

غير قابل استناد

Measuring Environmental Efficiency and Emission of Trout Pollutants (Case study; Fars province)

Abstract

Despite the advantages of the fish farming industry, if the production factors are not used properly, the environmental effects will be significant. Therefore, measuring the amount of pollutants emitted and assessing the environmental efficiency is very important and will help to provide solutions to reduce the amount of pollutants and preserve the environment and natural resources. So, the present study was conducted to measure the emission of pollutants and the environmental efficiency of trout farming in Fars province. In the production cycle of 2019-20, 31 questionnaires have been collected from trout farming in Fars province. The emission of environmental pollutants was measured based on indirect methods. According to the results, per ton of produced fish, an average of 46.10 kg of nitrogen, 3.78 kg of phosphorus and 35.69 kg of carbon were released into the environment. Environmental efficiency was calculated based on the SBM-DEA approach and the results indicate that the fish farms were not efficient on average. It is suggested that the emission of these pollutants be evaluated annually by the relevant institutions and reduced the emission of environmental pollutants as much as possible through incentive and deterrent policies. This reduces environmental effects and increases environmental efficiency.

Keywords: Trout farming, Environmental pollutants, Environmental efficiency

Introduction

Despite the advantages of the fish farming industry, if the production factors are not used properly, the environmental effects will be significant. Identifying and measuring the environmental impact and efficiency of fish farming helps to find effective tools to reduce pollution and increase yields. The purpose of this study is to calculate the amounts of nitrogen, phosphorus and carbon as the most important pollutants released from the fish farming system, evaluate environmental efficiency and also provide solutions to reduce environmental impacts in Fars province.

Materials and Methods

The statistical population consisted of trout farmers in Fars province. In the production cycle of 2019-20, 31 questionnaires have been collected based on total population sampling.

In the present study, the emission of environmental pollutant was measured by indirect method and then based on the SBM-DEA approach, environmental efficiency was obtained.

Results and Discussion

The lowest levels of nitrogen, phosphorus and carbon were 2.40, 1.33 and 13.75, and the highest levels were 480.48, 29.99 and 275.27 kg per ton of produced fish. On average, 46.10, 3.78 and 35.69 kg of nitrogen, phosphorus and carbon per ton of produced fish were released into the environment.

The results of environmental efficiency in CRS mode, considering the environmental effects (emissions of nitrogen, phosphorus and carbon) as inputs, indicate that the average farm's efficiency was 0.51. The results of environmental efficiency in CRS mode, considering the environmental effects and the usual inputs of production (feed, fingerling, labor, water), indicate that the average farm's efficiency was 0.87.

Conclusions

The emission of environmental pollutants was measured based on indirect methods. According to the results, per ton of produced fish, an average of 46.10 kg of nitrogen, 3.78 kg of phosphorus and 35.69 kg of carbon were released into the environment. Environmental efficiency was calculated based on the SBM-DEA approach and the results indicate that the fish farms were not efficient on average. It is suggested that the emission of these pollutants be evaluated annually by the relevant institutions and reduced the emission of environmental pollutants as much as possible through incentive and deterrent policies. This reduces environmental effects and increases environmental efficiency.

غیر قابل استناد

اندازه‌گیری کارایی زیست‌محیطی و میزان انتشار آلاینده‌های پرورش ماهی قزل‌آلا
(مطالعه موردی؛ استان فارس)

چکیده

با وجود مزایای موجود در صنعت پرورش ماهی، در صورت عدم استفاده مطلوب از عوامل تولیدی، این صنعت می‌تواند اثرات زیست‌محیطی قابل توجهی به همراه داشته باشد. لذا اندازه‌گیری میزان آلاینده‌های منتشر شده و ارزیابی کارایی زیست‌محیطی بسیار حائز اهمیت است و به ارائه راهکارهایی به منظور کاهش میزان انتشار آلاینده‌ها و در نتیجه حفظ محیط‌زیست و منابع طبیعی کمک خواهد کرد. از همین رو، مطالعه حاضر با هدف اندازه‌گیری میزان انتشار آلاینده‌ها و کارایی زیست‌محیطی پرورش ماهی قزل‌آلا در استان فارس انجام شده است. در فصل پرورشی ۹۹-۱۳۹۸ تعداد ۳۱ پرسشنامه از واحدهای پرورش ماهی استان فارس جمع‌آوری شده است. میزان انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی براساس روش غیرمستقیم اندازه‌گیری شد و نتایج حاکی از آن است که به طور متوسط ۴۶/۱۰ کیلوگرم نیتروژن، ۳/۷۸ کیلوگرم فسفر و ۳۵/۶۹ کیلوگرم کربن به ازاء هر تن ماهی برداشت شده به محیط آزاد شده است. کارایی زیست‌محیطی براساس رهیافت SBM-DEA محاسبه شد و نتایج حاکی از آن است که واحدهای پرورش ماهی مورد بررسی به طور متوسط به لحاظ زیست‌محیطی کارا نیستند. پیشنهاد می‌شود که میزان انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی توسط نهادهای ذیربط مورد ارزیابی سالانه قرار گیرد و از طریق اعمال سیاست‌های تشویقی و بازدارنده، انتشار آلاینده‌ها تا حد امکان کاهش یابد تا به موجب آن تخریب محیط‌زیست کاهش و کارایی زیست‌محیطی افزایش یابد.

واژگان کلیدی: پرورش ماهی قزل‌آلا، آلاینده‌های زیست‌محیطی، کارایی زیست‌محیطی

مقدمه

اثرات زیست‌محیطی این فعالیت بسیار مورد توجه قرار گرفته است که ممکن است مانع توسعه پایدار آبرزی‌پروری شود (Brundtland, 1987). لذا توجه به آثار زیست‌محیطی پرورش آبرزیان در کنار توجه به اهمیت اقتصادی آن بسیار ضرورت دارد. به رغم تلاش‌های بعمل آمده برای ریشه‌کن کردن گرسنگی در دنیا، جمعیت گرسنه جهان در سال ۲۰۱۹ برابر با ۶۸۷/۸ میلیون نفر گزارش شده که این رقم ۱۰ میلیون بیشتر از سال ۲۰۱۸ و ۶۰ میلیون بیشتر از سال ۲۰۱۴ است. همچنین پیش‌بینی شده که به دلیل پیامدهای اقتصادی همه‌گیری کووید-۱۹ در

یکی از چالش‌های عمده در دهه‌های آینده، رفع نیاز جهانی غذا بدون تخریب اکوسیستم است. سیستم‌های کشاورزی بخش قابل توجهی از اثرات زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های انسان با طبیعت را تشکیل می‌دهند (Anderson et al., 2017). طی چند دهه گذشته، تولید غذا به سرعت رشد کرده تا با رشد جهانی جمعیت مقابله نماید. بر اساس تخمین FAO در سال ۲۰۱۲، انتظار می‌رود تقاضای غذا تا سال ۲۰۵۰ به میزان ۷۰ درصد افزایش یابد. طی دهه‌های اخیر آبرزی‌پروری رشد سریع داشته و از همین رو

غیرقابل استناد

پیشرفت در فناوری‌های تولید است اما مهم‌تر از همه این امر مستلزم افزایش استفاده از نهاده‌های تولیدی است که منجر به بهره‌برداری از منابع طبیعی و نگرانی در رابطه با تخریب محیط‌زیست می‌شود (Rodrigues et al., 2019). علی‌رغم مزایای بسیار آبی‌پروری و پرورش ماهی، پیامدهای منفی زیست‌محیطی این صنعت را نمی‌توان نادیده گرفت. عدم استفاده بهینه از نهاده‌ها بخصوص خوراک، موجب انتشار حجم زیادی از آلاینده‌ها نظیر نیتروژن، فسفر و کربن به محیط می‌شود (Ballester-Molto et al., 2017). محققان در مطالعات خود دریافتند که ۲۳-۵۴ درصد از سه آلاینده ذکر شده از طریق ماهی برداشت شده قابل بازیابی است و مابقی از طریق مواد غذایی هدررفته و فضولات ماهی انتشار می‌یابد. انتشار نیتروژن و فسفر موجب جوانه زدن جلبک‌ها و پدیده‌ای به نام یوتروفیکاسیون می‌شود. طی این پدیده جلبک‌ها و گیاهان آبی بیش از حد طبیعی رشد کرده که به تبع آن کاهش اکسیژن محلول در آب‌های پذیرنده اتفاق می‌افتد. از اثرات مضر این پدیده می‌توان به عواقب چشمگیر منابع آب آشامیدنی، شیلات و آب‌های تفریحی اشاره کرد (Dabi & Dzorvakpor, 2015). انتشار کربن نیز از طریق فرسایش میکروبی موجب کاهش اکسیژن آب و برخی تغییرات شیمیایی دیگر می‌شود (Price & Morris, 2013). شناسایی و اندازه‌گیری اثرات زیست‌محیطی و ارزیابی عملکرد واحدهای پرورش ماهی نه تنها ابزار مناسبی برای تحلیل و ارزیابی ارائه می‌دهد، بلکه ابزارهای موثری در جهت یافتن

سال ۲۰۲۰، تقریباً ۱۳۲-۸۳ میلیون نفر دیگر به گرسنگی دچار می‌گردند. براساس پیش‌بینی‌های کنونی تعداد گرسنگان در سال ۲۰۳۰ به ۸۴۱/۴ میلیون نفر خواهد رسید، بدین ترتیب به صفر رساندن گرسنگی که در اهداف توسعه‌ای سازمان ملل متحد تعیین شده، تحقق نخواهد یافت (United Nations, 2020). آبی‌پروری به عنوان یک منبع مهم پروتئین و مواد مغذی ضروری برای سلامت انسان در سراسر جهان می‌باشد. عرضه ماهی در جهان برای مصرف انسان در پنج دهه گذشته، ۳/۲ درصد افزایش یافته و این امر به شدت توسط آبی‌پروری پشتیبانی می‌شود و تقریباً نیمی از تمام ماهی‌ها را به منظور مصرف انسانی به حساب می‌آورد (FAO, 2016). ۹۰ درصد از تولید آبی‌پروری در کشورهای در حال توسعه اتفاق می‌افتد، جایی که به طور مستقیم از طریق مصرف داخلی یا به طور غیرمستقیم از طریق رشد اقتصادی حاصل از صادرات به امنیت غذایی کمک می‌کند (Anderson et al., 2017). روند افزایشی تقاضا برای ماهیان و فرآورده‌های آن باعث شده است که پاسخ به تقاضای جهانی تنها به وسیله ذخایر طبیعی ماهی امکان‌پذیر نباشد لذا سهم ماهیان پرورشی از کل ماهیان مصرفی در جهان از ۲۸ درصد در سال ۱۹۹۵ به بیش از ۵۰ درصد در سال ۲۰۱۶ افزایش پیدا کرده است (FAO, 2018). آبی‌پروری در ۵۰ سال گذشته هر دهه دو برابر شده و نماینده سریع‌ترین فناوری تولید مواد غذایی در جهان است (Anderson et al., 2017). این رشد نشان‌دهنده گسترش مناطق تولید، افزایش دانش در این زمینه و

غیر قابل استناد

صورت استفاده از غذای پلت شده میزان نیتروژن و فسفر آزاد شده به محیط به ازاء یک تن ماهی تولید شده به ترتیب در دامنه‌های ۶۲/۹۲-۵۶ و ۱۲/۱۷-۱۰/۶۶ کیلوگرم بوده است. در صورت استفاده از غذای اکستروود شده میزان نیتروژن و فسفر آزاد شده به محیط به ازاء یک تن ماهی تولید شده به ترتیب در دامنه‌های ۳۳/۴۷-۲۵/۹۷ و ۷/۹۶-۷/۳۲ کیلوگرم بوده است (AŞIR & Pulatsue, 2008). در مطالعه‌ای کارایی زیست‌محیطی ۳۰ منطقه در کشور چین با استفاده از رهیافت SBM-DEA بررسی شده است. نتایج نشان داده که در کل، کارایی زیست‌محیطی ۳۰ منطقه پایین است (Song et al., 2013). در مطالعه‌ای اثرات زیست‌محیطی در تحلیل کارایی فنی در واحدهای پروار بندی شیراز بررسی شده است. نتایج نشان داده که مقادیر کارایی با شاخص‌های زیست‌محیطی به صورت معنی‌داری کمتر از کارایی بدون در نظر گرفتن آن‌ها بوده است (Jafarnia & Esmaeili, 2013). در مطالعه‌ای کارایی فنی و زیست‌محیطی گاوداری‌های شیری شهرستان سراب با استفاده از رهیافت تحلیل پوششی داده‌ها برآورد شده است. نتایج نشان داده که کارایی زیست‌محیطی ۸۸ درصد بوده است (Molaei & Sani, 2015). در مطالعه‌ای کارایی زیست‌محیطی صنعت برق ایران با استفاده از رهیافت SBM-DEA بررسی شده است. نتایج نشان داده که در سال ۱۳۹۳ میانگین کارایی به کمترین مقدار (۰/۶۵) رسیده است (Najafzadeh & Mamipor, 2016). در مطالعه‌ای کارایی زیست‌محیطی تولید گندم در ژاپن با استفاده از

پیشنهادهایی در راستای کاهش آلودگی را به همراه خواهد داشت. اهمیت توجه به پیامدهای زیست‌محیطی فعالیت‌های اقتصادی باعث شده که پیش از این مطالعاتی در زمینه ارزیابی آلاینده‌ها و کارایی زیست‌محیطی در صنایع مختلف در داخل و خارج از کشور انجام شود که به برخی از آن‌ها در ادامه اشاره شده است. در مطالعه‌ای کارایی زیست‌محیطی گاوداری‌های لبنی هلند بررسی شده است. نتایج نشان داده که میانگین کارایی زیست‌محیطی با استفاده از دو رهیافت تحلیل مرزی تصادفی و تحلیل پوششی داده‌ها به ترتیب ۸۰ و ۵۲ درصد بوده است (Reinhard et al., 2000). در مطالعه‌ای نیتروژن و فسفر پرورش ماهی در قفس‌های دریایی و تاثیرات پساب آن‌ها بر اکوسیستم بررسی شده است. نتایج نشان داده که برای تولید هر تن ماهی، ۱۳۲/۵ کیلوگرم نیتروژن و ۲۵ کیلوگرم فسفر در محیط زیست آزاد می‌شود (Islam, 2005). در مطالعه‌ای کارایی فنی و زیست‌محیطی دامداری‌های بلژیک با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها بررسی شده است. نتایج نشان داده که میانگین کارایی فنی و کارایی زیست‌محیطی به ترتیب ۰/۸۹۷ و ۰/۸۴۳ بوده است (Coelli, 2006). مطالعه‌ای در زمینه بررسی کارایی زیست‌محیطی کشتارگاه‌های تهران نشان داده که متوسط کارایی زیست‌محیطی و بکارگیری منابع به ترتیب ۵۷/۷۴ و ۵۲/۷۵ درصد بوده است (Darjani et al., 2006). در مطالعه‌ای بار نیتروژن و فسفر ناشی از پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان برآورد شده است. نتایج نشان داده که در

غیر قابل استناد

داده که میانگین کارایی زیست‌محیطی مزارع مورد بررسی ۰/۵۹ بوده است (Yazdani et al., 2019). مطالعه حاضر با هدف محاسبه مقادیر نیتروژن، فسفر و کربن به عنوان مهم‌ترین آلاینده‌های آزاد شده ناشی از سیستم پرورش ماهی، ارزیابی کارایی زیست‌محیطی و همچنین ارائه راهکارهایی برای کاهش آثار مخرب آن‌ها در سطح استان فارس انجام شده است.

مواد و روش‌ها

اندازه‌گیری کارایی زیست‌محیطی

مدل مازاد مبنا (SBM)، یک مدل غیرشعاعی است^۱ که مستقیماً با مازاد نهاده‌ها و کمبود ستاده‌ها سروکار دارد. در این مدل امکان در نظر گرفتن هر دو ستاده مطلوب و نامطلوب وجود دارد (Tone, 2001). در ادامه به بررسی ساختار مدل SBM-DEA براساس مطالعه (Tone, 2001) پرداخته می‌شود. فرض کنید n واحد تصمیم‌گیرنده (DMUs) وجود دارد که ماتریس^۲ نهاده‌ها و ستاده‌های آن به ترتیب به صورت روابط (۱) و (۲) باشند.

$$X = (x_{ij}) \in R^{m \times n} \quad (1)$$

$$Y = (y_{ij}) \in R^{s \times n} \quad (2)$$

همچنین فرض کنید که مجموعه داده‌ها مثبت است. در این صورت مجموعه تولید ممکن که به آن P گفته می‌شود به صورت رابطه (۳) تعریف می‌شود:

$$P = \{(x, y) | x \geq X\lambda, y \leq Y\lambda, \lambda \geq 0\} \quad (3)$$

که λ یک بردار غیرمنفی در R^n است. با در نظر گرفتن قید $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ ، مقادیر کارایی تحت حالت بازده متغیر

رهیافت SBM-DEA ارزیابی شده است. نتایج حاکی از آن است که کارایی زیست‌محیطی تولید گندم در مقیاس منطقه‌ای بین دامنه ۰/۸۴-۰/۵۵ قرار داشته است (Masuda, 2016). در مطالعه‌ای تاثیر آلاینده‌های زیست‌محیطی بر کارایی فنی گاوداری‌های شیری شهرستان سراب ارزیابی شده است. نتایج نشان داده که میانگین کارایی زیست‌محیطی با لحاظ کردن آلاینده‌های نیتروژن و فسفر ۷۲ درصد بوده است (Molaei & Sani, 2017). در مطالعه‌ای کارایی فنی و زیست‌محیطی مزارع دامداری در چین با استفاده از رهیافت SBM-DEA بررسی شده است. نتایج نشان داده که بخصوص در گاوداری‌ها به دلیل محدود بودن روش‌های دفع زباله، کارایی زیست‌محیطی کم و هزینه‌های کاهش آلودگی زیاد بوده است (Kuhn et al., 2018). در مطالعه‌ای بیان شده که نیتروژن و فسفر از مهم‌ترین آلاینده‌های آزاد شده به محیط ناشی از پرورش تیلایپا در استخرهای ایالت سائوپائولو برزیل هستند. در این مطالعه به صورت غیرمستقیم به محاسبه میزان دو عنصر آزاد شده به محیط پرداختند. نتایج حاکی از آن است که به ترتیب ۱۲ و ۱۵ درصد نیتروژن و فسفر از طریق پساب خروجی وارد محیط می‌شود (Osti et al., 2018). در مطالعه‌ای کارایی زیست‌محیطی نظام پرورش ماهی در قفس‌های دریایی استان مازندران با استفاده از رهیافت SBM-DEA ارزیابی شده است. نتایج نشان

² Decision making units

¹ Slack-Based Measure= SBM

غیر قابل استناد

$$\lambda \geq 0, s^- \geq 0, s^+ \geq 0, t > 0$$

فرض کنید: $s^- = ts^+$, $s^+ = ts^-$ و $A = t\lambda$. در این صورت مدل برنامه‌ریزی غیرخطی (۸) به صورت مدل برنامه‌ریزی خطی (۹) در می‌آید:

$$\begin{aligned} \min \tau &= t - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{S_i^-}{x_{io}} \\ s.t.: 1 &= t + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{S_r^+}{y_{ro}} \\ tx_0 &= X\lambda + S^- \\ ty_0 &= Y\lambda - S^+ \\ \lambda &\geq 0, S^- \geq 0, S^+ \geq 0, t > 0 \end{aligned} \quad (9)$$

اگر حل بهینه مدل برنامه‌ریزی خطی (۹) بدین صورت باشد: $(\tau^*, t^*, \lambda^*, S^{*-}, S^{*+})$ ، آنگاه حل بهینه مدل برنامه‌ریزی (۷)، طبق روابط (۱۰) تعریف می‌شود:

$$\rho^* = \tau^* \cdot \lambda^* = \lambda^* / t^* \cdot s^{*-} = S^{*-} / t^* \cdot s^{*+} = S^{*+} / t^* \quad (10)$$

بر مبنای این مقدار بهینه، یک واحد تصمیم‌گیرنده کارا به این صورت تعریف می‌شود: در صورتی که $\rho^* = 1$ واحد تصمیم‌گیرنده مورد بررسی، کارا خواهد بود. این وضعیت، معادل با $s^{*-} = 0$ و $s^{*+} = 0$ خواهد بود و یا به بیان دیگر، هیچ مازاد نهاده و یا کمبود محصولی وجود نخواهد داشت (Tone, 2001).

اندازه‌گیری آلاینده‌های زیست‌محیطی

با مروری بر مطالعات انجام گرفته در زمینه صنعت پرورش ماهی مشخص گردید که سه آلاینده نیتروژن، فسفر و کربن از مهم‌ترین آلاینده‌های منتشر شده در این صنعت هستند (Hall et al., 1992؛ Lupatsch & Gooley et al., 1999؛ Leung et al., 1999؛ Kissil, 1998؛ AŞIR & Pulatsue, 2000؛ Bureau et al., 2003؛ Junaidi et al., 2014؛ Price & Morris, 2013؛ 2008؛ Syandri et al., 2018؛ Kawasaki et al., 2016؛ al., 2020). برای سنجش میزان آلاینده‌های منتشر شده، دو روش مستقیم و غیرمستقیم وجود دارد. در روش غیرمستقیم، اختلاف بین میزان نیتروژن، فسفر

نسبت به مقیاس محاسبه می‌شود. فرض کنید روابط (۴ و ۵) برای تشریح یک واحد تصمیم‌گیرنده که به صورت DMU(x_0, y_0) نشان داده می‌شود، تعریف شوند:

$$x_0 = X\lambda + s^- \quad (4)$$

$$y_0 = Y\lambda - s^+ \quad (5)$$

که λ ، s^- و s^+ مقادیر بزرگتر یا مساوی صفر را اختیار می‌کنند. بردارهای $s^- \in R$ و $s^+ \in R$ به ترتیب بیان‌گر مازاد نهاده و کمبود ستاده هستند که Slack نامیده می‌شوند. براساس شرایط $(X > 0)$ و $(0 \leq \lambda)$ می‌توان گفت که الزاماً $(x_0 \geq s^-)$ برقرار است. با استفاده از s^- و s^+ می‌توان شاخص ρ را به صورت رابطه (۶) تعریف نمود:

$$\rho = \frac{1 - \left(\frac{1}{m}\right) \sum_{i=1}^m \frac{S_i^-}{x_{io}}}{1 - \left(\frac{1}{s}\right) \sum_{r=1}^s \frac{S_r^+}{y_{ro}}} \quad (6)$$

که مقدار ρ بین صفر و یک می‌باشد. به منظور ارزیابی کارایی (x_0, y_0) ، برنامه ریاضی کسری (۷) بر مبنای λ ، s^- و s^+ در نظر گرفته می‌شود:

$$\begin{aligned} \min \rho &= \frac{1 - \left(\frac{1}{m}\right) \sum_{i=1}^m \frac{S_i^-}{x_{io}}}{1 - \left(\frac{1}{s}\right) \sum_{r=1}^s \frac{S_r^+}{y_{ro}}} \\ s.t.: x_0 &= X\lambda + s^- \\ y_0 &= Y\lambda - s^+ \\ \lambda &\geq 0, s^- \geq 0, s^+ \geq 0 \end{aligned} \quad (7)$$

چنانچه یک متغیر اسکالر بزرگتر از صفر مانند t در صورت و مخرج رابطه (۷) ضرب شود، بدیهی است که تغییری در ρ ایجاد نمی‌شود. لذا رابطه (۸) ارائه می‌شود:

$$\begin{aligned} \min \tau &= t - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{tS_i^-}{x_{io}} \\ s.t.: 1 &= t + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{tS_r^+}{y_{ro}} \\ x_0 &= X\lambda + s^- \\ y_0 &= Y\lambda - s^+ \end{aligned} \quad (8)$$

غیر قابل استناد

ماهیان در طی دوره در نظر گرفته شده است. سپس با ضرب تعداد ماهی هدر رفته در وزن ماهی هدر رفته، کل وزن ماهیان هدر رفته به دست خواهد آمد.

$$TAP_i = Juv \times P_i \text{Content Of Juv} + \text{Fish Lose} \times P_i \text{Content Of Lost Fish} + \text{Feed} \times P_i \text{Content Of Feed} - \text{Harvested Fish} \times P_i \text{Content Of Harvested Fish} - \text{Number Of Lost Fish} \times \text{Weight Of Each Juv} \times P_i \text{Content Of Juv} \quad (13)$$

که TAP_i کل آلاینده نام آزاده شده به محیط (کیلوگرم)، Juv وزن کل بچه ماهی ریخته شده به استخرها (کیلوگرم)، $P_i \text{Content Of Juv}$ درصد آلاینده نام از وزن هر بچه ماهی، Fish Lose وزن کل ماهیان هدر رفته (کیلوگرم)، $P_i \text{Content Of Lost Fish}$ درصد آلاینده نام از وزن هر ماهی هدر رفته، Feed وزن کل غذای ریخته شده به استخرها (کیلوگرم)، $P_i \text{Content Of Feed}$ درصد آلاینده نام از وزن غذا، Harvested Fish وزن کل ماهیان برداشت شده از استخرها، $P_i \text{Content Of Harvested Fish}$ درصد آلاینده نام

از وزن هر ماهی برداشت شده، $\text{Number Of Lost Fish}$ تعداد کل ماهیان هدر رفته و $\text{Weight Of Each Juv}$ وزن هر عدد بچه ماهی است. i معرف سه آلاینده نیتروژن، فسفر و کربن است. در مورد میزان نیتروژن (فسفر/کربن) موجود در ماهی هدر رفته که در رابطه (۱۳) لحاظ شده، لازم به ذکر است که از وزن منظور شده برای هر یک از این ماهیان، مقداری از آن مربوط به همان بچه ماهی اولیه بوده که یکبار در میزان عناصر موجود در بچه ماهی به حساب آمده است. لذا برای جلوگیری از دوبار شماری باید تعداد ماهی هدر رفته در وزن هر بچه ماهی ضرب شده و میزان

و کربن موجود در نهاده های ورودی و محصول خروجی، به عنوان حجم عناصر آزاد شده در نظر گرفته می شود. در ادامه با استفاده از روش غیرمستقیم بکار گرفته شده در سری مطالعات Hall و همکاران که طی سه سال پیاپی به چاپ رسیده است، به توضیح روش محاسبه آلاینده های زیست محیطی مذکور پرداخته می شود. آن ها در اولین مطالعه خود به محاسبه کربن پرداختند (Hall et al., 1990)، دومین مطالعه آن ها به محاسبه فسفر اختصاص یافته است (Holby & Hall, 1991) و در سومین مطالعه خود نیتروژن را محاسبه نمودند (Hall et al., 1992). برای برآورد میزان نیتروژن و کربن موجود در بچه ماهی، ماهی برداشت شده و ماهی هدر رفته به ترتیب از روابط (۱۱ و ۱۲) که توسط (Perrson, 1986) توسعه یافته است، استفاده شد.

$$\%N = 0.096 \times 17.4 \times W^{0.099} \quad (11)$$

$$\%C = 0.55 \times 17.4 \times W^{0.099} \quad (12)$$

که W ، وزن ماهی تازه بر حسب گرم است. وی میزان فسفر موجود در ماهی را معادل 0.406 درصد از وزن ماهی تازه بیان کرده است. وزن کل ماهی هدر براساس محاسباتی ساده به دست می آید. به این ترتیب که وزن و تعداد بچه ماهی ریخته شده به استخر در ابتدای دوره مشخص است. وزن هر عدد ماهی برداشت شده و وزن کل آن در پایان دوره نیز مشخص است. بنابراین می توان تعداد ماهیان هدر رفته را محاسبه نمود. وزن ماهیان هدر رفته برابر با وزن بچه ماهی به علاوه نصف متوسط وزن اضافه شده به

غیر قابل استناد

مطالعه (Bureau et al., 2003)، نرخ تبدیل غذایی و میزان انتشار آلاینده نیتروژن و فسفر به ترتیب ۷۱-۴۷ و ۱۵/۲-۷/۵ کیلوگرم گزارش شده است. در مطالعه (Yazdani et al., 2019)، نرخ تبدیل غذایی در دامنه ۴-۰/۸ قرار داشته و میزان انتشار آلاینده‌ها به ترتیب ۷۳/۹، ۱۳/۸ و ۴۸۸/۳ کیلوگرم به ازاء هر تن ماهی قزل‌آلا گزارش شده است. لازم به ذکر است که مطالعه مذکور دارای سیستم پرورش ماهی در قفس بودند.

جدول ۱- نیتروژن، فسفر و کربن آزاد شده به ازاء هر تن ماهی برداشت شده

C	P	N	C	P	N
کیلوگرم بر تن ماهی برداشت شده					
۱۳۷/۵۷	۱۶/۶۵	۲۴۰/۱۳	۱۳۷/۹۸	۲/۳۳	۲۴/۰۸
۲۲/۹۳	۲/۷۷	۴۰/۰۳	۱۶۵/۵۶	۱۹/۹۹	۲۸۸/۹۸
۳۰/۰۱	۳/۲۶	۵۲/۳۸	۱۶۴/۲۵	۲۱/۸۱	۲۸۶/۷۰
۱۳/۷۵	۱/۸۳	۲۴/۰۱	۱۳/۷۹	۱/۶۶	۲۴/۰۷
۱۷/۲۰	۳/۵۴	۳۰/۰۲	۱۳۷/۹۶	۱۹/۹۹	۲۴۰/۸۱
۲۲/۰۱	۲/۶۶	۳۸/۴۳	۱۳۷/۹۵	۱۶/۶۵	۲۴۰/۷۹
۱۵۷/۶۹	۲۴/۷۵	۲۷۵/۲۵	۱۳/۷۹	۱/۴۹	۲/۴۰
۲۲۹/۹۸	۲۷/۷۷	۴۰/۱۴	۱۳/۷۹	۱/۳۳	۲۴/۰۷
۱۹۲/۶۳	۲/۰۹	۳۳/۶۲	۱۳/۷۹	۱/۹۹	۲۴/۰۸
۱۳/۷۹	۱/۶۶	۲۴/۰۷	۱۳۷/۵۵	۱۳/۳۲	۲۴۰/۰۹
۱۳/۷۹	۱/۹۹	۲۴/۰۸	۱۳۷/۹۵	۱۶/۶۵	۲۴۰/۷۹
۱۳/۷۵	۱/۶۶	۲۴/۰۱	۱۳/۷۵	۲/۱۶	۲۴/۰۱
۱۳۷/۹۶	۱۸/۳۲	۲۴۰/۸۰	۱۳۷/۹۵	۱۶/۶۵	۲۴۰/۷۹
۱۳۷/۵۶	۱۴/۹۹	۲۴۰/۱۱	۱۳۷/۶۱	۲۹/۹۹	۲۴۰/۲۰
میانگین وزنی			۱۳/۷۹	۱/۶۶	۲۴/۰۷
۳۵/۶۹	۳/۷۸	۴۶/۱۰			
حداقل			۱۷/۸۸	۲/۱۶	۳۱/۲۲
۱۳/۷۵	۱/۳۳	۲/۴۰			
حداکثر			۲۷۵/۲۷	۵/۳۳	۴۸۰/۴۸
۲۷۵/۲۷	۲۹/۹۹	۴۸۰/۴۸			

منبع: یافته‌های تحقیق (در محاسبه میانگین وزنی، میزان ماهی برداشت شده به عنوان وزن در نظر گرفته شده است)

نیتروژن (فسفر/کربن) موجود در آن از کل آلاینده وارد شده به مجموعه کسر گردد.

پرورش ماهی قزل‌آلا در سطح استان فارس در ۱۱ شهرستان، آباده، اقلید، بوانات، جهرم، خرمبید، رستم، سپیدان، شیراز، کوار، مرودشت و ممسنی، انجام می‌گیرد (اداره شیلات استان فارس، ۱۳۹۹). پرورش ماهی در این استان در سال ۱۳۹۷ توسط ۵۴ مزرعه فعال در حال انجام بوده است (سازمان شیلات ایران، ۱۳۹۸). آمار و اطلاعات مورد نیاز در تحقیق حاضر براساس جمع‌آوری پرسشنامه به روش تمام‌شماری از ۳۱ مزرعه فعال در فصل پرورشی ۹۹-۱۳۹۸ بدست آمده است.

بحث و نتایج

میزان نیتروژن، فسفر و کربن آزاد شده از سیستم‌های پرورشی به ازاء هر تن ماهی برداشت شده در جدول (۱) ارائه شده است. چنانکه مشخص است کمترین میزان انتشار نیتروژن، کربن و فسفر به ترتیب ۲/۴۰، ۱/۳۳ و ۱۳/۷۵ و بیشترین میزان آن‌ها به ترتیب ۴۸۰/۴۸، ۲۹/۹۹ و ۲۷۵/۲۷ کیلوگرم به ازاء هر تن ماهی برداشت شده بوده است. بطور میانگین به ترتیب ۴۶/۱۰، ۳/۷۸ و ۳۵/۶۹ کیلوگرم نیتروژن، فسفر و کربن به ازاء هر تن ماهی قزل‌آلا در مزارع مورد بررسی به محیط آزاد شده است. نرخ تبدیل غذایی مزارع مورد بررسی در دامنه ۱/۲۹-۱/۰۷ بوده است. در مطالعه (Hall et al., 1992)، نرخ تبدیل غذایی ۲-۲/۳ بوده و به ترتیب ۱۰۲-۹۵، ۲۲/۴-۱۹/۶ و ۸۷۸-۹۵۲ کیلوگرم نیتروژن، فسفر و کربن به ازاء هر تن ماهی قزل‌آلا منتشر شده است. در

غیر قابل استناد

مقیاس نیز بخشی از واقعیت است و باید در نظر گرفته شود. (Lozano et al., 2010؛ Vazquez-Row et al., 2010 و Yazdani et al., 2019). از همین رو هدف مطالعه حاضر یافتن نوعی از کارایی است که اثرات ناکارایی مقیاس در آن منعکس شده باشد، در نتیجه تاکید بر برآورد کارایی زیست‌محیطی از طریق رهیافت SBM-DEA تحت حالت CRS می‌باشد و تنها به گزارش نتایج نهایی کارایی تحت حالت VRS اکتفا شده است. نتایج ارزیابی کارایی با در نظر گرفتن اثرات زیست‌محیطی به عنوان نهاده در حالت CRS در جدول (۲) ارائه شده است. چنانکه مشخص است، میانگین کارایی، برابر با ۰/۵۱۴ و اختلاف بیشترین و کمترین مقدار آن برابر با ۰/۹۴ است که این امر بیانگر اختلاف زیاد کارایی زیست‌محیطی خالص بین مزارع مختلف می‌باشد. براساس انتظار، مزارع شماره هفت، هشت، ۱۲، ۲۱ و ۲۹ که به ازاء هر تن ماهی برداشت شده کمترین میزان انتشار آلاینده‌ها را داشتند، به لحاظ زیست‌محیطی کارا بودند. همچنین کارایی مزارعی که میزان انتشار آلاینده آن‌ها نزدیک به مزارع کارا بوده است بیش از ۹۰-۸۰ درصد بدست آمده است که شامل شش مزرعه می‌باشد. مقادیر کارایی زیست‌محیطی خالص ۱۶ مزرعه بیش از میانگین و ۱۵ مزرعه کمتر از میانگین بدست آمده است. بررسی مقادیر مازاد نهاده‌ها که از مدل SBM-DEA به دست آمده است، نشان داد که مزارع مورد بررسی به طور متوسط به اندازه ۱۳۴/۵۵ کیلوگرم نیتروژن، ۱۵/۴۰ کیلوگرم فسفر در عوامل تولید مازاد دارند. در صورت کاهش استفاده از عوامل تولید، علاوه بر رسیدن به

به منظور محاسبه کارایی زیست‌محیطی دو گروه از متغیرها در نظر گرفته شده است. در حالت اول با استناد به مطالعات (Masuda, 2016 و Yazdani et al., 2019)، تنها نهاده‌های نامطلوب تولید یا اثرات زیست‌محیطی، به عنوان نهاده وارد مدل شدند که این نهاده‌ها میزان انتشار نیتروژن، فسفر و کربن هستند. در حالت دوم براساس مدل (Banker, 1984) نهاده‌های مطلوب و نامطلوب تولید در کنار هم برای محاسبه کارایی زیست‌محیطی در نظر گرفته شدند. نهاده‌های مطلوب یا معمول تولید شامل خوراک، بچه‌ماهی، نیروی کار و آب مصرفی هستند. در هر دو حالت میزان ماهی برداشت شده به عنوان ستاده در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است که در محاسبه کارایی زیست‌محیطی، می‌توان ستاده را به صورت ارزش ماهی تولید شده نیز در نظر گرفت. اما به این دلیل که افزایش قیمت بازاری می‌تواند نتیجه را بهتر از حالت واقعی نشان دهد، از این امر صرف‌نظر شده است (Jan et al., 2012). کارایی در حالت بازده ثابت نسبت به مقیاس (CRS)، مقادیر کارایی خالص، یعنی اثرات ناکارایی مقیاس در آن در نظر گرفته شده است، و در حالت بازده متغیر نسبت به مقیاس (VRS)، مقادیر کارایی کلی را نشان می‌دهد (Lie et al., 2013). مطالعات مربوط به ارزیابی کارایی زیست‌محیطی پرورش آبزیان، رهیافت تحلیل پوششی داده‌ها تحت حالت CRS را مناسب‌تر دانسته‌اند. چرا که کارایی در حالت VRS، تنها کارایی در استفاده از نهاده‌ها را در برمی‌گیرد و اثرات ناکارایی مقیاس را شامل نمی‌شود. در صورتیکه ناکارایی

غیر قابل استناد

است، میانگین کارایی در حالت CRS، برابر با ۰/۸۷۴ و اختلاف بیشترین و کمترین مقدار آن برابر با ۰/۵۴۱ است که این امر بیانگر اختلاف کم کارایی زیست‌محیطی خالص بین مزارع مختلف در این حالت است. همچنین مزارع مورد بررسی به طور میانگین به لحاظ زیست‌محیطی کارا نیستند. از میان آن‌ها ۱۳ مزرعه تحت حالت CRS کارا هستند. مقادیر کارایی ۲۰ مزرعه بیش از میانگین و ۱۱ مزرعه کمتر از میانگین بدست آمده است.

جدول ۳- کارایی زیست‌محیطی با در نظر گرفتن نهاده‌های مطلوب و نامطلوب تحت حالت CRS

ردیف	کارایی	کارایی	کارایی	کارایی	کارایی	کارایی	کارایی
۱	۰/۹۹	۲۸	۰/۶۵	۱۹	۱	۱۰	۱
۲	۱	۲۹	۰/۴۵	۲۰	۰/۸۸	۱۱	۰/۷۳
۳	۰/۸۸	۳۰	۱	۲۱	۱	۱۲	۰/۷۴
۴	۱	۳۱	۰/۸	۲۲	۱	۱۳	۱
۵	۰/۸۷		۰/۶۵	۲۳	۱	۱۴	۰/۸۸
۶	۰/۴۵		۰/۷۷	۲۴	۰/۹۹	۱۵	۱
۷	۱		۰/۵۳	۲۵	۰/۸۰	۱۶	۱
۸			۰/۷۷	۲۶	۰/۵۰	۱۷	۱
۹			۰/۹۹	۲۷	۱	۱۸	۰/۹۹

منبع: یافته‌های تحقیق

نتایج ارزیابی کارایی با در نظر گرفتن نهاده‌های معمول تولید در کنار اثرات زیست‌محیطی به عنوان نهاده تحت حالت VRS نشان داد که میانگین کارایی مزارع برابر با ۰/۹۶ است. در این حالت ۲۰ مزرعه در

سطوح فعلی تولید، به کارایی زیست‌محیطی کامل نیز دست می‌یابند. این امر در راستای کاهش سطح آلاینده‌های ناشی از این صنعت بسیار حائز اهمیت است و باید مورد توجه مدیران مزارع قرار گیرد.

جدول ۲- کارایی زیست‌محیطی با در نظر گرفتن نهاده‌های نامطلوب تحت حالت CRS

ردیف	کارایی	کارایی	کارایی	کارایی	کارایی	کارایی	کارایی
۱	۰/۹۹	۲۸	۰/۶	۱۹	۰/۱	۱۰	۰/۶
۲	۱	۲۹	۰/۴۵	۲۰	۰/۱	۱۱	۰/۰۸
۳	۰/۱	۳۰	۱	۲۱	۱	۱۲	۰/۰۸
۴	۰/۱	۳۱	۰/۸	۲۲	۰/۱	۱۳	۰/۹۹
۵	۰/۵۱		۰/۶۲	۲۳	۰/۱	۱۴	۰/۱
۶	۰/۰۶		۰/۰۸	۲۴	۰/۹۹	۱۵	۰/۱
۷	۱		۰/۰۶	۲۵	۰/۷۶	۱۶	۱
۸			۰/۶۴	۲۶	۰/۲۵	۱۷	۱
۹			۰/۹۹	۲۷	۰/۱	۱۸	۰/۹۹

منبع: یافته‌های تحقیق

نتایج ارزیابی کارایی با در نظر گرفتن اثرات زیست‌محیطی به عنوان نهاده تحت حالت VRS نشان داد که به طور میانگین مزارع کارا نیستند و میانگین برابر با ۰/۷۳۶ است. اما نسبت به حالت CRS، مزارع بیشتری کارا هستند. در حالت اول پنج مزرعه کارا و در حالت دوم ۱۰ مزرعه دارای کارایی زیست‌محیطی کلی هستند.

نتایج ارزیابی کارایی با در نظر گرفتن نهاده‌های معمول تولید در کنار اثرات زیست‌محیطی به عنوان نهاده در جدول (۳) ارائه شده است. چنانکه مشخص

غیر قابل استناد

و مطلوب از کلیه عوامل تولید است. با وجود مزایای صنعت پرورش ماهی، در صورت عدم استفاده مطلوب از عوامل تولید، این صنعت می‌تواند اثرات زیست محیطی قابل توجهی به همراه داشته باشد. لذا اندازه‌گیری میزان آلاینده‌های منتشر شده و ارزیابی کارایی زیست محیطی بسیار حائز اهمیت است و به ارائه راهکارهایی به منظور کاهش میزان انتشار آلاینده‌ها و در نتیجه حفظ محیط زیست و منابع طبیعی کمک خواهد کرد. از همین رو، مطالعه حاضر با هدف برآورد آلاینده‌ها و کارایی زیست محیطی پرورش ماهی قزل‌آلا در استان فارس انجام شده است. به منظور دستیابی به اهداف تحقیق، پس از جمع‌آوری آمار و اطلاعات مورد نیاز از طریق تکمیل کردن پرسشنامه از ۳۱ مزرعه فعال در منطقه مورد مطالعه، براساس روش غیرمستقیم که در بخش روش تحقیق بیان شد، میزان انتشار سه آلاینده نیتروژن، فسفر و کربن که مهم‌ترین آلاینده‌های آزده شده به محیط ناشی از این صنعت هستند، محاسبه گردید. در نهایت براساس رهیافت SBM-DEA مقادیر کارایی زیست محیطی هر واحد پرورش ماهی ارزیابی شد. نتایج حاکی از عدم کارایی زیست محیطی در واحدهای پرورش ماهی مورد مطالعه است. همچنین نتایج حاصل از بررسی مازاد نهاده‌های نامطلوب تولید یا همان اثرات زیست محیطی نشان داده است که واحدهای پرورش ماهی مورد بررسی قادر به کاهش میزان انتشار آلاینده‌های زیست محیطی و در عین حال، دستیابی به سطوح تولید فعلی هستند. به طور کلی استفاده از خوراک ماهی باکیفیت، استفاده از

منطقه مورد بررسی دارای کارایی زیست محیطی کلی هستند.

با توجه به بررسی میدانی انجام شده از علل موفقیت واحدهای پرورش ماهی که به لحاظ زیست محیطی به کارایی کامل دست یافتند، می‌توان به تجربه بالا مدیریت مزرعه در زمینه پرورش ماهی در استخر، تحصیلات مرتبط با شیلات، شرکت کردن در کلاس‌های آموزشی و ترویجی و همچنین آگاه بودن نسبت به اثرات زیست محیطی این صنعت اشاره کرد. مدیریت این مزرعه در تلاش است که از هدر رفت نهاده خوراک جلوگیری کند تا بدین وسیله علاوه بر کاهش نرخ تبدیل غذایی و کاهش هزینه این عامل تولیدی، کارایی مزرعه خود را افزایش دهند. در همین راستا انتشار آلاینده‌ها نیز کاهش خواهد یافت و اثرات زیست محیطی کمتری به محیط زیست وارد می‌شود. چرا که عمده انتشار آلاینده‌ها از خوراک ماهیان است. همچنین کاهش هزینه خوراک ماهیان موجب کسب سود بیشتر برای مجموعه نیز می‌شود. به طور کلی عدم استفاده از خوراک باکیفیت، عدم استفاده از بچه‌ماهی باکیفیت، عدم توجه به زمان مناسب برداشت ماهیان، ضعف مدیریت تغذیه ماهیان و عدم آگاهی و دانش کافی پرورش دهندگان از عوامل موثر بر ناکارایی زیست محیطی واحدهای پرورش ماهی می‌باشند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

همان‌طور که مشخص است هدف از انجام فعالیت‌های اقتصادی کسب سود حداکثری است. مناسب‌ترین راه برای افزایش تولید و کسب سود بیشتر، استفاده بهینه

غیر قابل استناد

Brundtland, G. H., Khalid, M., Agnelli, S., Al-Athel, S., & Chidzero, B. J. N. Y. (1987). Our common future. *New York*, 8.

Bureau, D. P., Gunther, S. J., & Cho, C. Y. (2003). Chemical composition and preliminary theoretical estimates of waste outputs of rainbow trout reared in commercial cage culture operations in Ontario. *North American Journal of Aquaculture*, 65(1), 33-38.

Coelli, T., Lauwers, L., & Van Huylenbroeck, G. (2006). Formulation of technical, economic and environmental efficiency measures that are consistent with the materials balance condition. *Centre for Efficiency and Productivity Analysis Working Paper*, 6.

Dabi, M., & Dzorvakpor, S. E. A. (2015). The Impact of Aquaculture on the Environment: A Ghanaian Perspective. *The International Journal of Science and Technoledge*, 3(7), 106.

Drijani, A., Sharzeh, G., Yazdani, S., Peykani, G. And Sadr al-Ashrafi, m. (2006). Estimation of environmental efficiency using stochastic boundary analysis (Case study: slaughterhouses in Tehran province). *Agricultural Economics and Development*, 13 (51): 113-145. (In Farsi)

FAO, (2016). Part 1: World Review of fisheries and aquaculture. In: the state of world fisheries and aquaculture (SOFIA). Vol. 2014. PP. 4.

FAO, (2018). FAO aquaculture newsletter. Available at www.FAO.org/ag/ca/

Gooley, G. J., De Silva, S. S., Hone, P. W., McKinnon, L. J., & Ingram, B. A. (2000). Cage aquaculture in Australia: A developed country perspective with reference to integrated aquaculture development within inland waters. In *1. International Symposium on Cage Aquaculture in Asia, Tungkang, Pingtung (Taiwan), 2-6 Nov 1999*. AFS; WAS-SC.

Hall, P. O., Anderson, L. G., Holby, O., Kollberg, S., & Samuelsson, M. O. (1990). Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. I. Carbon. *Marine Ecology Progress Series*, 61-73.

Hall, P.O.J., Holby, O., Kollberg, S. & Samuelsson, M.O., (1992). Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. IV. Nitrogen. *Marine Ecology Progress Series*, 89: 81-91.

Holby, O., & Hall, P. O. (1991). Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. II. Phosphorus. *Marine Ecology Progress Series*, 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. *Marine pollution bulletin*, 50(1), 48-61.

Jafarnia, M. And Ismaili, A. (2013). Application of environmental effects in technical efficiency analysis

بچه‌ماهی باکیفیت، توجه به زمان مناسب برداشت ماهیان، مدیریت صحیح تغذیه ماهیان و همچنین آگاهی و دانش کافی پرورش‌دهندگان از اثرات زیست‌محیطی می‌تواند در راستای کاهش انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی موثر باشد. همچنین رعایت کردن عوامل مذکور علاوه بر افزایش کارایی زیست‌محیطی، می‌تواند موجب کاهش هزینه عملیاتی تولید، کاهش هدر رفت عوامل تولیدی و محصول تولیدی و در نهایت کسب سود بیشتر شود. پیشنهاد می‌شود که کلاس‌های آموزشی و ترویجی توسط مدرسین مجرب و پرورش‌دهندگان موفق در این صنعت برگزار شود و به نحوی تمامی شاغلین در این صنعت موظف به شرکت کردن در این کلاس‌ها باشند. همچنین پیشنهاد می‌شود که میزان انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی توسط نهادهای ذیربط مورد ارزیابی سالانه قرار گیرد و از طریق اعمال سیاست‌های تشویقی و بازدارنده، انتشار آلاینده‌ها تا حد امکان کاهش یابد.

منابع

Anderson, J. L., Asche, F., Garlock, T., & Chu, J. (2017). Aquaculture: Its role in the future of food. In *World agricultural resources and food security*. Emerald Publishing Limited.

AŞIR, U., & Pulatsue, S. (2008). Estimation of the nitrogen-phosphorus load caused by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) cage-culture farms in Kesikköprü Dam Lake: A comparison of pelleted and extruded feed. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 32(6), 417-422.

Ballester-Moltó, M., Sanchez-Jerez, P., Cerezo-Valverde, J., & Aguado-Giménez, F. (2017). Particulate waste outflow from fish-farming cages. How much is uneaten feed?. *Marine pollution bulletin*, 119(1), 23-30.

Banker, R. D. (1984). Estimating most productive scale size using data envelopment analysis. *European journal of operational research*, 17(1), 35-44.

غیر قابل استناد

- Molaei, M. And second, f. (2017). Evaluation of the impact of environmental pollutants on the technical efficiency of Sarab dairy farms by stochastic boundary analysis. *Iranian Agricultural Economics and Development Research*, Volume 2-48 (1): 35-42. (In Farsi)
- Najafzadeh, b. Mamipor, s. (2016). Investigating the Factors Affecting the Environmental Efficiency of Iran's Electricity Industry: An Approach to Data Envelopment Analysis and Combined Data. *Economic Modeling Research Quarterly*, 27: 83-41. (In Farsi)
- Osti, J. A. S., Moraes, M. A. B., Carmo, C. F., & Mercante, C. T. J. (2018). Nitrogen and phosphorus flux from the production of Nile tilapia through the application of environmental indicators. *Brazilian Journal of Biology*, 78(1), 25-31.
- Persson, G. (1986). Kassodling av regnbage; Narsaltemis sioner och miljo vid tre odlingslagen langs Smalandskus ten. Report 3215. *Nat. Swed. Environ. Prot. Bd., Solna*, 1-42.
- Price, C. S., & Morris Jr, J. A. (2013). Marine cage culture and the environment: Twenty-first century science informing a sustainable industry.
- Reinhard, S., Lovell, C. K., & Thijssen, G. J. (2000). Environmental efficiency with multiple environmentally detrimental variables; estimated with SFA and DEA. *European Journal of Operational Research*, 121(2), 287-303.
- Rodrigues, W. S., Mauad, J. R. C., Vogel, E., Sabbag, O. J., & Ruviano, C. F. (2019). Sustainability and technical efficiency of fish hatcheries in the STATE of MATO GROSSO do SUL, Brazil. *Aquaculture*, 500, 228-236.
- Song, M., Song, Y., An, Q., & Yu, H. (2013). Review of environmental efficiency and its influencing factors in China: 1998–2009. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 20, 8-14.
- Syandri, H., Azrita, A., & Mardiah, A. (2020). Water Quality Status and Pollution Waste Load from Floating Net Cages at Maninjau Lake, West Sumatera Indonesia. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 430, No. 1, p. 012031). IOP Publishing.
- Tone, K. (2001). A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. *European journal of operational research*, 130(3), 498-509.
- Vázquez-Rowe, I., Iribarren, D., Moreira, M. T., & Feijoo, G. (2010). Combined application of life cycle assessment and data envelopment analysis as a methodological approach for the assessment of fisheries. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 15(3), 272-283.
- Yazdani, S., Ramezani, M. And Rafi'i, H. (2019). Evaluation of environmental efficiency of fish farming (Case study: Shiraz fattening units). *Agricultural Economics Research*, 5 (18): 151-164. (In Farsi)
- Jan, P., Dux, D., Lips, M., Alig, M., & Dumondel, M. (2012). On the link between economic and environmental performance of Swiss dairy farms of the alpine area. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 17(6), 706-719.
- Junaidi., Syandri, H. & Azitra. (2014). Loading and Distribution of Organic Materials in Maninjau Lake West Sumatra Province-Indonesia. *J. Aquac. Res. Development* 5: 278.
- Kawasaki, N., Kushairi, M. R. M., Nagao, N., Yusoff, F., Imai, A., & Kohzu, A. (2016). Release of nitrogen and phosphorus from aquaculture farms to Selangor River, Malaysia. *International Journal of Environmental Science and Development*, 7(2), 113.
- Kuhn, L., Balezentis, T., Hou, L., & Wang, D. (2018). Technical and environmental efficiency of livestock farms in China: A slacks-based DEA approach. *China Economic Review*.
- Leung, K. M. Y., Chu, J. C. W., & Wu, R. S. S. (1999). Nitrogen budgets for the areolated grouper *Epinephelus areolatus* cultured under laboratory conditions and in open-sea cages. *Marine Ecology Progress Series*, 186, 271-281.
- Lie, X. G., Yang, J., & Liu, X. J. (2013). Analysis of Beijing's environmental efficiency and related factors using a DEA model that considers undesirable outputs. *Mathematical and Computer Modelling*, 58(5-6), 956-960.
- Lozano, S., Iribarren, D., Moreira, M. T., & Feijoo, G. (2009). The link between operational efficiency and environmental impacts: a joint application of life cycle assessment and data envelopment analysis. *Science of the Total Environment*, 407(5), 1744-1754.
- Lupatsch, I., & Kissil, G. W. (1998). Predicting aquaculture waste from gilthead seabream (*Sparus aurata*) culture using a nutritional approach. *Aquatic Living Resources*, 11(4), 265-268.
- Masuda, K. (2016). Measuring eco-efficiency of wheat production in Japan: a combined application of life cycle assessment and data envelopment analysis. *Journal of Cleaner Production*, 126, 373-381.
- McIver, R., Milewski, I., Loucks, R., & Smith, R. (2018). Estimating nitrogen loading and far-field dispersal potential from background sources and coastal finfish aquaculture: a simple framework and case study in Atlantic Canada. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 205, 46-57.
- Molaei, M. And second, f. (2015). Estimation of environmental efficiency of Sarab dairy farms (data envelopment analysis approach). *Journal of Animal Science Research*, 25 (4): 142-155. (In Farsi)

غیر قابل استناد

system in sea cages (Case study: Mazandaran province).
Agricultural Economics, 13 (1): 105-131. (In Farsi)