تحلیل اقتصادی تولید ماهیان سردآبی بر اساس خود اتکایی بر تولید تخم چشم زده داخلی یا واردات آن

هیوا اسدی کیا[۱]، سید حبیب الله موسوی*[۲]، صادق خلیلیان[۳]، حامد نجفی علمدارلو[۴]

چکیده

استفاده از تخم‌چشم‌زده وارداتی در مقابل نوع تولید داخلی آن، همواره یکی از چالشهای اصلی در فرآیند تولید قزل‌آلا در ایران بوده است. عامل اصلی ایجاد این چالش وجود ضریب تبدیل غذایی پایین‌تر نژاد وارداتی و کاهش هزینه‌های خوراک ماهیان پرورش‌یافته از این نژاد نسبت به نوع تکثیرشده از نژاد ایرانی است. با این حال قیمت نژاد وارداتی به مراتب بالاتر بوده و احتمال عدم تامین همیشگی آن نیز تهدیدی برای پایداری تولید و امنیت غذایی خواهد بود. با این توصیف، مطالعه حاضر جهت یافتن راه حلی پایدار برای مسئله فوق طراحی گردید. بدین منظور از مفهوم کارایی اقتصادی و رهیافت تحلیل پوششی داده‌ها در بین مزارع دارای مجوز تکثیر و پرورش و تفریخ و پرورش استان مازندران استفاده شد. براساس نتایج، مزرعه‌های مذکور تقریباً بهره‌برداری مناسبی از نهاده‌های تولید خود دارند؛ به‌طوری‌که میانگین کارایی فنی در بین آنها ۸۷ درصد است. با این حال تمایز اصلی مزارع در کارایی تخصیصی است که نهایتاً موجب شده تا میانگین کارایی اقتصادی آنها اندک و در حدود ۴۳ درصد گردد. با توجه به این‌که میانگین کارایی اقتصادی در بین مزارع دارای مجوز تکثیر و پرورش ۴۷ درصد و برای مزارع دارای مجوز تفریخ و پرورش شامل مزارع کاملاً وابسته به نهاده تخم‌چشم‌زده وارداتی ۳۸ درصد می‌باشد؛ تغییر ساختار تولید مزارع این استان از حالت صرفاً وابسته به این نهاده خارجی به سمت ساختار تکثیر داخلی یا حداقل تکثیر و پرورش همزمان نژاد ایرانی و غیرایرانی می‌تواند قابل توصیه باشد. در این مطالعه کاهش قیمت نهاده های خوراک ماهی و دستمزد نیروی کار نیز به عنوان راه حل دیگری جهت تضمین کارایی اقتصادی و نیز پایداری امنیت غذایی شناسایی شد.

واژه‌های کلیدی: پرورش‌دهندگان ماهی قزل‌آلا، نهاده وارداتی و داخلی تخم‌چشم‌زده، استان مازندران، کارایی، تحلیل پوششی داده‌ه

۱ - دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
۲ - دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس Shamosavi@modares.ac.ir
۳ - دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
۴ - دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه

در بین ماهیان سردآبی، قزل‌آلای رنگین کمان[1] به عنوان یکی از منابع سرشار از پروتئین مطرح است (Fry *et al*., 2018). این ماهی در شرایط کمبود اکسیژن، بیماری و تغییرات دما نسبت به سایر گونه‌ها مقاوم‌تر است. همچنین نمو تخم آن در مدت کوتاه انجام می‌شود و رشد آن سریع است (Farahani, 2015). تولید و پرورش جهانی ماهی قزل‌آلا در آبهای داخلی و شیرین در سال ۲۰۱۸ نیز به میزان۶۶۴،۸۵۴ تن بوده که سهم ایران از آن ۲۶ درصد است. در واقع ایران بزرگترین تولید کننده‌ی قزل‌آلای پرورشی آبهای داخلی در بین ۷۷ کشور دارای تولید در جهان است (FAO-FishStat, 2018). بنابراین این محصول به لحاظ سهولت پرورش و دو دیدگاه امنیت غذایی جامعه و اقتصادی دارای اهمیت است.

با این حال و علیرغم وجود پیشرفت‌هایی در زمینه پرورش قزل‌آلا در ایران، تولید این ماهی با منشأ نهاده تخم‌چشم‌زده داخلی در مقابل نوع وارداتی از چالش‌های مهم پیش‌روی این صنعت است (Iranian fisheries organization, 2018). در سال ۱۳۹۷ میزان واردات تخم چشم‌زده به ایران ۲۴۶ میلیون قطعه و از کشورهای دانمارک، فرانسه، اسپانیا و ایالت متحده آمریکا بوده است؛ این در حالیست که کل تولید داخلی تخم قزل‌آلا در این سال، ۱۵۰ میلیون قطعه می‌باشد (همان منبع). این فزونی قابل توجه در میزان واردات نسبت به تولید داخلی نهاده مذکور را می‌توان مرتبط به بازارپسندی بیشتر نوع خارجی علی‌الرغم داشتن قیمت بالاتر دانست؛ علت مهم ایجاد این تمایل بازاری، وجود ضریب تبدیل غذایی پایین‌تر نژاد تخم‌چشم‌زده خارجی نسبت به نوع داخلی است (همان منبع). با توجه به اینکه در اکثر استان‌ها بیش از ۵۰ درصد هزینه‌های تولید این ماهی مختص به هزینه غذاست؛ بنابراین هر عاملی که سبب کاهش هزینه‌های خوراک ماهی گردد، با استقبال مزرعه‌داران مواجه خواهد شد (همان منبع). از آنجایی که ماهیان دارای نژاد غیرایرانی به ازای تولید یک کیلوگرم گوشت، میزان غذای کمتری نسبت به ماهیان دارای نژاد ایرانی مصرف می‌نمایند؛ بنابراین هزینه‌های غذای کمتری را بر مزرعه‌دار تحمیل می‌کنند. با وجود این ویژگی، انتظار می‌رود کارایی فنی مزارع استفاده‌کننده از تخم چشم زده‌ی وارداتی بیشتر از مزارعی باشد که از نژاد ایرانی استفاده می‌نمایند. کارایی فنی بنابر تعریف، از تقسیم میزان تولیدات به نهاده‌های مصرفی بدست می‌آید (Farrell, 1957, Emrouznejad & Cabanda, 2014).

در مقابل این تعبیر، بالا بودن قیمت تخم‌چشم‌زده غیر ایرانی نسبت به نوع ایرانی، سبب کاهش سودآوری مزارع استفاده‌کننده از این نوع نهاده وارداتی می‌گردد؛ که در این صورت به نظر می‌رسد کارایی تخصیصی مزارع وابسته به این نهاده کمتر از مزارع غیر وابسته باشد. کارایی تخصیصی نیز زمانی وجود دارد که یک واحد تولیدی برای خرید نهاده‌ها در سطحی پرداخت داشته باشد که ارزش‌افزوده حاصل از مصرف نهاده با قیمت آن برابر گردد (Coelli *et al*., 2005).

با این اوصاف، اثر استفاده از نهاده تخم‌چشم‌زده خارجی در مزارع، برآیند این دو نوع کارایی و یا به تعبیر دیگر کارایی اقتصادی است که می‌بایست جهت تصمیم سازی صحیح محاسبه و مورد استفاده قرار گیرد. کارایی اقتصادی

1 - Rainbow Trout

زمانی ایجادخوهد شد که تولید به لحاظ فنی کارا باشد و سطح استفاده از نهاده ها نیز تا جایی باشد که قیمت آنها و ارزش افزوده‌شان برابر شود (Farrell, 1957. Kao, 2017).

با این توصیف سوالات اصلی پیش روی سیاست گذاران و تولید کنندگان این است که مزارع پرورش‌دهنده نژاد خارجی تخم‌چشم‌زده از لحاظ اقتصادی کاراتر عمل می‌کنند یا مزارع تکثیرکننده نژاد داخلی؟ در نهایت عوامل بهبود دهنده کارایی اقتصادی مزارع ناکارآمد استفاده‌کننده از تخم‌چشم‌زده خارجی و داخلی چیست؟ بدین منظور، مطالعه‌ی حاضر جهت پاسخ گویی به سوالات فوق طرح ریزی و اجرا شد.

جهت پاسخگویی به سوالات تحقیق و نیز یافتن روش مناسب تحلیل، مرور جامعی بر ادبیات مرتبط با این مبحث در ایران و سایر نقاط دنیا انجام شد. از جمله این مطالعات مرتبط به بخش کشاورزی می‌توان به تحقیقات Faryadres *et al*,. (2002), Mehrabi & Pakravan, (2009), Park, (2012), Sepehr Doost & Kamran, (2013), Ton, (2018), Yu and Yu, (2018), اشاره کرد.

به طور کلی مطالعات مرتبط به کارایی در زمینه آبزی‌پروری نسبت به کشاورزی و دیگر صنایع محدودتر است (Iliyasu *et al*., 2014a). اولین مطالعات مرتبط به محاسبه کارایی در بخش آبزی‌پروری توسط گوارانتی و لیونگ[1] در دوسال متوالی ۱۹۹۶ و ۱۹۹۷ انجام شد (ایلیاسو و همکاران، ۲۰۱۴a). در سال‌های بعد نیز مطالعات فراوانی از جمله تحقیقات Cinemre *et al*., (2006), Hassanpour *et al*., (2010) & (2011), Alam (2011), Nielsen (2011), Arita and Leung (2014), Zongli *et al*., (2017), Gutiérrez *et al*., (2020) به محاسبه تمامی یا یکی از انواع کارایی فنی، تخصیصی و اقتصادی در این بخش پرداخته‌اند.

تاکید اکثر مطالعات مرتبط به کارایی در زمینه آبزی‌پروری بر بهبود و تحلیل کارایی فنی بوده است (Iliyasu *et al*., 2014a)؛ تردیدی نیست انگیزه‌ی تولیدکنندگان در بخش آبزی‌پروری و البته سایر بخش‌های اقتصاد حداکثر کردن مقدار فیزیکی ستانده/درآمد (با فرض ثابت بودن قیمت محصول) نیست و تولید با هدف حداکثر سازی سود انجام می‌شود. با تمرکز بر محاسبه کارایی اقتصادی هم بر حداکثر بهره‌برداری از نهاده‌ها در نقطه بهینه تولید توجه می‌شود و هم بر تخصیص بهینه قیمت نهاده و کاهش هزینه‌ها به منظور افزایش سودآوری تاکید می‌گردد (Iliyasu *et al*., 2014). در تحقیقات مذکور از روش تحلیل پوششی داده‌ها جهت تخمین کارایی بهره گرفته شده است. از مزایای استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، عدم نیاز به تخمین تابع تولید و امکان تخمین با استفاده از داده‌های مقطعی می‌باشد. همچنین با استفاده از این روش می‌توان چندین نهاده و محصول را به عنوان ورودی‌مدل‌درنظرگرفت (Sharma and Leung, 2003. Iliyasu *et al*., 2014a & Iliyasu *et al*., 2014b).

با توجه به ادبیات تحقیق اکثر مطالعات موجود به بررسی انواع کارایی در مزارع پرورشی بدون توجه به نوع مجوز و شباهت فعالیت تولیدی پرداخته‌اند و تاکنون مطالعه‌ای به ویژه در کشور ایران به مقایسه کارایی اقتصادی مزارع سردآبی با فعالیت تکثیر یا پرورش تخم‌چشم‌زده نپرداخته است. همچنین تحلیل قیمت نهاده بر کارایی اقتصادی با تمرکز براین مزارع، در مطالعات مغفول مانده است. بنابراین در تحقیق پیش‌رو کارایی مزارعی که در فرآیند تولید خود به نهاده تخم‌چشم‌زده داخلی، وارداتی یا هر دو وابسته‌اند، در استان مازندران مورد کنکاش قرار گرفته است. استان مازندران به عنوان یکی از قطب‌های اصلی تولید ماهی قزل‌آلای رنگین کمان مطرح است. این استان با تولید

1- Gunaratne and Leung

ماهی پرواری به میزان ۱۴،۴۶۷ تن، سهمی معادل ۸ درصد از کل تولید قزل‌آلای پرورشی ایران را در بین ۳۰ استان تولیدکننده به خود اختصاص داده است. این سهم از میانگین سهم تولید استانی که حدودا ۳ درصد است به میزان قابل توجهی بیشتر می‌باشد (Iranian Fisheries Organization Statistical Yearbook, 2018). همچنین ۳۳ درصد تولید تخم چشم‌زده قزل‌آلا با نژاد ایرانی و ۶ درصد واردات تخم‌چشم‌زده غیرایرانی مربوط به این استان بوده است (Iranian Fisheries Organization, 2018).

ساختار تولید مزارع تکثیرکننده و پرورش‌دهنده تخم‌چشم‌زده در استان مازندران

استان مازندران در سال ۱۳۹۷ دارای ۳۲۹ مزرعه فعال پرورش‌دهنده قزل‌آلا بوده است؛ در بین مزارع مذکور، ۳۰۲ مزرعه تنها به پرورش ماهی قزل‌آلا و ۲۷ مزرعه به فعالیت تکثیر تخم‌چشم‌زده ایرانی و پرورش و نگهداری نژاد تخم-چشم‌زده ایرانی و خارجی مشغول بوده‌اند (همان منبع). با توجه به اینکه تمرکز مطالعه پیش رو بر مقایسه عملکرد و کارایی مزارعی است که به نوعی در فعالیت تولیدی خود از تخم‌چشم‌زده استفاده می‌کنند، لذا کلیه جامعه پرورش-دهندگان و تکثیرکنندگان تخم‌چشم‌زده قزل‌آلا در این استان مبنای تحلیل قرار گرفت. اطلاعات مورد نیاز جهت انجام این مطالعه نیز با انجام تحقیقات میدانی و تکمیل پرسش‌نامه از این مزارع برای سال ۱۳۹۷ جمع‌آوری گردید؛ که تنها قابلیت استناد به اطلاعات ۲۵ مزرعه فراهم آمد. پراکندگی مزارع مورد بررسی تحقیق در سطح شهرستان استان مازندران به شرح نقشه ۱ نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد، شهرستان‌های آمل و تنکابن بیشترین تعداد مزارع با فعالیت تکثیر، نگهداری و پرورش تخم‌چشم‌زده را در این استان دارند.

منبع: سازمان شیلات ایران و تحقیقات میدانی، ۱۳۹۷

شکل (۱): نقشه پراکندگی مزارع با فعالیت تکثیر، نگهداری و پرورش تخم‌چشم‌زده در سطح شهرستان استان مازندران

لازم به ذکر است که براساس قوانین و مقررات تعیین شده سازمان شیلات ایران، تنها مزارعی می‌توانند از تخم‌چشم-زده استفاده نمایند که دارای یکی از مجوزهای الف) تکثیر و پرورش و ب) تفریخ و پرورش باشند. مزارع نوع (الف) دارای قابلیت تولید و پرورش تخم‌چشم‌زده‌ی داخلی و همزمان پرورش تخم‌چشم‌زده‌ی وارداتی می‌باشند. نوع (ب) مزارع، صرفاً قابلیت پرورش تخم‌چشم‌زده و نیز پرورش ماهی را داشته که اجازه تولید تخم‌چشم‌زده در مزرعه را ندارند. مزارع پرورشی قزل‌آلای مازندران را براساس نوع استفاده از نهاده تخم‌چشم‌زده ایرانی و وارداتی در سال ۱۳۹۷، می‌توان به ۵ گروه به شرح جدول (۱) طبقه‌بندی نمود. گروه اول شامل ۸ مزرعه‌ای است که تنها به تکثیر و

پرورش تخم‌چشم‌زده داخلی می‌پردازند. گروه دوم شامل ۴مزرعه است که به صورت همزمان تکثیر نژاد تخم‌چشم‌زده داخلی و پرورش تخم‌چشم‌زده خارجی دارند. در گروه سوم نیز یک مزرعه وجود دارد که با وجود داشتن امکان تکثیر تخم‌چشم‌زده ایرانی، تنها تخم‌چشم‌زده خارجی را پرورش می‌دهند. در نهایت گروه چهارم شامل ۱۱ مزرعه با پتانسیل نگهداری و پرورش تخم‌چشم‌زده است که فقط تخم‌چشم‌زده خارجی را پرورش و گروه پنجم به عنوان گروه آخر، مزرعه‌ای است که خریدار و پرورش‌دهنده توام نوع خارجی و داخلی تخم‌چشم‌زده می‌باشد.

جدول (۱): طبقه‌بندی مزارع پرورشی قزل‌آلای استان مازندران براساس نوع استفاده از نژاد داخلی و وارداتی تخم‌چشم‌زده در سال۱۳۹۷

نوع مجوز	گروه	تعداد مزرعه	توضیحات
مزارع با مجوز تکثیر و پرورش	گروه اول	۸	تکثیر کننده نوع داخلی
	گروه دوم	۴	تکثیر کننده نژاد داخلی و خریدار و پرورش‌دهنده نوع خارجی
	گروه سوم	۱	خریدار و پرورش‌دهنده نوع خارجی
مزارع با مجوز تفریخ و پرورش	گروه چهارم	۱۱	خریدار و پرورش‌دهنده نوع خارجی
	گروه پنجم	۱	خریدار و پرورش‌دهنده نوع خارجی و داخلی
جمع کل		۲۵	-

منبع: یافته‌های تحقیق و سازمان شیلات ایران، ۱۳۹۷

در ادامه‌ی مطالعه‌ی حاضر ابتدا در قسمت روش تحقیق مدل تحلیل پوششی داده‌ها مطالعه شرح و بسط یافته‌است. در پایان نتایج حاصل شده از کارایی فنی، تخصیصی و اقتصادی مزارع دارای فعالیت و تکثیر تخم‌چشم‌زده در این استان ارائه و تشریح شده‌اند و تحلیل حساسیت جهت یافتن راه حلی برای افزایش کارایی اقتصادی آنها انجام گرفته است.

روش تحقیق

با توجه به این‌که در بخش کشاورزی و بالطبع آبزی‌پروری امکان کنترل بر روی نهاده‌ها نسبت به تولید بیشتر است (Galanopoulos *et al*., 2006)، جهت پاسخ گویی به سوالات تحقیق به منظور محاسبه کارایی فنی و سپس کارایی اقتصادی، مدل ورودی محور ذیل با بهره‌گیری از مطالعات Ferrell, (1957). Banker *et al*., (2004). Iliyasu *et al*., (2014c). Hwang *et al*., (2016) جهت محاسبه کارایی فنی بسط یافت و مورد استفاده قرار گرفت که در ادامه شرح داده شده است. به عبارت دیگر در این مطالعه برای حداکثر نمودن کارایی فرض شده است که ورودی (نهاده) ثابت و در مقابل خروجی یا تولید محصول حداکثر شود زیرا در بخش کشاورزی و بالطبع آبزی‌پروری امکان کنترل بر روی نهاده‌ها نسبت به تولید بیشتر است (Galanopoulos *et al*., 2006). همچنین در این تحقیق جهت انتخاب استفاده از مدل بازده ثابت و متغیر به مقیاس تولید، کارایی فنی براساس مدل[1] CCR و کارایی فنی خالص[2] براساس مدل[3]BCC نیز محاسبه گردید؛ با توجه به اینکه کارایی فنی خالص و کارایی فنی در این مطالعه برابر محاسبه

1- Charnes, Cooper, Rhodes, 1978.
2- Pure technical efficiency
3- Banker, Chames and Cooper, 1984.

شدند، بازده به مقیاس تولید نیز بر اساس مدل CCR ثابت در نظر گرفته شد (Huang & Zhang, 2018). مدل تعیین کارایی فنی مزارع تکثیری و تفریخی قزل آلا در استان مازندران به شرح روابط (۱) تا (۵) می‌باشد.

$$\theta^* = \text{Min}\theta \qquad (۱)$$

Subject to:

$$\sum_{j=1}^{25} \lambda_j x_{qj} \leq \theta^* x_{qj0} \qquad \forall\, q = 1,..,7 \qquad (۲)$$

$$\sum_{j=1}^{25} \lambda_j y_{1j} \geq y_{1j0} \qquad (۳)$$

$$\sum_{j=1}^{25} \lambda_j y_{2j} \geq y_{2j0} \qquad (۴)$$

$$\lambda_j, \geq 0 \qquad \forall\, j = 1, \dots, 25 \qquad (۵)$$

که در این نامعادلات تعاریف اندیس‌ها و متغیرها به شرح ذیل می‌باشند:

θ	**کارایی فنی مزارع با مجوز تکثیر و پرورش و تفریخ و پرورش تخم‌چشم‌زده قزل‌آلا**
q	نهاده مورد استفاده توسط مزارع با مجوز تکثیر و پرورش و تفریخ و پرورش تخم‌چشم‌زده قزل‌آلا
J	مزارع با مجوز تکثیر و پرورش و تفریخ و پرورش تخم‌چشم‌زده قزل‌آلا در استان مازندران
J_0	مزارع با مجوز تکثیر و پرورش و تفریخ و پرورش تخم‌چشم‌زده قزل‌آلا در استان مازندران جهت بررسی کارایی (مزارع هدف)
x_{qj0} و x_{qj}	مقدار نهاده qام در مزرعه jام و مقدار واقعی آن در مزرعه هدف (مورد بررسی)
y_{1j0} and y_{1j}	مقدار تولید محصول نهایی (ماهی پرواری) مزارع مورد بررسی در مزرعه jام و مقدار واقعی آن در مزرعه هدف
y_{2j0} and y_{2j}	مقدار تولید محصول نهایی (تخم‌چشم‌زده جهت فروش) مزارع مورد بررسی در مزرعه jام و مقدار واقعی آن در مزرعه هدف
λ_j	وزن مربوط به مجموعه مرجع در مزرعه jام

در تفسیر اقتصادی نامساوی‌های بالا می‌توان اظهار داشت که برای محاسبه و مقایسه کارایی هر یک از واحدهای تصمیم‌ساز (مزارع مجازی) مطابق با رابطه (۲)، تقاضای نهاده اصلی مورد استفاده در مزرعه مجازی (به عنوان مزرعه کارا) بایستی از تقاضای نهاده اصلی مزرعه هدف کوچکتر باشد. همچنین براساس رابطه (۳) و (۴) نیز عرضه برای هر کدام از محصولات نهایی در مزرعه مجازی بایستی بزرگتر از عرضه نهایی محصول در مزرعه هدف باشد (Charnes, 1978; Banker, 1989; Mehregan, 2013).

رابطه (۵) نیز وزن مجموعه مرجع را نشان می‌دهند. الگوی محاسبه کارایی اقتصادی نیز مشابه کارایی فنی است با این تفاوت که تابع هدف آن حداقل سازی هزینه است. همچنین در محدودیت (۲) تغییری ایجاد می‌شود و متغیر نشان‌دهنده کارایی (θ^*) حذف می‌گردد. به عبارت دیگر در این نامساوی‌ها تنها متغیر تصمیم مقدار مصرف نهاده وارد معادلات می‌شود. در ادامه تابع هدف و محدودیت‌های الگوی محاسبه کارایی اقتصادی ارائه شده است.

$$\min \sum_{q=1}^{7} p_{qj0} \times x_{qj0} \qquad (۶)$$

Subject to:

$$\sum_{j=1}^{J} \lambda_j x_{qj} \leq x_{qj0} \qquad \forall\, q = 1,..,7 \qquad (۷)$$

$$\sum_{j=1}^{25} \lambda_j y_{1j} \geq y_{1j0} \qquad (۸)$$

$$\sum_{j=1}^{25} \lambda_j y_{2j} \geq y_{2j0} \qquad (۹)$$

$$\lambda_j, \geq 0 \qquad \forall\, j = 1, \dots, 25 \qquad (۱۰)$$

که در تابع هدف p_{qj0}، قیمت نهاده q ام در مزرعه‌ای است که کارایی آن تحت بررسی می‌باشد. پس از اجرای مدل برنامه‌ریزی فوق، مقدار بهینه x_{qj0}، برای هر DMU قابل محاسبه خواهد بود که با جایگزین کردن آن در تابع هدف، هزینه بهینه کل (c^*_{j0}) برای هر DMU قابل تعیین است. اگر مقادیر واقعی داده‌های اعضای مربوط به مزرعه هدف در رابطه (۶) قرار داده شود، مقدار هزینه واقعی (c_{j0}) مربوط به آن واحد تصمیم‌ساز محاسبه می‌شود. از تقسیم دو مقدار هزینه بهینه بر هزینه واقعی در هریک از مزرعه‌ها کارایی اقتصادی آن مزرعه (DMU) قابل محاسبه است:

$$EE_{j_0} = \frac{c^*_{j0}}{c_{j0}} \qquad (۱۱)$$

برای محاسبه کارایی تخصیصی نیز، کارایی اقتصادی بر کارایی فنی تقسیم می‌شود. همانگونه که پیشتر نیز اشاره شد، آمار و اطلاعات مورد نیاز و مربوط به مصرف نهاده‌ها، قیمت آنها و میزان تولید با مراجعه حضوری به تمامی مزرعه‌داران دارای مجوز تکثیر و پرورش و تفریخ و پرورش در استان مازندران و تکمیل پرسش‌نامه برای سال ۱۳۹۷ گردآوری شد. نهاده‌های ورودی مورد استفاده در این تحقیق شامل غذای ماهی، نیروی کار، برق، سوخت می‌باشد؛ که در مطالعات مشابه در زمینه محاسبه کارایی آبزی‌پروری توسط Arita and Leung (2014)، Gutiérrez *et al.*, (2020) و Yuan *et al.*, (2020) نیز مورد استفاده قرار گرفته اند.

همچنین در این مطالعه دو نهاده پراهمیت تخم‌چشم‌زده داخلی و خارجی و بچه ماهی بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ گرم نیز به عنوان ورودی مدل مد نظر قرار گرفته است. در ادامه آمار توصیفی نهاده‌ها و محصولات به کار گرفته شده در تحقیق و نتایج حاصل از مدلسازی صورت گرفته با استفاده از نرم‌افزار GAMS ارائه گردیده است.

نتایج و بحث

اطلاعات و آمار توصیفی نهاده‌ها و تولیدات به کارگفته شده در مزارع دارای فعالیت تکثیر، تفریخ و پرورش استان مازندران در سال ۱۳۹۷ مطابق جدول (۲) ارائه شده است. متغیرهای مذکور به عنوان ورودی و خروجی مدل تحلیل پوششی داده‌ها به منظور تخمین انواع کارایی مزارع موجود در این استان مورد استفاده قرار گرفته‌اند. بر این اساس متوسط استفاده از نهاده تخم‌چشم‌زده وارداتی و داخلی این استان به ترتیب ۳۵۸ و ۱۲۰ هزار قطعه است. همچنین متوسط مصرف خوراک ماهی ۶۲ تن، بچه ماهی ۲ تن، گازوئیل ۱،۵۶۰ لیتر و نیروی کار ۵ نفر و انرژی برق ۵۴۶،۹۵۱ کیلووات ساعت می‌باشد. تولیدات نهایی این مزارع نیز ترکیبی از ماهی پرواری با میانگین ۹۳ تن و تخم-چشم‌زده جهت فروش به میزان ۱،۳۲۴ هزار قطعه در سال ۱۳۹۷ بوده است.

جدول (۲): توصیف آماری نهاده‌ها و تولید مزارع سردآبی دارای مجوز تکثیر و پرورش و تفریخ و پرورش استان مازندران در سال ۱۳۹۷

نهاده‌ها	میانگین	حداقل	حداکثر
تخم‌چشم‌زده خارجی (قطعه)	۳۵۸,۰۰۰	۰	۱,۲۰۰,۰۰۰
غذای ماهی (تن)	۶۲	۳	۳۰۰
تخم‌چشم‌زده داخلی (قطعه)	۱۲۰,۰۰۰	۰	۲,۴۰۰,۰۰۰
بچه ماهی ۱۰۰ تا ۱۵۰ گرم (تن)	۲	۰	۲۵
گازوئیل (لیتر)	۱,۵۶۰	۰	۶,۰۰۰
تعداد نیروی کار (نفر)	۵	۱	۱۵
انرژی برق (کیلو وات ساعت)	۵۴۶,۹۵۱	۶۷,۵۷۵	۲,۹۹۲,۵۷۵
میزان تولید ماهی (تن)	۹۳	۱	۳۸۰

نهاده‌ها	میانگین	حداقل	حداکثر
میزان تولید تخم‌چشم‌زده (قطعه)	۱,۳۲۴,۰۰۰	۰	۱۵,۰۰۰,۰۰۰

منبع: یافته‌های تحقیق

در اکثر مطالعات مرتبط با مدلهای تحلیل پوششی داده‌ها، تعیین تعداد واحدهای تصمیم‌گیر براساس معیار تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها مورد توجه قرار گرفته و از استدلالهای متفاوتی بهره گرفته شده است. زیرا تعیین مناسب تعداد این واحدها براساس معیار اشاره شده سبب بهبود درجه آزادی مدل و تفکیک‌پذیری بهتر شاخص کارایی محاسبه شده در مدل می‌گردد(Bowlin, 1987).

Golany and Roll, (1989). Ali *et al*., (1988). Bowlin, (1987)، از قاعده سرانگشتی[1]، جهت تعیین تعداد واحدهای تصمیم‌گیر استفاده نموده اند. در قاعده مذکور تعداد این واحدها بایستی حداقل دو برابر مجموع تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها باشد. در این مقاله نیز از منطق مذکور بهره گرفته شده است. بر این اساس حداقل کفایت تعداد واحدهای تصمیم‌گیر برای این تعداد نهاده و محصول (۹ ورودی و خروجی) ۱۸ عدد و تعداد مزارع جهت بررسی کارایی، ۲۵ مزرعه می‌باشد. در ادامه نتایج محاسبه انواع کارایی برای تمامی مزارع دارای مجوز تکثیر و پرورش و تفریخ و پرورش در استان مازندران و براساس گروه‌بندی اعمال شده در قالب جدول (۱) ارائه شده است.

مطابق با خروجی حاصل شده در جدول (۳)، ۱۵ مزرعه از لحاظ فنی کاملاً کارا می‌باشند. همچنین در بین مزارع گروه‌بندی شده دارای مجوز تکثیر و پرورش گروه اول و دوم، میانگین کارایی فنی ۰/۹۴ و ۰/۸۲می‌باشد؛ گروه سوم نیز شامل مزرعه L_{12} دارای کارایی فنی کامل است. این در حالیست که در بین مزارع دارای مجوز تفریخ و پرورش، میانگین کارایی فنی گروه چهارم ۰/۸۲ است و مزرعه L_{13} به عنوان تنها مزرعه گروه پنجم دارای کارایی کامل است. بنابراین برخلاف آنچه در طرح مساله این تحقیق اشاره شد، استفاده از نهاده تخم‌چشم‌زده خارجی با ضریب تبدیل غذایی کمتر سبب بهبود کارایی فنی مزارع وابسته کامل به این نهاده وارداتی نسبت به مزارع دارای فعالیت صرف تکثیر و پرورش نژاد ایرانی نگردیده است؛ بلکه براساس آنچه از نتایج بدست آمد و به آن اشاره شد، مزارع گروه اول با فعالیت انحصاری تکثیر و پرورش نژاد تخم‌چشم‌زده ایرانی نسبت به مزارع گروه چهارم که تنها پرورش‌دهنده نوع خارجی اند، دارای میانگین کارایی فنی بالاتری هستند.

با صرف نظر از نژاد مورد استفاده نهاده تخم‌چشم‌زده، مقایسه کارایی فنی با کارایی تخصیصی و اقتصادی در بین مزرعه‌داران، حاکی از آن است که کارایی فنی به صورت میانگین در وضعیت بهتری قرار دارد و نزدیک به کامل می‌باشند. بدین صورت مزرعه‌داران، تقریباً حداکثر بهره‌برداری از نهاده‌های تولید خود را داشته‌اند و آنچه سبب ایجاد تمایز در بین ایشان می‌گردد، پایین بودن قابل توجه کارایی تخصیصی و بالطبع اقتصادی است. بنابراین انگیزه واقعی تولیدکنندگان از مصرف نهاده‌ها که همانا کسب سود است به طور کامل تامین نمی‌شود. زیرا قیمت نهاده‌های به کارگرفته شده در تولید به اندازه‌ای بالاست است که موجب افزایش هزینه‌ها و کاهش حاشیه سود مزرعه‌داران این استان گردیده است. به عبارت دیگر بالا بودن قیمت برخی نهاده‌ها که در ادامه مشخص گردیده‌اند، سبب ایجاد عدم کارایی تخصیصی و اقتصادی چشمگیر در بین مزرعه‌داران شده است. براساس نتایج جدول (۳) میانگین کارایی فنی،

[1] -Rule of thumb

تخصیصی و اقتصادی در بین مزارع دارای مجوز تکثیر (با کارایی‌های ۰/۹۱، ۰/۵۱ و ۰/۴۷) بیشتر از مزارع دارای مجوز تفریخ و پرورش (باکارایی‌های ۰/۸۴، ۰/۴۶ و ۰/۳۸) می‌باشد.

همچنین میانگین کارایی تخصیصی گروه اول ۴۲٪ و سایر گروه‌های دوم تا پنجم به ترتیب ۷۴٪، ۴۷٪، ۴۶٪ و ۵۴٪ می‌باشد. بنابراین علی‌الرغم اندک بودن کارایی تخصیصی در بین تمامی گروه‌ها، بالا بودن قیمت نهاده وارداتی تخم-چشم‌زده سبب نشده است که کارایی تخصیصی در مزارع وابسته و نیمه وابسته به این نهاده وارداتی (گروه دوم تا پنجم) کمتر از مزارع مستقل و غیروابسته به آن (گروه اول) شود. بنابراین فرض ابتدای تحقیق مبنی بر بیشتر بودن کارایی تخصیصی مزارع مستقل نسبت به مزارع وابسته به نهاده تخم‌چشم‌زده خارجی نقض می‌شود. میانگین کارایی اقتصادی مزارع گروه اول نیز ۴۱٪ و سایر گروه‌ها به ترتیب ۶۱٪، ۴۷٪، ۳۷٪ و ۵۴٪ می‌باشد. بدین صورت میانگین این کارایی در مزارع کاملاً خودکفای گروه اول بیشتر از میانگین مزارع گروه چهارمِ کاملاً وابسته به نهاده تخم‌چشم-زده خارجی شده است. براین اساس مزارع مستقل، سودآوری بهتری را نسبت به مزارع کاملاً وابسته برای خود رقم زده‌اند.

با توجه پایین بودن کارایی اقتصادی و تخصیصی نسبت به کارایی فنی و لزوم بررسی چگونگی افزایش آن، در ادامه تحلیل حساسیت قیمت نهاده‌های اصلی به کارگرفته شده برای مزارع دارای عدم کارایی اقتصادی کامل، انجام شد.

جدول (۳): نتایج انواع کارایی مزارع دارای مجوز تکثیر، نگهداری و پرورش تخم‌چشم‌زده‌ی استان مازندران در۱۳۹۷

نوع مجوز	گروه	مزرعه	کارایی اقتصادی	کارایی تخصیصی	کارایی فنی
مزارع با مجوز تکثیر و پرورش	گروه اول	L_{18}	۰/۵۴	۰/۵۴	۱
		L_{19}	۰/۳۵	۰/۳۵	۱
		L_{20}	۰/۱۸	۰/۱۸	۱
		L_{21}	۰/۳	۰/۳	۱
		L_{22}	۰/۷۲	۰/۷۲	۱
		L_{23}	۰/۶۹	۰/۶۹	۱
		L_{24}	۰/۳۲	۰/۳۲	۱
		L_{25}	۰/۱۵	۰/۲۹	۰/۵۱
		میانگین	۰/۴۱	۰/۴۲	۰/۹۴
	گروه دوم	L_1	۰/۱۹	۰/۴۹	۰/۳۹
		L_3	۰/۷۹	۰/۷۹	۱
		L_4	۰/۴۴	۰/۵	۰/۸۸
		L_5	۱	۱	۱
		میانگین	۰/۶۱	۰/۷۴	۰/۸۲
	گروه سوم	L_{12}	۰/۴۷	۰/۴۷	۱
میانگین کارایی مزارع دارای مجوز تکثیر و پرورش			۰/۴۷	۰/۵۱	۰/۹۱
مزارع با مجوز تفریخ و پرورش	گروه چهارم	L_2	۰/۲۸	۰/۲۸	۱
		L_6	۰/۲۳	۰/۲۳	۱
		L_7	۰/۱۲	۰/۱۸	۰/۶۷
		L_8	۰/۴۳	۰/۴۳	۱
		L_9	۰/۳	۰/۵۴	۰/۵۶
		L_{10}	۰/۴	۰/۵۳	۰/۷۵

نوع مجوز	گروه	مزرعه	کارایی اقتصادی	کارایی تخصیصی	کارایی فنی
		L_{11}	۰/۳	۰/۳	۰/۹۹
		L_{14}	۱	۱	۱
		L_{15}	۰/۳	۰/۵۱	۰/۵۹
		L_{16}	۰/۲۸	۰/۵۷	۰/۴۹
		L_{17}	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۹۹
		میانگین	۰/۳۷	۰/۴۶	۰/۸۲
	گروه پنجم	L_{13}	۰/۵۴	۰/۵۴	۱
میانگین کارایی مزارع دارای مجوز تفریخ و پرورش			۰/۳۸	۰/۴۶	۰/۸۴
میانگین کارایی کل مزارع			۰/۴۳	۰/۴۹	۰/۸۷

منبع: یافته‌های تحقیق

مطابق با نتایج بدست‌آمده از تحلیل حساسیت در جدول (۴)، مشکل اصلی و اساسی در ایجاد این ناکارآمدی اقتصادی به ترتیب اولویت شامل قیمت خوراک، تخم‌چشم‌زده وارداتی و نیروی کار می‌باشد. زیرا به صورت میانگین و به ترتیب با کاهش ۴٪، ۱۰٪ و ۱۲٪ در قیمت نهاده‌های مذکور می‌توان موجبات بهبودی کارایی اقتصادی به میزان ۱ درصد را فراهم آورد.

بنابراین در بین نهاده‌های مورد بررسی غذای ماهی با قیمت بالایی به دست مزرعه‌داران می‌رسد. زیرا با کاهش جزئی در قیمت آن (کمتر از ۵ درصد در اکثر مزارع) می‌توان سبب بهبود کارایی اقتصادی به میزان یک درصد شد. همچنین کاهش قیمت نهاده تخم‌چشم‌زده خارجی مورد استفاده در مزارعی که به آن وابسته‌اند، سبب افزایش کارایی شده است. همانگونه که اشاره شد، کاهش دستمزد نیروی کار نیز در بهبود کارایی اقتصادی موثر است. نتایج نشان می‌دهد که در بین ۱۸ مزرعه مورد بررسی با کاهش بیش از ۵ درصد در دستمزد نیروی کار، می‌توان کارایی اقتصادی را ۱ درصد افزایش داد.

جدول(۴): تحلیل حساسیت به ازای افزایش یک درصد در کارایی اقتصادی مزارع ناکارا**

نوع مجوز	گروه	مزرعه	نیروی کار	تخم چشم- زده خارجی	تخم چشم- زده ایرانی	بچه ماهی	انرژی برق	غذای ماهی	گازوئیل
مزارع با مجوز تکثیر و پرورش	گروه اول	L_{18}	٪۵	-	-	*	-	٪۲	*
		L_{19}	٪۸	-	-	-	*	٪۳	*
		L_{20}	٪۲۸	-	-	-	*	٪۴	*
		L_{21}	٪۸	-	-	*	*	٪۳	*
		L_{22}	٪۲	-	-	*	*	٪۲	*
		L_{23}	٪۲	-	-	*	*	٪۲	-
		L_{24}	٪۳	-	-	-	*	٪۴	*
		L_{25}	٪۱۷	-	-	*	*	٪۵	*
	گروه دوم	L_{1}	٪۲۲	*	-	*	*	٪۴	*
		L_{3}	٪۷	٪۵	-	-	*	٪۱	*
		L_{4}	٪۱۰	٪۱۶	-	*	*	٪۲	*
	گروه سوم	L_{12}	٪۱۱	*	-	-	*	٪۲	*
مزارع با مجوز تفریح و پرورش	گروه چهارم	L_{2}	٪۱۳	٪۶	-	-	*	٪۲	-
		L_{6}	٪۲۴	٪۱۷	-	-	*	٪۳	-
		L_{7}	٪۱۵	٪۹	-	-	*	٪۲۱	*
		L_{8}	٪۶	٪۳	-	-	*	٪۳	*
		L_{9}	٪۱۲	٪۳	-	-	*	٪۱۰	*
		L_{10}	٪۱۰	٪۱۰	-	-	*	٪۲	*
		L_{11}	*	٪۷	-	-	٪۳۲	٪۳	*
		L_{15}	٪۲۰	٪۹	-	-	*	٪۳	*
		L_{16}	٪۱۵	٪۹	-	-	*	٪۳	*
		L_{17}	٪۱۴	٪۶	-	-	*	٪۲	*
	گروه پنجم	L_{13}	٪۷	٪۳۲	٪۲	-	*	٪۳	*

**خط تیره به معنای عدم استفاده از نهاده مدنظر توسط مزرعه‌دار است.

*به معنای بی کشش بودن کارایی اقتصادی نسبت به تغییر قیمت نهاده می‌باشد.

منبع: یافته‌های تحقیق

لازم به ذکر است کاهش قیمت سایر نهاده‌های ارزان قیمت انرژی شامل گازوئیل، برق و نهاده بچه ماهی در مزارع استفاده‌کننده از آنها عملاً تغییرمحسوسی در کارایی اقتصادی ایجاد نمی‌کند. به عبارت دیگر کارایی اقتصادی نسبت به تغییرات قیمتی این نهاده‌ها بی‌کشش یا بسیار کم کشش است. بنابراین در نهایت کاهش قیمت خوراک ماهی و دستمزد نیروی کار بیشترین تاثیر را در بهبود کارایی اقتصادی مزارع استفاده کننده از تخم‌چشم‌زده وارداتی و داخلی دارد. همچنین کاهش قیمت وارداتی تخم‌چشم‌زده خارجی نیز در کنار دو نهاده اشاره شده نیز می‌تواند سبب

بهود کارایی اقتصادی مزارع وابسته به این نهاده غیرایرانی باشد که به منظور صرفه‌جویی در منابع ارزی کشور توصیه نمی‌گردد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

مطالعه حاضر به دنبال نیل به راه حلی برای ارائه پیشنهاد استفاده یا عدم استفاده از تخم‌چشم‌زده غیرایرانی در مزارع دارای مجوز تکثیر و پرورش و تفریخ و پرورش ماهی قزل‌آلای استان مازندران است. برای این مهم لاجرم بایستی کلیه جامعه مزارع سردآبی دارای مجوزهای ذکر شده در استان مازندران و اطلاعات نهاده‌ای و تولید آنها با انجام تحقیقات میدانی، بررسی و مورد شناسایی قرار می‌گرفت. همچنین در این مطالعه از معیار کارایی اقتصادی و مدل تحلیل پوششی داده‌ها بهره گرفته شد.

دو نتیجه کلی و قابل سیاست گزاری از انجام مطالعه حاضر حاصل شد. اول اینکه با توجه به میانگین کارایی اقتصادی و بالطبع سودآوری و کارایی فنی بالاتر مزارع دارای مجوز تکثیر و پرورش نسبت به مزارع دارای مجوز تفریخ و پرورش (به ویژه مزارع کاملا وابسته به تخم‌چشم‌زده خارجی)، سیاستگزاران می‌توانند به تشویق و حمایت مزارع این استان به تکثیر نژاد تخم‌چشم‌زده ایرانی یا حداقل تکثیر نژاد ایرانی و پرورش نژاد خارجی به صورت همزمان بپردازند.

نتیجه دوم حاصل از این مطالعه حاکی از این واقعیت است که کارایی اقتصادی مزارع استفاده‌کننده از تخم‌چشم‌زده داخلی و خارجی استان مازندران به خوبی کارایی فنی آنها نیست. بنابراین آن چیزی که باعث ایجاد تمایز بین گروه-های مزارع واردات محور، خودکفا و نیمه خودکفا در تهیه تخم‌چشم‌زده می‌شود، دسترسی مناسب به نهاده‌های تولید و تامین ارزان‌تر نهاده‌ها برای مزرعه داران است. بدین صورت تحلیل حساسیت قیمت نهاده‌های به کار گرفته شده در مزارع موجود نیز صورت پذیرفت. مطابق با یافته‌های حاصل شده، با کاهش اندک قیمت خوراک ماهی در مزرعه‌های تکثیری و تفریخی استان مازندران می‌توان کارایی اقتصادی آنها را بهبود بخشید. این کاهش اندک حاکی از آن است که این خوراک به قیمت بالایی به دست مزرعه‌داران دارای فعالیت خاص تکثیر و پرورش تخم‌چشم‌زده می‌رسد و تنها با کاهش اندک قیمت خرید این نهاده‌ها، می‌توان به بهبود کارایی اقتصادی شان کمک کرد.

همچنین کاهش هزینه سالانه نیروی کار می‌تواند سبب افزایش کارایی اقتصادی مزارع ناکارا گردد. هزینه‌های پرسنلی در مزارع به دلایلی همچون کمبود عرضه نیروی کار که گاهاً بایستی به صورت تمام وقت در مزرعه حضور داشته باشند، قابل توجه است. با توجه به کمبود عرضه نیروی کار نسبت به تقاضای آن، کاهش دستمزدها منجر به کمبود بیشتر در عرضه خواهد شد. لذا در این شرایط به نظر می‌رسد به کارگیری سیاست جایگزینی تکنولوژی‌های سرمایه‌بر به جای استفاده از نیروی کار ارزان قیمت، استراتژی موثرتری در بهبود کارایی اقتصادی این مزارع تلقی گردد.

بنابراین تغییر ساختار تولید در این استان از حالت وابسته کامل به سایر کشورها در ورود نهاده پراهمیت تخم‌چشم-زده به سمت ساختار تولید و تکثیر خود محوری و نیمه خودکفا در کنار کاهش قیمت نهاده‌های خوراک ماهی و دستمزد نیروی کار می‌تواند قابل توصیه باشد. با اجرای این سیاست‌ها هم از تولید داخل حمایت می‌شود و هم در

استفاده از ارز صرفه‌جویی می‌گردد و هم امنیت غذایی کشور که در حال حاضر وابسته به ورود این نهاده حیاتی است، حفظ می‌گردد.

منابع

Alam, F. (2011) Measuring technical, allocative and cost efficiency of pangas (*Pangasius hypophthalmus: Sauvage* 1878) fish farmers of Bangladesh. *Aquaculture Research*, 42(10), pp.1487-1500.

Ali, I., Charnes, A., Cooper, W., Divine, D., Klopp, G. A., & Stutz, J. (1988). An application of data envelopment analysis to US Army recruitment districts. *Applics Mgmt Sci*. Res A.

Arita, S. and Leung, P. (2014) A technical efficiency analysis of Hawaii's aquaculture industry. *Journal of the World Aquaculture Society*, 45(3), pp.312-321.

Banker, R.D., Charnes, A. and Cooper, W.W. (1984) Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management science*, 30(9), pp.1078-1092.

Banker, R.D., Charnes, A., Cooper, W.W. and Clarke, R. (1989) Constrained game formulations and interpretations for data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 40(3), pp.299-308.

Banker, R.D., Cooper, W.W., Seiford, L.M., Thrall, R.M. and Zhu, J. (2004) Returns to scale in different DEA models. *European Journal of Operational Research*, 154(2), pp.345-362.

Bowlin, W. F. (1987). Evaluating the efficiency of US Air Force real-property maintenance activities. *Journal of the Operational Research Society*, 38(2), 127-135.

Charnes, A., Cooper, W.W. and Rhodes, E. (1978) Measuring the efficiency of decision-making units. *European journal of operational research*, 2(6), pp.429-444.

Cinemre, H.A., Ceyhan, V., Bozoğlu, M., Demiryürek, K. and Kılıç, O. (2006) The cost efficiency of trout farms in the Black Sea Region, Turkey. *Aquaculture*, 251(2-4), pp.324-332.

Coelli, T.J., Rao, D.S.P., O'Donnell, C.J. and Battese, G.E. (2005) An introduction to efficiency and productivity analysis. *Springer Science & Business Media*.

Emrouznejad, A. and Cabanda, E. (2014) Introduction to data envelopment analysis and its applications. In Handbook of research on strategic performance management and measurement using data envelopment analysis (pp. 235-255). *IGI Global*.

FAO. (2018) Fishery statistical collections: Consumption of fish and fishery products [online]. [Cited 31 March 2018]. <www.fao.org/fishery/ statistics/global-consumption/e>.

Farahani, R., Gholamreza Shirazi, J., Khoshkho, zh., Azimi Esk Shahr, M., Asadi, H. and seydi, D. (2015) Trout Breeding Guide. *Publication of agricultural education*. In Farsi.

Farrell, M.J. (1957) The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*: Series A (General), 120(3), pp.253-281.

Faryadres, V., Chizari, A. and Moradi, A. (2002) Measuring Efficiency and Comparing Iranian Cotton Growers, *Journal of Agricultural Economics and Development*, Year 10, No. 40, pp. 101-89. In Farsi.

Fry, J.P., Mailloux, N.A., Love, D.C., Milli, M.C. and Cao, L. (2018) Feed conversion efficiency in aquaculture: do we measure it correctly? *Environmental Research Letters*, 13(2), p.024017.

Galanopoulos, K., Aggelopoulos, S., Kamenidou, I. and Mattas, K. (2006) Assessing the effects of managerial and production practices on the efficiency of commercial pig farming. Agricultural systems, 88(2-3), pp.125-141.

Golany, B., & Roll, Y. (1989). An application procedure for DEA. *Omega*, 17(3), 237-250.

Gunaratne, L.H. and Leung, P. (1996) Asian black tiger shrimp industry: a meta-production frontier analysis. The farm performance study on which these research papers were based was funded by the Asian Development Bank under RETA 5534, and implemented by the Network of

Aquaculture Centres in Asia-Pacific in 1994-1995. PingSun Leung and Khem R. Sharma, Editors University of Hawaii at Manoa, Honolulu, Hawaii, USA, p.55.
Gunaratne, L.H.P. and Leung, P.S. (1997) Productivity analysis of Asian shrimp industry: the case of Malaysian shrimp culture. *World Aquaculture*, 97, pp.19-23.
Gutiérrez, E., Lozano, S. and Guillén, J. (2020) Efficiency data analysis in EU aquaculture production. Aquaculture, p.734962.Färe R, Grosskopf S., 2000. Network DEA. *Socio Econ Plan* Sci 34:35–49.
Hassanpour, B., Ismail, M.M., Mohamed, Z. and Kamarulzaman, N.H. (2011) Factors affecting technical change of productivity growth in rainbow trout aquaculture in Iran. *African Journal of Agricultural Research*, 6(10), pp.2260-2272.
Hassanpour, B., Ismail, M.M., Mohamed, Z. and Kamarulzaman, N.H. (2010) Sources of productivity growth in rainbow trout aquaculture in Iran: technical efficiency change or technological progress? *Aquaculture Economics & Management*, 14(3), pp.218-234.
Huang, Y. and Zhang, Y. (2018) Energy Use and Carbon Emissions Efficiency Study of Chinese Regions Based on Price Factor. *Polish Journal of Environmental Studies*, 27(5).
Hwang, S.N., Lee, H.S. and Zhu, J. (2016) Handbook of operations analytics using data envelopment analysis. Springer.
Iliyasu, A., Mohamed, Z.A. and Terano, R. (2016c) Comparative analysis of technical efficiency for different production culture systems and species of freshwater aquaculture in Peninsular Malaysia. *Aquaculture Reports*, 3, pp.51-57.
Iliyasu, A., Mohamed, Z.A., Ismail, M.M. and Abdullah, A.M. (2014b) A meta-analysis of technical efficiency in aquaculture. *Journal of Applied Aquaculture*, 26(4), pp.329-339.
Iliyasu, A., Mohamed, Z.A., Ismail, M.M., Abdullah, A.M., Kamarudin, S.M. and Mazuki, H. (2014a) A review of production frontier research in aquaculture (2001–2011). *Aquaculture Economics & Management*, 18(3), pp.221-247.
Iranian Fisheries Organization Statistical Yearbook. (2018) Office of Planning and Resource Management. In Farsi.
Iranian fisheries organization. (2018) Unpublished statistics on cost and production of Trout in Iran and some reports. In Farsi.
Kao, C. (2017) Network data envelopment analysis. Springer, 10, pp.26-33.
Mehrabi Basharabadi, H. and Pakravan, M. (2009) Calculation of efficiency and returns to the scale of sunflower producers in Khoy city. *Economy and agricultural development*. 23(2), PP. 102-95. In Farsi.
Mehregan, M.R. (2013) Data envelopment analysis: quantitative models for organizational performance evaluation. *University of Tehran*, 20. In Farsi.
Nielsen, R. (2011) Green and technical efficient growth in Danish fresh water aquaculture. *Aquaculture Economics & Management*, 15(4), pp.262-277.
Park, C.H. (2012) The study on the comparative analysis of the aquaculture production efficiency regarding methods and species. *The Journal of Fisheries Business Administration*, 43(2), pp.79-94.
Sepehr Doost, H. and Kamran, N. (2013) Productivity Assessment and Sensitivity Analysis of Factors Affecting the Efficiency of Small Industries, *Quarterly Journal of Economic Research*, 13(1),pp. 174-155. In Farsi.
Sharma, K.R. and Leung, P. (2003) A review of production frontier analysis for aquaculture management. *Aquaculture Economics & Management*, 7(1-2), pp.15-34.
Ton Nu Hai, A., Bui Dung, T. and Speelman, S. (2018) Analyzing the variations in cost-efficiency of marine cage lobster aquaculture in Vietnam: A two-stage bootstrap DEA approach. *Aquaculture Economics & Management*, 22(4), pp.458-473.

Yu, J. and Yu, W. (2018) The economic benefit of marine based on DEA model. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 13(4), pp.364-368.
Yuan, Y., Yuan, Y., Dai, Y., Zhang, Z., Gong, Y. and Yuan, Y. (2020) Technical efficiency of different farm sizes for tilapia farming in China. *Aquaculture Research*, 51(1), pp.307-315.
Zongli, Z., Yanan, Z., Feifan, L., Hui, Y., Yongming, Y. and Xinhua, Y. (2017) Economic efficiency of small-scale tilapia farms in Guangxi, China. *Aquaculture Economics & Management*, 21(2), pp.283-294.