

بررسی کیفیت آب و سطح تروفیکی حوزه جنوبی دریای خزر با هدف امکان پرورش ماهی در قفس و توسعه آبی پروری دریایی

حسن نصراله زاده ساروی^{۱*}، فریبا واحدی^۲، عبدالله نصراله تبار^۳، آسیه مخلوق^۴، محمد علی افرایی^۵، سید محمد وحید فارابی^۶، نیما پورنگ^۷

۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج جهاد کشاورزی، بخش اکولوژی، فرح آباد، ساری، ایران، صندوق پستی: ۹۶۱

۷- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج جهاد کشاورزی، بخش اکولوژی، پیکان شهر، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۴۹/۱۴۹۶۵

*عهده دار مکاتبات

پست الکترونیکی: hnsaravi@gmail.com

چکیده

کیفیت آب یک فاکتور مهم و اساسی در موفقیت و عدم موفقیت صنعت آبی پروری به شمار می آید. هدف از این مطالعه بررسی کیفیت آب و سطح تروفی طی سه دوره ۱۳۸۷ (تعداد نمونه ها ۴۸۰)، ۱۳۸۸ (تعداد نمونه ها ۴۸۰) و ۱۳۸۹ (تعداد نمونه ها ۴۶۴) با هدف استقرار قفس و توسعه آبی پروری در دریای خزر بوده است. نتایج نشان داد که در این حوزه شکست دمایی از عمق بیش از ۲۰ متر اتفاق افتاد. اپتیمم شفافیت آب ($< 5\text{ m}$) برای پرورش ماهی در قفس در عمق بیش از ۱۰ متر ثبت گردید. نتایج این تحقیقات با محدوده ی تغییرات استاندارد pH ($7/80$ تا $8/50$) و اکسیژن محلول (mg/l) (> 5) منطبق بوده است. غلظت فرم های مختلف ازت معدنی قابل قبول و کمتر از حد مجاز کشورهای مختلف بوده، اما غلظت فسفات در برخی لایه ها بیش از حد مجاز بوده است. مقایسه نتایج بدست آمده از مواد مغذی در این مطالعه با داده های سال مرجع (سال ۱۳۷۵) و شرایط یوتروف سال ۱۳۸۴ در دریای خزر نشان می دهد که این منطقه از دریای خزر از حالت الیگوتروف خارج شده و به مرحله مزوتروف سوق پیدا کرده است. بطور کلی، بنظر می رسد که در مناطق دور از ساحل حوزه جنوبی دریای خزر (اعماق بین ۲۰ تا ۵۰ متر) خصوصیات لازم برای پرورش ماهیان مختلف در قفس تقریباً مهیا می باشد. اما با توجه به شکوفایی های متعدد در سال های اخیر و همچنین وجود شرایط مزوتروف، شایسته است که استقرار قفس های پرورش ماهی با رویکرد احتیاطی بیشتر (طرح پایلوت) صورت پذیرد تا به فاجعه زیست محیطی منجر نشود.

کلمات کلیدی: کیفیت آب، سطح تروفیکی، پرورش ماهی در قفس، دریای خزر

مقدمه

پرورش ماهی در قفس در محیط‌های دریایی در سال‌های اخیر با شدت زیادی روبه گسترش می‌باشد. در کشورهای اروپای غربی، اسکانديناوی و شمال آمریکا اغلب گونه آزاد ماهیان مورد پرورش قرار گرفتند. اما در آب‌های آسیایی (از قبیل ژاپن، کره، هنگ کنگ، تایلند، مالزی و سنگاپور) گونه‌های غیر از آزاد ماهیان (sea breams, seabass, ...) را پرورش داده‌اند (FAO, 1992). در این کشورها پرورش ماهی در قفس دریایی در نوار ساحلی انجام گردید اما از آنجایی که آب‌های ساحلی از یک طرف از طریق خشکی و از طرف دیگر از مناطق دریایی تحت تاثیر قرار دارند، دارای تغییرات دینامیکی بالایی بوده و مشکلات عظیمی را برای پرورش دهندگان ایجاد نمودند (Miki et al., 1992). این امر کشورهای مختلف از قبیل زلاندنو، دانمارک، نروژ، کانادا و هنگ کنگ و همچنین اسکاتلند را بر آن داشت که مقررات سخت گیرانه‌ای را اتخاذ کنند تا به فاجعه زیست محیطی مبدل نگردد (Duff, 1987). بطور مثال در کشور اسکاتلند پرورش دهندگان را به مناطق دور از ساحل سوق دادند تا اثرات نامطلوب پرورش ماهی در قفس دریایی را به حداقل برسانند (Aldridge, 1988).

در کشور ایران پرورش ماهیان آب شیرین (با سابقه ۵۰ ساله) در استخرهای خاکی متداول بوده ولی پرورش ماهیان در دریا در قفس سابقه چندانی ندارد (Refa, 2002). نوار ساحلی حوزه جنوبی دریای خزر فاقد خور، خلیج و دماغه بوده و در واقع پناهگاهی برای استقرار قفس های پرورش ماهیان دریایی وجود ندارد در نتیجه قفس‌ها باید در فضای باز و آزاد دریا و دور از ساحل (Offshore) قرار گیرند (Refa, 2002). Bagheri و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که براساس آزمون مولفه اصلی استقرار قفس در منطقه جفارود بر تراکم زووپلانکتون در مقایسه با سایت مرجع تغییراتی را ایجاد کرده است. همچنین باقری و همکاران (۱۳۹۴) عنوان نمودند که براساس آزمون مولفه اصلی استقرار قفس در منطقه غربی دریای خزر جنوبی بر تراکم فیتوپلانکتون در مقایسه با سایت مرجع تغییراتی را ایجاد کرده است که می توان اظهار نمود که افزایش مواد مغذی ناشی از پسماند مواد غذایی به محیط اطراف دلیل این افزایش می باشد. Afraei و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کرد که پرورش ماهی در قفس بر پلانکتون در منطقه کلارآباد مازندران طی سال ۲۰۱۲ اثر گذاشته بطوریکه اختلاف معنی داری بر تراکم فیتوپلانکتون و زووپلانکتون بین محل قفس و سایت مرجع وجود دارد. از آنجاییکه پرورش ماهی بر قفس بر اکوسیستم منطقه اثرات مختلفی می گذارد و همچنین White (2009) گزارش کرد که جهت انجام پرورش ماهی در قفس دریایی (marine culture) نیاز است که جهت بیان وضعیت اثرات زیست محیطی (Environmental Impact Statements) مطالعه پایه زیست محیطی توجه گردد. بنابراین، در این مطالعه به بررسی

کیفیت آب و سطح تروپی بر اساس پارامترهای محیطی و مواد مغذی (بعنوان مطالعه پایه زیست محیطی) با هدف استقرار قفس و توسعه آبی پروری دریائی در حوزه جنوبی دریای خزر خواهد پرداخت.

مواد و روشها

نمونه برداری

این مطالعات طی چهار فصل (بهار، تابستان، پاییز و زمستان) در هشت نیم خط عمود بر ساحل (آستارا، بندر انزلی، سفید رود، تنکابن، نوشهر، بابلسر، بندر امیرآباد و بندر ترکمن) در اعماق ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر در سواحل ایرانی منطقه جنوبی دریای خزر انجام گردید. تعداد ۱۴۲۴ داده جمع آوری گردید که برگرفته از نتایج سه پروژه تحقیقاتی تحت نام مشترک " بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب در منطقه جنوبی دریای خزر " طی سالهای ۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ است که در پژوهشکده اکولوژی دریای خزر به ترتیب توسط واحدی و همکاران (۱۳۹۰)، نصراله زاده و همکاران (۱۳۹۱) و نجف پور و همکاران (۱۳۹۴) اجرا شده است.

پارامترهای محیطی و مواد مغذی آب

نمونه برداری آب بوسیله بطری نسکین انجام گرفت. فاکتورهای pH و با دستگاه پرتابل (WTW 320)، دما بوسیله ترمومترگردان، اکسیژن (روش وینکلر)، عمق شفافیت^۱ (SDD) بوسیله شی سی دیسک اندازه گیری شد. نمونه های آب در ظروف پلاستیکی یک لیتری تحت شرایط استاندارد به آزمایشگاه منتقل شدند. مواد مغذی نیتروژن (نترات با روش ستون کاهشی، آمونیم با روش کمپلکس آبی رنگ فئات) و فسفر (فسفرکل با روش هضم بوسیله پرسولفات، فسفات با روش مولیبدات) با توجه به روشهای استاندارد (Sapozhnikov *et al.*, 1988; APHA, 2005) انجام شدند. شایان ذکر است که به دلیل استفاده از استانداردهای مختلف (Philminaq, 2008) (جدول ۱) و نیز تعیین سطح تروفیکی، پارامترها در موارد مختلف با واحدهای مختلف آورده شده است.

جدول ۱- خلاصه استاندارد/ محدوددهی پارامترهای کیفیت آب پرورش ماهی در قفس در محیطهای دریایی (Philminaq, 2008)

پارامتر	واحد	استرالیا	ASEAN	هنگ کونگ	هند	مالزی	نیوزیلند	فیلیپین	مناسب برای تولید
pH		۶/۰-۹/۰	-	-	۶/۵-۸/۵	۶/۵-۹/۰	۶/۰-۹/۰	۶/۵-۸/۵	۶/۵-۹/۰
DO	mg/l	>۵/۰	۴/۰	≥۴/۰	۵/۰	۳/۰-۷/۰	>۵/۰	۵/۰	>۵/۰-۶/۰
TAN	mg/l	-	-	-	-	۰/۳	-	-	<۰/۰۱
NH ₄	mg/l	<۱/۰	-	-	-	-	<۱/۰	-	-
NH ₃	mg/l	<۰/۰۱	۰/۰۷	≤۰/۰۲۱	-	-	<۰/۰۱	-	-
NO ₂	mg/l	<۰/۱	۰/۰۵۵	-	-	-	<۰/۱	-	-
NO ₃	mg/l	<۱۰۰	-	-	-	-	<۱۰۰	-	-
PO ₄	mg/l	<۰/۰۵	-	-	-	-	<۰/۰۵	-	-

¹ SDD= Secchi disk depth

جهت تعیین سطح تروفیکی در این مطالعه در ابتدا داده‌های پرت (Outliers) حذف گردید (Karydis, 2009) و سپس جهت مقایسه سال مرجع (داده‌های سال ۱۳۷۵) (Nasrollahzadeh, et al., 2013) و تحقیقات حاضر استفاده شده است.

نتایج و بحث

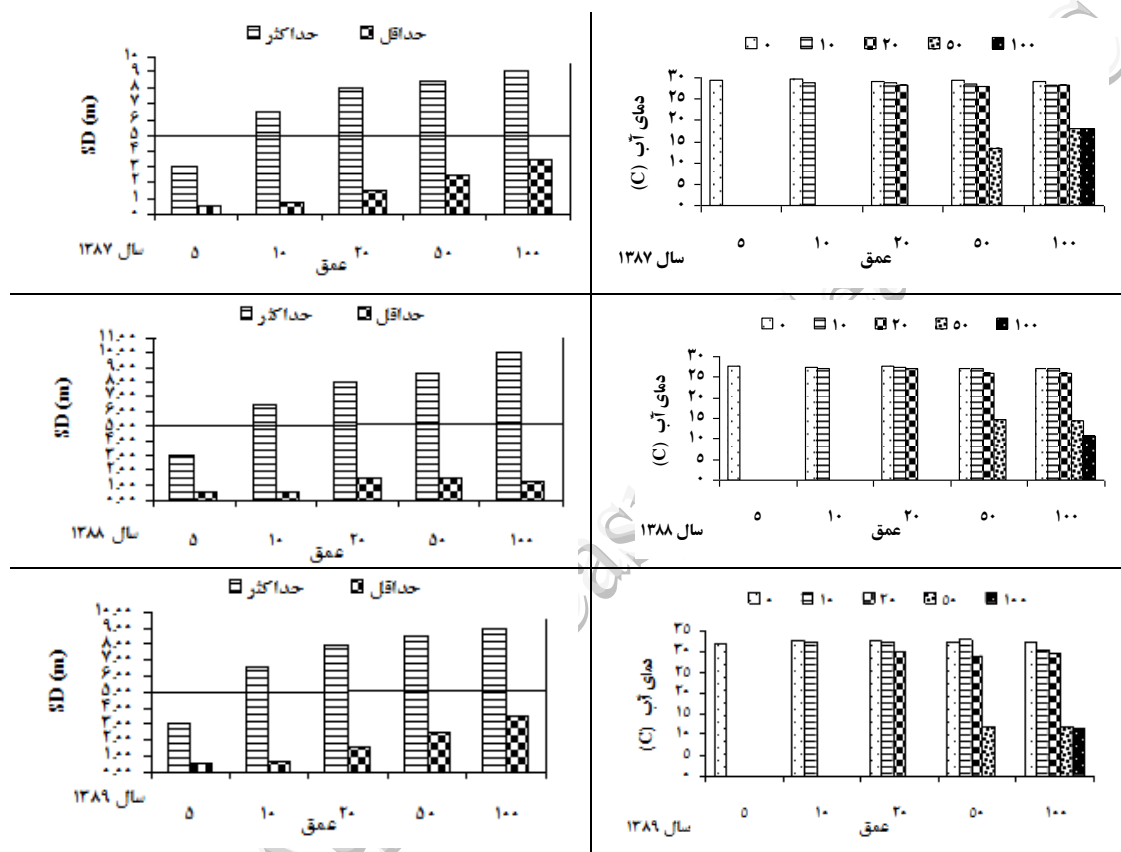
اشکال مختلف ۱ تا ۵ تغییرات حداکثر و حداقل پارامترهای محیطی و مواد مغذی در اعماق و لایه‌های مختلف حوزه جنوبی دریای خزر به همراه خط استاندارد/ حد مجاز آن‌ها را نشان می‌دهد. در بررسی پرورش ماهی در قفس مهمترین عوامل فیزیکی دمای آب، شفافیت، pH و اکسیژن محلول می‌باشد (Kishindy et al., 2013). در خصوص مواد مغذی نیاز است که علاوه بر بررسی تغییرات غلظتی به سطح تروفیکی مناطق و اعماق مختلف توجه گردد، زیرا مکان‌هایی که دارای سطح تروفیکی بالایی می‌باشند امکان شکوفایی جلبکی را پس از فعالیت آبی پروری بالا خواهند برد (Beveridge, 1984). بر این اساس در تحقیق حاضر موارد فوق مورد توجه قرار گرفتند.

Bugrov (1992) در اولین گزارش پرورش ماهی در قفس با گونه قزل آلا رنگین کمان در جنوب دریای خزر (منطقه دور از ساحل کشور ترکمنستان) طی سال 1987 عنوان نمود که برای این گونه دو عامل دما و شکست دمایی اهمیت زیادی دارد. در تحقیق ایشان عمق قرارگیری قفس غوطه ور ۳۰ متر بوده است. جمع بندی سه دوره در طی تحقیق حاضر نشان داد که در سواحل ایران دما بین لایه های ۲۰ تا ۵۰ متر در عمق ۵۰ متر کمتر ۱۸ درجه سانتیگراد بوده است (شکل ۱). بنابراین عمق مناسب برای پرورش ماهی آزاد دریای خزر بیش از ۲۰ متر و کمتر ۵۰ متر می‌باشد که با نتایج Bugrov (1992) مطابقت داشته است.

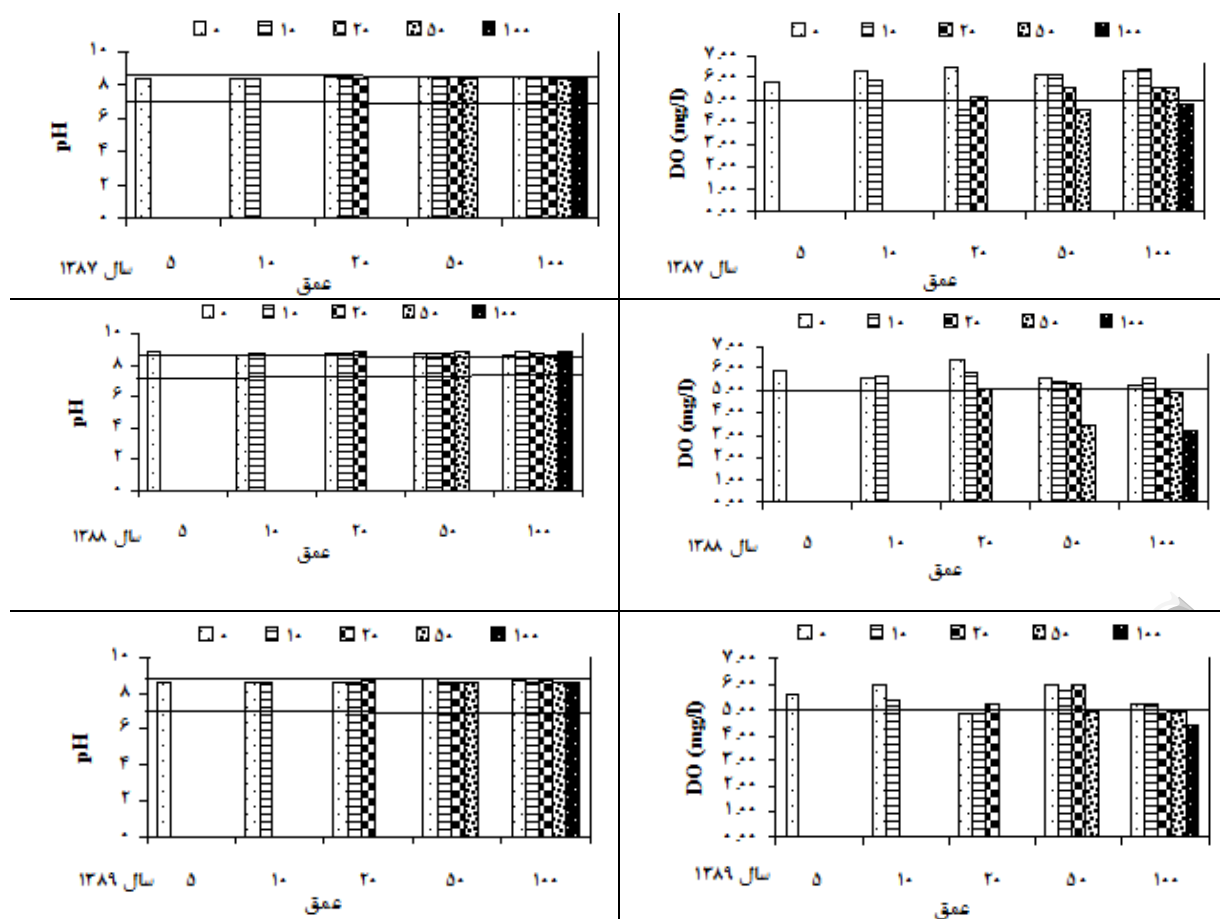
شفافیت آب به مقدار مواد معلق و محلول، جامدات معلق معدنی، پلانکتون‌ها، مواد غنی شده از مواد آلی و رنگی تشکیل شده بستگی دارد (Sanden and Hakasson, 1996; Aarup, 2002). Beveridge (2004) گزارش کرد که اپتیمم شفافیت آب برای پرورش ماهی در قفس کمتر از ۵ متر می‌باشد. براساس نتایج تحقیق حاضر این محدوده تغییرات و اپتیمم در عمق بیش از ۱۰ متر وجود داشته است (شکل ۱).

در میان دریا‌های جهان، دریای خزر pH بالایی دارد که این به دلیل نوع ترکیبات شیمیایی ورودی به دریا از طریق رودخانه‌ها و نیز بستر دریا می‌باشد (Kosarev and Yablonskaya, 1994). به طوریکه میانگین سالانه pH در حوزه جنوبی دریای خزر بیش از ۸/۰۰ بوده است. Lawson (1995) گزارش کرد که محدوده تغییرات استاندارد pH برای پرورش ماهی آزاد در قفس برابر ۷/۸۰ تا ۸/۵۰ می‌باشد. براساس نتایج تحقیقات مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر محدوده تغییرات pH منطبق با استاندارد فوق می‌باشد (شکل ۲).

اکسیژن محلول از عوامل مهم در آب دریا است و پراکنش افقی و عمودی آن موازنه ای را با اتمسفر، دمای آب، فتوسنتز و فرآیندهای بیولوژیک و دینامیک آب برقرار می نماید (Chester, 1990). برآورد Lawson (1995) نشان داد که محدوده تغییرات استاندارد DO برای پرورش ماهی آزاد در قفس بیش از ۵ میلی گرم برلیتر است. همانگونه که نتایج در شکل ۲ نشان می دهد در اعماق مختلف حتی حداقل اکسیژن محلول به خصوص عمق کمتر از ۵۰ متر در محدوده استاندارد می باشد.



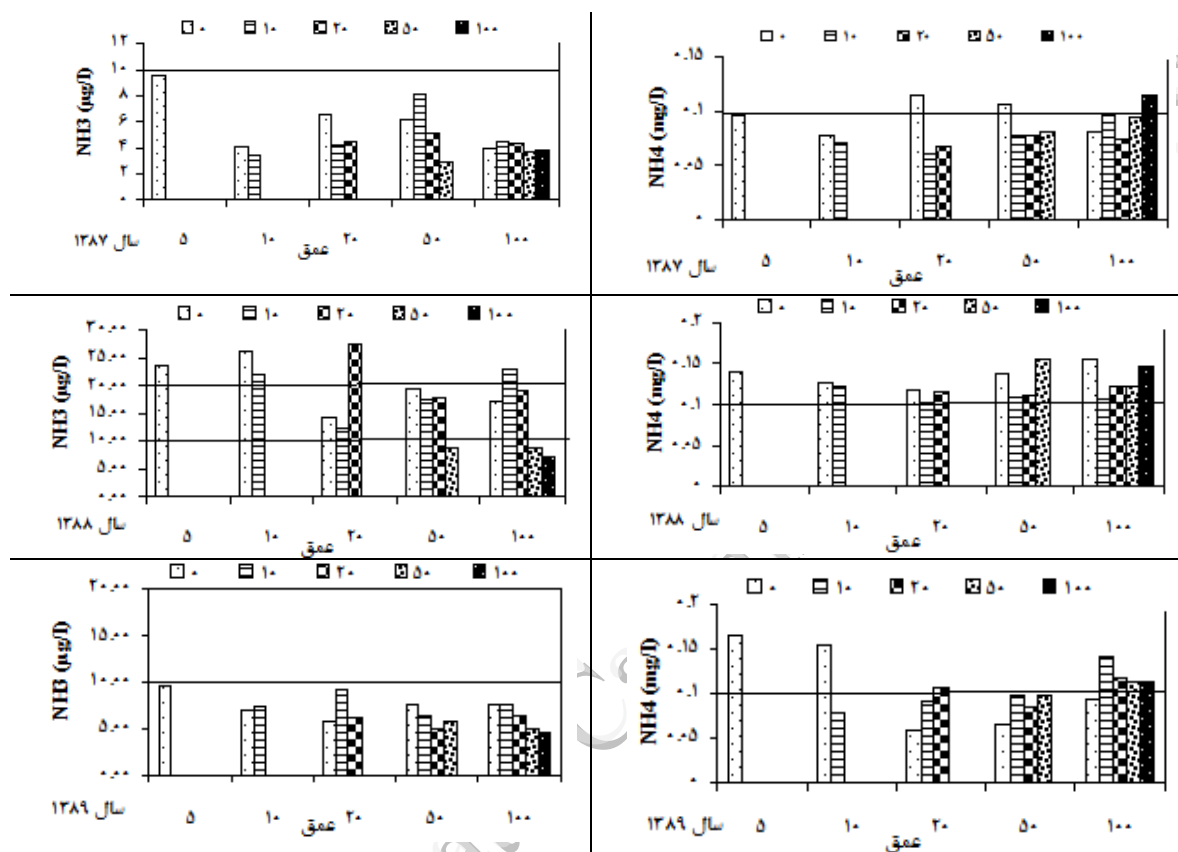
شکل ۱- تغییرات حداکثر دما و حداکثر/حداقل شفافیت (SD) آب در اعماق و لایه های مختلف سه دوره (۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹) حوزه جنوبی دریای خزر (خطوط افقی بیانگر استاندارد/حد مجازهای مختلف می باشد)



شکل ۲- تغییرات حداقل اکسیژن محلول (DO) و pH آب در اعماق و لایه‌های مختلف سه دوره (۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹) حوزه جنوبی دریای خزر (خطوط افقی بیانگر استاندارد/حد مجازهای مختلف می‌باشد)

در کشورهای دارای صنعت آبرزی پروری یکی از موارد مهم در خصوص مجوز پرورش ماهی در قفس بررسی مواد مغذی و سطح تروفیکی دریاچه/خلیج می‌باشد (NCC, 1990; SEPA, 1997). غلظت آمونیم بسیار متغیر است ولی معمولاً کم است. بطور کلی، حدود مجاز برای این فرم از نیتروژن (NH_4^+) کمتر از ۰/۱۰ (Meade, 1989) میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. نتایج تغییرات حداکثر آن در شکل ۳ نشان داد که اکثر داده‌ها در لایه‌های مختلف سه دوره کمتر از حد مقابل قبول بوده است. شایان ذکر است که غلظت‌های بیش از حد مجاز ماهیان ($< 0/10$ میلی‌گرم بر لیتر) در سال ۱۳۸۸ در ۲/۵ درصد از کل داده‌ها مشاهده گردید. همچنین در تمام سه دوره میزان آمونیم (NH_4^+) از استاندارد کشورهای استرالیا و نیوزیلند کمتر بوده است (جدول ۱). یون آمونیم براساس تغییرات pH و دمای آب به ترکیب آمونیاک که سمی نیز است تبدیل می‌گردد. نتایج تغییرات حداکثر آمونیاک در شکل ۳ نشان داد که اکثر داده‌ها در لایه‌های مختلف سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۹ کمتر از حداکثر غلظت مجاز و بدون ضرر (برای ماهی آزاد و ماهیان دریایی به ترتیب < 20 و < 10 میکروگرم بر لیتر) بوده است (Huguenin, 1989). همچنین میانگین غلظت آمونیاک در هر سه دوره حتی از حداکثر حد مجاز کشورهای هنگ کنگ و ASEAN کمتر بوده است (جدول ۲). نیتريت ترکیب سمی می‌باشد و با غیر فعال کردن

هموگلوبین خون ماهی سبب بیماری خون قهوه‌ای (Brown Blood Disease) می‌گردد (Lawson, 1995). غلظت مجاز و بدون ضرر برای ماهیان $< 0/100$ میلی‌گرم بر لیتر در نظر گرفته شد (Pillay, 1990). نتایج تحقیقات سه دوره نشان داد که غلظت حداکثر نیتريت در مناطق مختلف بسیار کمتر از غلظت حد مجاز فوق (شکل ۴) و حتی کمتر از حد مجاز کشورهای استرالیا، نیوزیلند و بسیار کمتر از حد مجاز ASEAN بوده‌است (جدول ۱).

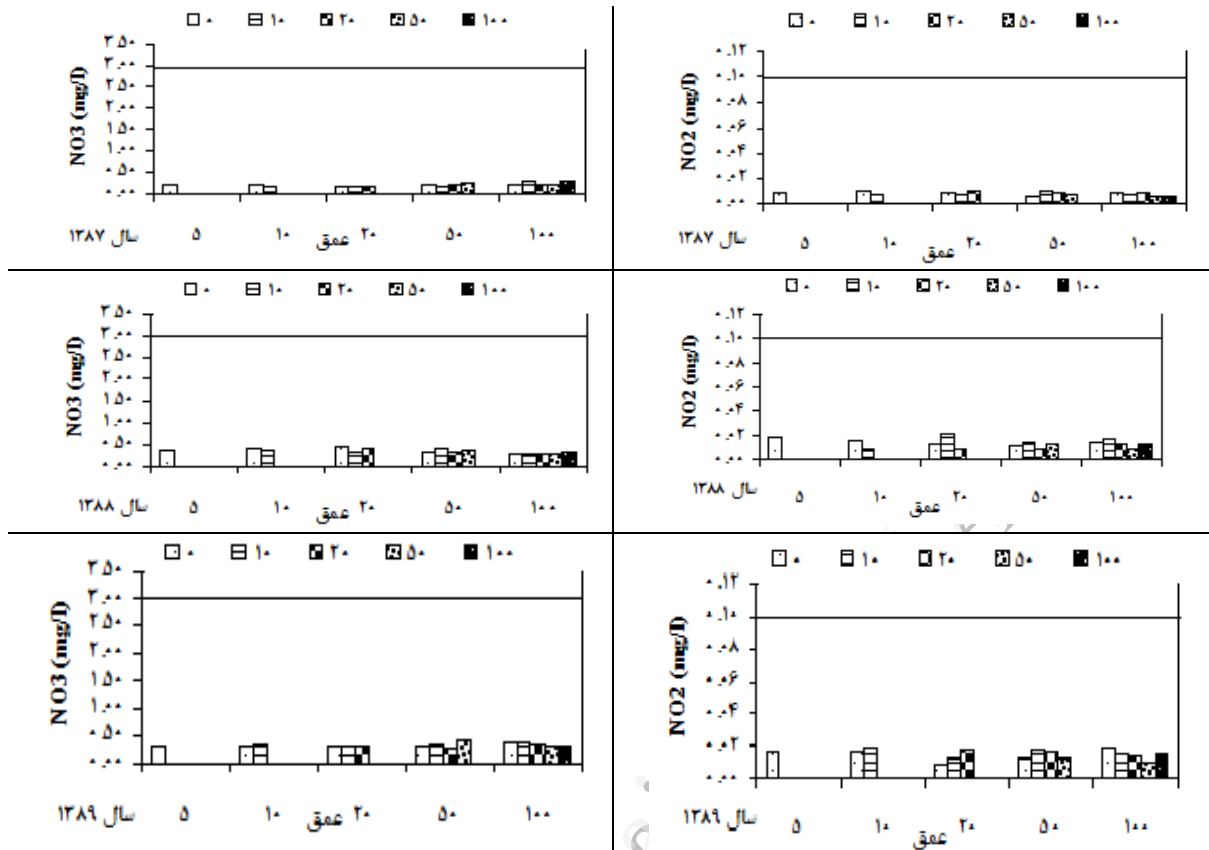


شکل ۳- تغییرات حداکثر غلظت آمونیم (NH_4) و آمونیاک (NH_3) در اعماق و لایه‌های مختلف سه دوره (۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹) حوزه جنوبی دریای خزر (خطوط افقی بیانگر استاندارد/حد مجازهای مختلف می‌باشد)

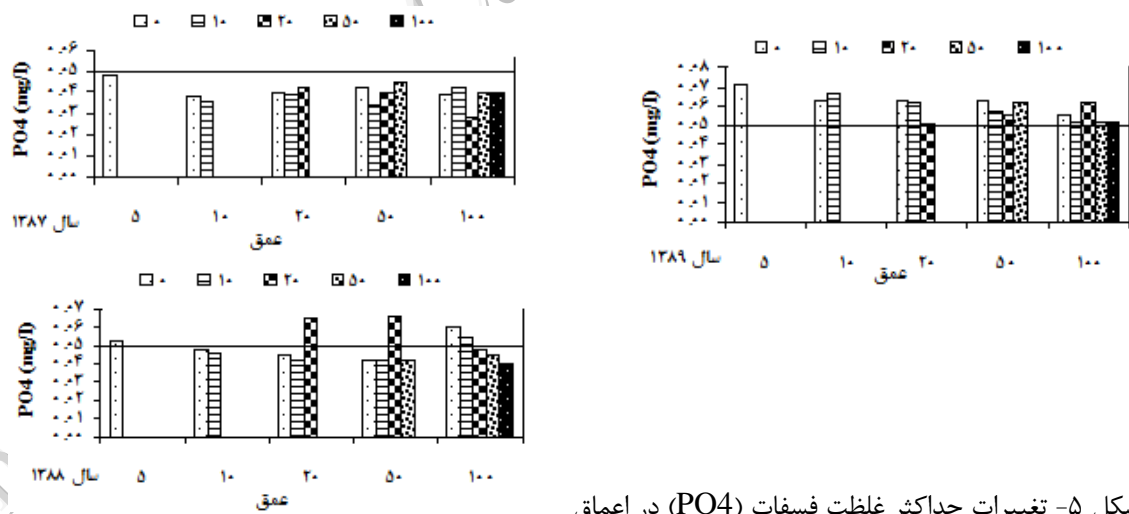
نیتريت ترکیب سمی نیست و پایدارترین فرم نیتروژن نیز محسوب می‌گردد همچنین افزایش غلظت آن باعث یوتریفیکاسیون و پدیده شکوفایی جلبکی خواهد شد (Lawson, 1995). غلظت مجاز و بدون ضرر برای ماهیان < 3 (Meade, 1989) و < 100 (Pillay, 1990) میلی‌گرم بر لیتر در نظر گرفته شد. نتایج تحقیقات سه دوره نشان داد که غلظت حداکثر نیتريت در مناطق مختلف بسیار کمتر از غلظت مجاز بوده‌است (شکل ۴). همچنین حداکثر مقادیر و میانگین غلظت نیتريت نیز بسیار کمتر از حد مجاز کشورهای استرالیا و نیوزیلند بوده‌است (جدول ۱).

در میان ماکرونوترینت، فسفر معمولاً کمترین فراوانی در غلظت (کمتر از $15/5$ میکروگرم بر لیتر) را دارد (Muller and Helsel, 1999). غلظت حد مجاز فسفات برای ماهیان $0/20 - 0/100$ میلی‌گرم بر لیتر در نظر گرفته شد. نتایج تحقیقات سه دوره نشان داد که غلظت فسفات در مناطق مختلف کمتر از غلظت مجاز فوق بوده‌است (شکل ۵). همچنین حداکثر مقادیر

و میانگین غلظت فسفات در سال ۱۳۸۷ کمتر از حد مجاز کشورهای استرالیا و نیوزیلند (< 0.05) بوده است اما در سالهای ۱۳۸۸، ۱/۵ درصد و در سال ۱۳۸۹، ۷ درصد از داده‌ها بیش از حد مجاز کشورهای استرالیا و نیوزیلند بوده است (جدول ۱).



شکل ۴- تغییرات حداکثر غلظت نیتريت (NO_2) و نیترات (NO_3) در اعماق و لایه‌های مختلف سه دوره (۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹) حوزه جنوبی دریای خزر (خطوط افقی بیانگر استاندارد/حد مجازهای مختلف می‌باشد).



شکل ۵- تغییرات حداکثر غلظت فسفات (PO_4) در اعماق و لایه‌های مختلف سه دوره (۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹) حوزه جنوبی دریای خزر (خطوط افقی بیانگر استاندارد/حد مجازهای مختلف می‌باشد).

در سال‌های اخیر موضوع فرایند یوتریفیکاسیون سواحل به عنوان یک خطر علیه سلامت اکوسیستم دریایی مطرح شده- است (Andersen *et al.*, 2004; Yang *et al.*, 2008). نتایج جدول میانگین سال مرجع (سال ۱۳۷۵) و تحقیقات حاضر نشان می‌دهد که دو متغیر نیتريت و فسفات تغییرات بطئی داشته اند اما سه متغیر دیگر دارای تغییرات قابل توجهی بوده‌است. به طوریکه ازت آمونیمی و ازت نیتراتی تا سه برابر افزایش نشان دادند و همینطور شفافیت آب ۱/۵ تا ۲/۵ متر کاهش نسبت به سال مرجع داشته‌است (جدول ۲). براساس این نتایج می‌توان بیان نمود که این منطقه از دریای خزر از حالت الیگوتروف خارج شده و به مرحله مزو و یا یوتروف سوق پیدا کرده‌است. Nasrollahzadeh (2008) گزارش کرد که در تابستان سال ۱۳۸۴ که با شکوفایی جلبکی همراه بوده‌است میانگین متغیرهای ازت آمونومی، ازت نیتراتی و فسفر معدنی به ترتیب برابر ۱/۷۲، ۱/۷۹ و ۰/۷۲ میکرومولار بوده‌است. بنابراین اگر نتایج فوق را حال یوتروف برای حوزه جنوبی در نظر بگیریم با مقایسه سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ به این نتیجه دست می‌یابیم که وضعیت این حوزه مزوتروف می‌باشد. همچنین Nasrollahzadeh و همکاران (2008) گزارش کردند که سطح تروفیکی دریای خزر در دهه هشتاد غالباً مزوتروف بوده است که با نتیجه فوق مطابقت دارد. در ضمن تغییرات مواد مغذی در جدول ۳ نشان داد که بین عمق ۲۰ و ۵۰ متر تغییرات کم بوده است و روند تغییرات غلظتی مواد مغذی از عمق ۵ متر ساحلی به اعماق بالا (۱۰۰ متر) کاهشی بوده است اما شفافیت بر حسب انتظار با دور شدن از ساحل افزایش نشان داده است.

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های مقادیر مرجع (سال ۱۳۷۵) برخی متغیرهای وابسته به ارزیابی یوتریفیکاسیون در آب‌های الیگوتروف حوزه جنوبی دریای خزر با تحقیقات حاضر (سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹)

SD (m)	DIP/P (μM)	NO ₃ /N (μM)	NO ₂ /N (μM)	NH ₄ /N (μM)	
۶/۱۳	۰/۳۳	۰/۴۳	۰/۰۹	۰/۶۴	سال مرجع (۱۳۷۵)
(N=۱۵۴)	(N=576)	(N=475)	(N=576)	(N=576)	
۴/۶۱	۰/۲۱	۱/۳۱	۰/۰۶	۱/۱۷	سال تحقیق ۱۳۸۷
(N=۱۵۴)	(N=۴۷۴)	(N=۴۸۰)	(N=۳۸۹)	(N= ۳۸۰)	
۳/۸۲	۰/۲۳	۱/۰۸	۰/۰۶	۲/۸۹	سال تحقیق ۱۳۸۸
(N=۱۵۰)	(N=۴۴۶)	(N=۴۰۰)	(N=۴۲۰)	(N= ۴۶۴)	
۴/۶۱	۰/۳۰	۱/۲۶	۰/۰۷	۱/۰۸	سال تحقیق ۱۳۸۹
(N=۱۵۴)	(N=۴۳۷)	(N=۳۸۲)	(N=۴۱۸)	(N=۴۰۷)	

N=تعداد داده‌ها

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های مقادیر مرجع (سال ۱۳۷۵) برخی متغیرهای وابسته به ارزیابی یوتروفیکاسیون در آب‌های الیگوتروف حوزه جنوبی دریای خزر با اعماق مختلف تحقیقات حاضر سه سال (۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹)

SD (m)	DIP/P (μM)	NO ₃ /N (μM)	NO ₂ /N (μM)	NH ₄ /N (μM)	
۶/۱۳	۰/۳۳	۰/۴۳	۰/۰۹	۰/۶۴	سال مرجع (۱۳۷۵)
(N=۱۵۴)	(N=۵۷۶)	(N=۴۷۵)	(N=۵۷۶)	(N=۵۷۶)	
۱/۵۵	۰/۲۸	۱/۳۵	۰/۰۷	۲/۰۲	عمق ۵ متر
(N=۸۷)	(N=۹۵)	(N=۹۵)	(N=۹۵)	(N=۹۵)	
۲/۶۳	۰/۲۶	۱/۲۶	۰/۰۷	۱/۸۶	عمق ۱۰ متر
(N=۹۲)	(N=۱۹۰)	(N=۱۹۰)	(N=۱۹۰)	(N=۱۹۰)	
۴/۵۵	۰/۲۴	۱/۱۹	۰/۰۶	۱/۷۸	عمق ۲۰ متر
(N=۹۲)	(N=۲۸۵)	(N=۲۸۵)	(N=۲۸۵)	(N=۲۸۵)	
۵/۹۹	۰/۲۴	۱/۱۵	۰/۰۶	۱/۷۶	عمق ۵۰ متر
(N=۹۲)	(N=۳۸۰)	(N=۳۸۰)	(N=۳۸۰)	(N=۳۸۰)	
۷/۰۶	۰/۲۵	۱/۲۶	۰/۰۶	۱/۶۷	عمق ۱۰۰ متر
(N=۹۱)	(N=۴۷۵)	(N=۴۷۵)	(N=۴۷۵)	(N=۴۷۵)	

دستاورد ترویجی

نتیجه اینکه، در کشورهای دارای صنعت آبی پروری دریایی توجه بیشتری به مناطق دور از ساحل شده است (FAO, 1992). در حوزه جنوبی دریای خزر مناطق دور از ساحل (اعماق بین ۲۰ تا ۵۰ متر) بیشتر شرایط مناسب برای ماهیان مختلف مهیا می‌باشد. همچنین بایستی در نظر داشت دریاچه‌هایی که شکوفایی جلبکی در آن‌ها رخ داده است استقرار قفس حساسیت‌های مدیریتی بیشتری را طلب می‌کند. از آنجاییکه در دریای خزر در دهه هشتاد ۴ بار شکوفایی جلبکی (گونه‌های سمی و مضر) به وقوع پیوسته است (Nasrollahzadehet al., 2011). شایسته است که استقرار قفس با رویکرد احتیاطی بیشتری صورت پذیرد تا به فاجعه زیست محیطی تبدیل نگردد. بنابراین پیشنهاد می‌گردد بعد از ارزیابی اثرات زیست محیطی پرورش ماهی در قفس در قالب طرح پیلوت و تعیین آثار مثبت و منفی آن در سواحل ایرانی دریای خزر، توسط سازمان شیلات ایران امکان صدور مجوز به بخش خصوصی داده شود.

سپاسگزاری

بدینوسیله از روسای محترم موسسه و پژوهشکده اکولوژی دریای خزر که همواره به کارهای تحقیقاتی توجه داشته‌اند کمال تشکر را داریم. همچنین از همکاران آزمایشگاه‌های شیمی پژوهشکده که در این کار همکاری داشته‌اند تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

باقری، س.، مکارمی، م.، میرزاجانی، ع.، خداپرست، ح.، بهمنش، ش.، ۱۳۹۴، اثرات پرورش ماهی قزل آلاهی رنگین کماندر قفس بر فراوانی فیتوپلانکتون در جنوب دریای خزر. همایش ملی - آبی پروری دریائی. مرکز تحقیقات آبی پروری، ۱۳-۱۱ اسفند، اهواز، ایران، ۲۳-۱۵.

نجف پور، ش.، نصراله زاده، ح.س.، پورغلام، ر.، یونسی پور، ح.، واحدی، ف.، نصراله تبار، ن.، علوم، ی.، الیاسی، ف.، مخلوق، آ.، مکرمی، ع.، یوسفیان، م.، نوروزیان، م.، کارد، م.، ابراهیم زاده، م.، رودباریان، م.، ابراهیمی، م.، ۱۳۹۴، بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب در منطقه جنوبی دریای خزر (۱۳۸۹ سال). موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۱۸۰ صفحه.

نصراله زاده، ح.س.، نجف پور، ش.، یونسی پور، ح.، علوم، ی.، واحدی، ف.، نصراله تبار، ع.، الیاسی، ف.، نوروزیان، م.، دلیناد، غ.ح.، مکرمی، ع.، مخلوق، آ.، گل آقایی، م.، کارد، م.، ۱۳۹۰، بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب در منطقه جنوبی دریای خزر (۱۳۸۸ سال). موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۱۱۲ صفحه.

واحدی، ف.، نصراله تبار، ع.، علوم، ی.، یونسی پور، ح.، الیاسی، ف.، نوروزیان، م.، دلیناد، غ.ح.، ۱۳۸۹، پروژه بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب در کرانه های جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۷). موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۹۵ صفحه.

Aarup, T., 2002, Transparency of the North Sea and Baltic Sea – a Secchi depth data mining study. *Oceanologia*, 44, 323-337.

AfraeiBandpei, M.A., Nasrolahzadeh, H., Rahmati, R., Khodaparast, N., Keihansani, A., 2016, Examining the Effects of Fish Cage Culture on Phytoplankton and Zooplankton Communities in the Southern Coast of the Caspian Sea (Mazandaran Waters– Kellarabad). *American Journal of Life Science Researches*, 4(2): 104-117.

Aldridge, C.H., 1988, Atlantic salmon pen strategies in Scotland. *Aquaculture International Congress*, Vancouver, Canada, BC, 28 p.

Andersen, J.H., Conley, D.J., Hedal, S., 2004, Palaeoecology, reference conditions and classification of ecological status: the EU Water Framework Directive in practice. *Marine Pollution Bulletin*, 49, 283-290.

APHA. 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*. American Public Health Association. Centennial edition, Washington, USA. 1113p.

Beveridge, M.C.M., 1984, *Cage and Pen fish farming*. FAO publishing, 130p.

Bagheri S, Mirzajani A, Sabkara J., 2016, Preliminary studies on the impact of fish cage culture rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) on zooplankton structure in the southwestern Caspian Sea. *Iranian Journal of Fisheries Science*, 15 (3) :1202-1213.

Beveridge, M.C.M., 2004, *Cage Aquaculture*. Blackwell Publishing. Third Edition, pp.111-158.

- Bugrov, L. 1992. Rainbow trout culture in submersible cages near offshore oil platforms. *Aquaculture*, 100(1-3),169-180.
- Bugrov, L., 1999, Marine culture of Caspian beluga in underwater cages: Off-shore prospects. *Journal of Applied Ichthyology*, 15(4-5),324-325.
- Chester, R., 1990, *Marine Geochemistry*, London, Unwin Hyman, 698P.
- Duff, A., 1987, Scottish fish farm pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 18,261-270.
- FAO.1992. *Aquaculture Production, 1984-1990*. Fisheries Circular No. 815, Rome, 206 p.
- Huguenin, J.E., Colt, J., 1989, *Design and Operating Guide for Aquaculture Seawater Systems*. Elsevier, Amsterdam. 272p.
- Karydis, M., 2009, Eutrophication Assessment of Coastal Waters Based on Indicators: A Literature Review. *Global NEST Journal*, 11(4), 373-390.
- Kashindye, B.B., Nsinda, P., Kayanda, R., Ngupula, G.W., Mashafi, C.A., Ezekiel, C.N. 2015. Environmental impacts of cage culture in Lake Victoria: the case of Shirati Bay-Sota, Tanzania. *Springer Plus*, 4,475-485.
- Kosarev, A.N., Yablonskaya, E.A., 1994, *The Caspian Sea*. The Hague, SPB Academic Publishing, Russia, 259p.
- Lawson, T. B., 1995, *Fundamentals of Aquacultural Engineering*. New York: Chapman and Hall, 355p.
- Meade, J.W., 1989, Allowable ammonia in fish culture. *Progress Fish Culture*, 47,135-145.
- Miki, K., Sano, M., Bailly, D., 1992, The role and problems of coastal fish culture in Japan. *Oceanography*, 18,385-395.
- Mueller, D.K., Helsel, D.R., 1999, *Nutrients in the Nation's Waters--Too Much of a Good Thing?* U.S. Geological Survey Circular 1136. National Water-Quality Assessment Program. <http://water.usgs.gov/nawqa/circ-1136.html>
- Nasrollahzadeh, H.S., 2008, *Ecological modeling on nutrient distribution and phytoplankton diversity in the southern of the Caspian Sea*. Doctoral dissertation, University Science Malaysia, 254p.
- Nasrollahzadeh, H.S., Din, Z.B., Foong, S.Y., Makhloogh, A., 2008, Trophic status of the Iranian Caspian Sea based on water quality parameters and phytoplankton diversity. *Continental Shelf Research*, 28,1153– 1165.
- Nasrollahzadeh, H.S., Makhloogh, A., Pourgholam, R., Vahedi, F., Qanqermeh, A., Foong, S.Y., 2011, *The study of Nodularia spumigena bloom event in the Southern Caspian Sea*. *Applied Ecology and Environmental Research*, 9,141-155.
- Nasrollahzadeh, H.S., Din, Z.B., Makhloogh, A., 2013, *The water chemistry and phytoplankton community of the Caspian Sea*. Lambert Academic Publishing (LAP), 185p.

- NCC, 1990, Fish Farming and the Scottish Freshwater Environment. A report to the Nature Conservancy Council. Institute of Aquaculture, Institute of Freshwater Ecology, Institute of Terrestrial Ecology, 285 p.
- Pillay, T.V.R. 1990. Aquaculture; principles and practices, Fishing News Book, London, UK. 575P.
- Philminaq., 2008, Water quality criteria and standards for freshwater and Marine Aquaculture. Bureau of Fisheries and Aquatic Resources- Mitigating Impact of Aquaculture in the Philippines (BFAR)- Project, Diliman, Quezon City (www. Philminaq.eu), 34p.
- Refa Holding A.S., 2002, Main Frame Study for Sea Cage Culture Development in Iran. Executive Report to the Iran Fisheries Organization, 52p.
- Sanden, P. and Hakansson., B., 1996, Long-term trends in Secchi depth in the Baltic Sea. Limnology and Oceanography, 41, 346-351.
- Sapozhnikov, V.N., Agativa, A.E., Arjanova, N.V., Nalitova, E.A., Mardosova, N.V., Zobarowij V.L., Bandarikov, E.A., 1988, Methods of hydrochemical analysis of the major nutrients. VNIRO publisher: Moscow, Russia, 75p. (in Russian)
- SEPA., 1997, Total phosphorus water quality standards for Scottish freshwater lochs. Scottish environmental Protection Agency, Policy 16. Dingwall Scotland, 98p.
- White, P.G., 2009, EIA and monitoring for clusters of small-scale cage farms in Bolinao Bay, FAO fisheries and aquaculture technical reports, No. 527. Rome, pp. 537-552.
- Yang, X., Wu, X., Hao, H., He, Z., 2008, Mechanisms and assessment of water eutrophication. Journal of Zhejiang University Science B, 9(3), 197-209.