

برآورد قیمت سایه‌ای آلاینده‌های گاوداری‌های شیری شهرستان سراب با استفاده از روش پارامتری تابع فاصله ستاده

مرتضی مولائی^{۱*} و فاطمه ثانی^۲

تاریخ دریافت: ۹۴/۴/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۵

^۱ استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

^۲ دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

*مسئول مکاتبه: Email: M.Molaei@Urmia.ac.ir

چکیده

زمینه مطالعاتی: در سال‌های اخیر، به دلیل توجه روزافزون به مسائل زیست‌محیطی، در مطالعات مربوط به فرآیند تولید گاوداری‌ها ستاده‌های نامطلوب و مطلوب باهم در توابع تولید وارد می‌شوند؛ که این امر با استفاده از تابع فاصله ستاده صورت می‌پذیرد. هدف: هدف از این مطالعه برآورد قیمت سایه‌ای آلاینده‌های تولید شده در گاوداری‌های شیری می‌باشد. روش کار: در این مطالعه، تابع فاصله ستاده برای گاوداری‌های شیری شهرستان سراب، که به تعداد ۵۱ نمونه به صورت تصادفی از بین کل گاوداری‌های (۱۰۹ گاوداری) انتخاب شدند، برآورد شده و سپس قیمت سایه‌ای آلاینده‌های تولید شده (نیترژن و فسفر) در این گاوداری‌ها محاسبه گردید. نتایج: میانگین قیمت سایه‌ای نیترژن و فسفر به ازای هر تن به ترتیب مثبت ۳۰ میلیون ریال و منفی ۶/۵ میلیون ریال بدست آمد. این نتایج بیانگر این است که می‌توان با حذف هر تن نیترژن ۳۰ میلیون ریال بر درآمد گاودار افزود. قیمت سایه‌ای منفی برای فسفر نشان می‌دهد که با حذف هر تن فسفر از فرآیند تولید بایستی از ۶/۵ میلیون ریال درآمد چشم‌پوشی نمود. نتیجه‌گیری نهایی: پیشنهاد می‌شود با رعایت اصول فنی و اقتصادی در زمینه انتخاب ترکیب مطلوب نهاده‌ها و تنظیم جیره به یک برنامه مطلوب تغذیه و جیره متعادل دست یافت تا بتوان به حداکثر تولید و حداقل تولید آلاینده‌ها دست یافت.

واژگان کلیدی: گاوداری‌های شیری، تابع فاصله ستاده، قیمت سایه‌ای، شهرستان سراب

مقدمه

بیشتر در فرآیند تولید به منظور بالابردن عملکرد شده است؛ که نتیجه‌ی آن ایجاد آلاینده‌ها (به‌عنوان ستاده‌های نامطلوب و اثرات جانبی) در کنار ستاده‌های مطلوب بوده است. این آلاینده‌ها و اثرات جانبی می‌تواند به شکل تولید محصولات با کیفیت پایین، آلودگی آب‌های زیرزمینی و خاک بروز نماید. براساس آمار سازمان خواروبار جهانی (FAO) معادل دی‌اکسیدکربن انتشار یافته‌ی اکسید نیترژن (N_2O) در

در طی سال‌های گذشته، سیاست‌های کلی نظام جمهوری اسلامی ایران در راستای ارتقای سطح درآمد و زندگی روستاییان و کشاورزان بوده که در این زمینه به بهره‌برداری بهینه از نهاده‌های تولید و بالابردن بهره‌وری تولید اشاره شده است (مجمع تشخیص مصلحت نظام ۱۳۸۴). همین امر باعث جانشینی بین نهاده‌های تولید و استفاده از کودها و سموم شیمیایی

قیمت سایه‌ای هر واحد ستاده‌ی نامطلوب^۱ نشان می‌دهد که چنانچه یک واحد از این ستاده بیشتر تولید شود چه هزینه اضافی (در قالب کاهش تولید ستاده مطلوب یا افزایش به کارگیری نهاده‌ها) به جامعه تحمیل خواهد شد (شرزه‌ای و مولائی ۲۰۰۸). در واقع قیمت سایه‌ای، هزینه فرصت یک فعالیت برای جامعه است و در شرایطی که قیمت واقعی وجود نداشته باشد و یا این قیمت نتواند ارزش واقعی را بازتاب دهد برآورد می‌شود (فیر و همکاران ۱۹۸۹).

سیاست‌های کاهش آلودگی مبتنی بر بازار براساس قیمت سایه‌ای برآورده شده تدوین می‌شود. یکی از راه‌های کنترل آلودگی، گرفتن مالیات از بنگاه منتشرکننده ستاده نامطلوب است. برطبق مالیات پیگو (مالیات برآلودگی یا مالیات سبز)، باید مالیاتی برابر با زیان خارجی نهایی از بنگاه منتشرکننده آلاینده اخذ شود تا از این طریق هزینه‌ای که ستاده نامطلوب به جامعه تحمیل می‌کند به تولیدکننده‌ی آن منتقل شود. به عبارت دیگر، برای وضع مالیات بر آلودگی بایستی هزینه‌ی نهایی کنترل آلودگی (MAC) برآورد شود که تقریباً یا تخمینی از قیمت سایه‌ای آلودگی می‌باشد. اتخاذ مالیات بدون محاسبه قیمت سایه‌ای امکان‌پذیر نمی‌باشد؛ از این رو بایستی قیمت این ستاده‌ها تخمین زده شود.

مطالعات مختلفی در خارج کشور با استفاده از تابع فاصله^۲ به برآورد قیمت سایه‌ای ستاده‌های نامطلوب پرداخته‌اند. پیتمن (۱۹۸۳) برای اولین بار ستاده‌های نامطلوب را در محاسبه بهره‌وری بنگاه‌ها وارد نمود؛ پس از آن در مطالعات متعددی ستاده‌های نامطلوب در کنار ستاده‌های مطلوب در تابع فاصله وارد شده و قیمت سایه‌ای ستاده‌های نامطلوب برآورد شد. ماتسوشیتا و یامین (۲۰۱۲) قیمت سایه‌ای دی‌اکسید کربن را در فرآیند تولید برق در ژاپن با استفاده از تابع

بخش کشاورزی در سال ۲۰۱۱ برابر با ۱۸/۵۹ میلیون تن بوده که پیش‌بینی FAO نشان می‌دهد میزان انتشار در سال ۲۰۵۰ به رقمی حدود ۳۹ میلیون تن خواهد رسید (FAO ۲۰۱۳). گاوداری‌های شیری یکی از مهمترین و بزرگترین زیربخش‌های بخش کشاورزی می‌باشد که با تولید ۶/۵۵۰ میلیون تن شیر تأمین بخش عمده‌ای از شیر مصرفی کشور توسط آن انجام می‌شود (FAO ۲۰۱۳).

پرورش دام یکی از تهدیدات جدی محیط‌زیست است (FAO ۲۰۱۲). فضولات تولید شده توسط گاوداری‌ها یکی از منابع ایجاد آلاینده‌ها در بخش کشاورزی به شمار می‌روند. قسمت زیادی از این آلاینده‌ها در سیستم گوارشی چهارپایان تولید می‌شود. گرچه آماری که نشان‌دهنده میزان انتشار آلاینده‌ها از این زیربخش باشد، در کشور موجود نیست؛ اما تبعات منفی آلاینده‌ها بر محیط‌زیست قابل مشاهده است. توجه روزافزون بر این آثار منفی و کیفیت محیط‌زیست باعث شده است که در مطالعات مربوط به کارایی و ساختار تولید گاوداری‌های شیری، توابع چند-نهاده-چند ستاده‌ای مورد استفاده قرار گیرد. تابع فاصله دارای این مزیت است که امکان وارد کردن چند نهاده و چند ستاده در آن وجود دارد.

در سال‌های اخیر سیاست‌های بخش کشاورزی به سمت تولید پایدار، سازگار با محیط‌زیست، تولید حداقل آلاینده‌ها و نیز تولید محصولات سالم و عاری از کودها و سموم شیمیایی پیش می‌رود. ابزار لازم برای این سیاست‌گذاری در اختیار داشتن مقدار و قیمت نهاده‌ها و ستاده‌ها می‌باشد. از آنجایی که قیمت ستاده‌های نامطلوب یا نامطلوب تولید شده موجود نیست؛ لازم است این قیمت‌ها برآورد شوند. چون قیمت برآوردی برای ستاده‌های نامطلوب با استفاده از تابع فاصله به دست می‌آید، به آن قیمت سایه‌ای گفته می‌شود.

¹ Undesirable Output

² Marginal Abatement Cost

³ Distance Function

انتشار سالانه گازهای گلخانه‌ای مشهد و کشور به ترتیب ۱۰/۶۸ و ۶۷۹۱۰/۳ میلیارد ریال بدست آمد. جعفرنیا و اسماعیلی (۱۳۹۲) به محاسبه قیمت سایه‌ای آلاینده‌های زیست‌محیطی پروراندی‌های گوساله در شیراز پرداختند. قیمت سایه‌ای فسفر ۳۶۰۰ ریال و قیمت سایه‌ای نیتروژن ۴۶/۷۳۷ ریال بدست آمد. دامداری و دامپروری در شهرستان سراب یکی از بخش‌های مهم و پراهمیت از لحاظ تولید و اشتغال به شمار می‌روند و این شهرستان از شرایط مناسبی برای تولیدات دامی برخوردار است. مرور مطالعات گذشته نشان می‌دهد که مطالعه‌ای برای برآورد قیمت سایه‌ای ستاده‌های نامطلوب برای گاوداری‌های شیری شهرستان سراب انجام نشده است. هدف از این مطالعه برآورد قیمت سایه‌ای ستاده‌های نامطلوب تولید شده در گاوداری‌های شیری شهرستان سراب با استفاده از تابع فاصله می‌باشد.

مواد و روش‌ها

رابطه بین ستاده مطلوب و نامطلوب توسط تکنولوژی نمایش داده می‌شود که این تکنولوژی را می‌توان با استفاده از توابع تولید، هزینه، سود و همچنین توابع فاصله نهاد و ستاده تصریح کرد. برتری استفاده از تابع فاصله به جای نمایش تابع تولید برای تکنولوژی، این است که به آسانی تولیدات توأم چند محصول و چندین نهاد زمانی که اطلاعات قیمتی نهاده‌ها و ستاده‌ها در دسترس نباشد، را مدل‌سازی می‌کند (فیر و پریمونت ۱۹۹۵). سه نوع تابع فاصله وجود دارد: تابع فاصله ستاده شفارد^۲، تابع فاصله نهاد و تابع فاصله جهت‌دار^۳. تابع فاصله شفارد نخستین بار توسط شفارد در سال ۱۹۷۰ معرفی و سپس توسط فیر و همکاران

فاصله ستاده برابر با ۳۹ دلار بر هر تن دی اکسید کربن برآورد نمودند. رکا (۲۰۱۱) در کشور چک با استفاده از تابع فاصله نهاد قیمت سایه‌ای آلاینده‌های SO_2 ، PM ، NO_x و CO را به ترتیب برابر با ۸۳۷۴، ۱۱۹۸، ۲۸۰۵، ۶۰۵۱ و ۸۵۴۹ یورو به ازای هر تن برای دوره‌ی زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۷ برآورد نمود. رودث (۲۰۱۳) چارچوب تئوریک مدلی را ارائه نمود که در آن برای برآورد مقدار آلاینده‌ها و قیمت سایه‌ای آنها از اصل تعادل مواد استفاده شده است. مطالعات دیگری نیز به برآورد قیمت سایه‌ای آلاینده‌ها پرداخته‌اند؛ که از آن جمله می‌توان به فیر و همکاران (۱۹۹۳)؛ هدلی (۱۹۹۸)؛ کن و یان (۱۹۹۹)؛ سوئینتون (۲۰۰۲)؛ فیر و همکاران (۲۰۰۵)؛ لی (۲۰۰۵) و مورتی و همکاران (۲۰۰۷) اشاره نمود.

نخستین مطالعه‌ای که در داخل کشور با استفاده از تابع فاصله قیمت سایه‌ای ستاده‌های نامطلوب را برآورد نمود رساله دکتری دریجانی (۱۳۸۴) به منظور برآورد کارایی فنی و زیست‌محیطی کشتارگاه‌های دام استان تهران می‌باشد. پس از آن شرزهای و مولائی (۲۰۰۸) به بررسی تاثیر کاهش آلودگی روی کارایی زیست‌محیطی و برآورد قیمت سایه‌ای آلودگی پرداختند. سیفی و همکاران (۱۳۹۲) نیز به برآورد کارایی زیست‌محیطی نیروگاه‌های حرارتی تولید برق و قیمت سایه‌ای ستاده‌های نامطلوب در استان‌های خراسان جنوبی، رضوی و شمالی پرداختند.

مطالعات محدودی در بخش کشاورزی و زیربخش گاوداری‌ها در کشور با استفاده از تابع فاصله انجام شده است. قربانی و همکاران (۱۳۸۸) به برآورد هزینه‌های زیست‌محیطی انتشار گازهای گلخانه‌ای در گاوداری‌های شیری مشهد پرداختند. با استفاده از الگوی مرز تصادفی ستاده، هزینه‌های زیست‌محیطی

² Input and Output Distance Function

³ Shephard

⁴ Directional Distance Function

¹ Material Balance Principle

به طوری که $R(x, P_y, P_z) = P_y \cdot y + P_z \cdot z$ تابع درآمد،
 $P_y = (P_{y1}, P_{y2}, \dots, P_{ym})$ و $P_z = (P_{z1}, P_{z2}, \dots, P_{zr})$ به ترتیب
 قیمت سایه‌ای ستاده‌های نامطلوب و قیمت بازاری
 ستاده‌های مطلوب و $Z = (Z_1, Z_2, \dots, Z_r)$ و $y = (y_1, y_2, \dots, y_m)$
 نامطلوب و مطلوب می‌باشد. تابع لاگرانژ برای حل
 مسئله λ به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\max \Lambda = P_y \cdot y + P_z \cdot z + \lambda(D(x, y, z) - 1) \quad (5)$$

λ ضریب لاگرانژ بوده و شرایط مرتبه اول به صورت
 زیر می‌باشند:

$$\forall m \quad \frac{\partial \Lambda}{\partial y_m} = P_{ym} + \lambda \frac{\partial D(x, y, z)}{\partial y_m} = 0 \quad (6)$$

$$\forall r \quad \frac{\partial \Lambda}{\partial z_r} = P_{zr} + \lambda \frac{\partial D(x, y, z)}{\partial z_r} = 0 \quad (7)$$

در این مطالعه فقط یک ستاده مطلوب (شیر) وجود دارد؛
 بنابراین $y = y_m$ و $P_y = P_y$ بوده و

$$\lambda = - \frac{P_y}{\frac{\partial D(x, y, z)}{\partial y}} \quad (8)$$

در نتیجه P_{zr} با استفاده از رابطه‌ی ۹ قابل محاسبه
 خواهد بود:

$$P_{zr} = \frac{P_y}{\frac{\partial D(x, y, z)}{\partial y}} \frac{\partial D(x, y, z)}{\partial z_r} \quad (9)$$

از آنجایی که $\frac{\partial \ln D}{\partial \ln Z_r} \times \frac{D}{Z_r} = \frac{\partial D}{\partial Z_r}$ و $\frac{\partial \ln D}{\partial \ln y} \times \frac{D}{y} = \frac{\partial D}{\partial y}$
 می‌باشد؛ قیمت سایه‌ای ستاده نامطلوب به صورت زیر
 محاسبه می‌شود:

$$P_{zr} = P_y \frac{y}{z_r} \frac{\frac{\partial \ln z_r}{\partial \ln D(x, y, z)}}{\frac{\partial \ln y}{\partial \ln D(x, y, z)}} \quad (10)$$

با توجه به مطالبی که ارائه شد، برای برآورد قیمت
 سایه‌ای نیاز به برآورد تابع فاصله است؛ که از دو
 طریق پارامتری و غیرپارامتری انجام می‌شود. در روش
 غیرپارامتری امکان وارد کردن اجزای تصادفی خطا
 وجود ندارد، به همین دلیل روش پارامتری به آن ترجیح
 داده شده و در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت.

در روش پارامتری، قبل از برآورد تابع فاصله نیاز به
 انتخاب فرم تابعی مناسب برای آن است که امکان اعمال

(۱۹۹۳) توسعه داده شد. تابع فاصله ستاده حداکثر
 میزان افزایش متناسب در بردار ستاده‌ها را با توجه به
 بردار معین عوامل تولید نشان می‌دهد؛ که به شکل
 ریاضی به صورت زیر نشان داده می‌شود (کواستا و
 همکاران ۲۰۰۹):

$$D(x, y, z) = \inf\{\varphi > 0 : (x, \frac{y}{\varphi}, z) \in T\} \quad (1)$$

T نشان‌دهنده مجموعه موجه تولید، x بردار نهاده‌ها، Y
 نشان‌دهنده ستاده مطلوب (شیر) و Z نشان‌دهنده
 ستاده نامطلوب (فسفر و نیتروژن) است. با تغییر φ ،
 مقدار ستاده مطلوب در فرایند تولید متفاوت خواهد بود.
 تابع فاصله ستاده در دامنه ۰ و ۱ تغییر می‌کند و همگن
 از درجه یک در ستاده مطلوب، غیر کاهشی در ستاده
 مطلوب، غیر افزایشی در ستاده‌های نامطلوب و نهاده‌ها
 و دارای ویژگی قابلیت حذف ضعیف است. با فرض
 $0 \leq \alpha \leq 1$ ، ویژگی قابلیت حذف ضعیف و قوی^۲
 به ترتیب به صورت روابط ۲ و ۳ تعریف می‌شوند:

$$(x, y, z) \in T(x) \Rightarrow (x, \alpha y, \alpha z) \in T(x) \quad (2)$$

$$(x, y, z) \in T(x) \Rightarrow (x, y, \alpha z) \notin T(x) \Rightarrow (x, \alpha y, z) \in T(x) \quad (3)$$

قابلیت حذف ضعیف بیانگر این مفهوم است که کاهش یا
 حذف ستاده‌های نامطلوب مستلزم صرف هزینه در
 قالب کاهش تولید ستاده مطلوب می‌باشد؛ اما در قابلیت
 حذف قوی کاهش ستاده نامطلوب بدون پرداخت هزینه
 یا کاهش میزان تولید ستاده مطلوب ممکن است (فیر و
 همکاران ۱۹۸۹).

با استفاده از قضیه دوگان شفارد بین تابع فاصله و تابع
 درآمد، قیمت سایه‌ای از حداکثر کردن تابع درآمد
 می‌تواند استخراج شود (شفارد ۱۹۷۰). قیمت سایه‌ای
 ستاده نامطلوب از حل مسئله زیر بدست می‌آید (فیر و
 همکاران ۱۹۹۳):

$$\max_{y, z} R(x, P_y, P_z) \quad (4)$$

$$s.t. D(x, y, z) \leq 1$$

¹ Weak Disposability

² Strong Disposability

برآورد مدل آزمون می‌شود. مشکل بزرگ برآورد تابع فاصله این است که مقادیر متغیر وابسته (lnD) قابل مشاهده نیست. این مشکل با استفاده از جز ناکارایی U حل می‌شود ($U \geq 0$) (رینهارد ۱۹۹۹):

$$D_o(x, y, z) * \exp(U) = 1 \quad (13)$$

$$\ln D_o(x, y, z) + U = 0$$

به منظور اعمال محدودیت‌های همگنی، ستاده‌ها با استفاده از ستاده مطلوب نرمال شده و به جای lnD از $-U_i$ استفاده شده و اجزای اخلاص V به تابع فاصله اضافه می‌شود (رینهارد ۱۹۹۹).

$$-\ln Y_i = \alpha_0 + \sum_{j=1}^2 \alpha_{Yj} \ln Z_{ij}^* + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^2 \sum_{m=1}^2 \alpha_{Yjm} \ln Z_{ij}^* \ln Z_{im}^* + \sum_{k=1}^4 \beta_k \ln X_{ik}$$

$$+ \frac{1}{2} \sum_{k=1}^4 \sum_{l=1}^4 \beta_{kl} \ln X_{ik} \ln X_{il} + \sum_{k=1}^4 \sum_{j=1}^2 \beta_{kYj} \ln X_{ik} \ln Z_{ij}^* + U_i + V_i \quad (14)$$

جز اخلاص تصادفی، دارای توزیع $V_i, Z_{ij}^* = \frac{Z_{ij}}{Y_i}$ و به منظور در نظر گرفتن حوادث خارج از کنترل کشاورز در نظر گرفته می‌شود و U_i جز اخلاص تصادفی نامنفی و دارای توزیع $N^+(\mu, \sigma_v^2)$ و برای محاسبه‌ی ناکارایی فنی ستاده‌ها در نظر گرفته می‌شود. پارامترهای اصلی تابع فاصله ستاده (رابطه ۱۱) عیناً همان پارامترهای تابع نرمال شده (رابطه ۱۴) هستند. تعدادی پارامتر در الگوی ۱۱ نیز وجود دارد که به دلیل اعمال شرط همگنی در تابع فاصله ستاده نرمال شده حذف شده است. این پارامترها را باید پس از برآورد الگو و بر اساس معادلات همگنی (رابطه ۱۲) استخراج کرد.

داده‌ها

براساس آمار جهادکشاورزی، تعداد گاوداری‌های شیری شهرستان سراب در سال ۱۳۹۴ که دارای پروانه بهره‌برداری هستند، ۱۰۹ واحد می‌باشد؛ که از این تعداد

شرط مرتبه دوم (تحذب) و همگنی در آن وجود داشته باشد (رینهارد ۱۹۹۹). به عبارت دیگر، فرم تابعی انتخاب شده باید از انعطاف‌پذیری قابل قبولی برخوردار باشد. این معیارها باعث شده که در بسیاری از مطالعات از فرم تابعی ترانس‌لوگ استفاده شود (کاترین و همکاران ۲۰۰۰؛ کولی و پرمین ۱۹۹۶؛ گراسکوف و همکاران ۱۹۹۷؛ کومار و خاننا ۲۰۰۳، فیر و همکاران ۱۹۹۳؛ بال و همکاران ۲۰۰۴؛ کاکینز و سوینتون ۱۹۹۶؛ فونتز و گریفیل و پرمین ۲۰۰۱). در این مطالعه نیز از این فرم تابعی برای برآورد تابع فاصله ستاده استفاده شده است؛ که با یک ستاده مطلوب و دو ستاده نامطلوب به صورت زیر تصریح می‌شود:

$$\ln D_{oi} = \alpha_0 + \sum_{j=1}^2 \alpha_{zj} \ln Z_{ij} + \alpha_Y \ln Y_i + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^2 \sum_{m=1}^2 \alpha_{zjm} \ln Z_{ij} \ln Z_{im} + \frac{1}{2} \alpha_{YY} \ln Y_i^2 + \sum_{j=1}^2 \alpha_{ZYj} \ln Z_{ij} \ln Y_i + \sum_{k=1}^4 \beta_k \ln X_{ik} + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^4 \sum_{l=1}^4 \beta_{kl} \ln X_{ik} \ln X_{il} + \sum_{k=1}^4 \sum_{j=1}^2 \beta_{kzj} \ln X_{ik} \ln Z_{ij} + \sum_{k=1}^4 \beta_{kY} \ln X_{ik} \ln Y_i \quad (11)$$

D_{oi} مقدار تابع فاصله ستاده برای گاوداری نام، Y_i بردار ستاده مطلوب، Z_i بردار ستاده‌های نامطلوب، X_{ik} بردار نهاده‌ها، α و β پارامترهای تخمین می‌باشند. به منظور اعمال شرط همگنی و شرط تقارن بایستی محدودیت‌های در تابع فاصله اعمال شود که این محدودیت‌ها به صورت زیر است:

$$\alpha_Y + \alpha_{Z1} + \alpha_{Z2} = 1, \quad \alpha_{Z1Z1} + \alpha_{Z1Z2} + \alpha_{Z2Z1} = 0,$$

$$\alpha_{Z1Z2} + \alpha_{Z2Z2} + \alpha_{YZ2} = 0, \quad \alpha_{ZY1} + \alpha_{ZY2} + \alpha_{YY} = 0;$$

$$\beta_{KY} + \beta_{KZ1} + \beta_{KZ2} = 0; \quad \forall_k$$

$$\alpha_{Z1Z2} = \alpha_{Z2Z1}; \quad \beta_{k1} = \beta_{1k}, \quad \forall_{kl} \quad (12)$$

این محدودیت‌ها از طریق نرمال‌سازی تابع فاصله به وسیله‌ی یکی از ستاده‌ها اعمال می‌شود (کولی و پرمین ۱۹۹۶؛ کاترین و همکاران ۲۰۰۰). شرط تحذب در ستاده‌ها و شبه‌تقعر در نهاده‌ها در تابع فاصله پس از

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 محیط زیست کرده است.

جدول ۱- آماره‌های توصیفی گاوداری‌های شیری شهرستان سراب

Table 1- Descriptive statistics of dairy farms in Sarab County

| متغیر | میانگین | حداقل | حداکثر | انحراف معیار |
|------------------------------------|---------|-------|--------|--------------------|
| Variable | Mean | Min | Max | Standard deviation |
| علوفه Alfalfa | 53.49 | 23.04 | 198 | 34.2 |
| کنسانتره Concentrate | 54.9 | 8.8 | 500.1 | 69.6 |
| نیروی کار Labor | 2.5 | 1 | 5 | 1.06 |
| انرژی Energy | 1019.05 | 60 | 4320 | 859.9 |
| شیر Milk | 77.73 | 12.7 | 1204.5 | 167.9 |
| فسفر دفعی Phosphorus excretion | 0.42 | 0.09 | 8.51 | 1.16 |
| نیتروژن دفعی Nitrogen excretion | 1.88 | 0.77 | 15.01 | 2.01 |

ماخذ: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

نتایج و بحث

با استفاده از روش شرح داده شده در بخش مواد و روش‌ها، تابع ترانسلوگ تصادفی ستاده نرمال شده به وسیله ستاده مطلوب (شیر) با روش حداقل مربعات معمولی (OLS) و به وسیله نرم افزار Limdep تخمین زده شد. از آنجایی که در تابع ترانسلوگ تصادفی ستاده نرمال شده، برخی پارامترها به دلیل اعمال شرط همگنی حذف شدند، از این رو پارامترهای حذف شده با استفاده از معادلات همگنی در رابطه ۱۲ محاسبه گردید. نتایج برآورد تابع فاصله نرمال شده در جدول ۲ آمده است.

۵۱ واحد با استفاده از نمونه‌گیری کاملاً تصادفی انتخاب شدند.

برای برآورد قیمت سایه‌ای آلاینده‌ها بایستی مقادیر آلاینده‌های فسفر و نیتروژن محاسبه شود. معادلات مختلفی برای برآورد فسفر و نیتروژن ناشی از مواد دفعی گاوداری‌های شیری ایجاد شده است (هلمن و همکاران ۲۰۰۸ و ننیچ و همکاران ۲۰۰۵). در این مطالعه برای محاسبه نیتروژن و فسفر دفعی گاوداری‌های شیری از معادلات زیر استفاده شد (هلمن و همکاران ۲۰۰۸):

$$P_E \left(\frac{g}{d}\right) = \sum_{x=1}^n (V/5 + DMI \left(\frac{kg}{d}\right) + dietaryP \left(\frac{g}{g}\right) \times 78.0 - MY \left(\frac{kg}{d}\right) \times 0.1702) \quad (15)$$

$$N_E \left(\frac{g}{d}\right) = \sum_{x=1}^n (DMI \left(\frac{kg}{d}\right) \times dietaryCP \left(\frac{g}{g}\right) \times 84.1 + BW (kg) \times 0.1196) \quad (16)$$

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

برای بدست آوردن مجهولات روابط بالا در قالب پرسشنامه از صاحبان گاوداری خواسته شد که جیره غذایی گاوداری‌ها را به صورت روزانه بیان کنند. سپس برای بدست آوردن درصد ماده خشک، درصد پروتئین خام 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. نهاده‌های مورد استفاده شامل انرژی مصرفی (e)، نیروی کار (l)، علوفه (a) و کنسانتره (k) و ستاده مطلوب، شیر (m) و ستاده‌های نامطلوب فسفر (p) و نیتروژن دفعی (n) می‌باشند. طبق این جدول، هر گاوداری به طور میانگین با مصرف ۵۳/۴۹ تن علوفه،

داشته و مدل خوب برازش شده است ($R^2=0/98$). شرط مرتبه دوم (تحدب) پس از برازش مدل در مقدار میانگین تابع فاصله ستاده تأمین گردید. آزمون بروج-پاگان برای بررسی ناهمسانی واریانس نیز بیانگر عدم وجود ناهمسانی واریانس در داده‌های مورد بررسی است. آزمون رمزی (مقدار آماره $2/48$) بیانگر عدم وجود خطای تصریح در مدل بوده و اجزای اخلاص پیش‌بینی شده دارای توزیع نرمال می‌باشند (آماره‌ی آزمون جاک-برا برابر با $2/47$ بدست آمد). می‌توان نتیجه گرفت که مدل برآورد شده قابل اعتماد بوده و برای تفسیرهای بعدی می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد. پس از برآورد مدل و به‌دست آوردن پارامترهای حذف شده، مقدار متغیرها و پارامترها در رابطه ۱۰ جایگذاری شده و مقدار قیمت سایه‌ای آلاینده‌ها برای تمامی گاوداری‌ها محاسبه گردید؛ که آماره‌های توصیفی آن در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳- نتایج برآورد قیمت سایه‌ای آلاینده‌ها

Table 3- The results of estimated shadow prices of pollutants

| انحراف معیار Standard deviation | حداکثر max | حداقل min | میانگین mean | |
|------------------------------------|---------------|--------------|-----------------|--|
| | | | | قیمت سایه‌ای |
| 1863.5 | 13023.1 | 1402.1 | 3066.1 | نیتروژن Shadow prices of Nitrogen |
| 9311.5 | 24380.4 | 30272.7 | -650.3 | قیمت سایه‌ای فسفر Shadow prices of Phosphorus |

ماخذ: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

به طور کلی ستاده‌های نامطلوب تاثیر منفی بر محیط‌زیست و جامعه و دارای قیمت سایه‌ای منفی می‌باشند. با این حال، برخی ستاده‌های زیست‌محیطی در حالت انتشار یافته‌ی خود جزو کالاهای اقتصادی نامطلوب هستند ولی از طریق فرآیندهای مختلف می‌توانند به کالاهای اقتصادی مطلوب تبدیل شود. چنین

جدول ۲- نتایج برآورد تابع ترانسلوگ نرمال شده

Table 2- The results of the estimated normalized Translog function

| متغیر Variable | ضریب Coefficient | انحراف معیار Standard deviation | آماره t t Statistics |
|-------------------|---------------------|------------------------------------|-------------------------|
| Ln(p) | 1.53 | 1.13 | 1.35 |
| Ln(m) | -0.4 | 0.71 | -0.56 |
| Ln(n) | -2.13** | 1.03 | -2.05 |
| Ln(k) | 0.43 | 0.77 | 0.56 |
| Ln(a) | 0.35 | 0.64 | 0.56 |
| Ln(l) | 0.27 | 0.59 | 0.46 |
| Ln(e) | 0.11 | 0.26 | 0.44 |
| Ln(p)×Ln(p) | 0.64** | 0.3 | 2.06 |
| Ln(m)×Ln(m) | -0.75** | 0.33 | -2.24 |
| Ln(n)×Ln(n) | 0.3 | 0.44 | 0.7 |
| Ln(k)×Ln(k) | 0.00056 | 0.1 | 0.01 |
| Ln(a)×Ln(a) | 0.189 | 0.16 | 1.13 |
| Ln(l)×Ln(l) | 0.2 | 0.13 | 1.51 |
| Ln(e)×Ln(e) | -0.077** | 0.029 | -2.63 |
| Ln(p)×Ln(k) | 0.069 | 0.29 | 0.33 |
| Ln(p)×Ln(a) | -0.073 | 0.2 | -0.037 |
| Ln(p)×Ln(l) | -0.1 | 0.16 | -0.63 |
| Ln(p)×Ln(e) | -0.12* | 0.072 | -1.89 |
| Ln(m)×Ln(k) | -0.1 | 0.1 | -0.89 |
| Ln(m)×Ln(a) | 0.34** | 0.15 | 2.16 |
| Ln(m)×Ln(l) | -0.11 | 0.1 | -1.06 |
| Ln(m)×Ln(e) | -0.008 | 0.051 | -0.16 |
| Ln(n)×Ln(k) | 0.035 | 0.2 | 0.18 |
| Ln(n)×Ln(a) | -0.26 | 0.23 | -1.13 |
| Ln(n)×Ln(l) | 0.21 | 0.18 | 1.16 |
| Ln(n)×Ln(e) | 0.13 | 0.092 | 1.5 |
| Ln(p)×Ln(m) | -0.097 | 0.19 | -0.49 |
| Ln(p)×Ln(n) | -0.52* | 0.301 | -1.76 |
| Ln(n)×Ln(m) | 0.22 | 0.25 | 0.88 |
| Ln(k)×Ln(a) | -0.8 | 0.13 | -0.61 |
| Ln(k)×Ln(l) | 0.12 | 0.077 | 1.64 |
| Ln(k)×Ln(e) | 0.16*** | 0.055 | 2.91 |
| Ln(a)×Ln(l) | 0.19** | 0.096 | 2.06 |
| Ln(a)×Ln(e) | -0.18*** | 0.058 | -3.13 |
| Ln(l)×Ln(e) | -0.045 | 0.06 | -0.75 |
| عرض از مبدا | 1.39 | 2.51 | -0.56 |

ماخذ: یافته‌های تحقیق (***، ** و * به ترتیب معنی‌داری در

سطح ۱، ۵ و ۱۰ درصد)

Source: Research findings (***, ** and * respectively significantly in level of 1, 5 and 10 percent)

همانگونه که مشاهده می‌شود ۱۰ ضریب از بین ضرایب برآورد شده از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری از صفر

میانگین قیمت سایه‌ای نیتروژن به ازای هر کیلوگرم مثبت داشته باشند. در اکثر مطالعات قیمت سایه‌ای ستاده‌های نامطلوب منفی یا صفر بدست آمده است (فیر و همکاران ۱۹۹۳؛ کوگینز و سوینتون ۱۹۹۶؛ سوینتون ۱۹۹۸؛ هیلو و ویمن ۲۰۰۰؛ دریجانی ۱۳۸۴؛ شرزه‌ای و مولائی ۲۰۰۸ و قربانی و همکاران ۱۳۸۸)؛ در حالی که در برخی از مطالعات دیگر مقدار مثبتی برای قیمت سایه‌ای مثبت برای آلاینده‌ها به دست آمده است (نگوین و همکاران ۲۰۰۸ و جعفرنیا و اسماعیلی ۱۳۹۲).

قیمت سایه‌ای مثبت ممکن است تحت شرایط زیر اتفاق بیافتد: محدودیتی برای منفی بودن قیمت سایه‌ای در تابع فاصله اعمال نشود. به عبارت دیگر، فرض شود که قیمت سایه‌ای هم مقادیر مثبت و هم مقادیر منفی را می‌تواند شامل بشود. همچنین در صورت عدم اجرای قوانین زیست محیطی قیمت سایه‌ای ممکن است منفی یا مثبت بدست آید که این منفی یا مثبت بودن بستگی به رعایت داوطلبانه قوانین زیست محیطی واحد تولیدی دارد. به عنوان مثال اگر بر اساس قوانین زیست محیطی، آلاینده‌ها از طریق کاهش بکارگیری منابع کنترل شود قیمت سایه‌ای منفی بدست می‌آید در غیر این صورت قیمت سایه‌ای مثبت بدست خواهد آمد. در کشورهای در حال توسعه که مقررات زیست محیطی اغلب اجرا نمی‌شود، قیمت سایه‌ای مثبت می‌تواند به دست آید.

تفاوت معنی‌دار بین قیمت سایه‌ای آلاینده‌ها در واحدهای تولیدی وجود دارد که این تفاوت به دو دلیل می‌باشد. اولاً در صورت عدم نظارت و اجرای قوانین زیست محیطی، هر نگاه براساس میزان رعایت قوانین زیست محیطی به صورت داوطلبانه، قیمت سایه‌ای متفاوتی هم خواهد داشت. ثانیاً این تفاوت ممکن است به دلیل تفاوت در روش‌های تولید و تکنولوژی‌های مورد استفاده در گاوداری‌های مورد مطالعه باشد. در گاوداری‌های مورد مطالعه، بدلیل کوچک بودن واحدهای تولیدی، نظارت و اجرای قوانین زیست محیطی صورت نمی‌گیرد به عبارتی نظارت و کنترل بر روی واحدهای کوچک بسیار پرهزینه است. بنابراین قیمت سایه‌ای ستاده‌های نامطلوب برای هر واحد تولیدی متفاوت بوده و ممکن است با توجه به رعایت داوطلبانه هر واحد گاوداری مثبت یا منفی باشد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

ستاده‌های زیست محیطی ممکن است قیمت سایه‌ای مثبت داشته باشند.

در اکثر مطالعات قیمت سایه‌ای ستاده‌های نامطلوب منفی یا صفر بدست آمده است (فیر و همکاران ۱۹۹۳؛ کوگینز و سوینتون ۱۹۹۶؛ سوینتون ۱۹۹۸؛ هیلو و ویمن ۲۰۰۰؛ دریجانی ۱۳۸۴؛ شرزه‌ای و مولائی ۲۰۰۸ و قربانی و همکاران ۱۳۸۸)؛ در حالی که در برخی از مطالعات دیگر مقدار مثبتی برای قیمت سایه‌ای مثبت برای آلاینده‌ها به دست آمده است (نگوین و همکاران ۲۰۰۸ و جعفرنیا و اسماعیلی ۱۳۹۲).

قیمت سایه‌ای مثبت ممکن است تحت شرایط زیر اتفاق بیافتد: محدودیتی برای منفی بودن قیمت سایه‌ای در تابع فاصله اعمال نشود. به عبارت دیگر، فرض شود که قیمت سایه‌ای هم مقادیر مثبت و هم مقادیر منفی را می‌تواند شامل بشود. همچنین در صورت عدم اجرای قوانین زیست محیطی قیمت سایه‌ای ممکن است منفی یا مثبت بدست آید که این منفی یا مثبت بودن بستگی به رعایت داوطلبانه قوانین زیست محیطی واحد تولیدی دارد. به عنوان مثال اگر بر اساس قوانین زیست محیطی، آلاینده‌ها از طریق کاهش بکارگیری منابع کنترل شود قیمت سایه‌ای منفی بدست می‌آید در غیر این صورت قیمت سایه‌ای مثبت بدست خواهد آمد. در کشورهای در حال توسعه که مقررات زیست محیطی اغلب اجرا نمی‌شود، قیمت سایه‌ای مثبت می‌تواند به دست آید.

میانگین قیمت سایه‌ای فسفر به ازای هر کیلوگرم ۶۵۰- تومان بدست آمد. قیمت سایه‌ای منفی بدین معنی است که کاهش در ستاده‌ی نامطلوب، هزینه فرصت مرتبگی از کاهش ستاده مطلوب و یا افزایش مصرف نهاده‌ها دارد. به عبارتی کاهش یک تن فسفر هزینه فرصتی معادل ۶/۵ میلیون ریال هزینه دارد یعنی بر اساس فرض قابلیت حذف ضعیف برای کاهش یک تن فسفر بایستی ۷۲۰ کیلوگرم از تولید شیر را کاهش داد.

اکثر نیروی کار فعال و تامین معاش آحاد مختلف منطقه، کاستن از سطح تولیدات این بخش به منظور کنترل آلاینده‌ها از همه‌ی جهات هزینه‌بر بوده و باعث کاهش انگیزه کار و فعالیت در این بخش می‌شود. بنابراین بهتر است به جای سیاست‌های تنبیهی از سیاست‌های تشویقی برای کنترل آلودگی مانند یارانه استفاده نمود. استفاده از سیاست یارانه اگرچه باعث کاهش آلاینده‌های هر واحد تولیدی می‌گردد ولی دادن یارانه باعث می‌شود بنگاه‌های زیادی وارد فعالیت شده و در بلندمدت آلودگی‌ها افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر، دادن یارانه گرچه شاید باعث آلودگی هر گاوداری بشود ولی به دلیل وارد شدن افراد دیگر به فعالیت گاوداری و تولید شیر، تعداد گاوداری‌ها زیاد شده و آلاینده‌های ایجاد شده در کل صنعت گاوداری افزایش می‌یابد. بهتر است به جای دادن یارانه به تمامی واحدهای تولیدی، واحدهای تولیدی موفق در کاهش انتشار آلاینده را انتخاب و به آن‌ها یارانه داده شود. به‌طور کلی، در زمینه‌ی سیاست‌گذاری برای کاهش تولید آلاینده در گاوداری‌های منطقه مورد مطالعه، می‌توان پیشنهاد نمود که چون سیاست‌هایی مثل یارانه و مالیات برای کاهش آلودگی، هنوز در کشور جایگاه مناسبی ندارند؛ بهتر است گاوداری‌ها آلاینده‌های ایجاد شده در گاوداری‌ها را بازیابی نموده و استفاده مجدد از آنها نمایند (برای مثال به صورت کود حیوانی در تولید محصولات زراعی و باغی). همچنین پیشنهاد می‌شود با رعایت اصول فنی و اقتصادی در زمینه انتخاب ترکیب مطلوب نهاده‌ها و تنظیم جیره به یک برنامه مطلوب تغذیه و جیره متعادل دست یافت تا بتوان به حداکثر تولید و حداقل تولید آلاینده‌ها دست یافت.

از آنجا که دستیابی به هزینه‌های تخریب محیط‌زیست از راه ایجاد بازار برای آلاینده‌ها با استفاده از قیمت سایه‌ای آن‌ها امکان‌پذیر است لذا در این مطالعه قیمت سایه‌ای ستاده‌های نامطلوب فسفر و نیتروژن با استفاده از تابع فاصله ستاده به روش پارامتری محاسبه گردید. قیمت سایه‌ای نیتروژن مثبت و قیمت سایه‌ای فسفر منفی بدست آمد.

قیمت سایه‌ای مثبت بدین معنی است که کارایی تولید و میزان ستاده‌های مطلوب با کاهش آلاینده‌ها افزایش می‌یابد. بنابراین سیاست‌گذاران می‌توانند با اعطای وام سرمایه‌گذاری به صاحبان گاوداری کمک کنند تا با پیشرفت تکنولوژی خود، آلاینده‌های زیست‌محیطی را کاهش دهند.

قیمت سایه‌ای مثبت ستاده‌های زیست‌محیطی همچنین ممکن است به دلیل نظارت و اجرای ضعیف قوانین زیست‌محیطی باشد. بنابراین سیاست‌گذاران بایستی با انتخاب سیاست مناسب واحدهای تولیدی را تشویق کنند تا قوانین زیست‌محیطی را رعایت نمایند.

از آنجایی که تفاوت زیادی در مقدار قیمت سایه‌ای واحدهای تولیدی وجود دارد، انتخاب یک روش خاص برای کنترل آلودگی باید تحت شرایط خاص هر واحد تولیدی انتخاب شود. برای مثال استفاده از تکنیک‌های کنترل آلودگی برای واحدهای تولیدی که قیمت مثبت دارند ممکن است برای بنگاه‌هایی که قیمت سایه‌ای منفی دارند مناسب نباشد.

استفاده از ابزار مالیات برای جلوگیری از انتقال یافتن هزینه تولید آلودگی به جامعه پیشینه طولانی دارد ولی از آنجایی که گاوداری‌ها در این منطقه به دلیل اشتغال

منابع مورد استفاده

جعفرنیا م، اسماعیلی ع، ۱۳۹۲. محاسبه قیمت سایه‌ای آلاینده‌های زیست‌محیطی پرواربندی‌های گوساله در شیراز. تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، شماره ۱: صفحات ۲۵-۱۷.

- دریجانی ع، ۱۳۸۴. ارزیابی کارایی‌های زیست‌محیطی و فنی کشتارگاه‌های دام استان تهران، رساله دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تهران.
- سیفی ا، سلیمی فر م و فنودی ه، ۱۳۹۲. کارایی زیست‌محیطی نیروگاه‌های حرارتی تولید برق در استان‌های خراسان جنوبی، رضوی و شمالی، فصلنامه اقتصاد انرژی ایران، شماره ۷، سال دوم، صفحات ۴۱-۱۷.
- قربانی م، دریجانی ع، کوچکی و مطلبی م، ۱۳۸۸. برآورد هزینه‌های زیست‌محیطی انتشار گازهای گلخانه‌ای در گاوداری‌های شیری مشهد. اقتصاد کشاورزی و توسعه، شماره ۶۶، سال هفدهم، صفحات ۶۳-۴۳.
- مجمع تشخیص مصلحت نظام، ۱۳۸۴. سیاست‌های کلی نظام (ابلاغی مقام معظم رهبری). <http://maslahat.ir/MainPage.aspx>.
- Ball VE, Lovell CAK, Luu H and Nehring R, 2004. Incorporating environmental impacts in the measurement of agricultural productivity growth. *Journal of Agricultural and Resource Economics* 29: 436-460.
- Catherine JMP, Warren EJ and Gerald AGF, 2000. Efficiency in New Zealand sheep and farming: The Impacts of Regulatory Reform. *The Review of Economics and Statistics* 82(2): 325-337.
- Chen SY, 2013. What is the potential impact of a taxation system reform on carbon abatement and industrial growth in china? *Economic Systems* 37: 369-86.
- 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.
- Coggins JS and Swinton JR, 1996. The price of pollution: a dual approach to valuing so2 allowances. *Journal of Environmental Economics and Management* 30: 58-72.
- Cuesta RA, Knox Lovell CA and Zofio JL, 2009. Environmental efficiency measurement with Translog distance functions: a parametric approach. *Ecological Economics* 68: 2232-2242.
- 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. *Journal of Environmental Management* 66: 9-17.
- FAO, 2012. Food and agriculture organization of the united nations statistics division. <http://faostat3.fao.org/home/E>.
- FAO, 2013. Food and agriculture organization of the united nations statistics division. <http://faostat3.fao.org/home/E>.
- Färe R, Grosskopf S, Lovell CAK and Yaiswarng S, 1993. Derivation of shadow prices for undesirable outputs: a distance function approach. *Review of Economics and Statistics* 75: 375-80
- Färe R, Grosskopf S, Noh DW and Weber W, 2005. Characteristics of a polluting technology: theory and practice. *Journal of Econometrics* 6: 469-492.
- Färe, Grosskopf S, Lovell K and Pasurka C, 1989. Multilateral productivity comparison when some products are undesirable: a non-parametric approach. *The Review of Economics and Statistics* 71: 90-98.
- Färe R, Primont D, 1995. Multi-output production and duality: theory and applications. Kluwer Academic Publisher, Boston.
- Fuentes HJ, Grifell-Tatje E and Perelman S, 2001. A parametric distance function approach for Malmquist productivity index estimation. *Journal of Productivity Analysis* 15: 79-94.
- Grosskopf S, Hayes KJ, Taylor LL and Weber WL 1997. Budget-constrained frontier measures of fiscal equality and efficiency in schooling. *The Review of Economics and Statistics* 75: 116-124.
- Hadley D, 1998. Estimation of shadow prices for undesirable outputs: an application to UK dairy farms. *American Agricultural Economics Association Annual Meeting* 2-5 August 1998, Salt Lake City, Utah, 16.
- Hailu A and Veeman TS, 2000. Environmentally Sensitive productivity analysis of Canadian pulp and paper industry, 1959-1994: an input distance function approach. *Journal of Environmental Economics and Management* 40: 251-274.

- Hetemäki, L, 1996. Essays on the impact of pollution control on a firm: a distance function approach. Research papers, vol. 609. The Finnish Forest Research Institute, Helsinki.
- Hollmann M, Knowlton KF and Hanigan MD, 2008. Evaluation of solids, nitrogen, and phosphorus excretion models for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 91: 1245–1257.
- Kumar S and M Khanna, 2003. The impact of CO₂ abatement on productivity growth and GDP: a cross country analysis using distance function approach www.ace.uiuc.edu/pERE/papers/pERE_WP29.pdf.
- Kwon OS and Yuh WC, 1999. Estimation of the marginal abatement costs of airborne pollutants in Korea's power generation sector. *Energy Economics* 21: 547-560.
- Lee M, 2005. The shadow price of substitutable sulfur in the US electric power plant: a distance function approach. *Journal of Environmental Management* 77: 104-110.
- Lee M, Zhang N, 2012. Technical efficiency, shadow price of carbon dioxide emissions, and substitutability for energy in the Chinese manufacturing industries. *Energy Economics* 34:1492–7.
- Matsushita K, Yamane F, 2012. Pollution from the electric power sector in japons and efficient pollution reduction. *Energy Econ* 34: 1124–30.
- Murty MN, Surender K and Kishore KD, 2007. Measuring environmental efficiency of industry: a case of study of thermal power generation in india. *Environmental and resource economics* 38: 31-50.
- 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. *Journal of Dairy Science* 88: 3721-3733.
- Nguyen VH, Shashi K and Virginia M, 2007. Shadow prices of environmental outputs and production efficiency of household-level paper recycling units in Vietnam. *Ecological Economics* 65: 98–110.
- 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>.
- Pittman RW, 1983. Multilateral productivity comparisons with undesirable outputs. *Economic Journal* 93: 883-91.
- Recka I, 2011. Shadow price air pollution emission in Czech energy sector: estimation from distance function, PhD Thesis, Charles University in Prague.
- Reinhard S, 1999. Econometric Analysis of economic and environmental efficiency in Dutch dairy farms. PhD Thesis Wageningen Agricultural University.
- Rodseth KL, 2013. Capturing the least costly way of reducing pollution: a shadow price approach. *Ecological Economics* 92: 16–24.
- Sharzehi GH and Molaei M, 2008. Derivation of Shadow price for co₂ gas emission using distance function approach. *Iranian Economic Review* 21.
- Shephard RW, 1970. Theory of cost and production functions, Princeton university press.
- Swinton JR, 2002. The potential for cost savings in the sulfur dioxide allowance market: empirical evidence from Florida. *Land Economics* 78: 390-404.
- Swinton, JR, 1998. At what cost do we reduce pollution? Shadow price of SO₂ emissions. *The Energy Journal* 19: 63–83.

Estimating the shadow prices of pollutants in dairy farms of Sarab County using parametric output distance function

M Molaei^{1*} and F Sani²

Received: July 03, 2015

Accepted: April 24, 2016

¹Assistant Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

²PhD Student, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

*Corresponding author: Email: M.Molaei@Urmia.ac.ir

Abstract

BACKGROUND: In recent years, due to increasing attention to environmental problems, undesirable outputs incorporated in production functions with desirable outputs in researches; this is done by output distance function. **OBJECTIVES:** The objective of this research is estimating the shadow price of pollutants produced in dairy farms. **METHODS:** In this study, output distance function estimated for dairy farms in Sarab, which 51 samples were selected among all farms (109 farms) using random sampling; then shadow prices of pollutants (Nitrogen and Phosphorus) calculated. **RESULTS:** Average shadow prices of Nitrogen and Phosphorus calculated 30 and -6.5 million of Rls per ton of Nitrogen and Phosphorus, respectively. Results show that it is possible to increase farmer's revenue by disposing one ton of nitrogen. Negative shadow price for Phosphorus shows that disposing each ton of Phosphorus from production process is equivalent to ignorance of 6.5 million Rls of revenue. **CONCLUSIONS:** It is suggesting that in order to maximize production and minimize pollution, achieve a desirable nutrition and balanced diet by observing technical and economic principles of optimal input combination and dietary nutrition.

Keywords: Dairy Farms, Output Distance Function, Shadow Price, Sarab County