محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره ۷۱ ، شماره۲ ، تابستان ۱۳۹۷
صفحات ۲۵۵ تا ۲۶۸

محاسبه بهره وری سازگار با محیط زیست در بخش کشاورزی

مهساهمائیان[۱] محمدآقاپورصباغی[۲*]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مدیریت کشاورزی،واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی
۲- استادیار گروه مدیریت کشاورزی، گروه مدیریت کشاورزی، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی

(تاریخ دریافت ۹۵/۰۸/۲۲ - تاریخ پذیرش ۹۶/۰۶/۰۵)

چکیده

کشاورزی به طوربالقوه یکی ازمهم‌ترین عواملی است که باعث تخریب محیط زیست می شود. به‌طوری‌که دراکثرمواقع استفاده بی رویه ازکود و سموم شیمیایی برای رسیدن به بهره وری بیشتر در بخش کشاورزی اثرات بد زیست محیطی را به دنبال دارد. لذا در تحقیق حاضر به محاسبه رشد بهره‌وری کشاورزی ایران با در نظر گرفتن اثرات زیست محیطی در دوره زمانی ۹۰-۱۳۷۰ پرداخته شده است. در این مطالعه از روش شاخص مالمکوئیست نهاده‌گرا با استفاده از تابع فاصله و شاخص بهره وری تعدیل‌یافتهٔ سازگار با محیط زیست استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که میزان رشد بهره وری زیست محیطی ۳/۷ درصد و میزان رشد بهره وری معمولی ۳/۲ درصد می‌باشد. در واقع میزان رشد بهره وری زیست محیطی محاسبه شده بیشتر از میزان رشد بهره وری معمولی برآورد گردیده است. این نتیجه نشان می‌دهد که در بررسی بهره وری زیست محیطی علاوه بر این که بهره وری تولید محصولات دارای ارزش بازاری مورد نظر قرار گرفته است، بلکه اهتمام بخش کشاورزی مبنی برکنترل آلاینده های مورد نظر نیز در نظر گرفته شده است. لذا پیشنهاد می‌گردد به منظور اجتناب از برآورد بیش از حد بهره وری همواره اثرات منفی زیست محیطی فعالیت های کشاورزی در محاسبات بهره وری مد نظر قرار گیرند. همچنین یافته ها حاکی از کاهشی بودن نرخ رشد بخش کشاورزی است. این امر به دلیل بیشتر بودن نرخ رشد نهاده موجودی سرمایه نسبت به نرخ رشد محصولات در بخش کشاورزی است. از جمله راه کارهای افزایش این نرخ، جلوگیری از خارج شدن سرمایه از بخش کشاورزی و اولویت بندی سرمایه‌گذاری با هدف افزایش بهره وری است.

کلید واژگان: بهره وری، محیط زیست، شاخص مالمکوئیست نهاده گرا، تابع فاصله

[*]نویسنده مسئول: تلفن: ۰۹۱۲۶۱۴۳۵۲۵ ایمیل: Aghapoor@ut.ac.ir

۱. مقدمه

در طول سالیان متمادی مصرف بی‌رویه نهاده‌های شیمیایی در روند تولید محصولات کشاورزی به دلیل خطرات احتمالی بالفعل و بالقوه آن‌ها، باعث به وجود آمدن نگرانی‌های شدیدی در جامعه بشری گردیده است. هم اکنون این نگرانی با توجه به افزایش سریع جمعیت و نیاز به افزایش تولید، بیش از پیش در جوامع احساس می‌شود. مصرف بیش از حد نهاده‌های شیمیایی (کود و سموم شیمیایی) در روند تولید، زیان‌های بسیاری به محیط زیست و سلامت عمومی وارد کرده است. به‌طورکلی تحقیقات نشان می‌دهد اگرچه مصرف کود و سموم شیمیایی، تولید محصولات‌کشاورزی در جهان را از سال ۱۹۵۰ تا سال ۲۰۰۰ به بیش از ۳ برابر افزایش داد، اما امروزه دیگر از آن به عنوان معجزه تولید یاد نمی‌گردد، زیرا باعث تجمع عناصرسنگین نظیر نیترات درخاک شده، که این امر سبب آلودگی محصولات کشاورزی شده و همچنین منجر به شرکت نمودن عناصر فسفر و نیتروژن در واکنش‌های آب‌های سطحی و تجمع زیادی ترکیبات ازتِ در منابع آب و نیز در اتمسفر شده و موجب تولید گازهای گلخانه‌ای می‌گردد (Pourmohammadsajha *et al*., 2010).

درحال حاضر هر ساله بیش از ۴/۴ میلیون تن،کود و سم شیمیایی درکشور مصرف می‌شود که در مقایسه با رقم ۲/۲ میلیون تنی در سال ۱۳۷۵ افزایش حدود ۱۰۰ درصدی را نشان می‌دهد (Nazemnejad, 2015). بررسی‌ها نشان می‌دهد که میزان کود و سموم که جذب گیاه نشده و سبب آلودگی محیط زیست و کاهش رشد بهره‌وری بخش کشاورزی می‌گردد زیاد می‌باشد. اما نکته قابل‌توجه اینکه تاکنون درمطالعات بیشتر به تاثیر مثبت این نهاده‌ها بر بهره‌وری اشاره شده است، درحالی‌که در محاسبه بهره‌وری به اثرات نامطلوب این نهاده‌ها برسلامت انسان کمترتوجه شده است. لذا ضروری است اثرات زیست محیطی در برآورد میزان رشد بهره‌وری سالانه لحاظ گردد زیرا بین میزان رشد بهره‌وری با توجه به اثرات زیست محیطی و میزان رشد بهره‌وری معمولی تفاوت فراوانی وجود دارد (Javdan *et al*., 2010). در این راستا Rodriguez و همکاران (2016) در مقاله‌ای بر استفاده از الگوهای جدید محاسبه بهره‌وری به‌منظور لحاظ اثرات مخرب زیست محیطی تأکید داشته‌اند. در این مطالعه بهره‌وری کل عوامل تولید کشورهای عضوOECD و G20 در بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۳-۱۹۹۰ مورد محاسبه قرارگرفته است. نتایج این مطالعه بر تفاوت قابل‌ملاحظه بهره‌وری محاسبه‌شده و قیمت سایه‌ای آلاینده‌ها با استفاده از این روش نسبت به روش‌های مرسوم تأکید دارد. Jean Besco (2016) در رساله دکتری خود اشاره می‌کند که استفاده از آمارهایی مانند تولید ناخالص داخلی، ملی و بهره‌وری به تنهایی نمی‌تواند بیانگر رشد واقعی اقتصاد کشورها باشد. لذا در تحقیق خود استفاده از بهره‌وری سبز را به عنوان جایگزینی برای محاسبات فعلی اقتصاد معرفی می‌کند. وی سه روش بهره‌وری منابع طبیعی، بهره‌وری تعدیل یافته زیست محیطی و روش پسماند منابع طبیعی را به عنوان شاخص‌های بهره‌وری سبز مورد استفاده قرار داده است. نتایج نشان می‌دهد که

استفاده از این شاخص‌ها، اعداد کاملاً متفاوتی نسبت به روش‌های مرسوم بهره‌وری حاصل کرده است. Ancev و Azad (2015) به اندازه‌گیری بهره‌وری کارایی تعدیل‌یافته زیست محیطی(EAP)[1] در کشور استرالیا پرداخته‌اند. در این مطالعه از دو شاخص تعدیل‌یافته لامبرگر که مستخرج از تابع تولید است استفاده شده و ۱۷ منطقه زیرکشت آبی به عنوان جامعه آماری در این منطقه مد نظر قرارگرفته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که بهره‌وری وکارایی محاسبه شده در مناطق مختلف تفاوت معنی‌داری با یکدیگر دارند که عمده این تفاوت مربوط به مباحث فنی است. Mariyono (2016) با استفاده از شاخص بهره‌وری تعدیل یافته سازگار با محیط زیست در مورد محصول برنج در کشور اندونزی بر لحاظ اثرات بد زیست محیطی در محاسبات مربوط به بهره‌وری تأکید کرده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که اگر از روش‌های معمول برای محاسبه بهره‌وری استفاده گردد، شاخص‌ها بیش از مقدار واقعی برآورد خواهند شد. به‌منظور جلوگیری از این اشتباه پیشنهاد اصلی این مطالعه بر استفاده از شاخص‌های تعدیل‌شده است.

Shaik و Perrin (2010) به برآورد میزان بهره‌وری زیست محیطی کشاورزی با استفاده از شاخص مالمکوئیست و ترنکوئیست پرداخته‌اند. نتایج نشان داد که پس از محاسبه میزان بهره‌وری با توجه به اثرات زیست محیطی، میزان بهره‌وری کاهش یافته که در واقع این میزان همان بهره‌وری واقعی می‌باشد.

Kumar و همکاران (2009) به مطالعه بهره‌وری در بین ۴۱ کشور توسعه یافته و درحال‌توسعه در بازه زمانی سال‌های ۱۹۹۲-۱۹۷۱ پرداخته‌اند. در این تحقیق میزان انتشار گاز دی اکسید کربن به عنوان یک کالای بد در محاسبه بهره‌وری مدنظر قرارگرفته است.نتایج نشان می‌دهد که میزان بهره‌وری تعدیل‌یافته به میزان ۰/۰۲ درصد در بازه زمانی رشد داشته است. این در حالی است میزان بهره‌وری مرسوم در همین بازه زمانی ۰/۰۲ کاهش نشان می‌دهد. Melfou و همکاران (2007) تحقیقی را درزمینه روش‌های محاسبه بهره‌وری انجام داده‌اند. در این مقاله مقایسه‌ای جامع بین روش‌های مرسوم و تعدیل‌یافته محاسبه بهره‌وری انجام یافته است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که تفاوت قابل ملاحظه‌ای در نتایج محاسبه بهره‌وری از روش‌های مختلف وجود دارد. همچنین در این مطالعه به لحاظ وجود اثرات خارجی در بخش کشاورزی، بر استفاده از الگوهای تعدیل یافته تأکید شده است.

Melfou و Papanagiotou (2003) در تحقیقی به اثرات بد بخش کشاورزی بر محیط زیست اشاره‌کرده‌اند و لزوم در نظر گرفتن این اثرات مضر را در محاسبه بهره‌وری این بخش یادآور شده‌اند. در این مطالعه بهره‌وری کل عوامل تولید کشور یونان در بازه زمانی ۱۹۹۶-۱۹۶۹ با تأکید بر اثرات بد زیست محیطی محاسبه شده است. در این تحقیق از تابع هزینه محدود شده بهره گرفته شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که نرخ رشد بهره‌وری عوامل تولید زمانی که آلودگی‌های زیست محیطی افزایش می‌یابند، بیش‌از حد واقعی و زمانی که این آلودگی

1- Environmental adjusted productivity

توسط قوانین و سرمایه‌گذاری‌ها کاهش می‌یابد، کمتر از حد واقعی برآورد شده است. Shaik و Perrin (1999) به تجزیه وتحلیل غیر پارامتری بهره وری-کشاورزی با توجه به اثرات زیست محیطی در ایالت نبراسکا آمریکاطی سال‌های (۹۴-۱۹۳۶) پرداخته اند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهدکه میزان رشد بهره‌وری با توجه به هزینه اثرات بدزیست‌محیطی، افزایش یافته است و برابر با ۴/۰۲ درصد می‌باشد. اما علی‌رغم انجام مطالعات فراوان درزمینه بهره‌وری در داخل کشور، در هیچ یک از مطالعات انجام‌گرفته درزمینه بهره‌وری بخش کشاورزی مانند Bashiri (2005)، Akbari و Ranjkesh (2005) و Tahamipor و Karbasi (2006) اثرات زیست محیطی لحاظ نشده است. لذا دراین مطالعه موردی،این موضوع مد نظر قرار داده گرفته است. هدف از انجام تحقیق حاضر محاسبه رشد بهره‌وری کشاورزی با درنظرگرفتن اثرات زیست-محیطی می‌باشد.

۲. مواد و روش‌ها

درتحقیق حاضر برای محاسبه میزان بهره‌وری کشاورزی با در نظر گرفتن اثرات زیست‌محیطی، اطلاعات میزان مصرف و قیمت کود و سموم از سایت جهاد کشاورزی بخش هزینه‌های تولید[1]، سایت FAO بخش اطلاعات کود و سم[2] و سالنامه‌های مختلف آماری مرکز آمار ایران[3]، ارزش افزوده زیر بخش‌های کشاورزی (زراعت و باغداری، دام‌پروری، جنگلداری، شیلات) از زیر بخش حساب‌های ملی، سالنامه‌های آماری سؤال‌های مختلف[4] و همچنین اطلاعات مربوط به موجودی سرمایه به تفکیک ماشین آلات وساختمان و تشکیل سرمایه ثابت ناخالص از سایت بانک مرکزی[5]،جمع آوری گردیده است. در این پژوهش هدف محاسبه مقدار واقعی بهره‌وری با در نظر گرفتن اثرات زیست‌محیطی در کشور ایران می‌باشد. یعنی اثرات زیست‌محیطی در محاسبه‌ی بهره‌وری کشاورزی لحاظ گردیده است. برای این منظور از روش شاخص بهره‌وری تعدیل‌یافتهٔ سازگار با محیط زیست استفاده شده است. علت استفاده از شاخص مذکور این است که در روش‌های معمولی محاسبهٔ رشد بهره‌وری عوامل تولید دربخش کشاورزی، در صورتی که تولید بیش از یک محصول در دستورکار قرار بگیرد از شاخص‌هایی مانند مالم‌کوئیست و ترنوکوئیست استفاده می‌شود. اما به دلیل ایجاد مضرات زیست محیطی (ستانده‌های نامطلوب) که هم زمان با تولید محصولات با ارزش بخش کشاورزی (ستاندهٔ مطلوب) عارض می‌شوند، به نظر می‌رسد که اکتفا به شاخص‌های مذکور، جهت ارزیابی تغییرات بهره‌وری بخش کشاورزی گویای رشد واقعی بخش کشاورزی نخواهد بود. به عبارت-دیگر، به دلیل تولید محصولات نامطلوب نظیر انواع کود و سموم،که موجب ایجاد خسارات متعدد در محیط‌زیست می‌گردد،ارزش واقعی تولیدات مطلوب

1-http://dbagri.maj.ir/cost/
2- http://www.fao.org/faostat/en/#data/RF
3-https://salnameh.sci.org.ir/AllUser/DirectoryTreeComplete.aspx
4-https://salnameh.sci.org.ir/TableShow/printversion.aspx
5- http://tsd.cbi.ir/Display/Content.aspx

کمتر از ارزش محاسباتی آن‌ها درشاخص‌های معمولی محاسبهٔ بهره‌وری بخش کشاورزی خواهد بود (Hailu, 2003).

علت این موضوع به وجود مفهومی به نا مقابلیت حذف ضعیف تولیدات نامطلوب در مکاتب اقتصادی برمی‌گردد. عبارت فوق به این معنااست که اگر نهاده‌یx توان تولید میزانی از ستاندهٔ مطلوب را داشته باشد، بنابراین امکان تولید درجهٔکمتری از آن ستانده را نیز دارا است و دراین شرایط هزینه‌ای متوجه تولیدکنندهٔ بخش کشاورزی نخواهد بود. برخلاف ستانده‌های مطلوب،کاهش سطح ستانده‌های نامطلوب، به‌راحتی امکان پذیرنخواهد بود و انجام این مهم هم راه با ایجاد هزینه برای تولیدکنندهٔ بخش کشاورزی است (Esmaili&Mohsenpour.,2010).

در مطالعه حاضر رهیافت تحلیل پوششی داده-ها با تخمین یک تابع تولید مرزی به وسیله داده‌های جمع‌آوری شده برای هر نهاده کارایی را اندازه‌گیری می‌کند.سپس کارایی هرنهاده را ازطریق اندازه‌گیری فاصله میان عملکرد آن نهاده و تابع به دست‌آمده حاصل از بررسی عملکرد همه نهاده‌ها محاسبه‌شده است. در تحقیق حاضر اثرات زیست‌محیطی نیز در تولید بخش کشاورزی لحاظ گردیده است. لذا کارایی فنی هرکدام از نهاده‌ها به‌صورت جداگانه، با استفاده از نرم‌افزار Deap، محاسبه گردیده و درصد مازاد هرکدام از نهاده‌های شیمیایی به عنوان ستانده‌های نامطلوب در نظر گرفته شده است. پس از محاسبه کارایی‌های فنی و به دستآوردن میزان ستانده‌های نامطلوب که در تحقیق حاضر تحت عنوان کالای بد در نظرگرفته شده است، با استفاده از نرم-افزارGAMS، به محاسبه شاخص بهره‌وری معمولی (بدون در نظرگرفتن اثرات زیست محیطی) و بهره-وری تعدیل‌یافته سازگار با محیط‌زیست، پرداخته شده‌است. در این مطالعه به منظورمحاسبهٔ بهره‌وری کل عوامل تولید درطول زمان از شاخص مالم‌کوئیست نهاده‌گرا که با استفاده از تابع مسافت نهاده تعریف می‌گردد، استفاده‌شده است.شاخص مالم کوئیست با استفاده از تابع فاصله به‌صورت رابطه (۱) تبیین شده است.

$$M_0(y_s, x_s, y_t, x_t) = \left[\frac{d_0^s(y_t,x_t)}{d_0^s(y_s,x_s)} \cdot \frac{d_0^t(y_t,x_t)}{d_0^t(y_s,x_s)}\right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

در رابطه (۱) y_t ،y_s ،x_s وx_tبه ترتیب مقدار ستانده و نهاده در دو دوره t و s را نشان می‌دهد. $d_0^s\left(y_t,x_t\right)$ نیز نشان‌دهنده تابع فاصله محصول بر اساس میزان مصرف نهاده دوره t با استفاده از فناوری دوره s می‌باشد. اگر مقدار $M_0 > 1$ باشد نشانگر رشد مثبت بهره‌وری کل طی زمانs تا t می‌باشد و اگر مقدار $M_0 < 1$ باشد نشان‌دهنده‌ی رشد منفی بهره‌وری کل درحرکت ازدورهs به دوره t است. تابعM_0 را به صورت رابطه (۲) نمایش داده شده است.

$$M_0(y_s, x_s, y_t, x_t) = \frac{d_0^s(y_t,x_t)}{d_0^s(y_s,x_s)}, \left[\frac{d_0^s(y_t,x_t)}{d_0^s(y_s,x_s)} \cdot \frac{d_0^t(y_t,x_t)}{d_0^t(y_s,x_s)}\right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

در مطالعه حاضر به منظور برآورد پارامترهای تشکیل‌دهنده تابع مسافت نهاده ازتابع هزینه ترانسلوگ انعطاف پذیر استفاده شده است. فرم ساختاری تابع ترانسلوگ انعطاف پذیر به صورت رابطه (۳) می‌باشد:

$$\ln D(u^{rt}, x^{rt}, t) = \alpha_0 + \sum_{n=1}^{N} \alpha_n \ln x_n^{rt} + \sum_{m=1}^{M} \beta_m \ln u_m^{rt} + \left(\frac{1}{2}\right)\sum_{n=1}^{N}\sum_{n'=1}^{N} \alpha_{nn'} \ln x_n^{rt} \ln x_{n'}^{rt}$$

$$+\left(\frac{1}{2}\right)\sum_{m=1}^{M}\sum_{m'=1}^{M}\beta_{mm'}\ln u_m^{rt}\ln u_{m'}^{rt}+\left(\frac{1}{2}\right)\sum_{n=1}^{N}\sum_{m=1}^{M}\gamma_{nm}\ln x_n^{rt}\ln u_m^{rt}$$
$$+\alpha_t t+\left(\frac{1}{2}\right)\alpha_{tt}\, t^2+\sum_{n=1}^{N}\alpha_{nt}t.\ln x_n^{rt}+\sum_{m=1}^{M}\beta_{mt}t.\ln u_m^{rt}$$

در این تحقیق از رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی در جهت برآورد الگوی فوق استفاده‌شده است. مزیت استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی نسبت به رهیافت اقتصادسنجی،ساده بودن امکان برآورد اجزای سیستماتیک تابع در رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی است. دراین روش، مبنای کاربرحداقل مجموع انحرافات ارزش‌های تابعی از مرز ناشناخته استوار است. استفاده ازاین روش،مقیاس‌های آماری جهت ارزیابی مدل را به همراه ندارد. بااین‌حال، به دلیل این که این روش یک روش بهینه سازی درچهارچوب برنامه‌ریزی ریاضی است، بسیارانعطاف پذیر بوده و به محقق اجازه می‌دهدکه درکنار تساوی معادلات، محدودیت‌های غیرمساوی را نیز لحاظ نماید. اهمیت این موضوع بدین‌جهت است که نحوهٔ عملکرد غیرمتقارن ستانده‌های مطلوب و نامطلوب درتعیین تکنولوژی، به اتخاذ محدودیت‌های غیرمساوی ضعیف در علامت مشتق اول تابع مسافت نهاد هبستگی‌دارد. لذا، دراین مطالعه، به منظور برآورد پارامترهای تشکیل‌دهندهٔ تابع فوق از روش برنامه‌ریزی ریاضی غیرخطی استفاده شده‌است. تمرکز اصلی مدل مورد استفاده بر برآورد پارامترهایی است که مجموع انحرافات ارزش لگاریتمی تابع مسافت را از عدد صفرحداقل می‌نماید. به عبارت‌دیگر، در روش برنامه‌ریزی ریاضی، ضروری است که پارامترهای مورد نظر به ترتیبی برآورد گردد که لگاریتم تابع مسافت مورد نظر دارای ارزش حداقلی باشد. همچنین، در این روش، الزامات یکنواختی، همگنی و تقارن نیز به عنوان محدودیت درمدل وارد می‌شود. علاوه بر این، ارزش تابع مسافت نهاده بایستی بزرگ تر یا برابر اشتراک (پیوستگی) تمامی ترکیبات نهاده و ستاندهٔ مشاهده شده باشدکه این مورد نیز به‌عنوان یک محدودیت دیگر به مدل اضافه می‌شود (Aigner & Chu,1968).

برآورد تابع مسافت نهاده درشرایط استفاده از تکنیک بهینه سازی در رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی به صورت رابطهٔ شمارهٔ (۴) است.

$$Min_{(\alpha,\beta,\gamma)}\sum_T \ln D(u^{rt},x^{rt},t)-\ln 1$$
$$s.t.\ln D(u^{rt},x^{rt},t)\geq 0$$
$$\partial \ln D(u^{rt},x^{rt},t)/\partial x_n^{rt}\geq 0$$
$$\partial \ln D(u^{rt},x^{rt},t)/\partial u_m^{rt}\leq 0$$
$$\partial \ln D(u^{rt},x^{rt},t)/\partial u_{m'}^{rt}\geq 0$$
$$\sum_N \alpha_{nn'}=\sum_N \gamma_{nm}=\sum_N \alpha_{nt}=0\sum_N \alpha_n=1$$

در رابطهٔ فوق، قید اول بیان‌می‌کندکه ارزش تابع مسافت نهادهٔ برآورد شده بایستی بزرگ‌تر یا مساوی یک باشد تا مشاهدات را به کاهش به سمت داخل یا برروی مرز تولید سوق دهد. قید دو مشرط یکنواختی تابع مسافت نهاده را بیان می‌کند که در این صورت بایستی تابع مسافت در مورد نهاده ها غیر کاهشی باشد. قید سوم ابراز لزوم غیر افزایشی بودن تبعیت تابع مسافت از ستانده‌های مطلوب و همچنین، قیدچهارم، شرط غیرکاهشی بودن تابع مسافت از ستانده‌های نامطلوب است. بدین معنی که صرف اضافه کردن نهاده‌های مطلوب یا کاهش نهاده‌های غیر مطلوب نمی‌تواند فاصله از حد بهینه را در تابع مسافت کاهش دهد. وجود قیدهای سوم و چهارم

برای ترکیب عدم تقارن اساسی بین ستانده‌های مطلوب و نامطلوب برای تعیین تکنولوژی تولید مورد نیاز است. عبارت فوق بدین معناست که حذف ستانده‌های مطلوب از چرخهٔ تولید به راحتی امکان‌پذیر وکنترل آلودگی همراه با پرداخت هزینه است. لذا هزینه‌های اضافه کردن تولید یا حذف نهاده‌های نامطلوب در تابع ترانسلوگ یکسان نخواهند بود. قیدپنج موجود همگنی خطی در نهاده‌های بکار برده‌شده و همچنین، قید ششم وضعیت تقارن پارامترها را برای ساختار تابعیت رانسلوگ تضمین می‌نماید (Hailu, 2010). بدین معنی که پارامتر برآوردی α_{mn} برای دو نهاده m و n در الگوی ترانسلوگ دقیقاً برابر با پارامتر برآوردی α_{nm} خواهد بود.

۳. نتایج

در مطالعه حاضر رهیافت تحلیل پوششی داده‌ها با تخمین یک تابع تولید مرزی به وسیله داده‌های جمع‌آوری شده برای هرنهاده،کارایی را اندازه‌گیری می‌کند. سپس کارایی هرنهاده را از طریق اندازه‌گیری فاصله میان عملکرد آن نهاده وتابع به دست آمده حاصل از بررسی عملکرد همه نهاده‌ها محاسبه‌شده است.

نتایج جدول۱نشان‌می‌دهدکه میانگین کارایی فنی درطی سال‌های (۱۳۹۰-۱۳۷۰) تقریباً برابر با ۹۴٪ بوده و میزان حداقل وحداکثرکارایی‌های فنی محاسبه شده به ترتیب معادل ۰/۸۳و ۱ برآوردگردیده است. در تحقیق حاضر اثرات زیست‌محیطی نیز در تولید بخش کشاورزی لحاظ گردیده است لذا کارایی فنی هرکدام از نهاده‌ها محاسبه گردیده و درصد مازاد هرکدام از نهاده‌های شیمیایی به‌عنوان ستانده-های نامطلوب در نظر گرفته‌شده، که نتایج آن در جدول شماره ۲ نشان داده‌شده است.

نهاده‌ی کود و سموم که جذب گیاه نشده و درمحیط-زیست باقی‌می‌ماند و مقدارآن ازطریق محاسبه کارایی فنی هرکدام ازنهاده ها درجدول (۲) برآوردگردیده، به‌عنوان کالای بد، درتابع فاصله مذکور واردشده است و از این طریق اثرات زیست محیطی دراین تابع لحاظ گردیده وضرایب جدول ۳ برآورد شده است.

پس از محاسبه کارایی‌های فنی و به دست آوردن میزان ستانده های نامطلوب که درتحقیق حاضر به عنوان کالای بد درنظرگرفته‌شده است، به محاسبه شاخص بهره وری معمولی (بدون درنظرگرفتن اثرات زیست‌محیطی) وبهره‌وری تعدیل‌یافته سازگار با محیط زیست (EAP)، پرداخته شده است. آن میزان از سپس بار دیگر بدون درنظرگرفتن اثرات زیست‌محیطی درتابع فاصله که از نهاده های نیروی کار،کود (ازته، فسفاته، پتاسه) وسموم (علف‌کش، حشره کش، قارچ‌کش) تشکیل شده است، ضرایب تابع مذکور برآوردگردیده است (جدول ۴).

جدول ۱ : نتایج برآوردکارایی فنی نهاده‌ها

سال	کارایی فنی ثابت	کارایی فنی متغیر	کارایی فنی کل
۱۳۷۰	۱	۱	۱
۱۳۷۱	۱	۱	۱
۱۳۷۲	۱	۱	۱
۱۳۷۳	۰/۹۵	۱	۰/۹۵
۱۳۷۴	۰/۹۴	۰/۹۷	۰/۹۶
۱۳۷۵	۰/۹۶	۰/۹۸	۰/۹۸
۱۳۷۶	۰/۸۹	۰/۹۷	۰/۹۱
۱۳۷۷	۱	۱	۱
۱۳۷۸	۰/۸۸	۱	۰/۸۸
۱۳۷۹	۰/۸۶	۰.۹۹	۰/۸۷
۱۳۸۰	۱	۱	۱
۱۳۸۱	۰/۹۱	۰/۹۷	۰/۹۳
۱۳۸۲	۰/۹۱	۰/۹۷	۰/۹۳
۱۳۸۳	۰/۸۳	۰/۹۴	۰/۸۸
۱۳۸۴	۰/۹۲	۰/۹۷	۰/۹۴
۱۳۸۵	۰/۹۰	۰/۹۶	۰/۹۳
۱۳۸۶	۰/۹۸	۱	۰/۹۸
۱۳۸۷	۰/۸۵	۱	۰/۸۵
۱۳۸۸	۰/۹۱	۱	۰/۹۱
۱۳۸۹	۱	۱	۱
۱۳۹۰	۱	۱	۱

جدول ۲: ***نتایج کارایی‌های فنی نهاده‌ها***

علف‌کش	حشره‌کش	قارچ‌کش	کود ازته	کود فسفاته	کود پتاسه
٪۵۱	٪۲۳	٪۳۴	٪۳۷	٪۳۱	٪۲۵

جدول ۳ : ضرایب تابع مسافت در شرایط در نظر گرفتن تولیدات نامطلوب

پارامتر	ضریب	پارامتر	ضریب	پارامتر	ضریب	پارامتر	ضریب
α_0	-۵۲/۵۸	α_{45}	-۰/۲۶	β_{57}	۰/۵۱	γ_{53}	-۰/۳۹
α_1	-۱۰/۲۴	α_{46}	۰	β_{66}	۰	γ_{54}	۰/۶۳
α_2	۰	α_{47}	۰	β_{67}	۰/۰۰۷	γ_{55}	-۰/۱
α_3	۱/۲۲	α_{48}	۰/۰۵	β_{77}	-۰/۳۶	γ_{56}	۰/۱۱
α_4	-۰/۶۸	α_{55}	-۰/۰۰۲	γ_{11}	۰/۱۵	γ_{57}	-۰/۵۱
α_5	۰	α_{56}	۰/۰۰۳	γ_{12}	-۰/۰۱	γ_{58}	-۰/۰۲
α_6	۰	α_{57}	۰/۵۱	γ_{13}	-۰/۱۳	γ_{61}	-۰/۰۰۲
α_7	-۰/۰۹	α_{58}	۰/۰۴	γ_{14}	۰/۰۳	γ_{62}	۰/۰۰۳
α_8	۱۰/۷۹	α_{66}	۰/۰۱	γ_{15}	۰/۰۳	γ_{63}	۰/۵۱
β_1	۱/۷۵	α_{67}	۰/۰۱	γ_{16}	۰/۰۱	γ_{64}	۰/۰۴
β_2	-۰/۳۹	α_{68}	-۰/۰۳	γ_{17}	۰	γ_{65}	-۰/۰۰۲
β_3	۰/۶۳	α_{77}	۰	γ_{18}	-۰/۱	γ_{66}	۰/۰۰۳
β_4	۰/۰۳	α_{78}	۰	γ_{21}	۰/۱۱	γ_{67}	-۰/۰۱
β_5	-۰/۶	α_{88}	-۱/۰۶	γ_{22}	۰	γ_{68}	۰
β_6	-۰/۰۰۹	β_{11}	-۰/۲۲	γ_{23}	-۰/۳۹	γ_{71}	۰
β_7	۰/۰۸	β_{12}	۰/۰۳	γ_{24}	-۰/۰۳	γ_{72}	۰/۵۲
α_{11}	-۰/۳۶	β_{13}	۰/۱	γ_{25}	-۰/۲۲	γ_{73}	۰
α_{12}	-۰/۰۳	β_{14}	۰/۰۳	γ_{26}	۰/۰۲	γ_{74}	۰
α_{13}	-۰/۳۷	β_{15}	-۰/۰۰۳	γ_{27}	۰/۵۲	γ_{75}	-۰/۵۱
α_{14}	-۰/۰۸	β_{16}	۰	γ_{28}	-۰/۰۱	γ_{76}	-۰/۰۱
α_{15}	۰/۰۱	β_{17}	۰/۰۱	γ_{31}	۰/۴	γ_{77}	-۰/۰۱
α_{16}	۰/۰۱	β_{22}	۰/۰۲	γ_{32}	۰/۳۴	γ_{78}	-۰/۰۱
α_{17}	۰/۰۱	β_{23}	۰/۳۸	γ_{33}	۰/۰۱	α_t	۱/۶۴
α_{18}	۰/۸۲	β_{24}	۰/۰۱	γ_{34}	۰/۲۷	α_{tt}	-۰/۰۱
α_{22}	۰/۰۱	β_{25}	۰/۲۳	γ_{35}	۰/۵۲	α_{1t}	۰/۰۸
α_{23}	۰/۳۳	β_{26}	۰/۰۰۱	γ_{36}	-۰/۰۱	α_{2t}	۰/۰۰۳
α_{24}	۰/۰۱	β_{27}	-۰/۵۲	γ_{37}	۰	α_{3t}	۰/۰۵
α_{25}	۰/۰۱	β_{33}	۰/۰۲	γ_{38}	-۰/۳	α_{4t}	۰/۰۱
α_{26}	۰/۰۱	β_{34}	۰/۲۲	γ_{41}	-۰/۰۱	α_{5t}	-۰/۰۰۳

α_{27}	-۰/۵۲	β_{35}	۰/۰۱	γ_{42}	۰/۰۴	α_{6t}	-۰/۰۰۲
α_{28}	-۰/۰۲	β_{36}	-۰/۰۱	γ_{43}	۰/۳۸	α_{7t}	-۰/۰۰۱
α_{33}	۰/۰۶	β_{37}	-۰/۰۰۳	γ_{44}	۰/۰۰۱	α_{8t}	-۰/۱۴
α_{34}	۰/۲۸	β_{44}	۰/۰۱	γ_{45}	۰/۳۸	β_{1t}	-۰/۰۱
α_{35}	-۰/۵۲	β_{45}	-۰/۲۶	γ_{46}	-۰/۰۱	β_{2t}	-۰/۰۲
α_{36}	-۰/۰۰۰۴	β_{46}	-۰/۰۱	γ_{47}	۰/۰۳	β_{3t}	-۰/۰۷
α_{37}	۰/۰۲	β_{47}	-۰/۰۱	γ_{48}	-۰/۰۱	β_{4t}	-۰/۰۱
α_{38}	۰/۲۲	β_{55}	۰	γ_{51}	۰/۰۱	β_{5t}	-۰/۰۱
α_{44}	۰/۰۱	β_{56}	۰	γ_{52}	-۰/۲۳	β_{6t}	-۰/۰۱

جدول ۴: ضرایب تابع مسافت در شرایط در نظر نگرفتن تولیدات نامطلوب

پارامتر	ضریب	پارامتر	ضریب	پارامتر	ضریب	پارامتر	ضریب
α_0	۴۷/۴۳	α_{18}	۰/۴۴	α_{47}	۰/۰۰۱	γ_{15}	۰/۰۱
α_1	-۵/۲۴	α_{22}	-۰/۰۲	α_{48}	۰/۰۴	γ_{16}	-۰/۰۳
α_2	۰/۵۵	α_{23}	۰/۰۲	α_{55}	۰/۰۰۱	γ_{17}	-۰/۰۰۱
α_3	۰/۴۲	α_{24}	۰/۰۰۱	α_{56}	-۰/۰۰۴	γ_{18}	-۰/۳
α_4	-۰/۶	α_{25}	۰/۰۱	α_{57}	-۰/۰۰۰۲	α_t	۰/۵۴
α_5	۰/۱۴	α_{26}	-۰/۰۰۱	α_{58}	-۰/۰۵	α_{tt}	-۰/۰۲
α_6	-۰/۳	α_{27}	-۰/۰۰۱	α_{66}	۰/۰۰۲	α_{1t}	۰/۱۱
α_7	۰/۰۰۵	α_{28}	-۰/۰۷	α_{67}	۰/۰۰۱	α_{2t}	۰/۰۱
α_8	۶/۰۲	α_{33}	-۰/۰۰۲	α_{68}	۰/۰۹	α_{3t}	۰/۰۱
β_1	۳/۶۶	α_{34}	۰/۰۱	α_{77}	۰/۰۱	α_{4t}	۰/۰۱
α_{11}	-۰/۵۲	α_{35}	۰/۰۱	α_{78}	۰/۰۱	α_{5t}	۰/۰۱
α_{12}	-۰/۰۸	α_{36}	۰/۰۹	α_{88}	-۰/۴	α_{6t}	۰/۰۱
α_{13}	-۰/۰۱	α_{37}	۰/۰۰۰۲	β_{11}	-۰/۱۷	α_{7t}	۰/۰۱
α_{14}	۰/۰۵	α_{38}	۰/۰۳	γ_{11}	-۰/۲۷	α_{8t}	-۰/۰۷
α_{15}	۰/۰۵	α_{44}	-۰/۰۰۴	γ_{12}	-۰/۰۱	β_{1t}	-۰/۰۲
α_{16}	۰/۱۱	α_{45}	۰/۰۱	γ_{13}	-۰/۰۳		
α_{17}	/۰۰۰۱	α_{46}	-۰/۰۰۲	γ_{14}	-۰/۰۹		

حال به دلیل ایجاد مضرات زیست محیطی (ستانده‌های نامطلوب) که هم زمان باتولید محصولات با ارزش بخش کشاورزی (ستاندهٔمطلوب) عارض می‌شوند و با توجه به وجودمفهومی به نام قابلیت حذف ضعیف تولیدات نامطلوب لازم است که بهره‌وری با لحاظ این اثرات محاسبه گردد. نتایج این محاسبات در جدول شماره ۵ ذکرشده است.

جدول۵: میزان رشدانواع بهره‌وری درسریزمانی (۱۳۹۰-۱۳۷۰)

سال	رشد بهره‌وری زیست‌محیطی	رشد بهره‌وری معمولی
۱۳۷۰	۱۰۰	۱۰۰
۱۳۷۱	۹۵/۵	۹۵/۵
۱۳۷۲	۹۲/۸	۹۲/۸
۱۳۷۳	۹۰/۴	۹۰/۱
۱۳۷۴	۸۷/۸	۸۸/۲
۱۳۷۵	۸۱/۱	۸۲/۹
۱۳۷۶	۸۱/۵	۸۲/۶
۱۳۷۷	۷۷/۸	۷۸/۱
۱۳۷۸	۷۳/۵	۷۲/۲
۱۳۷۹	۶۹/۶	۶۷/۹
۱۳۸۰	۶۷/۳	۶۶/۳
۱۳۸۱	۶۳/۱	۶۱/۵
۱۳۸۲	۵۸/۶	۵۶/۵
۱۳۸۳	۵۴/۳	۵۱/۸
۱۳۸۴	۵۰/۴	۴۷/۷
۱۳۸۵	۴۶/۷	۴۴
۱۳۸۶	۴۲/۵	۴۰/۵
۱۳۸۷	۴۱	۳۸/۸
۱۳۸۸	۳۹/۲	۳۷/۴
۱۳۸۹	۳۸/۷	۳۶/۹
۱۳۹۰	۳۷/۷	۳۶

به‌طورکلی نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که رشد بهره‌وری زیست محیطی از میزان رشد بهره‌وری معمولی بیشترمی‌باشد.

۴. بحث و نتیجه گیری

امروزه بهره‌وری به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر بر شرایط اقتصادی کشورها مطرح است. به‌ویژه روند افزایش نرخ جمعیت و کمبود منابع در بخش کشاورزی، ضرورت و اهمیت ارتقاء بهره‌وری عوامل تولید را در این زیر بخش اقتصادی بیش از گذشته نمایان کرده است. از این‌رو در مطالعات متعددی مانند Dashti و همکاران(2015) ، Hosiani و همکاران (2015)، Eslami و همکاران(2015)، Ganbari و همکاران (2014) به بررسی بهره‌وری بخش کشاورزی و عوامل مؤثر بر آن پرداخته‌شده است. از طرفی نیاز به افزایش تولیدات داخلی و جلوگیری از کاهش عملکرد محصولات مختلف موجب شده است که کشاورزان نهاده‌هایی مانند سموم و کودهای شیمیایی را مورد استفاده قرار دهند، بدون اینکه اثرات آن را بر محیط‌زیست در نظر بگیرند. نتایج مطالعات مختلف بیانگر این واقعیت است که محاسبه بهره‌وری عوامل تولید بدون در نظر گرفتن این اثرات موجب تورش نتایج برآوردی خواهد شد.

ازجمله این مطالعات می‌توان بهRodriguez و همکاران (2016)، Jean Besco (2016)،Ancev و Azad (2015)، Mariyono (2013) و Kumar و همکاران(2009) اشاره نمود .از این‌رو در تحقیق حاضر نیز به محاسبه بهره‌وری بخش کشاورزی با ملاحظات زیست محیطی پرداخته‌شده است. به طورکلی نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که محاسبه بهره‌وری با در نظر گرفتن مسائل زیست‌محیطی و بدون در نظر گرفتن این مسائل، نتایج متفاوتی را موجب می‌شود.

این تفاوت در تحقیقات Jean Besco (2016)، Mariyono (2013) و Shaik و Perrin (2010) نیز حاصل‌شده است. مقایسه دو نوع محاسبه بهره‌وری در بخش کشاورزی ایران نشان می‌دهد که رشد بهره‌وری زیست‌محیطی از میزان رشد بهره‌وری معمولی بیشتر می‌باشد. علت این است که درروش محاسبهٔ بهره‌وری زیست محیطی، نه تنها بهره‌وری تولید محصولات دارای ارزش بازاری مورد نظرقرارگرفته است، بلکه اهتمام بخش کشاورزی مبنی برکنترل آلاینده‌های مورد نظر نیز در نظرگرفته شده است. بنابراین، میزان رشد بهره وری محاسبه شده بیشتراز میزان رشد معمولی بهره وری به‌دست‌آمده است.در مطالعاتی مانند Rodriguez و همکاران (2016)، Mariyono (2013) و Kumar و همکاران (2009) نتیجه مشابهی مبنی بر بزرگ‌تر بودن رشد بهره‌وری زیست‌محیطی به دلیل ذکرشده، حاصل‌شده است. از این‌رو با توجه به مصرف زیاد کود و سموم شیمیایی در کشور و ایجاد اثرات منفی زیست‌محیطی در این زیربخش مهم اقتصادی، پیشنهاد اصلی مطالعه حاضر این است که به‌منظور جلوگیری از برآورد بیش‌ازاندازه بهره‌وری بخش کشاورزی، همواره در محاسبات مربوط به بهره‌وری اثرات منفی زیست محیطی به‌عنوان یک کالای بد در نظر گرفته شود. زیرا بین میزان رشد بهره‌وری با توجه به اثرات زیست‌محیطی تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای با میزان رشد بهره‌وری معمولی وجوددارد.

همچنین نتایج تحقیق حاضرنشان می‌دهدکه

بهره‌وری کشاورزی دارای رشد مثبت با نرخ کاهنده بوده‌است. رشد بهره‌وری از تفاضل رشد تولید (ارزش افزوده) با رشد نهاده‌ها به دست می‌آید. حال چون ارزش موجودی سرمایه که به عنوان یک نهاده کلیدی و در ارتباط با تغییرات فناوری که جزئی از رشد بهره‌وری می‌باشد با رشد بسیار فزاینده‌تر از ارزش افزوده بخش کشاورزی افزایش یافته است، نرخ رشد بهره‌وری کاهنده برآورد گردیده است. این نتایج با مطالعات Coelli و Rao (2003)، Tahamipor و Shahmoradi (2004)، Shaik و Perrin (2010) مطابقت دارد. با توجه به اهمیت نهاده سرمایه در به وجود آمدن این نرخ کاهنده، پیشنهاد می‌گردد با اجرای سیاست‌هایی مانند جلوگیری از خروج سرمایه از زیربخش کشاورزی و اولویت‌بندی سرمایه‌گذاری در زیربخش‌های مختلف با تأکید بر رشد بهره وری زیست‌محیطی، زمینه افزایش بهره وری در بخش کشاورزی کشور فراهم گردد.

References

Aigner, D.J.,Chu, F., 1968. On Estimating the Industry production. American Economicreview 4, 826-839.

Akbari,N.,Ranjkesh,M.,2003. Survey of total factor productivity in Iran agriculture sector in 1966-1996. Journal of agriculture economic and development 43,10-22.(In Persian)

Ancev, T., Azad, S.,2015. Environmentally adjusted productivity and efficiency measurement: A new direction for the Luenberger productivity indicator. Selected Paper prepared for presentation at Agricultural & Applied Economics Association and Western Agricultural Economics Association Annual Meeting, San Francisco, CA. pp.1-39

Bashiri,A., 2005. Measurement of agricultural productivity in Iran's provinces. Productivity and development first conference. Tehran .pp.65-78. (In Persian)

Coelli, T. J., Rao, D.S.P., 2003.Total factor productivity growth in agriculture: A Malmquist index analysis of 193 countries. Centre for Efficiency and Productivity Analysis. School of Economics, University of Queensland. St Lucia. Australia. Working paper: 69, 30 p

Dashti, G., Negahban, S., Hayati, B., 2015. Relation between production factor productivity and agricultural sustainability in potato land in Ardabil province. Agricultural science and sustainable production 32, 99-111. (In Persian)

Esmaili, M., 2014. Survey relation agricultural subsidies and productivity shocks with emphasize on agronomy and horticulture subsectors. Economic of agricultural researches 7,187-204. (In Persian)

Esmaili,A.,Mohsenpour,R., 2010. Determine of air pollutershadow price.Journal of Economic research 4,69-86. (In Persian)

Hailu, A., 2003. Pollution abatement and productivity performance of Regional Canadian pulp and paper industries. Journal of forest economics 12, 5-25.

Ganbari, A., KhaksarAstaneh, S., KhaksarAstaneh, H., 2014. Survey factors affected energy productivity in Iran agricultural sector. Agricultural economic research 1, 1-22. (In Persian)

Hosiani, S., Shahbazi, H., Abasifard, A., 2015. Survey of researches effects on

productivity.Productivity management 9, 47-67. (In Persian)

Javdan,A., Pakravan,M., Mehrabiboshrabadi, H., 2010. Use of chemical fertilizer and that's trend in Iran. First congressproblemof fertilizer, Tehran.pp. 210-224. (In Persian)

Jean Besco, L.,2016. Incorporating green productivity into the policy cycle and legal instrument choice frameworks to address legal commitments to sustainability. A thesis submitted for the Doctorate in Philosophy degree in Law, University of Ottawa.pp. 1- 291.

Kumar, K., Surender, D.,Madhu, K.,2009. Measurement of environmental efficiency and productivity: a cross-country analysis. Environment and Development Economics, 14, 473-495.

Mariyono, J.,2013. Environmental adjusted productivity growth of Indonesian rice production. Journal of Indonesian Economy and Business,28, 1-22.

Melfou, K., Papanagiotou, E., 2007.Total factor productivity adjusted for a detrimental input. Agricultural economic review, 4,5-18.

Melfou, K., Theocharopoulos,A., Papanagiotou, E., 2007. Total factor productivity and sustainable agricultural development. Economics and rural development, 3(1), 1822-3346.

Nazemnejad, M., 2015. Cost-Benefit analysis of two management methods of rice cultivation in the Eastern of Mazandaran province. Submitted For Partial Fulfillment of Requirement for Degree of Master of Science in Promoting organic farming, Ministry of Science, research and technology education complex of Mazandaran Jihad Agriculture, 14 p. (In Persian)

Pourmohammadsajha, F., Razikordmahale,l., Esmaile, L., 2010. Survey of chemical fertilizer environmental problems. First agriculture student conference.pp.12-34.(In Persian)

Rodriguez, C., Hasicic, M., Souchier, M., 2016. Environmentally Adjusted Multifactor Productivity: Methodology and Empirical Results for OECD and G20 Countries. OECD green growth Papers, OECD Publishing, Paris,4, pp. 1-77.

Shaik, P., Perrin, R., 1999. Non-parametric environmental adjusted productivity (EAP) Measures: Nebraska agriculture sector. Report number:23, 24 p.

Shaik, S., Perrin, R., 2010.The Role of Non-parametric Approach in Adjusting Productivity Measures for Environmental Impacts. PHD Thesis. Economic of environmental group. University of Nebraska, The Lincoln,153 p.

Tahamipor,M.,Karbasi,A., 2006. Survey of productivity growth in Iran's agriculture. Conference of Iran's economy with emphasize on low income group, Ministry of economic and assert, Iran.pp.34-51. (In Persian)

Tahamipor,M.,Shahmoradi,M., 2004. Total factor productivity measurement in agriculture and that's share of add value. Journal of agriculture economic and development 39, 21-35. (In Persian)