علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره هشت، آبان ماه ۹۹

برآورد ارزش سایه‌ای و هزینه‌های جانبی شوری‌آب زیرزمینی در بخش کشاورزی

فاطمه ابوالقاسمی [۱]

حامد نجفی علمدارلو [*۲]

Hamed_najafi@modares.ac.ir

سیدابوالقاسم مرتضوی [۳]

تاریخ دریافت: ۹۸/۱/۲۸ **تاریخ پذیرش: ۹۸/۵/۱۶**

چکیده

زمینه و هدف: رشد بهره‌برداری از منابع آبی جهت تأمین مصارف کشاورزی منجر به برداشت بی‌رویه از آبخوان‌ها و کاهش سطح آب زیرزمینی کشور شده است. این مسئله با انتشار پساب‌های آلاینده در محیط زیست باعث افزایش شوری شده و قدرت تولیدی مزارع کشاورزی را با تهدید جدی روبرو ساخته است. از این رو اندازه‌گیری هزینه‌های آلودگی ناشی از تولید محصولات مختلف و تعیین ارزش سایه‌ای آلاینده‌ها بسیار حائز اهمیت است. برای این منظور در پژوهش حاضر با استفاده از آمارهای بخش کشاورزی در استان‌های مختلف در دورهٔ زمانی ۱۳۹۴-۱۳۷۹ به محاسبهٔ ارزش سایه‌ای شوری آب زیرزمینی ایران پرداخته شده است.

روش بررسی: در این راستا ابتدا تابع فاصله ستانده جهت‌دار در فرم تبعی درجه دوم تصریح شد و با رویکرد برنامه‌ریزی ریاضی برآورد شد. در ادامه میزان ناکارایی تکنیکی زیست محیطی استان‌ها در فعالیت کشاورزی ارزیابی شده و نهایتا ارزش سایه‌ای شوری آب زیرزمینی برآورد شد.

یافته‌ها: نتایج نشان می‌دهد که استان‌های کشور از لحاظ میزان ناکارایی تکنیکی شرایط متفاوتی دارند. متوسط ارزش تابع فاصله ستانده جهت‌دار ایران برابر با ۰/۲۲۸ می‌باشد. همچنین میانگین ارزش سایه‌ای شوری آب زیرزمینی ایران برابر با ۰/۲۷۸ میلیارد ریال به ازای هر میکروزیمنس بر سانتی‌متر است.

بحث و نتیجه‌گیری: پیشنهاد می‌شود که سیاست‌های دولت برای کنترل شوری آب زیرزمینی با توجه به ویژگی‌های هر منطقه تدوین و اجرا شود و اولویت با استان‌هایی باشد که قیمت سایه‌ای در آن‌ها کمتر است.

واژه‌های کلیدی: شوری آب زیرزمینی، هزینه‌های خارجی، تابع فاصله ستانده جهت‌دار.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد اقتصادکشاورزی، دانشگاه تربیت‌مدرس، تهران، ایران.

۲- دانشیار گروه اقتصادکشاورزی، دانشگاه تربیت‌مدرس، تهران، ایران. *(مسوول مکاتبات).

۳- دانشیار گروه اقتصادکشاورزی، دانشگاه تربیت‌مدرس، تهران، ایران.

J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.8, October, 2020

Estimation of Shadow Price and External Cost of Groundwater Salinity in Agricultural Sector

Fatemeh Abolghasemi[1]

Hamed Najafi Alamdarlo[2*]

Hamed_najafi@modares.ac.ir

Seyed Abolghasem Mortazavi[3]

Admission Date:August 7, 2019 Date Received: April 17, 2019

Abstract

Background and Objective: The use of groundwater resources for agricultural purposes has led to an excessive withdrawal of aquifers and a reduction in groundwater levels in Iran. This issue has increased the salinity and has seriously threatened the agricultural production farms. Therefore, it is important to measure the cost of pollution caused by the production of different products and determine their shadow value. For this purpose, the shadow price of groundwater salinity in different provinces has been estimated during the period of 1964-1999.

Method: In this study, directional output distance function in the quadratic form was used to determine the environmental efficiency and shadow price of groundwater salinity.

Findings: The technical inefficiency and shadow value of salinity of the provinces was estimated in the agricultural activity. The results show that the provinces of the country have different conditions in terms of technical inefficiency. The average value of the directional output distance function of Iran is 0.228. Also, the average shadow value of salinity in the groundwater of Iran is 0.278 billion Rials per µS⁄cm.

Discussion and Conclusion: It is suggested that policies should be developed to control the salinity of groundwater, taking into account the characteristics of each region, and priority should be given to provinces with less shadow prices.

Key words: Groundwater Salinity, External Costs, Directional Output Distance Function.

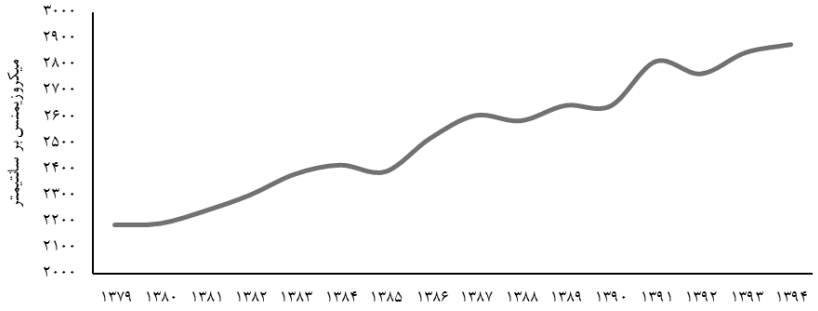
1- M.Sc., Agricultural Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

2- Associate Professor of Agricultural Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran* (Corresponding Author).

3- Associate Professor of Agricultural Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

مقدمه

بخش کشاورزی مانند سایر بخش‌های اقتصادی علاوه بر خلق خروجی‌های مطلوب در فرآیند تولید، سبب ایجاد آلاینده‌های مختلف می‌شود. این آلاینده‌های جانبی که در متون، تحت عنوان خروجی‌های نامطلوب شناخته می‌شوند، اثرات منفی متعددی بر محیط زیست و پایداری توسعه بر جای می‌گذارند (۱). یکی از رایج‌ترین نوع آلودگی در بخش کشاورزی، آلودگی غیرنقطه‌ای (nonpoint pollution) است که مشخصهٔ اصلی آن‌ها عدم شناسایی دقیق منشأ ایجاد و نشر آلودگی می‌باشد (۴-۲). یکی از مهم‌ترین نوع آلودگی‌های غیرنقطه‌ای در بخش کشاورزی، پدیدهٔ شوری است که کیفیت منابع آب و خاک کشور را به شدت تهدید می‌نماید. در سال‌های اخیر، از یک طرف به سبب مصرف بیش از حد منابع آب زیرزمینی و سطحی متوسط سطح آب آبخوان‌های کشور کاهش یافته (۵). از طرف دیگر، استفاده از آفت‌کش‌ها و سموم شیمیایی در فرآیند تولید، رو به افزایش است. از این رو، پساب‌های آلاینده به منابع آب نفوذ کرده که منجر به آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی شده است (۶، ۷). نمودار ۱ روند رشد میزان متوسط شوری منابع آب زیرزمینی را در دورهٔ زمانی ۱۳۷۹-۱۳۹۴ در کشور نشان می‌دهد (۵).



نمودار ۱- متوسط شوری آب زیرزمینی ایران (شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۹۶)

Figure1. Average of groundwater salinity in Iran

پس از آبیاری مزارع با آب شور موجود در این منابع، خاک موجود در اراضی کشاورزی شور می‌شود. غلظت بالای نمک در خاک موجب جلوگیری از جذب آب توسط گیاهان شده و سرعت رشد گیاهان و عملکرد محصول را به شدت کاهش می‌دهد (۸، ۹). بر اساس آمارهای ارائه شده از سوی سیستم اطلاعات جهانی آب[1] و سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد[2]، ایران از لحاظ مقدار اراضی شور شده توسط آبیاری (میلیون هکتار) در جایگاه ششم جهان و از لحاظ درصد مساحت آبی شور شده توسط آبیاری، پس از کشورهای ازبکستان، عراق، پاکستان و ترکیه در جایگاه پنجم جهان قرار دارد. این مهم بیانگر وضعیت بحرانی آبیاری اراضی فاریاب در کشور می‌باشد.

افزایش غلظت نمک در منابع آب زیرزمینی کشور که نوعی خروجی نامطلوب محسوب می‌شود، جامعه را متحمل هزینه‌های اضافی می‌کند. برای جبران این هزینه‌ها بخش عمومی بایستی سیاست‌هایی را اجرا نماید (۱۰). هزینهٔ نهایی کاهش آلودگی به هزینه‌هایی اشاره دارد که به حذف یک واحد اضافی خروجی نامطلوب مربوط می‌شود و به طور معمول با کاهش در سطح خروجی نامطلوب، میزان این هزینه تمایل به افزایش دارد. یکی از روش‌های مهم برای تخمین هزینهٔ نهایی کاهش آلودگی خروجی‌های نامطلوب محاسبهٔ قیمت سایه‌ای می‌باشد (۱۱، ۱۲). به عبارت دیگر این قیمت می‌تواند به عنوان یک هزینهٔ فرصت از دست رفته جهت کاهش یک واحد اضافی خروجی نامطلوب تفسیر شود (۱۳).

1- AQUASTAT
2- FAO

از طرف دیگر در صورتی که در ارزیابی عملکرد بخش‌های اقتصادی ملاحظات زیست‌محیطی مد نظر قرار نگیرد، عملکرد اقتصادی آن‌ها در مقایسه با بخش‌هایی که برای پیشگیری از آلودگی هزینه صرف کرده‌اند، کمتر از مقدار واقعی برآورد می‌گردد (۱۴). بر این اساس همواره محققان مختلف بر ضرورت توجه به محاسبهٔ کارایی تولید با لحاظ ملاحظات زیست‌محیطی تأکید می‌کنند. در رابطه با برآورد قیمت سایه‌ای ستانده‌های نامطلوب در فرآیند تولید و ارزیابی کارایی زیست‌محیطی در داخل و خارج از کشور مطالعات متعددی به انجام رسیده است. مولایی و ثانی (۲۰۱۶) در پژوهشی با استفاده از روش پارامتری تابع فاصله ستانده، قیمت سایه‌ای آلاینده‌های گاوداری‌های شیری شهرستان سراب را محاسبه نمودند (۱۵). پارسا و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهش خود با استفاده از روش توابع فاصله‌ای هذلولی پارامتری به بررسی و تجزیه و تحلیل کارایی زیست‌محیطی و انرژی استان‌های ایران پرداختند (۱۶). علی‌پور و همکاران (۲۰۱۴) به محاسبهٔ قیمت سایه‌ای انتشار گاز دی اکسید کربن در بخش کشاورزی ایران پرداختند (۱۷). شهیکی‌تاش و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی و تابع فاصله جهت‌دار به بررسی کارایی زیست محیطی صنایع تولید فلزات اساسی ایران پرداختند (۱۸). موسوی و شاکری (۲۰۱۴) با به کارگیری الگوی مرزی تصادفی مسافت به برآورد قیمت سایه ای آلاینده های زیست‌محیطی CO_2، NO_x و SO_2 که در اثر سوخت های فسیلی مصرف شده در بخش حمل و نقل ایران منتشر می شوند، پرداختند (۱۹). علاوه بر این مطالعات، در داخل کشور می‌توان به مطالعهٔ جعفرنیا و اسماعیلی (۲۰۱۳)(۲۰)، رضایی و همکاران (۲۰۱۳)، اسماعیلی و محسن-پور (۲۰۱۳) و نجفی علمدارلو (۲۰۱۸) اشاره کرد (۲۳-۲۰). در پژوهش‌های خارجی نیز وانگ و همکاران[1] (۲۰۱۷) در پژوهشی با عنوان «قیمت سایه‌ای انتشار دی اکسید کربن در صنعت آهن و فولاد چین» با استفاده از آمار و اطلاعات مربوط به سال ۲۰۱۴ شرکت‌های فعال در صنعت تولید آهن و فولاد، تابع فاصله ستانده جهت‌دار را در فرم تبعی درجه دوم برآورد نمودند (۲۴). تانگ[2] و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی به تخمین قیمت سایه‌ای و میزان کاهش بالقوهٔ آلاینده‌های بخش کشاورزی چین پرداختند (۲۵). مولینیوس سنانت[3] و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای با به کارگیری تابع فاصله جهت‌دار در فرم تبعی درجه دوم به برآورد هزینه‌های زیست‌محیطی ناشی از نشت در سیستم‌های توزیع آب شیلی پرداختند (۲۶). رکا و اسکاسنی[4] (۲۰۱۵) به برآورد قیمت‌های سایه‌ای آلایندهٔ SO_2 برای ۳۶ بخش صنعتی کشور چک پرداختند (۲۷). دانگ و مورگن[5] (۲۰۱۴) به برآورد قیمت سایه‌ای آلاینده‌های مختلف در ۱۹ کشور عضو سازمان همکاری و توسعهٔ اقتصادی (OECD) پرداختند (۲۸). فار[6] و همکاران (۲۰۰۶) در مطالعه‌ای به اندازه‌گیری میزان ناکارایی تولید، هزینه‌های مرتبط با آلودگی‌ها و قیمت‌های سایه‌ای خروجی‌های نامطلوب غیربازاری که در فرآیند تولید در بخش کشاورزی آمریکا ایجاد می‌شود، پرداختند (۲۹). با توجه به اینکه، پیش‌زمینهٔ تدوین و اجرای هرگونه سیاست زیست‌محیطی به منظور جلوگیری از افزایش میزان شوری و تخریب کیفی منابع آب زیرزمینی، تعیین هزینه نهایی کاهش آلودگی می‌باشد، در پژوهش حاضر به دلیل خلاء مطالعاتی موجود در کشور میزان این هزینه، از طریق برآورد قیمت سایه‌ای شوری آب زیرزمینی در بخش کشاورزی ایران محاسبه خواهد شد. علاوه بر این، پژوهش پیش رو ارزیابی کارایی زیست‌محیطی و برآورد میزان منافع و هزینه‌های خارجی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی را در استان‌های مختلف کشور به عنوان هدف دنبال می‌کند.

مواد و روش‌ها

نخستین‌بار پیتمن[7] (۱۹۸۱ و ۱۹۸۳) از لحاظ نظری ضرورت توجه به خروجی‌های نامطلوب را در ارزیابی کارایی و بهره‌وری بنگاه‌های تولیدی که در معرض قوانین و مقررات زیست‌محیطی

1- Wang

2- Tang
3- Molinos-Senante
4- Rečka and Ščasny
5- Dang and Mourougane
6- Fare
7- Pittman

قرار دارند، مورد توجه قرار داده است (۳۰، ۳۱). ارزیابی قیمت سایه‌ای خروجی‌های نامطلوب می‌تواند از طریق روش‌ها و رویکردهای مختلفی صورت گیرد. یکی از این روش‌ها که در مطالعات بسیاری مورد توجه قرار گرفته است، استفاده از قیمت بازاری ستانده‌های مطلوب و به کارگیری توابع فاصله و نظریهٔ دوگان می‌باشد. برای این منظور محققان با تدوین الگوهای پارامتریک و ناپارامتریک به تعیین قیمت سایه‌ای ستانده‌های نامطلوب پرداختند (۶، ۲۶، ۳۲). تابع فاصله ارتباط تکنیکی میان خروجی‌های مطلوب و نامطلوب را نشان می‌دهد و بیانگر فاصلهٔ نسبی ترکیبات مختلف ستانده – نهاده از مرز منحنی امکانات تولید، تحت تکنولوژی معین است (۳۳). برای بیان تابع فاصله ستانده جهت‌دار ($\vec{D}_0(x,y,u;g_y,-g_u)$) بردار جهت‌دار $g=(g_y,g_u)$ را در نظر بگیرید که در راستای آن ستانده مطلوب y، افزایش و ستانده نامطلوب u کاهش می‌یابد. با استفاده از این بردار، تابع فاصله ستانده جهت‌دار به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\vec{D}_0(x,y,u;g_y,-g_u) = max\{\beta:(y+\beta g_y,u-\beta g_u)\in P(x)\} \quad (۱)$$

این تابع به دنبال آن است تا با توجه به مجموعه امکانات تولید، به طور همزمان خروجی نامطلوب را کاهش و خروجی مطلوب را افزایش دهد، به طوری که مماس با کرانه مجموعه امکانات تولید قرار گیرد. بر این اساس، اگر اندیس $j=1,...,J$ بیانگر واحدهای تولیدی (استان‌های کشور) و همچنین اندیس $t=1,...,T$ نیز نشان‌دهندهٔ سال‌های مورد بررسی باشند، تابع فاصله ستانده جهت‌دار در فرم تبعی درجه دوم و با لحاظ بردار جهت‌دار $g=(1,-1)$ به صورت زیر خواهد بود:

$$\begin{aligned}\vec{D}_0^t(x_j^t,y_j^t,u_j^t;1,-1) &= \alpha_0+\sum_{n=1}^{4}\alpha_n x_{nj}^t+\beta_1 y_j^t+\gamma_1 u_j^t+\frac{1}{2}\sum_{n=1}^{4}\sum_{n'=1}^{4}\alpha_{nn'}x_{nj}^t x_{n'j}^t+\frac{1}{2}\beta_2 y_j^t y_j^t \\ &+\frac{1}{2}\gamma_2 u_j^t u_j^t+\sum_{n=1}^{4}\delta_n x_{nj}^t y_j^t+\sum_{n=1}^{4}\eta_n x_{nj}^t u_j^t+\mu y_j^t u_j^t\end{aligned} \quad (۲)$$

در الگوی بالا، y_j^t تولید ناخالص داخلی بخش کشاورزی به ارزش ثابت سال ۱۳۸۳ (میلیارد ریال) به عنوان خروجی مطلوب، u_j^t میزان شوری آب زیرزمینی (میکروزیمنس بر سانتیمتر) به عنوان خروجی نامطلوب، x_{1j}^t میزان اراضی زیرکشت در بخش کشاورزی (هزار هکتار)، x_{2j}^t نیروی کار شاغل در بخش کشاورزی (هزار نفر)، x_{3j}^t موجودی سرمایه خالص بخش کشاورزی به ارزش ثابت سال ۱۳۸۳ (میلیارد ریال) و x_{4j}^t میزان انرژی مصرف شده در بخش کشاورزی (تراژول) می‌باشند. به منظور برآورد پارامترهای توابع فاصله ستانده جهت‌دار می‌توان از دو رویکرد متفاوت شامل روش‌های مرزی قطعی[1] و یا روش‌های مرزی تصادفی[2] استفاده نمود. در مطالعه حاضر مطابق با پژوهش فار و همکاران (۲۰۰۵) از رویکرد مرزی قطعی استفاده خواهد شد که پارامترهای تابع فاصله ستانده جهت‌دار را با استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی برآورد می‌کند (۳۴، ۶، ۱۳). برای این منظور مجموع انحرافات بین تابع فاصلهٔ ستانده جهت‌دار واحدهای تولیدی و مرز تولید در هر دورهٔ زمانی حداقل خواهد شد.در ادامه برای محاسبه قیمت سایه‌ای بایستی مشتقات جزئی تابع نسبت به مقدار خروجی‌های مطلوب و نامطلوب محاسبه گردد. برای برآورد میزان ناکارایی تکنیکی بخش کشاورزی ایران، مقدار عددی تابع فاصلهٔ ستانده جهت‌دار با استفاده از مقادیر مشاهده شدهٔ نهاده‌ها و ستانده‌ها محاسبه می‌شود. این مقدار به عنوان معیاری برای ارزیابی میزان ناکارایی تکنیکی استان‌های ایران در تولید بخش کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۳).

1- Deterministic frontier methods
2- Stochastic frontier methods

به منظور انجام تحقیق حاضر،آمار تولید ناخالص داخلی بخش کشاورزی به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳ از حساب‌های منطقه‌ای سازمان آمار، میزان شوری آب زیرزمینی ایران از شرکت مدیریت منابع آب، اطلاعات مربوط به سطوح زیرکشت کشاورزی از سالنامه‌های آماری وزارت جهاد کشاورزی، آمارهای تعداد نیروی کار شاغل در بخش کشاورزی از گزارش‌های طرح آمارگیری نیروی کار سازمان آمار، موجودی سرمایه خالص بخش کشاورزی به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳ از بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران و میزان مصرف انرژی بخش کشاورزی از ترازنامه انرژی وزارت نیرو برای دورهٔ زمانی ۱۳۷۹-۱۳۹۴ جمع‌آوری شده است.

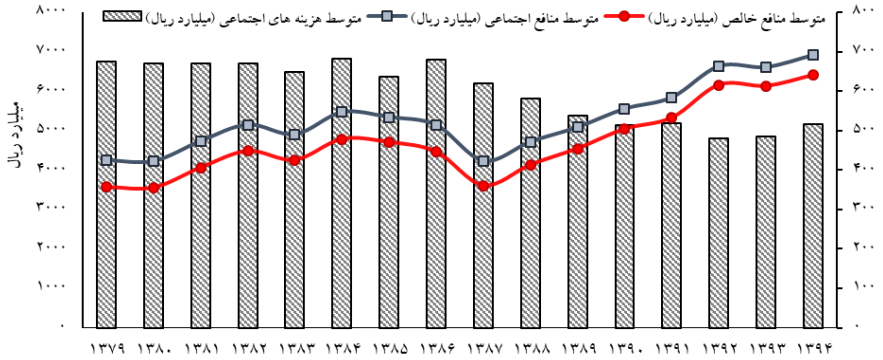
یافته‌ها

در این بخش ارزش تابع فاصلهٔ ستانده جهت‌دار، قیمت سایه‌ای شوری آب زیرزمینی، هزینه‌های خارجی، نسبت هزینه‌های خارجی به منافع خارجی و منافع خالص ناشی از فعالیت‌های بخش کشاورزی محاسبه شده است. اندازهٔ عددی تابع فاصلهٔ ستانده جهت‌دار به عنوان معیاری برای سنجش میزان ناکارایی تکنیکی استان های ایران در تولید بخش کشاورزی مطرح می‌باشد. همان‌طور که بیان شد، در صورتی که ارزش تابع فاصلهٔ ستانده جهت‌دار به عدد صفر نزدیک‌تر باشد، به معنی فاصلهٔ کمتر تا مرز کارایی خواهد بود. با محاسبهٔ تابع فاصلهٔ ستانده جهت‌دار برای هر یک از مشاهدات، می‌توان میزان انبساط در ستاندهٔ مطلوب و میزان انقباض در ستاندهٔ نامطلوب را بدست آورد. متوسط ارزش تابع فاصلهٔ ستانده جهت‌دار برای ایران ۰/۲۲۸ و انحراف معیار برابر با ۰/۱۷۵ بوده است. بر این اساس ایران قابلیت این را دارد که با فرض ثابت نگه داشتن مصرف نهاده‌ها، مقدار ارزش افزودهٔ بخش کشاورزی را به اندازهٔ ۱۳۵۴ میلیارد ریال (۵۹۴۸×۰/۲۲۸) افزایش و به طور همزمان میزان شوری آب زیرزمینی را به اندازهٔ ۵۷۵ میکروزیمنس بر سانتی‌متر (۲۵۲۵×۰/۲۲۸-) کاهش دهد تا بر روی مرز کارایی قرار گیرد. حداکثر مقدار تابع فاصلهٔ ستانده جهت‌دار مربوط به استان فارس در سال ۱۳۹۰ (۰/۹۹۶) و مقدار حداقل تابع فاصلهٔ ستانده جهت دار نیز مربوط به استان کهگیلویه و بویراحمد در سال ۱۳۹۲ (۰/۰۰۲) بوده است که بیانگر فاصلهٔ بسیار کم این استان تا مرز کارایی تکنیکی می‌باشد. بر اساس این نتیجه می‌توان بیان کرد که استان چهار محال و بختیاری در سال ۱۳۹۲ با توجه به میزان مصرف نهاده‌ها و تولید ستانده ها، بهترین عملکرد را در حفظ کیفیت منابع آب زیرزمینی داشته است.

بر اساس نتایج متوسط قیمت سایه‌ای شوری آب زیرزمینی ایران (میانگین ۴۸۰ مشاهده) برابر با ۰/۲۷۸ و انحراف معیار آن معادل ۰/۲۰۴ میلیارد ریال به ازای هر میکروزیمنس بر سانتی‌متر می‌باشد. در میان مشاهدات مورد بررسی استان خراسان رضوی در سال ۱۳۸۴ دارای بیشترین قیمت سایه‌ای (۱/۲۸۶ میلیارد ریال به ازای هر میکروزیمنس بر سانتی‌متر) و استان بوشهر در سال ۱۳۹۴ دارای حداقل قیمت سایه‌ای بوده‌اند. پس از محاسبهٔ قیمت سایه‌ای شوری آب زیرزمینی و با توجه به مقدار ستاندهٔ نامطلوب، هزینه‌های خارجی محاسبه شده است. میانگین هزینه‌های خارجی بخش کشاورزی ایران برابر با ۵۹۹ میلیارد ریال بوده است و با توجه به میانگین منافع خارجی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی ایران (ارزش افزودهٔ بخش کشاورزی) می‌توان منافع خالص به‌دست آمده از بخش کشاورزی را محاسبه نمود. مقدار میانگین منافع خالص که از کسر میانگین هزینه های خارجی بخش کشاورزی از متوسط منافع خارجی محاسبه می‌شود، برابر با ۵۳۴۳ میلیارد ریال بوده است. متوسط نسبت هزینه‌های خارجی به منافع خارجی در کشور ۱۱/۶۳ درصد به دست آمده است.

برآوردها حاکی از این است که میزان شوری آب زیرزمینی ایران در طول دورهٔ زمانی ۱۳۹۴-۱۳۷۹ با روندی افزایشی روبرو بوده است. کمترین میزان شوری آب زیرزمینی در طول دورهٔ زمانی مورد بررسی مربوط به سال ۱۳۷۹ (۲۱۸۶ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) و بیشترین میزان نیز مربوط به سال ۱۳۹۴ (۲۸۷۷ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) می‌باشد. بر این اساس میان مقدار شوری آب زیرزمینی و قیمت سایه‌ای آن رابطهٔ منفی برقرار بوده و میزان همبستگی میان این دو متغیر معادل با ۰/۹۶- به دست آمده است. نمودار ۲ میزان منافع و هزینه‌های خارجی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی ایران در طول

دورهٔ زمانی ۱۳۹۴-۱۳۷۹ (متوسط استان‌های ایران) را نشان می‌دهد. کمترین میزان منافع خارجی به دست آمده از بخش کشاورزی در ایران مربوط به سال ۱۳۸۰ می‌باشد، در جایی که میانگین ارزش افزودهٔ بخش کشاورزی کشور معادل با ۴۲۲۳ میلیارد ریال بوده است. مقدار حداکثر ارزش افـزودهٔ بخـش کشاورزی نیز در سال ۱۳۹۲ حاصل شد (۶۶۳۷ میلیارد ریال). میزان منافع خارجی که معادل با ارزش افزودهٔ بخش کشاورزی است در طول دورهٔ زمانی مورد مطالعه روندی صعودی را تجربه کرده است. با وجود این در برخی سال‌ها از قبیل سال ۱۳۸۷ بنا به دلایلی از قبیل خشکسالی با کاهش مواجه بوده است.



نمودار ۲- منافع و هزینه‌های خارجی در طول دورهٔ زمانی ۱۳۷۹-۱۳۹۴ (متوسط استان‌های ایران)

Figure 2. external cost and benefits 2000-2015

از طرفی دیگر با توجه به محاسبهٔ قیمت سایه‌ای شـوری آب زیرزمینی ایران و آمارهای موجود در رابطه با مقدار شوری آب زیرزمینی، میانگین هزینه‌های خارجی ناشی از فعالیت‌هـای بخش کشاورزی محاسبه شده است. بر این اساس، روند متغیر هزینه‌های خارجی در طول دورهٔ زمانی ۱۳۹۴-۱۳۷۹ مـورد بررسی قرار گرفته است که طبق آن مشاهده می‌شود در طول دورهٔ مورد نظر روندی کاهشی داشته است. بیشترین میـزان هزینه‌های خارجی ناشی از تولیدات بخش کشاورزی مربوط به سال ۱۳۸۴ (۶۸۳ میلیارد ریال) و کمترین مقدار نیز مربوط به سال ۱۳۹۲ (۴۸۰ میلیارد ریال) می‌باشد. روند نزولی هزینه‌های خارجی ناشی از فعالیت‌های بخش کشاورزی حاکی از آن است که این بخش در جهت دستیابی به توسعهٔ پایدار گام برداشته و در پی حفظ کیفیت منابع آب زیرزمینی کشور می‌باشد. این نتیجه را می‌توان به گونه‌ای دیگر از نگاه بـه سـتون متوسـط نسبت هزینه‌های خارجی به منافع خارجی دریافت. به طوری که در سال‌های ابتدایی دوره (۱۳۷۹، ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱) نسبت هزینه‌های خارجی به منافع خارجی در بخش کشاورزی بیش از ۱۵ درصد بوده است. اما در سال‌های انتهـایی دوره (۱۳۹۲، ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴) این نسبت به کمتر از ۸ درصد رسیده است. این مورد حرکت بخش کشاورزی به سمت پایداری را خـاطر نشان می‌کند.

در ادامه نتایج محاسبهٔ میانگین متغیرهـای قیمـت سـایه‌ای شوری آب زیرزمینی در بخش کشاورزی، میزان شـوری آب زیرزمینی، منافع خارجی، هزینه‌های خارجی، منافع خالص، نسبت هزینه‌های خارجی به منافع خارجی و ارزش تابع فاصله ستانده جهت‌دار برای هر یک از استان‌های ایران مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. برای این منظور میانگین هر یک از این متغیرها در طول دورهٔ زمانی ۱۳۹۴-۱۳۷۹ در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- نتایج محاسبات قیمت سایه‌ای، منافع و هزینه‌های خارجی و ارزش تابع فاصله ستانده جهت‌دار (متوسط دوره ۱۳۹۴-۱۳۷۹ برای هر یک از استان‌های ایران)

Table 2. Shadow price, external cost and benefits, directional distance function value for each province

استان	متوسط قیمت سایه‌ای شوری آب زیرزمینی(میلیارد ریال به ازای هر میکروزیمنس بر سانتی‌متر)	متوسط میزان شوری آب زیرزمینی (میکروزیمنس بر سانتی‌متر)	متوسط منافع خارجی (میلیارد ریال)	متوسط هزینه های خارجی (میلیارد ریال)	متوسط منافع خالص (میلیارد ریال)	متوسط نسبت هزینه‌های خارجی به منافع خارجی(درصد)	متوسط ارزش تابع فاصله ستانده جهت‌دار
آذربایجان شرقی	۰/۵۶۵	۲۳۸۶	۷۳۸۱	۱۳۳۸	۶۰۴۲	۱۸/۶	۰/۴۲۰
آذربایجان غربی	۰/۶۷۹	۱۵۲۷	۶۸۹۷	۱۰۲۶	۵۸۷۲	۱۵/۴	۰/۳۸۵
اردبیل	۰/۳۲۲	۱۳۸۴	۴۴۴۶	۴۳۴	۴۰۱۳	۹/۹	۰/۲۲۹
اصفهان	۰/۲۷۴	۳۸۷۹	۷۸۱۰	۱۰۵۱	۶۷۶۰	۱۳/۸	۰/۳۵۲
ایلام	۰/۱۴۸	۱۷۸۰	۱۳۳۹	۲۶۰	۱۰۷۸	۲۱/۴	۰/۰۸۵
بوشهر	۰/۰۷۰	۵۴۴۹	۲۲۸۰	۳۱۷	۱۹۶۳	۱۶/۷	۰/۱۳۱
تهران	۰/۱۶۱	۳۸۶۳	۸۶۴۷	۶۰۳	۸۰۴۴	۷/۴	۰/۲۶۶
چهارمحال و بختیاری	۰/۱۵۷	۵۹۳	۲۵۰۶	۹۳	۲۴۱۳	۳/۹	۰/۰۶۳
خراسان جنوبی	۰/۱۳۴	۴۱۰۲	۲۰۳۶	۵۱۲	۱۵۲۴	۲۵/۹	۰/۱۷۰
خراسان رضوی	۰/۹۵۱	۳۷۲۰	۱۰۹۶۱	۳۵۱۸	۷۴۴۳	۳۴/۲	۰/۶۴۰
خراسان شمالی	۰/۱۸۳	۳۴۱۱	۲۱۲۹	۶۲۲	۱۵۰۷	۳۰/۱	۰/۲۰۳
خوزستان	۰/۳۵۹	۲۱۴۵	۹۷۷۰	۷۶۰	۹۰۱۰	۸/۰	۰/۳۲۵
زنجان	۰/۲۵۵	۹۱۸	۳۱۴۹	۲۳۲	۲۹۱۷	۷/۷	۰/۱۵۷
سمنان	۰/۰۸۷	۳۲۴۱	۲۲۸۳	۲۸۱	۲۰۰۱	۱۲/۷	۰/۰۸۲
سیستان و بلوچستان	۰/۲۰۰	۳۰۹۵	۳۴۶۹	۵۹۲	۲۸۷۷	۱۹/۰	۰/۲۲۱
فارس	۰/۴۴۷	۲۹۱۲	۱۳۴۹۰	۱۲۴۱	۱۲۲۴۹	۹/۵	۰/۴۱۳
قزوین	۰/۱۸۵	۱۷۴۵	۳۹۶۳	۳۲۰	۳۶۴۳	۸/۳	۰/۱۴۹
قم	۰/۰۳۵	۶۲۶۰	۱۳۱۵	۲۱۲	۱۱۰۳	۱۶/۹	۰/۰۸۱
کردستان	۰/۲۹۶	۶۳۵	۲۹۳۹	۱۸۷	۲۷۵۲	۷/۰	۰/۱۶۶
کرمان	۰/۳۲۹	۳۴۲۹	۱۱۹۹۰	۱۱۳۴	۱۰۸۵۶	۱۰/۰	۰/۴۱۰
کرمانشاه	۰/۳۰۹	۶۸۱	۳۹۳۸	۲۱۱	۳۷۲۸	۵/۶	۰/۱۸۱
کهگیلویه و بویراحمد	۰/۱۴۱	۸۰۸	۱۵۱۷	۱۱۲	۱۴۰۵	۷/۵	۰/۰۴۲
گلستان	۰/۳۱۳	۱۳۶۱	۵۳۷۶	۴۲۲	۴۹۵۴	۷/۹	۰/۲۲۴

گیلان	۰/۴۴۰	۹۴۷	۵۴۴۷	۴۲۶	۵۰۲۰	۸/۱	۰/۲۶۶
لرستان	۰/۳۰۷	۶۷۸	۴۲۶۷	۲۰۲	۴۰۶۵	۴/۹	۰/۱۷۹
مازندران	۰/۳۳۵	۱۱۲۶	۱۳۵۴۶	۳۷۷	۱۳۱۶۸	۲/۹	۰/۳۴۷
مرکزی	۰/۱۹۳	۱۹۸۰	۳۸۷۰	۳۸۰	۳۴۹۰	۱۰/۳	۰/۱۶۰
هرمزگان	۰/۱۱۱	۴۵۱۹	۳۷۵۰	۴۹۴	۳۲۵۶	۱۴/۱	۰/۱۶۳
همدان	۰/۳۰۴	۹۶۴	۵۵۸۲	۲۹۱	۵۲۹۰	۵/۴	۰/۱۹۹
یزد	۰/۰۵۲	۶۲۰۵	۲۸۸۱	۳۱۷	۲۵۶۴	۱۳/۶	۰/۱۳۵

مأخذ: یافته‌های تحقیق

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۲ استان قم بالاترین میزان شوری آب زیرزمینی را در میان استان‌های کشور بـه خـود اختصاص داده است (۶۲۶۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) و پس از آن، استان‌های یزد و بوشهر با متوسط میـزان شـوری آب زیرزمینی ۶۲۰۴ و ۵۴۴۸ میکروزیمنس بر سانتیمتر قرار دارند. از این لحاظ سه استان چهارمحال و بختیـاری، کردسـتان و لرستان در وضعیت مناسبی قـرار دارنـد. میـزان شـوری آب زیرزمینی این سه استان کشور به طور متوسط در طول دورهٔ زمانی ۱۳۹۴-۱۳۷۹ به ترتیب معـادل بـا ۵۹۳، ۶۳۴ و ۶۷۷ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بوده است. با توجه محاسبات قیمت سایه‌ای شوری آب زیرزمینی استان خراسـان رضـوی دارای بیشترین قیمت (۰/۹۵۱ میلیارد ریال به ازای هر میکروزیمنس بر سانتی‌متر) و استان قم دارای کمترین قیمت (۰/۰۳۵ میلیارد ریال به ازای هر میکروزیمنس بر سانتی‌متر) بوده‌اند. پـس از برآورد قیمت سایه‌ای شوری آب زیرزمینی، میزان همبستگی خطی این متغیر با متغیر میزان شوری آب زیرزمینی برآورد شد. بر اساس نتایج میزان همبستگی خطی بین این دو متغیر ۰/۲۹- به دست آمد که با نظریه‌های اقتصادی مطابقت دارد. زیرا بر اساس نظریه‌های اقتصادی بایستی با افـزایش قیمـت سایه‌ای یک ستاندهٔ نامطلوب، مقدار تقاضای آن توسـط یـک بخش اقتصادی کاهش یابد.

با توجه به نتایج ارائه شده در جدول شـماره ۲ اسـتان‌هـای مازندران، فارس و کرمان بـه ترتیـب بـا ۱۳۵۴۶، ۱۳۴۹۰ و ۱۱۹۹۰ میلیارد ریال منافع خارجی (میـانگین دورهٔ زمـانی ۱۳۹۴-۱۳۷۹)، رتبهٔ اول تا سوم کشور را به خود اختصـاص داده‌اند. اما آنچه که بسیار حائز اهمیت است، میزان هزینه‌های خارجی ناشی از تولیدات کشاورزی می‌باشد. از این رو بایستی میزان مخارج خارجی مطلق و نسبی مورد بررسی قرار گیرد. به طور مطلق در میان استان‌های کشور، استان خراسان رضوی بالاترین مخارج خارجی را با تولید محصولات کشـاورزی بـر جامعهٔ ایران تحمیل می کند. میـزان هزینـهٔ خـارجی بخـش کشاورزی این استان ۳۵۱۸ میلیارد ریال بوده است. پس از این استان می‌توان به استان‌های آذربایجان شرقی، فارس و کرمان اشاره نمود که با تخریب کیفیت منابع آب زیرزمینی، به ترتیب به طور متوسط در طول دورهٔ زمـانی مـورد بررسـی، ۱۳۳۸، ۱۲۴۱ و ۱۱۳۴ میلیارد ریال بر کشور هزینه وارد ساختند. بر اساس نتایج به دست آمده، فعالیت کشاورزی در استان‌هـای چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد و کردستان بـه طور مطلق هزینه‌های خارجی کمتری بر جای گذاشته است. این استان‌ها به ترتیب ۹۳، ۱۱۲ و ۱۸۷ میلیارد ریال مخارج خارجی ایجاد کرده‌اند.

به منظور ایجاد درک صحیح‌تری از وضعیت کشاورزی پایدار در استان‌های ایران متوسط نسبت هزینه‌های خارجی به منـافع خارجی در هر یک از استان‌های کشور مورد محاسبه قرار گرفته است. همانطور که در جدول شماره ۳ مشخص شـده اسـت، فعالیت کشاورزی در استان‌های خراسـان رضـوی، خراسـان جنوبی و خراسان شمالی برای جامعهٔ ایران هزینه‌بر می‌باشد. نسبت هزینه‌های خارجی به منافع خارجی در این استان‌ها به ترتیب ۳۴/۲، ۳۰/۱ و ۲۵/۹ درصد مـی‌باشـد. بنـابراین، ایـن استان‌ها منافع خالص بسیاری پایینی داشـته و سـهم قابـل

توجهی از منافع ناشی از بخش کشاورزی این استان‌ها بایستی صرف مخارج خارجی ایجاد شده گردد. در میان ۳۰ استان کشور، استان مازندران کمترین میزان را در این شاخص دارد به طوری که نسبت هزینه‌های خارجی به منافع خارجی در این استان ۲/۹ درصد می‌باشد. پس از استان مازندران، استان‌های چهارمحال و بختیاری (۳/۹ درصد) و لرستان (۴/۹ درصد) قرار دارند.

ارزش تابع فاصله ستانده جهت‌دار استان خراسان رضوی برابر با ۰/۶۴۰ می‌باشد. بنابراین استان خراسان رضوی در میان استان های کشور بالاترین ناکارایی تکنیکی در فرآیند تولید بخش کشاورزی را دارد. بر این اساس، استان خراسان رضوی می‌تواند با فرض ثابت نگه داشتن مصرف نهاده‌ها، مقدار ارزش افزودهٔ بخش کشاورزی را به اندازهٔ ۷۰۱۵ میلیارد ریال (۱۰۹۶۱×۰/۶۴۰) افزایش و به طور همزمان میزان شوری آب زیرزمینی را به اندازهٔ ۲۳۸۰ میکروزیمنس بر سانتیمتر (۳۷۲۰×۰/۶۴۰-) کاهش دهد تا بر روی مرز کارایی قرار گیرد. برای سایر استان‌های کشور نیز می‌توان با چنین رویکردی میزان افزایش بالقوهٔ در ارزش افزودهٔ بخش کشاورزی و کاهش بالقوهٔ میزان شوری آب زیرزمینی را با فرض ثبات در مصرف نهاده ها محاسبه نمود تا بر روی مرز کارایی قرار بگیرند. در میان استان های کشور، استان‌های کهگیلویه و بویراحمد و چهارمحال و بختیاری بیش از سایر استان‌ها به مرز کارایی تکنیکی نزدیک می‌باشند.

بحث و نتیجه‌گیری

متوسط ارزش سایه‌ای شوری آب زیرزمینی ایران برابر با ۰/۲۷۸ میلیارد ریال به ازای هر میکروزیمنس بر سانتیمتر است که با توجه به مقدار ستاندهٔ نامطلوب، هزینه‌های خارجی بخش کشاورزی ایران برابر با ۵۹۹ میلیارد ریال برآورد می‌شود. از طرف دیگر میانگین منافع خارجی برابر با ۵۹۴۸ میلیارد ریال می‌باشد. از این رو متوسط نسبت هزینه‌های خارجی به منافع خارجی معادل ۱۱/۶۳ درصد می‌باشد. نتیجهٔ محاسبهٔ این شاخص در مطالعهٔ فار و همکاران (۲۰۰۶) معادل ۱۷/۵ درصد و در مطالعهٔ تانگ و همکاران (۲۰۱۶) معادل ۶/۰۹ درصد گزارش شده است (۲۵، ۶). با بررسی قیمت‌های سایه‌ای محاسبه شده مشخص می‌شود که این قیمت در طول سال‌ها و برای استان‌های مختلف با تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای مواجه است. بنابراین پیشنهاد می‌گردد که دولت در هنگام سیاست‌گذاری‌های مرتبط با جلوگیری از تخریب منابع آب زیرزمینی، به انجام مطالعات جامع و علمی استانی و حتی ناحیه‌ای بپردازد تا از این طریق تفاوت‌های موجود بیش از پیش در اتخاذ سیاست‌ها مورد عنایت قرار گیرند.

عدم همگنی موجود میان استان‌های مختلف در اندازهٔ قیمت سایه‌ای شوری آب از یک طرف و هزینه‌های خارجی گزاف محاسبه شده برای بخش کشاورزی ایران از طرف دیگر ضرورت توجه به مفهوم کارایی تکنیکی را بیشتر نمایان می‌سازد. این عدم همگنی در اکثر مطالعات گذشته از قبیل فار و همکاران (۲۰۰۶)، تانگ و همکاران (۲۰۱۶) و نجفی علمدارلو (۲۰۱۸) به‌دست آمده است (۶، ۲۵، ۲۳). بر اساس نتایج محاسبهٔ متوسط ارزش تابع فاصله ستانده جهت‌دار در ایران می‌توان اظهار داشت که در اکثر سال‌های مورد بررسی بخش کشاورزی کشور از مرز کارایی تکنیکی به دور بوده است. به طوری که این بخش می‌توانست در تکنولوژی تولید فعلی به گونه‌ای تولید داشته باشد که منابع آب زیرزمینی از لحاظ کیفیت کمتر از وضعیت فعلی آسیب ببینند. نتایجی مشابه در مطالعهٔ فار و همکاران (۲۰۰۶) به دست آمده است (۶). از این رو پیشنهاد می‌شود که دولت از طریق ترویج و توسعهٔ روش‌ها و آموزش علوم مدرن در تکنولوژی فعلی سطح تخریب کیفیت آب آبخوان‌های با ارزش زیرزمینی کشور را کاهش دهد. البته میزان مفید بودن این رویکرد در استان‌های مختلف متفاوت خواهد بود. زیرا بر اساس نتایج، استان‌های کشور از لحاظ کارایی تکنیکی تفاوت‌های چشمگیری با یکدیگر داشته‌اند. برخی از استان‌ها در نزدیکی مرز کارایی تولید می‌کنند و برخی دیگر از این مرز فاصلهٔ بسیاری دارند. از این رو توصیه می‌گردد تا دولت انواع حمایت‌های مختلف خود از بخش کشاورزی را بر اساس میزان کارایی تکنیکی استان‌ها سامان‌دهی کند. به طوری که در استان‌های کارا از قبیل کهگیلویه و بویراحمد و چهارمحال و بختیاری بهبود تکنولوژی تولید از طریق افزایش سرمایه‌گذاری

در منابع آب در دستور کار قرار گیرد و در استان‌های ناکارا بهبود آموزش و ترویج روش‌های صحیح کشاورزی مورد توجه باشد.

نتایج محاسبهٔ ارزش تابع فاصلهٔ ستانده جهت‌دار ایران که بیانگر میزان ناکارایی تکنیکی بخش کشاورزی کشور می‌باشد نشان می‌دهد که متوسط اندازهٔ عددی این تابع برای کشور معادل با ۰/۲۲۸ بوده است. با توجه به این، کشور قابلیت این را دارد تا با فرض ثابت نگه داشتن مصرف نهاده‌ها، مقدار ارزش افزودهٔ بخش کشاورزی را به اندازهٔ ۱۳۵۴ میلیارد ریال افزایش و بـه طور همزمان میزان شوری آب زیرزمینـی را بـه انـدازهٔ ۵۷۵ میکروزیمنس بر سانتی‌متر کاهش دهد تا بر روی مرز کارایی قرار گیرد. بر این اساس پیشنهاد می‌گردد تا سیاست‌گذاران بخش کشاورزی با ترویج روش‌های نوین کشت و کار کشاورزی و افزایش توان علمی کشاورزان میزان ناکارایی تکنیکی را در این بخش تقلیل دهند. در میان استان‌های کشور نیز اسـتان خراسان رضوی بیش‌تـرین میـزان ناکـارایی تکنیکـی را دارا می‌باشد. از این رو توصیه می‌گردد که اولویت تدوین و اجرای سیاست‌ها با این استان باشد. همان‌طور که از نتایج مشخص است استان‌های کشور بر اساس ناکارایی رتبه‌بندی شده‌اند. این مهم کاربرد فراوانی در اختصاص منابع محدود علمی و آموزشی کشور در میان مناطق مختلف دارد.

Reference

1. Zhou, P., Zhou, X., Fan, L. W., 2014. On estimating shadow prices of undesirable outputs with efficiency models: A literature review. Applied Energy, 130, 799-806.
2. Griffin, R. C., Bromley, D. W., 1982. Agricultural runoff as a nonpoint externality: a theoretical development. American Journal of Agricultural Economics, 64(3), 547-552.
3. Segerson, K., 1988. Uncertainty and incentives for nonpoint pollution control. Journal of environmental economics and management, 15(1), 87-98.
4. Shortle, J. S., Dunn, J. W., 1986. The relative efficiency of agricultural source water pollution control policies. American Journal of Agricultural Economics, 68(3), 668-677.
5. Iran Water Resources Management Company. 2017. Annual reports.
6. Färe, R., Grosskopf, S., Weber, W. L., 2006. Shadow prices and pollution costs in US agriculture. Ecological economics, 56(1), 89-103.
7. Salehi, S., Chizari, M., Sadighi, H., Bijani, M., 2018. Assessment of agricultural groundwater users in Iran: a cultural environmental bias. Hydrogeology Journal, 26(1), 285-295.
8. Connor, J. D., Schwabe, K., King, D., Knapp, K., 2012. Irrigated agriculture and climate change: the influence of water supply variability and salinity on adaptation. Ecological Economics, 77, 149-157.
9. Mateo-Sagasta, J., Burke, J., 2012. Agriculture and water quality interactions: a global overview. SOLAW Background Thematic Report-TR08.
10. Perman, R., Ma, Y., McGilvray, J., Common, M., 2003. Natural resource and environmental economics. Pearson Education.
11. Färe, R., Grosskopf, S., Lovell, C. K., Yaisawarng, S., 1993. Derivation of shadow prices for undesirable outputs: a distance function approach. The review of economics and statistics, 374-380.
12. Färe, R., Grosskopf, S., Weber, W. L., 2006. Shadow prices and pollution

costs in US agriculture. Ecological economics, 56(1), 89-103.

13. Hailu, A., Veeman, T. S., 2000. Environmentally sensitive productivity analysis of the Canadian pulp and paper industry, 1959-1994: an input distance function approach. Journal of environmental economics and management, 40(3), 251-274.
14. Färe, R., Grosskopf, S., Weber, W. L., 2006. Shadow prices and pollution costs in US agriculture. Ecological economics, 56(1), 89-103.
15. Moulaei, M., Sani, F., 2016. Estimating the shadow prices of pollutants in dairy farms of Sarab County using parametric output distance function. Animal Science Researches, 26(4), 167-178. (In Persian)
16. Parsa, P., Sadeghi, Z., jalaee, S., 2016. Decomposition of Environmental Total Factor Productivity Growth Using Distance Function in the Provinces of Iran. Query journal of Applied Economic Studies in Iran, 4(16), 1-24. (In Persian)
17. Alipour, A., Mosavi, S., Khalilian, S., 2014. Valuation of Carbon Dioxide Emissions Obtained from Agricultural Development in Iran. Agricultural Economics, 8(1), 63-81. (In Persian).
18. Shahiki Tash, M., Rahimi, Gh., Khaje Hasani, M., 2014. Using mathematical programming method and Directional Distance Function in order to calculate environmental efficiency (study of basic metals production in Iran). Journal of Operational Research in Its Applications, 11(2), 125-138. (In Persian)
19. Mousavi, M, H., Shakeri, A., 2014. Estimation of shadow prices for environmental pollutions CO2, NOx and SO2 in transportation sector. Journal of Transportation Research, 11(2), 135-144. (In Persian).
20. Jafarnia, M., Esmaili, A., 2013. Computation shadow prices of environmental pollutants of beef cattle farms in Shiraz. Iranian Journal of Agricultural Economics and Development, 44(1), 17-25. (In Persian)
21. Rezaei, A., Amadeh, H., Mohammadi, T., 2012. Analyzing the environmental efficiency and productivity in selected countries exporting and importing fossil energy sources: Directional Distance Function Approach. Iranian Energy Economics Research, 1(2), 93-126. (In Persian)
22. Esmaeili, A., Mohsenpour, R. 2011. Measuring the Shadow Price of Pollutants in the Iranian Electric Industry. Queensland Journal of Educational Research, 10 (4), 69-86. (In Persian)
23. Najafi Alamdarlo, H. 2018. The economic impact of agricultural pollutions in Iran, spatial distance function approach. Science of the Total Environment, 616, 1656-1663.
24. Wang, K., Che, L., Ma, C., Wei, Y. M., 2017. The shadow price of CO2 emissions in China's iron and steel industry. Science of the Total Environment, 598, 272-281.
25. Tang, K., Gong, C., Wang, D., 2016. Reduction potential, shadow prices, and pollution costs of agricultural pollutants in China. Science of the Total Environment, 541, 42-50.
26. Molinos-Senante, M., Mocholí-Arce, M., Sala-Garrido, R., 2016. Estimating the environmental and resource costs

of leakage in water distribution systems: A shadow price approach. Science of the Total Environment, 568, 180-188.

27. Rečka, L., Ščasný, M., 2015. Shadow prices of air pollutants in Czech industries: A convex nonparametric least squares approach (No. 8523). EcoMod.
28. Dang, T. T., Mourougane, A., 2014. Estimating Shadow Prices of Pollution in Selected OECD Countries .
29. Färe, R., Grosskopf, S., Weber, W. L., 2006. Shadow prices and pollution costs in US agriculture. Ecological economics, 56(1), 89-103.
30. Pittman, R. W., 1981. Issue in pollution control: interplant cost differences and economies of scale. Land economics, 57(1), 1-17.
31. Pittman, R. W., 1983. Multilateral productivity comparisons with undesirable outputs. The Economic Journal, 93(372), 883-891
32. Wei, C., Löschel, A., Liu, B., 2015. Energy-saving and emission-abatement potential of Chinese coal-fired power enterprise: a non-parametric analysis. Energy Economics, 49, 33-43.
33. Rečka, L., 2011. Shadow Price of Air Pollution Emissions in the Czech energy sector-Estimation from Distance Function.
34. Du, L., Hanley, A., Wei, C., 2015. Marginal abatement costs of carbon dioxide emissions in China: a parametric analysis. Environmental and Resource Economics, 61(2), 191-216.