

## برآورد کارایی فنی و کارایی زیست‌محیطی گاوداری‌های شیری شهرستان سراب (رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها)

مرتضی مولائی<sup>۱\*</sup> و فاطمه ثانی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۹۴/۳/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۴/۶/۱۸

<sup>۱</sup> استادیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه ارومیه

<sup>۲</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد گروه اقتصاد کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه

\* مسئول مکاتبه: Email: [morteza.molaei@gmail.com](mailto:morteza.molaei@gmail.com)

### چکیده

**زمینه مطالعاتی:** افزایش جمعیت و نیاز روزافزون به محصولات لبنی و پروتئینی سبب شده است که سیاست افزایش کارایی مورد توجه سیاست‌گذاران زیر بخش دام قرار گیرد. هدف: از این رو هدف از این مطالعه، محاسبه کارایی فنی، کارایی زیست‌محیطی و تعیین عوامل موثر بر آن‌ها در گاوداری‌های شیری شهرستان سراب می‌باشد. روش کار: داده‌های مورد نیاز با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده و تکمیل پرسشنامه از ۵۱ گاوداری شیری در سال ۱۳۹۴ بدست آمد. **نتایج:** با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، میانگین کارایی فنی ۹۵ درصد، کارایی مقیاس ۵۵ درصد و کارایی زیست محیطی ۸۸ درصد بدست آمد. جهت مقایسه‌ی آماری اختلاف بین متوسط کارایی فنی و زیست‌محیطی از آزمون کروسکال-والیس استفاده شد که نتیجه، معنی‌دار بودن اختلاف متوسط کارایی‌ها را تایید می‌کند. همچنین با محاسبه ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن این نتیجه حاصل شد که گاوداری‌هایی که کارایی فنی بالاتری دارند، آلاینده‌های کمتری تولید کرده و کارایی زیست‌محیطی بالایی هم دارند. نتیجه‌گیری نهایی: در نهایت تحصیلات، عملکرد شیر به ازای هر راس گاو و سن، از عوامل موثر بر کارایی زیست‌محیطی گاوداری‌ها شناخته شدند.

**واژگان کلیدی:** کارایی فنی، کارایی زیست‌محیطی، تحلیل پوششی داده‌ها، شهرستان سراب

### مقدمه

از این رو با توجه به اهمیت و جایگاه زیربخش دام در اقتصاد کشور و به ویژه عرضه فرآورده‌های دامی، ایجاد اشتغال و ارتباط آن با زراعت نباتات علوفه‌ای، توسعه و تحول نظام‌مند این زیر بخش می‌تواند باعث تحولات مثبت در بخش کشاورزی کشور شود. از طرفی به واسطه نسبت بالای حجم نهاده‌های تولیدی به ازای کسب یک واحد سود، هر نوع افزایش در کارایی و در نتیجه افزایش در بهره‌وری، اثر قابل توجهی در

صنعت دامپروری در طی سال‌های گذشته همواره به عنوان یکی از مهم‌ترین زیربخش‌ها مطرح بوده و تولید کننده‌ی اساسی مواد غذایی پایه یعنی شیر و گوشت می‌باشد که هر ساله بایستی به موازات افزایش جمعیت بر میزان این تولیدات افزوده گردد. در واقع نیاز روز افزون جمعیت در حال افزایش، رشد جهشی را در تولیدات و فرآورده‌های دامی و پروتئینی ایجاد می‌نماید.

آلودگی فسفر و نیتروژن ناشی از ضایعات حیوانی، مشکلات شدید زیست‌محیطی ایجاد کرده است. هنگامی که این ضایعات به زمین می‌رسد، مقداری از آنها به درون آب‌های سطحی شسته شده و بقیه به درون خاک نفوذ می‌کند. افزایش عناصر درونی به ویژه نیترات و فسفات در آبها باعث کاهش تعداد گونه‌ها و همچنین محدود شدن آب‌های آشامیدنی، آب شرب، دام‌ها، آبیاری، ماهیگری، حیات آبریان و فعالیت‌های تفریحی می‌شود (دهقانیان ۱۳۸۰).

از آنجا که مواد دفعی از مهم‌ترین آلاینده‌های زیست‌محیطی گاوداری‌ها هستند، چنانچه به گاوها غذای اضافی بدهند، این مقدار اضافی از مواد غذایی از راه مدفوع و ادرار دفع می‌شود و این پسماندها، آلودگی محیط و افزایش هزینه‌ی تولید را به دنبال دارند. برخی یافته‌ها حاکی از مصرف بیش از نیاز مواد غذایی نسبت به نیازهای گاوها در گاوداری‌های ایران است (نفیسی ۱۳۸۳ و مشرف ۱۳۸۲).

طبیعتاً هزینه‌های پیشگیری از آلودگی در برخی بنگاه‌ها باعث انتقال قسمتی از منابع در اختیار بنگاه از بخش تولید ستاده مطلوب به سمت کاهش آلودگی می‌گردند، حال اگر در ارزیابی عملکرد این بنگاه‌ها ملاحظات زیست‌محیطی مدنظر قرار نگیرد، عملکرد اقتصادی آن‌ها در مقایسه با بنگاه‌هایی که هزینه‌ای را برای پیشگیری از آلودگی صرف نکرده‌اند، کمتر از حد واقعیت برآورد می‌گردد. بنابراین با لحاظ کردن آلودگی به عنوان یک اثر جانبی در فرایند تولید، عملکرد اقتصادی به صورت واقعی ارزیابی خواهد شد (رضایی و همکاران ۱۳۹۱).

لحاظ کردن آسیب‌های زیست‌محیطی در اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری بنگاه‌های اقتصادی در سطح خرد و کشورها در سطح کلان، بایستی مورد توجه قرار گیرد. در اکثر مواقع به خاطر کمبود اطلاعات وابسته به شاخص‌های زیست‌محیطی نمی‌توان کارایی زیست‌محیطی را دقیق محاسبه نمود. به عنوان مثال، به علت در دسترس نبودن قیمت‌های بازار برای اثرات

افزایش سوددهی بنگاه دارد. همچنین چون بنگاه‌های تولیدکننده محصولات دامی معمولاً از طرف بازار نهاده و ستاده در شرایط شبه رقابتی عمل می‌کنند (اکبری و همکاران ۱۳۸۷)، یکی از راه‌های مطمئن افزایش درآمد و سود، افزایش کارایی هر بنگاه باشد. از این رو سیاست افزایش کارایی مورد توجه سیاست‌گذاران زیر بخش دام قرار گرفته است. افزایش کارایی همان افزایش تولید با مصرف همان مقدار می‌باشد که علاوه بر کاهش هزینه‌ها و سودآوری بیشتر سبب افزایش قدرت رقابتی واحدهای تولیدی نیز می‌گردد.

در جریان تولید، در کنار ستاده‌هایی که قابل فروش هستند، ستاده‌های نامطلوبی که مصرفشان باعث کاهش مطلوبیت می‌شود، نیز تولید می‌گردد. آلودگی خاک و آب‌های سطحی در نتیجه مصرف کودهای شیمیایی و سموم ضد آفت و همچنین انتشار گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر، هردو در اثر تولید ستاده‌های نامطلوب به بار می‌آیند. در این راستا توجه به میزان انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای ناشی از بخش‌های مختلف اقتصادی به لحاظ اثرات محلی، منطقه‌ای و جهانی از اهمیت بسزایی برخوردار است (آقا کثیری ۱۳۸۹).

انتشار گازهای گلخانه‌ای از منابع مختلف و به ویژه از بخش کشاورزی یکی از عوامل اصلی آلودگی‌های زیست‌محیطی و منبع تغییرات عمده آب و هوا و تنوع زیستی محسوب می‌شود (قربانی و همکاران ۱۳۸۸). آمار منتشر شده نشان می‌دهد که میزان انتشار آلاینده‌ها ( $SO_2$ ,  $CH_4$ ,  $NO_x$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ) در بخش کشاورزی در دوره‌ی ۱۳۹۰-۱۳۷۳ روند افزایشی داشته است (بانک جهانی ۲۰۱۳). بدیهی است با افزایش انتشار آلاینده‌ها آثار مخرب آن‌ها نیز روز به روز فزون‌تر خواهد شد.

یکی از زیر بخش‌های مهم کشاورزی، زیر بخش دامپروری است. فضولات تولیدشده توسط گاوداری‌های فعال در زیربخش دامپروری یکی از منابع انتشار آلاینده‌ها در بخش کشاورزی به شمار می‌روند.

استفاده از جیره کارشناسی و وضعیت بهداشتی واحدها بر روی کارایی فنی تاثیر معنی‌داری داشته است.

ثابتان شیرازی و همکاران (۱۳۸۵) با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) به تحلیل شرایط واحدهای پرورش گاوهای شیری در استان فارس پرداختند و به این نتیجه رسیدند که متوسط کارایی فنی، تخصیصی و مقیاس برای تولیدکنندگان دارای سودآوری بالا به ترتیب ۹۵، ۶۴/۷ و ۸۶/۵ درصد و برای تولیدکنندگان دارای سودآوری پایین به ترتیب ۷۹/۹، ۳۷/۱ و ۵۷ درصد می‌باشد.

جعفرنیا و اسماعیلی (۱۳۹۲) به بررسی کارایی زیست‌محیطی واحدهای پرورابندی گاو در شیراز پرداختند. نتایج نشان داد که مقادیر کارایی با شاخص‌های زیست‌محیطی به صورت معنی‌داری کمتر از کارایی بدون در نظر گرفتن آن است. شرکت در کلاس‌های آموزشی بهداشت و جیره غذایی، سن، سطح تحصیلات و تجربه از عوامل تاثیرگذار بر کارایی با لحاظ معیارهای زیست‌محیطی ارزیابی شدند.

رینهارد و همکاران (۱۹۹۹) با استفاده از روش تابع مرزی تصادفی به برآورد کارایی فنی و زیست‌محیطی گاوداری‌های هلند پرداختند. آنها مازاد نیتروژن را به عنوان نهاده در مدل وارد کردند و با محاسبه ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن به این نتیجه رسیدند که همبستگی مثبت ضعیفی بین کارایی فنی و زیست‌محیطی وجود دارد.

رینهارد و همکاران (۲۰۰۰) کارایی فنی و زیست‌محیطی گاوداری‌های هلند را با استفاده از دو روش DEA و SFA اندازه‌گیری کردند. مازاد نیتروژن، مازاد فسفر و انرژی به عنوان نهاده در مدل وارد شد. مشاهده شد نتایج حاصل از دو روش بسیار مشابه به هم هستند و همبستگی بسیار بالایی بین کارایی فنی و زیست‌محیطی گاوداری‌ها وجود دارد.

زیست‌محیطی، محاسبه شاخص‌های کارایی زیست‌محیطی با مشکل روبرو می‌شود. با توجه به کمبودهایی که در رابطه با روش‌های تحلیلی برای سیاست‌گذاری زیست‌محیطی وجود دارد، ارائه الگوهایی جهت بررسی ارتباط بین فعالیت‌های اقتصادی و زیست‌محیطی امری لازم و ضروری به نظر می‌رسد (دهقانیان و فرج‌زاده ۱۳۷۹). بنابراین، توسعه‌های اخیر نظریه تولید، ایجاد مدل تولید توأم تولیدات مطلوب (کالا و خدمات) و تولیدات نامطلوب (آلودگی) را مجاز دانسته‌اند. از این رو لزوم بازبینی و توجه به روش‌های تولید در بخش کشاورزی برای توسعه پایدار منطبق با معاهده‌های بین‌المللی در راستای کاهش گازهای گلخانه‌ای همواره مورد توجه محققین و پژوهشگران اقتصادکشاورزی بوده است، به طوری که در ایران و جهان مطالعاتی در خصوص اندازه‌گیری کارایی زیست‌محیطی گاوداری‌ها انجام شده است که در ادامه به برخی از آنها پرداخته می‌شود.

دریجانی و همکاران (۱۳۸۴) به بررسی کارایی زیست‌محیطی کشتارگاه‌های دام استان تهران پرداختند. نتایج نشان داد اکثر کشتارگاه‌ها به لحاظ زیست‌محیطی کارا نیستند (متوسط کارایی‌های زیست‌محیطی و به‌کارگیری منابع به ترتیب ۵۷/۷۴ و ۵۲/۷۵ درصد است)، در حالی که ارتقای عملکرد زیست‌محیطی با فناوری‌های موجود امکانپذیر است. همچنین مقادیر کارایی، بهتر بودن وضعیت کشتارگاه‌های مکانیزه، واحدهای غیردولتی و سیستم‌های تصفیه بیولوژیک را نسبت به واحدهای سنتی و دولتی تأیید می‌نماید. همچنین اثربخشی سیستم‌های رایج تصفیه در بهبود عملکرد زیست‌محیطی اشاره شده است.

یاراحمدی و همکاران (۱۳۸۴) به تعیین کارایی فنی واحدهای پرورابندی صنعتی گوسفند در سه گروه ظرفیتی در استان لرستان پرداختند و به این نتیجه رسیدند که میانگین کارایی فنی کل واحدها ۵۱ درصد می‌باشد و عواملی همچون سطح تحصیلات مدیر،

تولیدی می‌توانند با افزایش کارایی خود، آلودگی فاضلاب و هوا را کاهش دهند.

شورتال و بارنز (۲۰۱۳) با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی فنی و زیست محیطی گاوداری‌های شیری اسکاتلند را برآورد کردند. میانگین کارایی فنی ۸۲ درصد و میانگین کارایی زیست محیطی ۱۴ درصد بدست آمد. همچنین با بررسی رابطه‌ی بین کارایی فنی و زیست محیطی به این نتیجه رسیدند که واحدهایی که به لحاظ فنی کارا هستند، کارایی زیست محیطی بزرگتری هم دارند.

پرورش گاو به منظور تولید شیر و فراورده‌های آن یکی از فعالیت‌های مهم بخش کشاورزی در شهرستان سراب بوده و نقش قابل توجهی از لحاظ تولید و اشتغال و تامین درآمد تولیدکنندگان دارد. اما متأسفانه اکثر گاوداری‌های شهرستان سراب سنتی بوده و شیوه‌های سنتی تولید در این واحدها اعمال می‌شود.

مرور مطالعات و بررسی ادبیات موضوع نشان می‌دهد که مطالعه‌ای در زمینه‌ی بررسی کارایی گاوداری‌های شیری شهرستان سراب صورت نگرفته است. از این‌رو، هدف از این مطالعه، تحلیل کارایی (کارایی فنی و زیست محیطی)، شناخت عوامل موثر بر کارایی و استفاده بهینه از عوامل با توجه به محدودیت منابع می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

### اندازه‌گیری کارایی فنی

کارایی فنی توانایی یک بنگاه در بدست آوردن بیشترین محصول با توجه به سطح ثابت نهاده‌ها می‌باشد (کولی ۱۹۹۵) که به صورت نسبت ستاده به نهاده اندازه‌گیری می‌شود (فارل ۱۹۵۷). روش‌های اندازه‌گیری کارایی فارل به روش‌های پارامتریک و ناپارامتریک تقسیم می‌شود (رینهارد و همکاران ۲۰۰۰)  $SPF^1$  یک روش

رینهارد و همکاران (۲۰۰۰) کارایی زیست محیطی گاوداری‌های هلند را با استفاده از روش تحلیل فراگیر داده‌ها تخمین زدند. میانگین کارایی فنی و کارایی زیست محیطی با استفاده از دو روش متفاوت بود. میانگین کارایی فنی و زیست محیطی به ترتیب ۷۸ درصد و ۵۲ درصد بدست آمد.

کاندمیر و کویونیب (۲۰۰۶) وضعیت کارایی ۸۰ واحد پرورش‌دهنده گاو را در کشور ترکیه مورد بررسی قرار دادند. آنها از الگوی تحلیل پوششی داده‌ها در دو وضعیت بازده ثابت و متغیر به مقیاس استفاده کردند. نتایج بدست آمده نشان داد که متوسط کارایی برای بازده ثابت و متغیر به مقیاس برابر با ۹۳ درصد و ۹۵ درصد بوده است. همچنین از بین واحدهای مورد بررسی ۴۹ درصد کارا شناخته شدند.

گالانپولس و همکاران (۲۰۰۶) روش غیرپارامتری تحلیل پوششی داده‌ها را برای بررسی درجه‌ی کارایی فنی و مقیاس مزارع تجاری پرورش خوک در یونان مورد استفاده قرار دادند. متوسط کارایی فنی در واحدهای مورد بررسی برابر با ۸۳ درصد بدست آمد که نشان داد ظرفیت بالقوه‌ای برای افزایش کارایی کاربرد نهاده‌ها در مزارع پرورش خوک خانگی وجود دارد.

رامیلان و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها کارایی فنی و زیست محیطی ۲۱۰ گاوداری در نیوزلند را محاسبه کردند. نیتروژن به عنوان آلاینده در مدل وارد شد و دریافتند واحدهایی که به لحاظ فنی و اقتصادی کارا هستند، کارایی زیست محیطی بیشتری هم دارند و کارایی زیست محیطی با استفاده بهینه از نهاده می‌تواند افزایش یابد.

ایربارن و همکاران (۲۰۱۱) کارایی زیست محیطی ۷۲ گاوداری شیری در شهر گالیسیا در اسپانیا را با استفاده از DEA اندازه‌گیری کردند. آنان محصولات نامطلوب آلودگی فاضلاب و هوا را به عنوان نهاده در مدل وارد کردند و به این نتیجه رسیدند که واحدهای

<sup>1</sup> Stochastic Production Frontier

زمانی مناسب است که بنگاه‌ها در وضعیت بهینه‌ی خود عمل کنند به عبارتی نیاز به بهبود اندازه بنگاه برای بهبود کارایی خود نداشته باشند (شورتال و بارنز ۲۰۱۳). اما عواملی چون رقابت ناقص، محدودیت منابع مالی باعث می‌شود که یک واحد تولیدی نتواند در مقیاس بهینه عمل کند و کارایی فنی بدست آمده تحت بازده ثابت به مقیاس خالص نبوده و با کارایی مقیاس همراه است. مدل بازده متغییر نسبت به مقیاس (VRS) با افزودن محدودیت  $\sum_{n=1}^N \lambda_n = 1$  به مدل CRS بدست می‌آید. مزیت مهم مدل VRS این است که بنگاه‌های ناکارا فقط با بنگاه‌های کارا با اندازه‌های مشابه، مقایسه می‌شود (شورتال و بارنز ۲۰۱۳).

اگر بین مقادیر کارایی فنی واحد تولیدی از دو روش CRS و VRS اختلاف وجود داشته باشد نشان دهنده‌ی این است که واحد تولیدی با عدم کارایی مقیاس مواجه است و مقدار عدم کارایی مقیاس از اختلاف بین کارایی فنی از دو روش CRS و VRS بدست می‌آید. همچنین کارایی مقیاس از نسبت کارایی فنی در حالت بازده ثابت تقسیم بر کارایی فنی در حالت بازده متغیر بدست می‌آید:

$$SE = \frac{TE_{CRS}}{TE_{VRS}} \quad (2)$$

که در رابطه ۲ SE نشان دهنده کارایی مقیاس می‌باشد،  $TE_{CRS}$  کارایی فنی در حالت بازده ثابت نسبت به مقیاس،  $TE_{VRS}$  کارایی فنی در حالت بازده متغیر به مقیاس است. یک ویژگی مهم تحلیل پوششی داده‌ها این است که به وسیله آن می‌توان نوع بازده به مقیاس را تشخیص داد. مدل بازده متغیر نسبت به مقیاس مشخص نمی‌کند که آیا بنگاه در ناحیه صعودی بازده نزولی مقیاس فعالیت می‌کند. این مشکل با حل مدل غیرافزایشی نسبت به مقیاس (NIRS) برطرف می‌شود. مدل NIRS از طریق جانشین کردن محدودیت  $\sum \lambda \leq 1$  با  $\sum \lambda = 1$  بدست می‌آید. به عبارت دیگر نوع بازده در عدم کارایی مقیاس برای یک بنگاه خاص، با مقایسه مقدار

پارامتری است که برآورد آن، نیاز به شکل تابعی تولید و توزیع احتمال داده‌ها دارد.

از جمله روش‌های ناپارامتریک، روش تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشد که در این روش نیازی به شکل تابع تولید و توزیع احتمالات داده‌ها نیست (لورانو و همکاران ۲۰۰۸). مزیت اصلی روش DEA این است که می‌تواند چندین نهاده و ستاده با واحدهای مختلف را در خود جای دهد. این خصوصیت باعث شده که اکثر مطالعات برای اندازه‌گیری کارایی فنی و زیست‌محیطی از این روش استفاده کنند (پیوت-لپتیت و ورمرش ۱۹۹۸، رینهارد و همکاران ۲۰۰۰ و کویجر و همکاران ۲۰۰۲).

#### تحلیل پوششی داده‌ها

تحلیل پوششی داده‌ها روشی است که در آن چندین نهاده و ستاده در فرآیند تولید مورد بررسی قرار می‌گیرد (چارنز و همکاران ۱۹۷۸). DEA یک روش برنامه‌ریزی خطی است که اولین بار فارل (۱۹۵۸) الگوی اولیه آن را بیان کرد. در این مدل بنگاه‌هایی که بر طبق اصول حداقل هزینه (کارا) فعالیت می‌کنند، بر روی تابع تولید یکسان قرار می‌گیرند و برای آن‌ها میزان کارایی صددرصد اعلام می‌گردد. الگوی برنامه‌ریزی خطی برای محاسبه کارایی فنی به صورت رابطه ۱ می‌باشد:

$$\begin{aligned} \max \phi \\ \text{s.t.} -\phi y_n + Y \lambda \geq 0 \\ x_n - X \lambda \geq 0 \\ \lambda \geq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

$\lambda$  یک بردار  $N \times 1$  شامل اعداد ثابت می‌باشد، که وزن‌های مجموعه مرجع را نشان می‌دهد و مقادیر اسکالر بدست آمده برای  $\phi$  کارایی بنگاه‌ها،  $X$  و  $Y$  به ترتیب ماتریس مقدار نهاده‌ها و ستاده‌ها را نشان می‌دهد.  $x_i$  بردار مقدار نهاده‌ها و  $y_i$  بردار مقدار ستاده‌ها برای بنگاه  $n$ ام می‌باشد. با حل الگوی برنامه‌ریزی فوق مقدار کارایی فنی برای هر بنگاه بدست می‌آید. الگوی برنامه‌ریزی فوق براساس بازده ثابت به مقیاس (CRS) در نظر گرفته شده است. CRS

وجود دارد. اولین رویکرد این است که ستاده نامطلوب همانند نهاده در مدل وارد شود. مزیت استفاده از این روش این است که می‌توان به نهاده‌های مختلف، وزن‌های متفاوتی داد و کارایی زیست‌محیطی بر اساس وزن‌هایی که به نهاده‌ها داده می‌شود، محاسبه کرد (لوزانو و همکاران ۲۰۰۸).

روش دیگر این است که ستاده نامطلوب در عدد منفی یک ضرب شود ( $-U$ ) و یا اینکه معکوس ستاده نامطلوب به عنوان ستاده مطلوب در نظر گرفته شود. ولی این روش معایبی دارد و آن‌هم اینکه منجر به تغییر شکل مرز کارایی می‌شود و مقیاس داده‌های اصلی از بین می‌رود. روش‌های نامبرده جزو روش‌های غیرمستقیم وارد کردن ستاده نامطلوب در مدل می‌باشد. روش مستقیم جهت وارد کردن ستاده نامطلوب، اعمال فرض قابلیت حذف ضعیف است. این روش «مقدار تفکیک ناپذیر» نامیده می‌شود (شییل ۲۰۰۱). شییل معتقد است که استفاده از فرض قابلیت حذف ضعیف، منجر به کارایی تعداد کمی بنگاه می‌شود و باعث می‌شود کارایی زیست‌محیطی به صورت دقیق‌تری برآورد شود. منظور از قابلیت حذف ضعیف این است که از بین بردن یا کاهش میزان تولید ستاده نامطلوب، مستلزم کاستن از میزان تولید ستاده مطلوب است (فیر و همکاران ۱۹۹۸).

در این مطالعه اندازه‌گیری کارایی زیست‌محیطی مبتنی بر رویکرد تابع مسافت ستاده‌گرا (DODF) می‌باشد. در این رویکرد زمانی که ستاده‌های نامطلوب همراه ستاده‌های مطلوب تولید می‌شود، برخی فروض اضافی به رویکرد DEA اضافه می‌گردد. فرض کنید که

$$y = (y_1, \dots, y_M) \in R_+^M \text{ بردار نهاده‌ها، } x = (x_1, \dots, x_N) \in R_+^N \text{ بردار ستاده‌های مطلوب، } b = (b_1, \dots, b_J) \in R_+^J \text{ بردار ستاده‌های نامطلوب باشد. فرض اساسی این روش این}$$

کارایی فنی در حالت NIRS با مقدار کارایی فنی در حالت VRS تعیین می‌شود. بدین صورت که اگر این دو حالت با هم مساوی باشند آنگاه بنگاه موردنظر با بازده نزولی نسبت به مقیاس مواجه می‌باشد، در غیر این صورت بازده صعودی نسبت به مقیاس برقرار است.

### کارایی زیست‌محیطی

بال و همکاران (۲۰۰۴) معتقدند که اندازه‌گیری کارایی بدون تفکیک ستاده‌های خوب و بد درست نیست؛ زیرا این نوع اندازه‌گیری اثرات جانبی را در نظر نمی‌گیرد. به عبارت دیگر، آنها معتقدند که در جریان تولید هم ستاده‌های قابل عرضه به بازار و هم ستاده‌های غیرقابل عرضه به بازار تولید می‌شود. این ستاده‌های غیربازاری دارای اثرات زیست‌محیطی مثبت و منفی می‌باشند. این در حالی است که در اکثر مواقع ستاده‌های نامطلوب مانند آلودگی در تخمین کارایی در نظر گرفته نمی‌شود.

کارایی زیست‌محیطی اثر آلودگی‌های زیست‌محیطی را در فرایند تولید اندازه‌گیری می‌کند (ژانگ و همکاران ۲۰۰۸). رینهارد و همکاران (۱۹۹۹)، کارایی زیست‌محیطی را حداقل استفاده ممکن از نهاده‌های بد، باتوجه به سطح ثابت تکنولوژی، نهاده‌های خوب و ستاده‌ها تعریف کردند. این تعریف با توجه به هدفشان که اندازه‌گیری کارایی زیست‌محیطی نهاده‌گرا بود، صدق می‌کند. در این مطالعه، منظور از کارایی زیست‌محیطی، حداقل انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌ها با توجه به سطح ثابت نهاده‌ها و حداکثر ستاده‌های مطلوب است.

### تحلیل پوششی داده‌ها با ستاده‌های نامطلوب

در روش تحلیل پوششی داده‌ها فرض بر این است که تمامی نهاده‌ها و ستاده‌ها مطلوب هستند. برای اندازه‌گیری کارایی زیست‌محیطی، در نحوه وارد کردن ستاده‌های نامطلوب در مدل مشکل وجود دارد (دبخوف و آلن ۲۰۰۰). ژو و همکاران (۲۰۰۸) معتقدند که دو روش جهت وارد کردن ستاده‌های نامطلوب در DEA

<sup>1</sup> Weak Disposability

<sup>2</sup> Non-Separating Measure

ستاده مطلوب و حداقل کردن ستاده نامطلوب است، بردار جهت  $g = (y, -b)$  برای بدست آوردن تابع مسافت ستاده‌گرا مورد استفاده قرار می‌گیرد. الگوی برنامه‌ریزی خطی برای برآورد تابع فاصله تحت فرض قابلیت حذف ضعیف و بازده متغیر به مقیاس بر اساس رابطه ۷ می‌باشد (فالویگنا و همکاران ۲۰۱۳):

$$\begin{aligned} \vec{D}_w(x_o, y_o, b_o; y, -b) = \max \beta \\ \text{s.t. } x_o \geq Xz \\ (1+\beta)y_o \leq Yz \\ (1-\beta)b_o = Bz \\ \sum z = 1 \\ z \geq 0, \beta \geq 0 \end{aligned} \quad (7)$$

$X$  یک ماتریس  $N \times K$  از نهاده‌ها،  $Y$  یک ماتریس  $J \times K$  از ستاده‌های نامطلوب است. مقدار عددی  $\beta$  نشان‌دهنده‌ی تابع مسافت ستاده‌گرا می‌باشد. الگوی برنامه‌ریزی ریاضی برای تابع مسافت ستاده‌گرا تحت فرض قابلیت حذف قوی با تبدیل برابری به نابرابری بدست می‌آید که به صورت رابطه ۸ می‌باشد:

$$\begin{aligned} \vec{D}_w(x_o, y_o, b_o; y, -b) = \max \beta \\ \text{s.t. } x_o \geq Xz \\ (1+\beta)y_o \leq Yz \\ (1-\beta)b_o \leq Bz \\ \sum z = 1 \\ z \geq 0, \beta \geq 0 \end{aligned} \quad (8)$$

قابلیت حذف قوی به این مفهوم است که می‌توان محصول بد را بدون پرداخت هزینه یا کاهش میزان تولید محصول خوب از فرایند تولید حذف نمود (فیر و همکاران ۱۹۹۸). برای اندازه‌گیری کارایی زیست‌محیطی از نرم‌افزار MAXDEA استفاده گردید. شاخص کارایی زیست‌محیطی مبتنی بر تابع مسافت به صورت رابطه ۹ محاسبه می‌شود (رضایی و همکاران ۱۳۹۱):

$$EE(t) = \frac{1}{1+\beta} = \frac{1}{1+D'_0(x', y', b')} \quad (9)$$

اگر مقدار عدم کارایی برابر صفر باشد، با توجه به رابطه ۹ مقدار کارایی ۱۰۰٪ خواهد بود. با افزایش مقدار عدم کارایی با توجه به اینکه مقدار مخرج کسر افزایش می‌یابد، مقدار کارایی زیست‌محیطی کاهش خواهد یافت.

است که ستاده‌های نامطلوب همراه با ستاده‌های مطلوب تولید می‌شود. به شکل ریاضی می‌توان نوشت:

$$(y, b) \in P(x) \text{ and } b = 0 \rightarrow y = 0 \quad (3)$$

رابطه ۳ بیان می‌کند که هیچ ستاده نامطلوبی تولید نمی‌شود مگر آنکه ستاده مطلوب نیز تولید گردد. در واقع اگر مقدار ستاده نامطلوب برابر صفر شود، تولیدی صورت نگرفته و میزان ستاده نامطلوب نیز صفر خواهد بود. ویژگی دیگر برای اینکه تولید ستاده نامطلوب در مدل انعکاس یابد، ویژگی قابلیت حذف ضعیف می‌باشد. اگر  $0 \leq \alpha \leq 1$  و  $P(x)$  نشان‌دهنده‌ی مجموعه موجه تولید باشد، ویژگی قابلیت حذف ضعیف به صورت رابطه ۴ می‌باشد:

$$(x, y, b) \in P(x) \Rightarrow (x, \alpha y, \alpha b) \in P(x) \quad (4)$$

و ویژگی قابلیت حذف قوی<sup>۱</sup> به صورت رابطه ۵ می‌باشد:

$$(x, y, b) \in P(x) \Rightarrow (x, y, \alpha b) \notin P(x) \Rightarrow (x, \alpha y, b) \in P(x) \quad (5)$$

قابلیت حذف ضعیف بیانگر این مفهوم است که ستاده‌های مطلوب و نامطلوب می‌توانند کاهش یابند ولی فقط ستاده‌های مطلوب می‌توانند بدون هیچ هزینه‌ای کاهش یابند. تابع مسافت ستاده‌گرا به مفهوم حداکثر تولید کالاهای خوب همراه با کاهش ستاده‌های نامطلوب با توجه به سطح ثابت نهاده‌ها است. با توجه به اینکه مقدار تابع مسافت نشان‌دهنده‌ی فاصله از مرکز کاراست، برای بنگاه‌های کارا صفر شده و به شناسایی مرز کارا کمک می‌کند و با افزایش ناکارایی مقدار آن افزایش می‌یابد. تابع مسافت ستاده‌گرا به صورت رابطه ۶ تعریف می‌شود (فالویگنا و همکاران ۲۰۱۳):

$$\vec{D}(x, y, b; g_y, g_b) = \max\{\beta : (y, b) + (\beta g_y, \beta g_b) \in P(x)\} \quad (6)$$

که  $g = (g_y, g_b)$  نشان‌دهنده‌ی بردار جهت، و  $P(x)$  مجموعه موجه ستاده را نشان می‌دهد. بردار جهت با توجه به اهداف خاص هر واحد تصمیم‌گیری (DMU) شکل می‌گیرد. از آنجایی که هدف ما حداکثر کردن تولید

<sup>1</sup> Strong Disposability

و درصد فسفر موجود در ترکیبات مواد خوراکی از مقادیر بیان شده در انتشارات انجمن تحقیقات آمریکا (NRC ۲۰۰۱) استفاده گردید.

جدول ۱ بیانگر آماره‌های توصیفی مربوط به گاوداری‌های شیری شهرستان سراب می‌باشد.

جدول ۱- آماره‌های توصیفی سالانه گاوداری‌های شیری

متغیر	واحد اندازه‌گیری	میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار
تعداد گاو	راس	۱۳/۶	۶	۱۰۰	۱۲/۳۵
علوفه	تن	۵۳/۴۹	۲۳/۰۴	۱۹۸	۳۴/۲۴
کنسانتره	تن	۵۴/۹۰	۸/۷۶	۵۰۰/۰۵	۶۹/۶۶
نیروی کار	نفر	۲/۵۳	۱	۵	۱/۰۶۵
انرژی ریال	دههزار ریال	۱۰۱۹/۰۵	۶۰	۴۳۲۰	۸۵۹/۹۳
مقدار شیر تولیدی	تن	۷۷/۷۳	۱۲/۷۷	۱۲۰۴/۵	۱۶۷/۹۰
فسفر دفعی	تن	۰/۴۲	۰/۰۸۸	۸/۵۱	۱/۱۶
نیتروژن دفعی	تن	۱/۸۸	۰/۷۷	۱۵/۰۰۹	۲/۰۱

ماخذ: یافته‌های تحقیق

نهاده‌های مورد استفاده شامل انرژی مصرفی، تعداد گاو، نیروی کار، علوفه و کنسانتره و ستاده مطلوب، شیر و ستاده‌های نامطلوب فسفر و نیتروژن دفعی می‌باشند. طبق این جدول، هر گاوداری به طور میانگین با به‌کارگیری سالانه ۱۵/۵۴ راس گاو شیری، مصرف ۵۳/۴۹ تن علوفه، ۵۴/۹۰ تن کنسانتره، ۲/۵۳ نفر نیروی کار و ۱۰/۱۹ میلیون ریال انرژی، سالانه ۷۷/۷۳ تن شیر تولید کرده و ۱/۸۸ تن نیتروژن و ۰/۴۲ تن فسفر به عنوان آلاینده روانه محیط‌زیست کرده است.

نتایج استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها (رابطه‌ی ۱) برای محاسبه فنی گاوداری‌ها، با فرض یک ستاده (شیر) و ۵ نهاده به وسیله نرم‌افزار MAXDEA بدست آمده است (جدول ۲). بر اساس نتایج بدست آمده،

جامعه مورد بررسی، گاوداری‌های شیری شهرستان سراب می‌باشد. براساس آمار مدیریت جهادکشاورزی شهرستان سراب، تعداد گاوداری‌های شیری دارای پروانه بهره‌برداری در سال ۱۳۹۴، ۱۰۹ واحد است. حجم نمونه با استفاده از فرمول کوکران ۵۱ واحد بدست آمد و نمونه‌گیری کاملاً تصادفی و با مراجعه حضوری به گاوداری‌ها انجام شد.

## نتایج

معادلات مختلفی برای برآورد فسفر و نیتروژن ناشی از مواد دفعی گاوداری‌های شیری ایجاد شده‌است (هلمن و همکاران ۲۰۰۸ و نینیچ و همکاران ۲۰۰۵). در این مطالعه برای محاسبه نیتروژن و فسفر دفعی گاوداری‌های شیری از معادلات ۱۰ و ۱۱ استفاده شد (هلمن و همکاران ۲۰۰۸):

$$P_E \left(\frac{g}{d}\right) = \sum_{x=1}^n (V/5 + DMI \left(\frac{kg}{d}\right) + dietaryP \left(\frac{g}{g}\right) \times 78 - MY \left(\frac{kg}{d}\right) \times 0.1702) \quad (10)$$

$$N_E \left(\frac{g}{d}\right) = \sum_{x=1}^n (DMI \left(\frac{kg}{d}\right) \times dietaryCP \left(\frac{g}{g}\right) \times 84/11 + BW (kg) \times 0.196) \quad (11)$$

که در روابط بالا،  $DMI_x$  ماده خشک مصرفی کل گله (کیلوگرم)، dietary CP درصد پروتئین خام جیره، dietary P درصد فسفر جیره، MY عملکرد شیر برای هر راس گاو، BW وزن گاو و X تعداد گاوهای موجود در گله،  $P_E$  و  $N_E$  به ترتیب نیتروژن و فسفر دفعی (گرم در روز) است.

برای فهم اینکه برای تغذیه گاوها از چه مواد غذایی استفاده می‌شود در قالب پرسشنامه از صاحبان گاوداری خواسته شد که نوع و میزان مواد غذایی را به صورت روزانه بیان کنند. در گاوداری‌های مورد مطالعه از سیوس گندم، جو، ذرت، یونجه، کاه گندم، آرد نخود، نان خشک، سیلوی ذرت، کنجاله سویا، باقلا، گندم، کنجاله کلزا، در تهیه کنسانتره استفاده می‌شد. برای بدست آوردن درصد ماده خشک، درصد پروتئین خام



جدول ۳- آماره‌های توصیفی روزانه گاوداری‌های شیری

انحراف	حداکثر	حداقل	میانگین	واحد	معیار
۸/۷۴	۶۱/۲۳	۸/۵۳	۱۸/۳۱	کیلوگرم	ماده خشک
۱۴۱۵/۶۸	۹۶۴۸/۱۴	۱۲۹۷/۱۳	۲۸۳۹/۹۷	گرم	مصرفی پروتئین خام جیره
۴۹/۱۵	۳۲۸/۷۵	۴۱/۶۹	۸۵/۴۱	گرم	فسفر جیره
۴/۹۹	۳۳	۳/۵	۱۰/۷۳	کیلوگرم	عملکرد شیر
۱۲۰/۹۳	۹۰۹/۴۰	۱۹۷/۲۸	۳۳۵/۱۱	گرم	نیترژن دفعی
۳۶/۶۱	۲۳۳/۳۳	۲۴/۱۴	۵۹/۶۹	گرم	فسفر دفعی

ماخذ: یافته‌های تحقیق

طبق نتایج جدول ۴ هر راس گاو به طور میانگین با مصرف روزانه ۱۸ کیلوگرم ماده خشک، ۲۸۴۰ گرم پروتئین خام، ۸۵ گرم فسفر جیره و تولید ۱۰ کیلوگرم شیر، روزانه ۳۳۵ گرم نیترژن و ۶۰ گرم فسفر آلاینده ایجاد کرده است. برای محاسبه‌ی کارایی زیست‌محیطی آلاینده‌های فسفر و نیترژن در مدل وارد شد که نتایج در جدول ۵ نشان آورده شده است.

متوسط کارایی زیست‌محیطی گاوداری‌های شیری ۸۸ درصد بدست آمد. براساس آن می‌توان استدلال کرد که با فناوری‌های موجود امکان کاهش ۱۲ درصدی در نهاده‌ها وجود دارد. به عبارت دیگر، برای تولید همان میزان محصول، امکان صرفه‌جویی تا ۱۲ درصد در مصرف نهاده‌ها فراهم خواهد بود. اگر کارایی زیست‌محیطی برابر یک باشد، واحدهای تولیدی نمی‌توانند محصول خوب را افزایش داده و در عین حال محصول بد و استفاده از نهاده‌ها را کاهش دهند. از این رو هزینه فرصت تبدیل از حالت قابلیت حذف قوی به قابلیت حذف ضعیف واحدهایی که در این نواحی قرار گرفته‌اند، صفر یا ناچیز می‌باشد.

میانگین کارایی فنی گاوداری‌ها تحت فرض بازده ثابت به مقیاس و بازده متغیر به مقیاس به ترتیب ۵۳/۲۴ و ۹۵/۲۵ درصد است. به عبارت دیگر، با تکیه بر نتایج رویکرد DEA، ظرفیت ارتقای تولید و کارایی در این گاوداری‌ها، بدون هیچ‌گونه افزایشی در هزینه‌ها و بکارگیری نهاده‌های بیشتر تحت فرض‌های CRS و VRS به ترتیب برابر ۶۷/۶۶ و ۷۵/۴ درصد برآورد می‌شود. همان‌طور که گفته شد از آنجایی بین این دو کارایی تفاوت وجود دارد؛ بنابراین، عدم کارایی مقیاس وجود دارد؛ که مقدار آن براساس نتایج به‌دست آمده برای کارایی در حالت‌های CRS و VRS برابر با ۵۵/۸۹ می‌باشد. این مقدار نشان‌دهنده عدم فعالیت گاوداری‌های نمونه در مقیاس مطلوب است.

جدول ۲- نتایج کارایی در بازده‌های مختلف

انحراف	حداکثر	حداقل	میانگین	کارایی	معیار
۰/۲۴۹۳	۱۰۰	۶/۳۸	۵۳/۲۴	کارایی فنی در حالت CRS	
۰/۰۵۲۶	۱۰۰	۸۱/۴۹	۹۵/۲۵	کارایی فنی در حالت VRS	
۰/۲۴۹۳	۱۰۰	۶/۳۸	۵۳/۲۴	کارایی فنی در حالت NIRS	
۰/۲۴۴۵	۱۰۰	۷/۶۷	۵۵/۸۹	کارایی مقیاس	

ماخذ: یافته‌های تحقیق

همان‌طور که قبلاً گفته شد، چون مقدار کارایی فنی تحت بازده متغیر به مقیاس با مقدار کارایی تحت بازده غیرافزایشی به مقیاس برابر نیست، در این صورت بنگاه‌ها تحت بازده صعودی به مقیاس عمل می‌کنند. بنابراین گاوداری‌ها بایستی سطح تولید خود را افزایش دهند. به عبارت دیگر، پس از تعدیل بهینه تمامی نهاده‌ها، هزینه متوسط هر واحد تولیدی می‌تواند به وسیله افزایش اندازه بنگاه کاهش یابد.

با استفاده از روابط ۱۰ و ۱۱ مقدار نیترژن و فسفر دفعی، پروتئین خام و فسفر جیره محاسبه گردید (جدول ۳).

می‌شود؛ یا به این صورت که چه میزان نهاده برای حذف کردن محصول بد باید مورد استفاده قرار گیرد تعریف می‌شود؛ که این مقدار برابر است (EE-1) درصد. کارایی زیست‌محیطی برای گاوداری چهارم ۸۰ درصد بدست آمد؛ یعنی، بایستی ۲۰ درصد از محصول را باید از دست داد، تا قابلیت حذف ضعیف کم شود.

به منظور مقایسه کارایی فنی با کارایی زیست‌محیطی، ابتدا نرمال بودن مقادیر کارایی هر بنگاه با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفت. فرضیه  $H_0$  در این آزمون مبنی بر نرمال بودن توزیع مقادیر کارایی می‌باشد. نتیجه نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ درصد می‌باشد. بنابراین فرضیه صفر رد می‌گردد و نشان‌دهنده‌ی این است که توزیع مقادیر کارایی بنگاه‌ها نرمال نمی‌باشد. در مرحله بعد به منظور بررسی اینکه آیا تفاوت معنی‌داری بین کارایی فنی و کارایی زیست‌محیطی وجود دارد یا نه، از آزمون ناپارامتری کروسکال-والیس استفاده گردید. دلیل استفاده از این آزمون، نرمال نبودن توزیع مقادیر کارایی می‌باشد که پیش‌تر بیان شد. مقدار آماره  $47/35$  بدست آمد که در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. به طور کلی می‌توان گفت نتیجه این آزمون معنی‌دار بودن اختلاف بین متوسط کارایی فنی با کارایی زیست‌محیطی را تایید می‌کند.

جهت بررسی همبستگی بین کارایی فنی و زیست‌محیطی از ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن استفاده شد. مقدار این ضریب  $89/73$  بدست آمد. بنابراین می‌توان به این نتیجه رسید که واحدهایی که کارایی فنی بالایی دارند، از نظر زیست‌محیطی نیز کارا عمل کرده و کارایی زیست‌محیطی بالایی دارند. رابطه بین کارایی فنی و زیست‌محیطی در شکل ۱ نشان داده شده است؛ که نشان‌دهنده رابطه‌ی مثبت بین کارایی فنی و زیست‌محیطی می‌باشد.

جدول ۴- نتایج تابع مسافت و کارایی زیست‌محیطی

بنگاه	تابع مسافت	کارایی زیست‌محیطی	بنگاه	تابع مسافت	کارایی زیست‌محیطی
۱	۰	۲۷	۱	۰	۱
۲	۰/۱۹۰۰	۲۸	۱	۰	۲
۳	۰	۲۹	۱	۰	۳
۴	۰/۲۴۳۶	۳۰	۰/۸۰۴۰	۰	۴
۵	۰	۳۱	۱	۰	۵
۶	۰/۱۱۴۱	۳۲	۰/۸۹۷۵	۰	۶
۷	۰/۴۴۳۴	۳۳	۰/۶۹۲۷	۰	۷
۸	۰/۴۳۵۱	۳۴	۰/۶۹۶۷	۰	۸
۹	۰	۳۵	۱	۰	۹
۱۰	۰/۲۱۳۸	۳۶	۰/۸۲۳۸	۰	۱۰
۱۱	۰	۳۷	۱	۰	۱۱
۱۲	۰	۳۸	۱	۰	۱۲
۱۳	۰/۷۷۷۵	۳۹	۰/۹۲۷۸	۰	۱۳
۱۴	۰/۱۴۹۷	۴۰	۰/۸۶۹۷	۰	۱۴
۱۵	۰	۴۱	۱	۰	۱۵
۱۶	۰	۴۲	۱	۰	۱۶
۱۷	۰/۰۸۰۴	۴۳	۰/۹۲۵۵	۰	۱۷
۱۸	۰/۱۵۹۰	۴۴	۰/۸۶۲۷	۰	۱۸
۱۹	۰/۰۸۵۸	۴۵	۰/۹۲۰۹	۰	۱۹
۲۰	۰	۴۶	۱	۰	۲۰
۲۱	۰/۲۷۳۰	۴۷	۰/۷۸۵۵	۰	۲۱
۲۲	۰/۱۰۸۴	۴۸	۰/۹۰۲۱	۰	۲۲
۲۳	۰	۴۹	۱	۰	۲۳
۲۴	۰/۲۱۶۰	۵۰	۰/۸۲۲۳	۰	۲۴
۲۵	۰	۵۱	۱	۰	۲۵
۲۶	۰/۳۰۱۷	میانگین	۰/۷۶۸۲	۰	۲۶

ماخذ: یافته‌های تحقیق

در نتیجه، از لحاظ زیست‌محیطی کاملاً کارا بودن به این مفهوم است که مقررات زیست‌محیطی روی تکنولوژی تولید تأثیرگذار نخواهد بود. کوچکتر از یک بودن کارایی زیست‌محیطی واحد تولیدی، بیانگر وجود هزینه‌ی فرصت برای تبدیل فوق می‌باشد. این هزینه فرصت یا به صورت درصدی از محصول خوب که باید از دست داد تا قابلیت حذف ضعیف کم شود، تعریف

استفاده کاراتر از نهاده‌های خود داشته و آلاینده‌های کمتری تولید می‌کنند.

جدول ۶- عوامل موثر بر کارایی زیست‌محیطی

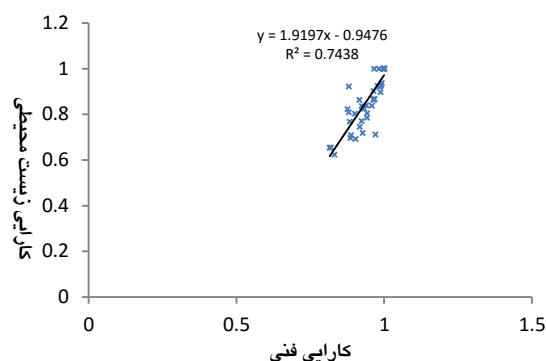
متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره t
عرض از مبدا	۰/۷۷۱۸۰	۰//۰۵۳۶۹	*۱۴/۳۷
تجربه	-۰/۰۳۷۹۴	۰/۰۲۹۷۴	-۱/۲۸
عملکرد شیر	۰/۰۱۲۸۰	۰/۰۰۳۱۸۰۵	*۴/۰۳
تحصیلات	۰/۰۳۵۵۵	۰/۰۱۹۹۰۹۶	***۱/۷۹
سن	-۰/۰۳۹۵۲	۰/۰۲۰۷۷۰۱	-۱/۹۰
شرکت در کلاس مدیریتی	-۰/۰۱۷۸۲	۰/۰۲۸۳۰۴۹	-۰/۶۳

مأخذ: یافته‌های تحقیق \*\*\* به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱٪ و ۱۰٪

### بحث

در این مطالعه، انواع کارایی گاوداری‌های منطقه محاسبه گردید. میانگین کارایی فنی تحت بازده متغیر به مقیاس ۹۵ درصد و کارایی زیست‌محیطی ۸۸ درصد بدست آمد. با استفاده از آزمون کروسکال-والیس معلوم گردید که تفاوت معنی‌داری بین کارایی فنی و زیست‌محیطی وجود دارد. از این رو شرایط زیست‌محیطی به صورت معنی‌داری روی کارایی اثر گذاشته است.

در مطالعات مختلف مقادیر متفاوتی برای کارایی فنی واحدهای تولیدی برآورد شده است. میانگین کارایی فنی گاوداری‌های شیری استان فارس ۶۷ درصد (صبوحی، ۱۳۷۴)، متوسط کارایی‌های فنی تولیدکنندگان شیر گوسفند ۵۷/۶ و تولیدکنندگان شیر گاو ۴۶/۷ درصد (دهقان و همکاران، ۱۳۹۱) و در گاوداری‌های شیری استان خراسان شمالی میانگین کارایی فنی ۹۳ درصد بدست آمد (دور اندیش و همکاران، ۱۳۹۲). همچنین میانگین کارایی زیست‌محیطی در کشتارگاه‌های دام استان تهران ۵۷/۷۴ درصد (دریجانی و همکاران، ۱۳۸۴)، متوسط کارایی فنی و کارایی زیست‌محیطی



شکل ۱- رابطه‌ی بین کارایی فنی و زیست‌محیطی

جهت بررسی عوامل موثر بر کارایی زیست‌محیطی، پنج متغیر سن، عملکرد شیر به ازای هر گاو، تحصیلات، تعداد سال‌های تجربه و شرکت در کلاس‌های مدیریت گاوداری مورد بررسی قرار گرفتند. تعریف این متغیرها در جدول (۵) آورده شده است.

جدول ۵- متغیرهای مورد نیاز برای رگرسیون توبیت

متغیر	تعریف	واحد
سن	سن دامدار	کمتر مساوی ۲۵ سال = ۰ بین ۳۵ و ۴۵ = ۱ بیشتر از ۴۵ = ۲
عملکرد	عملکرد شیر به ازای هر راس گاو	کیلوگرم
تحصیلات	سطح تحصیلات دامدار	بی‌سواد = ۰ دیپلم و زیر دیپلم = ۱ فوق دیپلم = ۲ لیسانس = ۳ بالتر از لیسانس = ۴
تجربه	تعداد سال‌های فعالیت در گاوداری	کمتر مساوی ۱۵ سال = ۰ بیشتر از ۱۵ سال = ۱
طرح‌های زیستی	شرکت در کلاس‌های مدیریت گاوداری	نه = ۰ بله = ۱

برای بررسی اثر این عوامل، رگرسیون توبیت برآورد گردید. تحصیلات، سن و عملکرد شیر به ازای هر گاو از عوامل موثر بر کارایی شناخته شدند. قابل ذکر است که تحصیلات و عملکرد شیر اثر مثبت و سن اثر منفی بر کارایی داشتند. به عبارت دیگر، گاوداری‌های که عملکرد شیر به ازای هر راس گاو بیشتری داشتند، گرایش به

از آنجایی که سطح تحصیلات اثر مثبت معنی‌داری بر کارایی داشته، لذا پیشنهاد می‌شود با دادن آموزش‌های مناسب و کاربردی به دامداران و بالابردن سطح سواد و اطلاعات آنها، میزان کارایی گاوداری‌ها را افزایش داد. همچنین وجود اختلاف بین بالاترین و پایین‌ترین سطح کارایی (اختلاف ۲۰ درصدی)، نشان‌دهنده‌ی عدم توازن در توزیع مناسب دانش فنی و عدم ترویج راهکارهای بهبود کارایی در گاوداری‌های منطقه است. بنابراین، می‌توان میزان تولید را بدون تغییر عمده در سطح فناوری و منابع به کار رفته و تنها از طریق کاهش شکاف کارایی میان بهره‌برداران افزایش داد. همچنین علامت ضریب متغیرهای سن، تجربه مدیر گاوداری و شرکت در کلاس‌های مدیریتی منفی می‌باشد؛ اما ضریب این متغیرها از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با صفر ندارد. به عبارت دیگر، این متغیرها بر کارایی گاوداری‌های تاثیر معنی‌داری از لحاظ آماری ندارند.

پرواربندی‌های صنعتی شهرستان شیراز به ترتیب ۷۱ و ۶۶ درصد (جعفرنیا و اسماعیلی، ۱۳۹۲) و متوسط کارایی فنی و کارایی زیست‌محیطی بخش کشاورزی ۹۸/۳۴ و ۷۱/۹۴ درصد بدست آمد (مولائی و ثانی، ۱۳۹۴).

میانگین کارایی فنی گاوداری‌های شیری ایالات متحده ۸۲ درصد (براو-اورتا، ۱۹۸۶)، در گاوداری‌های هلند میانگین کارایی فنی و کارایی زیست‌محیطی به ترتیب ۸۹/۴ و ۴۴/۱ درصد (رینهارد و همکاران، ۱۹۹۹)، در گاوداری‌های شیری نیوزلند میانگین کارایی فنی و کارایی زیست‌محیطی ۸۲ و ۶۴ درصد (رامیلان و همکاران، ۲۰۱۱)، میانگین کارایی زیست‌محیطی در گاوداری‌های شیری اسپانیا ۴۳ درصد (ایریبان و همکاران، ۲۰۱۱) و میانگین کارایی فنی و کارایی زیست‌محیطی گاوداری‌های شیری اسکاتلند، ۸۲ و ۱۴ درصد بدست آمد (شورتال و بارنز، ۲۰۱۳).

#### منابع مورد استفاده

- اکبری ن، زاهدی‌کیوان م و منفردیان سروسستانی م، ۱۳۸۷. بررسی عملکرد کارایی صنعت دامداری در سطح کشور (رهیافت: تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای)، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی، شماره سوم، صفحه‌های ۱۶۰-۱۴۱.
- آقا کثیری پ، ۱۳۸۹. تخمین قیمت سایه‌ای آلاینده دی‌اکسید نیتروژن در نیروگاه‌های کشور با رویکرد تحلیل مرز تصادفی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علامه طباطبایی.
- ثابتان شیرازی ا و فرج زاده س، ۱۳۸۵. تحلیل شرایط تولید پرورش گاوهای شیری (مطالعه موردی استان فارس)، توسعه و بهره‌وری، شماره ۲، صفحه‌های ۴۰-۲۷.
- جعفرنیا م و اسماعیلی ع، ۱۳۹۲. به کارگیری اثرات زیست‌محیطی در تحلیل کارایی فنی: مطالعه موردی پرواربندی شهرستان شیراز، تحقیقات اقتصادکشاورزی، شماره ۲، صفحه‌های ۱۶۴-۱۵۱.
- دریجانی ع، شرزه‌ای غ، یزدانی س، پیکانی غ و صدر الاشرافی م، ۱۳۸۴. برآورد کارایی زیست‌محیطی با استفاده از تحلیل مرز تصادفی: مطالعه موردی کشتارگاه‌های دام استان تهران، اقتصادکشاورزی و توسعه، شماره ۵۱، صفحه‌های ۱۴۵-۱۱۳.
- دوراندیش آ، نیکوکار ا، حسین‌زاده م و لوشابی ع، ۱۳۹۲. برآورد کارایی فنی چندمحصولی گاوداری‌های شیری استان خراسان شمالی (کاربرد تابع تولید مرزی تصادفی و تابع تولید مرزی فاصله ای تصادفی)، نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، شماره ۲، صفحات ۱۲۲-۱۱۴.
- دهقان ع، اسمعیلی دستجردی‌پور ع و دهمرده ن، ۱۳۹۱. محاسبه نواح کارایی و بازده نسبت به مقیاس در صنعت شیر (بررسی موردی: استان کرمان)، فصلنامه علمی-پژوهشی برنامه‌ریزی و بودجه، شماره ۴، صفحات ۱۵۹-۱۴۵.
- دهقانیان س و دین‌قزلی ف، ۱۳۸۰. اقتصاد منابع طبیعی و سیاست‌گذاریها، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

دهقانیان س و فرج‌زاده ز، ۱۳۷۹. اقتصاد محیط‌زیست برای غیر اقتصاددانان (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

رضایی ع، آماده ح و محمدی ت، ۱۳۹۱. تحلیل بهره‌وری و کارایی زیست‌محیطی در کشورهای منتخب واردکننده و صادرکننده منابع انرژی فسیلی: رویکرد تابع مسافت جهت دار، فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی، شماره ۲، صفحه‌های ۱۲۶-۹۳.

صبحی م، ۱۳۷۴. تعیین کارایی گاوداری‌های شیری استان فارس، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز.

مشرف ش، ۱۳۸۲. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی بررسی وضعیت مدیریت تغذیه در واحدهای صنعتی پرورش گاو شیری اصفهان، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان.

مولائی م و ثانی ف، ۱۳۹۴. تعیین کارایی زیست‌محیطی بخش کشاورزی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها، نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، شماره ۲، صفحات ۱۰۱-۹۱.

نقیسی م، ۱۳۸۳. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی بررسی وضعیت مدیریت تغذیه در واحدهای پرورش گاو شیری تحت پوشش رکوردگیری در استان تهران، مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، کرج.

یار احمدی ب، نیکخواه ح، قربانی ک و محمدطاقی م، ۱۳۸۴. تعیین کارایی فنی واحدهای پرواربندی گوسفند در استان لرستان، دومین سمینار پژوهشی گوسفند و بز کشور، تهران مؤسسه تحقیقات علوم دامی.

- Ball VE, Lovell CAK, Luu H and Nehring R, 2004. Incorporating environmental impacts in the measurement of agricultural productivity growth. *J Agr Res Econ* 29(3): 436-460.
- Bravo-Ureta BE and Rieger L, 1989. Alternative production frontier methodologies and dairy farm efficiency. *J Agr Econ* 41: 215-226.
- Candmir M and Koyubenbe N, 2006. Efficiency analysis of dairy farms in the province of Izmir (Turkey): DEA. *J Appl Anim Res* 29(1): 61- 64.
- Coelli T, 1995. A Guide to DEAP Version 2.1: A Data envelopment analysis (computer) program. (Online) available at: [Http://www.Ownet.Rice.Edu/Econ380/DEAP.PDF](http://www.Ownet.Rice.Edu/Econ380/DEAP.PDF)
- De Koeijer TJ, Wossink GA, Struik PC and Renkema JA, 2002. Measuring agricultural sustainability in terms of efficiency: the case of Dutch sugar beet growers. *J Env Manag*, 66: 9-17.
- Dyckhoff H and Allen K, 2000. Measuring ecological efficiency with data envelopment analysis. *Eur J Oper Res* 132: 312-325.
- Falavigna G, Manello A and Pavone S, 2013. Environmental efficiency, productivity and public funds: the case of the Italian agricultural industry. *J Agri Sys* 121: 73-80.
- Fare R, Grosskopf M, Lovell CAK and Pasurka V, 1989. Multilateral Productivity comparisons when some outputs are undesirable: a non-parametric approach. *Rev Econ and Stat* 71: 90-98.
- Farrell MJ, 1957. The measurement of productive efficiency. *J Royal Stat Soc* 120: 253-290.
- 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. *J Agri Sys* 88: 125-141.
- Hollmann M, Knowlton KF and Hanigan MD, 2008. Evaluation of solids, nitrogen, and phosphorus excretion models for lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 91: 1245-1257.
- Iribarren D, Hospido A, Moreira MT and Feijoo G, 2011. Benchmarking environmental and operational parameters through eco-efficiency criteria for dairy farms. *Sci Total Env* 409: 1786-1798.
- Lozano S, Iribarren D, Moreira MT and Feijoo G, 2008. The Link between operational efficiency and environmental impacts: a joint application of life cycle analysis and data envelopment analysis. *Sci Total Env* 407: 1744-1754.
- Nennich TD, Harrison JH, VanWieringen LM, Meyer D, Heinrichs AJ, Weiss WP, St-Pierre NR, Kincaid RL, Davidson DL and Block E, 2005. Prediction of manure and nutrient excretion from dairy cattle. *J Dairy Sci* 88: 3721-3733.

- NRC, 2001. Nutrient requirements of dairy cattle, Seventh revised edition. National academies press, Washington, DC. USA. (Online) Available at: <http://www.nap.edu/catalog/9825.html>.
- Piot-Lepetit I and Vermersch D, 1998. Pricing organic nitrogen under the weak disposability assumption: an application to the French pig sector. *J Agr Econ* 49: 85–99.
- Ramilan T, Scrimgeour F and Marsh D, 2011. Analysis of economic and environmental efficiency using a farm population micro-simulation model. *Math Comp in Simu* 81: 1344–1352.
- Reinhard S, Knox Lovell CA and Thijssen GJ, 1999. Econometric estimation of technical and environmental efficiency: an application to Dutch dairy farms. *Amer J Agri Econ* 81: 44–55.
- Reinhard S, Knox Lovell CA and Thijssen GJ, 2000. Environmental efficiency with multiple environmentally detrimental variables; estimated with SPF and DEA. *Ecol Econ* 121: 287–303.
- Reinhard S and Thijssen G, 1998. Resource use efficiency of Dutch dairy farms; a parametric distance function approach. *Amer Econ Assoc, Annual Meeting in Salt Lake City, USA*.
- Scheel H, 2001. Undesirable Outputs in Efficiency Valuations. *Eur J Oper Res* 132: 400–410.
- Shortall OK and Barnes AP, 2013. Greenhouse gas emissions and the technical efficiency of farmers. *J Ecol Indic* 29: 478-488.
- Welch E and Barnum D, 2009. Joint environmental and cost efficiency analysis of energy generation. *Ecol Econ* 68: 2336–2343.
- Yang C, 2009. Productive Efficiency, Environmental efficiency and their determinants in farrow-to-finish pig farming in Taiwan. *Liv Sci* 126: 195–205.
- Zhang B, Bi J, Fan Z, Yuan Z and Ge J, 2008. Eco-Efficiency analysis of industrial system in China: a data envelopment analysis approach. *Ecol Econ* 68: 306–316.
- Zhou P, Ang BW and Poh KL, 2008. A Survey of data envelopment analysis in energy and environmental studies. *Eur J Oper Res* 189: 1–18.

## Estimation of technical and environmental efficiency of dairy farms in Sarab County (Data envelopment analysis approach)

M Molaie<sup>1\*</sup> and F Sani<sup>2</sup>

Received: June 17, 2015 Accepted: September 09, 2015

<sup>1</sup>Assistant Professor, Agricultural Economics Department, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

<sup>2</sup>MSc Student, Agriculture Economics Department, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

\*Corresponding author: E mail: [morteza.molaei@gmail.com](mailto:morteza.molaei@gmail.com)

### Abstract

**Background:** Increasing population and growing demand for dairy products and protein has led to paying more attention by policymakers in livestock sector on increasing efficiency. **Objective:** The purpose of this study is measuring technical and environmental efficiency of dairy farms in Sarab County and determining effective factors influencing them. **Methods:** Required data collected using simple random sampling and filling 51 questionnaires at year 1394. **Results:** Using Data Envelopment Analysis, average technical, scale and environmental efficiency calculated 95%, 55% and 88%, respectively. The Kruskal-Wallis test used to the statistical comparison of the difference between technical and environmental efficiency; Results confirm significant difference between them. Also, the result of Spearman's rank correlation coefficient show that the higher the technical efficiency of the farm, the less the pollution emitted and then the farm has high environmental efficiency. **Conclusions:** Finally, education and milk yield per cow determined as the effective factors influencing the environmental efficiency of dairy farms.

**Key words:** Technical efficiency, Environmental efficiency, Data envelopment analysis, Sarab County