

اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال بیست و سوم، شماره ۹۰، تابستان ۱۳۹۴

**یارانه‌های زیست‌محیطی؛ رهیافتی جهت کنترل گازهای گلخانه‌ای و  
آلاینده در بخش‌های اقتصادی ایران  
(مطالعه موردی: بخش کشاورزی)**

علی‌رضا علی‌پور<sup>۱</sup>، سید حبیب‌الله موسوی<sup>۲</sup>، صادق خلیلیان<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۶/۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۲۰

**چکیده**

فعالیت اقتصادی را می‌توان به عنوان فرایندی از تغییر شکل مواد و انرژی به شمار آورد. از آنجا که مواد و انرژی را نمی‌توان در مفهوم مطلق آن از بین برد، بنابراین، آن‌ها مجدداً به شکل ضایعات ظهور می‌یابند و در نهایت به محیط‌زیست باز می‌گردند. میزان تخریب محیط‌زیست به کمک شاخص‌های اقتصادی و آگاهی از میزان پرداخت‌های اجتماعی قابل‌سنجش است. در این مطالعه، با به‌کارگیری مفهوم هزینه نهایی کنترل ستانده‌های نامطلوب در فعالیت‌های اقتصادی، از تابع مسافت نهاده به‌منظور برآورد قیمت سایه‌ای گازهای گلخانه‌ای و

e-mail: alireza.alipour@modares.ac.ir

۱. کارشناس ارشد دانشگاه تربیت مدرس

۲. استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس (نویسنده مسئول)

e-mail: shamosavi@modares.ac.ir

e-mail: khalil\_s@modares.ac.ir

۳. دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

اقتصاد کشاورزی و توسعه - سال بیست و سوم، شماره ۹۰

آلاینده بخش کشاورزی ایران شامل دی‌اکسید کربن، مونواکسید کربن، دی‌اکسید گوگرد، اکسیدهای نیتروژن و ذرات معلق در بازه زمانی ۱۳۷۰-۱۳۹۰، به عنوان هزینه مورد نیاز در این بخش، جهت کنترل این آلاینده‌ها استفاده شد. نتایج نشان داد که در صورت انجام فعالیت‌های حمایت‌گرایانه کنترل گازهای گلخانه‌ای و آلاینده در بخش کشاورزی ایران، به طور متوسط در هر سال به ازای هر تن از مجموع آلاینده‌های مذکور بیش از ۱۹ میلیون ریال یارانه زیست‌محیطی مورد نیاز است. در نهایت، پیشنهاد شد که با توجه به نقش هر یک از استان‌های کشور در ایجاد هزینه‌های کنترل این آلاینده‌ها، توزیع یارانه‌های زیست‌محیطی در بخش کشاورزی استان‌های کشور انجام پذیرد.

طبقه‌بندی JEL: Q51, C02, D22

### کلیدواژه‌ها:

یارانه زیست‌محیطی، گازهای گلخانه‌ای و آلاینده، تابع مسافت، قیمت سایه‌ای، بخش کشاورزی

### مقدمه

امروزه دنیا با مجموعه‌ای از مشکلات زیست‌محیطی مواجه است که بسیاری از آن‌ها به بحران تبدیل شده‌اند: از جمله پرخطرترین مشکلات زیست‌محیطی، که به صورت جدی حیات انسان‌ها را در کره زمین تهدید می‌کند، مسئله انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای است که با سرعت زیاد در سراسر دنیا در حال افزایش است (شهیدی‌پور، ۱۳۹۰). بر اساس گزارش‌های رسمی سازمان بین‌المللی تغییرات آب و هوایی<sup>۱</sup> و نیز سازمان بهداشت جهانی<sup>۲</sup>، این پدیده آثار متنوع زیان‌باری بر سلامت و بقای موجودات زنده و غیر زنده داشته است که از آن جمله می‌توان به کاهش سطح لایه ازن و گرمایش جهانی، افزایش خشکسالی‌های پی‌درپی در سطح

1. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

2. World Health Organization (WHO)

یارانه‌های زیست محیطی.....

زمین، افزایش غلظت آلودگی هوای شهرها و روستاها و بارش‌های اسیدی اشاره نمود. به شکل جزئی‌تر، بر اساس گزارش محرابیان و حسینی مصطفوی، از سال ۱۹۷۰ میلادی تاکنون درجه حرارت متوسط کره زمین ۰/۸ درجه افزایش یافته است و در طول این دوره، افزایش درجه حرارت در هر دهه از دهه قبل بیشتر بوده است (محرابیان و حسینی مصطفوی، ۱۳۸۸). منشأ انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده را می‌توان به سه دسته انسان‌ها، جانوران و طبیعت تقسیم نمود که پس از انقلاب صنعتی و با راه‌اندازی صنایع مختلف و استفاده از سوخت‌های فسیلی در بخش‌های مختلف اقتصادی، به اهمیت تأثیر نقش فعالیت‌های انسانی در ایجاد آلودگی هوا اضافه شده است (صحرايي، ۱۳۹۰).

فعالیت اقتصادی را می‌توان فرایندی از تغییر شکل مواد و انرژی تصور کرد. از آنجا که مواد و انرژی را نمی‌توان در مفهوم مطلق آن از بین برد (قانون اول ترمودینامیک)، آن‌ها مجدداً به شکل ضایعات ظهور می‌یابند و نهایتاً به محیط زیست باز می‌گردند. بدین ترتیب، هرچه دستاوردهای اقتصادی کلان‌تر باشد، ضایعات تولیدی نیز بیشتر خواهد بود (ترنر و همکاران، ۱۹۷۳). بخش کشاورزی یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی مصرف‌کننده انرژی در ایران است و انرژی به عنوان یک نهاد مصرفی از اهمیت خاصی در این بخش برخوردار است. بررسی مصرف انرژی در کشور نشان می‌دهد که طی سال‌های مختلف، همراه با افزایش تولید و ارزش افزوده، مصرف انواع حامل‌های انرژی در این بخش افزایش یافته است (نصرنیا و اسماعیلی، ۱۳۸۸). همچنین آمار منتشر شده در ترازنامه انرژی ایران مربوط به انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده بخش کشاورزی ایران در دو دهه گذشته نشان می‌دهد که متوسط رشد سالانه ۰/۲- درصدی آلاینده‌های مذکور در دهه ۱۳۷۰ با تغییر روند انتشار به رشد مثبت متوسط ۲/۵ درصد سالانه در دهه ۱۳۸۰ رسیده است. این موضوع اهمیت و ضرورت توجه بیشتر نسبت به انتشار آلاینده‌های مذکور در این بخش را تأکید می‌نماید. هرگونه تخریب و آلودگی در منابع محیط زیست، همراه با تغییر در مطلوبیت و سطح کارایی عوامل است و لذا میزان آلودگی و تخریب محیط زیست به کمک شاخص‌های اقتصادی و آگاهی از میزان

پرداخت‌های اجتماعی به منظور جبران خسارات ناشی از تخریب محیط زیست قابل سنجش است.

پرداختن به مشکلات زیست‌محیطی از دیدگاه علم اقتصاد از نیمه دوم قرن بیستم آغاز شده است. مارشال در سال ۱۸۹۰ (Marshall, 1890) برای اولین بار روشی برای تحلیل اقتصادی تخریب محیط زیست از طریق مفهومی به نام صرفه‌های جانبی<sup>۱</sup> ارائه کرد. با پیشرفت علم اقتصاد در زمینه‌های زیست‌محیطی، پیگو (Pigou, 1948) با اشاره به روش‌های بازاری کنترل آلاینده‌های زیست‌محیطی، پیشنهادی ساده و ابتدایی را به منظور جلوگیری از انتقال آلودگی‌های زیست‌محیطی با پیشنهاد اخذ مالیات برابر با هزینه نهایی انتشار این آلاینده‌ها<sup>۲</sup> مطرح نمود. وی معتقد بود که از این طریق، تنها بخشی از هزینه‌های جانبی به جامعه انتقال می‌یابد و مابقی آن بر عهده تولیدکننده این‌گونه عوارض است. البته ایراد اساسی در این رابطه، دشواری تعیین این هزینه‌ها به دلیل نبود بازارهای مشخص برای تولیدات نامطلوب<sup>۳</sup> نظیر آلاینده‌های زیست‌محیطی است. تفسیری جایگزین برای نظریه پیگو این است که دستیابی به تخریب زیست‌محیطی کارا از طریق ایجاد بازار برای آلاینده‌ها با استفاده از قیمت‌های سایه‌ای آنان امکان‌پذیر خواهد بود (Faber & Proops, 1991 ; Fare et al., 1993).

همان‌گونه که اشاره شد، یکی از راه‌های کنترل آلاینده‌های زیست‌محیطی از جمله گازهای گلخانه‌ای و آلاینده انتشار یافته در بخش‌های مختلف اقتصادی، انتخاب روش‌های بازاری نظیر اخذ مالیات از تولیدکنندگان این بخش‌هاست. بر اساس نظریه‌های اقتصادی، با اخذ مالیات‌های زیست‌محیطی جهت کنترل آلاینده‌ها، تولید بخش‌های مختلف اقتصادی تنزل می‌یابد که این امر به عنوان یک پیامد ناخوشایند از کنترل آلودگی‌های زیست‌محیطی به‌شمار می‌رود. از این‌رو، با توجه به اهمیت نقش و جایگاه بخش‌های مختلف تولیدی نظیر بخش کشاورزی در تأمین اهداف توسعه اقتصادی در ایران، استفاده از سایر روش‌های بازاری مرسوم

1. Lateral Advantages
2. Marginal Abatement Cost (MAC)
3. Undesirable Outputs

## یارانه‌های زیست محیطی.....

جهت کنترل آلاینده‌های زیست محیطی همچون پرداخت یارانه‌های زیست محیطی به سبب انگیزشی که جهت کنترل آلاینده‌ها ایجاد می‌نماید می‌تواند جایگزین مناسب‌تری برای اخذ مالیات‌های انتشار آلودگی در این بخش‌ها به شمار آید. پرداخت یارانه به تولیدکنندگان به منظور کنترل پسماندهای ناشی از تولید محصولات آن‌ها در منابع معتبر علم اقتصاد به عنوان یکی از مؤثرترین روش‌های کنترل آلاینده‌های زیست محیطی به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه شناخته شده است؛ به عبارت دیگر، به نظر می‌رسد که پرداخت یارانه‌های زیست محیطی به سبب افزایش انگیزه و تشویق متولیان و بهره‌برداران بخش‌های تولیدی جهت کنترل آلاینده‌ها یکی از مناسب‌ترین راه‌های جلوگیری از تهدیدات پیش روی این بخش‌ها در کشورهای در حال توسعه نظیر ایران، هم‌زمان با کاهش و کنترل آلاینده‌های زیست محیطی، است. لذا در این مطالعه، با استفاده از مفهوم هزینه نهایی کنترل آلاینده‌های زیست محیطی، به برآورد یارانه‌های زیست محیطی مورد نیاز جهت کنترل گازهای گلخانه‌ای و آلاینده بخش کشاورزی ایران به عنوان جایگزین مالیات‌های زیست محیطی برابر با قیمت سایه‌ای آلاینده‌های مذکور پرداخته شده است.

در بیشتر مطالعاتی که تاکنون به محاسبه هزینه نهایی انتشار آلاینده‌ها از طریق روش تخمین قیمت سایه‌ای آن‌ها پرداخته‌اند، تابع مسافت- فناوری<sup>۱</sup> به کار گرفته شده است. این نوع از توابع ارتباط تکنیکی میان خروجی‌های مطلوب و نامطلوب را تعیین می‌نماید. تابع مسافت بیان کننده فاصله نسبی ترکیبات ستانده- نهاده از مرز منحنی امکانات تولید تحت فناوری معین است (Recka, 2011). برتری استفاده از تابع مسافت به جای نمایش تابع تولید این است که به آسانی تولیدات توأم چند محصول را مدل‌سازی می‌نماید. چندین مزیت در مورد الگوسازی توأم کالاهای مطلوب و نامطلوب وجود دارد: اول اینکه به اطلاعات فعالیت‌های کنترل آلودگی و دوم اینکه به تخمین کمیت آلودگی کاهش یافته جهت کنترل آلودگی نیازی نیست. در این روش، هزینه فعالیت‌های کنترل آلودگی به وسیله تولید کاهش یافته کالای

---

1. Distance Technology Function

مطلوب، که در نتیجه تخصیص مجدد نهاده در فعالیت‌های کنترل آلودگی است، محاسبه می‌گردد. مزیت دیگر مدل‌سازی کالاهای مطلوب و نامطلوب<sup>۱</sup> این است که از مشکلات ایجاد شده در نمونه‌گیری برای اندازه‌گیری هزینه‌های ناشی از تغییر در فرایند تولید و تکنیک‌های کنترل آلودگی اجتناب می‌کند. در الگوی تولیدات توأم<sup>۲</sup>، هماهنگی در مورد فرایند کاهش یک یا چند آلودگی به صورت خودکار مربوط به فناوری تولید می‌شود (اسماعیلی و محسن‌پور، ۱۳۸۹).

در ادبیات تحقیق، به منظور تعیین قیمت‌های سایه‌ای ستانده‌های نامطلوب، توابع مسافت به سه دسته کلی تقسیم می‌شود: تابع مسافت ستانده<sup>۳</sup>، تابع مسافت نهاده<sup>۴</sup> و تابع مسافت ستانده تعمیم‌یافته (تابع مسافت ستانده جهت‌دار<sup>۵</sup>). این توابع در مطالعات گوناگونی که به منظور تعیین قیمت سایه‌ای آلاینده‌های زیست‌محیطی تاکنون به انجام رسیده است به کرات مورد استفاده قرار گرفته است که از جمله آن‌ها می‌توان به مطالعات زیر اشاره کرد: فاری و همکاران (Fare et al., 1993)؛ کوگینز و سوینتن (Coggins & Swinton, 1996)؛ سوینتن (Swinton, 1998)؛ کوان و یوه (Kwon & Yuh, 1999)؛ لی و همکاران (Lee et al., 2002)؛ مارکلوند (Marklund, 2003)؛ آتکینسون و درفمن (Atkinson & Dorman, 2005)؛ وردانیان و نوه (Vardanyan & Noh, 2006)؛ مورتی و همکاران (Murty et al., 2007)؛ باثومن و همکاران (Bauman et al., 2008)؛ پارک و لیم (Park & Lim, 2009)؛ لی و ژانگ (Lee & Zhang, 2012)؛ دریجانی (۱۳۸۴)؛ قربانی و همکاران (۱۳۸۸) و اسماعیلی و محسن‌پور (۱۳۸۹).

در مطالعه حاضر نیز به منظور محاسبه قیمت سایه‌ای انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده شامل دی‌اکسید کربن، مونواکسید کربن، دی‌اکسید گوگرد، اکسیدهای نیتروژن و ذرات معلق

1. Desirable and Undesirable Goods
2. Accompanied productions
3. Output Distance Function
4. Input Distance Function
5. Directional Output Distance Function

یارانه‌های زیست محیطی.....

در بخش کشاورزی ایران و نیز جهت دسترسی به هدف مورد نظر، یعنی تعیین یارانه زیست محیطی، از تابع مسافت نهاده استفاده شد.

### روش تحقیق

توابع کنترل آلودگی جهت تعیین خسارات زیست محیطی نیاز به اطلاعاتی در مورد هماهنگی بین فرایند کنترل آلودگی‌های گوناگون دارند و در نهایت روش تابع مسافت، قیمت‌های سایه‌ای، تولیدکننده را براساس رفتار واقعی تولیدکننده‌ها و نه بر اساس برآوردهای مهندسی تخمین می‌زند (Coeli, 2000). بر این اساس، تابع مسافت برای یک فناوری تولیدی با N نهاده و M ستانده مطلوب و غیر مطلوب از طریق رابطه ۱ محاسبه می‌شود (Shepherd, 1953; Fare & Primont, 1995):

$$D(u, x, t) = \sup_{\theta} \left\{ \theta : u, \frac{x}{\theta} \in Y(t), \theta \in R_+ \right\} \quad (1)$$

که در آن، u و x به ترتیب بردارهای ستانده و نهاده،  $\theta$  ترکیب ستانده - نهاده و t متغیر روند زمانی است. همچنین  $Y(t)$  نیز فناوری تولید (امکانات تولید) در زمان t است؛ به بیان دیگر، ارزش تابع مسافت نهاده عبارت است از حداکثر میزانی از بردار نهاده که با ثابت در نظر گرفتن بردار ستانده قابل اندازه‌گیری می‌باشد. تابع مسافت نهاده ارزشی متناهی برای  $u \geq 0$  دارد و دارای روند غیرافزایشی است. همچنین این تابع، تابعی پیوسته از x برای  $u \in R_+^M$  و مقعر و همگن از درجه ۱ است. علاوه بر این، تابع مسافت نهاده یک تابع شبه مقعر و نیمه فوقانی پیوسته از u است (Shepherd, 1970; Fare & Primont, 1995). مشخصات مربوط به مشتق تابع مسافت نهاده با توجه به ستانده‌های مطلوب و غیرمطلوب قابل تشخیص است.

برای کنترل گازهای آلاینده و گلخانه‌ای در بخش کشاورزی دو روش کلی وجود دارد. در روش اول می‌توان با ثابت در نظر گرفتن بردار نهاده‌ها و به عبارت دیگر، با عدم استفاده از آن‌ها از انتشار این آلاینده‌ها جلوگیری نمود. در این صورت، با کاهش سطح نهاده‌ها علاوه بر کاهش ستانده‌های نامطلوب، از میزان ستانده‌های مطلوب نیز کاسته می‌شود

(Recka, 2011). در روش دوم می‌توان با استفاده از نهاده‌های جدید دیگر از انتشار آلاینده‌های مذکور جلوگیری نمود بدون اینکه از میزان ستانده‌های مطلوب کاسته شود. بنابراین، تابع مسافت باید در مورد ستانده‌های نامطلوب غیر کاهشی باشد. همچنین تابع مسافت نهاده بایستی نسبت به نهاده‌ها غیر کاهشی و نسبت به ستانده‌های مطلوب غیر افزایشی باشد. علت این موضوع این است که ارزش تابع مسافت حداکثر امکان کاهش متناسب در تمامی نهاده‌ها را در شرایطی اندازه‌گیری می‌نماید که سطح ستانده‌ها ثابت در نظر گرفته می‌شوند (Recka, 2011). مفهوم دیگری که در ارتباط با تابع مسافت نهاده وجود دارد، قابلیت حذف ضعیف ستانده‌های نامطلوب<sup>۱</sup> است که بایستی در الگو در نظر گرفته شود. مفهوم فوق به معنای آن است که اگر نهاده  $x$  توان تولید میزانی از ستانده  $u$  را داشته باشد، بنابراین، امکان تولید درجه کمتری از آن ستانده را نیز دارا می‌باشد. از این رو، با وجود مفهوم قابلیت حذف ضعیف، یک ستانده ضرورتاً دارای قابلیت حذف آزاد نخواهد بود و با حذف ستانده‌های نامطلوب، هزینه‌ای معادل کاهش تولید ستانده‌های مطلوب بر تولیدکننده عارض می‌شود (Hailu & Veeman, 2000).

با استفاده از روش تابع مسافت برای برآورد قیمت سایه‌ای انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده از بخش کشاورزی ایران، نیازی به برآورد خسارات ایجاد شده ناشی از مصرف انرژی در جریان تولید محصولات کشاورزی نخواهد بود. یادآوری می‌شود که قیمت سایه‌ای گازهای گلخانه‌ای و آلاینده، هزینه‌های نهایی کنترل این آلاینده‌ها توسط تولیدکنندگان بخش کشاورزی را بیان می‌نماید.

قیمت سایه‌ای انتشار آلاینده‌های مورد نظر با فرض حداقل‌سازی تابع هزینه تولید فعالیت‌های کشاورزی به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$C(u^{rt}, p^{rt}, t) = \text{Min}_x \{ p \cdot x : D(u^{rt}, x^{rt}, t) \geq 1, x \in R_+^3 \} \quad (2)$$



یارانه‌های زیست محیطی.....

که در آن،  $p \in R_+^N$  بردار قیمت نهاده است و  $t$  و  $T$  با توجه به نوع داده‌های مورد استفاده، که از نوع داده‌های تابلویی است، به ترتیب نماد بخش کشاورزی استان‌های کشور و زمان هستند. رابطه فوق بیانی از ارتباط دوگانه تابع مسافت نهاده و ستانده بر اساس رابطه شپرد (Shepherd, 1970 & 1953) است. با انجام عملیات بهینه‌سازی در رابطه (۲) و حل شرط مرتبه اول به طور مستقیم خواهیم داشت:

$$\nabla_u C(u^t, p^t, t) = -\Lambda(u^t, p^t, t) \cdot \nabla(u^t, x^t, t) = -C(u^t, p^t, t) \cdot \nabla(u^t, x^t, t) \quad (۳)$$

در این رابطه،  $\Lambda$  ضریب فزاینده لاگرانژ و برابر با ارزش تابع هزینه بهینه شده است. قیمت سایه‌ای یک ستانده معین با محاسبه هزینه ایجاد شده از تولید یک واحد اضافی از آن ستانده محاسبه می‌شود که نمایانگر مفهوم هزینه نهایی کنترل آن ستانده خواهد بود. قیمت سایه‌ای انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده در بخش کشاورزی غیر مثبت است و در نتیجه آن، تابع مسافت نهاده برای آن‌ها غیر کاهشی خواهد بود. در صورت عدم وجود قیمت نهاده‌های به کار برده شده در تولید محصولات می‌توان از رابطه ۴ که مستخرج از رابطه ۳ است، برای تعیین نسبت قیمت سایه‌ای ستانده  $i$  نسبت به ستانده  $j$  استفاده نمود. این در شرایطی است که به دلیل در دسترس نبودن قیمت نهاده‌ها، امکان برآورد هزینه بهینه تولید وجود نداشته باشد:

$$\frac{r_i^t}{r_j^t} = \frac{\partial D(u^t, x^t, t) / \partial u_i^t}{\partial D(u^t, x^t, t) / \partial u_j^t} \quad (۴)$$

که در آن،  $r_i^t$  و  $r_j^t$  به ترتیب برابر قیمت سایه‌ای ستانده مطلوب و نامطلوب بخش کشاورزی هر استان در سال‌های مختلف است. از رابطه ۴ مشاهده می‌شود که نسبت قیمت‌های سایه‌ای دو ستانده  $i$  و  $j$  برابر نسبت جایگزینی میان دو ستانده است؛ به عبارت دیگر، نسبت قیمت‌های سایه‌ای هر دو ستانده مطلوب و نامطلوب برابر است با نرخ نهایی جایگزینی میان آن دو ستانده و یا به بیان دیگر، نسبت قیمت سایه‌ای برابر با نرخ نهایی جایگزینی کنترل ستانده نامطلوب و ستانده مطلوب است. تعبیر دیگر این عبارت این است که نسبت فوق، تعداد واحدهایی از ستانده مطلوب بخش کشاورزی است که تولیدکنندگان برای جلوگیری از انتشار یک واحد بیشتر از گازهای گلخانه‌ای و آلاینده حاضر به چشم‌پوشی از آن هستند (Hailu & Veeman, 2000).

با فرض اینکه قیمت بازاری و ارزش ستانده مطلوب  $u_j$  (در اینجا تولیدات بخش کشاورزی) در استان‌های کشور برابر با قیمت سایه‌ای آن است، قیمت سایه‌ای ستانده نامطلوب  $u_i$  (گازهای گلخانه‌ای و آلاینده) برای استان‌های کشور از طریق رابطه ۵ محاسبه می‌شود:

$$r_i^n = r_j^n \cdot \frac{\partial D(u^n, x^n, t) / \partial u_i^n}{\partial D(u^n, x^n, t) / \partial u_j^n} \quad (5)$$

با استفاده از رابطه فوق، قیمت سایه‌ای گازهای گلخانه‌ای و آلاینده انتشار یافته از بخش کشاورزی استان‌های کشور در بازه مذکور قابل محاسبه گردید. نسبت قیمت سایه‌ای ستانده‌های مطلوب به ستانده‌های نامطلوب برابر با شیب تابع مسافت مرزی در ستانده ترکیبی مشاهده شده است (Fare et al., 1993).

جهت برآورد پارامترهای تابع مسافت نهاده دو رهیافت عمده پیش روی محققین قرار دارد: روش‌های اقتصادسنجی و برنامه‌ریزی ریاضی. مزیت استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی نسبت به رهیافت اقتصادسنجی، ساده بودن امکان برآورد اجزای سیستماتیک تابع در رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی است. این روش جهت برآورد پارامترها را اولین بار آینگنر و چو (Aigner & Chu, 1968) مورد استفاده قرار دادند. در این روش، مبنای کار بر حداقل سازی مجموع انحرافات ارزش‌های تابعی از مرز ناشناخته استوار است. استفاده از این روش، مقیاس‌های آماری جهت ارزیابی الگو را به همراه ندارد. با این حال، به دلیل اینکه این روش یک روش بهینه‌سازی در چارچوب برنامه‌ریزی ریاضی است، بسیار انعطاف‌پذیر می‌باشد و به محقق اجازه می‌دهد که در کنار معادلات، قیدهای غیر تساوی را نیز در الگو لحاظ نماید. اهمیت این موضوع بدین جهت است که نحوه عملکرد غیر متقارن ستانده‌های مطلوب و نامطلوب در تعیین فناوری، به اتخاذ قیدهای غیر تساوی ضعیف در علامت مشتق اول تابع مسافت نهاده بستگی دارد (Hailu & Veeman, 2000). در مطالعه دونل و کوئلی (Donnell & Coelli, 2005) نیز با تأکید بر مزایای استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی به ویژه سادگی برآورد پارامترها در این روش نسبت به روش‌های اقتصادسنجی به صراحت پیشنهاد شد که برای برآورد تابع مسافت از

یارانه‌های زیست محیطی.....

روش برنامه‌ریزی ریاضی به‌جای روش‌های اقتصادسنجی استفاده گردد. لذا در این مطالعه، به‌منظور برآورد پارامترهای تشکیل دهنده تابع فوق از روش برنامه‌ریزی غیرخطی استفاده شد. تمرکز اصلی الگوی مورد استفاده بر برآورد پارامترهایی است که مجموع انحرافات ارزش لگاریتمی تابع مسافت را از عدد صفر حداقل می‌نماید؛ به عبارت دیگر، در روش برنامه‌ریزی ریاضی، پارامترهای مورد نظر بایستی به ترتیبی برآورد شود که لگاریتم تابع مسافت مورد نظر دارای ارزش حداقلی باشد. همچنین در این روش، الزامات یکنواختی، همگنی و تقارن نیز به عنوان محدودیت در الگو وارد می‌شود. علاوه بر این، ارزش تابع مسافت نهاده بایستی بزرگ‌تر یا برابر اشتراک (پیوستگی) تمامی ترکیبات نهاده و ستانده مشاهده شده باشد که این مورد نیز به عنوان یک قید دیگر به الگو اضافه می‌شود (همان منبع).

در این مطالعه، به‌منظور برآورد پارامترهای تشکیل دهنده تابع مسافت نهاده از تابع ترانسلوگک انعطاف‌پذیر به شرح زیر استفاده شد (Hailu, 2003):

$$\begin{aligned} \ln D(u^t, x^t, t) = & \alpha_0 + \sum_{n=1}^N \alpha_n \ln x_n^t + \sum_{m=1}^M \beta_m \ln u_m^t + \left(\frac{1}{2}\right) \sum_{n=1}^N \sum_{n'=1}^N \alpha_{nn'} \ln x_n^t \ln x_{n'}^t \\ & + \left(\frac{1}{2}\right) \sum_{m=1}^M \sum_{m'=1}^M \beta_{mm'} \ln u_m^t \ln u_{m'}^t + \left(\frac{1}{2}\right) \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M \gamma_{nm} \ln x_n^t \ln u_m^t \\ & + \alpha_t t + \left(\frac{1}{2}\right) \alpha_{tt} t^2 + \sum_{n=1}^N \alpha_{nt} t \ln x_n^t + \sum_{m=1}^M \beta_{mt} t \ln u_m^t \end{aligned} \quad (6)$$

در این رابطه، بردار نهاده‌ها شامل نیروی کار (بر حسب واحد نفر)، زمین (بر حسب واحد هکتار) و انرژی مصرفی (بر حسب واحد کیلوژول) در بخش کشاورزی استان‌های کشور است که با عبارت  $x$  مشخص شده‌اند. ستانده‌های مطلوب و نامطلوب به ترتیب عبارت از محصولات اصلی بخش کشاورزی که در طی دوره مورد بررسی تولید شده‌اند و نیز گازهای گلخانه‌ای و آلاینده انتشار یافته از بخش کشاورزی استان‌های کشور (بر حسب واحد تن) می‌باشند که میزان انتشار آلاینده‌های مورد نظر با استفاده از میزان مصرف انرژی در بخش کشاورزی استان‌های کشور در طول دوره و ضریب انتشار آلاینده‌ها محاسبه شده است. این گازها شامل دی‌اکسید کربن ( $CO_2$ ) به عنوان شایع‌ترین گاز گلخانه‌ای، مونواکسید کربن ( $CO$ )، اکسیدهای نیتروژن ( $Nox$ )، دی‌اکسید گوگرد ( $SO_2$ ) و ذرات معلق ( $Spm$ ) به

عنوان حجیم‌ترین گازهای آلاینده است که از مصرف سوخت در بخش کشاورزی حاصل می‌شوند و با نشان  $u$  در الگومشخص شده‌اند. همچنین در رابطه ۶،  $\alpha$  متغیر روند زمانی است و شاخص فناوری مورد استفاده در طول دوره و طی سال‌های ۱۳۷۰ - ۱۳۹۰ است. برآورد تابع مسافت نهاد در شرایط استفاده از تکنیک بهینه‌سازی در رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی به صورت

زیر است:

$$\begin{aligned}
 & \text{Min}_{(\alpha, \beta, \gamma)} \quad \sum_{t=1}^T \ln D(u^{rt}, x^{rt}, t) - \ln 1 \\
 & \text{s.t.} \\
 & \ln D(u^{rt}, x^{rt}, t) \geq 0 \quad t = 1, \dots, 21 \quad C_1 \\
 & \frac{\partial \ln D(u^{rt}, x^{rt}, t)}{\partial x_n} \geq 0 \quad t = 1, \dots, 21 \quad n = 1, 2, 3 \quad C_2 \\
 & \frac{\partial \ln D(u^{rt}, x^{rt}, t)}{\partial u_m} \leq 0 \quad t = 1, \dots, 21 \quad m = 1 \quad C_3 \\
 & \frac{\partial \ln D(u^{rt}, x^{rt}, t)}{\partial u_m} \geq 0 \quad t = 1, \dots, 21 \quad m = 1, \dots, 5 \quad C_4 \quad (Y) \\
 & \sum_{n=1}^N \alpha_n = 1 \quad C_{5a} \\
 & \sum_{n=1}^N \alpha_{nn'} = 0 \quad n' = 1, 2, 3 \quad C_{5b} \\
 & \sum_{n=1}^N \gamma_{nm} = 0 \quad m = 1, 1, \dots, 5 \quad C_{5c} \\
 & \sum_{n=1}^N \alpha_{nt} = 0 \quad C_{5d} \\
 & \alpha_{nn'} = \alpha_{n'n} \quad n, n' = 1, 2, 3 \quad C_{6a} \\
 & \beta_{mm'} = \beta_{m'm} \quad m, m' = 1, 1, \dots, 5 \quad C_{6b}
 \end{aligned}$$

در رابطه بالا، قید اول بیان می‌کند که ارزش تابع مسافت نهاد برآورد شده بایستی بزرگ‌تر یا مساوی ۱ باشد تا مشاهدات را به کاهش به سمت داخل یا بر روی مرز تولید سوق دهد. قید دوم شرط یکنواختی تابع مسافت نهاد را نشان می‌دهد که در این صورت بایستی تابع مسافت در مورد نهاده‌ها غیر کاهشی باشد. قید سوم ابراز لزوم غیر افزایشی بودن تبعیت تابع مسافت از ستانده‌های مطلوب و قید چهارم شرط غیر کاهشی بودن تابع مسافت از ستانده‌های نامطلوب است. وجود قیده‌های سوم و چهارم برای ترکیب عدم تقارن اساسی بین ستانده‌های مطلوب و نامطلوب برای تعیین فناوری تولید مورد نیاز است. عبارت فوق بدین معناست که حذف ستانده‌های مطلوب از چرخه تولید به راحتی امکان‌پذیر و کنترل آلودگی همراه با پرداخت هزینه است. مجموعه قیده‌های پنجم به وجود همگنی خطی در نهاده‌های به کار برده شده و همچنین مجموعه قیده‌های ششم وضعیت تقارن پارامترها را برای ساختار تابعی

یارانه‌های زیست محیطی.....

ترانسلوگ تضمین می‌نماید. در نهایت، الگوی مورد نظر با استفاده از نرم افزار GAMS حل‌کننده الگوریتم حل برنامه‌ریزی ریاضی غیر خطی CONOPT3 برآورد گردید. اطلاعات مورد نیاز و پایه‌های آماری مطلوب جهت انجام این مطالعه از طریق مراجع آماری مختلف همانند آمارنامه‌های وزارت جهاد کشاورزی، آمار دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی وزارت نیرو و آمار دفتر امور انرژی شرکت ملی پخش فراورده‌های نفتی ایران و نیز از طریق مرکز آمار ایران و بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران تهیه و جمع‌آوری گردید.

### نتایج و بحث

در ابتدا به منظور بررسی هزینه‌های نهایی گازهای گلخانه‌ای و آلاینده در بخش کشاورزی ایران، به تشریح نتایج برآورد تابع مسافت نهاده پرداخته می‌شود. همان‌طور که در بخش پیشین اشاره شد، در این مطالعه جهت برآورد تابع مسافت نهاده از رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی (رابطه ۷) استفاده شد. جدول ۱ نتایج برآورد الگوی مورد استفاده را نشان می‌دهد.

جدول ۱. نتایج برآورد پارامترهای تابع مسافت نهاده در بخش کشاورزی ایران

ضریب	پارامتر	ضریب	پارامتر	ضریب	پارامتر
$-1 \times 10^{-18}$	$\gamma_{Co,E}$	$5 \times 10^{-13}$	$\beta_{Spm,So_2}$	۰/۵۳	$\alpha_0$
$1 \times 10^{-18}$	$\gamma_{Co,L}$	$-6/5 \times 10^{-14}$	$\beta_{Spm,NOx}$	۰/۲۲	$\alpha_A$
$-5 \times 10^{-19}$	$\gamma_{So_2,A}$	$2 \times 10^{-18}$	$\beta_{Spm,y}$	۰/۱۴	$\alpha_E$
$-9 \times 10^{-19}$	$\gamma_{So_2,E}$	$2 \times 10^{-14}$	$\beta_{Co,So_2}$	۰/۶۲	$\alpha_L$
$1 \times 10^{-18}$	$\gamma_{So_2,L}$	$1 \times 10^{-14}$	$\beta_{Co,NOx}$	۰/۰۰۰۹	$\beta_{Co_2}$
$1 \times 10^{-20}$	$\gamma_{NOx,A}$	$-1 \times 10^{-18}$	$\beta_{Co,y}$	۰/۰۰۱۱	$\beta_{Spm}$
$-3 \times 10^{-19}$	$\gamma_{NOx,E}$	$-1 \times 10^{-6}$	$\beta_{So_2,NOx}$	۰/۰۰۱	$\beta_{Co}$
$3 \times 10^{-19}$	$\gamma_{NOx,L}$	$-1 \times 10^{-18}$	$\beta_{So_2,y}$	۰/۰۰۱	$\beta_{So_2}$
۰/۰۰۳	$\gamma_{y,A}$	$-1 \times 10^{-19}$	$\beta_{NOx,y}$	۰/۰۰۰۹	$\beta_{NOx}$
$-۰/۰۰۳$	$\gamma_{y,E}$	$2 \times 10^{-12}$	$\beta_{Co_2,Co_2}$	$-2/۰۴$	$\beta_y$

اقتصاد کشاورزی و توسعه - سال بیست و سوم، شماره ۹۰

ادامه جدول ۱					
-۰/۰۰۴	$\gamma_{y,L}$	$7 \times 10^{-14}$	$\beta_{Spm,Spm}$	-۰/۰۰۳	$\alpha_{AA}$
-۰/۰۰۱	$\alpha_t$	$1 \times 10^{-13}$	$\beta_{Co,Co}$	۰/۰۰۶	$\alpha_{EE}$
۰/۰۰۱	$\alpha_{tt}$	$1 \times 10^{-14}$	$\beta_{So_2,So_2}$	۰/۰۰۲	$\alpha_{LL}$
-۰/۰۰۱	$\alpha_{At}$	$1 \times 10^{-14}$	$\beta_{Nox,Nox}$	۰/۰۰۱	$\alpha_{EA}$
۰/۰۰۰۱	$\alpha_{Et}$	۰/۱۶	$\beta_{y,y}$	-۰/۰۰۱	$\alpha_{EL}$
۰/۰۰۱	$\alpha_{Lt}$	$9 \times 10^{-20}$	$\gamma_{Co_2,A}$	-۰/۰۰۸	$\alpha_{AL}$
$-3 \times 10^{-20}$	$\beta_{Co_2,t}$	$6 \times 10^{-19}$	$\gamma_{Co_2,E}$	$-1 \times 10^{-12}$	$\beta_{Co_2,Spm}$
$-1 \times 10^{-20}$	$\beta_{Spm,t}$	$-7 \times 10^{-19}$	$\gamma_{Co_2,L}$	$-6 \times 10^{-13}$	$\beta_{Co_2,Co}$
$8 \times 10^{-21}$	$\beta_{Co,t}$	$3 \times 10^{-19}$	$\gamma_{Spm,A}$	$-5 \times 10^{-13}$	$\beta_{Co_2,So_2}$
$3 \times 10^{-13}$	$\beta_{So_2,t}$	$2 \times 10^{-18}$	$\gamma_{Spm,E}$	$8 \times 10^{-14}$	$\beta_{Co_2,Nox}$
$-4 \times 10^{-20}$	$\beta_{Nox,t}$	$-2 \times 10^{-18}$	$\gamma_{Spm,L}$	$1 \times 10^{-20}$	$\beta_{Co_2,y}$
-۰/۰۰۱	$\beta_{y,t}$	$-4 \times 10^{-19}$	$\gamma_{Co,A}$	$5 \times 10^{-13}$	$\beta_{Spm,Co}$

مأخذ: یافته‌های پژوهش

هدف اصلی از حل الگوی برنامه‌ریزی جهت برآورد تابع مسافت نهاده، تخمین ضرایب مورد نظر به نحوی است که لگاریتم تابع مسافت دارای ارزش حداقلی باشد. در ادبیات تحقیق، به منظور آزمون برخورداری خصوصیات مطلوب الگوی برآورد شده با روش برنامه‌ریزی ریاضی، میزان عددی لگاریتم تابع مسافت برای تمامی مشاهدات مورد بررسی قرار می‌گیرد که این میزان بایستی در بر دارنده خصوصیت ویژه تابع مسافت باشد (Hailu&Veeman, 2000). لذا نتایج این بررسی در مطالعه حاضر نشان می‌دهد که مقادیر مذکور برای تمامی ۵۲۵ مشاهده مورد نظر در این پژوهش در بازه بزرگ‌تر یا مساوی عدد صفر قرار دارند. بنابراین، نتایج حاصل از حل الگو نشان می‌دهد که الگوی مورد استفاده از اعتبار مناسبی جهت تحلیل و محاسبه قیمت‌های سایه‌ای گازهای گلخانه‌ای و آلاینده برخوردار است. از این رو، جدول ۱ تخمین پارامترهای تابع مسافت نهاده ترانسلوگ را ارائه می‌نماید. با توجه به این جدول مشاهده می‌شود که ضرایب مورد نظر به گونه‌ای برآورد شده است که نشان می‌دهد مجموع انحرافات

یارانه‌های زیست محیطی.....

ارزش لگاریتمی تابع مسافت از عدد صفر حداقل است. با مشخص شدن ضرایب تابع مسافت نهاده، با استفاده از روابط موجود، می‌توان به تجزیه و تحلیل قیمت‌های سایه‌ای آلاینده‌های مورد نظر در بخش کشاورزی در طول دوره مورد نظر پرداخت. لذا در ادامه، نتایج مربوط به برآورد قیمت سایه‌ای گازهای گلخانه‌ای و آلاینده بخش کشاورزی ایران مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

در این قسمت، با توجه به اهمیت مفهوم هزینه نهایی کنترل گازهای گلخانه‌ای و آلاینده، به تشریح بیشتر این مفهوم پرداخته می‌شود. هزینه نهایی کنترل گازهای گلخانه‌ای و آلاینده به مفهوم آن است که کنترل و جلوگیری از انتشار یک واحد بیشتر از این آلاینده‌ها به چه میزان دارای هزینه است؛ به عبارت دیگر، کاهش یک واحد از سطح آلاینده‌های مورد نظر به چه میزانی منجر به افزایش کیفیت هوای محیط خواهد شد. همان‌گونه که در بخش‌های پیشین اشاره شد، دو راه حل عمده جهت کنترل گازهای آلاینده‌ها در بخش کشاورزی وجود دارد. در روش اول، به منظور کنترل یک واحد از این آلاینده‌ها، بخش کشاورزی بایستی از واحدهایی از سطح تولید خود بکاهد؛ به بیان دیگر، در این روش، طریقه کاهش دادن سطح آلاینده‌ها کاهش سطح تولیدات کشاورزی و مصرف کمتر سوخت در این بخش است. در روش دوم، بخش کشاورزی بایستی جهت کنترل آلاینده‌های هوا از نهاده‌هایی استفاده نماید؛ به عبارت دیگر، در این روش، برای کنترل سطح آلاینده‌ها، تولیدات کشاورزی کاهش نمی‌یابد. با این حال، از نهاده‌های کنترل آلودگی برای کنترل آن‌ها استفاده می‌شود. بنابراین، روش دوم همانند یک فرایند تولیدی، از نهاده‌هایی برای دستیابی به ستانده مورد نظر استفاده می‌کند. در اینجا، ستانده مورد نظر همان کیفیت هوای محیط است. لذا با افزایش کیفیت هوای محیط زیست، به منظور افزایش کیفیت بیشتر آن، هزینه‌های بیشتر مورد نیاز است؛ به عبارت دیگر، هزینه نهایی افزایش کیفیت هوای محیط به کیفیت موجود آن بستگی دارد. به طور مثال، در شرایطی که هوای محیط به دلیل انتشار گازهای گلخانه‌ای و یا آلاینده بسیار آلوده باشد، در مراحل ابتدایی کنترل آلودگی، با نهاده‌ها و وسایل ساده‌تر، به هزینه‌های کمتری جهت افزایش کیفیت هوای محیط نیاز می‌شود. از طرف دیگر، در شرایطی که تولیدکننده بخش کشاورزی

اقتصاد کشاورزی و توسعه - سال بیست و سوم، شماره ۹۰

بخواهد کیفیت محیط زیست را بیشتر افزایش دهد و به عبارت دیگر، سطوح بیشتری از آلاینده‌های مورد نظر را کنترل نماید، متحمل هزینه‌های بیشتری خواهد شد. بنابراین، به عقیده هایلو و ویمن (Hailu&Veeman, 2000)، فرایند کنترل آلاینده‌های زیست‌محیطی نیز از قانون بازده نزولی تبعیت می‌کند. بنابراین، با افزایش حجم آلاینده‌های زیست‌محیطی، هزینه‌های نهایی کنترل کاهش می‌یابد؛ بالعکس، با کاهش سطح آلاینده‌های مذکور، جهت بهبود کیفیت محیط زیست، هزینه‌های نهایی کنترل آن‌ها افزایش خواهد یافت. با این تفاسیر، در ادامه به تشریح نتایج برآورد قیمت سایه‌ای آلاینده‌های دی‌اکسید کربن ( $Co_2$ ) به عنوان شایع‌ترین گاز گلخانه‌ای انتشار یافته از بخش کشاورزی و ذرات معلق ( $Spm$ )، مونواکسید کربن ( $Co$ )، دی‌اکسید گوگرد ( $So_2$ ) و اکسیدهای نیتروژن ( $Nox$ ) به عنوان پراکنش‌ترین گازهای آلاینده - که همگی با مصرف انرژی در بخش کشاورزی منتشر می‌شوند- پرداخته شده‌است. نتایج مورد نظر در قالب جدول ۲ و نمودار ۱ ارائه شده است.

جدول ۲. قیمت سایه‌ای گازهای گلخانه‌ای و آلاینده در بخش کشاورزی ایران

سال / آلاینده	$^1(Co_2)$	$^2(Spm)$	$^2(Co)$	$^2(So_2)$	$^2(NOx)$
۱۳۷۰	۴۶/۹۹	۲۰/۵۷	۲۸/۱۷	۸/۷۲	۸/۹۵
۱۳۷۱	۴۹/۳۸	۲۱/۶۲	۲۹/۶۰	۹/۱۶	۹/۴۱
۱۳۷۲	۵۲/۲۵	۲۲/۸۷	۳۱/۳۲	۹/۶۹	۹/۹۵
۱۳۷۳	۵۱/۴۲	۲۲/۵۱	۳۰/۸۲	۹/۵۴	۹/۷۹
۱۳۷۴	۵۹/۰۹	۲۵/۸۷	۳۵/۴۲	۱۰/۹۶	۱۱/۲۵
۱۳۷۵	۶۱/۸۹	۲۷/۰۹	۳۷/۱۰	۱۱/۴۸	۱۱/۷۹
۱۳۷۶	۷۰/۶۸	۳۰/۹۴	۴۲/۳۷	۱۳/۱۱	۱۳/۴۶
۱۳۷۷	۷۷/۷۴	۳۴/۰۳	۴۶/۶۰	۱۴/۴۲	۱۴/۸۱
۱۳۷۸	۷۰/۰۳	۳۰/۶۶	۴۱/۹۸	۱۲/۹۹	۱۳/۳۴
۱۳۷۹	۷۴/۰۹	۳۲/۴۳	۴۴/۴۱	۱۳/۷۴	۱۴/۱۱
۱۳۸۰	۷۵/۱۷	۳۲/۹۱	۴۵/۰۶	۱۳/۹۴	۱۴/۳۲



ادامه جدول ۲

۱۵/۹۸	۱۵/۵۶	۵۰/۲۸	۳۶/۷۲	۸۳/۸۷	۱۳۸۱
۱۴/۳۱	۱۳/۹۴	۴۵/۰۴	۳۲/۸۹	۷۵/۱۳	۱۳۸۲
۱۳/۴۲	۱۳/۰۷	۴۲/۲۴	۳۰/۸۵	۷۰/۴۷	۱۳۸۳
۱۵/۱۴	۱۴/۷۴	۴۷/۶۳	۳۴/۷۹	۷۹/۴۶	۱۳۸۴
۱۳/۳۹	۱۳/۰۳	۴۲/۱۲	۳۰/۷۶	۷۰/۲۷	۱۳۸۵
۱۴/۶۳	۱۴/۲۴	۴۶/۰۳	۳۳/۶۲	۷۶/۷۹	۱۳۸۶
۱۰/۸۲	۱۰/۵۳	۳۴/۰۴	۲۴/۸۶	۵۶/۷۹	۱۳۸۷
۱۲/۳۰	۱۱/۹۸	۳۸/۷۲	۲۸/۲۸	۶۴/۶۰	۱۳۸۸
۱۳/۶۱	۱۳/۲۵	۴۲/۸۲	۳۱/۲۷	۷۱/۴۳	۱۳۸۹
۱۶/۶۹	۱۶/۲۵	۵۲/۵۲	۳۸/۳۵	۸۷/۶۱	۱۳۹۰
۱۲/۹۳	۱۲/۵۹	۴۰/۶۸	۲۹/۷۱	۶۷/۸۷	میانگین دوره

مأخذ: یافته‌های پژوهش

۱. هزار ریال / تن، بر حسب قیمت‌های ثابت سال ۱۳۷۶. ۲. میلیون ریال / تن، بر حسب قیمت‌های ثابت سال ۱۳۷۶

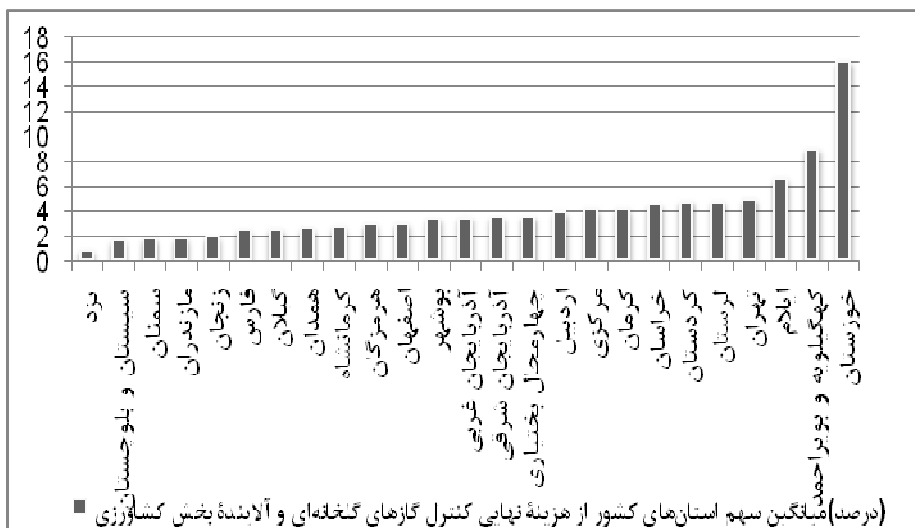
با توجه به نتایج جدول ۲ مشاهده می‌شود که در طول دوره مورد مطالعه، قیمت سایه‌ای دی‌اکسید کربن کمتر از قیمت سایه‌ای سایر گازهای آلاینده است. علت این موضوع را بایستی در نسبت انتشار این آلاینده در مقایسه با سایر آلاینده‌ها دانست. بر اساس آمار موجود در ترازنامه انرژی ایران و همچنین داده‌های مورد استفاده در این پژوهش، میزان انتشار گاز دی‌اکسید کربن در بخش کشاورزی ایران به‌طور میانگین در حدود ۴۰۰ برابر سایر آلاینده‌هاست. بنابراین، با توجه به مفهوم هزینه نهایی کنترل آلاینده‌ها، که پیش از این به آن اشاره شد، به دلیل موجودی بیشتر گاز دی‌اکسید کربن در محیط، قیمت سایه‌ای آن نسبت به سایر آلاینده‌ها کمتر است که کنترل واحد انتشار این آلاینده نسبت به آن‌های دیگر آسان‌تر و کم‌هزینه‌تر است. همچنین با توجه به نتایج جدول ۲، مشاهده می‌شود که قیمت سایه‌ای مونواکسید کربن از سایر آلاینده‌ها بیشتر است. علت این موضوع را نیز بایستی در سطح انتشار کمتر این آلاینده نسبت به سایر آلاینده‌ها جستجو کرد.

با توجه به جدول ۲ مشاهده می‌شود که قیمت سایه‌ای دی‌اکسید گوگرد و اکسیدهای نیتروژن تقریباً یکسان است. با بررسی آمار مربوط به سطح انتشار این دو آلاینده نیز مشاهده می‌شود که به‌طور تقریبی، هر دو آلاینده به میزان یکسانی در بخش کشاورزی منتشر می‌شوند. بنابراین، به نظر می‌رسد که علت یکسان بودن قیمت سایه‌ای این دو آلاینده، یکسان بودن سطح انتشار آنها باشد. با توجه به نتایج جدول ۲ همچنین مشاهده می‌شود که قیمت سایه‌ای این آلاینده‌ها در طول دوره مورد مطالعه با وجود نوسانات اندک، تمایل به افزایش داشته‌است بدین معنا که در طول دوره مورد مطالعه، هزینه نهایی کنترل گازهای گلخانه‌ای و آلاینده رو به افزایش بوده‌است؛ به بیان دیگر، کنترل آلاینده‌های مذکور در طی این مدت دشوارتر شده‌است، چرا که در طول دوره مورد نظر به دلیل افزایش ضریب مکانیزاسیون در بخش کشاورزی و نیز استفاده از ماشین‌آلاتی که سوخت کم‌تری مصرف می‌کنند، سطح انتشار آلاینده‌ها کاهش و قیمت سایه‌ای آنها افزایش یافته‌است. به‌طور نمونه، روند صعودی افزایش قیمت سایه‌ای دی‌اکسید کربن و تعمیم آن به سایر آلاینده‌ها مؤید این مطلب است. نکته مهمی که در اینجا بایستی به آن اشاره شود در رابطه با هزینه کنترل آلاینده‌های هوا در بخش کشاورزی است. نکته مهم دیگر اینکه هزینه‌های کنترل آلاینده‌های بخش کشاورزی را بایستی مرتبط با تولیدکنندگان این بخش دانست؛ به عبارت دیگر، در صورتی که بخش کشاورزی به هر طریق اقدام به کنترل گازهای گلخانه‌ای و آلاینده نماید، متحمل خسارات و زیان‌هایی خواهد شد. خسارات وارد بر بخش کشاورزی به دلیل کنترل آلودگی به معنای ایجاد منفعت زیست‌محیطی برای سایر اقشار جامعه است. بنابراین به نظر می‌رسد که در صورت تمایل به کاهش دادن سطح انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌ها در بخش کشاورزی و ایجاد منفعت زیست‌محیطی برای جامعه، حمایت‌های جایگزین گوناگون از بخش کشاورزی بایستی در دستور کار نهادهای ذیربط همچون سازمان حفاظت از محیط زیست قرار گیرد.

یارانه‌های زیست محیطی.....

با توجه به تفاوت‌های موجود میان استان‌های کشور، در این قسمت به بررسی اهمیت و نقش استان‌های مورد مطالعه در ایجاد هزینه‌های کنترل گازهای گلخانه‌ای و آلاینده بخش کشاورزی پرداخته شده است. بی‌گمان ویژگی‌های متفاوت استان‌ها منجر به ایجاد هزینه‌های متفاوتی برای کنترل گازهای گلخانه‌ای و آلاینده توسط آن‌ها می‌شود. از طرف دیگر، به منظور تدوین برنامه و سیاست‌گذاری‌های زیست‌محیطی در کشور، شناسایی نقش و جایگاه هر یک از استان‌ها از این حیث بسیار حائز اهمیت است. در شکل ۱ با استفاده از نتایج به دست آمده در این پژوهش نقش استان‌های کشور در ایجاد هزینه‌های کنترل گازهای گلخانه‌ای و آلاینده بخش کشاورزی نمایان شده است.

با بررسی نمودار ۱ مشاهده می‌شود که در میان استان‌های کشور، استان خوزستان بیشترین سهم را در ایجاد هزینه‌های نهایی کنترل گازهای گلخانه‌ای و آلاینده بخش کشاورزی به خود اختصاص داده است. همچنین مشاهده می‌شود که استان یزد نیز کمترین سهم را در ایجاد هزینه‌های نهایی کنترل گازهای گلخانه‌ای و آلاینده بخش کشاورزی از آن خود کرده است. همان‌گونه که پیش از این اشاره شد، عوامل مختلفی در ایجاد هزینه نهایی کنترل آلاینده‌ها دخیل هستند. با توجه به شرایط گوناگون محیطی و اقلیمی در بخش کشاورزی استان‌های کشور و همچنین گوناگونی موجود در کمیابی عوامل تولید و تفاوت سطح عملکرد بخش کشاورزی در این استان‌ها به نظر می‌رسد که تفاوت‌های مذکور منجر به ایجاد هزینه‌های نهایی مختلف کنترل آلاینده‌ها در بخش کشاورزی در میان استان‌های کشور می‌شود. لذا در صورت انجام اقدامات پیشگیرانه و یا کنترل‌کننده در زمینه محیط زیست کشور، تفاوت‌های میان استان‌ها بایستی مورد توجه قرار گیرد.



نمودار ۱. نقش استان‌های کشور در ایجاد هزینه‌های کنترول گازهای گلخانه‌ای و آلاینده بخش کشاورزی

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مطالعه به بررسی هزینه‌های کنترول گازهای گلخانه‌ای و آلاینده دارای منشأ انتشار سوختی در بخش کشاورزی ایران به عنوان یکی از مهم‌ترین بخش‌های مصرف‌کننده انرژی در کشور پرداخته شد. کنترول آلاینده‌های مذکور به دو روش کلی ممکن است. در روش اول، به منظور کاهش سطح انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده بایستی از میزان تولیدات بخش کشاورزی کاسته شود. در روش دوم، کاهش سطح انتشار آلاینده‌های مذکور از طریق به‌کارگیری نهاده‌های مورد نیاز جهت انجام فعالیت‌های کنترول آلودگی تحقق خواهد یافت. لذا در هر یک از روش‌های مذکور، به منظور کنترول هر واحد از گازهای گلخانه‌ای و آلاینده در بخش کشاورزی، هزینه‌ها بر دوش بخش کشاورزی خواهد بود. بنابراین، به نظر می‌رسد که با توجه به اهمیت نقش و جایگاه بخش‌های تولیدی، همچون بخش کشاورزی، در تحقق اهداف توسعه اقتصادی در جامعه، استفاده از روش‌های بازاری کنترول آلاینده‌های زیست‌محیطی به شیوه‌های حمایت‌گرایانه، همچون پرداخت یارانه‌های زیست‌محیطی، دارای

یارانه‌های زیست محیطی.....

منافع خالص اجتماعی بیشتری خواهد بود. از این رو، در مطالعه حاضر قیمت سایه‌ای شایع‌ترین گازهای آلاینده و گلخانه‌ای منتشر شده از بخش کشاورزی، به عنوان هزینه نهایی کنترل هر واحد از آن‌ها، محاسبه گردید. بنابراین، مطابق با مفهوم هزینه نهایی کنترل آلاینده‌های مذکور پیشنهاد می‌شود که با توجه به نقش هر یک از استان‌های کشور در ایجاد هزینه‌های کنترل این آلاینده‌ها (که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت) توزیع یارانه‌های زیست محیطی در بخش کشاورزی استان‌های کشور انجام پذیرد.

### منابع

اسماعیلی، ع. و محسن پور، ر. ۱۳۸۹. تعیین قیمت سایه‌ای آلاینده‌های هوا در نیروگاه‌های کشور.

پژوهش‌های اقتصادی، ۴: ۶۹-۸۶

ترنر، کری. پیرس، و دیوید. باتمن، ایان. ۱۹۹۳. اقتصاد محیط زیست. ترجمه سیاوش دهقانان، و

علیرضا کوچکی و علی کلاهی اهری. مشهد: انتشارات دانشگاه فردوسی.

دریجانی، ع. و یزدانی، س. ، شرزه‌ای ، غ.، صدرالاشرفی، م. و پیکانی، غ. ۱۳۸۵. استخراج قیمت

سایه‌ای آلاینده‌های زیست محیطی: کاربرد تابع تصادفی فاصله ستانده. مجله علوم و صنایع

کشاورزی، ۲۰(۳): ۱۶۵-۱۷۶.

شهیدی پور، غ. ۱۳۹۰. بررسی ارتباط بین انتشار گازهای آلاینده، مصرف انرژی و ارزش افزوده در

بخش‌های اقتصادی ایران با تأکید بر کشش شدت آلودگی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقتصاد

محیط زیست، دانشکده اقتصاد، دانشگاه تهران.

صحرائی، ج. ۱۳۹۰ آلودگی هوا. کرمانشاه: انتشارات دانشگاه رازی.

قربانی، م. ، دریجانی، ع.، کوچکی، ع. و مطلبی، م. ۱۳۸۸. برآورد هزینه‌های زیست محیطی انتشار

گازهای گلخانه‌ای در گاوداری‌های شیری مشهد. اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۱۷(۶۶): ۴۳-

۶۳

محرابیان، ع. و حسینی مصطفوی، م. ۱۳۸۸. تغییر اقلیم تهدید یا فاجعه. کتبه. زمستان ۱۳۸۸: ۸-۹

نصرنیا، ف. و اسماعیلی، ع. ۱۳۸۸. رابطه علی بین انرژی و اشتغال، سرمایه‌گذاری و ارزش‌افزوده در بخش کشاورزی. در هفتمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، بهمن ۱۳۸۸، مجموعه مقالات و سخنرانی‌های ارائه شده. کرج: پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

Aigner, D.J. and Chu, S. F. 1968. On estimating the industry production function. *Amer. Econ*, 58: 826-839.

Atkinson, S. E. and Dorman, J. H. 2005. Bayesian measurement of productivity and efficiency in the presence of undesirable outputs: crediting electric utilities for reducing air pollution. *Journal of Econometrics*, 126: 445-468.

Bauman, Y., Lee, M. and Seely, K. 2008. Does technological innovation really reduce marginal abatement costs? some theory, Algebraic evidence, and Policy implications. *Environmental and Resource Economics*, 40: 507-527.

Coelli, T. 2000. The Econometric estimation of the distance function representation of the production technology. Working Paper, Center of Operations Research and Econometrics. Available at: <http://www.core.ucl.ac.be/services/psfiles/dp00/dp2000-42.pdf>.

Coggins, J. and Swinton, J. 1996. The price of pollution: a dual approach to valuing SO2 allowance. *Journal of Environmental Economics and Management*, 30: 58-72.

Donnell, C. J. O. and Coelli, T. J. 2005. A bayesian approach to imposing curvature on distance functions. *Journal of Econometrics*, 126: 493-523.

Faber, M. and Proops, J.L.R. 1991. National accounting, time and the environment: a Neo-Austrian approach. In: Costanza, R. (ed.)

- Färe, R., Grosskopf, S., Lowell, C. and Yaisawarng, S. 1993. Derivation of shadow prices for undesirable outputs: a distance function approach. *Review of Economics and Statistics*, 75: 374-380 .
- Färe, R., Grosskopf, S., Lovell, K. and Pasurka, C. 1998. Multilateral productivity comparison when some products are undesirable: A non-parametric approach. *The Review of Economics and Statistics*, 71: 90-98.
- Färe, R. and Primont, D. 1995. Multi-Output Production and Duality: theory and applications. Boston: Kluwer Academic.
- Hailu, A. and Veeman, T. S. 2000. Environmentally sensitive productivity analysis of the Canadian pulp and paper industry, 1959–1994: an input distance function approach. *Journal of Environmental Economics and Management*, 40: 251-274.
- Hailu, A. 2003. Pollution abatement and productivity performance of regional Canadian pulp and paper industries. *Journal of Forest Economics*, 9: 5–25.
- Kwon, O. S. and Yuh, W. C. 1999. Estimation of the marginal abatement costs of airborne pollutants in Korea's power generation sector. *Energy Economics*, 21: 547-560.
- Lee, J.D., Park, J.B. and Kim, T.Y. 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.

- Lee, M. and Zhang, N. 2012. Technical efficiency, shadow price of carbon dioxide emissions, and substitutability for energy in the Chinese manufacturing industries. *Energy Economics*, 34(5): 1492-1497 .
- Marklund, P.O. 2003. Analyzing interplant marginal abatement cost differences: a directional output distance function approach. Scandinavian Working Papers in Economics .
- Marshall, A. 1890. Principles of economics. London: Macmillan Press.
- Murty, M. N., Surender, K. and Kishore, K. D. 2007. Measuring environmental efficiency of industry: a case of study of thermal power generation in India. *Environmental and Resource Economics*, 38: 31-50.
- Park, H. and Lim, J. 2009. Valuation of marginal CO2 abatement options for electric power plants in Korea. *Energy Policy*, 37: 1834-1841 .
- Pigou, A.C. 1948. The economics of welfare. London: Macmillan.
- Rečka, L. 2011. Shadow price of air pollution emissions in the Czech energy sector estimation from distance function. Institute of Economic Studies Faculty of Social Sciences Charles University in Prague .
- Salnykov, L. M. and Zelenyuk, V. 2006. Parametric estimation of environmental efficiencies and shadow prices of environmental pollutants: Cross-country Approach. EERC Working Paper.
- Shephard, R.W. 1953. Cost and production functions. NJ: Princeton Univ. Press, Princeton.
- Swinton, J. R. 1998. At what cost do we to reduce pollution? shadow prices of SO2 emission. *The Energy Journal*, 63-83.



- Shephard, R.W. 1970. Theory of cost and production function. NJ: Princeton Univ. Press, Princeton.
- Swinton, J. R. 2002. The potential for cost savings in the sulfured dioxide allowance market: empirical evidence from Florida. *Land Economics*, 78(3):390-404.
- Vardanyan, M. and Noh, D.W. 2006. Approximation pollution abatement cost via alternative specification of a multi-output technology: a case of the US electric utility industry. *Journal of Environmental Management*, 80: 177-190.
- Wang, Q., Cui, Q., Zhou, D. and Wang, S. 2011. Marginal abatement costs of carbon dioxide in China: a nonparametric analysis. *Energy Proscenia*, 5: 2316–2320.