

## برآورد کارایی زیست‌محیطی بخش کشاورزی

مرتضی مولائی<sup>1\*</sup>، فاطمه ثانی<sup>2</sup>

تاریخ دریافت: 93/9/19 تاریخ پذیرش: 94/5/17

1- استادیار اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

2- دانشجوی کارشناسی ارشد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

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

### چکیده

فعالیت‌های اقتصادی با بروز برخی از پیامدهای زیست‌محیطی مضر مانند گرم شدن کره‌ی زمین، تغییر اقلیم و باران‌های اسیدی همراه می‌باشد. از این رو لازم است تا این اثرات بر مبنای تئوری‌های اقتصادی-زیست محیطی مورد تجزیه و تحلیل قرار بگیرند. بر این اساس، اصلاح مدل‌های کارایی با وجود تولید توأم ستاده‌های مطلوب و نامطلوب امری ضروری به نظر می‌رسد. در این مطالعه به بررسی کارایی زیست‌محیطی بخش کشاورزی در طی سال‌های 1390-1373 با وجود پنج آلاینده ( $CO_2$  و  $CO$ ،  $CH_4$ ،  $NO_x$ ،  $SO_2$ ) و با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها پرداخته شده است. نتایج نشان می‌دهد که مقادیر کارایی با در نظر گرفتن محصولات بد (آلاینده‌ها)، کمتر از کارایی بدون در نظر گرفتن آن است. به طوری که متوسط کارایی از 0/98 به 0/72 کاهش یافته است. این موضوع نشان می‌دهد که شرایط زیست‌محیطی به صورت معنی‌داری روی کارایی اثر می‌گذارد. براین اساس، پیشنهاد می‌شود برای دستیابی به یک دید واقع‌بینانه از وضعیت بنگاه‌های تولیدی، کالاهای خوب و بد در محاسبات کارایی وارد گردد.

واژه‌های کلیدی: ایران، بخش کشاورزی، تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی زیست‌محیطی، محصولات خوب و بد

## Estimating Environmental Efficiency of the Agricultural Sector

Morteza Molaei<sup>1\*</sup>, Fatemeh Sani<sup>2</sup>

Received: December 10, 2014 Accepted: August 8, 2015

1Assist. Prof., Agricultural Economics Dept., Agricultural Faculty, Urmia University, Iran.

2MSc. Student, Agricultural Economics Dept., Agricultural Faculty, Urmia University, Iran.

\*Corresponding Author: [morteza.molaei@gmail.com](mailto:morteza.molaei@gmail.com)

### Abstract

Economic activity is associated with the incidence of some adverse environmental consequences such as global warming, climate change and acid rain. Therefore, it is necessary to analyze these impacts using economic-environmental theories. On this base, it is necessary to correct the efficiency models by combining good and bad outputs in efficiency calculations. In this study, environmental efficiency of agricultural sector is calculated by including data of five pollutants ( $SO_2$ ,  $NO_x$ ,  $CH_4$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ) during 1373-1390 using Data Envelopment Analysis. The results show that the efficiency scores by including bad outputs (pollutants) less than the efficiency without the inclusion of bad outputs. By inclusion of bad outputs in the process of calculating efficiency, the average efficiency has fallen from 0.98 to 0.72. This suggests that environmental conditions have significant impact in efficiency measures. On this base, it is proposed to include good and bad outputs in efficiency measures for achieving a realistic view of the situation of firms.

**Keywords:** Agricultural Sector, Data Envelopment Analysis, Environmental Efficiency, Good and Bad Outputs, Iran

در روند حرکت جهانی به سوی توسعه پایدار توجه به آسیب‌های زیست‌محیطی ناشی از بخش‌های مختلف اقتصادی، امری ضروری محسوب می‌شود. در این راستا توجه به میزان انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای ناشی از بخش‌های مختلف اقتصادی به لحاظ اثرات محلی، منطقه‌ای و جهانی از اهمیت بسزایی برخوردار است.

با نرخ‌های فعلی انتشار آلودگی، جمع شدن گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر باعث افزایش درجه‌ی حرارت به میزان تقریباً 0/3 تا 2/5 درجه‌ی سانتیگراد در 50 سال آینده و 1/4 تا 5/8 درجه‌ی سانتیگراد در یک قرن آینده خواهد شد (زلک و شیولی 2003). در این راستا تأثیرات اقتصادی و اکولوژیکی گرم شدن جهانی

### مقدمه

امروزه تأمین انرژی از اساسی‌ترین پیش نیازهای توسعه اقتصادی و اجتماعی کشورها به شمار می‌رود. تغییرات جمعیتی و رشد شهرنشینی علاوه بر ضعف در کارایی جریان تولید، انتقال، توزیع، مصرف و عدم وابستگی لازم به منابع انرژی مطمئن و پاک، موجب افزایش تقاضای انرژی و مصرف سریع منابع آن گردیده است. در حالی که روش‌های تأمین و تولید انرژی خود از عوامل تعیین‌کننده در آلوده نمودن محیط‌زیست می‌باشند، سرعت تهی‌شدن منابع تجدیدناپذیر انرژی و افزایش آلودگی‌ها به بحران‌های انرژی و محیط‌زیست در هزاره سوم مبدل شده‌اند.

جا که سیاست‌های زیست‌محیطی مطرح باشد بکار می‌رود. کارایی زیست‌محیطی یعنی تولید کالا و ارائه خدمات با بکارگیری انرژی و مواد اولیه کمتر که ضایعات، آلودگی و هزینه کمتر را نیز به دنبال داشته باشد (سیفی و همکاران 1392). با توجه به معضل درحال رشد مسائل زیست‌محیطی و هزینه‌های سرباری که فعالیت‌های مختلف روی کیفیت محیط ایجاد می‌کنند، اصلاح مدل‌های کارایی با وجود تولید توأم ستاده‌های مطلوب و نامطلوب امری ضروری به نظر می‌رسد (جعفرنیا و اسماعیلی 1392).

مطالعات مختلفی در داخل و خارج از کشور به منظور برآورد کارایی زیست‌محیطی انجام شده است (رینهارد و تیجسین 1998؛ زایم و تاسکین 2000؛ زوفیو و پریو 2001؛ نکوین و همکاران 2008، دریجانی و همکاران 1384؛ شرزه‌ای و مولائی 1384؛ ناصرزاده 1389؛ رافعی 1389، رضایی و همکاران 1390 و جعفرنیا و اسماعیلی 1392). نتیجه این مطالعات حاکی از این است که وارد کردن محصولات بد در کنار محصولات خوب برای برآورد کارایی منجر به برآورد مقادیر نزدیک به واقعیت از کارایی می‌شود. به عبارت دیگر، لحاظ کردن محصولات بد در کنار محصولات خوب، دید واقع‌بینانه‌تری از کارایی بنگاه‌های اقتصادی به دست می‌دهد.

هدف اولیه از این مطالعه، برآورد کارایی فنی تحت فروض قابلیت حذف قوی و ضعیف محصول بد بوده و سپس با استفاده از شاخص کارایی زیست‌محیطی که بصورت نسبت کارایی فنی با فرض قابلیت حذف قوی به کارایی فنی در حالت قابلیت حذف ضعیف محصول بد تعریف می‌شود (فیر و همکاران 1989)، به مقایسه کارایی زیست‌محیطی بخش کشاورزی برای دوره زمانی مورد مطالعه پرداخته خواهد شد.

هوا<sup>1</sup> به یکی از موضوعات داغ بحث‌های امروزی تبدیل شده است (زلک و شیولی 2003).

انتشار گازهای گلخانه‌ای از منابع مختلف و به ویژه از بخش کشاورزی یکی از عوامل اصلی آلودگی‌های زیست‌محیطی و منبع تغییرات عمده آب و هوا و تنوع زیستی محسوب می‌شود (قربانی و همکاران 1388). بنابراین باید با استفاده درست از منابع طبیعی از تخریب محیط‌زیست جلوگیری گردد. به عبارت دیگر، در فرایند تولید باید کارایی زیست‌محیطی نیز مورد توجه قرار گیرد تا بتوان زمینه‌های توسعه و رشد پایدار را برقرار نمود.

مسئله دیگری که اخیراً و با افزایش نگرانی‌ها در مورد مسائل زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های اقتصادی مورد توجه قرار گرفته است، لحاظ کردن آسیب‌های زیست‌محیطی در اندازه‌گیری کارایی بنگاه‌های اقتصادی در سطح خرد و کشورها در سطح کلان است. در اکثر مواقع به خاطر کمبود اطلاعات وابسته به شاخص‌های زیست‌محیطی نمی‌توان کارایی زیست‌محیطی را دقیق محاسبه نمود. به عنوان مثال، به علت در دسترس نبودن قیمت‌های بازار برای اثرات زیست‌محیطی، محاسبه شاخص‌های کارایی زیست‌محیطی با مشکل روبرو می‌شود. بعضی از این قبیل مشکلات را می‌توان با بکارگیری روش تحلیل پوششی داده‌ها در محاسبه کارایی زیست‌محیطی رفع کرد. این روش که یکی از روش‌های ارزیابی کارایی است در سال‌های اخیر در مطالعات مختلف مورد استفاده محققین قرار گرفته است (میبدی 1390).

کارایی شاخصی است که توانایی مدیریت یک واحد تصمیم‌گیرنده را در استفاده بهینه از ورودی‌ها در جهت تولید خروجی‌ها می‌سنجد. هر چه یک واحد بتواند با مصرف ورودی کمتر خروجی بیشتری را تولید کند کارا تر است. کارایی زیست‌محیطی<sup>2</sup> مفهومی است که هر

1 Global Warming

2 Economic Efficiency

## مواد و روش‌ها

Min  $\theta$ 

$$-y_i + \theta \lambda_i \geq 0$$

$$\theta x_i - \lambda_i \geq 0$$

$$\lambda_i \geq 0$$

[1]

$\lambda$  یک بردار  $1 \times N$  شامل اعداد ثابت می‌باشد، که وزن‌های مجموعه مرجع را نشان می‌دهد،  $y_i$  محصول و  $x_i$  نهاده و مقادیر اسکالر بدست آمده برای  $\theta$  کارایی بنگاه‌ها خواهد بود.

## - روش محاسبه‌ی کارایی با در نظر گرفتن آلاینده‌ها

به طور معمول عملکرد یک بنگاه از طریق میزان بهره‌وری یک تابع تولید بدون تفکیک ستاده‌های خوب و بد حاصل می‌شود. این نوع اندازه‌گیری نادرست است زیرا میزان وسیعی از ستاده‌های نامطلوب مانند آلودگی آب و هوا را در نظر نمی‌گیرد. زمانی که بنگاه‌های تولیدی، نهاده‌های خود را به سمت کاهش ستاده‌های بد سوق دهند، نسبت نهاده به ستاده‌ی بنگاه افزایش و بهره‌ی بنگاه کاهش می‌یابد. اندازه‌گیری کارایی ستاده مبین میزان ستاده مطلوبی است که می‌تواند افزایش یابد هنگامی که میزان نهاده‌ی بکاررفته ثابت بماند. کارایی نهاده نیز نشان‌دهنده‌ی میزان نهاده رایج و ستاده نامطلوبی است که می‌تواند کاهش یابد هنگامی که میزان ستاده خوب ثابت باشد. درک این نکات منجر به اعمال محدودیت‌هایی بر تصمیم‌گیران بنگاه‌های تولیدی می‌شود تا به هنگام تولید و محاسبه کارایی بنگاه، خسارت‌های زیست‌محیطی را در نظر بگیرند (فیر و همکاران 1998).

همانطور که قبلاً نیز گفته شد هدف از این مطالعه برآورد کارایی با و بدون وجود آلاینده‌هاست. بنابراین، در ادامه روش محاسبه‌ی کارایی تشریح خواهد شد. اما لازم است قبل از آن به تعریف قابلیت حذف قوی و ضعیف محصول بد اشاره شود. قابلیت حذف قوی به این مفهوم است که می‌توان محصول بد را بدون پرداخت هزینه یا کاهش میزان تولید محصول خوب از

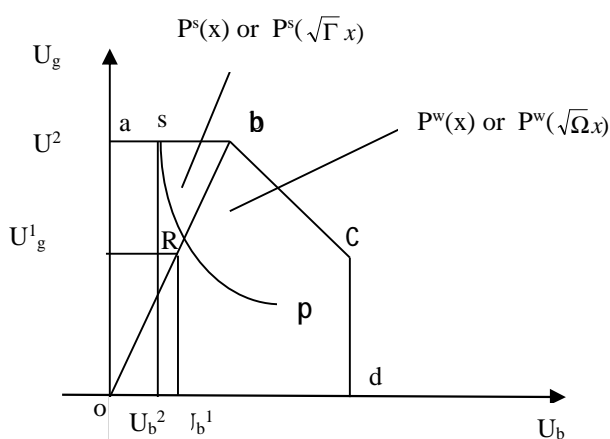
با توجه به هدف تحقیق که محاسبه کارایی با در نظر گرفتن آلاینده‌ها و بدون در نظر گرفتن آلاینده‌ها می‌باشد؛ لذا ابتدا محاسبه کارایی بدون در نظر گرفتن آلاینده‌ها و سپس کارایی با در نظر گرفتن آلاینده‌ها توضیح داده می‌شود.

## - روش محاسبه کارایی بدون در نظر گرفتن آلاینده‌ها

کارایی مفهومی است که سابقه طولانی در علوم مختلف از جمله اقتصادکشاورزی دارد. اندازه‌گیری و تحلیل کارایی نشان می‌دهد که واحدها چگونه می‌توانند از منابع خود در راستای نیل به بهترین عملکرد و افزایش تولید در مقطعی از زمان استفاده نمایند. کارایی در تولید روشی است جهت حصول اطمینان از اینکه تولیدات یک واحد اقتصادی در بهترین و پرسودترین حالت ممکن تولید می‌شوند. کارایی در هر بخش اقتصادی برای جلوگیری از هدر رفتن منابع از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. برای اندازه‌گیری کارایی روش‌هایی گوناگونی وجود دارد که به روش‌های پارامتری و ناپارامتری تقسیم می‌شوند. در روش پارامتری از رهیافت اقتصادسنجی استفاده می‌شود. دومین رویکرد جهت اندازه‌گیری کارایی، استفاده از روش‌های ناپارامتری می‌باشد که تحلیل پوششی داده‌ها یکی از مهم‌ترین روشهای ناپارامتری است.

روش تحلیل پوششی داده‌ها در حقیقت یک روش برنامه ریزی خطی است که اولین بار فارل (1957) الگوی اولیه آن را بیان کرد. در این مدل بنگاه‌هایی که بر طبق اصول حداقل هزینه (کارا) فعالیت می‌نمایند، بر روی تابع تولید یکسان قرار می‌گیرند و برای آنها میزان کارایی صد درصد اعلام می‌گردد. برای تحلیل DEA در تخمین تابع تولید به پیش‌فرض خاصی در مورد شکل تابع نیازی نیست. این روش کارایی یک بنگاه را نسبت به کارایی سایر بنگاه‌ها اندازه‌گیری می‌نماید. الگوی برنامه‌ریزی خطی برای محاسبه کارایی به صورت زیر می‌باشد:

شاخص کارایی زیست‌محیطی پرداخته می‌شود که شامل دو مرحله است. در مرحله اول کارایی فنی با فروض قابلیت حذف قوی و ضعیف محصول بد برآورد شده و در مرحله دوم شاخص کارایی زیست‌محیطی با استفاده از آنها محاسبه می‌شود.



شکل 1- منحنی امکانات تولیدی در حالت قابلیت حذف قوی و ضعیف محصول بد

با این فرض که محصولات (خوب و بد) و نهاده‌ها قویاً قابل حذف بوده و بازده ثابت نسبت به مقیاس وجود دارد  $P^s(x)$  به شکل زیر معرفی می‌گردد (فیر و همکاران 1989):

$$P^s(x) = \{(y, w) : z^T M \geq y, z^T J \geq w, z^T N \leq x, Z \in R_+^k\} \quad [2]$$

که  $Z$  یک بردار  $(k \times 1)$  از متغیر تراکم<sup>4</sup> است که مقادیر محصولات و نهاده‌ها را برای سال یک سال نشان می‌دهد. به طور مشابه، مجموعه‌ی محصول<sup>5</sup> یک تکنولوژی با بازده ثابت نسبت به مقیاس<sup>6</sup> (CRS) که بیانگر قابلیت حذف ضعیف محصولات بد و قابلیت حذف قوی محصولات خوب و نهاده‌ها می‌باشد به شکل زیر نشان داده می‌شود (فیر و همکاران 1989):

$$P^w(x) = \{(y, w) : z^T M \geq y, z^T J = w, z^T N \leq x, Z \in R_+^k\} \quad [3]$$

فرآیند تولید حذف نمود. اما در قابلیت حذف ضعیف از بین بردن یا کاستن از میزان تولید محصول بد مستلزم کاستن از میزان تولید محصول خوب است (فیر و همکاران 1989).

در شکل 1 که  $U_b$  و  $U_g$  به ترتیب محصولات خوب و بد هستند، اگر حذف کالای بد هزینه بر نباشد، کاهش  $U_b$  (حرکت از  $b$  به  $a$ ) باعث کاهش  $U_g$  نمی‌شود، و خط  $ab$  بخش دست‌یافتنی<sup>3</sup> تکنولوژی تولید خواهد بود. اگر حذف  $U_b$  هزینه بر باشد خط  $ab$  استفاده از این تکنولوژی قابل دست‌یابی نخواهد بود چون بخشی از منابع تولید از تولید  $U_g$  برای حذف  $U_b$  به کار خواهند رفت و تولید میزان  $oa$  از کالای خوب غیرممکن می‌شود. بنابراین، می‌توانیم بگوییم که تکنولوژی  $cd, bc, ab, oa$  قابلیت حذف قوی  $P_{bs}(x)$  و تکنولوژی که بوسیله خطوط  $cd, bc, ob$  مشخص شده است تکنولوژی با قابلیت ضعیف  $P_{bw}(x)$  را نشان می‌دهد (زایم و تاسکین 2000). بنابراین بخش  $oab$  تحت فرض قابلیت حذف ضعیف قابل دسترسی نبوده و فقط با فرض قابلیت حذف قوی آلاینده به دست می‌آید.

برای توضیح چارچوب تئوریک الگوی مورد استفاده، فرض می‌شود که یک نمونه از  $k$  واحد تولیدی وجود دارد، هر یک از این تولیدکننده‌ها از نهاده‌های  $x \in R_+^n$  برای تولید محصول خوب  $y \in R_+^m$  و محصول بد  $w \in R_+^l$  استفاده می‌کنند. نیز فرض می‌شود  $x_i^k$  مقدار نهاده‌ی  $i$ ام استفاده شده توسط واحد تولیدی  $k$ ام و  $y_i^k$  و  $w_i^k$  مقدار محصولات خوب و بد  $i$ ام تولید شده توسط واحد  $k$ ام می‌باشند. در شکل ماتریسی  $M$  یک ماتریس  $(k \times m)$  از سطح محصولات خوب که عنصر سطر  $k$  و ستون  $i$ ام آن  $y_i^k$ ،  $J$  ماتریس  $(k \times j)$  از محصولات بد که عنصر سطر  $k$  و ستون  $i$ ام آن  $w_i^k$  و  $N$  یک ماتریس  $(k \times n)$  از نهاده که عنصر سطر  $k$  و ستون  $i$ ام آن  $x_i^k$  است. حال به روش محاسبه‌ی

4 Intensity Variable

5 Output Set

6 Constant Returns to Scale

3 feasible

برای برآورد راحت‌تر، الگوی برنامه ریزی غیرخطی 5 را به برنامه ریزی خطی 6 تبدیل شده که در آن  $\Gamma = I^2$  بوده و  $Z = I z$  هست. هدف از حل الگو پیدا کردن  $\sqrt{\Gamma}$  می‌باشد. این الگو میزان تولید محصولات خوب را حداکثر کرده و همزمان میزان تولید محصولات بد و استفاده از نهاده‌ها را حداقل می‌کند. برای حالت قابلیت حذف ضعیف محصولات بد و قابلیت حذف قوی محصولات خوب و نهاده‌ها الگوی برنامه‌ریزی خطی به صورت زیر است (فیر و همکاران 1989):

$$\begin{aligned} F_g^w(x^{k'}, y^{k'}, w^{k'}) &= \min \Omega \\ \text{s.t. } Z^T M &\geq y^{k'} \\ Z^T M &= \Omega w^{k'} \\ Z^T N &\leq \Omega x^{k'} \\ Z^T &\in R_+^k \end{aligned} \quad [7]$$

در این الگو اندازه گرافیکی هایپربولیک کارایی فنی برای واحد تولیدی  $k^f$  محاسبه می‌شود. کارایی فنی ستاده‌گرا (یا ستاده محور) به معنی تولید بیشتر محصول از یک سطح ثابت نهاده و منابع می‌باشد. به عبارتی نهاده‌ها ثابت نگه داشته شده و ستاده‌ها گسترش می‌یابند. برای این واحد تولیدی شاخص کارایی زیست‌محیطی را می‌توان با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه کرد (فیر و همکاران 1989):

$$H = \frac{\sqrt{\Gamma}}{\sqrt{\Omega}} \quad [8]$$

اگر  $H=1$  باشد واحد تولیدی روی خط  $bc$  و  $cd$  قرار دارد یا اندازه گرافیکی هایپربولیک کارایی فنی واحد روی این خطوط افتاده است. در این شرایط واحد تولیدی نمی‌تواند محصول خوب را افزایش داده و در عین حال محصول بد و استفاده از نهاده‌ها را کاهش دهد. به اضافه، به دلیل اینکه خطوط  $bc$  و  $cd$  هم در منطقه قابلیت حذف ضعیف و هم قابلیت حذف قوی محصولات بد قرار دارد هزینه فرصت تبدیل از حالت قابلیت حذف قوی به قابلیت حذف ضعیف واحدهایی که در این نواحی قرار گرفته‌اند صفر یا ناچیز می‌باشد. از این رو از لحاظ زیست‌محیطی کاملاً کارا بودن به این

معادلات (1) و (2) یک تکنولوژی مرجع<sup>7</sup> از محصولات و نهاده‌های مشاهده شده می‌سازند که کارایی هر واحد تولیدی نسبت به آن سنجیده می‌شود. مرحله بعدی در ساخت یک شاخص کارایی زیست‌محیطی محاسبه هزینه فرصت تبدیل فرآیند تولید از حالت قابلیت حذف قوی به قابلیت حذف ضعیف محصول بد است. فیر و همکاران (1989) این هزینه فرصت را به صورت نسبت اندازه گرافیکی هایپربولیک کارایی فنی<sup>8</sup> در تکنولوژی‌های با فرض‌های حذف قوی و ضعیف تعریف کرده‌اند. اندازه گرافیکی هایپربولیک کارایی فنی به طور همزمان تولید محصولات خوب را حداکثر می‌کند و میزان استفاده از نهاده‌ها و محصولات بد را حداقل می‌کند (فیر و همکاران 1989). برای یک تکنولوژی CRS با قابلیت حذف قوی نهاده‌ها و محصولات (خوب و بد) اندازه گرافیکی هایپربولیک کارایی فنی به صورت زیر تعریف می‌شود (فیر و همکاران 1989):

$$F^g(x^{k'}, y^{k'}, w^{k'}) = \min \{ I : (I x^{k'}, I^{-1} y^{k'}, I w^{k'}) \in GR \} \quad [4]$$

و برای واحد تولیدی فرضی  $k^?$  برای محاسبه اندازه گرافیکی هایپربولیک کارایی فنی باید الگوی برنامه‌ریزی زیر حل شود (فیر و همکاران 1989):

$$\begin{aligned} F_g^s(x^{k'}, y^{k'}, w^{k'}) &= \min I \\ \text{s.t. } Z^T M &\geq I^{-1} y^{k'} \\ Z^T j &\geq I w^{k'} \\ Z^T N &\leq I k' \\ Z^T &\in R_+^k \end{aligned} \quad [5]$$

یا

$$\begin{aligned} F_g^s(x^{k'}, y^{k'}, w^{k'}) &= \min \Gamma \\ \text{s.t. } Z^T M &\geq y^{k'} \\ Z^T J &\geq \Gamma w^{k'} \\ Z^T N &\leq \Gamma x^{k'} \\ Z^T &\in R_+^k \end{aligned} \quad [6]$$

7 Reference Technology  
8 Graph Measure of Hyperbolic Technical Efficiency

نیست که در سال مورد نظر کاملاً کارا عمل شده است، بلکه همان‌طور که قبلاً نیز ذکر شد در این روش ابتدا با استفاده از داده‌های سال‌های مورد مطالعه یک تکنولوژی مرجع ساخته شده و کارایی بقیه‌ی سال‌ها نسبت به آن سنجیده می‌شوند. بنابراین اگر برای یک سال کارایی فنی برابر یک شد به این مفهوم است که در آن سال نسبت به بقیه‌ی سال‌های مورد مطالعه کارا تر عمل شده‌است.

با استفاده از این داده‌ها، الگوهای برنامه‌ریزی خطی 6 و 7 تحت دو فرض قابلیت حذف قوی و ضعیف محصول بد حل شدند. نتایج آن در ستون‌های دوم و سوم جدول 2 ارائه شده است. نسبت کارایی با فرض قابلیت حذف قوی به کارایی با قابلیت حذف ضعیف محصول شاخص کارایی زیست‌محیطی برای هر سال را نشان می‌دهد که در ستون چهارم جدول مذکور آمده است. در جدول 2 در سال‌های 1380، 1381، 1382، 1383، 1385، 1386، 1387، 1389، 1390 کارایی تحت فرض‌های قابلیت حذف قوی و ضعیف محصول بد برابر یک شده و شاخص کارایی زیست‌محیطی نیز برابر یک شده است. در این سال‌ها وضع مقررات زیست‌محیطی نمی‌تواند مؤثر واقع شود. برای سال‌هایی مثل 1376، 1377، 1378، 1379 که در حالت قابلیت حذف ضعیف کاملاً کارا عمل کرده‌اند ولی از نظر قابلیت حذف قوی ناکارا هستند شاخص کارایی زیست‌محیطی

مفهوم است که مقررات زیست‌محیطی روی تکنولوژی تولید تأثیرگذار نخواهد بود.

برای واحدهای تولیدی که در داخل منطقه قابلیت حذف ضعیف قرار گرفته‌اند، شاخص H کوچکتر از یک بوده و بیانگر وجود هزینه‌ی فرصت برای تبدیل فوق می‌باشد. این هزینه فرصت یا به صورت درصدی از محصول خوب که باید از دست داد تا قابلیت حذف ضعیف کم شود تعریف می‌شود؛ یا به این صورت که چه میزان نهاده برای حذف کردن محصول بد باید مورد استفاده قرار گیرد تعریف می‌شود؛ که این مقدار برابر است (1-H) درصد.

برای محاسبه شاخص کارایی زیست‌محیطی برای هر سال، تولید ناخالص داخلی بر حسب قیمت‌های ثابت 1376 به عنوان محصول خوب و انتشار  $SO_2$ ،  $CO_2$ ،  $CO$ ،  $CH_4$ ،  $NO_x$  بر حسب هزار تن به عنوان محصول بد انتخاب شدند و نهاده‌های بکار رفته در جریان تولید نیز نیروی کار و سرمایه و انرژی می‌باشند. تمامی داده‌ها از آمار و اطلاعات بانک جهانی از سال 1373 تا 1390 استخراج شده‌اند. **نتایج و بحث**  
آماره‌های توصیفی متغیرهای استفاده شده در این مطالعه در جدول 1 آورده شده‌اند.

در تحلیل نتایج کارایی فنی با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی خطی ارائه شده باید توجه داشت که وقتی کارایی فنی برآورد شده برابر یک باشد به این مفهوم

جدول 1- آمار توصیفی متغیرها

متغیر	میانگین	حداکثر	حداقل
درآمد ناخالص داخلی	53155/1833	71557	39902
دی‌اکسید کربن	11637631/44	14893027	9383777
مونوکسید کربن	35661/56	70465	17158
دی‌اکسید سولفور	49366/17	78391	20143
اکسید نیتروژن	129231/33	273806	55260
متان	53824/06	120998	725
سرمایه	65724/38	101701	36844
انرژی	26/30	30/20	22
نیروی کار	3466410/22	3752625	3226037
GDP			
$CO_2$			
CO			
$SO_2$			
NOx			
$CH_4$			
Capital			
Energy			
Labor			

ماخذ: وبگاه اینترنتی بانک جهانی ([www.worldbank.org](http://www.worldbank.org))

سال‌ها ناکارا عمل کرده است (چون مقادیر کارایی زیست محیطی کمتر از یک دارند). متوسط کارایی زیست محیطی بخش کشاورزی 0/72 به دست آمد. براساس آن می‌توان استدلال کرد که با فناوری‌های موجود امکان کاهش 28 درصدی در نهاده‌ها وجود دارد. به عبارتی برای تولید همان میزان محصول، امکان صرفه‌جویی تا 28% در مصرف نهاده‌ها فراهم خواهد بود. همچنین با مقایسه کارایی با لحاظ آلودگی با کارایی بدون لحاظ آلودگی مقدار کارایی زیست محیطی کاهش یافته است (جدول 3). متوسط مقدار کارایی زیست محیطی برابر 0/72 شده است؛ ولی بدون لحاظ آلودگی‌ها متوسط کارایی برابر با 0/97 شده است. این موضوع نشان می‌دهد که شرایط زیست محیطی به صورت معنی‌داری روی کارایی اثر می‌گذارد

کمتر از یک دارند. در این شرایط وضع مقررات زیست محیطی هزینه فرصتی معادل (1-0/5)، (1-0/47)، (1-0/53)، (1-0/54) درصد از GDP به ترتیب برای سال‌های فوق دارند. سال‌هایی که هم در حالت قابلیت حذف قوی و هم قابلیت حذف ضعیف محصول بد ناکارا عمل کرده اند کارایی زیست محیطی بزرگتر از یک دارند. همچنین کارایی زیست محیطی برای سال‌های 1373 و 1388 برابر صفر شده است که نشان می‌دهد تحت فروض قابلیت حذف قوی ناکارا عمل کرده‌اند. بعد از این دو سال کمترین کارایی زیست محیطی مربوط به سال 1376 می‌باشد که برابر 0/47 شده است. به این معنی که در این سال، تنها با 47% منابع، می‌تواند همان سطح جاری محصولات خود را داشته باشد. نتایج برآورد نشان می‌دهد که بخش کشاورزی در اکثر

جدول 2- نتایج برآورد کارایی فنی و زیست محیطی در حالت قابلیت حذف قوی و ضعیف محصولات بد

سال	کارایی با قابلیت حذف قوی	کارایی با قابلیت حذف ضعیف	شاخص کارایی زیست محیطی	کارایی بدون در نظر گرفتن آلاینده‌ها
1373	0	0	-	1
1374	0/31	0/97	0/56	1
1375	0/2	0/38	0/72	1
1376	0/25	1	0/50	0/99
1377	0/22	1	0/47	1
1378	0/28	1	0/53	0/94
1379	0/29	1	0/54	0/94
1380	1	1	1	0/90
1381	1	1	1	1
1382	1	1	1	1
1383	1	1	1	0/97
1384	1/039	1/12	0/96	1
1385	1	1	1	0/98
1386	1	1	1	1
1387	1	1	1	0/85
1388	0	0/16	0	0/94
1389	1	1	1	1
1390	1	1	1	1



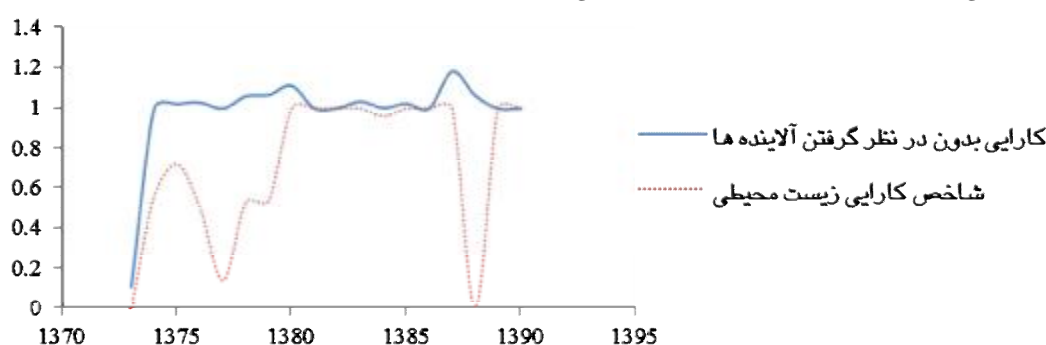
جدول 3- مقایسه کارایی زیست‌محیطی با کارایی بدون لحاظ آلاینده‌ها

کارایی	میانگین	حداقل	حداکثر
کارایی بدون در نظر گرفتن آلاینده‌ها	0/97	0/85	1
شاخص کارایی زیست‌محیطی با در نظر گرفتن آلاینده‌ها	0/72	0	1

ماخذ: یافته‌های محقق

بدون در نظر گرفتن آلاینده‌ها، بالاتر از کارایی با لحاظ آلاینده‌های زیست‌محیطی می‌باشد.

مقایسه کارایی‌های محاسبه شده به صورت نموداری قابل مشاهده است. با توجه به شکل 2 و پراکندگی نقاط، می‌توان مشاهده کرد که مقادیر کارایی



شکل 2- مقایسه کارایی زیست‌محیطی با کارایی بدون لحاظ آلاینده‌ها

بیشتر از مقدار واقعی نشان داده شود؛ که این امر منجر به سیاست‌گذاری و تصمیم‌گیری‌های ناصحیح در این بخش خواهد شد.

توصیه می‌شود در محاسبات کارایی بخش‌های مختلف اقتصادی و نیز بنگاه‌های اقتصادی کالاهای بد نیز در کنار کالاهای خوب در محاسبات کارایی وارد شوند. این امر دید واقع‌بینانه‌تری از وضعیت کارایی هر بخش اقتصاد و بنگاه‌های اقتصادی به دست می‌دهد.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در مطالعه حاضر به بررسی کارایی زیست‌محیطی بخش کشاورزی پرداخته شد. بدون در نظر گرفتن آلاینده‌ها متوسط کارایی 0/98 به دست آمد. سپس با لحاظ کردن آلاینده‌های زیست‌محیطی ( $SO_2$ )،  $CO$ ،  $CO_2$ ،  $CH_4$ ،  $NO_x$  مجدداً کارایی محاسبه شد که در این حالت برابر با 0/72 بوده و کمتر از مقادیر کارایی بدون لحاظ آلاینده‌ها می‌باشد. ملاحظه می‌شود که لحاظ نکردن آلاینده‌ها در محاسبات کارایی بخش کشاورزی باعث می‌شود که کارایی به اندازه‌ی 0/26

### منابع مورد استفاده

- امامی میبیدی، ع، 1379. اصول اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری (علمی کاربردی)، موسسه پژوهش‌های بازرگانی.
- جعفرنیا، م، اسماعیلی، ع، 1392. به کارگیری اثرات زیست‌محیطی در تحلیل کارایی فنی (مطالعه موردی پرواربندی شهرستان شیراز). تحقیقات اقتصاد کشاورزی، 5(2): 151-164.

دریجانی ع، شرزه‌ای غ، یزدانی س، پیکانی غ، صدر الاشرافی م، 1384. برآورد کارایی زیست‌محیطی با استفاده از تحلیل مرز تصادفی (مطالعه موردی کشتارگاه‌های دام استان تهران). اقتصاد کشاورزی و توسعه، 51(13): 113-145.

رافعی م، 1389. بررسی رابطه بین رشد اقتصادی و کارایی زیست‌محیطی در ایران و چند کشور منتخب. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه علامه طباطبایی.

رضایی ع، آماده ح، محمدی ت، 1391. تحلیل بهره‌وری و کارایی زیست‌محیطی در کشورهای منتخب واردکننده و صادرکننده منابع انرژی فسیلی (رویکرد تابع مسافت جهت دار). فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی، 2(1): 93-126.

سیفی ا، سلیمی فر م، فنودی ه، 1392. اندازه‌گیری کارایی زیست‌محیطی (بررسی مورد نیروگاه‌های حرارتی تولید برق در استان‌های خراسان جنوبی، رضوی و شمالی). فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی، 7(2): 41-17.

قربانی م، دریجانی ع، کوچکی ع، مطلبی م، 1388. برآورد هزینه‌های زیست‌محیطی انتشار گازهای گلخانه‌ای در گاوداری‌های شیری مشهد. اقتصاد کشاورزی و توسعه، 66(17): 63-43.

ناصر زاده س، 1389. ارزیابی زیست‌کارایی نیروگاه‌های حرارتی کشور با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علامه طباطبایی.

Fare R, Grosskopf S, Lovell C A K and Pasurka C, 1989. Multilateral Productivity Comparisons when Some Outputs are Undesirable: A Non-Parametric Approach. Review of Economics and Statistics, 71: 90-98.

Fare R, Grosskopf S, Lovell C A K and Yaiswarng S, 1993. Derivation of Shadow prices for Undesirable Outputs: A Distance Function Approach. Review of Economics and Statistics, 75: 375-80.

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.

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.

Reinhard S and Thijssen G, 1998. Resource Use Efficiency of Dutch Dairy Farms, A Parametric Distance Function Approach. American Economic Association, Annual Meeting in Salt Lake City.

Zaim O and Taskin F, 2000. Kuznets Curve in Environmental Efficiency: An Application on OECD Countries. Environmental Efficiency and Resource Economics, 17: 21-36.

Zelek C and Shively G E, 2003. Measuring the Opportunity Cost of Carbon Sequestration in Tropical Agriculture. *Land Economics*, 79(3): 342-354.

Zofio J L and Prieto A M, 2001. Environmental Efficiency and Regulatory Standards: The Case of CO<sub>2</sub> Emission from OECD Countries. *Resource and Energy Economic*, 23: 63-83.