ارزیابی بهره‌وری کل عوامل تولید و کارایی مزارع پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در قفس‌های دریایی واقع در استان مازندران

سعید یزدانی[1]*، حامد رفیعی[1]، محمدرضا رمضانی[1]

۱- گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۷/۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۱۱

چکیده

پرورش ماهی در قفس یکی از روش‌های پرورش ماهی است که با توجه به مزایای زیاد آن در بسیاری از کشورها از جمله ایران مورد توجه قرار گرفته است. هدف از انجام هر فعالیت اقتصادی کسب سود حداکثری است و مناسب‌ترین راهکار برای افزایش تولید و درآمد کشاورزان بکارگیری درست و مطلوب کلیه عوامل تولید است. هدف مطالعه حاضر ارزیابی بهره‌وری کل عوامل تولید و کارایی مزارع پرورش ماهی در قفس در استان مازندران است. داده‌های مورد نیاز تحقیق از طریق مصاحبه و تکمیل پرسشنامه جمع‌آوری شد. براساس نتایج، شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید برای چهار مزرعه از نه مزرعه مورد بررسی کوچکتر از واحد بوده و میانگین آن نیز برابر ۰/۹۹۸ بوده است. از طرفی مزارعی که بهره‌وری آن‌ها کمتر از یک بود به طور متوسط حدود ۳۴ درصد با پتانسیل تولیدی‌شان فاصله داشتند. میانگین کارایی فنی، تخصیصی و اقتصادی نیز به ترتیب برابر ۰/۸۸۴، ۰/۷۲۵ و ۰/۶۴۵ بود. همچنین نتایج نشان داد که سه مزرعه دارای کارایی فنی یک هستند و تنها یک مزرعه کارایی تخصیصی و اقتصادی یک داشت. عدم کارایی مزارع در استفاده از نهاده‌ها به حدی بود که مشخص شد در صورت بکارگیری ترکیب عوامل تولید حداقل‌کننده هزینه‌های تولید و مدیریت صحیح، آن‌ها قادر خواهند بود که به طور متوسط با صرف ۴۰ درصد هزینه کمتر به سطح فعلی محصول تولیدی خود دست یابند. با توجه به نوظهور بودن پرورش ماهی در قفس در ایران پیشنهاد می‌شود که با اعمال سیاست‌های تشویقی، مزارع موفق تجربیات خود را به دیگر مزارع به منظور بهبود بهره‌وری و کارایی منتقل کنند. این امر می‌تواند از طریق برگزاری دوره‌های آموزشی با بکارگیری مدرسین مجرب و قفس‌داران موفق عملی گردد.

کلمات کلیدی: تخصیص بهینه، آبزی‌پروری، قفس، دریای خزر، تحلیل پوششی داده‌ها، قزل‌آلای رنگین کمان.

* عهده‌دار مکاتبات (✉). Syazdani@ut.ac.ir

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.4.1]

مقدمه

اهمیت بالای آبزیان و بخصوص ماهیان باعث شده است تا توجه جهانی به این بخش معطوف گردد به نحوی که تجارت جهانی ماهیان و فرآورده‌های آن در سال ۲۰۱۶ در مقایسه با سال ۱۹۷۶ حدود ۵۰۰ درصد رشد داشته است (FAO, 2018) و تولید آن نیز طی سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۸ به طور متوسط سالانه ۸/۴ درصد افزایش یافته است که سریع‌ترین و در عین حال با ثبات‌ترین نرخ رشد در تولید محصولات جانوری است (Beveridge, 2013). روند افزایشی تقاضا برای ماهیان و فرآورده‌های آن باعث شده تا پاسخ به تقاضای جهانی تنها با اتکا به ذخایر طبیعی ماهی امکان‌پذیر نباشد به نحوی که سهم ماهیان پرورشی از کل ماهیان مصرفی در جهان از ۲۸ درصد در سال ۱۹۹۵ به بیش از ۵۰ درصد در سال ۲۰۱۶ افزایش یافته و به رقم ۸۰ میلیون تن در سال رسیده است (FAO, 2018). سیستم‌های مختلف پرورشی نیز بکار گرفته شده‌اند؛ لیکن کمیابی زمین و افزایش قیمت آن به دلیل استفاده‌های صنعتی موجب شده تا سیستم پرورش ماهی در قفس ابداع شود.

پرورش ماهی در قفس‌های دریایی یکی از روش‌های پرورش ماهی در دنیا است که به دلیل برخورداری از مزایایی همچون استفاده از آب دریا و حذف هزینه آب مصرفی، استفاده از تکنولوژی ساده و قابلیت راه‌اندازی آن با سرمایه نسبتا کمتر در مقایسه با سایر روش‌های پرورش ماهی به سرعت در حال گسترش است (Islam, 2005; Iliyasu *et al*., 2016). ایران نیز با دارا بودن ۳۰۵۰ کیلومتر نوار ساحلی در هفت استان شامل استان‌های مازندران، گیلان، گلستان، هرمزگان، بوشهر، خوزستان و سیستان و بلوچستان دارای ظرفیت بالقوه بسیار مناسب برای پرورش ماهیان در قفس‌های دریایی است (ایزدی و همکاران، ۱۳۹۵). استان مازندران با دارا بودن ۳۵۰ کیلومتر نوار ساحلی و تولید بالقوه ۳۶۰۰ تن ماهی در سال یکی از مناطقی است که به دلیل وجود شرایط مناسب پرورش ماهی بخصوص برای ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان توجه زیادی را به خود جلب کرده است. پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان در قفس‌های دریایی در استان مازندران در فصل پرورشی ۹۶-۱۳۹۵ توسط ۹ مزرعه فعال و با استفاده از ۵۷ قفس در حال انجام بوده است. تمامی قفس‌ها از نوع پلی‌اتیلنی گرد هستند که عموما با قطر ۲۰ متر و عمق ۱۰ متر طراحی شده‌اند. ظرفیت بالقوه تولید ماهی در هر یک از این قفس‌ها نیز بر اساس اطلاعات ارائه شده توسط کارشناسان سازمان شیلات در حدود ۲۵ تن است.

با وجود مزایای فراوان پرورش ماهی در قفس، این شیوه پرورش ماهی به این دلیل که یک سیستم باز تلقی می‌شود در صورت عدم استفاده بهینه از نهاده‌ها بخصوص غذای ماهی، تناقض بالایی با پایداری محیط زیست خواهد داشت (Déo Dias, 2012; Demetrio *et al*., 2012; Price & Morris, 2013)؛ لذا با تخصیص بهینه نهاده‌های تولیدی می‌توان تا حدود زیادی از بروز معضلات زیست‌محیطی این سیستم جلوگیری کرد. بنابراین تعیین شاخص‌های کارایی و بهره‌وری و تحلیل دلایل عدم کارایی هر مزرعه به منظور توسعه پایدار سیستم پرورش ماهی در قفس ضروری است (Iliyasu *et al*., 2016). افزون بر این، از آنجا که هدف از انجام عمده فعالیت‌های اقتصادی بدست آوردن حداکثر سود با توجه به قیمت‌ها و میزان نهاده‌های به کار رفته در جریان تولید است، ضروری

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.4.1]

است که استفاده بهینه از منابع مورد توجه قرار گیرد. به طور کلی با توجه به شناخت امکانات و محدودیت‌های موجود در بخش کشاورزی اقتصاد ایران شاید بتوان گفت که مناسب‌ترین راهکار برای افزایش تولید و درآمد کشاورزان، بکارگیری درست و مطلوب عوامل تولید موجود است. بنابراین هر مطالعه‌ای در زمینه کارایی و بهره‌وری تولید محصولات کشاورزی همراه با شناخت نقاط ضعف و قوت آن‌ها، می‌تواند به بهبود کارایی و بهره‌وری و افزایش تولید کمک نماید (کاوند و همکاران، ۱۳۹۳). طبق نظر Farell (۱۹۵۷) کارایی به سه دسته فنی، تخصیصی و اقتصادی تقسیم می‌شود. کارایی فنی وقتی حاصل می‌شود که برای تولید سطح مشخصی از محصول، کمترین میزان نهاده بکار گرفته شود. کارایی تخصیصی وقتی حاصل می‌شود که تولید سطح مشخصی از محصول با استفاده از ترکیبی از نهاده‌ها صورت گیرد که حداقل هزینه ممکن را در پی داشته باشد. کارایی اقتصادی نیز وقتی بدست خواهد آمد که هم کارایی فنی و هم کارایی تخصیصی وجود داشته باشند.

با توجه به اهمیت پرورش آبزیان به ویژه ماهی، مطالعات متعددی به بررسی کارایی و بهره‌وری واحدهای پرورش ماهی پرداخته‌اند که در ادامه به تعدادی از آن‌ها اشاره شده است. Alam (۲۰۱۱) به منظور محاسبه کارایی فنی، تخصیصی و اقتصادی مزارع پرورش ماهی پنگوسی (*Pangasius hypophthalmus*) در بنگلادش از رهیافت تحلیل پوشش داده‌ها[1] استفاده کرد که نتایج نشان داد مقادیر کارایی فنی، تخصیصی و اقتصادی به ترتیب برابر۰/۸۶، ۰/۶۲ و ۰/۵۴ است. Asche و همکاران (۲۰۱۳) با بکارگیری رهیافت تحلیل پوشش داده‌ها به محاسبه تغییرات بهره‌وری کل عوامل تولید[2] صنعت پرورش ماهی آزاد (*Salmo salar*) طی سال‌های ۲۰۰۸-۱۹۹۶ در کشور نروژ پرداختند و نشان دادند که بهره‌وری کل عوامل تولید در دوره مورد بررسی سالانه حدود ۲-۱ درصد رشد داشته است که سهم کارایی فنی و تغییرات تکنولوژیکی از آن به ترتیب برابر ۱/۲-۰/۲ و ۰/۸-۰/۶ درصد بوده است. نتایج آن‌ها نشان داد که رشد بهره‌وری کل عوامل تولید طی دوره مورد بررسی کند شده است و افزایش تعداد مزارع پرورش ماهی آزاد عامل اصلی افزایش تولید بوده است که می‌تواند در آینده محدودیت‌هایی را برای این صنعت ایجاد کند. Iliyasu و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از رهیافت تابع تولید مرزی تصادفی[3] به بررسی کارایی فنی[4] مزارع پرورش ماهی در قفس در مالزی پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که میانگین کارایی فنی مزارع ۰/۷۹ است و مزارع مورد بررسی به اندازه ۲۱ درصد زیر مرز تولیدی فعالیت می‌کنند.

در داخل کشور نیز مطالعاتی صورت گرفته است که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. نقشینه‌فرد و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعه‌ای با استفاده از داده‌های ۵۶ واحد فعال پرورش ماهی قزل‌آلا در استان فارس طی سال‌های ۸۷-۱۳۸۲ به تعیین کارایی و بهره‌وری کل عوامل تولید مزارع پرورش ماهی قزل‌آلا پرداختند. یافته‌های پژوهش آن‌ها نشان داد که میانگین کارایی فنی، تخصیصی[5] و مقیاس[6] تحت شرایط بازده متغیر

[1] Data envelopment analysis approach (DEA)

[2] Total factor productivity (TFP)
[3] Stochastic production frontier approach (SFA)
[4] Technical efficiency
[5] Allocative efficiency
[6] Scale efficiency

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.4.1]

نسبت به مقیاس[1] به ترتیب برابر ۰/۹۶۳، ۰/۶۲۲ و ۰/۹۸۴ بوده است و غذا مهم‌ترین عامل موثر بر تولید واحدها است. همچنین مشخص گردید که بهره‌وری کل عوامل تولید مزارع طی دوره منتخب بیش از ۱۶ درصد رشد داشته است. ناظرانی (۱۳۹۵) با استفاده از رهیافت اقتصاد سنجی تابع تولید مرزی به بررسی کارایی فنی و زیست‌محیطی مزارع پرورش ماهی در استان خوزستان پرداخت و نشان داد که میانگین کارایی فنی این مزارع ۰/۹۴ است.

با وجود انجام مطالعات مختلف در حوزه ارزیابی کارایی و بهره‌وری آبزیان و پرورش آبزیان در ایران، تاکنون هیچ مطالعه‌ای در حوزه کارایی و بهره‌وری پرورش ماهی در قفس صورت نگرفته است. از این جهت مطالعه حاضر قدمی جدید در مطالعات مربوط به آبزیان به ویژه پرورش آبزیان است. بر این اساس هدف مطالعه حاضر ارزیابی بهره‌وری و کارایی مزارع پرورش ماهی در قفس و تحلیل چرایی عدم کارایی تعدادی از واحدهای پروش‌دهنده در استان مازندران است.

مواد و روش‌ها

محاسبه بهره‌وری: در این پژوهش برای محاسبه بهره‌وری کل عوامل تولید، از شاخص ترنکوئیست-تیل[2] -که یک روش ناپارامتریک است- استفاده شده است. این شاخص هنگامی که به صورت مقطعی برآورد می‌شود، بیانگر آن است که هر بنگاه نسبت به میانگین بنگاه‌های موجود چه وضعیتی دارد. شاخص مذکور به صورت زیر است (رفیعی و همکاران، ۱۳۹۰):

$$TFP = \frac{\prod_{i=1}^{n}\left(\frac{y_i}{\bar{y}}\right)^{0.5\left(R_i+\bar{R}\right)}}{\prod_{i=1}^{m}\left(\frac{X_i}{\bar{X}}\right)^{0.5\left(S_i+\bar{S}\right)}} \quad (۱)$$

در فرمول فوق TFP_i شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید برای بنگاه iام، y_i و $\bar{y}$ به ترتیب مقدار محصول iام از کل محصول و میانگین محصول، R_i و $\bar{R}$ سهم محصول iام از کل درآمد و میانگین سهم درآمدها، X_i و $\bar{X}$ به ترتیب مقدار نهاده iام و میانگین مقداری نهاده i برای هر واحد، S_i و $\bar{S}$ به ترتیب سهم نهاده iام از کل هزینه و میانگین سهم نهاده‌ها، n تعداد محصولات و m تعداد نهاده‌ها است. مقدار بیشتر از یک در شاخص ترنکوئیست-تیل، به معنای بهره‌وری کل مناسب در صنعت و مقدار کمتر از یک بیانگر بهره‌وری نامناسب است (Ruttan, 2002).

محاسبه کارایی: در مطالعه حاضر برای محاسبه کارایی از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) در حالت نهاده‌گرا استفاده شده است. با فرض وجود N بنگاه، K عامل تولید و M محصول، روش DEA برای محاسبه کارایی فنی با فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس بصورت زیر فرموله می‌شود (امامی میبدی، ۱۳۹۰):

$$\begin{aligned} &\theta^* = Min\theta \\ &s.to: -y_i + Y\lambda \geq 0 \\ &\quad \theta X_i - X\lambda \geq 0 \\ &\quad \lambda \geq 0 \end{aligned} \quad (۲)$$

X یک ماتریس K×N از عوامل تولید و Y یک ماتریس M×N از محصولات است. این دو ماتریس نشان‌دهنده کلیه اطلاعات مربوط به N واحد تصمیم ساز[3] است. لازم به ذکر است که در این روش به منظور

[1] Variable return to scale
[2] Tornqvist-Theil
[3] Decision Making Unit

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.4.1]

جامعیت بخشیدن، به جای لفظ تولید کننده عموما از عنوان واحد تصمیم‌ساز استفاده می‌شود. λ برداری $N\times1$ از مقادیر عددی غیرمنفی است که وزن‌های مجموعه مرجع[1] را نشان می‌دهد. در رابطه فوق اولین قید بیان می‌دارد که آیا مقادیر واقعی محصول تولید شده توسط بنگاه iام با استفاده از عوامل تولید مورد استفاده، می‌تواند بیش از این باشد یا خیر. محدودیت دوم دلالت بر این دارد که عوامل تولیدی بکار گرفته شده توسط بنگاه iام، حداقل بایستی به اندازه عوامل بکار رفته توسط بنگاه مرجع باشد. لازم است مدل برنامه‌ریزی خطی فوق N بار و هر مرتبه برای یکی از بنگاه‌ها حل شود. در نتیجه میزان کارایی فنی برای هر بنگاه بدست خواهد آمد. مقدار کارایی فنی برای یک بنگاه کمتر یا مساوی یک است. اگر کارایی فنی برابر یک باشد، نشان‌دهنده نقطه‌ای روی تابع تولید مرزی است و بنابراین طبق نظریه فارل، بنگاه دارای کارایی فنی صد درصد است. ضمنا با اضافه کردن قید $NI'\lambda=1$ به مدل برنامه‌ریزی قبل محاسبات با فرض بازده متغیر نسبت به مقیاس انجام خواهد شد (امامی میبدی، ۱۳۹۰). در مدل تحلیل پوششی داده‌ها با فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس، کارایی فنی کلی محاسبه می‌شود که اثرات ناکارایی مقیاس را نیز در بر دارد. اما مدل تحلیل پوششی داده‌ها با فرض بازده متغیر نسبت به مقیاس، کارایی فنی خالص را بدست می‌دهد (Li *et al.*, 2013). لذا با توجه به هدف تحقیق برای محاسبه کارایی در مطالعه حاضر از فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس استفاده شده است.

به منظور اندازه‌گیری کارایی تخصیصی و کارایی اقتصادی می‌توان از سه روش حداقل کردن هزینه، حداکثر کردن درآمد و یا حداکثر کردن سود استفاده کرد. کارایی تخصیصی بر مبنای روش حداقل کردن هزینه بصورت زیر است (امامی میبدی، ۱۳۹۰):

$$\begin{aligned} Min \quad & W_i'X_i^*, \\ s.to: \quad & -Y_i + Y\lambda \geq 0, \qquad (۳) \\ & X_i^* - X\lambda \geq 0, \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

در اینجا W_i بردار قیمت‌های عوامل تولید و X^*_i (که با حل مسئله برنامه‌ریزی فوق حاصل می‌شود) بردار عوامل تولیدی است که باعث حداقل‌سازی هزینه بنگاه با قیمت‌های W_i و سطح تولید Y_i خواهد شد. در مرحله اول کارایی اقتصادی یا هزینه (EE) برای هر بنگاه بصورت زیر محاسبه خواهد شد (امامی میبدی، ۱۳۹۰):

$$EE = \frac{W_i'X_i^*}{W_i'X_i} \qquad (۴)$$

کارایی اقتصادی نسبت حداقل هزینه ممکن به حداقل هزینه موجود است. در مرحله بعد کارایی تخصیصی (AE) از تقسیم کارایی اقتصادی (EE) بر کارایی فنی (TE) به صورت زیر محاسبه می‌شود (امامی میبدی، ۱۳۹۰):

$$AE = \frac{EE}{TE} \qquad (۵)$$

داده‌های تحقیق: بر اساس تئوری اقتصاد تولید برای محاسبه کارایی اقتصادی نیاز است تا اطلاعات مربوط به میزان محصول برداشت شده، میزان استفاده از هر یک از نهاده‌ها و قیمت هر یک از نهاده‌ها برای تمامی مزارع مورد بررسی در دست باشد (Alam, 2011). بر همین اساس و با مرور پیشینه پژوهش مشخص شد برای برآورد کارایی و بهره‌وری سیستم پرورش ماهی در قفس‌های دریایی، داده‌های میزان ماهی برداشت شده به همراه میزان و قیمت نهاده‌های

[1] Reference set

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.4.1]

حجم توده اولیه، نیروی کار، غذا، حجم قفس و تعداد ساعات استفاده از قایق موتوری مورد نیاز هستند. داده-های مذکور از طریق مراجعه حضوری به تمامی مزارع پرورش ماهی در قفس و تکمیل پرسشنامه در فصل پرورشی ۹۶-۱۳۹۵ جمع‌آوری شد. چنان که بیان شد در زمان جمع‌آوری داده‌ها تعداد ۹ مزرعه فعال پرورش ماهی در قفس در استان مازندران وجود داشته است که همگی آن‌ها به پرورش قزل‌آلای رنگین کمان مشغول بوده‌اند. اطلاعات هر یک از مزارع در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول۱: مشخصات مزارع پرورش ماهی در قفس(استان مازندران)

ردیف	مشخصات مزرعه	شهرستان	تعداد قفس	تراکم کشت اولیه (کیلوگرم/متر مکعب)
۱	مزرعه شماره ۱	جویبار	۲۰	۱/۱۴۶
۲	مزرعه شماره ۲	بابلسر	۴	۱/۶۵۶
۳	مزرعه شماره ۳	نوشهر	۱۰	۱/۲۷۴
۴	مزرعه شماره ۴	نوشهر	۴	۰/۸۶۶
۵	مزرعه شماره ۵	نوشهر	۲	۱/۴۱۵
۶	مزرعه شماره ۶	عباس آباد	۲	۱/۱۱۵
۷	مزرعه شماره ۷	عباس آباد	۱۱	۱/۳۵۳
۸	مزرعه شماره ۸	تنکابن	۲	۲/۴۸۸
۹	مزرعه شماره ۹	تنکابن	۲	۱/۱۹۴

نتایج

آماره‌های توصیفی ستاده و نهاده‌ها در جدول (۲) ارائه شده است. همچنین بر مبنای پیشینه پژوهش، قیمت هر متر مکعب قفس بر اساس هزینه استهلاک و تعمیر و نگهداری قفس در طول دوره محاسبه شده است.

جدول۲: میزان محصول برداشت شده و میزان نهاده‌های استفاده شده در دوره پرورش (در هر قفس)

	واحد	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
حجم قفس	متر مکعب	۳۰۳۰/۱۵۵	۳۵۳/۹۷۸	۱۴۰۶/۷۲۰	۳۴۶۱/۸۵۰
قیمت هر متر مکعب قفس	ده ریال	۴۲۰۲/۲۱۷	۱۱۱۵/۰۳۶	۳۱۸۴/۷۱۳	۷۵۵۸/۷۱۸
حجم توده اولیه	تن	۳/۷۹۶	۰/۴۶۳	۳	۵/۲۰۰
قیمت یک تن توده اولیه	ده ریال	$۱/۷۷۰\times۱۰^{۷}$	$۲/۵۹۶\times۱۰^{۶}$	۸×۱۰^{۶}	$۲/۴۰۰\times۱۰^{۷}$
نیروی کار	نفر روز کار	۲۳۹/۹۱۲	۱۰۶/۳۴۷	۱۵۳	۴۵۰
قیمت یک نفر روز کار نیروی کار	ده ریال	۴۹۴۲۱/۰۵۲	۱۲۶۶/۲۸۴	۴۶۷۰۰	۵۰۰۰۰
غذا	تن	۱۱/۱۵۴	۲/۱۷۸	۸	۱۷/۵۰۰
قیمت یک تن غذا	ده ریال	$۴/۰۵۲\times۱۰^{۶}$	$۲/۷۸۴\times۱۰^{۵}$	۴×۱۰^{۶}	$۵/۵۰۰\times۱۰^{۶}$
قایق موتوری	ساعت	۱۱۷/۳۶۸	۹۴/۵۰۶	۶۰	۳۷۵
قیمت هر ساعت کار قایق موتوری	ده ریال	۱۱۷۸۳/۸۵۵	۱۵۱۲/۷۱۱	۹۵۸۳/۳۳۳	۱۵۰۰۰
ماهی برداشت شده	تن	۱۲/۴۲۱	۳/۶۴۹	۶	۲۳

یافته‌ها و شواهد حاکی از تفاوت زیاد در میزان برداشت ماهی و میزان استفاده از نهاده‌ها است. به عنوان مثال میزان برداشت ماهی در هر قفس بین ۶ تا ۲۳ تن متغیر بوده است که شواهدی از وجود ناکارایی در تولید را ارائه می‌دهد. نتایج محاسبه شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید برای تمامی مزارع و همچنین درصد افزایش مورد نیاز در میزان ماهی تولیدی به منظور دستیابی به بهره‌وری مساوی واحد در هر یک از مزارع

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.4.1]

با بهره‌وری کمتر از واحد در جدول (۳) نشان داده شده است. مقادیر بزرگ‌تر از یک برای شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید نشان می‌دهد آن مزرعه نسبت به متوسط مزارع موجود از شرایط بهتری به لحاظ بهره‌وری برخوردار بوده است. یافته‌ها و شواهد حاکی از تفاوت زیاد در میزان برداشت ماهی و میزان استفاده از نهاده‌ها است. به عنوان مثال میزان برداشت ماهی در هر قفس بین ۶ تا ۲۳ تن متغیر بوده است که شواهدی از وجود ناکارایی در تولید را ارائه می‌دهد. نتایج محاسبه شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید برای تمامی مزارع و همچنین درصد افزایش مورد نیاز در میزان ماهی تولیدی به منظور دستیابی به بهره‌وری مساوی واحد در هر یک از مزارع با بهره‌وری کمتر از واحد در جدول (۳) نشان داده شده است. مقادیر بزرگ‌تر از یک برای شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید نشان می‌دهد آن مزرعه نسبت به متوسط مزارع موجود از شرایط بهتری به لحاظ بهره‌وری برخوردار بوده است.

جدول ۳: نتایج شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید و درصد افزایش مورد نیاز در میزان محصول فعلی هر مزرعه به منظور کسب بهره وری برابر با یک

مشخصات مزرعه	بهره‌وری کل عوامل تولید	درصد افزایش مورد نیاز در میزان محصول فعلی
مزرعه شماره ۱	۱/۱۷۲	-
مزرعه شماره ۲	۰/۸۸۹	۱۲/۴۳۰
مزرعه شماره ۳	۰/۵۳۹	۸۵/۴۳۰
مزرعه شماره ۴	۱/۱۷۳	-
مزرعه شماره ۵	۱/۰۳۳	-
مزرعه شماره ۶	۰/۷۷۹	۲۸/۳۳۱
مزرعه شماره ۷	۱/۰۰۱	-
مزرعه شماره ۸	۱/۴۷۸	-
مزرعه شماره ۹	۰/۹۱۹	۸/۷۰۶
میانگین	۰/۹۹۸	۳۳/۷۲۴

میزان کارایی فنی، تخصیصی و اقتصادی هر یک از مزارع پرورش ماهی در قفس در حالت نهاده‌گرا و با فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس در جدول (۴) ارائه شده است که میانگین آن به ترتیب برابر ۰/۸۸۴، ۰/۷۲۵ و ۰/۶۴۵ بوده است. واضح است که مزارع به لحاظ کارایی تخصیصی از شرایط مناسبی برخوردار نبوده‌اند و در دستیابی به ترکیب حداقل کننده هزینه‌های ناشی از مصرف عوامل تولید و کسب سود حداکثری (با توجه به سطح معینی از محصول) ناموفق عمل کرده‌اند.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.4.1]

جدول ۴: نتایج کارایی فنی، تخصیصی و اقتصادی مزارع پرورش ماهی در قفس

مشخصات مزرعه	کارایی فنی	کارایی تخصیصی	کارایی اقتصادی
مزرعه شماره ۱	۱	۰/۷۵۴	۰/۷۵۴
مزرعه شماره ۲	۰/۹۸۹	۰/۵۷۲	۰/۵۶۵
مزرعه شماره ۳	۰/۶۳۱	۰/۵۴۵	۰/۳۴۴
مزرعه شماره ۴	۰/۹۸۶	۰/۷۳۲	۰/۷۲۲
مزرعه شماره ۵	۰/۸۷۸	۰/۷۶۲	۰/۶۶۹
مزرعه شماره ۶	۰/۷۶۱	۰/۶۷۳	۰/۵۱۲
مزرعه شماره ۷	۱	۰/۶۳۹	۰/۶۳۹
مزرعه شماره ۸	۱	۱	۱
مزرعه شماره ۹	۰/۷۱۰	۰/۸۵۰	۰/۶۰۳
میانگین	۰/۸۸۴	۰/۷۲۵	۰/۶۴۵

نظر به اهمیت استفاده از ترکیب عوامل تولید حداقل‌کننده هزینه، در ادامه به تعیین این مقادیر پرداخته شد و سپس بر مبنای فاصله بین میزان عوامل تولید به کار رفته در واقعیت و میزان عوامل تولید حداقل‌کننده هزینه (با فرض ثابت بودن سطح محصول)، درصد تغییر در هزینه عملیاتی تمام شده یک کیلوگرم ماهی در صورت استفاده از ترکیب حداقل‌کننده هزینه برای هر یک از مزارع ناکارا مورد محاسبه قرار گرفت که نتایج آن در جدول (۵) ارائه شده است. همان طور که در جدول (۵) مشخص است مزارع ناکارا به طور متوسط با کاهش ۵۵/۵۰۴ درصدی حجم قفس‌های مورد استفاده، کاهش ۴۹/۸۴۵ درصدی توده اولیه، کاهش ۱۷/۶۳۴ درصدی نیروی کار، افزایش ۱۷/۷۳۰ درصدی تعداد ساعات کار قایق موتوری و کاهش ۱۸/۰۲۸ درصدی غذای ماهی و البته در صورت مدیریت مناسب و استفاده بهینه از عوامل تولید، قادر به تولید سطوح فعلی محصول بوده‌اند که از این طریق هزینه‌های عملیاتی تولید هر کیلوگرم ماهی برای قفس‌داران بطور متوسط حدود ۴۰ درصد کاهش می‌یافت.

جدول ۵: درصد تغییر مورد نیاز در میزان مصرف نهاده‌ها به منظور دستیابی به ترکیب حداقل هزینه ممکن (با فرض ثابت بودن سطح تولید)

مشخصات مزرعه	حجم قفس	توده اولیه	نیروی کار	قایق موتوری	غذای ماهی	درصد تغییر در هزینه عملیاتی تمام شده یک کیلوگرم ماهی
مزرعه شماره ۱	-۵۲/۷۳۰	-۴۰/۸۲۱	۷۳/۰۶۰	۱۰۴/۳۴۷	-۱۱/۲۳۲	-۲۴/۶۰۲
مزرعه شماره ۲	-۵۴/۶۷۸	-۶۱/۹۵۶	-۱۵/۹۴۲	-۱/۴۴۹	-۱/۰۸۷	-۴۳/۴۵۸
مزرعه شماره ۳	-۶۸/۳۱۳	-۷۷/۱۷۳	-۳۱/۲۲۵	۴۷/۸۲۶	-۴۲/۹۳۵	-۶۵/۶۱۳
مزرعه شماره ۴	-۵۳/۴۹۸	-۲۳/۹۱۳	-۲۹/۰۷۶	۳۸/۵۸۷	-۱۳/۵۳۷	-۲۷/۷۶۵
مزرعه شماره ۵	-۴۷/۵۳۶	-۴۲/۹۳۴	-۳۱/۲۲۵	-۳۲/۸۰۶	-۱۲/۲۰۷	-۳۳/۰۹۹
مزرعه شماره ۶	-۶۰/۵۲۱	-۵۶/۵۲۱	-۵۷/۹۷۱	-۴۰/۸۶۹	-۲۳/۹۱۵	-۴۸/۷۸۸
مزرعه شماره ۷	-۵۴/۰۲۸	-۵۲/۲۵۹	-۷/۵۳۶	۷۱/۰۱۴	-۱۰/۳۲۵	-۳۶/۰۸۵
مزرعه شماره ۸	-	-	-	-	-	-
مزرعه شماره ۹	-۵۲/۷۳۰	-۴۳/۱۸۸	-۴۱/۱۵۹	-۴۴/۸۱۱	-۲۸/۹۸۶	-۳۹/۶۶۷
میانگین	-۵۵/۵۰۴	-۴۹/۸۴۵	-۱۷/۶۳۴	۱۷/۷۳۰	-۱۸/۰۲۸	-۳۹/۸۸۵

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.4.1]

بحث

بر پایه نتایج محاسبه شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید، چهار مزرعه از مجموع نه مزرعه به بهره‌وری کمتر از یک دست یافته‌اند و میانگین شاخص مذکور نیز برابر ۰/۹۹۸ بوده است. همچنین مزارعی که بهره‌وری کمتر از یک دارند به طور متوسط باید میزان محصول تولیدی‌شان حدود ۳۴ درصد افزایش یابد تا به بهره‌وری یک برسند. به عبارت دیگر می‌توان گفت که در مجموع مزارعی که بهره‌وری کمتر از یک داشته‌اند حدود ۳۴ درصد با پتانسل تولیدشان فاصله داشته‌اند. این تفاوت در تولید واقعی و پتانسیل تولید برای مزرعه شماره (۳) بیشترین و برای مزرعه (۹) کمترین مقدار است. از طرفی چنان که بیان شد نتایج محاسبه کارایی مزارع نیز نشان می‌دهد که مزارع در دستیابی به کارایی تخصیصی از شرایط مناسبی برخوردار نیستند و در دستیابی به ترکیب حداقل‌کننده هزینه‌های ناشی از مصرف عوامل تولید ناموفق عمل کرده‌اند. نکته قابل توجه این است که دو حالت حدی در جدول ۳ و ۴ مشهود است که اول، مقادیر بهره‌وری و کارایی محاسبه شده برای مزرعه شماره ۸ و دوم، مقادیر بهره‌وری و کارایی محاسبه شده برای مزرعه شماره ۳ می‌باشد. به دنبال بررسی علل موفقیت مزرعه شماره ۸ مشخص گردید که مدیریت مزرعه مذکور به واسطه تجربه بالا در زمینه پرورش ماهی در قفس در کشوری دیگر و شرکت در دوره‌های آموزشی خارجی اطلاعات بسیار خوبی در مورد نحوه مدیریت تغذیه، لنگربندی و چیدمان مناسب قفس‌ها دارد که متاسفانه بقیه قفس‌داران از آن بی‌اطلاع بوده و یا توجه اندکی به آن داشته‌اند. عامل دیگر موفقیت مزرعه شماره ۸ در کسب بهره‌وری و کارایی اقتصادی بالاتر این است که مدیریت مزرعه با خریداری تخم بچه‌ماهی از کشور فرانسه و به واسطه برخورداری از استخر پشتیبان مجهز برای مقاوم‌سازی و تطبیق دادن بچه‌ماهی با توجه به شرایط دریا، توانسته است توده اولیه مورد نیاز را در داخل خود مزرعه پرورش دهد و حال آن که سایر مزارع بچه‌ماهی مورد نیاز خود را از مراکز پرورش بچه‌ماهی تهیه کرده‌اند که در مواردی این پرورش‌دهندگان در شروع فصل پرورشی و با اطلاع از نیاز قفس‌داران به توده اولیه، اقدام به افزایش شدید قیمت بچه‌ماهی کرده‌اند. عوامل مزرعه شماره ۸ توانسته‌اند علاوه بر پرورش بچه‌ماهی‌های سالم و مناسب، هزینه تمام شده هر کیلوگرم بچه‌ماهی به کمتر از نصف کاهش دهند. این در حالیست که به طور متوسط ۰/۴۵۲ از هزینه کل مزارع مورد مطالعه ناشی از خرید بچه‌ماهی و تامین توده اولیه بوده است که مبلغ قابل توجهی است. یکی دیگر از مزایای وجود استخر پشتیبان در مزرعه شماره ۸ این است که افزون بر پرورش توده اولیه، از آن برای نجات ماهیان از گرما در اواخر دوره برداشت و جلوگیری از تلفات زیاد استفاده شده است. از آنجا که ماهی قزل‌آلا یک ماهی سردابی است، حساسیت بالایی نسبت به تغییرات دما دارد به گونه‌ای که به گفته قفس‌داران دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد آستانه خطر تلقی شده و دمای بالاتر منجر به تلفات بالا می‌شود. اهمیت موضوع اخیر تا حدی است که یکی از قفس‌داران بیان داشته است که گرمای زیاد می‌تواند روزانه منجر به مرگ ۴۰۰۰ قطعه ماهی در هر قفس شود. عوامل مزرعه شماره ۸ در صورت بروز گرما در اواخر دوره پرورشی اقدام به انتقال ماهیان از قفس‌ها به استخر کرده که این امر علاوه بر جلوگیری از تلفات زیاد، منجر شده تا مدیریت مزرعه بتواند در زمان مناسب اقدام به فروش

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.4.1]

ماهیان تولیدی خود کند و از معامله با دلالان که با آگاهی از شرایط به وجود آمده سعی در خرید ماهی با قیمت‌های اندک را دارند بی نیاز باشد. بر اساس محاسبات صورت گرفته تولید یک کیلوگرم ماهی به طور متوسط حدود ۱۲۰ هزار ریال هزینه در پی داشته است. حال آن که برخی از قفس‌داران به دلیل گرمای زیاد و عدم برخورداری از استخر پشتیبان ناچار به فروش ماهی به دلالان با همین قیمت شده‌اند. عامل نهایی که در مورد مزرعه شماره ۸ باید به آن توجه داشت این است که چنان که در جدول ۱ مشخص است، تراکم کشت بکار گرفته شده در این مزرعه بطور معنی‌داری از سایر مزارع بالاتر بوده است و احتمال دارد این خود یکی از دلایل موفقیت مزرعه مذکور باشد. پیش از این نیز مطالعات متعدد داخلی و خارجی از جمله خیاطی و مشعوفی (۱۳۸۶) در تخمین بهره‌وری کل عوامل تولید مزارع پرورش ماهیان گرمابی و سردابی در استان گیلان، علیخانی و همکاران (۱۳۹۴) در بررسی کارایی تکنیکی و ریسک تولید در مزارع پرورش ماهی سردابی شهرستان کامیاران و Iliyasu و همکاران (۲۰۱۶) در محاسبه کارایی فنی پرورش ماهی در قفس‌های دریایی در مالزی نشان دادند که تراکم کشت بالاتر موجب افزایش کارایی پرورش ماهیان می‌شود. البته باید همواره توجه داشت که استفاده از تراکم کشت بیش از حد نیز ضمن تاثیر منفی بر میزان تولید، تبعات زیست‌محیطی فراوانی به همراه خواهد داشت (Gondwe *et al*, 2011).

حالت حدی دوم در شاخص بهره‌وری و کارایی محاسبه شده مربوط به مزرعه شماره ۳ بوده است که مشخصا دو عامل عمده منجر به ایجاد عدم کارایی در این مزرعه شده است. اول اینکه مدیریت مزرعه مذکور بسیار دیر و در بهمن ماه اقدام به شروع دوره کرده است در حالی که اکثر قفس‌داران به محض رسیدن دمای آب به شرایط مطلوب (حدود ۱۶-۱۳ درجه سانتی‌گراد) که معمولا در اواخر آبان رخ می‌دهد اقدام به شروع دوره کرده‌اند. عامل دوم برداشت دیر هنگام ماهی بوده است به نحوی که عوامل مزرعه مذکور در پایان خرداد ماه و پس از گرم شدن آب اقدام به برداشت ماهی کرده‌اند که در نتیجه آن حدود نصف ماهیان تلف شده و از هر قفس تنها ۶ تن ماهی برداشت شده است که براساس اطلاعات جدول (۲) این میزان برابر با نصف میانگین ماهی برداشت شده و حدود ۲۵ درصد از بیشترین ماهی برداشت شده توسط مزارع پرورش ماهی در قفس در استان مازندران است.

چنان که بیان شد مزارع ناکارا با کاهش قابل ملاحظه در نهاده‌های حجم قفس، حجم توده اولیه، نیروی کار و غذای ماهی و تنها افزایش اندکی در نهاده تعداد ساعات کار قایق موتوری و البته در صورت مدیریت مناسب و استفاده بهینه از عوامل تولید، قادر به تولید سطوح فعلی محصول بوده‌اند و می‌توانسته‌اند از این طریق هزینه‌های عملیاتی تولید هر کیلوگرم ماهی را به طور متوسط حدود ۴۰ درصد کاهش دهند. نکته قابل توجه در جدول (۵) این است که چهار مزرعه از نه مزرعه مورد بررسی به منظور دستیابی به ترکیب حداقل هزینه ملزم به افزایش استفاده از قایق موتوری بوده‌اند که با مراجعه مجدد به قفس‌داران مشخص شد که این مزارع به دلیل در اختیار داشتن تعداد قایق موتوری محدودتر در مواردی نتوانسته‌اند سرکشی و همچنین غذا رسانی مناسبی به تمامی قفس‌ها داشته باشند. این در حالیست که سر کشی منظم به قفس‌ها و نمونه‌گیری مداوم از آن‌ها، انجام گشت شبانه به منظور جلوگیری از

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.4.1]

سرقت ماهی از قفس‌ها و غذا رسانی به تمام قفس‌ها در وقت مناسبی از روز و به دور از گرما همگی مستلزم در اختیار داشتن تعداد قایق موتوری کافی است. البته ذکر این نکته ضروری است که در فرآیند پایش و غذادهی، بهتر است بجای روش‌های پر هزینه و ناکارامد مرسوم، از روش‌های نوین بکار گرفته شده در سطح دنیا از جمله دوربین‌های مداربسته زیرآبی و دستگاه‌های غذادهی اتوماتیک با انرژی خورشیدی استفاده کرد.

شواهد در منطقه مطالعاتی حاکی از آن است که موانعی همچون در اختیار نداشتن استخر پشتیبان و ضعف دانش فنی قفس‌داران از جمله محدودیت‌های دستیابی به ترکیب عوامل حداقل‌کننده هزینه بوده‌اند. بنابراین پیشنهاد می‌شود روند دریافت تسهیلات بانکی و اعطای مجوز احداث استخر پشتیبان تسهیل گردد. همچنین پیشنهاد می‌شود که با اعمال سیاست‌های تشویقی، مزارع موفق تجربیات خود رابه دیگر مزارع منتقل کنند. این امر می‌تواند از طریق برگزاری دوره‌های آموزشی با بکارگیری مدرسین مجرب و قفس‌داران موفق عملی شود. ضمنا به نظر می‌رسد بتوان با استفاده از قفس‌های دارای قابلیت غوطه‌وری و انتقال آن به مناطق کوهستانی در اواخر دوره پرورشی، از بروز تلفات شدید ماهیان در اواخر دوره پرورشی در اثر گرما جلوگیری کرد. بر این اساس پیشنهاد می‌شود تحقیقی در زمینه امکان‌سنجی استفاده از قفس‌های غوطه‌ور انجام شود. در نهایت می‌توان بیان داشت که عوامل موفقیت و عدم موفقیت مزارع در دو دسته کلی زیرساخت و مدیریت قرار دارد. لذا پیشنهاد می‌شود که سرمایه‌گذاری‌های لازم توسط دستگاه‌های ذیربط و مزرعه داران در هر دو حوزه مذکور به منظور دستیابی به بهره‌وری و کارایی بالاتر همگام با هم صورت گیرد.

سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم می دانیم از زحمات کلیه کسانی که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند سپاسگزاری نماییم.

منابع

۱. امامی میبدی، ع.، ۱۳۹۰. کارایی و بهره‌وری از دیدگاه اقتصادی. انتشارات دانشگاه علامه طباطبایی، چاپ اول. تهران. ۳۴۳ ص.

۲. ایزدی، ع.، سیدی قمی، م.ک.، و حقیقی، س.، ۱۳۹۵. فرصت‌های سرمایه‌گذاری در آبزی‌پروری پرورش ماهیان دریایی در قفس. نشر آموزش کشاورزی، چاپ اول. سازمان شیلات ایران. ۲۵ ص.

۳. خیاطی، م. و مشعوفی، م.، ۱۳۸۶. اندازه گیری و تحلیل بهره‌وری کل عوامل تولید در مزارع پرورش ماهی مطالعه موردی مزارع گرمابی و سردابی استان گیلان. اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۱۵(۵۹)، ۷۴-۵۳.

۴. رفیعی، ح.، حیدری خورمیزی، ر. و گنج‌خانلو، مهدی.، ۱۳۹۰. بررسی بهره‌وری کل عوامل تولید و محاسبه کارایی و بازدهی مقیاس در گاوداری‌های صنعتی تولیدکننده شیر: مطالعه موردی استان گیلان. تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۳(۴)، ۱۳۲-۱۱۷.

۵. علیخانی، ل.، دشتی، ق.، راحلی، ح. و حسین‌زاد، ج.، ۱۳۹۴. کارایی تکنیکی و ریسک تولید در مزارع پرورش ماهی سردابی شهرستان کامیاران.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.4.1]

پژوهش‌های علوم دامی (دانش کشاورزی)، ۲۵(۲)، ۱۲-۱.

۶. کاوند، ح. کلبعلی، ا. و صبوحی،م.، ۱۳۹۳. کاربرد روش تحلیل پوششی داده‌ها در بررسی کارایی تولید زعفران مطالعه موردی: شهرستان قائن. مجله زراعت و فناوری زعفران، ۲(۱)، ۳۰-۱۷.

۷. ناظرانی، ب.، ۱۳۹۵. بررسی کارایی فنی و زیست‌محیطی مزارع پرورش ماهی در قفس در استان خوزستان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران. ۱۳۸ ص.

۸. نقشینه‌فرد، م.، محمدی، ح.، فرج‌زاده، ز.، و عامری، ع.، ۱۳۹۰. تحلیل کارایی و بهره‌وری کل عوامل تولید واحدهای پرورش ماهی قزل‌آلا در استان فارس. پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، جلد ۱۹(۵۷)، ۱۵۶-۱۳۳.

9. Alam, M.F., 2011. Measuring technical, allocative and cost efficiency of pangas (*Pangasius hypophthalmus:* Sauvage 1878) fish farmers of Bangladesh. Aquaculture Research, 42, 1487-1500.
10. Asche, F., Guttormsen, A.G., Nielsen, R., 2013. Future challenges for the maturing Norwegian salmon aquaculture industry: An analysis of total factor productivity change from 1996 to 2008. Aquaculture, 399, 43–50.
11. Beveridge, M., 2013. In: Chapter 4. World Ocean review 2. International Ocean Institute, Malta, 144 p.
12. Demetrio, J.A., Gomes, L.C., Latini, J.D., Agostinho, A.A., 2012. Influence of net cage farming on the diet of associated wild fish in a Neotropical reservoir. Aquaculture, 333, 172-178.
13. Déo Dias, J., RessyéSimões, N., Bonecker, C.C., 2012. Net cages in fish farming: a scientometric analysis. Acta LimnologicaBrasiliensi, 24, 12-17.
14. FAO., 2018. FAO aquaculture newsletter. Available at www.fao.org/ag/ca/.
15. Farell, M.J., 1957. The measurement of productive efficiency. Journal of the Royal Statistical Society, 3, 253-290.
16. Gondwe, J., 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.
17. Iliyasu, A., Mohamed, Z. A., Ismail, M. M., Amin, A. M., Mazuki, H., 2016. Technical efficiency of cage fish farming in Peninsular Malaysia: a stochastic frontier production approach. Aquaculture Research, 47, 101-113.
18. Islam, S.M., 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, 48-61.
19. Price, S.C., Morris, J., 2013. Marine Cage Culture and the Environment, first ed. National oceanic and atmospheric administration, United States, 172 p.
20. Ruttan, V. W., 2002. Productivity growth in world agriculture: Sources and constraints. Journal of Economics Perspectives, 16, 161-184.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.4.1]