

Investigating the Rice Energy Efficiency Using Interval Fuzzy Data Envelopment Analysis Model (Case Study: Rice Farmers in Golestan Province)

MOSTAFA MARDANI NAJAFABADI^{1*}, ABBAS MIRZAEI², NASRIN OHADI³

1. Assistance professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Engineering and Rural Development, Agriculture Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Khozestan, Iran

2. Assistance professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Engineering and Rural Development, Agriculture Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Khozestan, Iran

3. Ph.D Graduate Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan, Iran

(Received: Jun. 20, 2019- Accepted: Jan. 21, 2020)

ABSTRACT

In this study, the rice energy efficiency in Golestan was investigated using interval fuzzy (triangular) data envelopment analysis model at different alpha levels in the year 2016-2017. The data required were collected using interviews and completing questionnaire from 286 rice farmers in Golestan province who were selected using simple random sampling. The results showed that at the level of $\alpha=0.25$ could be reduce the amount of input energy to 37.99% in upper bound and 1.83 in lower bound without any effect on the output energy (yield). Also, the results showed that at the level $\alpha=1$ (certainty conditions) two inputs, irrigation water and chemical fertilizer with 33% and 31.2% respectively, and among the types of input energies, non-renewable energies (energy of machinery, chemical fertilizers, pesticides and fossil fuels) with 60% (24117.7 MJ / ha) had the largest share in the production of this product. The use of new technologies in the use of water input such as installing smart meters on various pumps, reducing the consumption of chemical fertilizer by promoting the use of organic fertilizers and proper training in the use of inorganic fertilizers helps a lot to reduce energy consumption in these high-consumption inputs.

Keywords: Data Envelopment Analysis, Energy Efficiency, Golestan Province, Interval Fuzzy, Rice

Extended Abstract

Introduction

Rice (*Oryza sativa*) is the most significant major food for a huge part of the world's population, mainly in the diets of Asia, Latin America and Africa. In Iran, rice has a special place in people's daily feed. Accordingly, mainly many agricultural activities belong to the rice crop. The total production of rice in 2015 was about 2,746,500 tons in Iran and the cultivated land area was about 575,000 ha. The annual production of rice in Iran was more than 2.5 Mt in this year. Golestan province with 14% share of total rice crop production is among the main rice production areas in Iran after Mazandaran And Guilan. However, Iran is the second rice importer country (1.7 Mt per year) after Philippine. The limited availability of rice cultivable land, the presence of Iran in the semi-desert region, the lack of mechanization of farms, and the imbalance of domestic supply and demand are the important factors of this high amount of imports in Iran. Therefore, efforts are immediately required to increase production of rice crop. On the other hand, energy analysis is essential for optimal resource management in order to improve agricultural production, thereby identifying efficient and economical production activities. Iran is the 13th most widely consumed energy source in the world. As energy consumption in this country is five times the global average.

Given the energy crisis and greenhouse gas emissions caused by the excessive consumption of fossil fuels, the efforts of countries and international communities are made to reduce energy consumption as much as possible. Many parametric and non-parametric methods exist which can be used to measure the efficiency of agricultural productions. Data envelopment analysis (DEA) approach is one of them. This method is a type of linear programming model that measures the relative efficiency of a group of decision-making units. In recent years, fuzzy set theory has been proposed as a way to quantify imprecise and vague data. DEA has been combined with fuzzy scoring to identify both optimistic and pessimistic sets of efficient solutions. The aim of this study was investigated rice energy efficiency of Golestan province in year 2016-2017 using Interval Fuzzy Data Envelopment Analysis (triangular) with different alpha levels.

Materials and Methods

Data envelopment analysis (DEA) traditionally assumes that input and output data of the different decision-making units (DMUs) are measured with precision. However, in many real applications inputs and outputs are often imprecise. This paper applied an Interval Fuzzy Data Envelopment Analysis (IFDEA) model using imprecise data represented by an uncertainty set in estimating the efficiency of palm trees. In this study, data were collected from 286 rice fields using a face-to-face questionnaire in 2017. The energy use efficiency, energy productivity, specific energy, net energy and water productivity were calculated by using the total energy equivalent of inputs and outputs per unit (MJ/ha-1) and grain yield (kg/ha-1). Based on optimal values of energy obtained from DEA, we can calculate the energy-saving target ratio (ESTR). In this study, analysis of data was done using Microsoft Excel and the statistical analysis software GAMS.

Results

The questionnaire included questions asking about seed, chemicals and manure fertilizers, human power, agricultural machinery (tractor, sprayer and thresher) as inputs, and paddy yield and straw yield as outputs. To estimate the energy by the agronomic method, yield was expressed in MJ/ha⁻¹. The results showed that at the level $\alpha = 1$ (certainty conditions) two Inputs, irrigation water and fertilizer with 33% and 31.2% respectively, and among the types of input energies, non-renewable energies (energy of machinery, chemical fertilizers, pesticides and fossil fuels) with 60% (24117.7 MJ / ha) had the largest share in the production of this product. Also, the results showed that at the level $\alpha = 0.25$ could be reduce the amount of input energy to 37.99% in the upper bound and 1.83% in the lower boundary without any effect on the output energy (yield).

Conclusions

Evaluating the performance of many activities by a traditional DEA approach requires precise input and output data. However, input and output data in real-world problems are often imprecise or vague. To deal with imprecise data, this study uses an Interval Fuzzy Data Envelopment Analysis (IFDEA) approach as a way to quantify vague data in DEA models. It is shown that the approach can be a useful tool in DEA models without introducing additional complexity into the problem. A case study of Golestan province Rice Farmers is presented to illustrate the reliability and flexibility of the model. The problem was solved for a range of α levels using the GAMS software. The result showed that in order to reduce energy consumption, the use of new irrigation methods, replacement of organic fertilizers, reduction of the use of chemical pesticides and the use of newer machines was recommended.

بررسی کارایی انرژی برنج با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی بازه‌ای (مطالعه موردی: برنج کاران استان گلستان)

مصطفی مردانی نجف‌آبادی^{۱*}، عباس میرزایی^۲، نسرين اوحدي^۳

۱، استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع

طبیعی خوزستان، اهواز، ایران

۲، استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع

طبیعی خوزستان، اهواز، ایران

۳، دانش‌آموخته دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۸/۳/۳۰ - تاریخ تصویب: ۹۸/۱۱/۱)

چکیده

در این پژوهش، کارایی انرژی محصول برنج استان گلستان در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵، با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌های فازی بازه‌ای (مثلی) با سطوح آلفای متفاوت مورد بررسی قرار گرفت. اطلاعات مورد نیاز مطالعه با تکمیل پرسشنامه و مصاحبه مستقیم از ۲۸۶ کشاورز برنج‌کار استان گلستان که با استفاده از نمونه‌گیری ساده تصادفی انتخاب شدند، جمع‌آوری گردید. نتایج نشان داد که در سطح $\alpha=0/25$ می‌توان میزان انرژی ورودی را به میزان ۳۷/۹۹ درصد در کران بالا و ۱/۸۳ درصد در کران پایین بدون هیچ تأثیری بر انرژی خروجی (عملکرد) کاهش داد. همچنین، یافته‌ها نشان داد که در سطح $\alpha=1$ (شرایط قطعیت) دو نهاد آب آبیاری و کود شیمیایی به ترتیب با ۳۳ درصد و ۳۱/۲ درصد و در بین انواع انرژی‌های ورودی، انرژی‌های تجدید ناپذیر (انرژی ماشین‌آلات، کودهای شیمیایی، سموم و سوخت‌های فسیلی) در مجموع با ۶۰ درصد (۲۴۱۱۷/۷ مگاژول بر هکتار) بیشترین سهم را در تولید این محصول دارند. استفاده از فناوری‌های نوین در مصرف نهاد آب مانند نصب کنتور هوشمند بر انواع پمپ‌ها، کاهش مصرف کود شیمیایی به کمک ترویج کاربرد کودهای آلی و آموزش صحیح استفاده از کودهای غیر آلی کمک شایان توجهی به کاهش مصرف انرژی در این دو نهاد پر مصرف را به همراه دارد.

واژه‌های کلیدی: استان گلستان، برنج، تحلیل پوششی داده‌ها، فازی بازه‌ای، کارایی انرژی

مقدمه

صورت می‌گیرد. در این فرآیند، انرژی خورشید، فرآورده‌های سوختی، سوخت‌های فسیلی و الکتریسته به غذا و الیاف مورد نیاز انسان تبدیل می‌گردد (1992 Helzel,). طی دهه‌های اخیر به دلیل رشد روز افزون جمعیت، افزایش تقاضا برای محصولات کشاورزی، حرکت به سمت مکانیزاسیون و عدم مدیریت صحیح، بخش کشاورزی به یک بخش انرژی‌محور تبدیل شده است (Yazdani et al., 2017). با توجه به بحران انرژی و

به‌منظور افزایش بهره‌وری در اقتصاد ایران باید به بخش کشاورزی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصاد کشور توجه خاص کرد (Rezapor et al., 2010). زیرا این بخش تأمین‌کننده امنیت غذایی و سلامت جامعه است و از طرف دیگر، صادرات محصولات کشاورزی می‌تواند تأمین‌کننده ارز در جریان توسعه باشد. کشاورزی، فرآیندی است که در آن تبدیل انرژی

(Agriculture Jihad, 2019). با توجه به مصرف بالای برنج در ایران، ضروری است که الگوی مصرف انرژی و کارایی آن در نظام کشاورزی استان گلستان به عنوان قطب تولید برنج کشور بررسی شود. این مطالعه با هدف ارزیابی شاخص‌های انرژی و کارایی تولید در نظام‌های کشت متداول برنج استان گلستان، برای برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری در راستای تولید بهینه برنج انجام شد.

در ادامه، به برخی مطالعات انجام گرفته در زمینه کارایی برنج اشاره می‌شود.

Esfandiari et al. (2013) کارایی و اندازه بهینه نهاده‌ها در تولید برنج شالی‌کاران بخش کامفیروز استان فارس را بررسی کردند. نتایج نشان داد میانگین کارایی-های فنی، تخصیصی، اقتصادی، مدیریتی و مقیاس شالی-کاران منطقه مورد بررسی به ترتیب ۰/۷۲، ۰/۴۰، ۰/۲۹ و ۰/۷۹ درصد است. بیشترین اندازه استفاده ناکارآ از نهاده‌ها مربوط به آب آبیاری با ۴۰ درصد ناکارایی در مصرف است. Babaei et al. (2012) با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای (IDEA) که به منظور بررسی کارایی محصولات زراعی شهرستان جهرم صورت گرفت نشان دادند که متوسط کارایی بازه‌ای در بازه‌ی (۰/۲۳، ۰/۸۶) قرار دارد و ۷۵ درصد از داده‌ها دارای کارایی یک هستند. Sandoghdar (2012) در مطالعه خود کارایی انرژی و شاخص‌های اقتصادی شالیزارهای استان مازندران را به کمک روش تحلیل پوششی داده‌ها اندازه‌گیری کرد. نتایج نشان داد که تحت فرض بازدهی متغیر به مقیاس میزان کارایی فنی، فنی خالص و مدیریتی به ترتیب برابر با ۰/۹۷، ۰/۹۸ و ۰/۹۷ درصد است و کل انرژی مصرفی می‌تواند به میزان ۲۳/۴۰ درصد کاهش یابد. Ahmadzadeh et al. (2012) کارایی شالی-کاران شهرستان رشت را با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها برآورد کردند. نتایج نشان داد متوسط کارایی فنی، اقتصادی و تخصیصی در حالت بازده ثابت به مقیاس به ترتیب برابر با ۰/۸۶، ۰/۸۳، ۰/۹۶ و در حالت بازده متغیر به مقیاس به ترتیب برابر با ۰/۹۲، ۰/۸۹ و ۰/۹۷ است. Kavooosi Kalashami et al. (2017) به ارزیابی اثر اجرای طرح ملی افزایش تولید

انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی، تمام تلاش‌ها بر آن است که مصرف انرژی تا حد امکان کاهش یابد.

ایران سیزدهمین کشور پر مصرف انرژی در جهان است. مصرف انرژی در کشور ایران پنج برابر متوسط جهانی است و وضعیت مصرف انرژی با اصول مربوط به ارتقای بهره‌وری و بازدهی انرژی در جهان، مغایرت دارد. قیمت پایین حامل‌های انرژی و در دسترس بودن انواع منابع انرژی سبب شده تا جامعه ما با تأخیر قابل توجهی به ضرورت بهینه‌سازی الگوی مصرف انرژی بیندیشد (Ramazani Amiri & Zibaei, 2011; Mardani & Taki, 2020). تنها راه‌حل اصولی و عقلانی با توجه به مسایل و مشکلات موجود در بخش انرژی کشور، ارتقای بهره‌وری در زمینه‌های مختلف بخش انرژی است (Emami Miebodi, 2000). تحلیل جریان انرژی که با ثبت انرژی‌های ورودی و خروجی، در سیستم تولید به انجام می‌رسد سبب مدیریت صحیح منابع کمیاب به منظور بهبود تولید کشاورزی، فراهم آوردن مبنا و اساسی جهت محافظت از منابع و تحقق مدیریت پایدار، شناسایی فعالیت‌های پرمصرف و کم مصرف انرژی و امکان ارزیابی اقتصادی در مصرف انرژی خواهد شد (Ajabshirchi Oskoei et al., 2011). نقش انرژی در توسعه و کارایی کشاورزی بسیار با اهمیت است. در سال‌های گذشته مصرف انرژی به ویژه سوخت-های فسیلی و کودهای شیمیایی در کشاورزی افزایش چشم‌گیری داشته است و انرژی وارد شده در واحد سطح برای تولید محصول بسیار بیش از گذشته است (Peiman et al., 2005). به طوری که مصرف انرژی در تولید غلات (گندم، جو، برنج و ذرت) طی سالیان گذشته روندی صعودی داشته است (Kordoni et al., 2018). برنج در میان محصولات کشاورزی دومین محصول پرمصرف پس از گندم در ایران و جهان است. در ایران مصرف این ماده غذایی از دیرباز در مناطق برنج‌خیز معمول بوده است. امروزه، ایران یکی از واردکنندگان این محصول است (Esfandiari et al., 2012). بر اساس آخرین آمار وزارت جهاد کشاورزی استان گلستان با سطح زیر کشت ۴۷۱۷۹ هکتار و تولید ۲۰۶۷۷۱ تن از عمده‌ترین استان‌های تولید برنج کشور است (Ministry of

برنج در مقایسه با مزارع بزرگ‌تر، نسبت انرژی بیشتر و انرژی ویژه کمتری دارند.

با بررسی مطالعات انجام شده در بخش کارایی انرژی این نکته به خوبی نمایان می‌شود که مطالعات متعددی به بررسی کارایی تولید محصولات کشاورزی با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های قطعی پرداخته‌اند. ولی در اکثر این مطالعات مساله مهم عدم اطمینان در داده‌های ورودی و خروجی (نهاد و ستاده) نادیده گرفته شده است به عبارتی، تعداد مطالعاتی که با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های فازی به اندازه‌گیری کارایی تولید محصولات کشاورزی پرداخته‌اند، بسیار محدود است. اگرچه روش معمول تحلیل پوششی داده‌ها ابزاری قدرتمند برای تحلیل کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده با این گونه داده‌هاست، با این حال حساسیت بسیار زیاد این روش به تغییر مقدار داده‌های ورودی و خروجی باعث ایجاد محدودیت در استفاده آن شده است (Kao & Liu, 2003). با توجه به اینکه فعالیت کشاورزی تحت شرایط نامطمئن زیست محیطی انجام می‌شود، در رابطه با نهاده‌ها و ستاده‌ها عدم قطعیت وجود دارد. از این‌رو، در تحقیق حاضر از روش تحلیل پوششی داده‌های فازی بازه‌ای استفاده شد.

استفاده روزافزون از منابع، کاهش منابع در دسترس، بحران انرژی و لزوم بهینه‌سازی مصرف انرژی در سامانه‌های تولید محصولات کشاورزی باعث اهمیت یافتن بحث مصرف بهینه شده است. برنج محصولی استراتژیک است که همه‌ساله برای واردات آن مبالغ قابل توجهی ارز مصرف می‌شود (Shakeri & Gorshasbi, 2009) و در سبد غذایی هر خانوار ایرانی از اهمیت بالایی برخوردار است. در حالی که عملکرد پایینی دارد (Esfandiari et al., 2012). بنابراین، افزایش بهره‌وری تولید از دیدگاه اقتصادی و مصرف انرژی، ارزیابی مصرف انرژی در فرآیند تولید برنج، شاخص‌های انرژی، سهم نهاده‌های مختلف در مصرف انرژی و ارزیابی کارایی تولید برنج‌کاران استان گلستان به عنوان یکی از قطب‌های مهم تولید برنج کشور ضروری است. لذا، با ارزیابی کارایی انرژی برنج‌کاران، زمینه برای تقویت کارایی و کاهش ناکارایی فنی در تولید برنج فراهم می‌شود.

برنج بر کارایی فنی مزارع شالیکاری شهرستان رشت پرداختند. نتایج حاصل نشان داد میانگین سطوح کارایی فنی مزارع تحت پوشش طرح ملی افزایش تولید برنج منطقه، با فرض بازده ثابت به مقیاس (CCR) و بازده متغیر به مقیاس (BCC)، به ترتیب معادل ۹۹/۲ و ۹۹/۶ درصد است در حالی که میانگین سطوح کارایی فنی مزارع معمولی منطقه در مدل با فرض CCR و BCC به ترتیب معادل ۹۷/۱ و ۹۷/۶ درصد برآورد شد. نتایج نشان داد مهم‌ترین علت بالاتر بودن کارایی و کمتر بودن هزینه‌های تولید در مزارع تحت پوشش طرح، تفاوت در نحوه استفاده از نهاده‌هاست.

Zheng et al. (2018) به بررسی کارایی تولید و عوامل محدود کننده برنج در چین با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند. نتایج مطالعه حاکی از آن بود که بطور کلی، کارایی تولید برنج تحت تاثیر کارایی مقیاس و کارایی فنی خالص است و کارایی پایین تولید برنج به‌طور عمده ناشی از پایین بودن کارایی مقیاس است. Wardanaand et al. (2018) با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی فنی کشاورزان کوچک مقیاس برنج در اندونزی را تجزیه و تحلیل کردند. نتایج نشان داد که میانگین کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی به مقیاس به ترتیب ۴۱، ۶۳ و ۶۱ درصد است. همچنین، ناکارآمدی مشاهده شده ناشی از عدم کارایی مدیریت و عدم کارایی مقیاس است. Eskandari cherati et al. (2011) در بررسی مصرف انرژی در روش‌های نیمه سنتی و نیمه مکانیزه تولید برنج در استان مازندران نشان دادند کل انرژی مصرف شده در سیستم‌های نیمه‌مکانیزه و سنتی به ترتیب، ۹۵/۶۷ و ۲۸/۶۷ مگاژول در هکتار است. Adachi et al. (2010) در مطالعه‌ای با به‌کارگیری تحلیل پوششی داده‌ها کارایی فنی مزارع برنج در مناطق برو و امان کشور بنگلادش را بررسی کردند. نتایج نشان داد میانگین کارایی فنی مزارع برنج برای برو و امان به ترتیب برابر با ۰/۷۵۶ و ۰/۷۲۱ است. Naisri & Singh (2009) به تعیین کارایی انرژی محصول برنج با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها در ایالت پنجاب هندوستان پرداختند نتایج نشان داد که مزارع کوچکتر

مواد و روش‌ها

تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها

رهیافت تحلیل پوششی داده‌ها حجم وسیعی از مطالعات را به خود اختصاص داده است (Shahnavazi, 2017). در حالت کلی، روش تحلیل پوششی داده‌ها را می‌توان به دو صورت بازده متغیر نسبت به مقیاس (VRS) و بازده ثابت نسبت به مقیاس (CRS) با دو رویکرد کلی نهاده‌گرا و ستاده‌گرا تقسیم کرد. در این مطالعه، از دو روش CRS و VRS استفاده شد که رویکرد نهاده‌گرا دارند. فرم کلی روش CRS به این صورت است (Iqbal, 2007):

$$Max : \theta = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} \quad (1)$$

S.to

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$$

$$u_r \geq 0, v_i \geq 0$$

که در آن، s تعداد خروجی‌ها، m تعداد ورودی‌ها، n تعداد واحدهای تصمیم‌گیرنده (DMUs)، $\theta_j (j=1, 2, \dots, n)$ کارایی فنی DMU_j، $u_r (r=1, 2, \dots, s)$ وزن خروجی y_r ، $v_i (i=1, 2, \dots, m)$ وزن ورودی x_j و y_{zj} و x_{ij} به ترتیب نشان‌دهنده ارزش خروجی و ورودی برای واحد تصمیم‌گیرنده j (DMU_j) می‌باشند. با اضافه کردن متغیر w به سمت چپ محدودیت و همچنین، افزودن آن به تابع هدف، مدل بازده متغیر نسبت به مقیاس تولید می‌گردد. استفاده از مدل بازده متغیر نسبت به مقیاس وقتی که مزارع در سطح بهینه عمل نمی‌کنند کاربرد دارد. بر این اساس در مدل بازده متغیر نسبت به مقیاس، کارایی محاسبه شده در مدل بازده ثابت به مقیاس به دو جزء کارایی فنی خالص (مدیریتی) و کارایی مقیاس تقسیم می‌شود (Emami Meibodi, 2005). لذا، با تقسیم کارایی فنی در حالت بازده ثابت به مقیاس به کارایی فنی خالص (مدیریتی) می‌توان مقدار

بازده نسبت به مقیاس را به شرح رابطه ۲ به دست آورد (Iqbal, 2007).

$$\text{کارایی فنی خالص (مدیریتی)} = \frac{\text{کارایی فنی}}{\text{کارایی مقیاس}} \quad (2)$$

همان‌گونه که قبلاً اشاره شد کشاورزی همواره با عدم قطعیت روبروست و مدل‌های مذکور زمانی کاربرد دارند که مقدار عددی داده‌ها دقیقاً مشخص باشد. با این حال، زمانی که مقادیر ورودی و خروجی دارای عدم اطمینان باشد، مدل‌های فوق با مشکل مواجه شده و نیاز است از روشی دیگر که توانایی محافظت جواب‌های بهینه را در مقابل عدم قطعیت داشته باشد، استفاده کرد. روش تحلیل پوششی داده‌های فازی بازه‌ای برای اولین بار در سال ۱۹۹۹ توسط Cooper et al. و برای سطوح آلفاهای متفاوت (از ۰ تا ۱) معرفی و سپس، گسترش یافت. مدلی که توسط کوپر و همکاران ساخته شده بود به صورت کسری و در نتیجه غیر خطی بود. چارنز و کوپر این مدل را به یک مدل خطی تبدیل کردند. در مدل معرفی شده داده‌ها در یک بازه با یک کران پایین و بالا بیان شده و به همین، نحو جواب‌های به دست آمده نیز در یک بازه بیان خواهند شد.

کران‌های پایین و بالا در اعداد فازی مثلثی با استفاده از روش برش آلفا (α -cut) محاسبه می‌شوند. یک عدد فازی مثلثی به صورت $X_j = (x_j^L, x_j^M, x_j^U)$ ، $j=1, 2, \dots, n$ ، بیان می‌شود. x_j^L و x_j^M و x_j^U به ترتیب بیانگر کران پایین، عدد میانی و کران بالای عدد فازی می‌باشند. اگر فرض شود که ورودی \tilde{x}_{ij} و خروجی \tilde{y}_{rj} به ترتیب با توابع عضویت $\mu_{\tilde{y}_{rj}}$ و $\mu_{\tilde{x}_{ij}}$ پشتیبان $S(\tilde{y}_{rj})$ و $S(\tilde{x}_{ij})$ اعداد فازی مثلثی باشند، برای تبدیل این اعداد به یک بازه در سطوح آلفاهای متفاوت ورودی \tilde{x}_{ij} و خروجی \tilde{y}_{rj} به صورت روابط ۳ و ۴ بیان می‌شوند:

۴

$$(y_{ij})_{\alpha} = \left\{ y_{ij} \in S(\tilde{y}_{ij}) \mid \mu_{\tilde{y}_{ij}}(y_{ij}) \geq \alpha \right\}$$

$$= \left[\min_{y_{ij}} \left\{ y_{ij} \in S(\tilde{y}_{ij}) \mid \mu_{\tilde{y}_{ij}}(y_{ij}) \geq \alpha \right\}, \max_{y_{ij}} \left\{ y_{ij} \in S(\tilde{y}_{ij}) \mid \mu_{\tilde{y}_{ij}}(y_{ij}) \geq \alpha \right\} \right] \quad \forall i, j, \tag{۳}$$

$$(x_{ij})_{\alpha} = \left\{ x_{ij} \in S(\tilde{x}_{ij}) \mid \mu_{\tilde{x}_{ij}}(x_{ij}) \geq \alpha \right\}$$

$$= \left[\min_{x_{ij}} \left\{ x_{ij} \in S(\tilde{x}_{ij}) \mid \mu_{\tilde{x}_{ij}}(x_{ij}) \geq \alpha \right\}, \max_{x_{ij}} \left\{ x_{ij} \in S(\tilde{x}_{ij}) \mid \mu_{\tilde{x}_{ij}}(x_{ij}) \geq \alpha \right\} \right] \quad \forall i, j, \tag{۴}$$

کارایی یک مجموعه از نهاده‌ها و ستاده‌ها با اعداد فازی مثلثی با استفاده از رابطه زیر بررسی می‌شود (Charnes et al., 1978; Cooper et al., 1999):

$$\text{Maximize } (\theta_{j0})_{\alpha}^U = \sum_{r=1}^s u_r (y_{rj0})_{\alpha}^U \tag{۵}$$

$$\text{S.t: } \sum_{i=1}^m v_i (x_{ij0})_{\alpha}^L = 1,$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n,$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon \quad \forall r, i.$$

$$\text{Maximize } (\theta_{j0})_{\alpha}^L = \sum_{r=1}^s u_r (y_{rj0})_{\alpha}^L \tag{۶}$$

$$\text{S.t: } \sum_{i=1}^m v_i (x_{ij0})_{\alpha}^L = 1,$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n,$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon \quad \forall r, i.$$

انرژی مصرف شده می‌توان پنج شاخص را برای انرژی به نحو زیر محاسبه نمود:

- ۱ - نسبت انرژی (ER): نسبت انرژی بیان کننده رابطه بین انرژی ستاده‌ها و نهاده‌ها می‌باشد. این شاخص به این دلیل که صورت و مخرج هر دو از یک واحد

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود دو تابع هدف وجود دارد که در کران‌های بالا و پایین تعریف شده‌اند. اعداد فازی مثلثی را می‌توان به‌ازای سطوح مختلف آلفا (۱) $\alpha = 0, 0.25, 0.5, 0.75$ تبدیل به یک عدد با کران پایین و بالا نمود.

تجزیه و تحلیل انرژی

با توجه به برابری انرژی ارایه شده در جدول ۱ برای نهاده‌ها و ستاده‌ها، برای درک و تحلیل هر چه بیشتر

جدول ۱ - معادل نهاده‌ها و ستاده‌های انرژی در تولید برنج

منابع	انرژی بر حسب مگاژول	واحد	نهاده‌ها و ستاده‌ها
Gundogmus, 2006	۱/۹۶	ساعت	۱. نیروی کار
Gundogmus, 2006	۶۲/۷	ساعت	۲. ماشین آلات
Gundogmus, 2006	۵۶/۳۱	لیتر	۳. سوخت دیزل
	-	کیلوگرم	۴. کود
Singh, 2002	۶۰/۶	کیلوگرم	- نیتروژن
Singh, 2002	۱۱/۱	کیلوگرم	- فسفات
Singh, 2002	۶/۷	کیلوگرم	- پتاسیم
Singh, 2002	۰/۳	کیلوگرم	- کود دامی
	-	کیلوگرم	۵. مواد شیمیایی
Gundogmus, 2006	۱۹۹	کیلوگرم	- حشره کش‌ها
Gundogmus, 2006	۹۲	کیلوگرم	- قارچ کش
Gundogmus, 2006	۲۳۸	کیلوگرم	- علفکش
Gundogmus, 2006	۰/۶۳	لیتر	۶. آب آبیاری
Iqbal, 2007	۱۴/۵۷	کیلوگرم	۷. بذر
			ستاده‌ها
Wang et al, 2018	۱۵/۱	کیلوگرم	۸. دانه برنج
Iqbal, 2007	۱۲/۵	کیلوگرم (kg)	۹. کاه (Straw)

مأخذ: محاسبات تحقیق

جمع آوری داده‌ها

تحقیق حاضر به صورت میدانی در مزارع شالیکاری استان گلستان در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۶ انجام شد. داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز جهت انجام پژوهش از طریق تکمیل پرسشنامه و مصاحبه حضوری با شالیکاران جمع‌آوری گردید. این اطلاعات شامل میزان استفاده از نهاده‌های نیروی کار (بر حسب ساعت)، ماشین آلات (بر حسب ساعت)، سوخت (بر حسب لیتر)، کود (نیتروژن، فسفات، پتاسیم، کود دامی) (بر حسب کیلوگرم)، مواد شیمیایی (حشره‌کش، قارچ‌کش، علفکش) (بر حسب کیلوگرم)، بذر (بر حسب کیلوگرم) و آب آبیاری (بر حسب لیتر) و تولید ستاده‌های کاه (بر حسب کیلوگرم) و دانه برنج (کیلوگرم) است. علاوه بر این، انرژی مصرفی

می‌باشد نسبتی بی بعد است. لذا، می‌توان آن را برای مقایسه هر محصولی به کار برد.

(۷) انرژی نهاده/انرژی ستاده = نسبت انرژی بهره‌وری انرژی (EP): این رابطه بیانگر بکارگیری عاقلانه و منطقی منابع انرژی برای مصارف مختلف می‌باشد. این شاخص معمولاً برای مقایسه دو محصول یکسان در سیستم‌های مختلف کشاورزی به کار می‌رود، واحد این شاخص کیلوگرم بر مگاژول می‌باشد (Ajabshirchi Oskoei, 2006).

(۸) انرژی نهاده/عملکرد وزنی محصول = بهره‌وری انرژی

- بهره خالص انرژی (NEG): این شاخص تفاوت بین انرژی ستاده و نهاده را در واحد سطح بر حسب هکتار محاسبه می‌کند.

(۹) انرژی نهاده - انرژی ستاده = بهره خالص انرژی - انرژی مخصوص (EE): بیانگر نسبت انرژی وارد شده به سیستم تولیدی بر مقدار دانه تولید شده در همان سیستم تولیدی است. واحد این شاخص مگاژول بر کیلوگرم است.

(۱۰) دانه تولیدی/انرژی نهاده‌ها = انرژی مخصوص - بهره‌وری آب آبیاری (WP): این رابطه بیانگر نسبت دانه تولید شده بر مقدار آب مورد استفاده است و نشان دهنده میزان یک واحد تولید به ازای مصرف یک واحد آب است.

(۱۱) مقدار آب استفاده شده/مقدار دانه تولید شده = بهره‌وری آب آبیاری در جدول (۱) اطلاعات مربوط به نهاده‌ها، ستاده‌ها و برابری انرژی آنها مشخص شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود هر ساعت نیروی کار معادل ۱/۹۶ مگاژول است. سایر موارد و برابری انرژی آنها در جدول (۱) نمایان گردید.

1. Energy Productivity
2. Net Energy Productivity
3. Special Energy
4. Water Productivity

جدول ۲ - معادل نهاده‌ها و ستاده‌های انرژی در تولید برنج

نهادها و ستاده‌ها	واحد	مقدار	مقدار کل	انرژی در هکتار	درصد(%)
	واحد در هکتار	مقدار (MJ/ha-1)			
نهادها	-	-	-	-	-
۱. نیروی کار	ساعت	681/4	1335/5	۳/۳	
۲. ماشین آلات	ساعت	43	2694/6	۶/۶	
۳. سوخت	لیتر	128/6	7241/7	۱۷/۸	
دیزل					
۴. کود	کیلوگرم	1088/7	12722/3	۳۱/۲	
- نیتروژن	کیلوگرم	170/1	10309	۲۵/۳	
- فسفات	کیلوگرم	144/2	1600/5	۳/۹	
- پتاسیم	کیلوگرم	90/7	607/7	۱/۵	
- کود دامی	کیلوگرم	683/7	205/1	۰/۵	
۵. مواد شیمیایی	کیلوگرم	8/5	1664/1	۴/۱	
- حشره کش‌ها	کیلوگرم	3/7	735/8	۱/۸	
- قارچ کش	کیلوگرم	1/5	142/3	۰/۳	
- علفکش	کیلوگرم	3/3	786	۲	
۶. آب آبیاری	لیتر	21186	13347/2	۳۳	
۷. بذر	کیلوگرم	117/9	1717/9	۴	
مقدار کل انرژی ورودی			40723/4	-	
ستاده‌ها	-	-	-	-	-
۱. دانه برنج	کیلوگرم	5000	72850	۶۰/۷	
۲. کاه	کیلوگرم	3779/1	47238/4	۳۹/۳	
مقدار کل انرژی خروجی			120088/4	-	

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول (۳) مقادیر شاخص‌های انرژی معرفی شده در قسمت قبل را گزارش می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود میزان انرژی تجدیدناپذیر شامل انرژی‌های سوخت، کودهای شیمیایی، مواد شیمیایی و ماشین آلات برابر با ۲۴۱۱۷/۷ مگاژول بر هکتار و معادل با (۶۰٪) از کل انرژی مصرفی محاسبه شد. همچنین، میزان انرژی تجدیدپذیر شامل نیروی کار، بذر، کود دامی و آب ۱۶۶۰۵/۷ مگاژول بر هکتار و معادل با (۴۰٪) از کل انرژی

نهادها و انرژی تولیدی ستاده‌ها نیز جهت انجام تحقیق حاضر بر اساس جدول (۱) محاسبه گردید.

به علت گسترده بودن جامعه آماری، با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده تعداد شالیزارهای نمونه هر شهرستان از طریق فرمول کوکران به شرح معادله (۱۲) برآورد گردید (Cochran, 1977).

$$n = \frac{N \cdot t^2 \cdot p \cdot q}{N \cdot d^2 + t^2 \cdot p \cdot q} \quad (12)$$

در رابطه (۱۲)، n حجم نمونه، N تعداد کل جامعه آماری، t^2 مقدار t استیودنت با ۹۵ درصد اطمینان (برابر با ۱/۹۶)، d^2 تقریب در برآورد جامعه (برابر با ۰/۰۶۸)، p احتمال وجود صفت (برابر با ۰/۵) و q احتمال عدم صفت (برابر با ۰/۵) است.

کلیه محاسبات مربوط به برآورد شاخص‌های انرژی توسط نرم افزار Excel و برآورد کارایی بازه‌ای با داده‌های فازی برای مزارع نمونه توسط نرم‌افزار GAMS انجام پذیرفت.

نتایج پژوهش

همان‌گونه که قبلاً اشاره شد، در این مطالعه میزان کارایی واحدهای تحت مطالعه در ۵ سطح آلفا بررسی شد. ولی با توجه به اینکه، این عمل تعداد محاسبات را افزایش داده و مبنای کار یکسان است؛ لذا، ۵ شاخص انرژی فقط در سطح $\alpha = 0/25$ ، که بیشترین عدم قطعیت وجود دارد محاسبه شد. جدول (۲) مقادیر میانگین نهاده‌های استفاده شده، ستاده‌های تولید شده و برابری انرژی آنها را ارائه می‌دهد. همان‌گونه که از جدول (۲) مشاهده می‌شود، میزان آب آبیاری ۳۳ درصد از کل مصرف نهاده‌ها را تشکیل داده و نشان‌دهنده این موضوع است که در تولید برنج استان گلستان آب آبیاری بیشترین سهم استفاده از انرژی را دارد. در میان کودهای مصرف شده، نیتروژن با ۲۵/۳ درصد و کود دامی با ۰/۵ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین سهم استفاده از انرژی را در تولید برنج دارند. نیروی کار، ماشین آلات، سوخت دیزل، مواد شیمیایی و بذر نیز به ترتیب ۳/۳، ۶/۶، ۱۷/۸، ۴/۱ و ۴ درصد از انرژی کل استفاده شده برای تولید برنج را تشکیل می‌دهد.

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جداول (۴) و (۵) طبقه‌بندی کارایی واحدهای کارا و ناکارا را به ترتیب در حدود بالا و پایین ارائه می‌دهند. باید دقت داشت که در مدل حاضر چیزی به نام یک عدد واضح وجود ندارد. به عبارتی، عددی که برای کارایی هر واحد به دست آمده است، نه یک عدد بلکه یک بازه با کران پایین و بالا است. اگر کران بالا و پایین هر دو برابر با یک باشند آن واحد کاملاً کاراست. اگر کران بالا برابر با یک و کران پایین کمتر از یک باشد آن واحد کارایی ضعیف است و اگر کران بالا کمتر از یک باشد، آن واحد ناکاراست (Jafarian-moghaddam & Ghoseiri, 2012). همان‌طور که ملاحظه می‌شود با افزایش مقدار آلفا در کران پایین مدلهای بازده ثابت و متغیر نسبت به مقیاس تعداد واحدهای کارا افزایش یافته و از تعداد واحدهای ناکارا کاسته می‌شود. همچنین، در کران بالای این مدل‌ها تعداد واحدهای کارا بیشتر از کران پایین می‌باشد. در سطح $\alpha = 1$ در هر دو کران مدل بازده ثابت و متغیر نسبت به مقیاس به ترتیب ۶۳ و ۸۵ واحد کاملاً کارا هستند.

مصرفی برآورد گردید. مقدار انرژی مخصوص در این مطالعه ۸/۱۴ مگاژول بر کیلوگرم است که بیانگر میزان انرژی نهاده مصرفی نسبت به ستاده تولیدی است. مقدار شاخص بهره‌وری آب ۰/۲۳ کیلوگرم بر متر مکعب حاصل شد که نشان‌دهنده نسبت دانه تولیدی به ازای یک متر مکعب آب مصرفی است.

جدول ۳- محاسبه تعدادی از شاخص‌های

انرژی در استان گلستان، ایران

مقدار	واحد	شاخص
2/94	-	نسبت انرژی (ER)
0/12	kg/ MJ	بهره‌وری انرژی (EP)
8/14	MJ/ kg	انرژی مخصوص (EE)
79365	MJ/ ha	انرژی خالص (NE)
۰/۲۳	kg/m3	بهره‌وری آب
21924/4 (54%)	MJ/ ha	انرژی مستقیم
18799 (46%)	MJ/ ha	انرژی غیر مستقیم
16605/7 (40%)	MJ/ ha	انرژی تجدیدپذیر
24117/7 (60%)	MJ/ ha	انرژی تجدیدناپذیر
40723/4	MJ/ ha	کل انرژی ورودی

جدول ۴- توزیع مقادیر کارایی واحدها در ۵ سطح آلفا در کران بالا

تعداد کشاورزانی که در محدوده مشخص شده قرار می‌گیرند											
سطوح آلفا / محدوده کارایی		نتایج برای مدل (CRS)					نتایج برای مدل (VRS)				
		α_0	$\alpha_{0.25}$	$\alpha_{0.5}$	$\alpha_{0.75}$	α_1	α_0	$\alpha_{0.25}$	$\alpha_{0.5}$	$\alpha_{0.75}$	α_1
$\theta=1$		63	63	63	63	63	85	85	85	85	۸۵
محدوده $0/9 < \theta < 1$		15	15	15	15	15	۴۱	۴۱	۴۱	۴۱	۴۱
محدوده $0/8 < \theta < 0/9$		34	34	34	34	34	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵
محدوده $0/7 < \theta < 0/8$		60	60	60	60	60	۵۳	۵۳	۵۳	۵۳	۵۳
محدوده $0/6 < \theta < 0/7$		56	56	56	56	56	۴۷	۴۷	۴۷	۴۷	۴۷
محدوده $0/5 < \theta < 0/6$		47	47	47	47	47	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵
محدوده $0/4 < \theta < 0/5$		11	11	11	11	11	-	-	-	-	-
محدوده $\theta < 0/4$		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۵- توزیع امتیاز کارایی واحدها در ۵ سطح آلفا در کران پایین

تعداد کشاورزانی که در محدوده مشخص شده قرار می‌گیرند										
سطوح آلفا / محدوده کارایی	نتایج برای مدل (CRS)					نتایج برای مدل (VRS)				
	α_0	$\alpha_{0.25}$	$\alpha_{0.5}$	$\alpha_{0.75}$	α_1	α_0	$\alpha_{0.25}$	$\alpha_{0.5}$	$\alpha_{0.75}$	α_1
$\theta=1$	-	-	۳	۴۵	63	۲۲	۳۶	۴۱	۴۳	۸۵
محدوده $0/9 < \theta < 1$	-	-	۹	۱۸	15	۲	۱۷	۵	۲۴	۴۱
محدوده $0/8 < \theta < 0/9$	۴۷	۵۳	۴۰	۵۹	34	۳۲	۵۶	۴۶	1۵	۳۵
محدوده $0/7 < \theta < 0/8$	۵۰	۶۰	۶۵	۱۷	60	۷۳	۶۲	۵۰	۵۵	۵۳
محدوده $0/6 < \theta < 0/7$	۸۲	۷۵	۸۹	۷۳	56	۶۹	۵۳	۸۰	۶۶	۴۷
محدوده $0/5 < \theta < 0/6$	۴۰	۳۳	۶۳	۳۵	47	۲۵	۱۶	۵۱	۳۴	۲۵
محدوده $0/4 < \theta < 0/5$	۶۷	۶۵	۱۷	۳۹	11	۶۷	4۶	۱۳	۴۹	-
محدوده $\theta < 0/4$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نمی‌باشند. برای سطح $\alpha=1$ مقادیر هر سه شاخص در کران پایین و بالا یکسان می‌باشد. در کران بالا، مقادیر حاصل شده بسیار به هم نزدیک بوده و بیشینه مقدار تمام شاخص‌ها، در تمام سطوح عدد ۱ به دست آمده است.

توصیفات آماری برای سه شاخص کارایی در کران پایین و بالا به‌طور خلاصه در جدول ۶ و ۷ آورده شده است. نتایج خلاصه شده در این جداول برای پنج سطح آلفا روشن می‌نماید که به‌طور میانگین هیچکدام از واحدها کاملاً کارا نبوده و لذا، دارای کارایی مقیاس نیز

جدول ۶- میانگین کارایی برای کران پایین سطوح آلفاهای مورد نظر

ماکسیمم					مینیمم					انواع کارایی
α_0	$\alpha_{0.25}$	$\alpha_{0.5}$	$\alpha_{0.75}$	α_1	α_0	$\alpha_{0.25}$	$\alpha_{0.5}$	$\alpha_{0.75}$	α_1	
0/35	0/47	0/61	0/78	1	0/12	0/21	0/34	0/51	0/75	کارایی فنی
0/45	0/56	0/68	0/82	1	0/36	0/46	0/60	0/76	0/98	کارایی فنی خالص
0/90	0/95	0/95	0/97	1	0/28	0/39	0/50	0/62	0/75	کارایی مقیاس

انحراف استاندارد					میانگین					انواع کارایی
α_0	$\alpha_{0.25}$	$\alpha_{0.5}$	$\alpha_{0.75}$	α_1	α_0	$\alpha_{0.25}$	$\alpha_{0.5}$	$\alpha_{0.75}$	α_1	
0/05	0/06	0/06	0/06	0/05	0/26	0/37	0/51	0/70	0/96	کارایی فنی
0/02	0/02	0/02	0/01	0/00	0/42	0/52	0/65	0/80	0/99	کارایی فنی خالص
0/14	0/13	0/10	0/08	0/05	0/63	0/71	0/79	0/87	0/96	کارایی مقیاس

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۷- میانگین کارایی برای کران بالای سطوح آلفاهای مورد نظر

ماکسیمم					مینیمم					
α_0	$\alpha_{0.25}$	$\alpha_{0.5}$	$\alpha_{0.75}$	α_1	α_0	$\alpha_{0.25}$	$\alpha_{0.5}$	$\alpha_{0.75}$	α_1	انواع کارایی
1	1	1	1	1	0/92	0/92	0/92	0/84	0/75	کارایی فنی
1	1	1	1	1	0/98	0/98	0/98	0/98	0/98	کارایی فنی خالص
1	1	1	1	1	0/92	0/92	0/92	0/84	0/75	کارایی مقیاس

انحراف استاندارد					میانگین					
α_0	$\alpha_{0.25}$	$\alpha_{0.5}$	$\alpha_{0.75}$	α_1	α_0	$\alpha_{0.25}$	$\alpha_{0.5}$	$\alpha_{0.75}$	α_1	انواع کارایی
0/01	0/01	0/01	0/03	0/05	0/99	0/99	0/99	0/97	0/96	کارایی فنی
0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/99	0/99	0/99	0/99	0/99	کارایی فنی خالص
0/01	0/01	0/01	0/03	0/05	0/99	0/99	0/99	0/97	0/96	کارایی مقیاس

مأخذ: یافته‌های تحقیق

فنی و فنی خالص برابر با یک باشد. بقیه واحدهایی که در این مطالعه ناکارا بودند، دارای بازده افزایشی نسبت به مقیاس هستند. میانگین کارایی واحدهای ناکارا بر اساس مدل‌های بازده ثابت و متغیر نسبت به مقیاس نهاده‌گرا در جداول (۸) و (۹) خلاصه شده است. برای مقایسه بهتر مقادیر این جداول در دو شکل (۱) و (۲) نشان داده شده است.

در این بخش، تلاش شده است کارا بودن یا نبودن یک واحد نسبت به مقیاس تولیدی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد تمام واحدهایی که دارای کارایی فنی و فنی خالص و یا به عبارتی، کارایی کل بوده‌اند؛ در مقیاس بهینه عمل نموده و دارای کارایی مقیاس می‌باشند. یک واحد زمانی دارای کارایی مقیاس است که عدد به دست آمده برای کارایی

جدول ۸- میانگین کارایی کشاورزان ناکارا بر اساس مدل CRS نهاده‌گرا

کران پایین					
۰	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۱	سطوح آلفا
۰/۲۶	۰/۳۷	۰/۵۱	۰/۷۰	۰/۹۰	میانگین

کران بالا					
۰	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۱	سطوح آلفا
۰/۹۴	۰/۹۵	۰/۹۶	۰/۹۳	۰/۹۰	میانگین

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۹- میانگین کارایی کشاورزان ناکارا بر اساس مدل VRS نهاده‌گرا

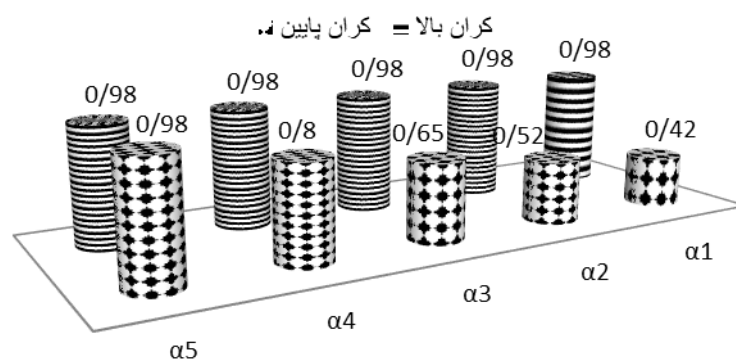
کران پایین					
۰	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۱	سطوح آلفا
۰/۴۲	۰/۵۲	۰/۶۵	۰/۸۰	۰/۹۸	میانگین

کران بالا					
۰	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۱	سطوح آلفا
۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۹۸	میانگین

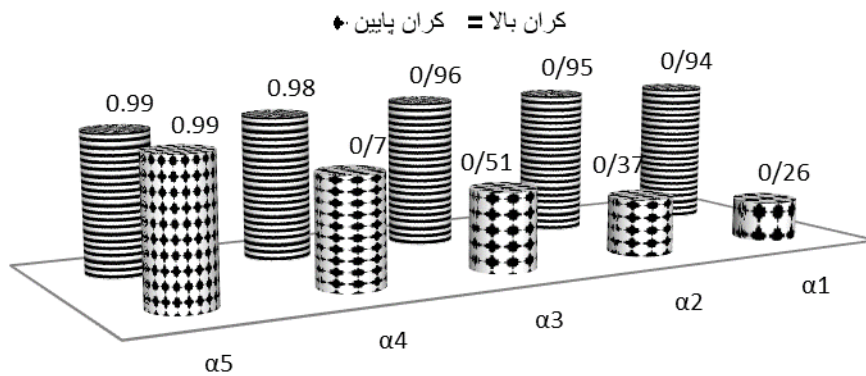
مأخذ: یافته‌های تحقیق

می‌شود مقدار عددی کارایی واحدهای ناکارا نیز به عدد ۱ و در نتیجه، به کارا شدن نزدیک می‌شود. در سطح $\alpha = 1$ مقدار عددی میانگین کارایی کران پایین و بالا برای هر کدام از مدل‌ها برابر است. تجزیه و تحلیل‌ها نشان می‌دهند که مقدار کارایی در هر دو مدل در کران بالا بیشتر از کران پایین است که این نتایج همانند یافته‌های مطالعه Ohadi et al. (2019) است.

شکل‌های (۱) و (۲) میانگین کارایی واحدهای ناکارا را مشخص می‌سازند (α_1 تا α_5 اشاره به سطوح آلفا دارند، به نحوی که α_1 بیانگر سطح $\alpha = 0$ و α_5 بیانگر سطح $\alpha = 1$ می‌باشد) با مقایسه این دو شکل می‌توان دریافت که با افزایش سطح آلفا، یعنی کاهش میزان محافظه کاری سیستم در مقابل ریسک و شرایط نامطمئن در هر دو مدل میزان کارایی افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر، هر قدر که به سمت $\alpha = 1$ نزدیک



شکل ۱- میانگین ناکارایی فنی خالص در کران بالا و پایین براساس مدل بازده ثابت نسبت به مقیاس



شکل ۲. میانگین ناکارایی فنی خالص در کران بالا و پایین براساس مدل بازده متغیر نسبت به مقیاس

براساس اطلاعات به دست آمده از جدول (۱۰)، میزان ذخیره انرژی نیروی کار در بازه [2/00, 37/42] متغیر بوده و در کران پایین کود پتاسیم با کسب امتیاز 45/16 و در کران بالا سم حشره کش با امتیاز 5/22 ناکاراترین ورودی‌ها می‌باشند. با استناد به نتایج به دست آمده از جدول (۱۰) می‌توان نتیجه گرفت که میزان ذخیره انرژی در کران پایین بسیار بیشتر از کران بالا می‌باشد.

در گام بعدی پژوهش، مقدار انرژی به کار رفته در منطقه مورد نظر برای تولید برنج و مقدار انرژی‌ای که برای تولید همان میزان خروجی (انرژی بهینه) باید مورد استفاده قرار گیرد، مورد بررسی و محاسبه قرار گرفت. شایان ذکر است که دو ستون آخر جدول ۱۰ میزان انرژی که می‌تواند در سطح آلفای $\alpha = 0/25$ در دو کران پایین و بالا براساس مدل بازده ثابت نسبت به مقیاس ذخیره شود را نشان می‌دهد.

جدول ۱۰- انرژی ذخیره شده در تولید برنج در سطح $\alpha=0.25$

ESTR (%)	$\alpha=0.25$ کران بالا برای		$\alpha=0.25$ کران پایین برای		نهادها	
	مقدار هدف	مقدار استفاده شده	مقدار هدف	مقدار استفاده شده		
	مگاژول بر هکتار (Mg/kg)		مگاژول بر هکتار (Mg/kg)			
درصد ناکارایی	مقدار	مقدار استفاده شده	مقدار هدف	مقدار استفاده شده		
کران بالا	کران پایین					
۲/۰۰	۳۷/۴۲	۱۷۴۰/۸۵	۱۷۷۶/۵۳	۵۵۹/۷۷	۸۹۴/۵۳	نیروی کار
۲/۶۱	۳۷/۸۸	۳۳۱۱/۰۶	۳۴۰۰/۰۱	۱۲۳۵/۶۸	۱۹۸۹/۲۶	ماشین آلات
۱/۳۳	۳۴/۷۹	۹۲۲۸/۱۱	۹۳۵۳/۳۵	۳۳۴۵/۰۸	۵۱۳۰/۱۰	سوخت
۲/۷۱	۴۱/۳۱	۱۲۲۳۹/۷	۱۲۵۸۱/۵۵	۴۷۱۶/۳۹	۸۰۳۶/۵۴	نیتروژن
		۲				
۳/۵۲	۴۲/۹۸	۱۹۴۵/۵۳	۲۰۱۶/۷۱	۶۷۵/۱۷	۱۱۸۴/۲۱	فسفات
۳/۱۲	۴۵/۱۶	۷۱۰/۳۸	۷۳۳/۲۹	۲۶۴/۳۵	۴۸۲/۰۴	پتاسیم
۴/۷۳	۳۱/۳۴	۴۰۹/۷۶	۴۳۰/۱۱	۱۴۰/۸۱	۲۰۵/۱۱	کود حیوانی
۵/۲۲	۴۴/۷۹	۸۳۸/۸۵	۸۸۵/۰۸	۳۲۳/۸۳	۵۸۶/۵۸	حشره کش
۴/۳۶	۴۳/۴۳	۱۶۹/۰۵	۱۷۶/۷۷	۶۰/۹۶	۱۰۷/۷۷	قارچ کش
۳/۱۸	۴۱/۱۱	۹۳۳/۷۰	۹۶۴/۴۵	۳۵۷/۶۹	۶۰۷/۴۵	علف کش
۰/۷۷	۳۵/۸۶	۱۶۷۵۹/۹	۱۶۸۹۰/۹۶	۶۲۸۷/۳۹	۹۸۰۳/۴۵	آب
		۱				
۰/۶۵	۳۵/۵۶	۲۱۴۰/۸۲	۲۱۵۵/۰۰	۸۲۵/۲۹	۱۲۸۰/۸۰	بذر
۱/۸۲	۳۷/۹۹	۵۰۴۲۷/۸	۵۱۳۶۳/۸۷	۱۸۷۹۲/۴۵	۳۰۳۰۷/۹۲	انرژی کل

مأخذ: یافته‌های تحقیق

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده از این مطالعه نشان می‌دهند که بیشترین سهم انرژی مصرفی در تولید برنج در استان گلستان مربوط به نهاد آب با سهم 33 درصد از کل انرژی ورودی می‌باشد. به منظور مقایسه می‌توان به مطالعه مشابهی که در بخش کامفیروز استان فارس صورت گرفته است، اشاره کرد. نتایج این مطالعه بیانگر این مهم است که بیشترین میزان استفاده از نهادها مربوط به آب آبیاری است. به عبارت بهتر، در این مطالعه بیشترین اندازه‌ی استفاده‌ی ناکارآ از نهادها مربوط به آب آبیاری با ۴۰ درصد ناکارایی در استفاده از این نهاد است (Esfandiari *et al.*, 2012). کود مصرفی، نهادی است که از نظر میزان مصرف در تولید این محصول با مقدار 31/2 درصد در رتبه دوم بعد از نهاد آب قرار می‌گیرد. قارچ‌کش‌ها با سهم 3 درصد از کل انرژی مصرف شده در فرآیند تولید برنج در استان گلستان

آخرین رتبه را از منظر مصرف انرژی کسب کردند. مصرف زیاد آب ممکن است به دلیل پایین بودن راندمان آبیاری این محصول در استان و یا مصرف زیاد محصول برنج به دلیل نیاز آبی زیاد آن باشد که در این صورت، می‌توان استفاده از تکنیک‌های کاهش مصرف آب مانند نصب کنتور هوشمند بر موتور پمپ‌ها و همچنین، آموزش کشاورزان برای ایجاد یک برنامه زمان‌بندی آبیاری مناسب به این مهم توجه نمود.

سهم انرژی تجدیدناپذیر در تولید برنج بیشتر از انرژی تجدیدپذیر است. بالا بودن مقدار انرژی تجدیدناپذیر که در مطالعه حاضر می‌تواند ناشی از مصرف زیاد کودهای شیمیایی باشد در آینده‌ای نه چندان دور و در صورت ادامه این روند تأثیرات جدی بر محیط‌زیست و انسان خواهد گذاشت. بنابراین، با توجه به غیر قابل برگشت بودن انرژی تجدیدناپذیر و همچنین، تأثیرات جدی این عامل مهم بر محیط زیست و انسان، بر

دارند. در کران پایین و در سطح آلفای ۰/۲۵ کود پتاسیم ناکاراترین نهاده است که با توجه به ماهیت شیمیایی آن می‌تواند اثرات جدی بر خاک و محیط کشت بگذارد. بر پایه نتایج تحقیق حاضر، پیشنهاد می‌شود با استفاده درست و بهینه از میزان کود پتاسیم و حشره‌کش‌ها می‌توان مقدار زیادی از انرژی مصرفی را ذخیره کرد. مصرف زیاد کودها با توجه به تأثیری که بر خاک و موجودات موجود در خاک می‌گذارند توصیه نمی‌شود. مصرف زیاد کود و مواد شیمیایی به طور قطع تأثیرات جدی و جبران‌ناپذیری بر محیط کشت خواهند نهاد. در این راستا، می‌توان با کاهش استفاده از سموم شیمیایی و جایگزین کردن آنها با کودهای آلی و استفاده از ماشین‌آلات جدیدتر در مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر صرفه‌جویی کرد.

با توجه به دقت و کاربردی بودن نتایج حاصل از روش تحلیل پوششی داده‌های فازی بازه‌ای، می‌توان از نتایج این روش برای ارایه روش‌های مدیریتی صحیح در مصرف نهاده‌ها برای تولید محصولات کشاورزی مانند برنج استفاده کرد. با توجه به نتایج حاصل از این تحلیل، مقادیر مازاد مصرف نهاده‌ها، مزارع کارا و ناکارا (در سطح $\alpha=0/25$) تعیین شد که از این موارد برای مصرف بهینه منابع انرژی در دوره‌های کشت آینده می‌توان استفاده کرد.

REFERENCES

- 1- Adachi, K., Del Ninno, C. & Liu, D. (2010). Technical Efficiency in Bangladesh Rice Production Are Their Threshold Effects in Farm Size? *Poster prepared for presentation at the Agricultural and Applied Economics Association 2010 AAEA, CAES, and WAEA Joint Annual Meeting, Denver, Colorado, July 25-27.*
- 2- Ahmadzade, S.S., Kavand, H., Sargazi, A., & Sabohi, M. (2012). Determination the efficiency of rice farmers using Data Envelopment Analysis approach. *Journal of Operational Research and its Applications (Applied Mathematics)*, 9(3), 63-76. (In Farsi)
- 3- Ajabshirchi Oskoei, Y. (2000). Management of energy consumption in agriculture. *Master thesis, Faculty of Agriculture, University of Tabriz.* (In Farsi)
- 4- Ajabshirchi Oskoei, Y., Taki, M., Abdi, R., Ghobadifar, A., & Iraj, Ranjbar. (2011). Investigating the energy efficiency of rainfed wheat by data envelopment analysis technique. *Journal of Agricultural Machinery*, 1(2), 122-132. (In Farsi)
- 5- Babaei, M., Paknejad, H., Mardani, M., & Salarpour, M. (2012). Evaluation of Jahrom crop efficiency using Interval Data Envelopment Analysis. *Journal of Operational Research and its Applications (Applied Mathematics)*, 9(4), 43-53. (In Farsi)
- 6- Charnes, W.W. Cooper, E. Rhodes, Measuring the efficiency of decision-making units, *European Journal of Operational Research*, 2 (1978), 429-444.
- 7- Cochran, W.G. (1997). *Sampling techniques*, (3rdEd), New York: Willey.
- 8- Cooper, W. W., Park, K.S., & Yu, G. (1999). IDEA and AR-IDEA: models for dealing with imprecise data in DEA. *Management Science*, 45, 597-607.
- 9- Emami Meibodi, A. (2000). *Principles of Measuring Efficiency and Productivity*, First Edition, Publishing Institute of Studies and Business Researches, Tehran. (In Farsi)

استفاده صحیح و درست از این عامل تولیدی اکیداً توصیه می‌شود. بهترین راهکار در این زمینه ترویج استفاده از کودهای آلی و آموزش نحوه صحیح استفاده از کودهای غیر آلی است.

با توجه به نتایج محاسبه نمرات کارایی و اختلاف چشمگیر بین واحدهای کارا و ناکارا توصیه می‌شود واحدهای ناکارا میزان مصرف خود را با توجه به مقدار مصرف واحدهای کارا تنظیم نمایند تا بر مرز کارایی قرار گیرند.

مطابق نتایج مطالعه حاضر، میزان ذخیره انرژی در کران پایین بسیار بیشتر از کران بالا است. به عبارت بهتر، زمانی که مقدار بیشتری از نهاده‌ها نسبت به مقدار بهینه مورد استفاده قرار می‌گیرد امکان حفظ و ذخیره انرژی بیشتر است. در حالت کلی، بر اساس شواهد به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که کشاورزان ناکارآمد نسبت به کشاورزان کارآمد میزان انرژی بیشتری را برای تولید همان میزان محصول مورد استفاده قرار داده که این استفاده بیشتر هزینه‌های اضافی برای این کشاورزان تحمیل می‌کند. اضافه شدن هزینه‌ها باعث کاهش سود کشاورزان شده که وقوع این امر به نوبه خود می‌تواند تمایل کشاورزان را برای کشاورزی و در نتیجه، تولید محصول کاهش دهد. یافته‌های جدول ۱۰ حاکی از آن است که کود پتاسیم و حشره‌کش‌ها میزان مصرف بالایی

- 10-Emami Meibodi, A. (2005). *Principles of Measuring Efficiency and Productivity*, Second Edition, Publishing Institute of Studies and Business Researches, Tehran. (In Farsi)
- 11-Esfandiari, M., Shahraki, J., & Karbasi, A. (2012). Study of efficiency and optimal inputs usage for rice production; Case study: Rice producers in Kamfirouz district, Fars province, *Agricultural economics*, 6(3), 1-24. (In Farsi)
- 12-Esfandiari, M., Yaghoubi, M., Shahabinejad, V., & Karbasi, A. (2013). Efficiency Evaluation of Rice Farmers at South Kamfirouz Region of Marvdasht County: Application of Data Envelopment Analysis Model. *Village and Development*, 15(1), 65-84. (In Farsi)
- 13-Eskandari cherati, F.A., Bahrami, H., & Asakereh, A. (2011). Energy survey of mechaized andt raditional rice production system in Mazandaran province of Iran. *African Journal of Agriculture Research*, 6(11), 2565-2570 (In Farsi).
- 14-Gundogmus E. (2006). Energy use on organic farming: a comparative analysis on organic versus conventional apricot production on small holdings in Turkey. *Energy Conversation Management*, 47, 3351-3359. (In Farsi)
- 15- Helsel, Zr. 1992. Energy and alternatives for fertilizer and pesticide use. *AGRI Science*, 6, 177-210.
- 16-Iqbal T. (2007). Energy input and output for production of Boro rice in Bangladesh. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 7, 2717-2722.
- 17-Jafarian-moghaddam, A.R., & Ghoseiri, K. (2012). Multi-objective data envelopment analysis model in fuzzy dynamic environment with missing values, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 61, 771-785.
- 18- Kao C., & Liu S.T. (2003). A mathematical programming approach to fuzzy efficiency ranking. *International Journal of Production Economics*, 86, 145-154.
- 19-Kavoosi Kalashami, M., Zanipoor, M., Yavari, M., & Adibi, Sh. (2017). Evaluation of the effect of national plan implementation of increasing rice production on technical efficiency of paddy farms (A case study: Pirbazar region of Rasht city), *Journal of Management System*, 7(2), 155-299. (In Farsi)
- 20- Kordoni, F., Jamialahmadi, M., & Bakhshi, M.R. (2018). Economic analysis of energy use in cereal production of IRAN (Case study: wheat, barley, corn, rice), *Journal of Agricultural Economics Research*, 10(37), 133-148. (In Farsi)
- 21-Mardani Najafabadi, M., & Taki, M. (2020) Robust data envelopment analysis with Monte Carlo simulation model for optimization the energy consumption in agriculture. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 42(24): 2963-2971.
- 22-Ministry of Agriculture Jihad (2019). *Assistance of Planning and Economics, Bureau of Statistics and Information Technology*. (In Farsi)
- 23- Nasiri, S.M. & Singh, S. (2009). Study on energy use efficiency for paddy crop using data envelopment analysis (DEA) technique. *Applied Energy*, 86(7), 1320-1325. (In Farsi)
- 24-Ohadi, N., Shahraki, J., Pahlavani, M., & Mardani Najafabadi, M. (2019). Evaluation of Carbon-Environmental Efficiency with Imprecise Data by Using Fuzzy Data Envelopment Analysis Approach. *The Economic Research*, 19(4), 111-129. (In Farsi)
- 25-Peiman, M., Rohi, R., & Alizade, M.R. (2005). Determination of energy consumption in traditional and semi-mechanized methods for rice production (Case study: Guilan Province). *Journal of Agricultural Engineering Research*, 6(22), 67-80. (In Farsi)
- 26-Ramezani Amiri, H., & Zibaei, M. (2011). [Investigating Relationships between the Energy of Consumed Inputs and Yields of Tomato, Cucumber and Melon under Plastic Cover Cultivation in iroozabad of Fars province](#). *Agricultural economics & development*, 25(1), 58-65. (In Farsi)
- 27-Rezapour, S., Mortazavi, S.A., & Mojaverian, S.A. (2010). The study of main factors in productivity of paddy producer provinces in Iran, *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 41-2(4), 413-576. (In Farsi)
- 28-Sandoghdar, A. (2012). Measurement of Energy and Determination of Economic Indicators of Rice Fields in Mazandaran Province using Data Envelopment Analysis (DEA), *Master Thesis*, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran.
- 29-Shahnavazi, A. (2017). Determining the efficiency rank of irrigated crops in Iranian agricultural sector, *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 48(2), 227-240. (In Farsi)
- 30-Shakeri, A., Gorshasbi, A. (2009). Estimation of Technical Efficiency of Rice in Selected Provinces of Iran, *Journal of Humanities and Social Sciences*, 8(3), 81-96.
- 31-Singh, J.M. (2002). On farm energy use pattern in different cropping systems in Haryana, India. *Master Thesis*, International Institute of Management University of Flensburg, Germany.
- 32-Wang, K., Zhang, P., Pang, B. (2018). Process and Mechanism of Agricultural Irrigation Benefit Allocation Coefficient Based on Energy Analysis- A Case Study of Henan, China. *Sustainability*, 10(12), 1-15.

- 33- Wardana, F., Yamamoto, N., Kano, H. (2018). Analysis of Technical Efficiency of Small-Scale Rice Farmers in Indonesia. *The Journal of Tropical Life Science*, 8(1), 91-96.
- 34- Yazdani, S., Taheri Rikande, O., Mohamadian, F., & Norozi, H. (2017). Diversity of activity, a strategy to promote energy productivity in agricultural (causality analytical approaches Toda-Yamamoto and Bounds test, *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 48(4), 547-556. (In Farsi)
- 35- Zheng, S.F., Mou, X.R., & Zhang, Z.Z. (2018). Analysis on the production efficiency and restriction factors of Chinese rice based on DEA model. *Journal of Discrete Mathematical Sciences and Cryptography*, 21(6), 1215-1218.