



مقاله علمی - پژوهشی

برآورد هزینه‌های زیست‌محیطی انتشار گازهای گلخانه‌ای در مزارع زعفران (مطالعه موردی شهرستان تربت حیدریه)

امین نظام الاسلامی^۱، لیلی ابولحسنی^{۲*}، ناصر شاهنوشی فروشانی^۳، علیرضا کرباسی^۳ و
داریوش خضری مطلق^۴

تاریخ دریافت: ۲۶ مهر ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: ۵ تیر ۱۳۹۷

نظام الاسلامی، ا، ابولحسنی، ل، شاهنوشی فروشانی، ن، کرباسی، ع، و خضری مطلق، د. ۱۳۹۸. برآورد هزینه‌های زیست‌محیطی انتشار گازهای گلخانه‌ای در مزارع زعفران (مطالعه موردی شهرستان تربت حیدریه). زراعت و فناوری زعفران، ۷(۲): ۲۴۵-۲۸۵.

چکیده

تولید زعفران به‌عنوان یکی از گران‌قیمت‌ترین محصولات کشاورزی و دارویی جهان، دارای مزیت نسبی بالایی می‌باشد. با توجه به اهمیت تولید این محصول در ایران به‌عنوان یک کالای مهم صادراتی غیرنفتی و راهبردی، برآورد هزینه‌های غیرمستقیم زیست‌محیطی مربوط به انتشار گازهای آلاینده آن ضروری است. هدف از این مطالعه محاسبه برآورد هزینه‌های زیست‌محیطی انتشار گازهای گلخانه‌ای در مزارع زعفران در شهرستان تربت حیدریه بود. در این پژوهش برای جمع‌آوری داده‌ها (همچون کودهای شیمیایی، آبیاری، نیروی کار، کود حیوانی و سوخت فسیلی) از پرسشنامه و مصاحبه حضوری در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۷ استفاده شد. برای بررسی رابطه بین ستانده خوب و بد از تابع فاصله که به‌صورت فرم ترانسلوگ که پارامتریک می‌باشد استفاده گردید. نتایج نشان داد که مقدار پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) ۳۶۹/۲۴ کیلوگرم معادل CO_2 به ازای یک کیلوگرم کلاله زعفران محاسبه شد. هزینه زیست‌محیطی گازهای گلخانه‌ای متان، اکسید نیتروژن و دی‌اکسید کربن در یک هکتار با توجه به یک دوره هفت‌ساله به ترتیب ۷۷۸۸۸۷۰۰، ۲۱۲۷۴۲۸۲۰ و ۷۶۶۸۹۶۰۰ ریال برآورد شد. در مجموع تولید زعفران هزینه‌ای معادل ۳۶۶۹۲۰۷۲۰ میلیون ریال بابت انتشار گازهای گلخانه‌ای در یک دوره هفت‌ساله خسارت به محیط‌زیست وارد می‌کند. این میزان برای یک سال زراعی برای یک هکتار معادل با ۵۲۶۱۷۲۴۰ میلیون ریال است. حدود ۲۱٪ از درآمد به‌دست آمده در هکتار است. در پایان پیشنهاد می‌گردد برای کاهش اثرات زیست‌محیطی نظام تولید زعفران سیاست‌های مالیات بر کاهش مصرف کودهای شیمیایی و نظام‌های خاک‌ورزی کاهش‌یافته موردبررسی و تحلیل قرار گیرد.

کلمات کلیدی: تابع فاصله، پتانسیل گرمایش جهانی، ترانسلوگ.

۱ - دانشجوی کارشناسی ارشد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲ - دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳ - استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۴ - استادیار گروه آمار، دانشگاه میامی، ایالات متحده آمریکا

(* - نویسنده مسئول: l.abolhasani@um.ac.ir)

مقدمه

زعفران بانام علمی *Crocus sativus* L. از خانواده زنبق می‌باشد و در منطقه آب و هوایی مدیترانه و غرب آسیا از عرض جغرافیایی ۳۰ تا ۵۰ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۱۰ درجه غربی تا ۸۰ درجه شرقی، در مناطق بسیار کم باران ایران که دارای زمستان سرد و تابستان گرم هستند گسترش دارد (Kafi et al., 2002). این محصول یکی از گران‌قیمت‌ترین محصولات کشاورزی و دارویی جهان بوده و جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات صنعتی و صادراتی ایران دارد (Kozehgaran et al., 2011). قابلیت استفاده از این محصول در اکثر فرآورده‌های غذایی، آشامیدنی، دارویی و حتی آرایشی وجود دارد و به همین دلیل مورد توجه بسیاری از صاحبان صنایع قرار گرفته است (Tohidi, 2014). این گیاه سازگاری قابل توجهی در برابر خشکی دارد، و نقش مهمی در وضعیت اقتصادی و اجتماعی مناطق خشک و نیمه‌خشک از جمله خراسان رضوی ایفا می‌کند (Tosan et al., 2015). بالا بودن ارزش اقتصادی زعفران، اشتغال‌زایی قابل ملاحظه، قابلیت نگهداری این محصول با هزینه اندک و در عین حال طولانی مدت، کوتاه بودن دوره کاشت، محدود بودن دفعات آبیاری و صادراتی بودن از اهم دلایلی است که رغبت کشاورزان را در منطقه خراسان نسبت به کشت زعفران افزایش داده است (Ebrahimi et al., 2009).

در زمینه تولید زعفران تقریباً تمامی مطالعات انجام شده (Karbasi & Rategaripour, 2014)، مقدار ۰/۸۲=شاخص هزینه منابع داخلی)، (Rezagholizadeh & Aghaei, 2011)، مقدار شاخص منابع داخلی)، (Akbari et al., 2013)، ۱۳۹۲، ایران بیش‌ترین میزان شاخص مزیت نسبی آشکار شده از مجموع کشورهای صادرکننده زعفران را دارد) و (Najarzadeh et al., 2010، ۰/۸۷=شاخص هزینه منابع داخلی) نشان می‌دهند

که ایران در تولید زعفران مزیت نسبی بالایی دارد. اما نکته قابل توجه آن است که در تمامی این مطالعات هزینه‌های مستقیم تنها برآورد شده است. ولی با توجه به اهمیت تولید زعفران در ایران به‌عنوان یک کالای مهم صادراتی غیرنفتی و نقش آن به‌عنوان یک کالای راهبردی، برآورد هزینه‌های غیرمستقیم زیست‌محیطی مربوط به انتشار گازهای آلاینده ضروری است. با توجه به اینکه ایران یکی از ده کشور تولیدکننده دی‌اکسید کربن در جهان است (IEA, 2012). با در نظر گرفتن این نکته، بخش کشاورزی ایران سهمی حدود ۳۶/۵ درصد اکسید نیتروژن از مجموع انتشار اکسید نیتروژن و تقریباً ۲ درصد از کل انتشار دی‌اکسید کربن و متان را دارا می‌باشد (Nikkhah et al., 2015)، که لزوم مطالعات گسترده‌تر در زمینه‌ی آثار زیست‌محیطی محصولات کشاورزی به‌خصوص محصولات راهبردی مانند زعفران مهم و ضروری به نظر می‌رسد.

به‌طور کلی مطالعات اندکی به بررسی و ارزیابی آلودگی‌های ایجاد شده ناشی از تولید زعفران پرداخته‌اند. از جمله این مطالعات می‌توان به مطالعه خانعلی و همکاران (Khanali et al., 2016) اشاره کرد. در این مطالعه با استفاده از ارزیابی چرخه حیات تولید زعفران در استان‌های خراسان رضوی و خراسان جنوبی با در نظر گرفتن واحد عملکردی یک کیلو کاله زعفران، مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای، ۲۹۶/۱۶ معادل کیلوگرم CO_2 به دست آوردند. بختیاری و همکاران (Bakhtiari et al., 2015) در مطالعه‌ای به تجزیه و تحلیل انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید زعفران در استان خراسان جنوبی پرداختند. مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای با روش ارزیابی چرخه حیات، در یک دوره ۵ ساله در مزارع زعفران مورد محاسبه قرار گرفت. در این مطالعه

مشخص شد مقدار انتشار گازهای در یک هکتار به ازای تولید کالاه، بنه، گل و برگ‌ها ۲۳۲۵ کیلوگرم CO_2 آلودگی منتشر می‌کند. ملافیلابی و همکاران (Mola Filabi et al., 2015) به بررسی اثرات زیست‌محیطی نظام تولید زعفران در استان خراسان بر مبنای کود نیتروژن با توجه به واحد عملکردی یک‌تن بنه پرداختند. در این مطالعه بالاترین پتانسیل گرمایش جهانی ۱۱۲۸/۲۸ کیلوگرم معادل CO_2 برآورد شد که این مقدار مربوط به سطح کودی بیش از ۳۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود. هم‌چنین در مطالعه‌ای خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2016) میزان انتشار آلاینده‌های دارای پتانسیل گرمایش جهانی، شامل گازهای CO_2 ، CH_4 و N_2O در شهرستان قائن مربوط به مصرف بیش از ۱۵۰ تن کود دامی در هکتار به ترتیب برابر با ۸۹/۹۲، ۱۴۲۹/۰۲ و ۹۸۳/۲۱ کیلوگرم معادل CO_2 به ازای یک‌تن گل حاصل شد، این در حالی است که با همین مقدار کود دامی در منطقه تربت‌حیدریه میزان انتشار این آلاینده‌ها به ترتیب برابر با ۲۰۹/۵۰، ۳۳۳۰/۶۲ و ۲۲۹۱/۸۵ کیلوگرم معادل CO_2 به ازای یک‌تن گل به دست آمد. در زمینه اقتصادی کردن اثرات زیست‌محیطی زعفران، تنها مطالعه‌ی موجود، مطالعه‌ی خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2017) می‌باشد. در این مطالعه هزینه زیست‌محیطی گازهای گلخانه‌ای CO_2 و N_2O منتشرشده از تولید زعفران در استان خراسان رضوی برای سال ۱۳۹۴ در مجموع ۱۸۵۴۰۰۰۰ تا ۸۸۸۰۰۰۰ ریال در یک هکتار، محاسبه شد، بنابراین مطالعه و بررسی اقتصادی اثرات زیست‌محیطی ناشی از تولید زعفران در بوم نظام‌های این محصول بیش‌ازپیش ضروری به نظر می‌رسد. از آنجایی که کود دامی یکی از نهاده‌های اصلی تولید زعفران بوده و یکی از مهم‌ترین اثرات زیست‌محیطی مصرف این نهاده پتانسیل گرمایش جهانی (GWP^1) می‌باشد (Khanali et al.,

2016). لذا هدف این مطالعه سعی برآورد مجدد اندازه این اثر و محاسبه هزینه‌های زیست‌محیطی آن در کشت زعفران در شهرستان تربت‌حیدریه بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، شهرستان تربت‌حیدریه است. این شهرستان با وسعت ۶۱۷۵ کیلومتر مربع و در جنوب غربی مشهد، به فاصله ۱۴۲ کیلومتری از مرکز استان در مدارهای ۵۹ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. آمار مؤید آن است به‌طور متوسط در هر سال حدود ۳۰۰ تن کالاه زعفرانی در جهان تولید می‌شود که ۲۵۰ تن آن تولید ایران است. از مجموع ۲۵۰ تن زعفران تولیدی در ایران ۲۰۰ تن در استان خراسان رضوی تولید می‌شود. شهرستان تربت‌حیدریه در این استان بالاترین سهم (۷۵ تن) در تولید زعفران را دارد. سطح زیر کشت زعفران در منطقه تربت‌حیدریه ۲۱ هزار هکتار می‌باشد، که این شهرستان را به قطب تولید زعفران در کشور و دنیا تبدیل کرده است (Saffaron Institute, 2013).

جمع‌آوری داده‌ها

جمع‌آوری داده‌ها در دو مرحله صورت گرفته: در مرحله اولیه برای شناخت مراحل تولید زعفران و شناسایی نهاده‌های اصلی (کودهای شیمیایی، کود حیوانی، آبیاری، سوخت فسیلی، نیروی کار و...) که در تولید زعفران به کار گرفته می‌شوند تعداد ۱۵ مصاحبه با کارشناسان جهاد کشاورزی، پژوهشکده زعفران در شهر تربت‌حیدریه و محققان این رشته صورت گرفت. در واقع مصاحبه با کارشناسان تا زمانی که اطلاعات جدید از بررسی مصاحبه‌ها به دست می‌آمد، ادامه یافت. در مرحله دوم بر اساس نهاده‌های شناسایی‌شده در مرحله قبل، پرسشنامه‌ای به‌منظور

¹-Global Warming Potential

استاندارد (ISO^۲, 2006) ISO ۱۴۰۴ از مطالعات برترپ و همکاران (Brentrup et al., 2004) و اوبرینو همکاران، (O'Brien et al., 2014) محاسبه شده است. ارزیابی چرخه حیات شامل چهار مرحله می‌باشد (O'Brien et al., 2014). مرحله اول ارزیابی چرخه حیات تعیین هدف و دامنه است. که مشخص کردن واحد مرجع می‌باشد. واحد مرجع، ورودی‌ها و خروجی تولید محصول را به هم مرتبط کرده و مرجعی برای مقایسه فراهم می‌کند. در این پژوهش واحد عملکردی^۳ یک کیلوگرم کلالة زعفران در نظر گرفته شد. مرحله دوم تحلیل سیاهه چرخه زندگی است. شامل جمع‌آوری و سازمان‌دهی داده‌های ورودی و خروجی به منظور برآورد اهداف از پیش تعیین شده مطالعه است. جدول ۱ ضرایب انتشار گازهای گلخانه‌ای درون مزرعه برای نهاده‌های مصرفی آورده شده است. سومین مرحله ارزیابی چرخه حیات است که هدف از ارزیابی اثرات، تفسیر بیشتر ورودی‌ها و خروجی سامانه تولید مورد نظر می‌باشد که دارای سه مرحله طبقه‌بندی، نرمال‌سازی و وزن دهی است (Brentrup et al., 2004). در مرحله طبقه‌بندی هر کدام از مقادیر انتشار یافته به محیط زیست و همین‌طور منابع مورد استفاده در چرخه حیات محصول، به اثر زیست‌محیطی مربوطه نسبت داده می‌شود (Brentrup et al., 2004). در این مطالعه انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط تأثیر گرمایش جهانی مورد طبقه‌بندی قرار می‌گیرد. در جدول ۲ طبقه‌بندی اثر پتانسیل گرمایش جهانی نشان داده شده است. مرحله آخر ارزیابی چرخه حیات تفسیر نتایج می‌باشد.

جمع‌آوری اطلاعات مربوط به مصرف نهاده‌ها تهیه گردید. برای تعیین حجم نمونه با توجه به اینکه آمار مربوط به تعداد مزارع زعفران مشخص نبود، برای تعیین اندازه‌ی جامعه‌ی آماری از فرمول کوکران با جامعه نامعلوم (Smith, 2013) استفاده گردید.

$$n = \frac{z^2 \sigma^2}{e^2} \quad (1)$$

که در آن z = مقدار متغیر نرمال در سطح اطمینان ۹۵٪، σ = واریانس به دست آمده از سطح زیر کشت و e = مقدار اشتباه مجاز.

جهت تعیین واریانس ابتدا ۳۰ پرسشنامه کامل شد که بر اساس آن واریانس جامعه به اندازه ۰/۰۶۵ برآورد گردید. بر این اساس حجم نمونه‌ای که بتواند نماینده‌ی جامعه‌ی آماری مورد بررسی باشد، به تعداد ۱۰۰ مزرعه برآورد شد.

باین‌حال، با توجه به مشکلات موجود در مصاحبه و عدم همکاری کشاورزان در نهایت تعداد ۸۱ پرسشنامه برای سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ کامل گردید. پس از تحلیل‌های اولیه تعدادی از پرسشنامه‌ها به دلیل ناقص بودن و با داشتن اطلاعات غیرمحمتم حذف شد و در نهایت تعداد ۵۷ پرسشنامه برای تحلیل‌های بعدی مورد استفاده قرار گرفت.

در این مقاله برای برآورد میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای از روش ارزیابی چرخه حیات استفاده شده و در مرحله بعد با استفاده از رویکرد تابع فاصله قیمت سایه‌ای و هزینه زیست‌محیطی انتشارات فوق برآورد شد.

ارزیابی چرخه حیات (LCA)

در این مطالعه رویکرد ارزیابی چرخه حیات برای محاسبه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای مورد استفاده قرار گرفت. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای شامل CO_2 ، CH_4 و N_2O بر اساس

۲-International Organization for Standardization

۳- functional unit

۱- Life Cycle Assessment

جدول ۱- ضرایب انتشار گازهای گلخانه‌ای

Table 1- Greenhouse gas of emission coefficients

منابع References	متان CH_4	اکسیدنیترژن N_2O	دی‌اکسیدکربن CO_2	واحد Unit	نهادها Input
(Gholizadegan & Khorramdel, 2016)	0/06	0/00361	3/1	kg	کود نیتروژن Nitrogen fertilizer
(Gholizadegan & Khorramdel, 2016)	0/1233	0/00361	0/2	kg	کود فسفر Phosphorus fertilize
(Gholizadegan & Khorramdel, 2016)	0/1	0/00361	0/35	kg	کود پتاس Potash fertilizer
(Muthu et al., 2014)	---	---	10.73	kg	علف‌کش Herbicide
(Muthu et al., 2014)	---	---	0/4	Kw.h ⁻¹	الکتریسیته Electricity
(Muthu et al., 2014)	---	---	2.66	kg	گازوئیل Gasoline

جدول ۲- طبقه‌بندی اثر پتانسیل گرمایش جهانی

Table 2- Characterization factor of global warming potential

منابع References	کارایی ترکیب Combining of efficiency	ترکیب Combination
	1	دی‌اکسیدکربن CO_2
(Brenttrup et al., 2004)	310	اکسیدنیترژن N_2O
	21	متان CH_4

شامل $u = (u_1, \dots, u_M)$ تولید کند (Huang & Leung, 2007)، با فرض این که محصولات را می‌توان به دودسته‌ی مطلوب و نامطلوب تقسیم کرد، که تابع $P(x)$ مجموعه‌ای از نهادها و ستاندها می‌باشد که فن‌آوری موجود تعیین‌کننده‌ی ترکیب مقادیر هر کدام از آن‌هاست.

$$P(x) = \{u : (x, u) \in T\} \quad (2)$$

در این تابع T فن‌آوری تولید است که به صورت معادله ۳ نمایش داده می‌شود.

$$T = \{(x, u) : x \in R_+^N, u \in R_+^M\} \quad (3)$$

در این رابطه نهادها (x) ستاندها (u) را تولید می‌کنند که x عضوی از مجموعه R_+^N (مجموعه اعداد حقیقی مثبت بزرگ‌تر از صفر) و u عضوی از R_+^M (مجموعه اعداد حقیقی مثبت بزرگ‌تر از صفر) می‌باشند (Fare & Primont, 1995). درنهایت با تابع فاصله ستانده می‌توان فن‌آوری تولید چند محصولی و چند

تابع فاصله ستانده^۱

در مرحله بعد برای تعیین قیمت سایه‌ای گازهای آلاینده از تابع فاصله ستانده استفاده شد. تابع فاصله ستانده یکی از روش‌های برآورد قیمت سایه‌ای است که با استفاده از برآورد تابع تولید مرزی تصادفی (SFP^۲) به روش پارامتریک انجام می‌پذیرد (Aigner et al., 1977). از مزایای این روش علاوه بر برآورد قیمت سایه‌ای، برآورد کشش‌های تابع تولید است. از مهم‌ترین معایب روش پارامتریک این است که فرضیات باید قبل از برآورد مشخص گردد (Coelli & Perelman, 1999). تابع فاصله به صورت زیر تعریف می‌شود.

چنانچه تولیدکننده محصولاتی را با برداری از نهادها که شامل $x = (x_1, \dots, x_N)$ و برداری از ستاندها که

^۱Distance function output

^۲ Stochastic frontier production function

است (Christenson et al., 1971). فرم تابع ترانسلوگ، به دلیل جامعیت و انعطاف پذیری رایج ترین شکل و مناسب برای فرم تابع فاصله است (Fare et al., 1993). شکل تابع ترانسلوگ به کار گرفته شده در این مطالعه به صورت رابطه ۶ است.

$$\begin{aligned}
 -\ln Y_1 = & \alpha_0 + \sum_{m=2}^4 \alpha_m \ln Y_m^* + \sum_{k=1}^5 \beta_k \ln X_k + \\
 & 0.5 \sum_m^4 \sum_{m'}^4 \alpha_{mm'} \ln Y_m^* \ln Y_{m'}^* + \\
 & 0.5 \sum_{k=1}^5 \sum_{k'}^5 \beta_{kk'} \ln X_k \ln X_{k'} + \\
 & \sum_{k=1}^5 \sum_{m=2}^4 \gamma_{km} \ln X_k \ln Y_m^* + u + \varepsilon
 \end{aligned} \quad (6)$$

با توجه به رابطه ۵ جمله اخلال غیر تصادفی غیر منفی $N(\mu, \delta_u^2)$ و u : $N(0, \sigma_\varepsilon^2)$ می باشند. در این مطالعه Y_1 میزان عملکرد در هکتار زعفران برای هفت سال (در این پژوهش زعفران محصولی هفت ساله در نظر گرفته شد) و Y_2, Y_3 و Y_4 میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به ترتیب متان، اکسید نیتروژن و دی‌اکسید کربن در هر هکتار برای مدت هفت سال می‌باشد. همچنین متغیرهای مستقل شامل X_1 کود حیوانی (تن در هکتار)، X_2 سوخت فسیلی مورد استفاده (لیتر در هکتار)، X_3 آبیاری (ساعت در هکتار)، X_4 مقدار کود شیمیایی مورد استفاده (کیلوگرم در هکتار) و X_5 نیروی کار (نفر در هکتار) در مجموع هفت سال می‌باشد. همچنین Y_m^* ستانده نامطلوب نرمال شده $(Y_m^* = \frac{Y_m}{Y_1})$ ، می‌باشد.

پس از برآورد رابطه ۶ پارامترهای مفقود شده را از روابط جدول ۳ به دست می‌آید. سپس از برآورد پارامترهای مفقود شده معادله تابع فاصله به صورت رابطه ۷ تشکیل می‌شود و ضرایب با توجه به آن حاصل می‌شوند.

نهادهای را برآورد کند $(R_+^N$ و R_+^M در فضای اقلیدسی N و M بُعدی قرار دارند) که به صورت رابطه ۴ نمایش داده می‌شود.

$$D(x, u, t) = \min_{\theta} \left\{ \theta : \left(\frac{u}{\theta} \right) \in P(x), \theta \in R_+ \right\} \quad (4)$$

$$x \in R_+^N \text{ for all } x \in R_+^N$$

θ پیش‌بینی‌های مربوط به مجموعه ستانده مشاهده شده در طی شعاعی از مبدأ به بزرگ‌ترین مجموع ستانده ایجاد شده توسط مجموعه نهاده می‌باشد. $D(x, u, t)$ سنجه فاصله است. برای نشان دادن تغییرات فن‌آوری تولید یک‌روند زمانی بر متغیرها اعمال می‌کنیم که رابطه ۵ حاصل می‌گردد.

$$D(x, u, t) = \min_{\theta} \left\{ \theta : \left(\frac{u}{\theta} \right) \in P(x, t), \theta \in R_+ \right\} \quad (5)$$

$$x \in R_+^N \text{ for all } x \in R_+^N$$

در این پژوهش برای بررسی رابطه بین ستانده خوب و بد از فرم ترانسلوگ به صورت پارامتریک استفاده شد. دلیل استفاده از این تابع وجود سه خصوصیت مهم در این تابع بوده است، که در توابع دیگر دیده نمی‌شود. این خصوصیات عبارت‌اند از: انعطاف‌پذیری، به‌آسانی مورد محاسبه است و اجازه می‌دهد قید و شرایط همگنی در مدل تحمیل شود.

تابع کابداگلاس خصوصیات اول را ندارد. این تابع نمی‌تواند کشش‌های تولید را در هر سه ناحیه تولید محاسبه کند (Coelli et al., 1999). به عبارت دیگر، این فرم تنها یک ناحیه تولیدی را برای هر نهاده نشان می‌دهد و قادر به تبیین هر سه ناحیه از تابع تولید نیست (Griffin et al., 1987). تابع ترانسستدنتال دربرگیرنده تابع کابداگلاس است. که کشش‌های نهاده‌های تولید را به صورت ثابت برآورد نمی‌کند و مقدار آن‌ها تنها به میزان همان نهاده بستگی دارد (Halter et al., 1957). تابع ترانسلوگ علاوه بر متغیرهای اصلی ضرایب روابط متقابل متغیرها را نیز برآورد می‌کند. همچنین اجازه می‌دهد کشش‌های تولیدی بسته به سطح مصرف نهاده تغییر کند. برآورد کشش در هر کدام از نواحی تولید با استفاده از تابع ترانسلوگ قابل انجام

جدول ۳- اعمال شرایط همگنی بر تابع فاصله
 Table 3- The homogeneity and symmetry conditions are imposed on distance function

$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 = 1$	$\alpha_{24} = \alpha_{42}$	$\alpha_{14} = \alpha_{41}$
$\alpha_{11} + \alpha_{12} + \alpha_{13} + \alpha_{14} = 0$	$\alpha_{34} = \alpha_{43}$	$\alpha_{23} = \alpha_{32}$
$\alpha_{12} + \alpha_{22} + \alpha_{23} + \alpha_{24} = 0$	$\beta_{kk'} = \beta_{k'k}$	
$\alpha_{13} + \alpha_{23} + \alpha_{33} + \alpha_{34} = 0$	$\alpha_{12} = \alpha_{21}$	
$\gamma_{k1} + \gamma_{k2} + \gamma_{k3} + \gamma_{k4} + \gamma_{k5} = 0$	$\alpha_{13} = \alpha_{31}$	

نتایج و بحث

محاسبه ارزیابی چرخه حیات

در جدول ۴ مقدار نهاده‌های مورد استفاده در یک هکتار برای تولید کلاله زعفران آورده شده است. مقدار انتشار گازهای آلاینده با استفاده روش ارزیابی چرخه حیات برای گازهای آلاینده CO_2 ، N_2O و CH_4 به ترتیب در درون مزرعه: ۱۵۹/۲۶، ۷۸/۶۸ و ۱۳۱/۳۰ کیلوگرم معادل CO_2 به ازای یک کیلوگرم کلاله زعفران و مقدار پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) ۳۶۹/۲۴ کیلوگرم معادل CO_2 محاسبه گردید. در پتانسیل گرمایش جهانی بیش‌ترین سهم مربوط به گاز CO_2 و کمترین آن مربوط به گاز N_2O است. مقدار پتانسیل گرمایش جهانی در مقایسه با پژوهش خانعلی و همکاران (Khanali et al., 2016) که ۲۹۶/۱۶ کیلوگرم معادل دی‌اکسید کربن به ازای یک کیلو کلاله زعفران به دست آمد پایین‌تر از مقاله حاضر حاصل شد. هم‌چنین در مطالعه‌ی دیگری بختیاری و همکاران (Bakhtiari et al., 2015) به تجزیه و تحلیل انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید زعفران پرداختند. منطقه مورد انتخاب شده در این پژوهش استان خراسان رضوی و خراسان جنوبی برای سال زراعی ۲۰۱۳-۲۰۱۲ بود. که مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای با روش ارزیابی چرخه حیات، در یک هکتار به ازای تولید کلاله، بنه، گل و برگ‌ها ۲۳۲۵ معادل کیلوگرم به دست آمد. که علت تفاوت در مقدار پتانسیل گرمایش جهانی با مطالعه حاضر واحد عملکردی

$$\begin{aligned}
 LnD = & \alpha_0 + \sum_{m=1}^4 \alpha_m LnY_m + \sum_{k=1}^5 \beta_k LnX_k + \\
 & + 0.5 \sum_{m=1}^4 \sum_{m'=1}^4 \alpha_{mm'} LnY_m LnY_{m'} \\
 & + 0.5 \sum_{k=1}^5 \sum_{k'=1}^5 \beta_{kk'} LnX_k LnX_{k'} + \\
 & \sum_{k=1}^5 \sum_{m=1}^4 \gamma_{km} LnX_k LnY_m + \varepsilon
 \end{aligned}
 \tag{۷}$$

در نهایت قیمت سایه‌ای طبق رابطه ۸ (Fare et al., 1993) که از معادله ۷ مشتق گرفته می‌شود، محاسبه می‌گردد. در این رابطه P_{Y_m} = قیمت سایه‌ای گازهای آلاینده در هفت سال در هکتار، P_{Y_1} = قیمت ستانده خوب در هفت سال در هکتار، Y_1 میزان عملکرد محصول در یک دوره هفت‌ساله در هکتار، $\partial D(X, Y) =$ سنجه فاصله و Y_m میزان انتشار گازهای آلاینده می‌باشد که از روش ارزیابی چرخه حیات محاسبه شده است. نرم‌افزارهای مورد استفاده در این پژوهش STATA ۱۳ و EXCEL ۲۰۱۰ می‌باشد.

$$P_{Y_m} = P_{Y_1} \times \frac{\frac{\partial D(X, Y)}{\partial Y_m}}{\frac{\partial D(X, Y)}{\partial Y_1}}
 \tag{۸}$$

متفاوت آن است.

جدول ۴- متوسط مقدار نهاده‌های مصرفی برای تولید کلاله زعفران در هکتار
Table 4- The average amount of inputs to produce saffron stigma per hectare

نهادها Inputs	واحد Unit	مقدار Amount	انحراف معیار S.D	نهادها Inputs	واحد Unit	مقدار Amount	انحراف معیار S.D
کود ازت Nitrogen fertilizer	k	121/2	61/02	سوخت فسیلی Gasoline	l	199/73	153/73
کود فسفر Phosphorus fertilize	k	77/04	72/98	الکتریسیته Electricity	kw.hr ⁻¹	113/04	540/51
کود پتاس Potash fertilizer	k	84/42	93/21	نیروی کار Labor	People	126	30/79
کود حیوانی Manure	T	21/12	20/79	آبیاری Irrigation	h	5/94	6/3
ریزمغذی Micronutrient	L	1/56	2/1	بنه Corm	t	7/25	1/6
علف‌کش Herbicide	k	0/54	1/01	--	--	--	--

Research findings * یافته‌های پژوهش

نتایج تابع فاصله

جدول ۵ نتایج برآورد تابع تولید (رابطه ۶) محاسبه شده است را نشان می‌دهد. بر طبق محاسبات انجام شده، ۲۰ ضریب از میان ضرایب برآورد شده در سطح ۵٪ و ۱۰٪ معنی‌دار می‌باشند. از آنجایی که متغیر وابسته در این تابع عملکرد زعفران در یک هکتار، در یک دوره هفت‌ساله می‌باشد، ضرایب برآورد شده این تابع نشان‌دهنده‌ی تأثیر هر کدام از این نهاده‌ها بر عملکرد زعفران است.

آماره‌های σ_u و σ_v به ترتیب مقدار ۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۳ به دست آمدند که پارامترهای توزیع جز اختلاف تصادفی الگو می‌باشند، مقادیر برآورد شده هر دو جز خطا به شکل معنی‌داری معادل صفر می‌باشند. از این رو می‌توان نتیجه گرفت اختلاف بین واحدهای ناشی از عوامل خارج از کنترل مدیر بوده است (Ghorbani et al., 2008).

مطابق با نتایج حاصل از تخمین مدل، برخی از نهاده‌های تولید تأثیر مثبت و برخی تأثیر منفی بر عملکرد تولید دارند. نتایج مدل نشان می‌دهد که نهاده‌های کود حیوانی (X۱)، سوخت

فسیلی (X۲) و کود شیمیایی (X۴) به صورت مثبت عملکرد زعفران را تحت تأثیر قرار می‌دهند. از طرف دیگر، نهاده‌های آبیاری (X۳) و نیروی کار (X۵) به صورت منفی بر عملکرد تولید زعفران تأثیرگذار هستند.

از آنجایی که تابع تولید شکل لگاریتمی دارد، ضرایب برآورد شده در این تابع کشش‌های تولید را نشان می‌دهند. از آنجاکه مطالعه انجام گرفته در رابطه تابع تولید زعفران می‌باشد. به نظر می‌رسد مقایسه‌ی نتایج به دست آمده از این مطالعه با نتیجه‌ی مطالعه‌ی انجام شده در منطقه‌ی خراسان جنوبی (Sardashi et al., 2014) می‌تواند نتایج بیشتری را در رابطه با کشت زعفران توضیح دهد. نتایج هر دو مطالعه در جدول ۶ آورده شده است.

مقایسه‌ی نتایج به دست آمده در دو مطالعه نشان می‌دهد که کشاورزان زعفران کار در مصرف کود حیوانی ناهمگون استفاده می‌کنند، به طوری که در منطقه‌ی خراسان جنوبی و منطقه تربت‌حیدریه از کود حیوانی بی‌رویه استفاده می‌نمایند.

جدول ۵- نتایج برآورد اقتصادسنجی تابع تولید به روش تابع مرزی تصادفی (SFA)

Table 5- The results of the estimation of the production function's economy through the stochastic frontier analysis (SFA)

متغیر Variable	ضریب Coefficient	آماره معنی‌داری Probe	کشش Elasticity	متغیر Variable	ضریب Coefficient	آماره معنی‌داری Probe	کشش Elasticity
Intercept	-64.16	0.007	--	LnY_2LnX_4	0.01	0.75	0.01
LnY_1	-40.29	#	-40.29	LnY_2LnX_5	0.05	0.19	0.05
LnY_2	-6.62	0.00	-6.62	LnY_3LnX_1	-1.03	0.41	-1.03
LnY_3	61.52	NS	61.52	LnY_3LnX_2	-3.34	0.00	-3.34
LnY_4	-13.60	0.13	-13.60	LnY_3LnX_3	0.22	0.80	0.22
LnX_1	2.53	0.53	2.53	LnY_3LnX_4	-0.33	0.72	-0.33
LnX_2	6.7	0.03	6.7	LnY_3LnX_5	0.33	0.65	0.33
LnX_3	-1.20	0.68	-1.20	LnY_4LnX_1	-0.21	0.48	-0.21
LnX_4	0.43	0.90	0.43	LnY_4LnX_2	1.50	0.001	1.50
LnX_5	-3.32	0.30	-3.32	LnY_4LnX_3	0.45	0.002	0.45
LnY_1LnY_1	4.2	#	4.2	LnY_4LnX_4	-0.002	0.85	-0.002
LnY_1LnY_2	-3.39	#	-3.39	LnY_4LnX_5	0.003	0.83	0.003
LnY_1LnY_3	6.37	#	6.37	LnX_1LnX_1	0.30	0.00	0.30
LnY_1LnY_4	7.27	#	7.27	LnX_2LnX_2	-0.67	0.00	-0.67
LnY_2LnY_2	-0.001	0.98	-0.001	LnX_3LnX_3	0.04	0.41	0.04
LnY_2LnY_3	4.61	0.00	4.61	LnX_4LnX_4	0.10	0.23	0.10
LnY_2LnY_4	-1.22	0.001	-1.22	LnX_5LnX_5	0.19	0.02	0.19
LnY_3LnY_3	-22.48	0.00	-22.48	LnX_3LnX_4	0.12	0.18	0.12
LnY_3LnY_4	11.49	0.07	11.49	LnX_4LnX_5	0.079	0.45	0.079
LnY_4LnY_4	-2.99	0.003	-2.99	LnX_1LnX_2	0.63	0.06	0.63
LnY_1LnX_1	1.40	#	1.40	LnX_1LnX_3	-0.04	0.55	-0.04
LnY_1LnX_2	1.62	#	1.62	LnX_1LnX_4	-0.04	0.14	-0.04
LnY_1LnX_3	-0.64	#	-0.64	LnX_1LnX_5	-0.01	0.94	-0.01
LnY_1LnX_4	0.36	#	0.36	LnX_2LnX_3	-0.60	0.01	-0.60
LnY_1LnX_5	-0.45	#	-0.45	LnX_2LnX_4	0.02	0.82	0.02
LnY_2LnX_1	-0.16	0.067	-0.16	LnX_2LnX_5	0.13	0.44	0.13
LnY_2LnX_2	0.21	0.01	0.21	LnX_3LnX_5	-0.11	0.02	-0.11
LnY_2LnX_3	0.088	0.008	0.088	---	---	---	---

Research findings*# یافته‌های پژوهش

#=Non estimation غیرقابل برآورد

ns= Non significant معنی بدون

که دیده می‌شود زارعین زعفران در خراسان جنوبی و منطقه تربت‌حیدریه از آن استفاده مناسب می‌کنند. در نهایت قیمت سایه‌ای گازهای گلخانه‌ای (درون مزرعه) به ازای یک کیلوگرم کالاه زعفران در شکل ۱ آورده شده است. (برآورد رابطه ۸). با توجه به شکل ۱ هزینه فرصت کاهش یک

در رابطه با مصرف آب کشاورزی، به‌طور کلی زعفران‌کاران در منطقه تربت‌حیدریه به‌صورت نامناسب از این نهاد استفاده می‌کنند. ولی در منطقه خراسان جنوبی از این نهاد به‌صورت مناسب استفاده می‌نمایند. در مورد نهاد کود شیمیایی مانند (نیترژن)، زارعین زعفران از این نهاد استفاده متوازی می‌کنند

به عبارت دیگر با احتساب هزینه‌های زیست‌محیطی مربوط به انتشار گازهای گلخانه‌ای سود خالص زعفران ۷۵٪ کاهش پیدا می‌کند. در مجموع هزینه فرصت کاهش یک کیلو گازهای گلخانه‌ای ۹۷۹۰۰ ریال است (به ازای یک کیلو کلاله زعفران). که ۱۰/۹۷٪، ۱۳/۲۱٪ و ۷۵/۸۱٪ از این هزینه متعلق به گازهای دی‌اکسید کربن، متان و اکسید نیتروژن است. از این رو مطالعات از این دست می‌تواند سهم به‌سزایی در کاهش این انتشارات فراهم کند.

کیلو گاز دی‌اکسید کربن، متان و اکسید نیتروژن از طریق کاهش ستانده مطلوب به ترتیب ۱۰۷۴۰، ۱۲۹۴۰ و ۷۴۲۲۰ ریال است. به عبارت دیگر برای کاهش یک کیلو گاز دی‌اکسید کربن، متان و اکسید نیتروژن به ترتیب باید از تولید کلاله زعفران خشک به ارزش ۱۰۷۴۰، ۱۲۹۴۰ و ۷۴۲۲۰ ریال کاسته شود. از آنجایی که برای تولید یک کیلوگرم کلاله زعفران به‌طور متوسط ۳۶۹/۲۴ کیلوگرم معادل دی‌اکسید کربن گاز گلخانه‌ای تولید می‌شود، قیمت یک کیلو کلاله زعفران ۴۵/۰۰۰/۰۰۰ میلیون ریال می‌باشد، هزینه فوق ۷۵٪ ارزش تولیدشده می‌باشد.

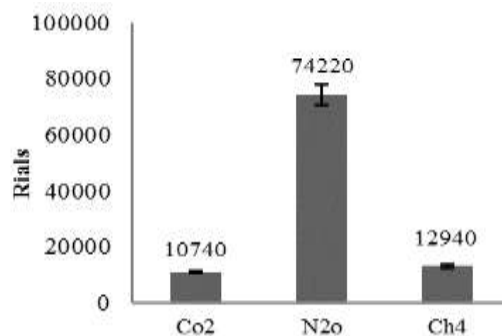
جدول ۶- مقایسه کشش‌های تولید محاسبه‌شده در مقاله حاضر با مقاله سردشتی و همکاران (Sardashti et al., 2014)

Table 6- The comparison of calculated elasticity in the present article and the article of (Sardashti et al., 2014)

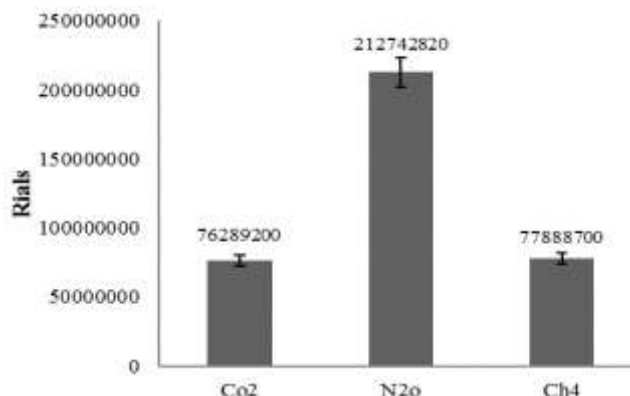
نهاده Input	مقدار کشش‌های مطالعه حاضر The amount of elasticity of the present paper	ناحیه تولید Production area	مقدار کشش‌های مقاله سردشتی و همکاران، (۱۳۹۳) The amount of elasticity mentioned in Sardashti et al., (2014)	ناحیه تولید Production area
کود حیوانی Manure	2.53	ناحیه‌ی اول The first area	-0.00	ناحیه‌ی سوم The third area
آبیاری Irrigation	-1.20	ناحیه‌ی سوم The third area	0.53	ناحیه‌ی دوم The second area
کود شیمیایی Fertilizer	0.43	ناحیه‌ی دوم The second area	0.16	ناحیه‌ی دوم The second area

در مطالعه‌ای خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2017) هزینه ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای CO_2 و N_2O نظام تولید زعفران، برای استان خراسان رضوی در مجموع به‌طور متوسط ۱۳۷۱۰۰۰۰ ریال در هکتار، در سال ۱۳۹۴ محاسبه نمودند. در این مطالعه فقط هزینه کل گازهای گلخانه‌ای CO_2 و N_2O برآورد شده است، ولی در پژوهش حاضر هزینه کل گازهای گلخانه‌ای CO_2 ، N_2O ، و CH_4 محاسبه گردید. هزینه کل گازهای گلخانه‌ای در یک هکتار در مطالعه اخیر نسبت به مطالعه (Khorramdel et al., 2017) حدود ۳/۸۲ بیشتر محاسبه شده است.

در نهایت در شکل ۲ هزینه کل ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای نظام تولید زعفران در یک هکتار به ازای یک دوره هفت‌ساله آورده شده است. مطابق با شکل ۲ به ترتیب ۲۰/۷۹٪، ۵۷/۹۸٪ و ۲۱/۲۲٪ هزینه زیست‌محیطی کل متعلق به گاز دی‌اکسید کربن، اکسید نیتروژن و متان می‌باشد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد (مطابق با شکل ۲) که در مجموع تولید زعفران هزینه‌ای معادل ۳۶۶/۹۲۰/۷۲۰ میلیون ریال بابت انتشار گازهای گلخانه‌ای در یک دوره هفت‌ساله، در یک هکتار به محیط‌زیست خسارت وارد می‌کند. این میزان برای یک هکتار برابر است با ۵۲/۴۱۷/۲۴۰ میلیون ریال.



شکل ۱- قیمت سایه‌ای گازهای گلخانه‌ای در مزارع زعفران، به ریال.
Figure 1- The shadow price of greenhouse gases in saffron farms, Rial.
*Research findings *یافته‌های پژوهش



شکل ۲- هزینه زیست‌محیطی گازهای گلخانه‌ای، در یک هکتار برای یک دوره هفت‌ساله، ریال.
Figure 2- Environmental cost of greenhouse gases per hectare, over a period of 7 years, Rial.
*Research findings *یافته‌های پژوهش

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه‌ی حاضر را می‌توان به‌صورت زیر خلاصه کرد:

با ثابت ماندن سایر نهاده‌ها و شرایط کشت، تنها افزایش نهاده‌هایی چون کود حیوانی (X1)، سوخت فسیلی (X2) و کود شیمیایی (X4) عملکرد تولید را افزایش می‌دهند و متغیرهای آبیاری (X3) و استفاده بیشتر از نیروی کار (X5) عملکرد تولید را نه تنها افزایش نمی‌دهند بلکه آن را کاهش می‌دهند.

بیشترین تأثیر در عملکرد زعفران مربوط به نهاده‌های کود حیوانی (X1)، سوخت فسیلی (X2)، کود شیمیایی (X4)، آبیاری

(X3) و استفاده بیشتر از نیروی کار (X5) می‌باشد که به ترتیب با کاهش تولید ۲,۵۳، ۶,۷، ۰,۴۳، ۱,۲۰- و ۳,۳۲- هستند. متغیرهای کود حیوانی و سوخت فسیلی، در ناحیه اول تولید می‌باشند و متغیر کود شیمیایی در ناحیه دوم تولید است. همچنین متغیر آبیاری و نیروی کار در ناحیه سوم تولید قرار دارند. مصرف بی‌رویه آب در محصولات کشاورزی همچون انار (Eslami et al., 2012)، گندم آبی (Nalabandi et al., 2014) و برنج (Molaei et al., 2017) نیز دیده می‌شود.

نتایج برآورد قیمت سایه‌ای نشان می‌دهد که هزینه انتشار گاز N_2O بیش‌ترین مقدار (۳۶٪ بیشتر از گاز CO_2) می‌باشد. علی‌رغم اینکه اثر پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از تولید

نهاد، سیاست‌های مالیات بر کود مورد توجه و تحلیل قرار گیرد.

سپاسگزاری

در پایان از آقایان، مهدی رضایی، محمدرضا اکرمی و رحیم سهرابی چوکانلو که کمک شایانی در جهت تکمیل پرسشنامه نمودند، کمال قدرانی و تشکر را داریم.

زعفران قابل توجه می‌باشد، اما میزان این اثر در تولید زعفران نسبت به محصول رایج این منطقه مانند چغندر قند (Soltani et al., 2015) و گندم آب و دیم (Khorram del et al., 2014)، کمتر است. در پایان با توجه به نتایج که نشان‌دهنده‌ی مصرف بی‌رویه‌ی کود شیمیایی است، پیشنهاد می‌شود برای کاهش اثرات زیست‌محیطی نظام تولید زعفران و کاهش مصرف این

منابع

- Aghaei, M., and Rezagholizadeh, M. 2011. Iran's comparative advantage in production of saffron. *Journal of Agricultural Economics and Development (Science and Technology)* 25 (1): 121-132. (In Persian with English Summary).
- Aigner, D.J., and Chu, S.F. 1968. On estimating the industry production function. *The American Economic Review* 58 (4): 826-839.
- Akbari, H., Akbari, Z., and Alireza Loo, A. 2013. A discussion study of comparative advantage of Iranian saffron export. First National Conference on Management and Accounting in the New World of Business, Economics and Culture Ali Abad, Iran, 29 August 2013. (In Persian).
- Bakhtiari, A.A., Hematian, A., and Sharifi, A. 2015. Energy analyses and greenhouse gas emissions assessment for saffron production cycle. *Environmental Science and Pollution Research* 22 (20): 16184-16201.
- Brentrup, F., Kusters, J., Kuhlmann, H., and Lammel, J. 2004. Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment methodology: I. Theoretical concept of a LCA method tailored to crop production. *European Journal of Agronomy* 20 (3): 247-264.
- Christenson, L.R., Jorgenson, D.W., and Lau, L.J. 1971. Conjugate duality and the transcendental logarithmic function. *Econometrica* 39 (4): 255-256.
- Coelli, T., and Perelman, S. 1999. A comparison of parametric and non-parametric distance functions: With application to European railways. *European Journal of Operational Research* 117 (2): 326-339.
- Coelli, T., Perelman, S., and Romano, E. 1999. Accounting for environmental influences in stochastic frontier models: with application to international airlines. *Journal of Productivity Analysis* 11 (3): 251-273.
- Ebrahimi, A., Bouzarjamhari, P., and Razavani Moghaddam, P. 2009. The role of crop cultivation of saffron in rural economy. M.Sc. Thesis, Faculty of Literature and Humanities, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary).
- Eslami, I., Mehrabi, A., Zehtabian, GH., and GHorbani, M. 2012. Estimation of agricultural water demand function in pomegranate gardens in Charkhob Village of Yazd. *Journal of Rangeland and Watershed Management. Iranian Journal of Natural Resources* 66 (1): 17-26. (In Persian).
- Fare, R., Grosskopf, S., Lovell, C.K., and Yaisawarng, S. 1993. Derivation of shadow prices for undesirable outputs: a distance function approach. *The Review of Economics and Statistics* 374-380.
- Fare, R., and Primont, D. 1995. *Multi-output Production and Duality: Theory and Applications*. Kluwer Academic Publishers, Massachusetts.

- Ghorbani, M., Darijani, A.S., Koocheki, A.S., and Motallbi, M. 2008. Estimated environmental costs of greenhouse gas emissions in dairy cattle of Mashhad. *Agricultural Economics and Development* 17 (66): 43-68. (In Persian).
- Griffin, R.C., Montgomery, J.M., and Rister, M.E. 1987. Selecting functional form in production function analysis. *Western Journal of Agricultural Economics* 216-227.
- Grosskopf, S. 1996. Statistical inference and nonparametric efficiency: A selective survey. *Journal of Productivity Analysis* 7 (2): 161-176.
- Halter, A.N., Carter, H.O., and Hocking, J.G. 1957. A Note on the Transcendental Production Function $c_1 x_1 + c_2 x_2 + c_3 x_1 x_2 + c_4 x_1^2 + c_5 x_2^2$. *Journal of Farm Economics* 39 (4): 966-974.
- Huang, H., and Leung, P. 2007. Modeling protected species as an undesirable output: The case of sea turtle interactions in Hawaii's longline fishery. *Journal of Environmental Management* 84 (4): 523-533.
- ISO, I. 2006. 14040: Environmental management—life cycle assessment—principles and framework. London: British Standards Institution.
- Kafi, M., Hemmati Kakhki, A., and Karbasi, A. 2002. History, Economic Significance and Area under Cultivation, Production and Applications of saffron Iran, Technology of Production and Processing. Ferdowsi University Press, Mashhad. p. 21-38. (In Persian).
- Karbasi, A., and Rategaripour, F. 2014. Evaluation of comparative advantage on production and export of saffron. *Saffron Agriculture and Technology Journal* 2 (1): 59-74. (In Persian with English Summary).
- Khanali, M., Elhami, A., and Movahedi, M. 2015. Evaluation of energy and environmental indicators of saffron production in Southern Khorasan Province by Life Cycle Assessment Method (Case Study: Birjand). *International Conference on Science, Engineering and Environmental Technologies*, Tehran, Iran, 15-16 May 2015. (In Persian).
- Khanali, M., Farahani, S.S., Shojaei, H., and Elhami, B. 2017. Life cycle environmental impacts of saffron production in Iran. *Environmental Science and Pollution Research* 24: 4812-4821.
- Khanali, M., Movahedi, M., Yousefi, M., Jahangiri, S., and Khoshnevisan, B., 2016. Investigating energy balance and carbon footprint in saffron cultivation—a case study in Iran. *Journal of Cleaner Production* 115: 162-171.
- Khorramdel, S., Abolhassani, L., and Azam Rahmati, A. 2016. The investigating environmental impact of saffron production system using life cycle assessment method (Case Study: Torbat-e Heydarieh and Qaen). *Saffron Research Journal (Two Quarterly)* 4 (2): 248-292. (In Persian with English Summary).
- Khorramdel, S., and Gholizadegan, E. 2016. Study of greenhouse gas emissions and global warming potential of potato production systems. The first international conference and the 4th National Conference on Environmental Research and Agriculture in Iran, 5 November 2016. (In Persian).
- Khorramdel, S., Rezvani Moghadam, P., Amin Ghafouri, A., and Golizadegan Ehsan Abad, AS. 2014. Life Cycle Assessment (LCA) of wheat production systems in the country. First National Congress on Food Health: Production, Conversion, Consumption, Karaj, Iran, 24 October 2014. (In Persian).
- Khorramdel, S., Rezvani Moghadam, P., and Amin Ghafouri, A. 2017. Economic evaluation of services and functions of saffron production systems in Khorasan Razavi province. *Scientific Journal of Saffron Agriculture and Technology*. (In Persian with English

- Summary).
- Kozehgaran, S., Mousavi Baygi, M., Sanaee Nejad, H., and Behdani M. 2011. Survey the minimum, Average and maximum temperature in South Khorasan to identify areas susceptible to cultivating saffron using GIS. *Water and Soil Journal (Science and Technology)* 25 (4): 895-907. (In Persian with English Summary).
- Mola Filabi, A., Khoramdel, S., Aminghafori, A., and Hosseini, M., 2015. Evaluation of environmental impacts for saffron agroecosystems of Khorasan based on nitrogen fertilizer by using Life Cycle Assessment (LCA). *Journal of Saffron Research* 2 (2): 152-166. (In Persian with English Summary).
- Molaei, M., Hesari, N., and Javanbakht, A. 2017. Estimation of environmental efficiency of input-oriented agricultural products (Case Study: environmental efficiency of rice production). *Journal of Agricultural Economics* 11 (2): 157-172. (In Persian).
- Muthu, S.S. 2014. Assessment of carbon footprint in different industrial sectors (2). Springer Science and Business.
- Najarzadeh, R., Reed, M.R., Saghalian, S.H., Aghaei, M., and Rezagholizadeh, M. 2010. A Study of Iran's Comparative Advantage in Saffron, the Red Gold. Agricultural and Applied Economics Association, In 2010 Annual Meeting, Denver, Colorado (No. 61583), USA, 25-27 July 2010.
- Nalabandi, L., Dashti, GH., and Ajali, J. 2014. Comparative assessment of factors using economy of wheat production in small and large farms of Ahar County. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 23 (2): 85-96. (In Persian with English Summary).
- Nikkhah, A., Emadi, B., and Firouzi, S. 2015. Greenhouse gas emissions footprint of agricultural production in Guilan province of Iran. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 12: 10-14.
- O'Brien, D., Shalloo, L., Crosson, P., Donnellan, T., Farrelly, N., Finnan, J., Hanrahan, K., Lalor, S., Lanigan, G., Thorne, F., and Schulte, R. 2014. An evaluation of the effect of greenhouse gas accounting methods on a marginal abatement cost curve for Irish agricultural greenhouse gas emissions. *Environmental Science and Policy* 39: 107-118.
- Saffron Institute. 2013. Article. Available at website <http://si.torbath.ac.ir/article>
- Sardashi Hatami, Z., Bakhshi, M., and Jami Ahmadi, M. 2014. Economic analysis of saffron production in Southern Khorasan Province. *Ecological Agriculture Magazine* 4 (1): 33-42. (In Persian with English Summary).
- Smith, S.M. 2013. Determining Sample Size. Retrieved February, 23.
- Soltani, A., Bazrgar, A., Koocheki, A., Zeinali, A., Ghaemi, A.S., and Hajjarpour, A. 2015. Life Cycle Assessment (LCA) in different systems in Khorasan. *Journal of Crops Production* 8 (1): 43-62. (In Persian with English Summary).
- Tohidi, Z. 2014. Study of how to plant and harvest saffron in Iran. Third National Conference Scientific and Research Achievements on saffron, Torbat-e Heydarieh, Iran, 5-6 December 2014. (In Persian).
- Tosan, M., Alizadeh, A., Ansari, H., and Rezvani Moghaddam, P. 2015. Performance evaluation identification of susceptible areas of saffron cultivation in Khorasan Razavi province based on temperature indices. *Saffron Agriculture and Technology Journal* 3 (1): 1-12. (In Persian with English Summary).
- International Energy Agency (IEA). 2016. Statistics. Available at Website www.iea.org

Estimating environmental costs of greenhouse gas emissions in saffron production systems (case study: Torbat Hadiriyah)

Amin Nezamoleslami¹, Lili Abolhassani^{2}, Naser Shahnoushi Foroushani³, Alireza Karbasi³ and Dariush Khezrimotlagh⁴*

Submitted: 18 October 2017

Accepted: 26 June 2018

Nezamoleslami, A., Abolhassani, L., Shahnoushi Foroushani, N., Karbasi, A., and Khezrimotlagh, D. 2019. Estimating environmental costs of greenhouse gas emissions in saffron production systems (case study: Torbat Hadiriyah). *Saffron Agronomy & Technology*, 7(2): 245-285.

Abstract

The production of saffron as one of the most expensive agricultural and pharmaceutical products in the world has a high comparative advantage. Considering the importance of producing this product in Iran as an important non-oil export commodity and its role as a strategic, the estimation of the indirect environmental costs associated with the emission of its pollutants is necessary. The purpose of this study was to calculate the environmental costs of greenhouse gas emissions in Saffron farms in the Torbat Hadiriyah township. In order to collect data (such as chemical fertilizers, irrigation, labor, animal manure and gasoline) a questionnaire and face-to-face interviews were used in the crop years 2017 and 2018. To investigate the relationship between good and bad output, the distance function is used as a parametric form of the translog. The results show that global warming potential (GWP) was calculated to be 369/24 kg equivalent to CO₂ per kilogram of saffron straw. Also the environmental cost of greenhouse gases, methane, nitrous oxide and carbon dioxide per hectare, according to a seven-year period, are: 77/888/700, 212/742/820 and 76/289/200 Rials, respectively. In total, the production of saffron over a seven-year period imposes an expense of 366/920/720 million Rials on the environment regarding the emission of greenhouse gases. This is equal to 52/417/240 million Rials for a crop year in per one hectare. About 21% of the income earned per hectare. In the end, it is suggested that the tax policy on fertilizers and soil tillage systems be reviewed and analyzed to reduce the environmental impacts of the saffron production system.

Keywords: Distance function, Global warming potential, Translog.

1 - M.Sc. Student, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

2 - Associate Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

3 - Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

4 - Assistant Professor, Department of Statistics, Miami University, United States of America.

(*Corresponding author Email: l.abolhasani@um.ac.ir)

DOI: 10.22048/jsat.2018.101427.1264