

## بررسی خواص فیزیکی، شیمیایی و مواد مغذی آب های سطحی سواحل جنوبی

### دریای خزر - سی سنگان

علی حمزه پور<sup>۱\*</sup>، کاظم درویش بسطامی<sup>۲</sup>، حسین باقری<sup>۳</sup>، علی عظیمی<sup>۴</sup>، عباس عینعلی<sup>۵</sup>، رضا رهنما<sup>۶</sup>  
۱، ۲، ۳ و ۶- پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی، مرکز اقیانوس شناسی دریای خزر، مازندران، نوشهر

۴- گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

۵- گروه فیزیک دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۹/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۲۵

#### چکیده

تحقیق حاضر به منظور بررسی برخی از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی ( شوری، اکسیژن محلول، قلیائیت، هدایت الکتریکی، مواد معلق کل و pH) و نیز مواد مغذی ( فسفات، نیترات، نیتريت، سیلیکات و فسفر کل) در آب های سطحی سواحل جنوبی دریای خزر در منطقه گردشگری سی سنگان انجام گردید. در این مطالعه ۱۲ ایستگاه در چهار ترانسکت عمود بر ساحل در فصل پاییز ۱۳۹۱ توسط نمونه بردار نیسکین و CTD از آب های سطحی انتخاب گردید. نتایج بدست آمده نشان داد که مقدار شوری در گستره (۱۱/۳۰ - ۱۱/۱۶ گرم بر کیلوگرم)، اکسیژن محلول (۸/۴۲ - ۸/۰۵ میلی گرم بر لیتر)، هدایت الکتریکی (۱۸/۲۷ - ۱۷/۷۵ میلی زیمنس بر سانتی متر)، قلیائیت در گستره (۲۰۰ - ۱۸۷/۵ میلی گرم بر لیتر کلسیم کربناتی)، مواد معلق کل در گستره (۱۲ - ۸ میلی گرم بر لیتر) و pH در گستره (۸/۴۲ - ۸/۲۵) می باشد. مقادیر بدست آمده برای فسفات (کمتر از حد تشخیص تا ۰/۰۱ میلی گرم بر لیتر)، نیتريت ( کمتر از حد تشخیص)، فسفر کل (۰/۰۰۵ - ۰/۰۰۱ میلی گرم بر لیتر)، سیلیکات (۰/۲۲۱ - ۰/۰۶۴ میلی گرم بر لیتر) و نیترات (۰/۰۷۱ تا ۰/۰۱۱ میلی گرم بر لیتر) بود. غلظت نیترات، فسفات، سیلیکات، قلیائیت و مواد معلق کل در ترانسکت های بررسی شده در منطقه سی سنگان براساس نتایج حاصل از آنالیز آماری هیچ گونه اختلاف معنی داری نداشتند ( $P \geq 0.05$ ). غلظت مواد مغذی در آب های سطحی دریای خزر در منطقه سی سنگان در مقایسه با دیگر مناطق در جنوب شرق و جنوب غرب دریای خزر کمتر بوده است.

واژگان کلیدی: سی سنگان، مواد مغذی، خواص فیزیکی و شیمیایی، دریای مازندران

\*نگارنده پاسخگو: [ali.chemistry19@gmail.com](mailto:ali.chemistry19@gmail.com)

## مقدمه

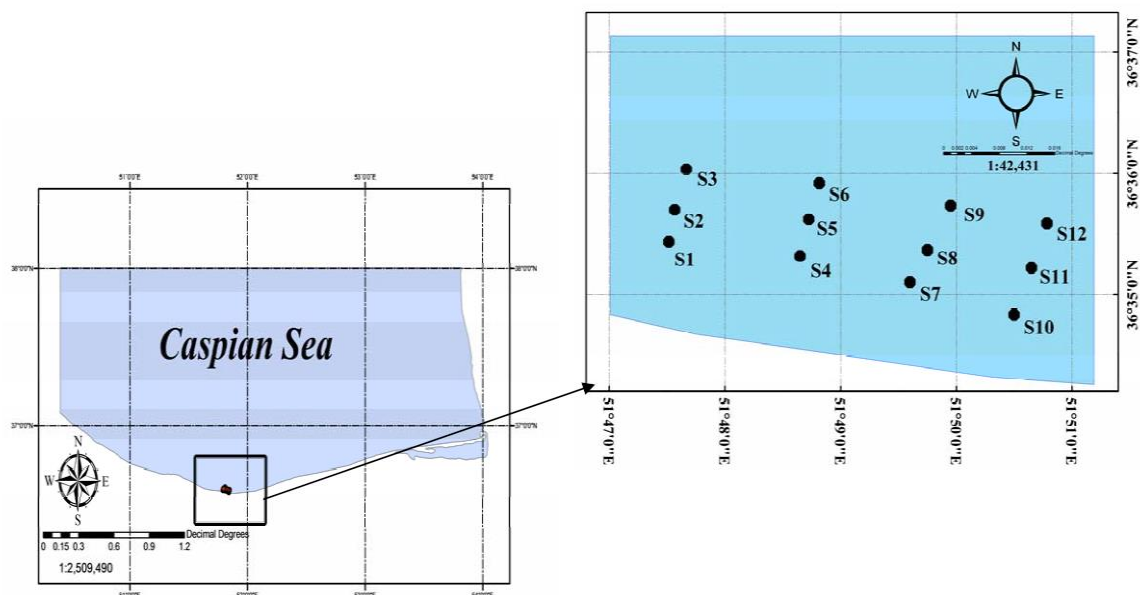
هدف از این مطالعه، بررسی پارامترهای هیدروشیمی (مواد مغذی، اکسیژن محلول، قلیائیت، pH، شوری، هدایت الکتریکی و مواد معلق کل) آب های سطحی سواحل جنوبی دریای خزر (منطقه سی سنگان) و مقایسه نتایج بدست آمده با سال های گذشته می باشد.

## مواد و روش ها

نمونه برداری از آب های سطحی سواحل جنوبی دریای خزر ( عمق یک متر) در منطقه سی سنگان در ۱۲ ایستگاه در پاییز ۱۳۹۱ توسط نمونه بردار نیسکین با حجم ۴ لیتر انجام گردید (شکل ۱). حدود ۱۰۰ میلی لیتر از نمونه آب برای آنالیز مواد مغذی ( فسفات، سیلیکات، نیتريت و نترات) در محل نمونه برداری توسط فیلتر ۰/۴۵ میکرومتر از جنس سلولز استات فیلتر گردید تا کلیه مواد معلق موجود در نمونه آب حذف گردد. نمونه های آب برای ارزیابی مواد مغذی و فسفر کل (TP) در ظروف پلاستیکی درون یخ تا زمان انتقال به آزمایشگاه نگهداری شدند. نمونه آب مربوط به مواد معلق (SS) درون ظروف پلاستیکی به حجم یک لیتر و در دمای یک تا ۴ درجه سانتی گراد نگهداری شدند. همچنین برای سنجش قلیائیت، نمونه های آب درون ظروف شیشه ای به حجم نیم لیتر ریخته شد و برای جلوگیری از فعالیت میکروارگانیسم ها مقدار ۱۰۰ میکرولیتر جیوه کلراید به نمونه ها اضافه گردید و در دمای یک تا ۴ درجه سانتی گراد نگهداری شدند (Grasshoff *et al.*, 1999). میزان دما، اکسیژن محلول، شوری، هدایت الکتریکی و pH با استفاده از دستگاه CTD در عمق حدود یک متر از سطح آب دریا در روز نمونه برداری جمع آوری شد.

دریای خزر براساس ویژگی های جغرافیایی و پارامترهای مختلف فیزیکی و شیمیایی به سه بخش شمالی، میانی و جنوبی تقسیم می گردد. خزر شمالی کم عمق بوده و بیشینه عمق دریای خزر در بخش جنوبی آن قرار دارد. حجم آب دریا در سه بخش شمالی، میانی و جنوبی دریای خزر به ترتیب ۰/۵، ۳۳/۹ و ۶۵/۶ درصد از حجم کل آب دریا می باشد (Kostianoy & Kosarev, 2005). حدود ۱۳۰ رودخانه بزرگ و کوچک به داخل دریای خزر می ریزد و بیشتر رودخانه های مهم و اصلی در سواحل شمالی و غربی دریای خزر واقع شده اند و در بخش شرقی عملاً رودخانه دائمی وجود ندارد. رودخانه های ولگا، اورال، کورا، ترک، سمور و سولک بیشترین سهم آب ورودی به دریای خزر را تشکیل داده و درصد کمی از آب ورودی توسط رودخانه های کوچکی در سواحل ایران تامین می شود (Leonov & Nazarov, 2001). خواص شیمیایی آب دریا بطور مستقیم در کنترل وضعیت و عملکرد بخش زیستی اکوسیستم دریایی دخیل می باشد. اکسیژن محلول و مواد مغذی در این میان نقش مهم تری را در حیات موجودات دریایی ایفا می کند.

مطالعات پیرامون پارامترهای هیدروشیمیایی دریای خزر از سال ۱۹۹۵ میلادی به صورت منسجم توسط محققین روسی پیگیری شد (2006, 2007, 2008, 2012, Katunin Sapozhnikov *et al.*, 2002, 2003, *et al.*, 2000). مطالعات توسط گروه های تحقیقاتی ایران پیرامون خواص هیدروشیمیایی آب های سواحل جنوبی دریای خزر بسیار پراکنده و محدود بوده و عموماً زیر نظر مرکز تحقیقاتی شیلات مازندران و مرکز اکولوژی دریای خزر انجام می گردد (واحدی و همکاران، ۱۳۸۹).



شکل ۱ - موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در دریای خزر در منطقه سی‌سنگان در پاییز ۱۳۹۱

### آنالیز آماری

برای آنالیز آماری نتایج از نرم افزار (SPSS نسخه ۱۶) استفاده گردید. پس از نرمال سازی داده های بدست آمده برای بررسی همبستگی بین فاکتورهای مورد نظر و مقایسه نتایج از آزمون پی‌رسون و آنالیز واریانس یک طرفه (One Way ANOVA) استفاده شد. همچنین برای رسم نمودارها از نرم افزار (Excel نسخه ۲۰۰۷) استفاده شد.

### نتایج

نتایج مربوط به آنالیز نمونه‌ها و داده‌های بدست آمده از دستگاه CTD در آب‌های سطحی دریای خزر در منطقه سی‌سنگان در جدول (۱) نشان داده شده است.

### سنجش پارامترها

برای سنجش نمونه‌های فسفرکل از روش هضم پرسولفات و رنگ سنجی (Murphy & Riley, 1962)، سنجش نمونه های فسفات به روش احیای آسکوربیک اسید و رنگ سنجی (Murphy & Riley, 1962)، سنجش نمونه های نیتريت به روش دی آزو و رنگ سنجی (Strickland & Parsons, 1968a)، نیترات به روش احیای با ستون کادمیم - مس و رنگ سنجی (Wood et al., 1967)، سیلیکات به روش کمپلکس با مولیبدات و رنگ سنجی (Strickland & Parsons, 1968 b) قلیائیت به روش تیتراسیون (Millero et al., 1993) و مواد معلق به روش گراویمتری (ASTM D 5907-09) اندازه‌گیری شدند.

جدول ۱- مشخصات و داده‌های هیدروشیمیایی (میدانی) آب های سطحی دریای خزر در منطقه سی سنگان - پاییز ۱۳۹۱

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	دما (C°)	شوری (g/kg)	اکسیژن محلول	اشباعیت اکسیژن	هدایت الکتریکی	pH
۱	۵۱°۴۷'۳۱,۰۰"	۳۶°۳۵'۲۶,۰۰"	۲۲/۰۶	۱۱/۱۶	۸/۱۸	۱۰۰/۵	۱۷/۷۴	۸/۴۱
۲	۵۱°۴۷'۳۴,۰۰"	۳۶°۳۵'۴۲,۰۰"	۲۲/۵۲	۱۱/۲۷	۸/۰۷	۱۰۰/۱	۱۸/۰۶	۸/۴۰
۳	۵۱°۴۷'۴۰,۰۰"	۳۶°۳۶'۰۲,۸۰"	۲۲/۵۳	۱۱/۲۷	۸/۰۷	۱۰۰/۲	۱۸/۰۷	۸/۳۹
۴	۵۱°۴۸'۳۹,۰۰"	۳۶°۳۵'۱۹,۰۰"	۲۲/۶۶	۱۱/۲۲	۸/۱۹	۱۰۱/۹	۱۸/۰۵	۸/۲۸
۵	۵۱°۴۸'۴۳,۰۰"	۳۶°۳۵'۳۸,۰۰"	۲۱/۸۸	۱۱/۲۱	۸/۲۱	۱۰۰/۶	۱۷/۷۵	۸/۳۹
۶	۵۱°۴۸'۴۹,۰۰"	۳۶°۳۵'۵۵,۰۰"	۲۲/۵۶	۱۱/۲۷	۸/۰۵	۱۰۰	۱۸/۰۸	۸/۲۵
۷	۵۱°۴۹'۳۶,۰۰"	۳۶°۳۵'۰۶,۰۰"	۲۲/۲۲	۱۱/۲۰	۸/۴۲	۱۰۳/۹	۱۷/۸۵	۸/۳۴
۸	۵۱°۴۹'۴۵,۰۰"	۳۶°۳۵'۲۲,۰۰"	۲۲/۷۹	۱۱/۲۴	۸/۱۳	۱۰۱/۳	۱۸/۱۲	۸/۴۲
۹	۵۱°۴۹'۵۷,۰۰"	۳۶°۳۵'۴۴,۰۰"	۲۲/۹۲	۱۱/۳۰	۸/۰۸	۱۰۱	۱۸/۲۷	۸/۳۹
۱۰	۵۱°۵۰'۳۰,۳۰"	۳۶°۳۴'۵۰,۴۰"	۲۲/۵۸	۱۱/۲۰	۸/۳۵	۱۰۳/۶	۱۷/۹۸	۸/۳۹
۱۱	۵۱°۵۰'۳۹,۰۰"	۳۶°۳۵'۱۳,۵۰"	۲۲/۸۸	۱۱/۲۵	۸/۳۷	۱۰۴/۵	۱۸/۱۷	۸/۳۴
۱۲	۵۱°۵۰'۴۷,۳۰"	۳۶°۳۵'۳۵,۴۰"	۲۲/۸۷	۱۱/۳۰	۸/۱۱	۱۰۱/۳	۱۸/۲۴	۸/۳۸
بیشینه			۲۲/۹۲	۱۱/۳۰	۸/۴۲	۱۰۴/۵	۱۸/۲۷	۸/۴۲
کمینه			۲۱/۸۸	۱۱/۱۶	۸/۰۵	۱۰۰	۱۷/۷۵	۸/۲۵
میانگین			۲۲/۵۴	۱۱/۲۴	۸/۱۸	۱۰۱/۵۷	۱۸/۰۳	۸/۳۷
انحراف			۰/۳۳	۰/۰۴	۰/۱۳	۱/۵۸	۰/۱۸	۰/۰۵

نتایج حاصل از آنالیز پارامترهای مواد مغذی مانند ارتوفسفات، نیترات، نیتريت، سیلیکات، فسفر کل و همچنین قلیائیت و مواد معلق کل در آب های سطحی سواحل جنوبی دریای خزر در منطقه سی سنگان در جدول (۲) ارائه شده است.

بیشینه مقدار دمایی در این بررسی ۲۲/۸۸ درجه سانتی-گراد در ایستگاه ۱۱ و کمینه مقدار دمایی ۲۱/۸۸ درجه سانتی-گراد در ایستگاه شماره ۵ بدست آمد. براساس نتایج مندرج در جدول (۱) گستره تغییرات شوری بین ۱۱/۱۶ تا ۱۱/۳۰ گرم بر کیلوگرم اندازه گیری شد. روند تغییرات هدایت الکتریکی هماهنگ با شوری بوده و مقادیر بالای آن در ایستگاه های (۹ و ۱۲) مشاهده شد.

جدول ۲- پارامترهای مواد مغذی و هیدروشیمیایی آب سطحی دریای خزر در منطقه سی سنگان- پاییز ۱۳۹۱

ایستگاه	مواد معلق کل	قلیائیت (mg/L)	فسفر کل	سیلیکا ت	نیتريت (mg/L)	نترات (mg/L)	فسفات (mg/L)
۱	۱۰	۱۹۰	۰/۰۰۲	۰/۱۳۳	Nd	۰/۰۱۵	۰/۰۰۵
۲	۸	۱۹۷/۵	۰/۰۰۳	۰/۱۷۴	Nd	۰/۰۲۶	۰/۰۰۶
۳	۸	۲۰۰	۰/۰۰۳	۰/۰۹۹	Nd	۰/۰۵۱	۰/۰۰۹
۴	۱۲	۱۹۰	۰/۰۰۲	۰/۲۲۱	Nd	۰/۰۳۵	۰/۰۰۵
۵	۱۰	۱۸۷/۵	۰/۰۰۴	۰/۱۵۲	Nd	۰/۰۱۱	۰/۰۱
۶	۱۰	۱۹۰	۰/۰۰۲	۰/۱۲۹	Nd	۰/۰۱۵	Nd
۷	۱۲	۱۹۰	۰/۰۰۱	۰/۰۹۷	Nd	۰/۰۲	Nd
۸	۸	۲۰۰	۰/۰۰۴	۰/۱۲۹	Nd	۰/۰۴۲	۰/۰۰۹
۹	۸	۲۰۰	۰/۰۰۳	۰/۰۶۴	Nd	۰/۰۵۳	۰/۰۰۷
۱۰	۱۲	۱۹۵	۰/۰۰۲	۰/۰۹۷	Nd	۰/۰۶۶	۰/۰۰۶
۱۱	۱۲	۱۹۰	۰/۰۰۵	۰/۱۲۹	Nd	۰/۰۲۳	۰/۰۱
۱۲	۸	۲۰۰	۰/۰۰۵	۰/۱۸۹	Nd	۰/۰۷۱	۰/۰۰۹
بیشینه	۱۲	۲۰۰	۰/۰۰۵	۰/۲۲۱	-	۰/۰۷۱	۰/۰۱
کمینه	۸	۱۸۷/۵	۰/۰۰۱	۰/۰۶۴	-	۰/۰۱۱	۰/۰۰۵
میانگین	۹/۸	۱۹۳/۹	۰/۰۰۳	۰/۱۳	-	۰/۰۳۴	۰/۰۰۷۶
انحراف	۱/۸	۵/۱۷	۰/۰۱۳	۰/۰۴۴	-	۰/۰۲۱	۰/۰۰۲

Nd= کمتر از حد تشخیص

$P \geq 0.01$ ). در این مطالعه غلظت فسفات در محدوده (۰/۰۱-۰) میلی گرم بر لیتر اندازه گیری شد. بالاترین مقدار اندازه گیری شده مربوط به ایستگاه ۵ و کمترین مقدار اندازه گیری شده مربوط به ایستگاه ۶ و ۷ می باشد. بیشینه مقدار فسفات در این مطالعه و بررسی برابر ۰/۰۱ میلی گرم بر لیتر اندازه گیری شد. فسفر کل در تمامی ایستگاهها بجز ایستگاه ۱۱ و ۱۲ کمتر از ۰/۰۰۵ میلی گرم بر لیتر ثبت گردید.

مقدار نیتريت و بزرگی سیگنال آن در اسپکتروسکوپی در تمامی ایستگاههای مورد مطالعه کمتر از حد تشخیص روش بوده و در هیچ یک از ایستگاهها آشکارسازی نشد (جدول ۲).

مقدار سیلیکات در گستره (۰/۰۶۴ تا ۰/۲۲۱) میلی گرم بر لیتر اندازه گیری شد. مواد معلق کل در محدوده ۸ تا ۱۲ میلی گرم بر لیتر اندازه گیری گردید. مقدار مواد معلق در ترانسکت های بررسی شده با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه اختلاف معنی دار نشان نداد (۰/۰۵).

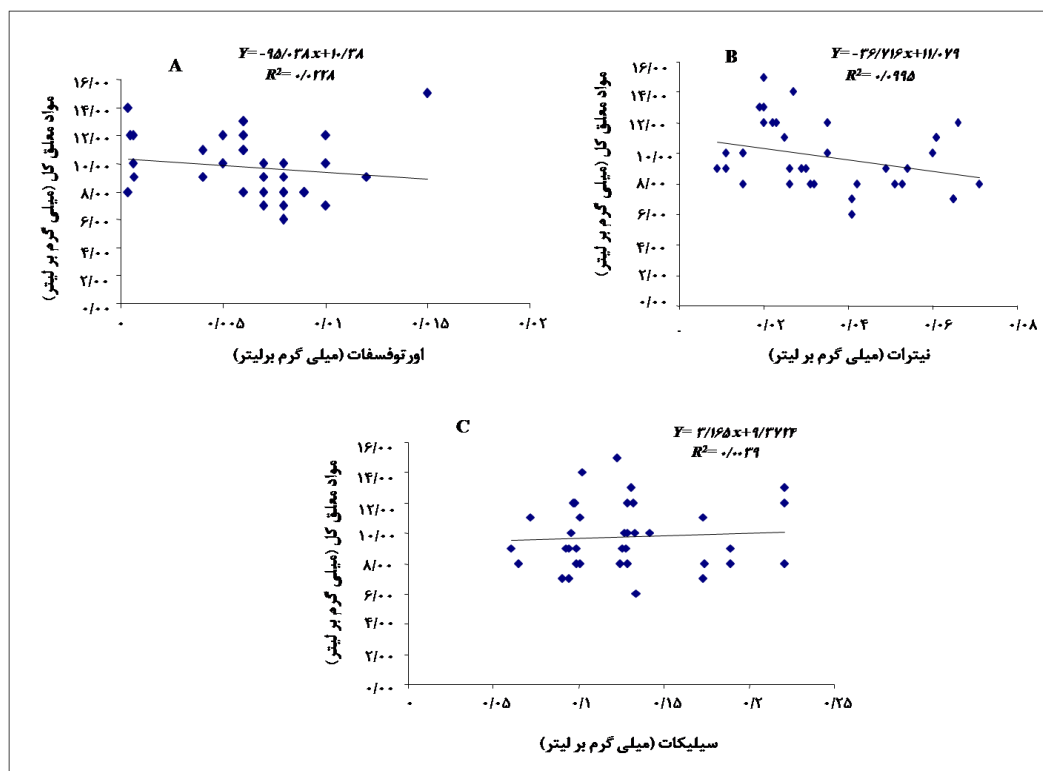
جدول ۳- همبستگی بین فاکتورهای مختلف بر اساس آنالیز آماری پیرسون

pH	هدایت	شوری	اکسیژن	دما	فسفرکل	قلیائیت	سیلیکات	نیتрат	فسفات	نیترات
									۰/۱۴۸	نیترات
								-۰/۱۳۰	-۰/۰۰۴	سیلیکا
							-۰/۰۰۵	۰/۵۵۲*	۰/۲۲۵	قلیائیت
						۰/۰۶۳	۰/۰۶۳	۰/۰۶۱	۰/۸۰۸**	فسفر
					۰/۱۷۸	۰/۴۴۳**	۰/۱۵۲	۰/۶۱۳**	۰/۱۸۲	دما
				-۰/۲۲۷	-۰/۱۳۳	-۰/۵۰۹**	-۰/۲۲۵	-۰/۲۱۶	-۰/۱۴۳	اکسیژن
			-۰/۵۹۵**	۰/۶۶۱**	۰/۴۱۴*	۰/۳۵۶*	۰/۰۳۰	۰/۴۹۳**	۰/۲۳۸	شوری
	۰/۸۴۰**	-۰/۳۷۹*	۰/۹۶۱**	۰/۲۸۸	۰/۴۴۸**	۰/۱۲۲	۰/۶۲۲**	۰/۲۲۹	۰/۲۲۹	هدایت
	-۰/۱۴۱	-۰/۱۲۶	-۰/۰۷۷	-۰/۱۵۲	۰/۲۴۰	۰/۲۹۴	-۰/۲۷۲	۰/۲۷۳	۰/۴۹۹**	pH
۰/۳۸۴*	-۰/۱۸۲	-۰/۳۵۸*	۰/۵۵۳**	-۰/۰۵۹	-۰/۰۸۸	-۰/۳۳۶*	۰/۰۶۲	-۰/۳۱۵	-۰/۱۵۱	مواد

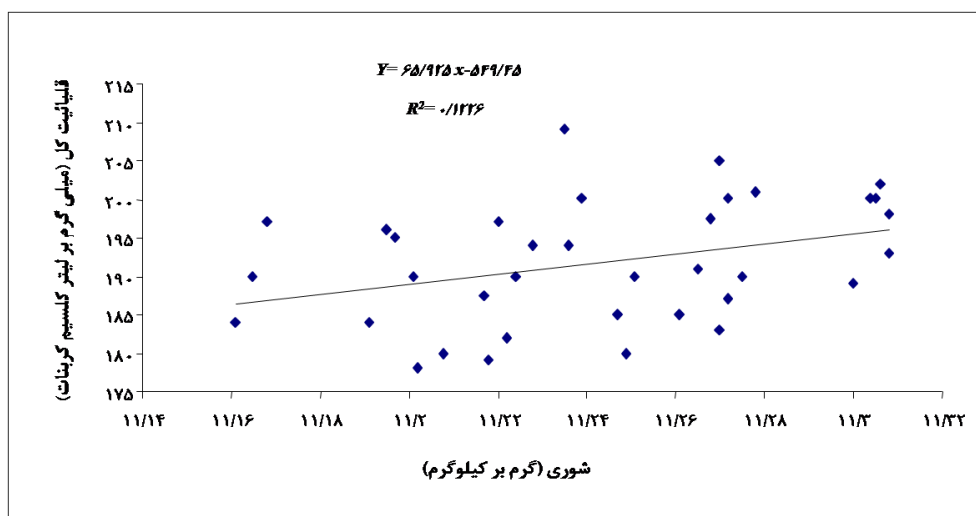
\* ( $P < 0.05$ ) و \*\* ( $P < 0.01$ )

و معنی دار با یکدیگر دارند ( $P < 0.01$ ). بررسی همبستگی بین فسفات، نیترات، و سیلیکات با مواد معلق کل نشان دهنده ی عدم همبستگی معنادار بین این سه ماده مغذی با ذرات معلق است (شکل ۲). آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد غلظت مواد مغذی در ترانسکت های بررسی شده در منطقه سی سنگان اختلاف معنی دار ندارد ( $P \geq 0.05$ ). قلیائیت آب های سطحی سواحل جنوبی دریای خزر در منطقه سی سنگان در گستره (۱۸۷/۵ تا ۲۰۰) میلی گرم بر لیتر کلسیم کربناتی اندازه گیری شد. بررسی آنالیز آماری پیرسون، بین داده های شوری و قلیائیت کل (جدول ۲، شکل ۳) همبستگی مستقیم و معنی دار را نشان داد ( $P < 0.05$ ). مقدار قلیائیت کل در ترانسکت های بررسی شده با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه اختلاف معنی دار نشان نداد ( $P \geq 0.05$ ).

بررسی همبستگی بین داده ها با استفاده از آنالیز آماری پیرسون (جدول ۳) نشان داد که بین دمای محیط و شوری آب همبستگی مستقیم و معنی دار وجود دارد ( $P < 0.01$ ). مقدار اکسیژن در ایستگاه های مورد مطالعه بالاتر از ۸ میلی گرم بر لیتر ثبت شد. بررسی همبستگی بین اکسیژن محلول و شوری با استفاده از آنالیز آماری پیرسون (جدول ۳) نشان داد میزان اکسیژن محلول با شوری همبستگی معکوس و معنی دار ( $P < 0.01$ ) دارد. همچنین گستره تغییرات pH در این مطالعه و بررسی ۸/۲۵ تا ۸/۴۲ ثبت شد. بر اساس آنالیز آماری پیرسون، فسفات و pH همبستگی مستقیم و معنی دار با یکدیگر دارند ( $P < 0.01$ ). تغییرات غلظت نیترات در محدوده (۰/۰۷۱ - ۰/۰۱۱) میلی گرم بر لیتر می باشد. کمترین مقدار اندازه گیری شده مربوط به ایستگاه ۵ و بالاترین مقدار آن مربوط به ایستگاه ۱۲ می باشد. نتایج آنالیز آماری پیرسون نشان داد نیترات و دما همبستگی مستقیم



شکل ۲- بررسی ارتباط ارتو فسفات (A)، نیترات (B) و سیلیکات (C) با مواد معلق در آب‌های سطحی دریای خزر در منطقه سی‌سنگان - پاییز ۱۳۹۱



شکل ۳- تغییرات کلرایت کل بر حسب شوری در منطقه سی‌سنگان - پاییز ۱۳۹۱

### بحث و نتیجه گیری

دریاها می‌باشد، حدود ۳/۵ برابر (در قسمت شمالی حدود ۷ برابر) کمتر از غلظت آن در آب های آزاد اقیانوسی است که این امر باعث شده است شوری خزر ۳ برابر کمتر از آب اقیانوس‌ها باشد (Peeters *et al.*, 2000). در مطالعه حاضر، مقدار شوری و هدایت

میانگین غلظت شوری در مطالعه حاضر ۱۱/۲۴ گرم بر کیلوگرم اندازه گیری شد. با توجه به حجم بالای آب شیرین ورودی از طریق رودخانه‌ها به دریای خزر به ویژه رودخانه ولگا، غلظت یون کلر که عامل اصلی شوری آب

ماکزیمم آب آن معمولا در فصل بهار می باشد. غلظت مواد مغذی در دریای خزر در سه بخش شمالی، میانی و جنوبی پایین بوده و در حوضه جنوبی بیشتر مربوط به چرخش داخلی، ورود رودخانه‌های کوچک و بارش باران می باشد (Dumont, 1998). بنابر این عدم وجود رودخانه بزرگ در این منطقه، می تواند در مقدار پایین فسفات و فسفر کل تاثیر گذار باشد. به نظر می رسد استفاده از ساحل سی سنگان و شناگاه‌های آن توسط گردشگران و عدم کنترل مناسب آلودگی، می تواند به عنوان عاملی در ورود آلودگی و فاضلاب های محتوی فسفات و نترات بشمار آید که این امر در فصل بهار و تابستان و همزمان با استفاده از این شناگاه‌های ساحلی مشهودتر می باشد.

پایین بودن مقدار فسفر کل در آب های سطحی دریای خزر در منطقه سی سنگان نشان دهنده این واقعیت است که سهم فسفر آلی و دیگر فرم های فسفر ( فرم پلیمری ) در مقدار فسفر کل کم بوده و فسفر کل عموما ناشی از فسفات موجود در آب می باشد.

آنالیز آماری پیرسون همبستگی مثبت و معنی دار را بین فسفات و pH در آب سطحی دریای خزر در منطقه سی سنگان نشان داد ( $P < 0/01$ ). دلیل این امر می تواند مربوط به نقش کلیدی فسفات در فرایند فتوسنتز ( تولید اولیه) باشد. از آنجائیکه فرایند فتوسنتز همراه با مصرف فسفر و کربن دی اکسید می باشد ( Paytan & McLaughlin, 2007 ) بنابراین میزان دسترس پذیری فسفر در محیط های دریایی قویا بر روی چرخه کربن دی اکسید و در نتیجه مقدار pH محیط تاثیر گذار می باشد. مقدار فسفات در آب های سطحی بخش جنوب غربی دریای خزر  $0/037$  میلی گرم بر لیتر در کیشهر تا  $0/440$  میلی گرم بر لیتر در چابکسر در فصل بهار و  $0/185$  میلی گرم بر لیتر در آستارا تا  $0/61$  میلی گرم بر لیتر در چابکسر در فصل تابستان توسط Khosropanah و همکاران، سال ۲۰۱۱ گزارش گردید. همچنین مطالعاتی توسط نجات خواه معنوی و همکاران، سال ۱۳۸۸ در بخش جنوب شرقی دریای خزر و در آب های با عمق کمتر از ۱۰ متر انجام گردید مقدار فسفات از

الکتریکی در تمامی ترانسکت‌ها از ساحل به سمت داخل دریا روند افزایشی نشان داد. به نظر می رسد ایستگاه‌های دورتر از ساحل کمتر تحت تاثیر عوامل ساحلی مانند آب شیرین ورودی از طریق رودخانه‌ها و نفوذ آب‌های زیرزمینی می باشد.

میزان اکسیژن در این مطالعه و بررسی با توجه به اواخر فصل پاییز و سردی هوا، حداکثر  $8/42$  میلی گرم بر لیتر بود و آب کاملا اشباع از اکسیژن ارزیابی گردید که نشان دهنده وضعیت مطلوب منطقه مطالعاتی از لحاظ ظرفیت اکسیژنی است (Marin et al., 2008). درصد اشباعیت و توزیع افقی اکسیژن در تمامی ایستگاه‌های مطالعاتی نزدیک به مقدار تعادلی آن در اتمسفر است که نشان دهنده تبادل مناسب اکسیژن بین اتمسفر و آب‌های سطحی می باشد. مقدار اکسیژن در تمامی ترانسکت‌ها از ساحل به سمت داخل دریا کاهش نشان داد. همبستگی معکوس و معنی دار ( $P < 0/01$ ) اکسیژن با شوری براساس آنالیز آماری پیرسون ( جدول ۳) نشان می دهد افزایش شوری آب همراه با افزایش غلظت یون‌های محیط منجر به آزاد سازی اکسیژن از آب می شود.

مقدار pH دریای خزر در مقایسه با سایر دریاها و اقیانوس ها به دلیل وجود آنیون اسیدهای ضعیف نظیر کربنیک اسید بالاتر می باشد ( Kostianoy & Kosarev, 2005). در این مطالعه و بررسی نوسانات pH و روند تغییرات آن در ترانسکت‌های مختلف متفاوت بوده و بالاترین مقدار ثبت شده برای pH برابر  $8/42$  مربوط به ایستگاه ۸ می باشد.

میانگین مقدار فسفات در این مطالعه  $0/0076$  میلی گرم بر لیتر و ماکزیمم مقدار آن  $0/01$  میلی گرم بر لیتر و میانگین مقدار فسفر کل  $0/003$  میلی گرم بر لیتر و ماکزیمم مقدار آن  $0/005$  میلی گرم بر لیتر اندازه گیری شد. سطح پایین فسفات و فسفر کل نشان دهنده ورودی پایین فسفات به این منطقه از دریای خزر می باشد. در منطقه مطالعاتی سی سنگان عموما رودخانه مهم و پرآبی وارد دریای خزر نمی شوند و تنها چند رودخانه کوچک محلی وجود دارد که مهم ترین آن، رودخانه توسکاتک می باشد که معمولا به صورت فصلی جریان دارد و



۰/۰۵ تا ۰/۰۹۶ میلی گرم بر لیتر در فصل بهار و ۰/۰۵۸ تا ۰/۰۰۱ میلی گرم بر لیتر در فصل تابستان گزارش شد. یکی از دلایل مهم پایین بودن فسفر در مطالعه حاضر نسبت به دو مطالعه فوق می تواند عدم وجود رودخانه پرآب در منطقه سی سنگان باشد.

نیترا ت دارای حلالیت بالا در آب بوده و در گستره وسیعی از شرایط محیط زیستی پایدار می باشد. میانگین مقدار نیترا ت اندازه گیری شده در این مطالعه ۰/۰۳۴ میلی گرم بر لیتر و بالاترین مقدار اندازه گیری شده برای نیترا ت در این مطالعه ۰/۰۷۱ میلی گرم بر لیتر می باشد. در مطالعه انجام شده توسط Khosropanah و همکاران، سال ۲۰۱۱ ماکزیمم غلظت نیترا ت در آب های سطحی دریای خزر در بخش جنوب غربی ۰/۰۳۸ در لیسار تا ۰/۵۳ میلی گرم بر لیتر در چابکسر در فصل بهار و ۰/۳۷ در آستارا تا ۰/۸۷ میلی گرم بر لیتر در چمخاله در فصل تابستان اندازه گیری شد. مطالعاتی دیگری که در سال ۲۰۰۲ در بخش جنوب غربی دریای خزر انجام گردید غلظت نیترا ت را در محدوده ۰/۰۳ تا ۰/۴۱ میلی گرم بر لیتر گزارش کرد (CEP, 2002). مقادیر بالای نیترا ت در دو مطالعه فوق در مقایسه با مطالعه حاضر ناشی از جریانات رودخانه ای می باشد. بنظر می رسد در منطقه سی سنگان چرخه ماده مغذی عمدتاً ناشی از چرخه داخلی مواد مغذی موجود در آب در این منطقه است.

آنالیز آماری پیرسون (جدول ۳) همبستگی مثبت و معنی داری را بین نیترا ت و دما نشان داد ( $P < 0/01$ ). دلیل این امر می تواند به فرایند تولید نیترا ت مربوط باشد. فرایند تولید نیترا ت توسط باکتری هایی کاتالیز می شود. افزایش دمای محیط منجر به افزایش فعالیت این باکتری ها می شود و در نتیجه فرایند تولید نیترا ت تسریع می شود (Tchobanoglous & Burton, 1991).

نیترا ت در محیط های آبی و در شرایطی که مقدار اکسیژن بالا است به نیترا ت تبدیل می شود. با توجه به غلظت بالای اکسیژن (جدول ۱) در منطقه مطالعاتی و شرایط مناسب دمایی به نظر می رسد فرایند تبدیل نیترا ت به نیترا ت بطور مناسب در حال انجام بوده بگونه

ای که در هیچ یک از ایستگاه های مطالعاتی نیترا ت آشکارسازی نشد.

غلظت سیلیکات در مقایسه با دیگر مواد مغذی در محیط کمتر تغییر کرده و تقریباً ثابت باقی می ماند. مقدار سیلیکات در آب های سطحی خزر در منطقه سی سنگان ۰/۰۶۴ تا ۰/۲۲۱ میلی گرم بر لیتر بدست آمد که در مقایسه با غلظت نیترا ت و فسفات بیشتر می باشد. همانطور که در شکل شماره (۲) مشاهده می شود، همبستگی معناداری بین فسفات، نیترا ت و سیلیکات با مواد معلق بدست نیامده است که نشان دهنده ی اینست که مواد معلق از ترکیبات دیگری بیشتر تاثیر گرفته اند.

قلیائیت آب های سطحی عموماً تحت تاثیر شوری و تعادل کربنات محیط می باشد (Broecker & Peng, 1982). سایر پارامترها نظیر مواد مغذی، pH و فرایندهای زیستی نظیر فتوسنتز و تجزیه مواد آلی نیز بر روی قلیائیت تاثیرگذار می باشد (Millero et al., 1998). با توجه به اینکه مقدار کربنات آب های دریای خزر از مقدار آن در آب های آزاد اقیانوسی بیشتر می باشد (Kostianoy & Kosarev, 2005) در نتیجه قلیائیت کل برای آب های دریای خزر از مقدار قلیائیت کل برای آب های آزاد اقیانوسی بیشتر می باشد (Millero et al., 1998). براساس آنالیز آماری پیرسون (جدول ۲) شوری با قلیائیت همبستگی مثبت و معنی دار ( $P < 0/05$ ) نشان داد. این امر نشان از این واقعیت دارد که فاکتورهای مهم و تاثیر گذار بر قلیائیت کل همان فاکتورهای موثر بر شوری در منطقه مطالعاتی می باشد.

به دلیل عدم وجود رودخانه بزرگ و موثر در منطقه سی سنگان بار مغذی در آب های سطحی پایین بوده که نشان از ورودی پایین این مواد به دریا توسط رودخانه ها و چرخه مواد مغذی عمدتاً ناشی از چرخه داخلی آب می باشد. بالا بودن میزان قلیائیت آب نشان از بالا بودن مقدار کربنات و بی کربنات دریای خزر و بالا بودن ظرفیت بافری آن دارد که تحمل آب را در برابر تغییرات ناگهانی pH بالا می برد.

منطقه، مشاهده وضعیت الیگوتروفیک منطقی به نظر می‌رسد. همچنین مطالعات انجام شده توسط Tahami و همکاران در سال ۲۰۱۲ نشان دهنده این است که در سال‌های پس از ورود گونه مهاجم شانه‌دار (*Mnemiopsis leidyi*)، گونه‌های فیتوپلانکتون بیشتری نسبت به سال‌های قبل از ورود *M. leidyi* در این اکوسیستم حضور یافتند که نشان دهنده تغییرات این اکوسیستم از الیگوتروفیک به سمت مزوتروفیک می‌باشد.

با توجه به شاخص (Trophic Index) TRIX و بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه (میانگین مقدار فسفات در حد ۰/۰۰۷۶ میلی گرم بر لیتر و درصد بالای اشباعیت اکسیژن) به نظر می‌رسد که منطقه سیسنگان از نظر تروفی دارای ماهیت الیگوتروفیک به سمت مزوتروفیک می‌باشد. هر چند که برای محاسبه دقیق شاخص TRIX و بحث در مورد وضعیت تروفیک منطقه وجود کلروفیل آ و نیتروژن کل لازم می‌باشد (Primpas & Karydis, 2011). با توجه به عدم وجود رودی بزرگ در این

### سپاسگزاری

این تحقیق با استفاده از تجهیزات و امکانات موجود در پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی انجام شد که بدین وسیله از مسئولین امر نهایت تقدیر و تشکر بعمل می‌آید.

### منابع

- CEP. 2002. Pollution in Caspian Sea. Caspian Environment Programme. CEP.
- Dumont, H.J. 1998. The Caspian Lake: history, biota, structure, and function. *Limnology and Oceanography*, 43: 44-52.
- Grasshoff, K., Ehrhardt, M., Kremling, K. & Anderson L.G. 1999. Methods of sea water analysis. Third edition, Wiley-VCH. Weinheim, Germany.
- Kostianoy, A.G. & Kosarev, A.N. 2005. The Caspian Sea environment. Volume 5; part -P; The handbook of environmental chemistry. Springer-Verlag, Berlin.
- Katunin, D.N., Khripunov, I.A., Bespartochnyi, N.P., Nikotina, L.N., Galushkina, N.V. & Radovanov, G.V. 2000. Caspian Float. *University Science Bulletin*, 1:111 (in Russian).
- Khosropanah, N., Nejatkhah-Manavi, P., Koohilay, S. & Naseri, M. T. 2011. Variations in nitrate and phosphate contents of Waters in the Southwest Caspian Sea. *Journal of the Persian Gulf*, 2: 27- 34.
- Leonov, A. V. & Nazarov, N. A. 2001. Nutrient input into the Caspian Sea with river runoff. *Water Resources*, 28: 656-665. Translated from *Vodnye Resursy*, 28: 718-728.
- واحدی، ف.، نصراله تبار، ع.، علوم، ی.، یونسی پور، ح.، الیاسی، ف.، نوروزیان، م.، دلیناد، غ.ج. ۱۳۸۹. پروژه بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب در کرانه‌های جنوبی دریای خزر سال ۸۶. انتشارات موسسه تحقیقات شیلات ایران.
- نجات خواه معنوی، پ.، پاسندی، ع.ا.، سقلی، م.، بهشتی نیا، ن. و میرشکار، د. ۱۳۸۸. بررسی میزان نیترات و فسفات در حوضه جنوب شرقی دریای مازندران در فصل بهار و تابستان. پژوهش‌های علوم و فنون دریایی ۴(۳): ۱۱ تا ۱۹.
- American Society for Testing and Materials (ASTM). ASTM D5907-09, Standard Test Method for Filterable and Nonfilterable Matter in Water. Available at: [www.astm.org/Standards/D5907.htm](http://www.astm.org/Standards/D5907.htm).
- Broecker, W.S. & Peng, T. H. 1982. Tracers in the sea. Eldigeo Press, Lamont-Doherty Geological Observatory, Palisades, NY.

- Sapozhnikov, V.V., Katunin, D, N., Bespartochnyi, N.P., Kirpichev, N.B., Luk'yanova, O.N. & Metreveli M.P. 2002. *Okeanologiya*, 42:634 (in Russian).
- Sapozhnikov, V.V., Katunin, D.N., Kirpichev, N.B., Luk'yanova, O.N., Muryi, G.P. & Fesenko, V.I. 2003. *Okeanologiya*, 43:529 (in Russian).
- Sapozhnikov, V. V., Katunin, D. N., Luk'yanova, O. N., Batrak, K. V. & Azarenko, A. 2006. Hydrological and hydrochemical studies in the central and southern Caspian Sea aboard the R/V Issledovatel' Kaspiya (September 6–24, 2005). *Oceanology*, 46: 446–448. Original Russian Text, published in *Okeanologiya*, 2006. 46: 478–480.
- Sapozhnikov, V. V., Azarenko A. V., Grashchenkova O. K. & Kivva, K. K. 2007. Hydrological and hydrochemical studies of the middle and south Caspian Sea from the R/V Issledovatel' Kaspiya (September 2–17, 2006). *Oceanology*, 47: 290–293. Published in *Okeanologiya*, 47: 312–315.
- Sapozhnikov, V. V., Kivva, K. K., Metreveli, M. P. & Mordasova, N. V. 2008. Results of monitoring of the changes in the hydrochemical structure of the central and southern Caspian Sea over 1995–2005. *Oceanology*, 48: 212–216. Original Russian Text, published in *Okeanologiya*, 48: 232–237.
- Sapozhnikov, V. V., Artamonova, K. V., Zozulya, N. M., Stolyarskii, S. I. & Azarenko, A. V. 2012. Hydrochemical studies of the middle and southern Caspian Sea from onboard the RPS Issledovatel' Kaspiya in May–June of 2011. *Oceanology*. 52: 295–298. Original
- Murphy, J. & Riley, J. 1962. A Modified single solution for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, 27: 31–36.
- Marin, V., Moreno, M., Vassallo, P., Vezzulli, L., Fabiano, M. 2008. Development of a multistep indicator-based approach (MIBA) for the assessment of environmental quality of harbours. *ICES Journal of Marine Science*, 65: 1436–1441.
- Millero, F.J., Lee, K. & Roche, M. 1998. Distribution of alkalinity in the surface waters of the major oceans. *Marine Chemistry*, 60:111–130.
- Millero, F.J., Zhang, J.Z., Lee, K. & Cambell, D.M. 1993. Titration alkalinity of seawater. *Marine chemistry*, 44: 153- 165.
- Peeters, F., Kipfer, R., Achermann, D., Hofer, M., Aeschbach-Hertig, W., Beyerle, U., Imboden, D.M., Rozanski, K. & Frohlich, K. 2000. Analysis of deep-water exchange in the Caspian Sea based on environmental tracers. *Deep-Sea Research I*, 47: 621–654.
- Paytan, A. & McLaughlin, K. 2007. The oceanic phosphorus cycle. *Chemical Reviews*, 107 (2): 563–576.
- Primpas, I. & Karydis, M. 2011. Scaling the trophic index (TRIX) in oligotrophic marine environments. *Environmental Monitoring and Assessment*, 178: 257- 269.
- Strickland, J.D.H. & Parsons, T.R. 1968 a. Determination of reactive nitrite. In: A practical handbook of seawater analysis. *Fisheries Research Board of Canada Bulletin*, 167: 71- 75.
- Strickland, J.D.H. & Parsons, T.R. 1968 b. Determination of reactive silicate. In: A practical handbook of seawater analysis. *Fisheries Research Board of Canada Bulletin*, 167: 65- 70.

Sea before and after *Mnemiopsis leidy*. *World Applied Sciences Journal*, 16: 99-105.

Wood, E.D., Armstrong, F.A.J. & Richards, F.A. 1967. Determination of nitrate in sea water by cadmium-copper reduction to nitrite. *Journal Marine Biology Association*, 47:23-

Russian Text, published in *Okeanologiya*, 52: 317-320.

Tchobanoglous, G., Burton, F., 1991.

Wastewater engineering: treatment, disposal, and reuse (3rd Edition.). McGraw-Hill. New York.

Tahami, F. S., Mazlan, A. G., Negarestan, H. & Lotfi, W. W. M. 2012. Study on phytoplankton in Southern Caspian

