وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه گنبد کاووس

نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی

Journal homepage: http://jair.gonbad.ac.ir

ISSN: 2423-6349

دوره ۱۲، شماره ۲، صفحات ۵۶-۴۶.

پیش‌بینی مقادیر نیتروژن در مزارع پرورش فیل‌ماهی *Huso huso* (Linnaeus, 1758) در پن‌های مستقر در جنوب شرقی دریای خزر با استفاده از مدل‌های ریاضی و پویا

مهسا دانشیان[۱]، رسول قربانی[*۲]، سید حسین حسینی‌فر[۳]، حمیدرضا کامیاب[۴]، رحمت ندافی[۵]، سعید اسماعیل پور[۶]، روشنا اکبریان[۷]

[*۱] دانشجوی دکترای تولید و بهره‌برداری آبزیان، گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

[۲]استاد گروه تولید و بهره‌برداری آبزیان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

[۳]دانشیار گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

[۴]استادیار گروه طراحی و ارزیابی محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

[۵]دانشیار دانشگاه اپسالا سوئد

[۶]دانش‌آموخته بوم‌شناسی آبزیان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

[۷]کارمند اداره کل محیط زیست استان گلستان، گرگان، ایران

نوع مقاله:
پژوهشی اصیل

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۰۳/۰۳/۱۹
پذیرش: ۰۳/۰۶/۲۳

نویسنده مسئول مکاتبه:
رسول قربانی، استاد گروه تولید و بهره¬برداری آبزیان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

ایمیل:rasulghorbani@gmail.com

چکیده

هدف از این تحقیق، برآورد مقادیر نیتروژن خروجی حاصل از پرورش بچه فیل‌ماهی *Huso huso* (Linnaeus, 1758) در پن‌های پیشنهادی مستقر در سواحل جنوب شرقی دریای خزر با استفاده از مدل پویایی نیتروژن است. در این تحقیق، مقادیر نیتروژن دفعی با مقادیر ذخیره‌سازی تعداد ۳۰۰۰۰ بچه فیل ماهی در قفس‌های ۷۵۰ متر مربعی که انتهای آن به بستر متصل بوده (پن) در عمق ۲ متری در طی ۷ ماه پرورش (خرداد تا آذر) با وزن ابتدایی حدود ۳۰ گرم و وزن نهایی برداشت حدود ۷۵۰ گرم در پایان دوره و میانگین ضریب تبدیل غذایی ۱/۵ و درصد بازماندگی ۸۲ درصد و تولید حدود ۱۸ تن ماهی محاسبه گردید. نتایج نشان داد که در پایان دوره پرورش می‌توان انتظار داشت که میزان کل نیتروژن و فسفر (غیر آلی) به‌ترتیب ۰/۹۱۹ و ۰/۱۲۳ تن ورودی به دریا باشد. بر اساس مدل پویا، غلظت نیتروژن دفعی به دریا در ۲۰۰ متری از قفس حدود ۰/۱۳ میلی‌گرم در لیتر و در ۱۰۰۰ متری ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر برآورد گردید که بیانگر رعایت حداقل شعاع ۱۰۰۰ متری هر قفس از قفس بعدی است.

واژه‌های کلیدی: سواحل جنوب شرقی دریای خزر، پن، بچه فیل ماهی.

۱ | مقدمه

افزایش جمعیت انسان‌ها در دنیا منجر به گسترش صید بی‌رویه از منابع آبی و همچنین تخریب محیط زیست ناشی از فعالیت‌های انسانی در نواحی ساحلی گردیده است، بنابراین "توسعه پایدار" و "حفاظت محیط زیست" مفاهیم مهمی هستند (Watts, 1998). یکی از بدترین اثرات محیط زیستی آبزی‌پروری در سواحل، تولید پسماند مواد مغذی محلول حاصل از غذاهای مصرف نشده و تولید مواد دفعی است. این مواد هم در ستون آب و هم در بستر دریاها در مجاورت مناطق پرورشی وجود دارند. ورود این مواد به محیط، ممکن است سبب یوتریفیکاسیون و به وجود آمدن شکوفایی سمی جلبکی و تغییرات شیمیایی در رسوبات و کیفیت آب و نهایتاً تغییر در جوامع

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-30]

[DOI: 10.22034/jair.12.2.41]

فیتوپلانکتون‌ها و کف‌زیان گردد (Okumus, 2000). شیوه‌های پرورش آبزیان دریایی در گذشته منجر به تخریب محیط زیست شده اما امروزه از طریق بهبود ترکیب غذا و مکان‌یابی مناسب برای احداث مزارع، اثرات محیط زیستی در هر واحد تولیدی کاهش یافته است (Carol Price *et al.*, 2015). به‌طورکلی هر سیستم پرورشی به ازای سطح پرروش، تراکم و میزان غذای خورده شده، یک میزان بار آلی مشخص تولید می‌کند که براساس آن، ظرفیت تحمل محیط از نظر آلودگی قابل تعریف است.

پرورش ماهی در قفس یکی از روش‌های نوین آبزی پروری در محیط‌های محصور می باشدکه امروزه به طور وسیع در سرتاسر جهان مورد استفاده قرار می گیرد و در مقایسه بـا روش‌های دیگر مانند پرورش در استخر و تانک، هزینه کم‌تری دارد. با این حال پرورش ماهی در قفس در ایران دارای نقاط ضعف و قوت زیادی می‌باشد. از نقاط قوت آن می‌توان به شرایط محیطی مطلوب و کیفیت آب دریا، تولید مواد غذایی با ارزش غذایی بالا، کمک به اشتغال زایی در مناطق کم‌تر توسعه یافته، امکان عرضه دائمی محصولات به لحاظ کمی و کیفی به بازار و نیاز به فضای کم برای تولید متراکم در واحد سطح نام برد. نقاط ضعف نیز شامل مواردی مانند تنوع ضعیف گونه‌ها، تولید بچه‌ماهی و واردات غذای ماهی، نامشخص بودن استانداردهای حداقلی کیفیت محصول، عدم داشتن استراتژی بازاریابی، ناکافی بودن بررسی بازار داخلی، ضعف دانش فنی ساخت و نصب قفس‌ها، عدم تامین به موقع و کافی بچه ماهی، ضعف مدیریت بهره برداری و پرورش و نگهداری قفس، عدم وجود سیستم پشتیبانی بهره برداری از قفس (اسکله پشتیابی، برج، جرثقیل، دستگاه‌های غذادهی و شستشوی تور، حفاظت و...)، کمبود کارشناس و افراد صاحب تجربه برای بهره برداری مناسب و عدم وجود مراکز اختصاصی تکثیر و تولید بچه ماهیان دریایی می‌باشد. بدین ترتیب در همین راستا، استفاده از آب‌های دریایی شمال کشور برای توسعه آبزی پروری، یکی از سرفصل‌های اصلی توسعه آبزی پروری در ایران توسط سازمان‌ها و نهادهای تصمیم گیرنده این حوزه قرار گرفته است. در این میان، پرورش ماهی در قفس نیز با وجود جذابیت‌های زیاد، می‌تواند منجر به انتشار حجم زیادی از آلاینده‌ها مانند نیتروژن، فسفر و کربن به محیط‌های دریایی شود. انتشار بیش از حد نیتروژن در آب موجب پدیده یوتریفیکاسیون شده که طی آن رشد بیش از حد جلبک‌ها و گیاهان آبزی رخ می‌دهد و این امر باعث کاهش اکسیژن محلول موجود در آب گردیده و پس از مدتی نرخ مرگ و میر آبزیان به صورت معنی داری افزایش پیدا خواهد کرد. به عبارتی لازم است که تعادل بین تأمین غذا و خسارات زیست محیطی مورد توجه قرار گیرد. مواردی مانند عدم توجه به انتخاب زمان مناسب آغاز و پایان دوره، عدم مدیریت صحیح تغذیه، استفاده از غذای کم کیفیت، استفاده از بچه ماهی کم کیفیت، چیدمان نامناسب قفس‌ها، ضعف مدیریتی و عدم آگاهی می‌تواند منجر به محدود شدن دستیابی به عملکرد زیست محیطی مناسب در پرورش ماهیان در قفس گردد که علاوه بر افزایش هزینه عملیاتی تولید ماهیان، بروز زیان‌های زیست محیطی را در پی خواهد داشت. پرورش ماهیان در قفس به‌علت افزایش مواد مغذی محلول در آب، می تواند در تسریع تغییر الگوهای زیستی منطقه قرار گیری قفس‌ها مؤثر باشد. میزان این اثرات به مقیاس پرورش، اندازهٔ اکوسیستم آبی و هیدرولوژی منطقه بستگی دارد.

ماهیان خاویاری با قدمت بیش از ۲۵۰ میلیون سال، از باارزش‌ترین ماهیان دریای خزر می‌باشند (Ercan, 2011). از گران‌ترین و ارزشمندترین محصول شیلاتی دنیا می‌توان خاویار حاصل از این گونه‌ها را نام برد. متاسفانه تمامی پنج گونه ماهیان خاویاری دریای خزر از سال ۲۰۱۱ جزئی از گونه‌های در معرض خطر انقراض شمرده می‌شوند (CITES, 2004; IUCN, 2011). تخریب زیستگاه، صید بی‌رویه و غیرقانونی، آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی و ایجاد موانع انسان‌ساخت بر مسیر مهاجرت ماهیان خاویاری را می‌توان از عوامل موثر بر کاهش ذخایر آنان در دریای کاسپین برشمرد. افزایش صید تاس ماهیان نارس، کاهش روزافزون نسبت خاویار به گوشت و ضرورت احیای نسل ماهیان خاویاری، کارشناسان را به فکر چاره‌اندیشی انداخته است (Moradifar, 2012). توسعه تکثیر و پرورش مصنوعی این ماهیان در شرایط کنترل شده به عقیده اغلب کارشناسان علوم شیلاتی، تنها راه حفظ ذخایر فعلی

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-30]

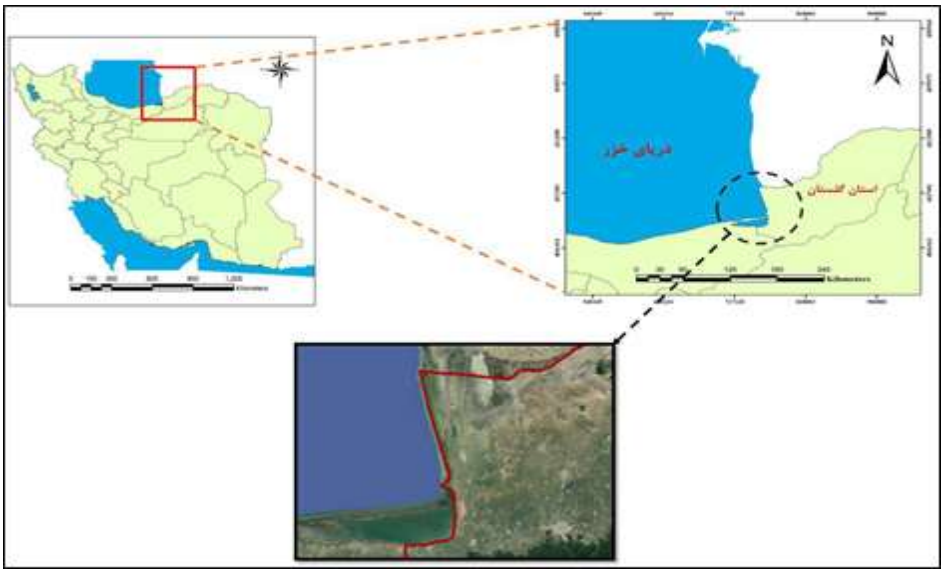
[DOI: 10.22034/jair.12.2.41]

می‌باشد (Pourkazemi, 2001). از آن‌جایی که دریای خزر اصلی‌ترین زیستگاه این گونه به حساب می‌آید، شایسته است از پتانسیل موجود در استان گلستان، هم در جهت احیای نسل و حفظ ذخایر بیولوژیکی این گونه‌ها به‌خصوص فیل‌ماهی *Huso huso* و هم در جهت منافع اقتصادی و اجتماعی بهره‌برداری گردد.

به‌طور کلی اگرچه آبزی پروری دریایی دارای مزایا بسیار است ولی از سویی دیگر، کاهش کیفیت اکوسیستم‌های آبی، تخریب ذخایر طبیعی، ورود عوامل بیماری زا، تغییر در کیفیت آب از طریق ورود غذای خورده نشده و مدفوع ماهیان، افزایش روند یوتروفیکاسیون، تداخل بر روی سایر کاربری‌ها (کشتیرانی، تفرج و ...) و کاهش زیبایی‌شناختی دریایی، از جمله پیامدهای منفی ناشی از آبزی پروری دریایی می‌باشند. تولید گونه‌های با ارزش اقتصادی بالا نقش بسیار موثری در تولید پایدار آبزیان، اشتغال، تامین منابع غذایی در جوامع و حفاظت از منابع آبی دارد. بحران آب و محدودیت منابع آب‌های شیرین در کشور و همچنین نگرانی‌های مربوط به تغییرات اقلیمی توجهات در صنعت آبزی پروری را به سوی استفاده از ظرفیت بالای منابع آب شور دریا و گسترش مزارع پرورش ماهی در آب‌های دریایی معطوف نموده است. این صنعت در ایران از قدمت چندانی برخوردار نمی‌باشد بنابراین ورود و سرمایه گذاری در این عرصه به علت عدم دانش و تجربه کافی با معضلات و چالش‌های بسیاری همراه است.

۲ | مواد و روش‌ها

خط ساحلی استان گلستان حدود ۹۰ کیلومتر (با احتساب خلیج گرگان، حدود ۱۱۰ کیلومتر) طول دارد. این منطقه، دارای بستری با شیب بسیار کم می‌باشد و عمق کم آب اجازه ورود آب به سواحل و شکل‌گیری پشته‌های ساحلی را میسر نمی‌کند (Management and Planning Organization of Golestan Province, 2014). در این مطالعه، در صورت استقرار پن در طول سواحل استان گلستان، مقادیر نیتروژن دقعی به دریا با ذخیره‌سازی ۳۰۰۰۰ قطعه بچه فیل ماهی در قفس با مساحت ۷۵۰ متر مربع میزان نیتروژن دفعی برای بیوماس ۱۸ تنی پیش‌بینی شده است.



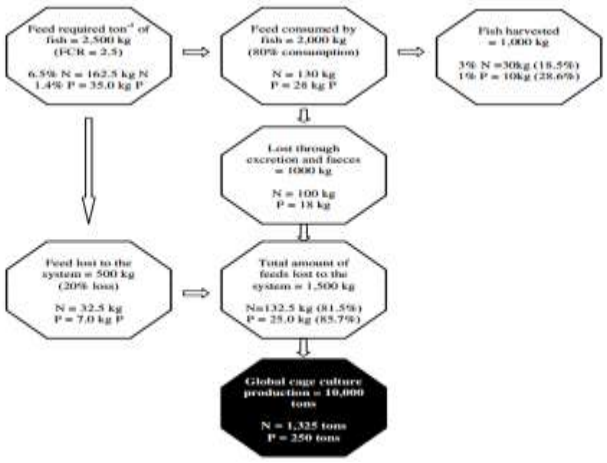
شکل ۱- نمایی از محل انجام مطالعه حاضر در سواحل استان گلستان

برآورد میزان نیتروژن و فسفر ناشی از قفس‌ها:

یک مدل مفهومی ساده (شکل ۲) برای بودجه مقادیر مواد مغذی (نیتروژن و فسفر) تخلیه شده از یک سیستم پرورش در قفس فرضی بر اساس هر تن ماهی تولید شده (FCR) ارائه شده است که در آن N در غذا معادل ۶/۵ درصد، P در غذا معادل ۱/۴ درصد، N در ماهی معادل ۳ درصد و P در ماهی معادل ۱ درصد می‌باشد. این مدل برای برآورد سطح تقریبی N و P اضافه‌شده به محیط زیست برای هر تن ماهی تولیدشده، بر اساس فرضیات مختلف در مورد از دست دادن خوراک، مقدار FCR، میزان N و P خوراک و ماهی و پویایی‌های مختلف مواد مغذی در سیستم پرورش قفس در نظر گرفته شده است.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-30]

[DOI: 10.22034/jair.12.2.41]



شکل ۲- مدل ساده و مفهومی برای بودجه توده نوترینت برای یک سیستم قفس فرضی به ازای هر تن ماهی تولید شده (Islam, 2005)

استفاده از مدل‌های استلا و بارگذاری برای آبزی پروری در قفس:

در این تحقیق، مدلی ریاضی با استفاده از نرم‌افزار STELLA™ ورژن ۹,۰,۱ تهیه شد. این مدل، جریان نیتروژنی را در محیط آبی از طریق برهم‌کنش قفس پرورش ماهی با محیط اطراف توصیف می‌کند. از این مدل برای برآورد بار آلودگی دفعی به دریا از هر تن ماهی پرورش برآورد گردید.

۳ | نتایج

نتایج به‌دست آمده از پرورش ماهیان بچه ماهیان خاویاری در قفس در بخش مرکزی دریای خزر در سواحل گلستان در طول حدود ۷ ماه دوره پرورش (از اوایل خرداد ماه تا اوایل آذر ماه) به شرح زیر بدست آمد (جدول ۱).

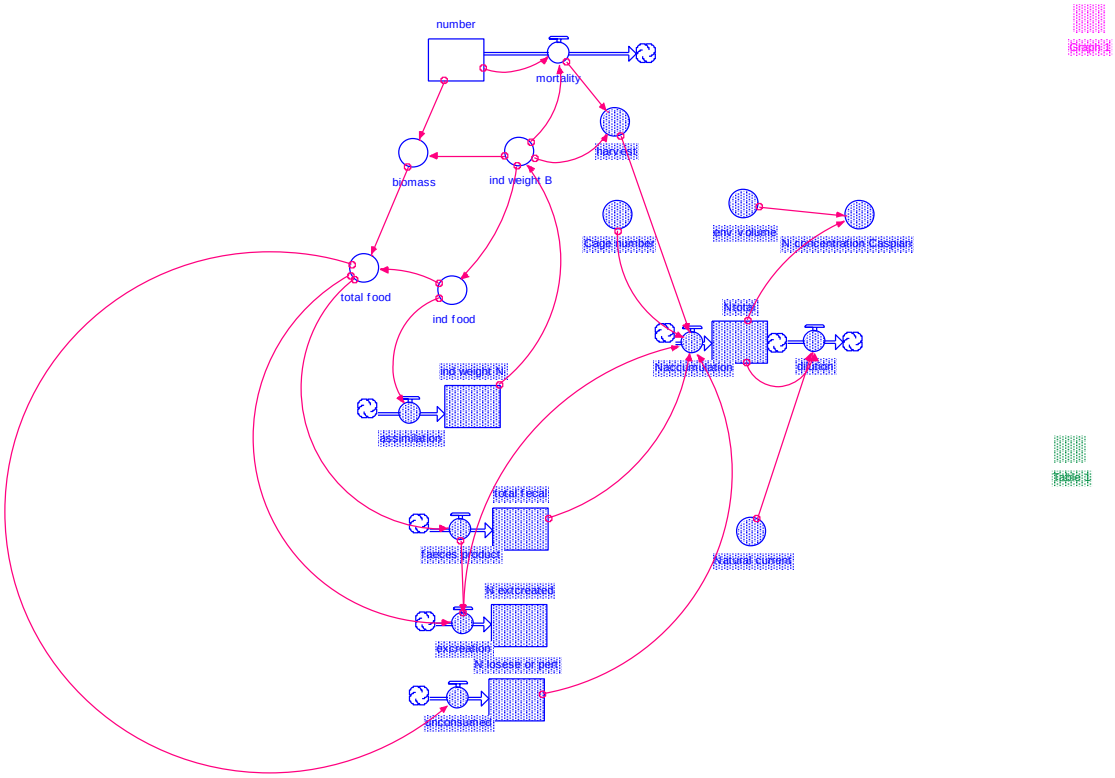
جدول ۱- خصوصیات اندازه‌گیری شده در پرورش بچه فیل‌ماهیان در پن

خصوصیت/ ماه	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر
تعداد ماهی ذخیره‌سازی شده	۳۰۰۰۰	۲۵۵۰۰	۲۴۴۸۰	۲۴۴۸۰	۲۴۴۸۰	۲۴۴۸۰	۲۴۴۸۰
درصد بازماندگی	۱	۰/۸۵	۰/۹۶	۱	۱	۱	۱
وزن متوسط ماهی (کیلوگرم)	۰/۰۲۷	۰/۰۳۳	۰/۰۶	۰/۱۲	۰/۳۵	۰/۶۲	۰/۷۴
بیوماس ماهی (تن)	۰/۸۱	۰/۸۴	۱/۴۷	۲/۹۴	۸/۵۷	۱۵/۱۸	۱۸/۰۲
ضریب تبدیل غذایی (FCR)	۲	۲	۱/۴	۱/۳	۱/۳	۱/۲	۱/۲
غذای مصرفی	۱/۶۲	۱/۶۸	۲/۰۶	۳/۸۲	۱۱/۱۴	۱۸/۲۱	۲۱/۶۲
میزان کل نیتروژن غذا (تن)	۰/۱۰۵	۰/۱۰۹	۰/۱۳۴	۰/۲۴۸	۰/۷۲۴	۱/۱۸	۱/۴
میزان کل فسفر غذا (تن)	۰/۰۲۳	۰/۰۲۴	۰/۰۲۹	۰/۰۵۳	۰/۱۵۶	۰/۲۵۵	۰/۳۰۳
میزان غذای خورده نشده (تن) = ۱۰٪	۰/۱۶۲	۰/۱۶۸	۰/۲۰۶	۰/۳۸۲	۱/۱۱	۱/۸۲	۲/۱۶
میزان نیتروژن غذای خورده نشده (تن)	۰/۰۱۰۵	۰/۰۱۰۹	۰/۰۱۳۴	۰/۰۲۴۸	۰/۰۷۲۴	۰/۱۱۸	۰/۱۴
میزان فسفر غذای خورده نشده (تن)	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۲۹	۰/۰۰۵۳	۰/۰۱۶	۰/۰۲۵	۰/۰۳
میزان غذای مصرفی توسط ماهی (۹۰٪)	۱/۴۶	۱/۵۱	۱/۸۵	۳/۴۴	۱۰	۱۶/۳۹	۱۹/۴۶
میزان کل نیتروژن غذای خورده شده (تن)	۰/۰۹۵	۰/۰۹۸	۰/۱۲	۰/۲۲	۰/۶۵	۱/۰۶	۱/۲۶
میزان کل فسفر غذای خورده شده (تن)	۰/۰۲	۰/۰۲۱	۰/۰۲۶	۰/۰۴۸	۰/۱۴	۰/۲۳	۰/۲۷
نیتروژن گوشت ماهی (تن)	۰/۰۲۲	۰/۰۲۳	۰/۰۴	۰/۰۷۹	۰/۲۳	۰/۴۱	۰/۴۹
فسفر گوشت ماهی (تن)	۰/۰۰۸۱	۰/۰۰۸۴	۰/۰۱۴۷	۰/۰۲۹۴	۰/۰۸۵۷	۰/۱۵۲	۰/۱۸
غذای هدر رفته (تن)	۰/۶۵	۰/۶۷	۰/۳۸	۰/۵	۱/۴۶	۱/۲۱	۱/۴۴
نیتروژن دفع شده مدفوع و ادرار (تن)	۰/۰۹	۰/۰۹۴	۰/۱۰۳	۰/۱۸۵	۰/۵۴۱	۰/۸۵۲	۱/۰۱
فسفر دفع شده مدفوع و ادرار (تن)	۰/۰۱۲	۰/۰۱۳	۰/۰۱۱	۰/۰۱۸	۰/۰۵۵	۰/۰۷۸	۰/۰۹۲
کل نیتروژن رها شده به محیط از ۱ قفس (تن)	۰/۰۸۳	۰/۰۸۷	۰/۰۹۴	۰/۱۶۹	۰/۴۹۳	۰/۷۷۴	۰/۹۱۹
کل فسفر رها شده به محیط از ۱ قفس (تن)	۰/۰۱۴۶	۰/۰۱۵۱	۰/۰۱۴۱	۰/۰۲۴	۰/۰۷	۰/۱۰۳	۰/۱۲۳

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-30]

[DOI: 10.22034/jair.12.2.41]

براساس جدول، با در نظر گرفتن درصد بازماندگی ۸۲ درصد در طول دوره پرورش ماهی، وزن ابتدایی حدود ۳۰ گرم و وزن نهایی برداشت حدود ۷۵۰ گرم در پایان دوره و میانگین ضریب تبدیل غذایی ۱/۵، در کل حدود ۱۸ تن ماهی صید مصرف گردید. در این تحقیق مطابق با منابع موجود، میزان غذای خورده نشده بطور متوسط ۱۰ درصد در نظر گرفته شد. بنابراین در پایان دوره پرورش می‌توان انتظار داشت که میزان کل نیتروژن و فسفر (غیر آلی) به ترتیب ۰/۹۱۹ و ۰/۱۲۳ تن ورودی به دریا باشد (جدول ۱). براساس مدل استلا بر اساس اطلاعات زیر، میزان نیتروژن پرورش ماهی از طریق دبی و تراکم محاسبه گردید که در شکل 3 آورده شده است.

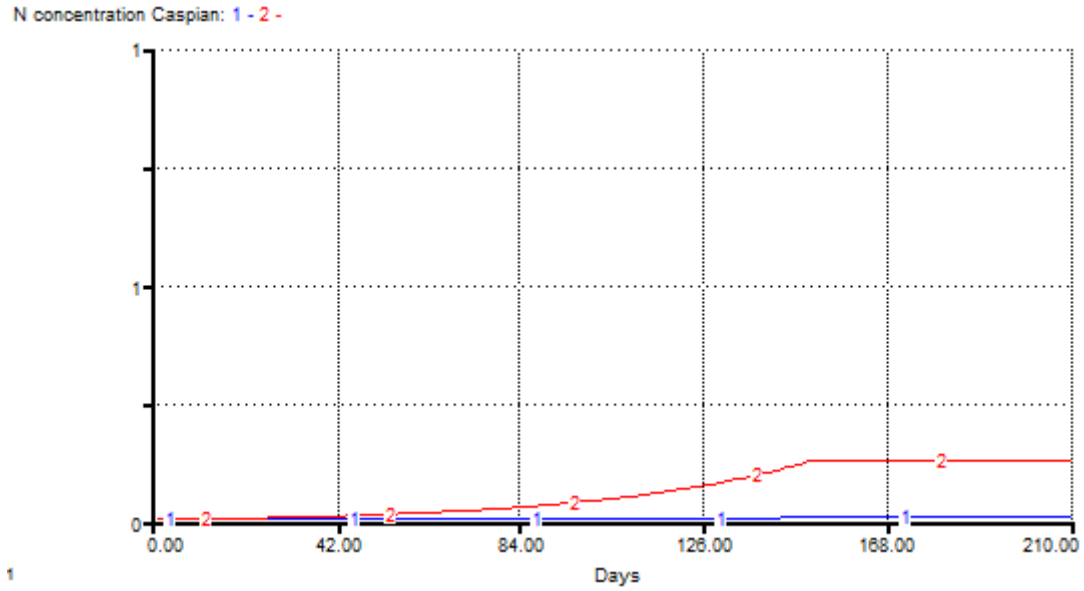


شکل ۳- مدل‌سازی نیتروژن پیش‌بینی شده از قفس‌های پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان با استلا

میزان نیتروژن پرورش ماهی بر اساس تراکم ۳۰۰۰۰ قطعه فیل ماهی در هر پن (قفس)، با در نظر گرفتن سرعت آب دریای خزر در محل پن با حدود ۰/۱ متر بر ثانیه، و در فاصله ۲۰۰ متر از قفس (حول قفس)، غلظت نیتروژن محاسبه گردید (شکل 4). جهت صحت‌سنجی، از ۲۰۰ متری قفس (انتهای قفس در بستر دریا قرار گرفته و با تور محصور بسته شده است) پرورش فیل ماهیان، نمونه آب برداشته شده و در آزمایشگاه اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد که با استقرار پن (قفس) با ظرفیت حدود ۱۸ تن میزان نیتروژن خروجی به دریا در ۱۰۰۰ متری از قفس (حداقل فاصله از ساحل گلستان) حدود ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر و در ۲۰۰ متری حدود ۰/۱۳ میلی‌گرم در لیتر برآورد گردید (شکل 4).

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-30]

[DOI: 10.22034/jair.12.2.41]



شکل ۴- میزان نیتروژن کل پیش‌بینی شده از پرورش فیل ماهی با تراکم ۳۰۰۰ عدد در هر قفس
(قرمز: ظرفیت ۱۸ تن- ۱۰۰۰ متری؛ آبی: ظرفیت ۱۸ تن - ۲۰۰ متری)

۴ | بحث و نتیجه‌گیری

پرورش ماهیان در قفس‌های دریایی به دلیل نیاز به حداقل امکانات، عمدتاً در نوار ساحلی صورت می‌گیرد، اما این مناطق به‌شدت تحت تأثیر خشکی قرار دارند و مشکلات زیادی برای پرورش‌دهندگان ایجاد می‌کنند (Miki *et al.*, 1992). که البته با پسروی آب می‌توان با جابجایی قفس به اعماق بیش‌تر، به این مشکلات تا حدی فائق آمد. از طرفی فعالیت‌های آبزی‌پروری در مناطق ساحلی نیز اثرات نامطلوبی روی منطقه به‌جا می‌گذارد. لذا در کشورهای مختلف مقررات سخت‌گیرانه‌ای را برای این مناطق جهت جلوگیری از خسران زیست‌محیطی وضع می‌نمایند (Duff, 1987). در سال‌های اخیر برای کاهش اثرات نامطلوب آبزی‌پروری در قفس در دریا، پرورش دهندگان ماهی را به مناطق دور از ساحل سوق می‌دهند (Aldridge, 1988). در این صنعت، فعالیت‌های مربوط به تغذیه، خوراک ماهیان و انتشار N و P به دلیل متابولیسم ماهیان، عواملی هستند که بیش‌ترین سهم را بر محیط زیست اطراف قفس‌ها دارند. ایجاد پروتکل‌های مناسب برای تغذیه ماهی خاویاری (برنامه جیره بندی بهینه، تعداد دفعات غذادهی و زمان عرضه غذا) می‌تواند به کاهش آثار محیط زیستی در مقیاس محلی و جهانی کمک نماید. این اقدامات نه تنها آثار محیطی صنعت آبزی‌پروری را بهبود می‌بخشد بلکه به کاهش هزینه‌های تولید نیز کمک می‌کند (Islam, 2005).

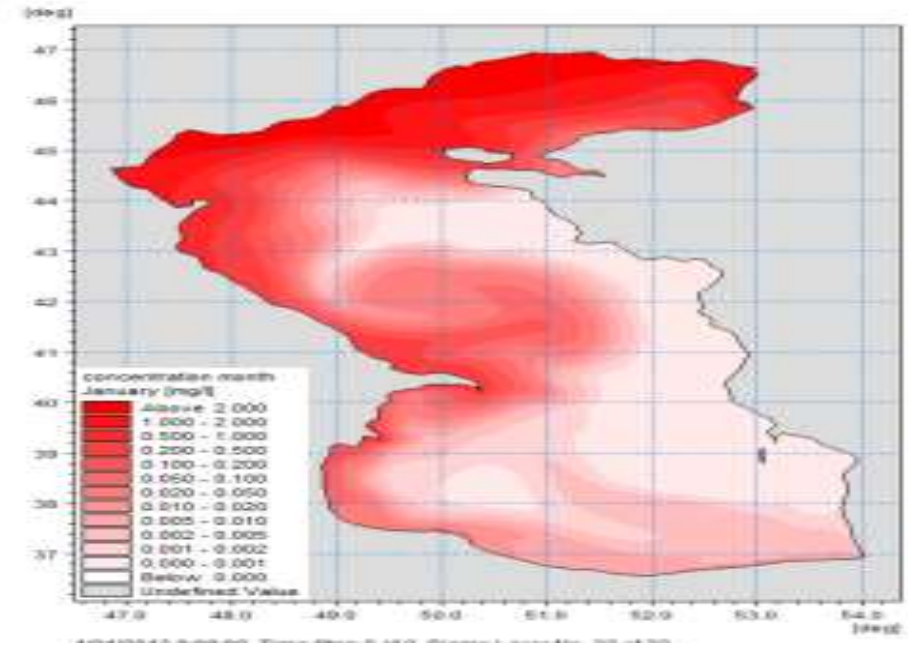
در بررسی مقادیر غلظت نیترات منتشر شده در دریای خزر در زمستان (Akbari *et al.*, 2021)، در سواحل گلستان حدود ۰/۰۰۵ تا ۰/۰۱ گزارش شده که در فاصله ۱۰۰۰ متری از قفس با ظرفیت حدود ۲۰-۱۸ تن مطابقت دارد که نشان می‌دهد که هر پن پرورش ماهی حداکثر تا ۲۰ تن ظرفیت داشته و باید با پن بعدی حداقل در شعاع ۱۰۰۰ متری فاصله داشته باشد.

فرهنگی و همکاران (Farhangi *et al.*, 2018)، در بررسی اثرات پرورش ماهیان خاویاری در پن بر کیفیت آب در خلیج گرگان گزارش داد که تغییرات فصلی معنی‌داری در عوامل فیزیکی و شیمیایی آب مشاهده نگردید. هم‌چنین نشان داد که تغذیه باعث افزایش میزان فسفر در محدوده حصار می‌گردد. در این تحقیق نیز مقادیر فسفر تا ۲۰۰ متری افزایش یافت (Yazdani *et al.*, 2019). در بررسی کارایی محیطی پرورش ماهی در قفس‌های مستقر در سواحل مازندران نشان دادند که ضعف دانش فنی در انتخاب زمان مناسب شروع و پایان دوره و نیز ضعف مدیریت تغذیه، منجر به افزایش میزان آلاینده‌های آزاد شده به محیط می‌گردد.

اسماعیل‌پور (Esameilpour, 2019) در بررسی مناسب‌ترین مکان برای پرورش ماهیان خاویاری در

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-30]
[DOI: 10.22034/jair.12.2.41]

حاشیه جنوب شرقی دریای کاسپین با روش ارزیابی چندمعیاره و روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، سه لکه مکانی را در سواحل استان گلستان با بیش‌ترین میزان مطلوبیت شامل: لکه اول در نزدیکی مرکز پرورش میگوی گمیشان، لکه دوم در نزدیک شهر گمیشان و لکه سوم در نزدیکی شهر بندر ترکمن با مساحت حداقل ۱۰۰ هکتار تعیین کرد. در پژوهشی توسط الیاس و همکاران (Elias *te al*., 2004)، تاثیرات محیط زیستی غذادهی در پرورش آزادماهیان با روش چرخه حیات یا LCA مورد مطالعه قرار گرفت که طبق نتایج، منابع غذایی زنده و انتشار مواد مغذی در مزارع پرورشی، باعث افزایش اثرات محیط زیستی می‌شوند. همچنین مشخص شد که بهبود ترکیبات غذایی و مدیریت صحیح، می‌تواند در کاهش اثرات محیط زیستی نقش مهمی داشته باشد.



شکل ۵- غلظت نیترات منتشر شده در دریای خزر در ماه ژانویه (Akbari *et al*., 2021)

در مطالعه Jerbi و همکاران (۲۰۱۲)، اثرات پرورش باس دریایی با روش LCA ، فرآیند غذادهی باعث تشدید اثرات محیط زیستی پرورش ماهی می‌شود و پیشنهاد شد که با بهبود ترکیبات غذایی، بهینه سازی روش غذادهی و شیوه پرورش می‌توان اثرات زیست محیطی را کاهش داد. برای رسیدن به افزایش بهره‌وری پرورش بچه ماهیان خاویاری در آب دریا با رعایت موازین محیط زیستی تعیین مکان‌یابی مناسب در سواحل لازم است.

در مطالعه ژو و لی (Guo and Li, 2003) افزایش معنی‌دار برای غلظت فسفر کل فقط در داخل قفس مشاهده شد و تغییرات آن به فاصله ۵۰ متری محدود شد. باید توجه داشت که افزایش مواد مغذی در محیط پیرامون قفس‌های پرورش ماهی همیشه ناشی از فعالیت آبزی‌پروری نبوده، بلکه می‌تواند تحت تأثیر ویژگی‌های فیزیکی منطقه مانند شرایط تعویض آب و پویایی بستر و یا در نتیجه یوتریفیکاسیون محلی صورت گیرد (Hakanson, 1986; Ola and Hall, 1994). به‌طوری‌که این احتمال وجود دارد که به‌هنگام شکست لایه‌بندی حرارتی، مواد مغذی و سایر ترکیباتی که از قفس‌های پرورشی به رسوبات یا لایه‌های عمیق‌تر رسیدند و دوباره به داخل ستون آبی برگشت داده شوند (Gondwe *et al*., 2011; Venturoti *et al*., 2014). نتایج حاصل از بررسی قفس‌های مورد مطالعه نشان داد (Farabi *et al*., 2016) که تغییرات مشخص و معنی‌داری متأثر از پرورش ماهی بر محیط پیرامون قفس‌ها وجود ندارد و تغییرات پارامترهای غیر زیستی و زیستی در دوره‌های مختلف نمونه برداری در نتیجه تغییرات فصلی و شرایط محیطی منطقه رخ داده است که بدلیل کوچک مقیاس بودن قفس‌های مورد بررسی و سرعت جریانات مناسب آبی منطقه در انتشار پسماند حاصل از پرورش ماهی است (Farabi *et al*., 2016)

معمولاً در آبزی‌پروری دریایی بخصوص پرورش ماهی،

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-30]

[DOI: 10.22034/jair.12.2.41]

انتظار می‌رود که ضایعات مشخصی را با سهم زیادی از نیتروژن و فسفر رها شده به شکل محلول به ستون آبی وارد نماید (Tiziana *et al*., 2002). همچنین باید توجه داشت که ۶۶ درصد (Phillips *et al*., 1985)، ۵۷ درصد (Stigebrandt, 1986) و ۳۸ درصد (Holby and Hall, 1991) از کل فسفر رها شده به محیط در رسوب تجمع یافته است. شواهد نشان داد که فسفر محلول از منابع آلی می‌تواند در شکل‌گیری شکوفایی فیتوپلانکتون سمی تأثیر بگذارد (Kato *et al*., 1985). این پارامترها در زیست بوم آبی سبب تغییرات عمده‌ای در زنجیره و شبکه غذایی منطقه می‌گردند. در مطالعه ژو و لی (Guo and Li, 2003) گزارش داد که فسفر کل با میزان کم‌تر از ۱۰۰ میکروگرم در لیتر اختلالی در زیست بوم ایجاد نخواهد کرد. در این تحقیق نیز در تولید حدود ۱۸ تن پرورش ماهی خاویاری، مقدار فسفر براوردی حدود ۰/۱ میلی‌گرم بوده که بنظر می‌رسد این میزان ظرفیت تولیدی خللی در زیست بوم ایجاد نکند. به‌هرحال، یکی از دلایل اصلی بروز شکوفایی جلبکی، افزایش و تغییر بالا در مقادیر نیتروژن و فسفر آب است. میزان غلظت نیتروژن کل مورد نیاز جهت شکوفایی جلبکی ۵۰۰ میکروگرم در لیتر است که با توجه به میزان نیتروژن برآوردی در ظرفیت حدود ۱۸ تنی، میزان آن پایین‌تر از نیاز جوامع زیستی فیتوپلانکتونی دریای خزر است. در سیستم‌های دریاچه‌ای فلوریدا این آستانه ۷۰۰ میکروگرم در لیتر و در موارد محدود بین ۱۱۰۰-۱۰۰۰ میکروگرم در لیتر به‌عنوان یک حد بالاتر توصیه شده است (Florida DEP, 2003). سطوح نیتروژن کل برای رشد جلبک‌های مفید در مقابل جلبک‌های مزاحم (۰/۵-۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر) است (Anzecc and Armcanz, 2000). در چنین شرایطی احتمال وقوع شکوفایی جلبکی پیرامون قفس دور از انتظار نیست. اما در مقابل طبق گزارش همین منبع در دستورالعمل پرورش آبزیان، آب‌های حاوی ۰/۱ میلی‌گرم فسفر تغییری در وضعیت تروفیکی منطقه به واسطه آبزی‌پروری رخ نمی‌دهد. میزان فسفر کل در تحقیق فارابی و همکاران (Farabi *et al*., 2016) در هر دو سایت کلارآباد و عباس آباد کم‌تر از ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر در دوره نمونه برداری تعیین شد. به‌هرحال، درصورت افزایش ناگهانی فسفر بواسطه ریزش سیلاب به محدوده پرورش ماهی، احتمال تغییر در تروفیکی منطقه وجود خواهد داشت. لذا توصیه می‌گردد محل استقرار قفس‌ها در فاصله‌های دور از ساحل و ورودی رودخانه‌ها قرار گیرد.

کلی (Kelly, 1992)، نشان داد که نرخ رهاسازی میزان فسفر در رسوبات زیر قفس‌های پرورش ماهی طی سال‌های متمادی پرورش، می‌تواند تا ده‌ها برابر افزایش پیدا کند، زیرا بعضی از ضایعات ته‌نشین شده در رسوبات بدون تجزیه برای همیشه دفن می‌گردند و یا با گذشت مدت طولانی در معرض تجزیه قرار می‌گیرند (Strain and Hargrave, 2005) به‌طوری‌که، مایر-ریل و کاستر (Meyer-Reil and Koster, 2000) معتقد بودند که اگرچه میزان رهاسازی مواد مغذی خارج از زیست بوم در بعضی مناطق کاهش یافته است، اما ادامه‌ی رهاسازی آن از رسوبات بستر می‌تواند یک مشکل جدی به‌حساب آید. بنابراین لازم است که مطالعات فیزیکوشیمیایی پیرامون پرورش ماهی در قفس در منطقه جنوب دریای کاسپین علاوه بر مطالعات دوره ای و مستمر، روی مواد مغذی رسوب نیز صورت گیرد. غلظت نیتروژن- نیترات در فصل تابستان در سطوح استاندارد در کاسپین جنوبی در طی فواصل سال‌های مختلف در عمق ترموکلاین ۲۵ متری حداکثر در دهه ۱۹۹۱-۱۹۸۵ به‌ترتیب معادل ۰/۶۹ میکرومولار است (Ghorbani *et al*., 2013). غلظت نیتروژن کل در برآورد نیتروژن خروجی در عمق ترموکلاین ۲۵ متری از سطح دریای کاسپین با ۱۰۰ تن بیوماس معادل ۴۹/۷۴ میکروگرم بر لیتر برآورد شده است. البته با از بین رفتن لایه ترموکلاین در زمستان، و چرخش آب در دریای خزر، مواد مغذی نهشته در رسوبات به سطح آب منتقل و در دسترس جوامع فیتوپلانکتونی قرار می‌گیرند.

۶| ملاحظات اخلاقی

موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

EFERENCES

Akbari O., Bohluly A., Aliakbari Bidokhti, A. 2021. Estimation of contribution of nitrate pollution sources on the spatial distribution of the pollutant in the Caspian Sea. Iranian Journal of Geophysics,15(3): 167-189.

Aldridge C.H. 1988. Atlantic salmon pen strategies in Scotland. Proc. Aquaculture

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-30]

[DOI: 10.22034/jair.12.2.41]

The Caspian Sea invironment. Makhtumaghli Faraghi Publications. Gorgan, Golestan, Iran.

Gondwe M.J.S., Guildford S.J., Hecky R.E. 2011. Carbon, nitrogen and phosphorus loadings from tilapia fish cages in Lake Malawi and factors influencing their magnitude. Journal of Great Lakes Research, 37: 93-101.

Guo L., Li Z. 2003. Effects of nitrogen and phosphorus from fish cage-culture on the communities of a shallow lake in middle Yangtze River basin of China. Aquaculture, 226: 201-212.

Hakanson L. 1986. Environmental impact of fish cage farms. In: Aquaculture - an Industry for the Future. The Royal Swedish Academy of Engineering Sciences (IVA). Report Number: 308: 179-199.

Holby O., Hall P.O.J. 1991. Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. II. Phosphorus. Marine Ecology Progress Series, 70: 263–272.

Islam M.S. 2005. Nitrogen and phosphorus budget in coastal and marine cage aquaculture and impacts of effluent loading on ecosystem: review and analysis towards model development. Mar Pollut Bull, 50: 48-61.

IUCN (International Union for Conservation of Nature). 2011. Red List of Threatened Species, available online at www.iucnredlist.org/apps/redlist/search.

Jerbi M.A., Aubin J., Garnaoui K., Achour L., Kacem A. 2012. Life cycle assessment (LCA) of two rearing techniques of sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Aquacultural Engineering, 46: 1-9.

Kato S., Hirobe H., Maegawo T. 1985. On the essential sea water parameters to discriminate between red tide and non red tide by discriminate analysis. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 51: 7–12.

Kelly L.A. 1992. Dissolved reactive phosphorus release from sediments beneath a freshwater cage aquaculture development in West Scotland. Hydrobiologia, 235-236 & 567-572.

Management and Planning Organization of Golestan Province. 2014. Statistics of Golestan Province.

Meyer-Reil L.A., Koster M. 2000. Eutrophication of marine waters: effects on bemthic microbial communities. Marine Pollution Bulletin, 41:1-6 & 255-263.

Miki K., Sano M., Bailly D. 1992. The roles and problems of coastal fish culture in Japan. International Congress. Aquaculture International congress. Vancouver, BC, Canada.

ANZECC and ARMCANZ. 2000. Guidelines for Fresh and Marine Water Quality: National Water Quality Management Strategy. Canberra, Australian and New Zealand Environment and Conservation Council & Agriculture and Resource Management. Report number: 4.

Carol Price D., Black Barry T., Hargrave James A., Morris Jr. 2015. Marine cage culture and the environment: effects on water quality and primary production. Aquaculture Environment Interactions, 6: 151–174.

CITES (Covention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora). 2004. Sturgeon and paddlefish. The Earth Negotiations Bulletin (ENB), 24: 5-6.

Duff A. 1987. Scottish fish farm pollution. Marine Pollution Bulletin, 18: 261-270.

Elias P., Jean P., Sadasivam J.K., Hayo M.G.V. 2004. Environmental Impact Assessment of Salmonid Feeds Using Life Cycle Assessment. A Journal of the Human Environment, 33 (6): 316-323.

Ercan E. 2011. A glance on sturgeon farming potential of Turkey. International Aquatic Research, 3: 117-124.

Esameilpour S. 2019. Environmental Impact Assessment of Suitable Sites for Sturgeon Farming in the Coasts of the Golestan Province. Ph.D. Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Golestan, Iran.

Farabi S., Sharif Rouhani M., Matinfar A., Abdolhay H., Negarestan H., Pourang N., Pourgholam R., Fazli H., Afrayi Bandpey M., Nasrollahzadeh H., Behmanesh Sh., Mohseni M., Azari A., Daryanabard Gh, Najafpour Sh., Abedian A. 2016. A comprehensive study of the ecosystem of the southern region of the Caspian Sea with the aim of establishing cages and developing aquaculture. Iranian Fisheries Science Research Institute. Report number: 51902.

Farhangi M., Hoseini S.A., Jafaryan H., Ghorbani R., Harsij M., Sudagar M., Mira S.S., Ballashi A. ۲۰۱۸. Impact of Sturgeon pen culture on the water quality in Gorgan Gulf. Journal of Animal Environment,۱۰(۲): 217-230.

Florida Department of Environmental Protection. 2003. Development of Florida Lake Nutrient Criteria: Summary and Synthesis. Tallahassee, USA.

Ghorbani R., Baqfalaki M., Shalouyi F. 2013.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-30]

[DOI: 10.22034/jair.12.2.41]

Océanis, 18: 385-385.

Moradifar F. 2012. Artificial breeding of sturgeon. Master's Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Golestan, Iran.

Okumus I. 2000. Coastal Aquaculture: Sustainable Development, Resources Use and Integrated Environmental Management. Turkish Journal of Marine Sciences, 6(2): 151-174.

Ola H., Hall O.J. 1994. Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. III. Silicon. Aquaculture, 120: 305-318.

Phillips M.J, Beveridge M.C.M., Ross L.G. 1985. The environmental impact of salmonids Cage culture on Inland fisheries: present status and future trends. Journal Fish Biology, 27: 123-137.

Pourkazemi M. 2001. Sturgeon Fishery Research Program. Fisheries Research Organization of Iran, International Institute for Sturgeon Research.

Stigebrandt A. 1986. Modellberakninger av en fiscodlings miljobelastning. Norwegian Institute of Water Research. Report Number: O-86004: 1–28.

Strain P., Hargrave B. 2005. Salmon aquaculture, nutrient fluxes and ecosystem processes in southwestern New Brunswick. Handbook of Environmental Chemistry, 5: 29-57.

Tiziana L.R., Simone M., Eugenia F., Benedetto S., Gianluca S., Roberto D., Antonio M., 2002. Impact on the water column biogeochemistry of a Mediterranean mussel and fish farm. Water Research, 36: 713-721.

Venturoti, G. P., Veronez, A. C., Salla, R. V. and Gomes, L. C., 2014. Phosphorus, total ammonia nitrogen and chlorophyll a from fish cages in a tropical lake (Lake Palminhas, Espirito Santo, Brazil). Aquaculture Research, pp. 1-15.

Watts J., Douglas E. 1998. A Review of the Literature on the Environmental Impacts of Marine Fish Cage Culture. Conklin. University of California, 15: 143-155.

Yazdani S., Ramezani M., Rafiee H. 2019. Environmental Efficiency Analysis of Cage Culture Fish Farming System; the Case of Mazandaran Province. Agricultural Economics, 13(1):105-131.

نحوه استناد به‌مقاله:

دانشیان م.، قربانی ر.، حسینی فر س.ح.، کامیاب ح.ر.، ندافی ر.، اسماعیل‌پور س.، اکبریان ر. پیش‌بینی مقادیر نیتروژن در مزارع پرورش فیل ماهی *Huso huso* (Linnaeus, 1758) در پن‌های مستقر در جنوب شرقی دریای خزر با استفاده از مدل‌های ریاضی و پویا. نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی‌دانشگاه گنبدکاووس. ۱۴۰۳. ۱۲(۲): ۵۶-۴۶.

Doustdar M., Hashemi S.A. Prediction of nitrogen levels in *Huso huso* (Linnaeus, 1758) culture in Pens located in the south-east of the Caspian Sea using mathematical and dynamic models. Journal of Applied Ichthyological Research, University of Gonbad Kavous. 2024, 12(2): 46-56.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-30]

[DOI: 10.22034/jair.12.2.41]

Journal of Applied Ichthyological Research Vol. 12, No 2, 46-56
Print ISSN: 2423-6349
Journal homepage: http://jair.gonbad.ac.ir

Prediction of nitrogen levels in *Huso huso* (Linnaeus, 1758) culture in Pens located in the south-east of the Caspian Sea using mathematical and dynamic models

Daneshian M[1]., Ghorbani R[2]*., Hosseinifar H[3]., Kamyab H[4]., Nadafi R[5]., Esmaeilpoor S[6]., Akbarian R[7].
[1]PhD. Student, Department of production and exploitation of Aquatic animals, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
[2]Prof, Department of production and exploitation of Aquatic animals, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
[3]Associate Prof, Department of Fisheries Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
[4] Assisst Prof, Department of Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
[5]Associate Prof, Uppsala University, Sweden
[6]Graduated PhD. Student, Department of production and exploitation of Aquatic animals, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
[7] Employee of the General Department of Environment of Golestan Province

Type:
Original Research Paper

Paper History:

Received: 08-06-2024
Accepted: 13-09- 2024

Corresponding author:

Ghorbani R. Prof, Department of production and exploitation of Aquatic animals, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

Email: rasulghorbani@gmail.com

Abstract

The purpose of this research is to estimate the amount of nitrogen output resulting from raising juvenile *Huso huso* (Linnaeus, 1758) in the proposed pens located on the southeast coast of the Caspian Sea using the nitrogen dynamics model. In this research, nitrogen excretion was measured by storing 30,000 juvenile *Huso huso* in 750 square cages, the end of which was connected to the graft (pen) at a depth of 2 meters during 7 months of rearing (June to December) with an initial weight of about 30 grams and The final weight was about 750 grams at the end of the period and the average food conversion ratio was 1.5 and the percentage of survival was 82%, and the production of about 18 tons of fish was estimated. The results showed that at the end of the breeding period, it can be expected that the total amount of nitrogen and phosphorus (inorganic) entering the sea will be 0.919 and 0.123 tons, respectively. According to the dynamic model, the nitrogen discharged into the sea at 20 meters from the cage is estimated to be 0.13 mg/liter and 0.01 mg/liter at 1000 meters, which indicates compliance with the minimum radius of 100 meters from each cage to the next cage.

Keywords: southeastern coast of the Caspian Sea, pen, juvenile *Huso huso*.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-30]

[DOI: 10.22034/jair.12.2.41]