

برآورد هزینه‌های زیست‌محیطی انتشار آلاینده‌های گاوداری‌های شیری شهرستان بناب

باب‌اله حیاتی، الهام امیررسولی، قادر دشتی و جبرئیل واحدی^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۲۱

چکیده

انتشار آلاینده‌ها از جمله عامل‌های اصلی آلودگی‌های زیست‌محیطی و منبع تغییرپذیری‌های عمده آب و هوا و تنوع زیستی به شمار می‌آید. صنعت دامپروری، به‌ویژه گاوداری‌های شیری، یکی از بزرگ‌ترین منابع انتشار آلاینده‌ها به شمار می‌رود که از دیدگاه زیست‌محیطی به یک منبع جدی نگرانی تبدیل شده است. هدف از این پژوهش برآورد هزینه‌های زیست‌محیطی انتشار آلاینده‌های گاوداری‌های شیری شهرستان بناب می‌باشد. داده‌های مورد نیاز از طریق سرشماری و تکمیل پرسشنامه از ۱۱۹ واحد گاوداری شیری در سال ۱۳۹۸ به‌دست آمد. پس از برآورد میزان انتشار آلاینده‌ها، میزان‌های قیمت سایه‌ای آلاینده‌های نیتروژن و فسفر دفعی از روش فراسنجه‌ای تابع مسافت ستاده ترانسلوگ به دست آمد و در نهایت هزینه زیست‌محیطی آلاینده‌ها برآورد شد. نتایج نشان داد که میانگین قیمت سایه‌ای هر کیلوگرم نیتروژن و فسفر دفعی در گاوداری‌های شیری به ترتیب برابر ۱۸۵۵۲/۱۱- و ۱۳۸۰۲/۳۹- ریال می‌باشد. قیمت سایه‌ای منفی بدین مفهوم است که کاهش در ستاده نامطلوب، هزینه فرصتی برابر با کاهش در ستاده مطلوب و یا افزایش در مصرف نهاده‌ها دارد. نتایج مربوط به آلاینده‌های دفع شده از فضولات گاوهای شیری بیانگر آن است که، نیتروژن و فسفر دفعی به ترتیب سالانه به میزان ۴۰/۸ و ۴/۴ میلیون ریال به محیط زیست آسیب و زیان وارد می‌کند. همچنین نتایج کشش‌ها بیانگر این بود که، شیر تولیدی با آلاینده‌های نیتروژن و فسفر دفعی مکمل می‌باشد و نیز نهاده کنسانتره با نهاده‌های علوفه، نیروی کار جانشین و با نهاده انرژی مکمل و نهاده علوفه با نهاده انرژی جانشین و با نیروی کار مکمل و نیز نیروی کار با نهاده انرژی جانشین است. در نتیجه هزینه زیست‌محیطی آلاینده‌های گاوداری‌های شیری حدود ۴۵/۳ میلیون ریال برآورد شد؛ بدین مفهوم که به‌ازای تولید هر تن شیر زبانی معادل ۴۲۶۲۰۰ ریال به محیط زیست منطقه وارد می‌شود.

طبقه‌بندی JEL: O13, Q5, R15

واژه‌های کلیدی: آلاینده‌ها، تابع مسافت ستاده، قیمت سایه‌ای، گاوهای شیری، هزینه زیست‌محیطی

^۱ به ترتیب استاد (نویسنده مسئول)، دانش آموخته کارشناسی ارشد، استاد و دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی دانشگاه تبریز.

مقدمه

محیط زیست یکی از ارکان بسیار مهم حیات و توسعه به شمار می‌آید، زیرا نقش‌های پرشماری را برای ایجاد تعادل در مولفه‌های مختلف حیات بازی می‌کند. اما هم‌اکنون این مولفه به دلیل نبود قوانین، مقررات ویژه و تعریف مالکیت خاص برای آن، به‌طور آزاد و نامحدود از آن بهره‌برداری می‌شود، که نتیجه آن تخریب محیط زیست و ایجاد آلودگی‌های مختلف در این حوزه است (Sharzeie and Majed, 2014). انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌ها از منابع‌های مختلف و به‌ویژه از بخش کشاورزی که از جمله عامل‌های اصلی آلودگی‌های زیست محیطی و منبع تغییرپذیری‌های عمده آب و هوا، خاک و تنوع زیستی به‌شمار می‌رود (Ghorbani et al., 2009). بنابر گزارش سازمان خواربار و کشاورزی سازمان ملل متحد (فائو)^۱، انتشار گازهای گلخانه‌ای از بخش کشاورزی حدود ۱۰/۳ درصد از کل انتشارهای گازهای گلخانه‌ای را به خود اختصاص می‌دهد. در این بین سهم بخش کشاورزی ایران از انتشار گازهای گلخانه‌ای از صنایع مختلف در کشور حدود ۶/۸ درصد از کل انتشارها را تشکیل می‌دهد. همچنین سهم بخش گاو‌داری‌های شیری چهار درصد کل انتشارهای گازهای گلخانه‌ای را شامل می‌شود (FAO, 2018). یک گاو شیری روزانه بین ۷ تا ۸ درصد وزن بدنش، فضولات دفع می‌کند، که از نظر حجمی برای یک گاو ۴۵۴ کیلوگرمی، روزانه ۴۰ سانتی‌متر مکعب می‌باشد. همچنین، مخلوط ادرار و مدفوع گاو، در حدود ۸۵ تا ۸۷ درصد رطوبت دارد (Ghorbani and Khosravinia, 2011).

با توجه به رشد جمعیت کشور و افزایش تقاضا برای شیر و فرآورده‌های آن، میزان تولید شیر افزایش یافته و از حدود ۹/۶ میلیون تن در اواسط دهه ۹۰ خورشیدی به ۱۱ میلیون تن در سال ۱۴۰۰ رسیده است. شمار گاو‌داری‌های صنعتی کشور و استان آذربایجان شرقی به ترتیب حدود ۲۷۰۱۸ و ۹۳۰ واحد می‌باشد که از آن شمار به ترتیب ۱۷۳۸۹ و ۷۴۰ واحد در زمینه پرورش گاو شیری فعالیت می‌کنند. در حال حاضر جمعیت گاوهای اصیل، دورگ (آمیخته) و بومی کشور و استان آذربایجان شرقی به ترتیب برابر با ۲۳۳۶۹۷۲ و ۵۲۲۵۰ رأس می‌باشند (Statistical Center of Iran, 2023).

مدیریت نادرست تغذیه دام، رعایت نشدن بهداشت و گردآوری فضولات آن باعث ایجاد آلودگی محیط زیستی از جمله انتشار آلاینده‌های نیتروژن و فسفر از گاو‌داری‌های شیری شهرستان

¹ Food and Agriculture Organization (FAO)

برآورد هزینه های زیست محیطی...۳

بناب شده است. این آلاینده‌ها منجر به آلودگی خاک، آب‌های زیرزمینی و تالاب قره قشلاق این منطقه می‌شود. تالاب قره قشلاق زیستگاه ۱۸۵ گونه پرنده بومی و مهاجر، پستانداران پرشمار و گونه‌های متنوع و نادر گیاهی می‌باشد که این آلاینده‌ها موجب به خطر افتادن حیات این گونه‌های جانوری می‌شوند. بنابراین توجه به مسئله‌های زیست‌محیطی این گاوداری‌ها که می‌توانند کانون و مرکزی برای آلودگی‌های زیست‌محیطی باشند، امری ضروری است (State Livestock Affairs Logistics, 2020).

در رابطه با برآورد هزینه‌های زیست‌محیطی آلاینده‌ها و محاسبه قیمت سایه‌ای، بررسی‌ها و ارزیابی‌های بسیاری در داخل و خارج از کشور انجام پذیرفته است که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌شود. (Ghorbani et al (2009) به برآورد هزینه‌های زیست‌محیطی انتشار گازهای گلخانه‌ای ۸۵ گاوداری شیری شهرستان مشهد با استفاده از الگوی مرزی تصادفی مسافت ستاده پرداختند. نتایج نشان داد هزینه‌های زیست‌محیطی انتشار سالانه گازهای گلخانه‌ای گاوداری‌های شیری در مشهد و کشور به ترتیب برابر با ۱۰/۶۸ و ۶۷۹۱۰/۳ میلیارد ریال می‌باشد. (Jafarnia and Esmaeili (2013) پژوهشی روی ۶۰ واحد پروراندی گوساله در شیراز به منظور تعیین قیمت سایه‌ای آلاینده‌های زیست‌محیطی از طریق تابع مسافت ستاده دو مرحله‌ای انجام دادند. نتایج مثبت بودن قیمت سایه‌ای آلاینده‌ها را نشان می‌داد؛ بدین معنا که میزان درآمد و کارایی تولید با کاهش ستاده آلاینده افزایش می‌یابد. (Abedi and Tahamipour (2014) ارزش سایه‌ای و هزینه زیست‌محیطی دی‌اکسید کربن در تولید گندم استان فارس را با استفاده از تابع ترانس‌لوگ تصادفی مسافت ستاده محاسبه کردند. نتایج نشان داد که هزینه فرصت کاهش یک کیلوگرم دی‌اکسید کربن از طریق کاهش ستاده مطلوب یا افزایش نهاد، معادل ۱۹۳۸ ریال است و برای کاهش هر کیلو از آن باید تولید گندم به ارزش ۱۹۳۸ ریال کاسته شود و در نتیجه به‌ازای تولید هر تن گندم، آسیب و زیانی معادل ۴۲۵۵۰۷ ریال بابت انتشار دی‌اکسید کربن، به محیط زیست وارد می‌شود. (Alipour et al (2014) هزینه و قیمت سایه‌ای انتشار گاز گلخانه‌ای کربن دی‌اکسید حاصل از توسعه بخش کشاورزی ایران را از طریق تابع مسافت در بازه زمانی سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۸۹ برآورد کردند. بنابر نتایج با انتشار کربن دی‌اکسید از بخش کشاورزی ایران، سالانه به‌طور میانگین به‌میزان ۱۷۴۴ میلیارد ریال هزینه ایجاد می‌شود. (Molaei and Sani (2017) از رویکرد فراسنجه‌ای تابع مسافت ستاده برای برآورد قیمت سایه‌ای آلاینده‌های ۵۱ واحد گاوداری شیری شهرستان سراب بهره بردند. بنابر نتایج بررسی انجام

شده، میانگین قیمت سایه‌ای نیتروژن و فسفر به‌ازای هر تن به‌ترتیب مثبت ۳۰ میلیون ریال و منفی ۶/۵ میلیون ریال برآورد شد و با حذف هر تن نیتروژن ۳۰ میلیون ریال می‌توان بر درآمد گاودار افزود و با حذف هر تن فسفر از فرایند تولید بایستی از ۶/۵ میلیون ریال درآمد چشم-پوشی کرد. (Abolghasemi et al (2020 ارزش سایه‌ای و هزینه‌های جانبی شوری آب زیرزمینی در بخش کشاورزی ایران را از طریق تابع فاصله ستانده جهت‌دار در شکل تبعی درجه دوم و با رویکرد برنامه‌ریزی ریاضی ارزیابی کردند. نتایج موید آن بود که میانگین ارزش تابع فاصله ستانده جهت‌دار ایران برابر با ۰/۲۲۸ می‌باشد. همچنین میانگین ارزش سایه‌ای شوری آب زیرزمینی ایران برابر با ۰/۲۷۸ میلیارد ریال به‌ازای هر میکروزیمنس بر سانتی‌متر به دست آمد. (Zakariyaei et al (2023 قیمت سایه‌ای انتشار گاز متان در روش‌های جایگزین کشت غرقابی برنج در ایران را از طریق الگوی مرزی تصادفی مسافت-ستانده بررسی کردند. نتایج گویای آن بود که هزینه‌های محیط زیستی انتشار سالانه متان در شالیزارهای کشور در روش سنتی، تناوبی و خشکه‌کاری به‌ترتیب برابر با ۶۳۳، ۳۵۶ و ۳۵۲ میلیارد ریال است. همچنین قیمت سایه‌ای هر کیلوگرم متان در این پیش‌فرض‌ها به‌ترتیب ۵۰۵۶، ۵۸۰۸ و ۵۷۳۷ ریال محاسبه شد.

(Hadly (1998 در پژوهشی قیمت سایه‌ای ستاده نامطلوب گاوداری‌های شیری در بریتانیا را با استفاده از رویکرد تابع مسافت ستاده بررسی کرد. در این بررسی، از داده‌های مربوط به ۳۳۰ گاوداری شیری در سطح بریتانیا طی سال‌های ۱۹۸۲ تا ۱۹۹۲ استفاده شد. بنابر نتایج، قیمت ستاده نامطلوب (نیترات) برابر با ۲۹/۳۴- پوند به‌دست آمد. (Shaik et al (2002 قیمت سایه‌ای و هزینه‌های کاهش آلودگی نیتروژن کشاورزی آمریکا در سال‌های ۱۹۳۶ تا ۱۹۹۷ را با به کارگیری تابع مسافت ستاده و نهاده بررسی کردند. بنابر یافته‌های پژوهش، قیمت سایه‌ای و هزینه کاهش آلودگی برای نبراسکا به‌ترتیب از ۰/۹۱ دلار تا ۲/۲۱ دلار به‌ازای هر پوند و از ۳۰۰ میلیون دلار تا ۷۲۹ میلیون دلار برآورد شد. (Fare et al (2006 قیمت سایه‌ای و هزینه‌های آلودگی کشاورزی ایالات متحده را با استفاده از دوگان بین تابع مسافت ستاده جهت‌دار و تابع درآمد برآورد کردند. نتایج گویای آن بود که هزینه‌های کل آلودگی به‌طور متوسط حدود ۱۷/۵ درصد درآمد حاصل از بخش زراعت و دام بود و کمترین و بیشترین میزان هزینه‌های آلودگی را به‌ترتیب آیداهو و کالیفرنیا به خود اختصاص دادند. هزینه‌های آلودگی زیست‌محیطی

برآورد هزینه های زیست محیطی... ۵

آفتکشها ۶ درصد درآمد بخش زراعت و دام بوده و این هزینهها در ایالت‌های غربی آمریکا نسبت به دیگر ایالت‌ها اندک است.

Mamardashvili et al (2016) در تحقیقی قیمت سایه‌ای آلودگی گاوداری‌های شیری سوئیس را با استفاده از تابع فاصله هذلولی برآورد کردند. قیمت سایه‌ای ستاده نامطلوب مازاد نیتروژن، با توجه به ستاده شیر برابر با ۲۸ فرانک سوئیس در هر کیلوگرم نیتروژن و با توجه به ستاده غیرشیر ۴۹/۶۷ فرانک به دست آمد. همچنین قیمت سایه‌ای نیتروژن در کشتزار ارگانیک و کشتزار متعارف به ترتیب معادل ۱۷/۴ و ۱۳/۶ فرانک برآورد شد. Adenuga et al (2019) با استفاده از تابع مسافت ستاده هزینه آلودگی نیتروژن دفعی و کارایی زیست‌محیطی گاوداری‌های شیری را در ایرلند بررسی کردند. برابر نتایج حاصله میانگین کارایی زیست‌محیطی برای جزیره ایرلند و ایرلند شمالی به ترتیب برابر با ۰/۸۹ و ۰/۹۲ به دست آمد. همچنین میانگین هزینه‌های کاهش به ازای هر کیلوگرم نیتروژن مازاد به ترتیب برابر با ۴/۲ و ۶/۲ یورو محاسبه شد. (Balezenits et al (2022) طی بررسی‌های خود با استفاده از روش SBM-DEA^۱ به محاسبه کارایی زیست‌محیطی و قیمت سایه‌ای انتشار گازهای گلخانه‌ای در گاوداری‌های شیری لیتوانی پرداختند. بنابر نتایج، میانگین کارایی زیست‌محیطی طی سال‌های مورد بررسی در محدوده ۰/۵۵ تا ۰/۵۹ در نوسان می‌باشد و توان بالقوه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای بین ۲۰ تا ۲۵ درصد ارزیابی شد. قیمت سایه‌ای گازهای گلخانه‌ای نیز از ۴۱/۵۴ (یورو بر معادل تن دی اکسید کربن) در سال ۲۰۱۵ به ۵۵/۸۹ (یورو بر معادل تن دی اکسید کربن) در سال ۲۰۱۹ افزایش یافته است.

پرورش گاو به منظور تولید شیر و فرآورده‌های آن یکی از فعالیت‌های مهم بخش کشاورزی در شهرستان بناب بوده و نقش قابل توجهی در اقتصاد و تامین درآمد تولیدکنندگان دارد، به گونه‌ای که در این شهرستان حدود ۱۱۹ واحد گاوداری شیری سنتی دارای پروانه و حدود ۶۰ واحد بدون پروانه و نیز دارای ۸ واحد صنعتی فعال و نیمه فعال وجود دارد. همچنین شهرستان بناب در رتبه سوم استانی از نظر تولید شیر و فرآورده‌های لبنی قرار دارد و با تولید حدود ۳۴/۶ هزار تن شیر در سال سهم بسزایی در تولید شیر استان را به خود اختصاص می‌دهد (East Azarbijan Jihad Organization, 2020). جمع‌بندی بررسی‌های انجام شده پیشین نیز حکایت

¹ Slacks-Based Measure-Data Envelopment Analysis (SBM-DEA)

از آن دارد که به منظور تعیین میزان هزینه زیست‌محیطی و هزینه نهایی مهار آلاینده‌ها، استفاده از مفهوم قیمت سایه‌ای انتشار آلاینده‌ها بسیار مورد توجه پژوهش‌گران قرار گرفته است. در این راستا استفاده از رهیافت تابع مسافت نیز از مقبولیت قابل توجهی در نزد محققان برخوردار بوده است. از این رو در این پژوهش با استفاده از مفهوم قیمت سایه‌ای انتشار آلاینده‌ها و رهیافت تابع مسافت ستاده، هزینه زیست‌محیطی انتشار آلاینده‌های نیتروژن و فسفر دفعی از گاوداری‌های شیری شهرستان بناب برآورد شده و راهکارهای لازم برای کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی ارائه شده است.

روش تحقیق

به‌طور معمول عملکرد یک بنگاه از طریق میزان بهره‌وری یک تابع تولید بدون تفکیک ستاده‌های مطلوب و نامطلوب حاصل می‌شود. این نوع اندازه‌گیری نمی‌تواند درست باشد زیرا میزان گسترده‌ای از ستاده‌های نامطلوب مانند آلودگی آب و هوا را دربر نمی‌گیرد. هنگامی که واحد-های تولیدی، نهاده‌های خود را به سمت کاهش ستاده‌های نامطلوب سوق دهند، نسبت نهاده به ستاده واحد تولیدی افزایش و بهره‌وری واحد تولیدی کاهش می‌یابد. اندازه‌گیری کارایی ستاده مبین میزان ستاده مطلوبی است که می‌تواند افزایش یابد؛ هنگامی که میزان نهاده به کار رفته ثابت بماند. کارایی نهاده نیز نشانگر میزان نهاده رایج و ستاده نامطلوبی است که می‌تواند کاهش یابد؛ هنگامی که میزان ستاده مطلوب ثابت باشد. درک این نکته‌ها منجر به اعمال محدودیت‌هایی بر تصمیم‌گیران واحدهای تولیدی می‌شود تا به هنگام تولید و محاسبه کارایی آن واحد تولیدی، آسیب و زیان‌های زیست‌محیطی در نظر گرفته شوند. در صورتی که x بردار نهاده‌ها و $U=(y, z)$ بردار ستاده‌ها (y به‌عنوان ستاده مطلوب^۱ و z ستاده نامطلوب^۲) باشد، همچنین $P(x)$ مجموعه ستاده قابل مشاهده برای بردار نهاده داده شده x و $L(y, z)$ مجموعه موردنیاز نهاده برای تولید بردار ستاده y و z است؛ در این صورت مجموعه فناوری T بر مبنای رابطه (۱) تعریف می‌شود (Fare et al., 1993):

$$T = \{(x, y, z) \in \mathbb{R}^N + M + \mathbb{R}, (y, z) \in P(x), x \in L(y, z)\} \quad (1)$$

ارتباط بین ستاده مطلوب و نامطلوب از طریق فناوری تولید بیان می‌شود. فرض اساسی در رابطه با ستاده‌های مطلوب و نامطلوب، قابلیت جدایی‌ناپذیری^۳ و قابلیت حذف^۱ آنهاست. به-

¹ Good (Desirable) Output

² Bad (Undesirable) Output

³ Null-jointness

برآورد هزینه های زیست محیطی...۷

عبارت دیگر تولید ستاده های نامطلوب متوقف نخواهد شد مگر آنکه کل فرآیند تولید متوقف شود. جدایی ناپذیر بودن به این مفهوم است که هیچ ستاده مطلوبی تولید نمی شود، مگر آنکه ستاده نامطلوب نیز تولید شود. اگر فرض شود ستاده مطلوب و نامطلوب هر دو قابلیت حذف ضعیف را دارند در این صورت کاهش نسبی ستاده مطلوب و نامطلوب امکان پذیر خواهد بود. قابلیت حذف ضعیف به این مفهوم است که از بین بردن یا کاستن از میزان تولید ستاده نامطلوب مستلزم کاهش میزان تولید ستاده مطلوب می باشد. قابلیت حذف قوی نیز به این صورت بیان می شود که می توان محصول بد را بدون پرداخت هزینه یا کاهش میزان تولید محصول خوب، از فرآیند تولید کاست (Wang et al., 2018).

فناوری تولید را می توان از طریق مجموعه ستاده و همچنین تابع فاصله ستاده نمایش داد. با استفاده از تابع فاصله می توان فناوری تولید چندمحصولی و چند نهاده ای را بدون نیاز به فرض کمینه کردن هزینه یا بیشینه سازی سود به صورت رابطه (۲) بیان کرد:

$$D_0(x, y) = D_0(x, g, b) = \min\{\theta: y/\theta \in P(x), \theta > 0\} \text{ for all } x \in R_+^N \quad (2)$$

که در آن θ پیش بینی های مربوط به مجموعه ستاده مشاهده شده در طی شعاعی از مبدأ به بزرگترین مجموعه ستاده ایجاد شده توسط مجموعه نهاده می باشد (Darijani et al., 2005). معادلات مختلفی برای برآورد مواد دفعی گاوها ارائه شده است که در این پژوهش از معادله های به کار گرفته شده در بررسی های (Nennich et al (2005) و Hollmann et al (2008) بهره گرفته شده است. در این پژوهش به منظور برآورد نیتروژن و فسفر دفعی گاوداری های شیری از رابطه های (۳) و (۴) استفاده شد (Nennich et al., 2005; Hollmann et al., 2008):

$$p_E\left(\frac{g}{d}\right) = \sum_{x=1}^n (7/5 + DMI_x\left(\frac{kg}{d}\right) + dietaryP\left(\frac{g}{g}\right) \times 780 - MY\left(\frac{kg}{d}\right) \times 0/702) \quad (3)$$

$$n_E\left(\frac{g}{d}\right) = \sum_{x=1}^n (DMI_x\left(\frac{kg}{d}\right) \times dietaryCP\left(\frac{g}{g}\right) \times 84/1 + BW(kg) \times 0/196) \quad (4)$$

در رابطه های بالا، DMI_x ماده خشک مصرفی کل گله (کیلوگرم)، $dietaryP$ درصد فسفر خام جیره، $dietaryCP$ درصد پروتئین خام جیره، MY عملکرد شیر برای هر راس گاو، BW وزن گاو و x شمار گاوهای موجود در گله، p_E و n_E به ترتیب نیتروژن و فسفر دفعی (گرم در روز) می باشد. برای به دست آوردن درصد ماده خشک، درصد پروتئین خام و درصد فسفر موجود در ترکیبات مواد خوراکی، میزان های بیان شده در انتشارات انجمن تحقیقات آمریکا در سال ۲۰۰۱ به کار گرفته شده است. در این پژوهش بنابر بررسی و ارزیابی های Dang and

¹ Disposability

Mourougane (2014) و Zhou et al (2014) به منظور برآورد تابع مسافت از شکل تابعی ترانسلوگ برابر رابطه (۵) بهره گرفته شد (Reinhard, 1999; Molaei and Sani, 2017):

$$\ln D_{oi} = \alpha_0 + \sum_{j=1}^2 \alpha_{z_j} \ln Z_{ij} + \alpha_Y \ln Y_i + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^2 \sum_{m=1}^2 \alpha_{z_j z_m} \ln Z_{ij} \ln Z_{im} + 0.5 \alpha_{Y Y} \ln Y_i^2 + \sum_{j=1}^2 \alpha_{Z_j Y} \ln Z_{ij} \ln Y_i + \sum_{k=1}^4 \alpha_k \ln X_{ik} + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^4 \sum_{l=1}^4 \alpha_{kl} \ln X_{ik} \ln X_{il} + \sum_{k=1}^4 \sum_{j=1}^2 \alpha_{kz_j} \ln X_{ik} \ln Z_{ij} + \sum_{k=1}^4 \alpha_{kY} \ln X_{ik} \ln Y_i + V_i \quad (5)$$

در رابطه (۵)، D_{oi} مقدار تابع مسافت ستاده برای گاو‌داری i ام، Y_i بردار ستاده مطلوب، Z_i بردار ستاده‌های نامطلوب، X_{ik} بردار نهاده‌ها، α فراسنجه برآورد و V_i جز اخلاص تصادفی، دارای توزیع $N(0, \sigma_v^2)$ که به منظور در نظر گرفتن رخدادهای بیرون از کنترل کشاورز در نظر گرفته می‌شود. برای سنجش همگنی رویکرد تابع مسافت ستاده ترانسلوگ نیاز به یک وزن، مانند λ است، که معادل معکوس وزنی یکی از ستاده‌ها در تابع مسافت ستاده می‌باشد. لذا با اعمال شرط همگنی و انتخاب یک متغیر به‌عنوان متغیر نرمال‌کننده که در این بخش، یک ستاده مطلوب و دو ستاده نامطلوب به صورت جداگانه به‌عنوان ستاده‌های نرمال‌کننده انتخاب شدند و همچنین با اضافه کردن اجزای اخلاص V و نیز جایگزینی مقدار $\ln D_{oi}$ به صورت $-U_i$ ، تابع مسافت ستاده (۵) به صورت رابطه‌های (۶)، (۷) و (۸) بازنویسی می‌شوند (Reinhard, 1999; Coelli and Perelman, 1996). در این رابطه‌ها m ، ستاده مطلوب شیر، n و p به ترتیب ستاده‌های نامطلوب نیتروژن و فسفر دفعی؛ k, a, l, e به ترتیب نهاده‌های کنسانتره، علوفه، نیروی کار و انرژی می‌باشند. V_i جز اخلاص تصادفی و U_i جز اخلاص تصادفی غیرمنفی و دارای توزیع نرمال $N^+(\mu, \sigma_u^2)$ که برای محاسبه ناکارایی فنی ستاده‌ها در نظر گرفته می‌شود. تابع مسافت ستاده ترانسلوگ نرمال شده توسط ستاده مطلوب شیر در رابطه (۶) آمده است:

$$\begin{aligned} -\ln m = & \alpha_0 + \alpha_n \ln n^* + \alpha_p \ln p^* + 0.5 \alpha_{nn} (\ln n^*)^2 + 0.5 \alpha_{pp} (\ln p^*)^2 + 0.5 \alpha_{np} \ln n^* \ln p^* + \alpha_k \ln k \\ & + \alpha_a \ln a + \alpha_l \ln l + \alpha_e \ln e + 0.5 \alpha_{kk} (\ln k)^2 + 0.5 \alpha_{aa} (\ln a)^2 + 0.5 \alpha_{ll} (\ln l)^2 + 0.5 \alpha_{ee} (\ln e)^2 + 0.5 \\ & \alpha_{ka} \ln k \ln a + 0.5 \alpha_{kl} \ln k \ln l + 0.5 \alpha_{ke} \ln k \ln e + 0.5 \alpha_{al} \ln a \ln l + 0.5 \alpha_{ae} \ln a \ln e + 0.5 \alpha_{le} \ln l \ln e \\ & + \alpha_{kn} \ln k \ln n^* + \alpha_{kp} \ln k \ln p^* + \alpha_{an} \ln a \ln n^* + \alpha_{ap} \ln a \ln p^* + \alpha_{ln} \ln l \ln n^* + \alpha_{lp} \ln l \ln p^* + \alpha_{en} \ln e \ln n^* \\ & + \alpha_{ep} \ln e \ln p^* + U_i + V_i \end{aligned} \quad (6)$$

به طوری که $p^* = \frac{p}{m}$ ، $n^* = \frac{n}{m}$ به ترتیب ستاده‌های نامطلوب نیتروژن و فسفر دفعی نرمال شده توسط ستاده مطلوب شیر می‌باشند. رابطه (۷) تابع مسافت ستاده ترانسلوگ نرمال شده توسط ستاده نامطلوب نیتروژن دفعی را نشان می‌دهد:

برآورد هزینه های زیست محیطی...۹

$$\begin{aligned}
 -\ln n = & \alpha_0 + \alpha_m \ln m^* + \alpha_p \ln p^* + 0.5 \alpha_{mm} (\ln m^*)^2 + 0.5 \alpha_{pp} (\ln p^*)^2 + 0.5 \alpha_{mp} \ln m^* \\
 & \ln p^* + \alpha_k \ln k + \alpha_a \ln a + \alpha_l \ln l + \alpha_e \ln e + 0.5 \alpha_{kk} (\ln k)^2 + 0.5 \alpha_{aa} (\ln a)^2 + 0.5 \alpha_{ll} \\
 & (\ln l)^2 + 0.5 \alpha_{ee} (\ln e)^2 + 0.5 \alpha_{ka} \ln k \ln a + 0.5 \alpha_{kl} \ln k \ln l + 0.5 \alpha_{ke} \ln k \ln e + 0.5 \alpha_{al} \ln a \\
 & \ln l + 0.5 \alpha_{ae} \ln a \ln e + 0.5 \alpha_{le} \ln l \ln e + \alpha_{km} \ln k \ln m^* + \alpha_{kp} \ln k \ln p^* + \alpha_{am} \ln a \ln m^* + \\
 & \alpha_{ap} \ln a \ln p^* + \alpha_{lm} \ln l \ln m^* + \alpha_{lp} \ln l \ln p^* + \alpha_{em} \ln e \ln m^* + \alpha_{ep} \ln e \ln p^* + U_i + V_i \quad (۷)
 \end{aligned}$$

در رابطه (۷)، $m^* = \frac{m}{n}$ و $p^* = \frac{p}{n}$ به ترتیب عبارت‌اند از شیر و فسفر دفعی نرمال شده توسط نیتروژن دفعی. تابع مسافت ستاده ترانس‌لوگ نرمال شده توسط ستاده نامطلوب فسفر دفعی نیز در رابطه (۸) آورده شده است:

$$\begin{aligned}
 -\ln p = & \alpha_0 + \alpha_m \ln m^* + \alpha_n \ln n^* + 0.5 \alpha_{mm} (\ln m^*)^2 + 0.5 \alpha_{nn} (\ln n^*)^2 + 0.5 \alpha_{mn} \ln m^* \\
 & \ln n^* + \alpha_k \ln k + \alpha_a \ln a + \alpha_l \ln l + \alpha_e \ln e + 0.5 \alpha_{kk} (\ln k)^2 + 0.5 \alpha_{aa} (\ln a)^2 + 0.5 \alpha_{ll} \\
 & (\ln l)^2 + 0.5 \alpha_{ee} (\ln e)^2 + 0.5 \alpha_{ka} \ln k \ln a + 0.5 \alpha_{kl} \ln k \ln l + 0.5 \alpha_{ke} \ln k \ln e + 0.5 \alpha_{al} \ln a \\
 & \ln l + 0.5 \alpha_{ae} \ln a \ln e + 0.5 \alpha_{le} \ln l \ln e + \alpha_{km} \ln k \ln m^* + \alpha_{kn} \ln k \ln n^* + \alpha_{am} \ln a \ln m^* + \\
 & \alpha_{an} \ln a \ln n^* + \alpha_{lm} \ln l \ln m^* + \alpha_{ln} \ln l \ln n^* + \alpha_{em} \ln e \ln m^* + \alpha_{en} \ln e \ln n^* + U_i + V_i \quad (۸)
 \end{aligned}$$

که در آن $m^* = \frac{m}{p}$ ، $n^* = \frac{n}{p}$ به ترتیب بیانگر ستاده مطلوب شیر و نیتروژن دفعی نرمال شده توسط فسفر دفعی می‌باشند. برای برآورد مدل‌های (۶)، (۷) و (۸) از روش تحلیل مرزی تصادفی (SFA) بهره برده شد که در آن فاصله از مرز کارایی با یک عبارت خطای دو جزئی جایگزین شده است. عبارت خطای $-LnD_{oi} = V_i - U_i$ مبین رخدادهای بیرون از کنترل کشاورز بوده و دارای توزیع $V_i \sim N(0, \sigma_v^2)$ می‌باشد. $U_i \sim N^+(\mu, \sigma_u^2)$ نیز خطای یکطرفه با توزیع نیمه نرمال است که برای محاسبه ناکارایی فنی ستاده‌ها در نظر گرفته می‌شود (Coelli et al., 2013). مدل‌ها به روش حداکثر درست‌نمایی و به‌وسیله نرم‌افزار STATA14 برآورد شدند. در ادامه پژوهش قیمت سایه‌ای ستاده نامطلوب به‌صورت رابطه (۹) استخراج شد (Zhou et al (2014):

$$P_{Zr} = P_y \frac{y}{z_r} \frac{\frac{\partial \ln D(x, y, z)}{\partial \ln z_r}}{\frac{\partial \ln D(x, y, z)}{\partial \ln y}} \quad (۹)$$

پس از محاسبه میزان تولید آلاینده‌های فسفر و نیتروژن دفعی از گاوداری‌های شیری و استخراج قیمت سایه‌ای یا هزینه نهایی کاهش آلاینده‌ها، هزینه‌های زیست‌محیطی دفع فسفر و نیتروژن بنابر رابطه‌های (۱۰) و (۱۱) محاسبه شد:

$$C_n = P_n \times n \quad (۱۰)$$

$$C_p = P_p \times p \quad (۱۱)$$

در رابطه‌های بالا، n و p به ترتیب میزان تولید شیر، نیتروژن و فسفر دفعی، P_m ، P_n و P_p ، به ترتیب قیمت سایه‌ای شیر، نیتروژن و فسفر دفعی و C_n و C_p به ترتیب هزینه زیست‌محیطی نیتروژن و فسفر دفعی می‌باشند. اطلاعات مورد نیاز برای این پژوهش از ۱۱۹ واحد پرورش گاو شیری دارای پروانه مربوط به سال ۱۳۹۸ در شهرستان بناب گردآوری شد. برای انجام تحقیق با توجه به شمار کم گاوداری‌ها از روش سرشماری به جای نمونه‌گیری استفاده شد.

نتایج و بحث

میزان مصرف نهاده‌ها شامل مصرف کنسانتره، علوفه، نیروی کار، انرژی (هزینه برق، گاز، نفت و گازوئیل) و همچنین میزان ستاده مطلوب شیر و ستاده‌های نامطلوب نیتروژن و فسفر دفعی مربوط به سال ۱۳۹۸ برای ۱۱۹ واحد پرورش گاو شیری شهرستان بناب در جدول (۱) گزارش شده است. با توجه به میزان نیتروژن و فسفر دفعی محاسبه شده از طریق رابطه‌های (۳) و (۴) بنابر جدول (۱)، هر گاوداری سالانه به‌طور میانگین با مصرف ۴۰/۳۱ تن علوفه، ۷۹/۷۳ تن کنسانتره، ۲/۲ نفر روز نیروی کار و ۱/۱۶ میلیون ریال انرژی، سالانه ۷۶/۵۴ تن شیر تولید نموده و ۱/۸۷ تن نیتروژن و ۰/۳۲ تن فسفر روانه محیط زیست کرده است.

جدول (۱) وضعیت نهاده‌ها و ستاده‌های گاوداری‌های شیری شهرستان بناب (سالانه)

Table (1) The state of inputs and outputs of dairy farms in Bonab county (yearly)

متغیر variable	علامت Sign	میانگین Mean	انحراف معیار Std.dv	کمینه Minimum	بیشینه Maximum
علوفه (تن) Feed (ton)	a	40.31	29.16	0	210.78
کنسانتره (تن) Concentrate (ton)	k	79.73	72.74	13.14	542.02
نیروی کار (نفر-روز) Labor	l	2.2	0.96	1	5
انرژی (ده هزار ریال) Energy (10000 rials)	e	1160.9	750.62	240	6000
مقدار شیر تولیدی (تن) Milk (ton)	m	76.53	69.01	14.08	475.2
شمار گاو شیری (رأس) Number of dairy cows (head)	cow	15.33	9.1	6	55
فسفر دفعی (تن) Excreted phosphorus (ton)	p	0.31	0.25	0.09	1.95
نیتروژن دفعی (تن) Excreted nitrogen (ton)	n	1.86	1.38	0.59	10.01
قیمت شیر (ریال) Milk price (Rials)	P_m	11778.15	62.18	10500	14700

Source: Research findings

منبع: یافته‌های تحقیق

بر آورد هزینه های زیست محیطی... ۱۱

در جدول (۲) ویژگی های واحدهای پرورش گاو شیری شهرستان بناب ارائه شده است. ملاحظه می شود مالکیت همه گاوداری ها بدون استثنا شخصی بوده و همه مدیران گاوداری های مصاحبه شده، مرد می باشند. میانگین سنی ۴۸ درصد مدیران گاوداری، در بازه بیشتر از ۴۵ سال قرار دارد. ۶۲/۲ درصد مدیران دارای سطح سواد دیپلم و زیر دیپلم و ۵۸ درصد آنان دارای پیشینه فعالیتی بیشتر از ۱۵ سال می باشند. ۵۲ درصد آنان در کلاس های مدیریت گاوداری و ۷۴ درصدشان در کلاس های آموزشی مربوط به بهداشت شرکت کرده اند. ۶۴/۷ درصد دامداران به فعالیت های دیگری به غیر از دامداری مشغول بوده اند. همچنین ۳۶/۱ درصد میانگین مساحت گاوداری ها کمتر از ۱۰۰۰ مترمربع می باشد.

جدول (۲) ویژگی های واحدهای پرورش گاو شیری شهرستان بناب

Table (2) Characteristics of dairy cattle breeding units in Bonab county

متغیر variable	گروه ها Groups	فراوانی Frequency	درصد فراوانی Frequency %
سن (درصد) Age	< 35	14	11.8
	35 – 45	48	40.3
	> 45	57	47.9
سطح سواد (درصد) Education level	بی سواد Illiterate	20	16.8
	دیپلم و پایین تر Diploma and lower	74	62.2
	کاردانی Associate Degree	14	11.8
	کارشناسی و بالاتر Bachelor's degree and higher	11	9.2
پیشینه فعالیت (درصد) Experience	≤ 15	50	42
	> 15	69	58
مساحت گاوداری Area	< 1000	43	36.1
	1000 – 2000	37	31.1
	≥ 2000	39	32.8
درآمد غیر گاوداری (درصد) Offarm income	بله Yes	77	64.7
	خیر No	42	35.3
شرکت در کلاس های آموزشی مربوط به بهداشت (درصد) Participation in health education classes	بله Yes	88	74
	خیر No	31	26
شرکت در کلاس های مدیریت گاوداری (درصد) Participation in cattle management classes	بله Yes	62	52
	خیر No	57	48

Source: Research findings

منبع: یافته های تحقیق

جدول (۳) نتایج مربوط به برآورد تابع مسافت ستاده نرمال شده ترانسلوگ توسط ستاده شیر را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود، ۱۶ ضریب از بین ضریب‌های برآورد شده معنی‌دار شدند، لذا مدل مورد استفاده از اعتبار مناسبی برای تحلیل و محاسبه‌ی قیمت سایه‌ای و هزینه زیست-محیطی آلاینده‌های گاوداری‌های شیری برخوردار است.

جدول (۳) نتایج برآورد تابع مسافت ستاده ترانسلوگ نرمال شده توسط ستاده شیر
Table (2) Results of translog distance function normalized by milk

متغیر	ضریب	آماره Z	متغیر	ضریب	آماره Z
Variable	Coefficient	Z-Statistic	Variable	Coefficient	Z-Statistic
عرض از مبدأ Intercept	24.154***	2.79	فسفر*کنسانتره lnp*lnk	0.181	1.22
فسفر lnp	7.486***	2.63	فسفر*علوفه lnp*lna	-0.675***	-3.21
نیتروژن lnn	-4.962**	-2.10	فسفر*نیروی کار lnp*lnl	0.024	0.30
کنسانتره lnk	-0.9	-0.96	فسفر*انرژی lnp*lne	-0.394***	-3.42
علوفه lna	-1.947***	-2.52	نیتروژن*کنسانتره lnn*lnk	-0.276**	-2.10
نیروی کار lnl	-0.832*	-1.61	نیتروژن*علوفه lnn*lna	0.494***	2.96
انرژی lne	0.278	0.91	نیتروژن*نیروی کار lnn*lnl	0.026	0.31
توان دوم فسفر lnp*lnp	-1.357***	-5.87	نیتروژن*انرژی lnn*lne	0.412***	3.130
توان دوم نیتروژن lnn*lnn	-2.193***	-8.82	کنسانتره*علوفه lnk*lna	0.016	0.32
توان دوم کنسانتره lnk*lnk	0.838	1.14	کنسانتره*نیروی کار lnk*lnl	-0.028	-1.05
توان دوم علوفه lna*lna	0.021***	2.47	کنسانتره*انرژی lnk*lne	0.027	0.96
توان دوم ل نیروی کار lnl*lnl	-0.176***	-4.51	علوفه*نیروی کار lna*lnl	-0.05	-0.94
توان دوم انرژی lne*lne	-0.08***	-3.47	علوفه*انرژی lna*lne	0.0005	0.02
فسفر*نیتروژن lnp*lnn	1.849***	8.28	نیروی کار*انرژی lnl*lne	0.121***	3.52
لگاریتم درست‌نمایی Log likelihood					197.736

Source: Research findings

منبع: یافته‌های تحقیق

به همین ترتیب تابع مسافت ستاده ترانسلوگ نرمال شده با نیتروژن و فسفر دفعی به ترتیب با ۱۵ و ۱۷ ضریب معنی‌دار برآورد شدند که نتایج بیانگر تصریح مناسب تابع‌های یادشده بود. نتایج برآورد کشش‌های ستاده مطلوب نسبت به نهاده‌های کنسانتره، علوفه، نیروی کار و انرژی در جدول (۴) با نماد $\epsilon_{m,i}$ ارائه شده است. لازم به یادآوری است که در مدل برآورد شده، متغیر

بر آورد هزینه های زیست محیطی... ۱۳

وابسته (ستاده مطلوب) با نشانه منفی ظاهر شده است، لذا نشانه کشش ها برعکس آن در حالت عادی می باشد.

جدول (۴) کشش های ستاده مطلوب نسبت به نهاده ها و کشش های جانشینی بین نهاده ها
Table (4) Elasticities of desired output subject to inputs and elasticities of substitution between inputs

	کنسانتره (k)	علوفه (a)	نیروی کار (l)	انرژی (e)
کشش شیر نسبت به نهاده ها $(\epsilon_{m,i})$ Milk elasticity subject to inputs	-7.96	-14.85	1.28	4.04
کشش جزئی (α_i) Partial elasticity	-0.9	-1.95	-0.83	0.28
کشش جانشینی نهاده X با کنسانتره (CX,k) Elasticity of substitution between input x and concentrate	-7.57	0.067	0.013	-1.131
کشش جانشینی نهاده X با علوفه (CX,a) Elasticity of substitution between input x and feed	0.063	-15	-0.87	0.587
کشش جانشینی نهاده X با نیروی کار (CX,l) Elasticity of substitution between input x and labor	0.001	-0.057	1.59	0.053
کشش جانشینی نهاده X با انرژی (CX,e) Elasticity of substitution between input x and energy	-1.42	0.787	1.08	3.12

Source: Research findings

منبع: یافته های تحقیق

کشش تابع مسافت ستاده نسبت به ستاده مطلوب شیر و ستاده های نامطلوب فسفر و نیتروژن دفعی به ترتیب برابر $0.7/88$ ، -0.82 و $-13/72$ به دست آمد. ضمن اینکه تابع مسافت ستاده نسبت به ستاده نامطلوب فسفر دفعی دارای کشش بالاتری است و نیتروژن دفعی کشش به نسبت بالایی دارد ولی کشش تابع مسافت نسبت به ستاده مطلوب شیر پایین می باشد. با توجه به نتایج ناشی از کشش جانشینی، تولید شیر نسبت به آلاینده های نیتروژن و فسفر دفعی مکمل هم می باشند، که درجه مکملی تولید شیر و نیتروژن دفعی نسبت به فسفر دفعی بیشتر است، به طوری که به ازای افزایش یک درصد نیتروژن دفعی $12/66$ درصد شیر افزایش می یابد و نیز به ازای افزایش یک درصد فسفر دفعی، شیر حدود $0/58$ درصد افزایش پیدا می کند. نسبت کشش جانشینی بین ستاده ها هزینه فرصت فناورانه را نشان می دهد که می توان از آن به عنوان یک معیار اقتصادی بهره برد.

پس از بر آورد فراسنجه های تابع مسافت ستاده، در ادامه اقدام به بر آورد قیمت سایه ای نیتروژن و فسفر دفعی در بخش گاوداری های شیری شهرستان بناب، به عنوان هزینه های نهایی مهار این آلاینده ها شد که نتایج آن در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول (۵) خلاصه نتایج برآورد قیمت سایه‌ای آلاینده‌های گاوداری‌های شیری شهرستان بناب (ریال)

Table (5) Shadow price of pollutants of dairy farms in Bonab county (Rials)

	میانگین Mean	بیشینه Maximum	کمینه Minimum	انحراف معیار Std.dv
قیمت سایه‌ای نیتروژن Shadow price of nitrogen	-18552.11	-1300.69	-294959.5	26502.9
قیمت سایه‌ای فسفر Shadow price of phosphorus	-13802.39	-3958.59	-20727.9	2998.56

Source: Research findings

منبع: یافته‌های تحقیق

هزینه نهایی مهار آلاینده به مفهوم آن است که مدیریت و مهار و جلوگیری از انتشار یک واحد بیشتر از این آلاینده‌ها به چه میزان دارای هزینه می‌باشد. به بیانی دیگر، می‌توان گفت که کاهش یک واحد از سطح آلاینده‌های مذکور در گاوداری‌های شیری به چه میزانی منجر به افزایش کیفیت محیط زیست آن منطقه خواهد شد. به‌منظور مهار یک واحد از این آلاینده‌ها، بخش دامپروری بایستی از مقداری از سطح تولید خود بکاهد. روش کاهش سطح آلاینده‌ها، کاهش دادن سطح تولید شیر است و یا دامداری‌ها بایستی برای مهار آلاینده‌ها از نهاده‌هایی بدین منظور استفاده کنند. به‌عبارت دیگر، برای مدیریت و مهار سطح این آلاینده‌ها، تولید شیر کاهش نمی‌یابد؛ بلکه از نهاده‌های مهار آلودگی‌ها مانند مدیریت بهینه تغذیه دام و یا اعطای یارانه‌های زیست‌محیطی برای مهار آن‌ها استفاده شود.

همان‌گونه که در جدول (۵) مشاهده می‌شود، میانگین قیمت سایه‌ای فسفر و نیتروژن دفعی به ازای هر کیلوگرم به ترتیب $۱۳۸۰۲/۳۹-$ و $۱۸۵۵۲/۱۱-$ ریال محاسبه شده است. به‌طور کلی ستاده‌های زیست‌محیطی اثرگذاری‌های منفی بر بوم‌سامانه و محیط زیست داشته و کاهش آن‌ها منجر به قیمت سایه‌ای منفی می‌شود. قیمت سایه‌ای منفی بدین معنی است که کاهش در ستاده نامطلوب، هزینه فرصتی برابر با کاهش ستاده مطلوب و یا افزایش مصرف نهاده‌ها دارد و همچنین نشان‌دهنده کاهش درآمد از طریق کاهش ستاده نامطلوب می‌باشد. به‌مفهوم دیگر، کاهش یک تن نیتروژن دارای هزینه فرصتی معادل $۱۸/۵$ میلیون ریال می‌باشد، یعنی بنابر فرض قابلیت حذف ضعیف برای کاهش یک تن نیتروژن بایستی از تولید ۱۵۴۶ کیلوگرم شیر، صرف‌نظر کرد و همچنین برای کاهش یک تن فسفر بایستی از تولید ۱۱۵۰ کیلوگرم شیر، چشم‌پوشید. به‌عبارت‌دیگر، برای کاهش یک کیلوگرم فسفر و نیتروژن دفعی به‌ترتیب باید از تولید شیر به ارزش $۱۳۸۰۲/۳۹$ و $۱۸۸۵۲/۱۱$ ریال کاسته شود. قیمت سایه‌ای آلاینده‌های زیست‌محیطی در تحقیقاتی که به وسیله Fare et al (1993)، Hadly (1998)، Lee (2005) و Molaei and Sani (2017) انجام شده نیز منفی محاسبه شده است. خلاصه نتایج برآورد هزینه‌های زیست‌محیطی آلاینده‌های فسفر و نیتروژن گاوداری‌های شیری در جدول (۶) ارائه شده است.

بر آورد هزینه های زیست محیطی... ۱۵

جدول (۶) هزینه های زیست محیطی آلاینده های گاوداری های شیری شهرستان بناب (ریال)

Table (6) Environmental costs of polluting dairy farms in Bonab county (Rials)

هزینه زیست محیطی Environmental costs	میانگین Mean	بیشینه Maximum	کمینه Minimum	انحراف معیار Std.dv
نیتروژن دفعی Excreted nitrogen	40832330	9.8×10^8	1885946	88079430
فسفر دفعی Excreted phosphorus	4434851	29860860	803706	4074099
مجموع Total	45267190	9.11×10^8	4397789	89512860

Source: Research findings

منبع: یافته های تحقیق

گاوداری های شیری در کنار تولید ستاده مطلوب شیر، ستاده های نامطلوب نیتروژن و فسفر دفعی را نیز تولید می کنند که این امر آلودگی محیط زیست را در پی دارد. بنابر جدول (۶)، برای گاوداری های شیری شهرستان بناب، نیتروژن دفعی سالانه به میزان $40/8$ میلیون ریال و فسفر دفعی سالانه به میزان $4/4$ میلیون ریال به محیط زیست آسیب و زیان وارد می کند. در مجموع گاوهای شیری سالانه به میزان $45/3$ میلیون ریال هزینه زیست محیطی ایجاد می کنند. این گاوداری ها افزون بر هزینه اقتصادی که برای تولید شیر صرف می کنند، هزینه ای بالغ بر $426/2$ هزار ریال برای تولید یک تن شیر در هر سال به عنوان هزینه زیست محیطی متحمل می شوند. به عبارتی به ازای تولید هر کیلوگرم شیر، هزینه ای معادل 371 ریال بابت دفع نیتروژن و $55/2$ ریال بابت دفع فسفر و در مجموع $426/2$ ریال از گاو شیری به محیط زیست آسیب و زیان وارد می شود.

خلاصه نتایج برآورد هزینه های زیست محیطی آلاینده های انتشار یافته از هر راس گاو شیری که در جدول (۷) آورده شده است نشان می دهد، هر رأس گاو شیری به طور میانگین سالانه حدود 2493065 ریال آسیب و زیان به محیط زیست وارد می کند، که حدود $88/96$ درصد هزینه زیست محیطی مربوط به انتشار نیتروژن دفعی و $11/04$ درصد آن مربوط به انتشار فسفر دفعی از هر راس گاو شیری می باشد.

جدول (۷) هزینه های زیست محیطی آلاینده ها از هر راس گاو شیری شهرستان بناب (ریال)

Table (6) Environmental costs of pollutants from each dairy cow in Bonab county (Rials)

هزینه زیست محیطی Environmental costs	میانگین Mean	بیشینه Maximum	کمینه Minimum	انحراف معیار Std.dv
نیتروژن دفعی Excreted nitrogen	2217877	37813820	157162.2	3414279
فسفر دفعی Excreted phosphorus	275188.6	546923.1	100463.2	83935
مجموع Total	2493065	379278 60	461295.2	3409164

Source: Research findings

منبع: یافته های تحقیق

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این پژوهش با هدف بررسی وضعیت انتشار آلاینده‌های نیتروژن و فسفر دفعی و برآورد هزینه‌های زیست‌محیطی گاوداری‌های شیری شهرستان بناب و محاسبه قیمت سایه‌ای یا هزینه نهایی کاهش آلودگی آلاینده‌ها انجام شده است؛ تا از این طریق سیاست‌گذاری مناسب در جهت کاهش میزان آلاینده‌ها و بهبود وضعیت تولیدی صورت گیرد. برای دستیابی به هزینه‌های تخریب محیط زیست، نیاز به دانستن میزان انتشار این آلاینده‌ها و قیمت سایه‌ای آن‌ها می‌باشد. بدین ترتیب برای برآورد میزان آلاینده‌ها پرسشنامه‌ای طراحی و از ۱۱۹ گاوداری شیری شهرستان بناب از طریق محاسبه تکمیل شد. نتایج به دست آمده از محاسبه کشش‌ها، کشش بالای شیر نسبت به نهاده علوفه و کنسانتره را نشان می‌دهد، که مبین سهم بسزای علوفه و کنسانتره در تولید شیر می‌باشد. کشش نهاده نیروی کار و انرژی، مثبت می‌باشد که علت آن را می‌توان در تغییر نشدن نیروی کار با توجه به مقدار مورد نیاز در طی دوره و وجود نیروی کار مازاد و تخصیص ندادن بهینه انرژی دانست. همچنین نتایج نشان می‌دهد که نهاده کنسانتره با نهاده‌های علوفه، نیروی کار جانشین و با نهاده انرژی مکمل و نهاده علوفه با نهاده انرژی جانشین و با نیروی کار مکمل و نیز نیروی کار با نهاده انرژی جانشین می‌باشد. افزون بر این نتایج به دست آمده از نرخ نهایی تبدیل نرمال شده، مکمل بودن شیر تولیدی نسبت به آلاینده‌های نیتروژن و فسفر دفعی را نشان می‌دهد، که درجه مکملی تولید شیر و نیتروژن دفعی نسبت به فسفر دفعی بیشتر است.

میزان انتشار نیتروژن و فسفر دفعی به‌طور میانگین به‌ترتیب برابر ۱/۸۷ تن در سال و ۰/۳۲ تن در سال برای گاودارهای شیری در سال ۱۳۹۷ به دست آمد. در این بررسی و ارزیابی قیمت سایه‌ای ستاده‌های نامطلوب نیتروژن و فسفر با استفاده از تابع ترانس‌لوگ مسافت ستاده و به کارگیری دوگان بین تابع مسافت و تابع درآمد، به روش فراسنجه‌ای محاسبه شد. نتایج بیانگر آن است که هزینه فرصت کاهش یک کیلوگرم نیتروژن و فسفر به‌ترتیب برابر ۱۸۵۵۲/۱۱ و ۱۳۸۰۲/۳۹ ریال می‌باشد. همچنین قیمت سایه‌ای نیتروژن و فسفر هر دو منفی شدند. این امر بدین مفهوم است که کاهش در ستاده نامطلوب، هزینه فرصتی برابر با کاهش ستاده مطلوب و یا افزایش مصرف نهاده‌ها دارد. در نهایت آلاینده‌های نیتروژن و فسفر دفع شده از فضولات گاوهای شیری مربوط به شهرستان بناب، ۴۵/۲ میلیون ریال به محیط زیست آسیب و زیان

برآورد هزینه های زیست محیطی... ۱۷

وارد می کند. به عبارت دیگر، به ازای تولید هر تن شیر آسیب و زبانی معادل ۴۲۶۲۰۰ ریال ایجاد می شود.

برآورد هزینه های زیست محیطی در واقع مقدمه ای بر ارائه راهکارهای درونی کردن و کاهش هزینه های زیست محیطی می باشد. در این راستا تعدیل کاربرد کود نیتروژنه یا افزایش قیمت آن به منظور کاهش استفاده از آن برای رشد علوفه های بقولاتی که از آن ها سیلاژ^۱ تهیه می شود، می تواند موثر واقع شود. چراکه کاهش استفاده از کود نیتروژنه باعث کاهش میزان نیتروژن دفع شده توسط گاوهای استفاده کننده از این منابع های خوراکی خواهد شد و همچنین سبب تجمع کمتر آن در محصول های به دست آمده نیز شده و به همین ترتیب دفع نیتروژن را نیز در دام های استفاده کننده از آن ها کاهش می دهد.

اعطای تسهیلات و وام برای ایجاد و راه اندازی یک واحد تولید زیست گاز برای هضم بی هوازی فضولات که انجام این کار افزون بر استحصال زیست گاز و تولید انرژی می تواند مسئله ای زیست محیطی ناشی از فضولات دام را حل کند و همچنین باعث کاهش مصرف منابع های تجدیدناپذیر، سوخت های سنگواره ای و کاهش مسئله های سوخت رسانی در سطح روستاها و همچنین موجب اشتغال زایی برای جوانان با تشکیل و توسعه تعاونی های تولید زیست گاز می شود که همه ی این عامل ها می تواند منجر به رشد اقتصادی و توسعه پایدار و کاهش مسئله های زیست محیطی شود.

دولت می تواند با اعطای تسهیلات و وام به دامداران برای اجرا و راه اندازی تولید ورمی کمپوست از فضولات دام در جهت کاهش آلاینده های زیست محیطی کمک کند و همچنین موجب کاهش هزینه های تولید و هزینه های زیست محیطی از طریق استفاده نکردن از کودهای شیمیایی و سم های علف کش شود، به دلیل اینکه ورمی کمپوست باعث کاهش رویش علف های هرز می شود. افزون بر این مخلوط کردن کمپوست با خاک موجب جلوگیری از فرسایش خاک و باعث افزایش حاصلخیزی و باروری خاک و افزایش محصول های کشاورزی می شود.

در صورت امکان فرآوری و خشک کردن کود و فضولات، بهداشتی کردن و بسته بندی آن برای کوددهی به زمین های کشاورزی تأکید می شود. ضمن اینکه می توان پس از فرآوری و غنی سازی در جیره های دام های نشخوار کننده استفاده شود.

^۱ سیلاژ نوعی خوراک دام است که از تخمیر ساقه و برگ های علوفه هایی همچون ذرت و جو فرآوری می شود.

ترویج و آموزش مدیریت بهینه تغذیه دام و استفاده از نظریه‌ی ترکیب‌بندی جیره‌های غذایی برمبنای کمترین مواد معدنی از طریق هماهنگی میزان تأمین شده توسط جیره با میزان نیاز حیوان، باعث کاهش میزان فسفر دفعی توسط حیوان نیز می‌شود.

منبع‌ها

- Abedi S and Tahamipour M. (2014). Estimating of shadow price of carbon dioxide in wheat production with distance function approach. The second national conference on engineering and management of agriculture, environment and sustainable natural resources. Tehran. (In Farsi)
- Abolghasemi F, Najafi Alamdarlo H and Mortazavi S. A. (2020). Estimation of shadow price and external cost of groundwater salinity in agricultural sector, *Scientific and research Journals Management System*, 22 (8): 197-209.
- Adenuga A. H, Davis J, Hutchinson G, Donnellan T, and Patton M. (2019). Environmental efficiency and pollution costs of nitrogen surplus in dairy farms: a parametric hyperbolic technology distance function approach, *Environmental and Resource Economics*, 74: 1273-1298.
- Alipour A. R, Mosavi S .H and Khalilian S. (2014). Valuation of carbon dioxide estimation obtained from agricultural development in Iran. *Iranian Journal of Agricultural Economics*, 8(1): 63-81. (In Farsi)
- Baležentis T, Dabkienė V and Štreimikienė D. (2022). Eco-efficiency and shadow price of greenhouse gas emissions in Lithuanian dairy farms: An application of the slacks-based measure. *Journal of Cleaner Production*, 356, 131857.
- Coelli T and Perelman S. (1996). Efficiency measurement, multiple-output technologies and distance functions: With application to European Railways. Crepp Working Papers 96/05, University De Liege.
- Coelli T. J, Gautier A, Perelman S and Saplacan-Pop R. (2013). Estimating the cost of improving quality in electricity distribution: *A parametric distance function approach*. *Energy Policy*, 53: 287-297.
- Dang T.T and Mourougane A. (2014). Estimating shadow prices of pollution in OECD economies. OECD Green Growth Papers, No. 2014-02.
- Darjani A., Sharzeie G. A, Yazdani S, Peykani G. R and Sadrolashrafi M. (2005). Derivation shadow prices of bad outputs, Paper presented in 5th International Conference of Asian Society of Agricultural Economics, 29-31st August, Zahedan, Iran. (In Farsi)
- East Azarbijan jihad Organization. (2020). www.eaj.ir
- Färe R, Grosskopf S, Lovell C. K. and Yaisawarng S. (1993). Derivation of shadow prices for undesirable outputs: a distance function approach. *The review of economics and statistics*, 72: 374-380.
- Fare R, Grosskopf S and Weber W .L. (2006). Shadow prices and pollution costs in U.S. agriculture. *Ecological Economics*, 56 (1): 89-103.

بر آورد هزینه های زیست محیطی... ۱۹

- Food and Agriculture Organization (FAO). (2018). www.fao.org
- Ghorbani Gh. R and Khosravinia H. (2011). Principles of raising dairy cows, Isfahan University of Technology. (In Farsi)
- Ghorbani M, Darijani A, Koochehi A and Motallebi M. (2009). Estimation of environmental costs of greenhouse gases emission in Mashhad dairy farms, *Journal of Agricultural Economics*, 17(7): 43-63. (In Farsi)
- Hadly D. (1998). Estimation of shadow price for undesirable outputs: an application to UK dairy farms. American Agricultural Economics Association Annual Meeting, Salt Lake City, Utah, 16.
- Hollmann M, Knowlton K. F and Hanigan M. D. (2008). Evaluation of solids, nitrogen, and phosphorus excretion models for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 91 (3): 1245-1257.
- Jafarnia M and Esmaeili A. (2013). Computation shadow prices of environmental pollutants of beef cattle farms in Shiraz. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development*, 44(1): 17-25. (In Farsi)
- Lee M. (2005). The shadow price of substitutable sulfur in the US electric power plant: A distance function approach. *Journal of Environmental Management*, 77 (2): 104-110.
- Mamardashvili M, Emvalomatis G and Jan P. (2016). Environmental performance and shadow value of polluting. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 41(2): 225-246.
- Ministry of Agriculture-jihad. (2017). www.amar.maj.ir
- Molaei M and Sani, F. (2017). Estimating the shadow prices of pollutants in dairy farms of Sarab County using parametric output distance function. *Journal of Animal Science Research*, 26(4): 167-178. (In Farsi)
- Nennich T. D, Harrison J.H, Vanwieringen L.M, Meyer D, Heinrichs A ..J و Weiss W. P, St-Pierre N. R, Kincaid R .L and Block E. (2005). Prediction of manure and nutrient excretion from dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 88 (10): 3721-3733.
- State Livestock Affairs Logistics (S.L.A.L). (2020). www.old.iranslal.com
- Reinhard S. (1999). Econometric analysis of economic and environmental efficiency of dutch dairy farms. Ph.D. Thesis, Wageningen Agricultural University.
- Shaik S, Helmers G.A and Langemeier M .R. (2002). Direct and indirect shadow price and cost estimates of nitrogen pollution abatement. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 27 (2): 420-432.
- Sharzeie G, and Majed V. (2014). New approach to ariculture sector: environmentla costs of agri-sector in Iran, *Journal of Agricultural Economics*, 8: 69-81. (In Farsi)
- Statistical Center of Iran (2016). www.amar.org.ir
- Statistical Center of Iran (2023). www.amar.org.ir

- Wang K, Yang K, Wei Y. M. and Zhang C. (2018). Shadow prices of direct and overall carbon emissions in China's construction industry: A parametric directional distance function-based sensitive estimation. *Structural Change and Economic Dynamics*, 47: 180-193.
- Zakariyaei N, Najafi Alamdarlo H and Mosavi S. H. (2023). Evaluation of the shadow price of methane emissions in alternative methods of rice cultivation, *Journal of Natural Environment*, 75 (Special Issue Coastal and Marine Environment): 107-120. (In Farsi)
- Zhou P, Zhou X and Fan L.W. (2014). On estimating shadow prices of undesirable outputs with efficiency models: A literature review. *Applied Energy*, 130: 799-806.



Estimation of Environmental Costs of Pollutants Emission of Dairy Farms in Bonab County Using Output Distance Function Approach

Baballah Hayati, Elham Amirrasouli, Ghader Dashti and Jabraeil Vahedi¹

Received: 26 Sept.2023

Accepted:12 Dec.2023

Extended Abstract

Introduction: The environment holds a paramount position in life and societal progress, serving multifaceted functions to sustain equilibrium across various facets of existence. However, the lack of stringent legal frameworks and clear ownership delineations has led to unbridled and perpetual exploitation of this fundamental component, resulting in environmental degradation and the concomitant emergence of pollution. This issue is particularly pronounced in this geographical context, where emissions of pollutants, chiefly emanating from the agricultural sector, constitute a pivotal driver of environmental degradation and herald significant perturbations in climate and biodiversity. The livestock industry, notably the dairy cattle sub-sector, has emerged as a primary contributor to emissions, posing significant environmental concerns. The primary objective of this study is to quantitatively assess the environmental costs linked to the emission of pollutants from dairy farms situated in Bonab County.

Material and methods: This investigation employs the output distance function to assess the shadow valuation of emissions produced by polluting entities. The technological framework of environmentally impactful firms is delineated through a repertoire of functions, encompassing production, cost, profitability, as well as input and output distance functions. Opting for the distance function, in lieu of the production function, confers an advantageous ability to model the production of diverse commodities and

¹ Respectively: Professor, Msc Graduated, Professor and Ph.D Candidate of Department of Agricultural Economics, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

Email: b-hayati@tabrizu.ac.ir

inputs, particularly in circumstances where pricing information for these elements is not available.

To derive the distance function, the selection of an appropriate functional form is imperative. In this context, the translog functional form was utilized, incorporating one desirable output (milk) and two undesirable outputs (nitrogen and phosphorus). Subsequently, the output distance function was standardized with reference to milk, nitrogen, and phosphorus. This progression culminated in the computation of elasticities concerning the desirable and undesirable outputs, which correspond to the elasticities of the distance function. Ultimately, the shadow valuation of emissions for nitrogen and phosphorus, along with their environmental costs, was ascertained. The requisite dataset was procured through a comprehensive census and the administration of questionnaires, aggregating information from 119 dairy cattle farms during the year 2019.

Results and discussion: The results showed that the average shadow prices per kilogram of nitrogen and phosphorus in dairy farms were -18552.11 and -13802.39 Rls, respectively. Negative shadow prices mean that a reduction in undesirable outputs has the opportunity cost of reducing desirable output or increasing inputs. Eventually, the results of nitrogen and phosphorous excretion pollutants from dairy cows in the county of Bonab indicate that Nitrogen 40.8 million Rls per year and phosphorous 4.4 million Rls per year were damaged to the environment. also, The elasticity results indicated that the produced milk combined with nitrogen and phosphorus pollutants, as well as a concentrate input with forage and labor inputs, was substitutability and with energy input was Complement, also, there was a substitutability relationship Between forage input with energy and with labor was complementarity, labor input with energy was substitutability. as a result, the environmental cost of dairy cattle pollutants was estimated at 45.3 million Rls, which means that for the production of one tone of milk equivalent 426200 Rls will be damaged to the environment of the region. So it is possible to reduce the emission of environmental pollutants by performing a series of measures. Reducing the use of nitrogen fertilizer will reduce the amount of nitrogen excreted by the cows using these sources of food, and it will also cause less accumulation of nitrogen in the products obtained. Granting a loan for the creation and operation of a biogas

production unit for the anaerobic digestion of waste, which, in addition to biogas extraction and energy production, can solve the environmental problems caused by animal waste and also reduce consumption, non-renewable resources and fossil fuels. Producing vermicompost from animal waste is among other solutions that can reduce environmental pollutants and also reduce production costs and environmental costs. Drying animal excrement, promoting and teaching the correct management of animal nutrition can also reduce the amount of nitrogen and phosphorus excreted by the animal.

JEL Classification: O13, Q5, R15

Keywords: Pollutants, Output Distance Function, Shadow Price, Dairy Cattle, Environmental Cost