

محاسبه قیمت سایه‌های آلاینده‌های زیست‌محیطی پرواربندی‌های گوساله در شیراز

مریم جعفرنیا^۱، عبدالکریم اسماعیلی^{۲*}

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه اقتصاد کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

۲. دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

(تاریخ دریافت: ۸۹/۱۰/۲۹ - تاریخ تصویب: ۹۱/۱۰/۰۶)

چکیده

پرورش گاو یکی از فعالیت‌های مهم بخش کشاورزی در استان فارس است. با وجود این، دفع فسفر و نیتروژن در گاوداری‌ها می‌تواند به آلودگی محیط و افزایش هزینه تولید منجر شود. در این مطالعه، به منظور تعیین قیمت سایه‌های آلاینده‌های زیست محیطی، ۶۰ پرواربندی گوساله در شیراز در تابستان ۱۳۸۸ با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی انتخاب شدند؛ سپس از تابع فاصله‌ای ستاده طی یک روش دو مرحله‌ای استفاده شد. در مرحله اول، مدل برنامه‌ریزی خطی به منظور یافتن مقادیر تابع فاصله به کار گرفته شد و در مرحله بعد، پارامترها با استفاده از تخمین‌سنجی برآورد شدند. نتایج بیانگر مثبت بودن قیمت سایه‌های آلاینده‌ها بود. قیمت سایه‌ای مثبت آلاینده به این معناست که میزان درآمد و کارایی تولید با کاهش ستاده آلاینده افزایش می‌یابد؛ به عبارت دیگر، امکان بهبود مصرف مواد غذایی و دفع کمتر این مواد به محیط با تنظیم جیره مناسب ممکن است.

واژه‌های کلیدی: پرواربندی گوساله، تابع فاصله‌ای ستاده، ستاده زیست‌محیطی، شیراز، قیمت سایه‌ای.

مقدمه

مقدار اضافی از مواد غذایی از راه مدفوع و ادرار دفع می‌شود و این پسماندها آلودگی محیط و افزایش هزینه تولید را به دنبال دارند. برخی یافته‌ها حاکی از مصرف بیش از نیاز مواد غذایی نسبت به نیازهای گاوها در گاوداری‌های صنعتی ایران هستند (Moshref, 2003؛ Nafisi, 2004). در مورد گاوداری‌ها، فسفات و نیتروژن (به‌عنوان آلاینده‌های محیطی) نگرانی‌هایی را موجب شده‌اند. فسفر قابل شست‌وشو و فرار نیست و به صورت کود به زمین‌های کشاورزی داده شده و معمولاً جذب ذرات خاک می‌شود (Pierzynski & et al, 1994). این ماده همراه با خاک به آبراه‌ها وارد و باعث ایجاد مشکلات محیطی می‌شود؛ زیرا فسفر ماده غذایی محدودکننده رشد گیاهان آبی است (Sharpley & et al, 1994). نیترات‌ها نیز به سرعت به آب‌های زیرزمینی راه می‌یابند (Tamminga & Wijnands, 1991).

پرورش گاو به‌منظور تولید شیر و گوشت یکی از فعالیت‌های مهم بخش کشاورزی در استان فارس است. تعداد پرواربندی‌های صنعتی فعال استان فارس ۱۵۹ واحد است (The Statistical Centre of Iran, 2007). در این میان، شهرستان شیراز با ۱۰۹ واحد پروراری از مناطق عمده تولید فراورده‌های دامی در استان به‌شمار می‌آید (Agricultural Jihad Organization of Fars, 2007). از طرفی، فعالیت گاوداری باعث آلودگی‌های خاک، آب‌های سطحی و زیرزمینی و آلودگی هوا با ایجاد گاز متان می‌شود.

مواد دفعی از مهم‌ترین آلاینده‌های زیست‌محیطی در بخش کشاورزی هستند (Energy Ministry News Agency, 2008). چنانچه به گاوها غذای اضافی بدهند این

به تازگی، توجه چشمگیری به استفاده از یافته‌های تابع فاصله‌ای برای وارد کردن آلاینده‌ها به اندازه‌گیری کارایی و به دست آوردن قیمت‌های سایه‌ای شده است. برای اولین بار Pittman (1983) محصولات نامطلوب را در شاخص‌های بهره‌وری چندجانبه و کارایی لحاظ کرد. پس از آن، مطالعات زیادی در این زمینه صورت گرفت.

Hadley (1998) با به کارگیری تابع فاصله‌ای ستاده قیمت سایه‌ای نیتروژن مازاد را به عنوان ستاده نامطلوب در گاوداری‌های انگلیس محاسبه کرد. میزان شیر تولیدی، محصولات فرعی و انتشار نیتروژن به عنوان ستاده‌ها در نظر گرفته شدند. قیمت سایه‌ای نیتروژن ۲۹/۳۴- پوند به دست آمد. شکل منحنی هزینه کاهش آلودگی بیان‌کننده این موضوع بود که سیاست جلوگیری از انتشار نیترات به آب‌های زیرزمینی در صورتی تأثیرگذار است که این هزینه‌ها برای مزارعی که نیترات کمتری تولید می‌کنند به صورت معنی‌داری پایین‌تر باشد.

Thijssen & Reinhard (1998) با استفاده از تابع فاصله‌ای ستاده کارایی فنی و زیست‌محیطی گاوداری‌های کانادا را بررسی کردند. قیمت سایه‌ای برای محصولات نامطلوب (نیتروژن مازاد در هر هکتار) مثبت به دست آمد. نتایج نشان داد که مزارع متراکم‌تر منابع را به صورت کاراتری از مزارع پهناور استفاده می‌کنند.

Shaik & Helmers (1999) قیمت‌های سایه‌ای ستاده‌های نامطلوب زیست‌محیطی بخش کشاورزی یکی از ایالات آمریکا را بین سال‌های ۱۹۳۶-۹۴ به دست آوردند. نتایج نشان داد که تفاوت در قیمت به دلیل خاصیت یکنواختی^۱ بود.

Dong Lee & et al (2002) قیمت‌های سایه‌ای آلاینده‌ها را با روش تابع فاصله‌ای جهت‌دار غیر پارامتریک تخمین زدند. این مطالعه در سال‌های ۱۹۹۰-۱۹۹۵ برای صنعت نیروی برق کره انجام شد. نتایج نشان داد که میانگین قیمت‌های سایه‌ای آلاینده‌ها حدود ۱۰ درصد کمتر از مقادیر محاسبه شده آن با فرض کارایی کامل بود.

Shaik & et al (2002) قیمت‌های سایه‌ای و هزینه‌های کاهش آلودگی نیتروژن کشاورزی آمریکا در خلال سال‌های ۱۹۳۶-۱۹۹۷ را بررسی کردند. برای این منظور، از تابع فاصله‌ای ستاده و نهاده استفاده شد. تفاوت قیمت‌های سایه‌ای به دست آمده از این دو روش تحت تأثیر تفاوت بین درآمد و هزینه کشاورزی بود.

Darijani & et al (2006) با استفاده از تابع مرز تصادفی فاصله ستاده نرمال شده به استخراج قیمت‌های سایه‌ای آلاینده‌های آلی، شیمیایی و میکروبی کشتارگاه‌های تهران پرداخت. میانگین قیمت سایه‌ای آلاینده‌های بار آلی، بار شیمیایی و بار میکروبی پساب کشتارگاه‌های دام را به ترتیب ۹۱۶۴، ۱۴۵۰۲ و ۷۰۵ ریال به ازای انتشار یک کیلوگرم اکسیژن آلی، اکسیژن شیمیایی و یکصد میلیون کلیفرم ارزیابی کردند.

Murty & et al (2006) کارایی فنی و زیست‌محیطی طرح‌های تولید نیروی حرارتی را با استفاده از تابع فاصله‌ای جهت‌دار در هند تخمین زدند. کارخانه‌ها به دنبال افزایش تولید محصول مطلوب و کاهش آلاینده‌ها با میزان مشخص منابع و تکنولوژی هستند. نتایج نشان داد که قیمت‌های سایه‌ای آلاینده‌ها و هزینه نهایی کاهش آلودگی بین کارخانه‌ها تفاوت معنی‌داری دارد.

Nguyen & et al (2008) به ارزیابی کارایی زیست‌محیطی واحدهای بازیافت کاغذ و قیمت‌های سایه‌ای آلاینده‌ها پرداختند. برای این منظور، از تابع تولید فاصله‌ای محصول به فرم ترانسلوگ استفاده شد که با یک روش دومرحله‌ای برنامه‌ریزی خطی و تخمین تصادفی به دست آمد. نتایج نشان داد که کارایی‌های تولید به میزان قابل توجهی می‌تواند افزایش یابد و همچنین قیمت‌های سایه‌ای مثبت بیانگر این موضوع بود که پتانسیل برای بهبود کیفیت محیط زیست وجود دارد.

استان فارس با ۲۷۹،۹۸ هزار رأس گاو و گوساله و تولید ۵۶،۹۶ هزار تن گوشت قرمز از استان‌های بزرگ کشور در زمینه تولیدات دامی به شمار می‌رود (Agricultural Jihad Organization of Fars, 2008). از طرفی، با روشن شدن اهمیت مسائل زیست‌محیطی گاوداری‌ها و مطالعات اندکی که در این واحدها صورت گرفته است محاسبه میزان آلاینده‌ها و برآورد قیمت‌های سایه‌ای آن‌ها امری ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به اینکه ستاده مطلوب^۲ قیمت بازاری دارد، از این قیمت استفاده می‌شود. مشکل اصلی برای ستاده‌های نامطلوب (آلودگی) این است که قیمت بازاری ندارند؛ بنابراین باید در چند مرحله قیمت سایه‌ای آن‌ها استخراج شود. در این مطالعه، قیمت سایه‌ای آلاینده‌های زیست‌محیطی- نیتروژن و فسفر دفعی - در پروراندی‌های شهرستان شیراز با استفاده از تابع فاصله‌ای ستاده برآورد می‌شود.

روش تحقیق

فرم تابعی ترانسلوگ، به دلیل جامعیت و انعطاف‌پذیری، رایج‌ترین مورد استفاده و مناسب برای فرم تابع فاصله است (Färe & et al, 1993). تابع ترانسلوگ برای مطالعه حاضر دارای ساختار زیر است:

(۲)

$$\ln D_0(x^k, y^k) = \alpha_0 + \sum_{n=1}^i \beta_n \ln x_{nk} + \sum_{m=1}^j \alpha_m \ln y_{mk} + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^i \sum_{n'=1}^i \beta_{nn'} (\ln x_{nk}) (\ln x_{nk'}) + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^j \sum_{m'=1}^j \alpha_{mm'} (\ln y_{mk}) (\ln y_{mk'}) + \sum_{n=1}^i \sum_{m=1}^j \gamma_{nm} (\ln x_{nk}) (\ln y_{mk})$$

که در آن D_0 ، x و y به ترتیب مربوط به تابع فاصله، بردار عوامل تولید و بردار محصولات است و α ، β و γ نیز پارامترهای برآوردی هستند.

به عقیده Greene (1997) فرم‌های تابعی انعطاف‌پذیر امکان تحمیل و مدل‌سازی اثرهای مرتبه دوم نظیر قیود تحذب و قیود همگنی و سهولت محاسبه جزء ناکارایی را دارند؛ ضمن آنکه در متون مرتبط با موضوع چنین معیارهایی به انتخاب فرم تابعی ترانسلوگ منجر شده است.

محاسبه پارامترهای تابع فاصله‌ای پارامتریک با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی

برنامه‌ریزی ریاضی ابتدا از سوی Aigner & Chu (1968) برای تخمین پارامترهای تابع تولید به کار گرفته شد و پس از آن افراد مختلفی توابع فاصله‌ای نهاده و ستاده را با برنامه‌ریزی خطی تخمین زدند (Färe & et al, 1993؛ Hailu & Veeman, Coggin & Swinton, 1996؛ 2000). این روش با وجود استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی به دلیل در نظر گرفتن فرم تابعی با روش تحلیل فراگیر داده‌ها متفاوت است.

n برداری از نهاده‌ها، m برداری از ستاده‌ها و k پروار بندی مورد نظر است. ارزش پارامترهای مجهول با استفاده از برنامه‌ریزی خطی به صورت زیر به دست می‌آید:

فرض شود یک واحد تولیدی برداری n نهاده‌ای را برای تولید یک بردار m محصولی به کار گیرد. بدین ترتیب تابع فاصله ستاده به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$D_0(x, y) = \min \{ \theta : (y/\theta) \in P(x) \} \quad \forall \theta \in [0, 1] \quad (۱)$$

x بیانگر عوامل تولیدی و y بردار ستاده‌ها است. $P(x)$ نیز مجموعه‌ای از ستاده‌ها را شامل می‌شود که با استفاده از نهاده‌های x می‌تواند تولید شود (Coelli & et al, 1998).

تابع فاصله‌ای ستاده ویژگی‌های زیر را دارد (Ibid):

$$D_0(0, y) = +\infty \quad \text{و} \quad D_0(x, 0) = 0 \quad ۱.$$

۲. $D_0(x, y)$ غیرکاهشی نسبت به y و غیرافزایشی نسبت

به x است.

۳. $D_0(x, y)$ همگن از درجه ۱ نسبت به y است.

۴. y جزء مجموعه امکانات تولید x است $y \in CP(x)$ اگر و

فقط اگر $D_0(x, y) \leq 1$ باشد.

۵. $D_0(x, y) = 1$ اگر y بر روی منحنی امکانات تولید قرار

داشته باشد.

برای تخمین تابع فاصله می‌توان از روش‌های تحلیل مرزی تصادفی، تحلیل فراگیر داده‌ها، روش برنامه‌ریزی خطی و حداقل مربعات اصلاح شده^۱ استفاده کرد (Ibid).

به طور عمده، برای تخمین تابع فاصله‌ای از روش برنامه‌ریزی خطی تعیینی^۲ و در مطالعات کمی از روش‌های اقتصادسنجی استفاده شده است. روش برنامه‌ریزی تعیینی نیاز به فروض توزیعی ندارد، به همین علت به راحتی مورد استفاده قرار می‌گیرد و برای محاسبه پارامترهای زیاد حتی با مشاهدات اندک می‌توان از آن استفاده کرد. یکی از مشکلات این روش این است که پارامترها تخمین زده نمی‌شوند بلکه محاسبه می‌شوند. به دست آوردن شاخص آماری برای ارزیابی سازگاری نتایج مشکل است. این امر می‌تواند به خطا در ارزیابی کارایی منجر شود، به این دلیل که ستاده می‌تواند تحت تأثیر شوک‌های تصادفی باشد که در کنترل تولیدکننده نیست (Nguyen & et al, 2008). به همین علت، از یک روش دو مرحله‌ای برای تخمین استفاده شد. در مرحله اول، مدل برنامه‌ریزی خطی به منظور یافتن مقادیر تابع فاصله به کار گرفته شد و در مرحله بعد، پارامترها با استفاده از تخمین اقتصادسنجی برآورد شدند.

فرض قابلیت حذف آن‌ها برمی‌گردد؛ به طوری که ستاده‌های خوب کاملاً آزاد هستند، در حالی که ستاده‌های بد به راحتی قابل حذف نیستند. ایده اصلی استخراج قیمت‌های سایه‌ای با استفاده از توابع فاصله ستاده و نهاده و نتایج دوگان آن برگرفته از نظریه شفرود است. نخستین بار، Färe & et al (1990) و پس از آن‌ها Hailu & Veeman (2000) قیمت‌های سایه‌ای را با استفاده از تابع فاصله نهاده و روش‌های برنامه‌ریزی غیرپارامتریک محاسبه کردند. Färe & et al (1993) نیز برای اولین بار و سپس Coggin & Swinton (1996) و Murty & Kumar (2003) با استفاده از تابع فاصله ستاده قیمت‌های سایه‌ای ستاده‌های نامطلوب را استخراج کردند. قیمت‌های سایه‌ای حقیقی برای ستاده‌های نامطلوب b بدین صورت است:

(۷)

$$r_b = R(x, r) \cdot \left(\frac{\partial D_0(x, y)}{\partial y_b} \right) = r_{ml}^0 \cdot \left(\frac{\partial D_0(x, y)}{\partial y_{ml}} \right)$$

نسبت قیمت سایه‌ای ستاده مطلوب به قیمت سایه‌ای ستاده بد با استفاده از شیب تابع فاصله مرزی در ستاده ترکیبی مشاهده شده منعکس می‌شود؛ همچنین قیمت‌های سایه‌ای رابطه مبادله بین ستاده‌های مطلوب و نامطلوب را در ترکیب عملی ستاده‌ها نشان می‌دهد.

در نمودار ۱، دو مسیر OB و BC وجود دارد. در بیشتر مطالعات صورت گرفته، که در مقدمه نیز به آن‌ها اشاره شد، تمرکز بر روی مسیر OB و شرایط حذف ضعیف ستاده آلاینده است و قیمت سایه‌ای منفی روی محصولات اعمال می‌شود. این در حالی است که در شرایط آزادبودن ستاده قیمت سایه‌ای مثبت خواهد بود. در شرایط اجرانشدن قوانین کاهش آلاینده‌ها، تولید روی مسیر OB ممکن است قیمت سایه‌ای مثبت یا منفی داشته باشد.

روی مسیر BC ، رابطه بین ستاده مطلوب و زیست محیطی به دلیل محدودیت‌های تکنولوژیکی (بیولوژیکی) با استفاده از قیمت سایه‌ای مثبت برای ستاده زیست محیطی مشخص می‌شود؛ برای مثال اگر ستاده زیست محیطی مجدداً وارد فرایند تولید شود و استفاده مجدد از آن صورت گیرد، در این حالت محصول افزایش و مقدار ضایعات وارده به محیط زیست نیز کاهش می‌یابد.

$$\max \sum_{k=1}^K [\ln D_0(x^k, y^k) - \ln I] \quad (۳)$$

$$(1) \ln D_0(x^k, y^k) \leq 0$$

$$(2) \partial \ln D_0(x^k, y^k) / \partial \ln y_1^k \geq 0$$

$$(3) \partial \ln D_0(x^k, y^k) / \partial \ln x_n^k \leq 0$$

$$(4) \sum_{m=1}^j \alpha_m = 1; \quad \sum_{m=1}^j \alpha_{mm'} = \sum_{m=1}^j \gamma_{nm} = 0;$$

$$(5) \alpha_{mm'} = \alpha_{m'm} \quad m = 1, \dots, j \quad m' = 1, \dots, j$$

$$\beta_{nn'} = \beta_{n'n} \quad n = 1, \dots, i \quad n' = 1, \dots, i$$

محدودیت ۱ بیانگر این است که مشاهدات به زیر مرز تولید یا کوچک‌تر یا مساوی ۱ محدود می‌شود. محدودیت‌های ۲ و ۳ نشان‌دهنده این است که تابع فاصله‌ای باید نسبت به تولید محصول خوب غیرکاهشی و در رابطه با نهاده‌ها غیرافزایشی باشد. محدودیت ۴ شرط همگنی را بیان می‌کند و در نهایت متقارن بودن در محدودیت آخر وارد می‌شود.

تابع هدف مجموع انحراف مشاهدات از مرز را حداقل می‌کند. در حقیقت، با توجه به اینکه تابع فاصله‌ای محصول ارزش‌های مثبت کوچک‌تر یا مساوی یک می‌گیرد (لگاریتم آن می‌تواند ارزشی کوچک‌تر یا مساوی با صفر بگیرد) تابع هدف ماکزیمم می‌شود. برای حداقل کردن انحرافات خالص مشاهدات از مرز، انحرافات فاصله‌ها از صفر، که به صورت لگاریتمی بیان شده است، ماکزیمم می‌شود.

پارامترهای مفقودی در تابع فاصله اصلی وجود دارد اما به واسطه اعمال شرط همگنی در فرم برآوردپذیر (تابع فاصله نرمال شده) حذف شده است. این پارامترها با استفاده از معادلات همگنی و تقارن به صورت زیر قابل محاسبه هستند:

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1 \quad (۴)$$

$$\alpha_{11} + \alpha_{12} + \alpha_{13} = 0, \quad \alpha_{12} + \alpha_{22} + \alpha_{23} = 0$$

$$\alpha_{13} + \alpha_{23} + \alpha_{33} = 0$$

$$\gamma_{n1} + \gamma_{n2} + \gamma_{n3} = 0$$

برای محاسبه خطای معیار پارامترهای مفقودی نیز از روابط زیر استفاده شد:

$$\text{var}(\alpha_{21} + \alpha_{22}) = \text{var} \alpha_{21} + \text{var} \alpha_{22} + 2 \text{cov}(\alpha_{21}, \alpha_{22}) \quad (۵)$$

$$\text{SE} = \sqrt{\text{var} \alpha_{21} + \text{var} \alpha_{22} + 2 \text{cov}(\alpha_{21}, \alpha_{22})} \quad (۶)$$

یکی از موارد مهم کاربرد تابع فاصله استفاده از آن به منظور محاسبه و برآورد قیمت‌های سایه‌ای محصولات نامطلوب است. اختلاف بین ستاده مطلوب و نامطلوب به

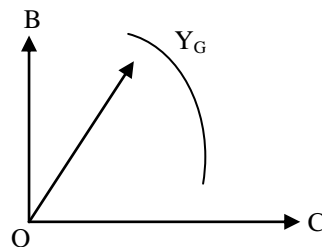
روز) و N_E نیتروژن دفعی (کیلوگرم در روز) است. برای اینکه بدانیم پروراندان از چه جیره غذایی استفاده می‌کنند از آن‌ها خواسته شد که نوع و میزان مواد غذایی را به صورت روزانه بیان کنند. برای محاسبه نیتروژن و فسفر دفعی به ترکیبات مواد خوراکی (درصد ماده خشک، پروتئین خام و فسفر) نیاز است. برای این منظور، از مقادیر بیان شده در انتشارات انجمن تحقیقات علمی (NRC)^۱ استفاده شد.

تعداد پروراندی‌های صنعتی دارای پروانه بهره‌برداری شهرستان شیراز بر اساس آمار سازمان جهاد کشاورزی استان فارس در سال ۱۳۸۶، ۱۰۹ واحد بود. با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی تعداد ۶۰ واحد انتخاب شد. اطلاعات موردنیاز از طریق پرسش‌نامه و مصاحبه حضوری با مدیران این واحدها به دست آمد.

نتایج و بحث

اطلاعات مربوط به نهاده‌ها و محصول به کار گرفته شده تابع فاصله در جدول ۱ آمده است. در مدل مورد استفاده، از یک ستاده مطلوب (میزان گوشت تولیدی)، دو ستاده محیط زیستی (فسفر و نیتروژن دفعی) و پنج عامل تولید شامل نیروی کار (نفر)، انرژی مصرفی (هزار تومان)، تعداد گوساله پروراری، مقدار علوفه مصرفی (تن) و کنسانتره مصرفی (تن) استفاده شد. هزینه انرژی شامل برق و سوخت بود. بر این اساس، به طور متوسط هر پروراندی گوساله با میانگین تولید سالانه ۱۷ تن گوشت و با به‌کارگیری ۴۳۴ تن علوفه و ۴۰ تن کنسانتره، ۲ نفر نیروی کار و ۴۱۱ هزار تومان انرژی، ۴/۳ تن نیتروژن و ۰/۹ تن فسفر روانه محیط کرده است.

در این مطالعه، هر دو مسیر OB و BC در نظر گرفته شد.



شکل ۱. منحنی امکانات تولید ستاده مطلوب (Y_G) و ستاده زیست‌محیطی (Y_E)

برآورد دقیق مواد دفعی برای مدیریت بهتر تغذیه و ایجاد تسهیلات برای ذخیره‌سازی کود و بررسی مشکلات زیست محیطی گاوداری‌ها ضروری است. بر این اساس، معادلات گوناگونی برای پیش‌بینی این مقادیر ارائه شده است. در این مطالعه، ستاده‌های نامطلوب (فسفر و نیتروژن دفعی) بر اساس معادلات مطرح شده در مطالعه Erickson & et al (2003) محاسبه شده است:

(۸)

$$N_E = \sum_{X=1}^n (DMI_x \times \text{dietaryCP} \times DOF_x / 6.25) - 0.019 \times (LW_f - LW_s)$$

$$P_E = \sum_{X=1}^n (DMI_x \times \text{dietaryP} \times DOF_x) - 0.0046 \times (LW_f - LW_s) \quad (۹)$$

DMI_x مقدار ماده خشک مصرفی کل گله (کیلوگرم)، DOF تعداد روزهای پروراندی، LW_f وزن گاو در پایان دوره پروراندی (کیلوگرم)، LW_s وزن گاو در آغاز دوره پروراندی (کیلوگرم)، x تعداد گاوهای موجود در گله، dietary CP درصد پروتئین خام جیره، dietary P درصد فسفر جیره، P_E فسفر دفعی (کیلوگرم در

جدول ۱. اطلاعات سالیانه مربوط به متغیرهای پژوهش در پروراندی‌های گوساله مورد مطالعه

متغیر	واحد اندازه‌گیری	میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار
تعداد گاو	x1	۱۰۷/۹	۹/۰	۶۰۰/۰	۱۰۶/۳
نیروی کار	x2	۲/۱	۱/۰	۶/۰	۱/۱
هزینه انرژی	x3	۴۱۱/۷	۵۴/۰	۲۲۰۵/۰	۴۴۲/۷
مقدار علوفه مصرفی	x4	۴۳۴/۲	۲۱/۴	۳۷۰۰/۹	۵۳۲/۳
کنسانتره مصرفی	x5	۳۹/۵	۶/۳	۶۲۹/۰	۸۶/۵
مقدار گوشت تولیدی	y1	۱۷/۰	۲/۱	۷۰/۲	۱۴/۲
فسفر دفعی	y2	۰/۹	۰/۱	۴/۹	۱/۰
نیتروژن دفعی	y3	۴/۳	۰/۱	۲۴/۹	۴/۷

جدول ۲. ضرایب محاسبه شده تابع فاصله‌ای برای پرواربندی‌های گوساله

نام متغیر	ضریب	خطای استاندارد	آماره t
ضریب ثابت	۳/۷۰۱***	۰/۱۳۳	۲۷/۸۷۳
Lny ₁	۰/۰۱۱	۰/۰۲۶	۰/۴۳۱
Lny ₂	۱/۴۹۸***	۰/۰۵۳	۲۸/۰۱۷
Lny ₃	-۰/۵۰۹***	۰/۰۵۵	-۹/۳۰۸
Lny ₁ Lny ₁	۰/۲۶۲	-	-
Lny ₁ Lny ₂	-۰/۲۷۰***	۰/۰۰۸	-۳۳/۳۳۴
Lny ₁ Lny ₃	۰/۰۰۸	۰/۰۹۰	۰/۰۹۳
Lny ₂ Lny ₂	۰/۳۳۸***	۰/۰۱۸	۱۸/۷۳۹
Lny ₂ Lny ₃	-۰/۰۶۸***	۰/۰۱۸	-۳/۸۰۸
Lny ₃ Lny ₃	۰/۰۵۹***	۰/۰۱۹	۳/۰۶۵
Lnx ₁	۰/۹۶۷***	۰/۰۵۰	۱۹/۱۹۲
Lnx ₂	۰/۰۰۹	۰/۰۲۳	۰/۳۸۶
Lnx ₃	-۰/۰۵۵*	۰/۰۲۹	-۱/۸۶۴
Lnx ₄	۰/۰۵۶**	۰/۰۲۳	۲/۳۷۵
Lnx ₅	-۱/۲۱۶***	۰/۰۴۰	-۳۰/۱۲۲
Lnx ₁ Lnx ₁	-۰/۱۵۳***	۰/۰۰۷	-۲۰/۷۵۸
Lnx ₂ Lnx ₂	۰/۰۲۷**	۰/۰۱۳	۲/۰۳۲
Lnx ₃ Lnx ₃	۰/۰۱۲***	۰/۰۰۴	۲/۹۰۲
Lnx ₄ Lnx ₄	-۰/۰۱۹***	۰/۰۰۳	-۶/۳۹۲
Lnx ₅ Lnx ₅	-۰/۰۰۶	۰/۰۰۵	-۱/۲۲۷
Lnx ₁ Lny ₁	-۰/۲۱۲***	۰/۰۰۷	-۲۹/۱۳۰
Lnx ₁ Lny ₂	۰/۱۸۰***	۰/۰۱۶	۱۱/۲۲۱
Lnx ₁ Lny ₃	۰/۰۳۲	۰/۰۱۹	۱/۶۵۳
Lnx ₂ Lny ₁	۰/۰۱۲	۰/۰۰۷	۱/۶۶۲
Lnx ₂ Lny ₂	۰/۰۲۳	۰/۰۱۴	۱/۶۰۱
Lnx ₂ Lny ₃	-۰/۰۳۵*	۰/۰۱۸	-۱/۹۱۴
Lnx ₃ Lny ₁	۰/۰۱۴**	۰/۰۰۶	۲/۴۶۰
Lnx ₃ Lny ₂	۰/۰۳۰***	۰/۰۰۸	۳/۷۹۷
Lnx ₃ Lny ₃	-۰/۰۴۴***	۰/۰۱۱	-۳/۹۵۵
Lnx ₄ Lny ₁	-۰/۰۰۷	۰/۰۰۵	-۰/۷۹۰
Lnx ₄ Lny ₂	۰/۰۰۲	۰/۰۰۸	۰/۲۰۴
Lnx ₄ Lny ₃	۰/۰۰۵	۰/۰۰۸	۰/۶۲۳
Lnx ₅ Lny ₁	۰/۱۰۰***	۰/۰۰۶	۱۵/۶۴۷
Lnx ₅ Lny ₂	-۰/۲۴۳***	۰/۰۱۳	-۱۸/۶۹
Lnx ₅ Lny ₃	۰/۱۴۴***	۰/۰۱۵	۹/۶۳۲

*** معنی‌داری در سطح ۱ درصد

** معنی‌داری در سطح ۵ درصد

* معنی‌داری در سطح ۱۰ درصد

تابع فاصله با استفاده از روش OLS تخمین زده شد. برای اعمال قید همگنی تابع مورد نظر با استفاده از ستاده مطلوب نرمال‌سازی شد.

همان‌گونه که در روش تحقیق گفته شد، ابتدا با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی مقدار InD محاسبه شد. این کار با استفاده از بسته نرم‌افزاری GAMS صورت گرفت؛ سپس

است که برای کاهش ستاده آلاینده یا باید ستاده مطلوب کمتری تولید شود یا نهاده‌های بیشتری مورد استفاده قرار گیرند. این در حالی است که بعضی از این ستاده‌ها از نظر شخصی مطلوبند؛ مثل کود که می‌تواند منبع درآمدی برای گاودار باشد اما از طرفی باعث آلودگی محیط زیست نیز می‌شود. چنین محصولاتی می‌توانند قیمت سایه‌ای مثبت داشته‌باشند. اعمال محدودیت منفی بودن قیمت سایه‌ای زمانی منطقی است که آلودگی از نوع متمرکز باشد. در رابطه با نیتروژن و فسفر وضعیت بدین صورت نیست؛ به این معنی که آلودگی به‌آسانی قابل اندازه‌گیری نیست و تعریف حد آلودگی در یک نقطه مشخص ممکن نیست. از سوی دیگر، با توجه به اعمال نشدن قوانین مربوط به کاهش آلاینده‌ها، قیمت سایه‌ای - همان‌طور که در روش تحقیق نیز عنوان شد - می‌تواند مثبت یا منفی باشد.

جدول ۳. قیمت سایه‌ای ستاده‌های نامطلوب

میانگین	حداقل	حداکثر	
۳۵۹۹/۹۹	-۷۹۵۳/۸۸	۱۹۸۱۸/۸۴	فسفر دفعی
۴۷۳۷/۴۶	-۱۱۱۴۵/۶۰	۱۷۴۶۹/۴۹	نیتروژن دفعی

همان‌گونه که مشاهده شد، میانگین قیمت سایه‌ای فسفر و نیتروژن دفعی مثبت به‌دست آمد. قیمت سایه‌ای مثبت آلاینده به این معناست که میزان درآمد و کارایی با کاهش ستاده آلاینده افزایش می‌یابد؛ به عبارت دیگر، امکان بهبود مصرف مواد غذایی و دفع کمتر این مواد به محیط با تنظیم جیره مناسب ممکن است. قیمت‌های سایه‌ای مثبت و بزرگ زمانی حاصل می‌شوند که مقدار ستاده آلاینده بسیار کم باشد. این ارزش‌های بزرگ میانگین قیمت‌های سایه‌ای را برای تمامی مشاهدات مثبت می‌کند. شاید این گونه به‌نظر برسد که دفع این عناصر غذایی هزینه‌ای را برای گاودار ایجاد نمی‌کند ولی در واقع در بلندمدت هم به محیط زیست آسیب می‌زند و هم بهره‌وری گاوها را به‌دلیل استفاده نکردن از جیره مناسب کاهش می‌دهد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

به‌منظور محاسبه قیمت سایه‌ای آلاینده‌ها، تابع فاصله‌ای ستاده با استفاده از یک روش دومرحله‌ای تخمین زده‌شد. میانگین قیمت سایه‌ای آلاینده‌ها مثبت به‌دست آمد؛ به این

تابع ترانسلوگ نرمال شده با پنج نهاده، یک ستاده مطلوب و دو ستاده آلاینده تخمین زده‌شد؛ سپس تست رمزی برای بررسی وجود خطای تصریح به کار گرفته شد. نتایج این آزمون بیانگر وجود نداشتن خطای تصریح بود.

تخمین دو مرحله‌ای ممکن است به درونزایی سمت راست معادله منجر شود؛ به دلیل اینکه مقادیر متغیر وابسته با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی به‌دست می‌آید. به همین علت، تست هاسمن مورد استفاده قرارگرفت. برای انجام این آزمون، ابتدا متغیر $\ln D$ بر روی تمامی متغیرهای برون زا و ابزاری رگرس و جمله پسماند آن ذخیره شد. در مرحله بعد، تابع فاصله با در نظر گرفتن جمله پسماند ذخیره‌شده تخمین زده‌شد. بی‌معنی بودن ضریب جمله پسماند بیانگر اریب نداشتن همزمانی و سازگاری نتایج تخمین OLS بود. پس از برآورد تابع فاصله‌ای، پارامترهای مفقودی نیز محاسبه شدند

ناهمسانی واریانس نیز با استفاده از آزمون وایت بررسی شد. نتایج بیانگر وجود نداشتن ناهمسانی واریانس بود. پارامترهای تخمینی تابع فاصله‌ای واحدهای پرواربندی در جدول ۱ عنوان شده‌است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، بیشتر ضرایب در سطح ۰/۱٪ معنی‌دار بودند. مقدار آماره R^2 نیز ۰/۹۹ به‌دست آمد که نشان‌دهنده برازش خوب مدل است.

پارامترهای تخمینی توابع فاصله‌ای ستاده به‌طور عمده شرایط تحدب، شبه‌تحدب و یکنواختی را نقض می‌کنند. این حالت موجب علامت نادرست کشش‌ها و قیمت‌های سایه‌ای می‌شود و تحلیل‌های اشتباه را در پی دارد (O'Donnell & Coelli, 2005). شرایط یکنواختی در مدل برنامه‌ریزی خطی به‌راحتی اعمال می‌شود. شرایط تحدب و شبه‌تحدب پس از تخمین تابع ترانسلوگ بررسی شد. در نقطه میانگین، هر دو شرط برای تابع فاصله تأمین شد.

پس از برازش تابع فاصله، پارامترها و مقادیر متغیرها در فرمول ۷ جایگزین و قیمت سایه‌ای آلاینده‌ها برای تک‌تک گاوداری‌ها محاسبه شد. برای این منظور، فرض شد که قیمت سایه‌ای ستاده مطلوب با قیمت بازاری آن برابر است.

در بیشتر مطالعات صورت‌گرفته - به جز مطالعه Nguyen & et (1999) Reinhard, (1996) Hetemäki (2008) al - قیمت سایه‌ای ستاده‌های زیست‌محیطی منفی در نظر گرفته شده‌است. به‌طور کلی، ستاده‌های زیست‌محیطی از نظر عمومی نامطلوب هستند و کاهش آن‌ها قیمت سایه‌ای منفی را در پی دارد. قیمت سایه‌ای منفی بیانگر این موضوع

گاوهای مختلف به صورت دقیق تر تعریف و تعیین شود. یکی از راه‌های کاهش دفع نیتروژن و فسفر کوتاه‌تر کردن دوره پرواربندی و دست‌یافتن به وزن بهینه است. در این راستا، توصیه می‌شود که وزن بهینه گاوها تعیین شود؛ همچنین قیمت سایه‌ای محاسباتی می‌تواند به عنوان مبنایی برای اخذ مالیات و جریمه بنگاه‌های آلاینده مورد استفاده قرار گیرد.

معنی که در صورت کاهش این مقادیر کارایی افزایش خواهد یافت. با توجه به اینکه این مقادیر به نوع جیره مصرفی، وزن نهایی و دوره پروار بستگی دارد، بهبود کیفیت جیره گاوها یکی از عوامل مدیریتی مؤثر در بالابردن کارایی تولید و کاهش دفع مواد غذایی آلوده‌کننده محیط زیست است. به همین علت ضروری است که نیازهای فسفر و نیتروژن برای

REFERENCES

- Aigner, D.J. & Chu, S.F. (1968). On estimating the industry production function, *American Economic Review*, 58, 826-839.
- Coelli, T., Rao, D.S.P. & Battese, G.E. (1998). *An introduction to efficiency and productivity analysis*, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Coggin, J.S. & Swinton, J.R. (1996). The price of pollution: a dual approach to valuing SO₂ allowances, *Journal of Environmental Economics and Management*, 30, 58-72.
- Darijani, A., Yazdani, S., Sharzeie, Gh.A., Sadrolashrafi, M., & Peikani, Gh. (2006). Derivation shadow prices of bad outputs: application of output distance function, *Agricultural Science and Technology Journal*, 20, 165-176 (In Farsi).
- Dong Lee, J., Bok Park, J. & Yoo Kim, T. (2002). Estimation of the shadow prices of pollutants with production/environment inefficiency taken into account: a nonparametric directional distance function approach, *Journal of Environmental Management*, 64, 365-375.
- Erickson, G.E., Auvermann, B., Eigenberg, R.A., Greene, L.W., Klopfenstein, T.J. & Koelsch, R.K. (2003). Proposed beef cattle manure excretion and characteristics standard for ASAE, *Conference Presentations and White Papers: Biological Systems Engineering*, 1-10.
- Färe, R., Grosskopf, S. & Nelson J. (1990). On price efficiency, *International Economic Review*, 31, 709-720.
- Färe, R., Grosskopf, S., Lovell, K.C.A. & Yaisawarnng, S. (1993). Derivation of shadow prices for undesirable outputs: a distance function approach, *Review of Economics and Statistics*, 75, 374-380.
- Greene, W.H. (1997), *Frontier production functions*, In: M. H. Pesaran and P. Schmidt (eds.), *Handbook of Applied Econometrics*, volume II: microeconomics, Blackwell, 81-166.
- 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. & Veeman, T.S. (2000). Environmental 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*, 609. The Finnish Forest Research Institute, Helsinki.
- Moshref, Sh. (2003). *Final report of research project, investigation management of feed in industrial dairy farm in Esfahan*, Esfahan Research Center of Agricultural and Natural Resource (In Farsi).
- Murty, M.N. & Kumar, S. (2003). Win-win opportunities and environmental regulation: testing of porter hypothesis for Indian manufacturing industries, *Journal of Environmental Management*, 67, 139-144.
- Nafisi, M. (1383). *Final report of research project, investigation management of feed in industrial dairy farm under record making in Tehran*, Animal Sciences Research Institute of Iran, Karaj (In Farsi).
- Nguyen V.H., Shashi, K. & Virginia, M. (2008). Shadow prices of environmental outputs and production efficiency of household-level paper recycling units in Vietnam, *Ecological Economics*, 65, 98-110.
- O' Donnell, Ch. & Coelli, T. (2005). A Bayesian approach to imposing curvature on distance functions, *Journal of Econometrics*, 126, 493-523.
- Pierzynski, G.M., Sims, J.T. & Vance, G.F. (1994). *Soils and environmental quality*, Boca Raton, FL: Lewis Publishers, CRC Press, 313.
- Pittman, R.W. (1983). Multilateral productivity comparisons with undesirable outputs, *The Economic Journal*, 93, 883-891.
- Reinhard, S. (1999). *Econometric analysis of economic and environmental efficiency in Dutch dairy farms*, Ph.D. Thesis, Wageningen Agricultural

- University.
- Reinhard, S. & Thijssen, G. (1998). Resource use efficiency of Dutch dairy farms; a parametric distance function approach, *American Economics Association Meeting*, Salt Lake City.
- Reinhard, R., Lovell, C.A.K. & Thijssen, G.J. (2000). Environmental efficiency with multiple environmentally detrimental variables; estimated with SFA and DEA, *European Journal of Operational Research*, 121, 287-303.
- Shaik, S., Helmers, G. (1999). Shadow price of environmental bads: weak vs. strong disposability, *American Agricultural Economics Association Meetings*, Nashville, Tennessee, August, 8-11.
- Shaik, S., Helmers, G.A. & Langemeier, M.R. (2002). Direct and indirect shadow price and cost estimates of nitrogen pollution abatement, *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 27, 420-432.
- Sharpley, A.N., Chapra, S.C., Wedepohl, R., Sims, J.T., Daniel, T.C. & Reddy, K.R. (1994). Managing agricultural phosphorus for protection of surface waters: issues and options, *Journal of Environment Quality* 23, 437-451.
- Tamminga, G. & Wijnands, J. (1991). Animal waste problems in the Netherlands, Farming and the Countryside, CAB International, Wallingford.
- The Agricultural Jihad Organization of Fars Province (2007). *Assistant of Animal Sector in Shiraz Agricultural Organization*, Shiraz.
- The Energy ministry news agency (2008). <http://news.moe.org.ir>.
- The Statistical Centre of Iran (2007). *Results of statistic of industrial dairy and beef cattle farm*.