/6 \text{ cm/s}$  در روز هفتم می، دریاسو، مقارن با زمان سیگنال کهکشند است. مقایسه سه جریان کلی رودخانه، جریان ناشی از کشند و جریان باقیمانده در محل اندازه‌گیری حاکی از افزایش جریان باقیمانده مقارن با سیگنال کهکشند، هم‌زمان با بازه زمانی سطح دبی بالای رودخانه است. بدون در نظر گرفتن بازه زمانی ۱ تا ۱۱ می که جریان همواره دریاسو بوده و سیگنال‌های کشندی مغلوب جریان قوی رودخانه (سطح بالای دبی رودخانه) هستند، به‌طور کلی می‌توان گفت که جریان خالص رودخانه یک حرکت دریاسو در رودخانه کشندی کارون تولید می‌کند، اما سرعت‌های کشندی معمولاً مقدار بالاتری در مقایسه با

اندرکش کشند روزانه و نیم‌روزه و هارمونیک کشند نیم‌روزه است. بنابراین می‌توان دریافت که کشند انرژی بالایی در فرکانس‌های پایین در این نمودار به خود اختصاص داده است. همان‌طور که از نمودار شکل ۱۰ پیداست، طیف انرژی در این نمودار در هر دو جهت تقریباً متقارن است. بنابراین با توجه به اندازه برابر انرژی در فرکانس‌های مشابه، حرکت توده آب می‌بایست بر خط مستقیم باشد که با جهت حرکت آب در راستای رودخانه‌ها کاملاً سازگار است.



شکل ۱۰. آنالیز طیفی برای داده‌های جریان در راستای رودخانه در اردیبهشت‌ماه

شکل ۱۱ مقایسه سه نمودار اندازه جریان کلی، اندازه جریان کشندی و اندازه جریان باقیمانده<sup>۸</sup> موجود در رودخانه کارون را نمایش می‌دهد. اندازه جریان باقیمانده توسط فیلتر کردن سیگنال‌های کشندی بر اساس شیوه تامپسون [8] محاسبه شده است. با مقایسه نمودارها و در نظر گرفتن اندازه جریان باقیمانده واضح است که رودخانه خود دارای پس‌زمینه‌ای از انرژی است که جریان آب رودخانه را به سوی دریا هدایت می‌کند. این انرژی پس‌زمینه می‌تواند ناشی از گراپان فشار بین دریا و رودخانه به سبب شیب رودخانه نسبت به دریا و همچنین دبی رودخانه باشد. نتایج حاصل از تحلیل هارمونیک داده‌ها در محل و دوره اندازه‌گیری نشان می‌دهد که سهم کشند از جریان کلی در رودخانه  $66/6$  درصد و بنابراین سهم جریان باقیمانده که از تفریق جریان کلی از جریان کشندی حاصل می‌گردد،  $33/4$  درصد است. بنابراین همان‌طور که نتایج تحلیل طیفی، کشند را با انرژی بالایی در فرکانس‌های پایین معرفی کرد، در اینجا نیز نیروی غالب منطقه نیروی کشندی معرفی می‌گردد. جریان کشندی، گاهی هنگام جزر با

حرکت ناشی از جریان باقیمانده رودخانه دارند. بنابراین، در کل می‌توان چنین استنتاج کرد که جریان رودخانه در هر دو جهت دریاسو و پاد دریاسو در این موقعیت اندازه‌گیری شده با فاصله تقریبی ۱۲۰ کیلومتر تا انتهای شمالی خلیج فارس، تحت تاثیر شدید کشند است، اما سیگنال‌های کشندی هنگام افزایش دبی کاملاً مغلوب سرعت‌های بالای جریان رودخانه می‌گردد. بنابراین این مطالعه نه تنها سیگنال‌های کشندی و بلکه سطح دبی رودخانه را مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده بر جهت جریان کلی رودخانه در این موقعیت معرفی می‌کند.

## ۶. مراجع

- [1] UN-ESCWA and BG. Shatt al Arab, Karkheh and Karun Rivers. Inventory of Shared Water Resources in Western Asia. New York: United Nations; 2013. p. 147-67.
- [2] Trask RP, Weller RA. Mooring, floats and current meters. In: Steele JH, Thorpe SA, Turekian KK, editors. Measurement Techniques, Sensors and Platforms: Introduction. Elsevier; 2009. p. 97-110.
- [3] Preisendorfer RW, Mobley CD. Principal component analysis in meteorology and oceanography. Elsevier Amsterdam; 1988.
- [4] Hayashi Y. Space-time spectral analysis of rotary vector series. Journal of the atmospheric sciences. 1979;36(5):757-66.
- [5] Pawlowicz R, Beardsley B, Lentz S. Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T\_TIDE. Computers & Geosciences. 2002;28(8):929-37.
- [6] Defant A. Physical oceanography. Macmillan; 1961.
- [7] Pous S, Carton X, Lazure P. A process study of the tidal circulation in the Persian Gulf. Open Journal of Marine Science. 2012;2(04):131.
- [8] Thompson RO. Low-pass filters to suppress inertial and tidal frequencies. Journal of Physical Oceanography. 1983;13(6):1077-83.

## ۷. پی‌نوشت:

- 
- <sup>1</sup> mooring
  - <sup>2</sup> recorder current meter
  - <sup>3</sup> principle component analysis
  - <sup>4</sup> neap tide
  - <sup>5</sup> spring tide
  - <sup>6</sup> clock wise (CW)
  - <sup>7</sup> counter clock wise (CCW)
  - <sup>8</sup> residual