

Analysis and Comparison of Energy Efficiency in the Irrigated Wheat Production for Hub Provinces

Abstract

Regarding the limitation of non-renewable energies, as one of the most important (main) production factors leading to a country's economic growth, and also considering the negative impact of increasing use of energy such as air pollution and climate change, it becomes necessary to manage the energy consumption. On this basis, the present study estimates (investigates) different consumption energies and compares the efficiency of the energy using the Data Envelopment Analysis method in irrigated wheat production in pole regions (Khuzestan, Fars, Golestan, Kordestan, and Kermanshah) during the 2011-2019 time period. The results of this study show that the minimum and maximum average technical effectiveness of energy consumption was in Fars and Khuzestan regions respectively. Fars region is using on average 13.3% and 15.6% excess of the efficient condition renewable and non-renewable energies respectively, which is necessary to decrease this amount of consumption in this region for irrigated wheat production. In recent years, the gap trend in energy consumption in the Fars region has even increased. As of 2019 the gap between renewable and non-renewable energies was respectively 27.9%. Additionally, in every region except Khuzestan there was a need for reducing energy consumption. Therefore, this study suggests that the estimated gaps between production development plans in the abovementioned regions be taken into consideration and relevant goals for reducing energy consumption be set in these regions.

JEL Classification: Q1,Q43,Q49

Keywords: Renewable energy, non-renewable energy, efficiency of energy consumption, irrigated wheat.

Objective

As the most important commercial commodity, with the largest share in world commerce, energy is of great importance for human activities. Iran, as a growing country, despite having rich and extensive energy, large oil reservoirs, huge underground mines and potential energy, is considered one of the examples of the growth model with pressure on natural resources (Zaremehjerdi & Ziaabadi, 2010). In general, energy in the agricultural sector is considered one of the most important production factors, so that most of the agricultural inputs have an image of energy in their bodies (Kohansal, 2014). Nowadays, for producing agricultural products, inputs such as fuel, electricity, machines, seeds, chemical fertilizers, and agricultural pesticides have a significant contribution in providing energy resources (Hamedani et al., 2014). This variety of inputs has created significant changes in the energy consumption pattern of the agricultural sector and has caused more dependence on fossil fuel energy sources (Mousavi-avval et al., 2011). This can cause negative effects on the environment and public health and lead to overuse of natural resources. Therefore, this issue reveals the importance and necessity of examining the energy consumption pattern in order to use it effectively in the agricultural sector (Rafiee et al., 2010). As one of the main food and agricultural products, wheat has a special place in the world and is one of the main sources of energy for humans. In Iran, wheat is considered the most important crop, so that in 1398, the production of wheat was estimated to be about 8.3 million tons, which was about 46.1% of the production of water wheat in the five provinces of Golestan, Fars, Khuzestan, Kurdistan, and Kermanshah. And also, the area under cultivation dedicated to this product in the provinces of the wheat production pole is estimated to be about 45.5% (Agricultural Iran Statistics, 2020). There are very limited reports related to the assessment of input energy and energy audit in wheat production systems in the provinces of the wheat production pole, so the main objectives of this study are to analyze and compare the energy efficiency in the agricultural sub-sector of the provinces of the wheat production pole and to calculate the renewable energies and non-renewable energies in these provinces.

Methods

In 1974 Odum established the first method of energy analysis (SSSA, 1997). And at the same time, Energy Evaluation Method was propounded by IFIAS (Fluke, 1992). The concern about the increasing dependence

1- Soil Science Society of America

2- International Federation of Institutes for Advanced Study

of agricultural production systems on fossil energy sources has led to the attention to energy analysis techniques for studying the degree of energy dependence and investigating energy efficiency in agricultural systems (Stout, 1990). Odum tried to understand the relationship between environmental systems with the principle of general systems theory. He expressed the relationship between input and output energy in environmental systems using mathematical formulas. Considering this, it is important that the results of energy studies depend on the set of assumptions used, such as the definition of outputs and inputs and the energy equivalent of inputs (Conforti & Giampietro, 1997). In the first part, renewable and non-renewable energy inputs are calculated.

Input energy(consumed): In this stage, all direct inputs (fuel, electricity and human power) and indirect inputs (chemical fertilizers, animal manure, chemical poisons such as herbicides and pesticides, machinery and seeds) during the implementation of different agricultural operations to produce products from energy conversion coefficients are equated for each operation and then the amount of energy is calculated for each input and operation. Energy (E) is measured as fossil energy and is defined by the unit of Joule (J). All fuels and electricity come from non-renewable energy sources. Energy use (EU) is defined as the net energy used to produce an agricultural product until it is sold and leaves the farm or used as animal feed. Energy consumption can be divided into two groups: direct (EUdirect) and indirect (EUindirect) (Uhlir, 1998). Direct energy (EUdirect) is an energy input used in production when such input can be converted directly into energy units (for example, diesel fuel, oils and electricity for irrigation and drying). Indirect energy (EUindirect) is the energy used in the production of inputs used in production, which cannot be directly converted into energy units (for example, machinery, fertilizers, pesticides are included in this category) (Dalggaard, 2001). In the second part, energy efficiency is calculated. In 1978, an article by Charnes, Cooper and Rhodes (CCR) was presented, which introduced the practical measurement of efficiency using linear programming technique. This method is now famous for comprehensive data analysis and is based on optimization principles using linear programming methods. In this method, which is a known as non-parametric method, the efficient frontier curve is created from a series of points determined by the linear programming model. The detection of these points is done in the two states of establishing and not establishing the assumption of constant efficiency relative to the scale. In fact, with a series of optimizations, it is determined whether the desired decision-making unit is on the efficiency boundary (efficient unit) or outside it (inefficient unit) and with the help of this method, efficient and inefficient units are separated from each other. It is noteworthy that in this method the objective function (output energy) can be maximized according to the energy of specific inputs. or by using its double, that is, according to a certain amount of output energy, minimize the use of input energy (factors of production). Since in this technique all the data are covered, it is known as data coverage analysis (DEA) (Coelli, 1996). The information of this study was obtained from the Ministry of Agriculture (1400) and contains provincial production cost of water wheat information between 1390 and 1398. Also, DEAP2.1 software package has been used to estimate the performance results.

Results

In the present study and comparison of the efficiency of five provinces of water wheat production in the country during 1390-1398, the results showed that the lowest fluctuations in energy scale efficiency were in Golestan and Fars provinces, on the other hand, the highest fluctuation of scale efficiency was related to Khuzestan and Kurdistan provinces. Also, in terms of energy technical efficiency, Fars province has the lowest average technical efficiency among the five studied provinces. Also, in terms of technical efficiency and energy scale, Khuzestan province has had the most suitable situation among other provinces. Examining the gap between renewable and non-renewable energies in terms of efficiency showed that, on average, among the studied provinces, Fars province had the largest gap in terms of efficiency for both renewable and non-renewable energies, and in contrast, Khuzestan province had the best situation among the provinces of the country. Also, the trend of technical efficiency in the provinces of the water wheat production pole showed that Khuzestan province had the most efficient state among the five studied provinces. Also, the investigation of this trend in Golestan and Kurdistan provinces showed that during the years under study, the state of energy consumption has changed from inefficient to efficient. The trend of technical efficiency of energy in Fars and Kermanshah provinces has been fluctuating and in the last years of studying the efficiency of energy consumption, it has declined, and the continuation of the current situation will lead to energy wastage and increase the pressure on non-renewable resources. Fars province has used renewable and non-renewable energy resources in the production of water wheat in 1391, during the years under review, this province has always

1- Charnes Cooper, Rhodes

2- Data Envelopment Analysis

had a significant gap in the use of these resources compared to the efficient situation, and the trend of this gap has decreased and accelerated in recent years, which can be concluded that the production of wheat in this province has caused a lot of waste of renewable and non-renewable energy resources. The efficiency trend of the scale also showed that Khuzestan province had an efficient trend, but in the last year of the study, the inefficiency of the scale in energy consumption was observed. In Golestan province, the efficiency of the energy scale shows that with a fluctuating trend, the efficiency of the scale in energy consumption is observed in the last years. On the other hand, Kurdistan and Kermanshah provinces have changed their status from efficient to ineffective in recent years.

Discussion

Considering the results as well as the importance of non-renewable energies, it is necessary to direct government support in the provinces of the wheat production pole, and especially in Fars province, to reduce the use of energy. Given the fact that the most efficient province in terms of energy consumption is Khuzestan, it seems that energy management methods in this province can be considered as an effective model in other provinces as well. Also, the calculated gaps can be considered in the development plans of the agriculture sub-sector in the desired provinces and targeted to reduce energy consumption in the provinces with excess consumption.

تحلیل و مقایسه کارایی انرژی در استان‌های قطب تولید گندم آبی

تاریخ دریافت:

تاریخ پذیرش:

چکیده:

باتوجه به محدودیت انرژی‌های تجدیدناپذیر به عنوان یکی از مهمترین عوامل تولید در راستای رشد اقتصادی کشورها، همچنین نظر به پیامدهای منفی افزایش مصارف انرژی نظیر آلودگی هوا و تغییرات اقلیم، اهمیت برنامه‌ریزی در مصارف انرژی ضرورت خواهد داشت. بر این اساس مطالعه حاضر به برآورد انواع انرژی‌های مصرفی، تحلیل و مقایسه کارایی انرژی به روش تحلیل پوششی داده‌ها در تولید گندم آبی استان‌های قطب (خوزستان، فارس، گلستان، کردستان و کرمانشاه) طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۸ می‌پردازد. نتایج این مطالعه نشان داد که کمترین و بیشترین میانگین کارایی فنی مصارف انرژی به ترتیب در استان‌های فارس و خوزستان بوده است. بطوریکه استان فارس بطور میانگین ۱۳/۳ و ۱۵/۶ درصد به ترتیب از منابع تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر مازاد بر وضعیت کارا استفاده می‌کند و لازم است این میزان مصارف انرژی در این استان در تولید گندم آبی کاهش یابد. البته روند این شکاف مصرف انرژی در استان فارس در سال‌های پایانی بیشتر شده است. بطوریکه در سال ۱۳۹۸ این شکاف در مصارف انرژی تجدیدپذیر و هم تجدیدناپذیر به ترتیب ۲۷/۹ درصد بوده است. همچنین در تمامی استان‌ها بجز استان خوزستان نیاز به کاهش مصارف انرژی بوده است. بنابراین پیشنهاد می‌شود، شکاف‌های برآورد شده در برنامه‌های توسعه کشت گندم آبی در استان‌های مورد نظر مد نظر قرار گرفته و جهت کاهش مصارف انرژی در این استان‌ها هدف گذاری شود.

کلمات کلیدی: انرژی تجدیدناپذیر، انرژی تجدیدپذیر، کارایی مصارف انرژی، گندم آبی

طبقه بندی JEL: Q1, Q43, Q49

مقدمه

با افزایش روز افزون جمعیت جهان و محدودیت انرژی، دسترسی به انرژی به مقدار کافی از بسیاری جهات در آینده مشکل تر خواهد بود. در حال حاضر تأمین امنیت غذایی برای جمعیت فزاینده جهان با حفظ منابع پایه زمین و آب با حداقل اثرات زیست محیطی به یکی از چالش‌های اساسی در کشاورزی پایدار تبدیل شده است (Mohammadzadeh et al., 2017). جهان امروز، جهان توسعه اقتصادی و صنعتی است. روند این توسعه در طول دهه‌های اخیر شتاب بیش‌تری گرفته‌است. انرژی به عنوان مهم‌ترین کالای تجاری، که بیش‌ترین سهم را در تجارت جهان دارد، برای فعالیت‌های بشر از اهمیت فراوانی برخوردار است. ایران به عنوان کشوری رو به رشد، با وجود برخورداری از انرژی غنی و گسترده و وجود مخازن بزرگ نفتی، معادن عظیم زیرزمینی و توان بالقوه انرژی، یکی از مصداق‌های الگوی رشد با فشار

بر منابع طبیعی به شمار می‌رود (Zaremehrjerdi & Ziaabadi, 2010). بطور کلی انرژی در بخش کشاورزی یکی از مهم‌ترین فاکتورهای تولید محسوب می‌شود، به نحوی که اکثر نهاده‌های کشاورزی تصویری از انرژی را در پیکره خود دارا می‌باشند (Kohansal, 2004). امروزه برای تولید محصولات کشاورزی نهاده‌هایی مانند سوخت، الکتریسیته، ماشین‌ها، بذر، کود شیمیایی و سموم کشاورزی سهم قابل ملاحظه‌ای در تأمین منابع انرژی دارند (Hamedani et al., 2014). این تنوع نهاده‌ها تغییرات قابل ملاحظه‌ای در الگوی مصرف انرژی بخش کشاورزی ایجاد کرده و موجب وابستگی بیشتر به منابع انرژی سوخت‌های فسیلی شده است (Mousavi-avval et al., 2011). این امر می‌تواند اثرات منفی بر محیط زیست و سلامت عمومی ایجاد کند و منجر به استفاده مازاد از منابع طبیعی شود. لذا این مسأله اهمیت و ضرورت بررسی الگوی مصرف انرژی به منظور استفاده مؤثر از آن در بخش کشاورزی را آشکار

خوزستان، کردستان و کرمانشاه بوده و همچنین سطح زیرکشت اختصاص داده شده به این محصول در استان‌های قطب تولید گندم حدود ۴۵/۵ درصد برآورد شده است (Agricultural Iran Statistics, 2020). امروزه تحقیقات در زمینه انرژی در کشاورزی در مواجهه با افزایش جمعیت، عرضه محدود زمین‌های قابل کشت و تمایل به افزایش سطح زندگی توسعه یافته‌است. از مواردی که می‌بایست توجه ویژه به آن نمود استفاده از شیوه‌هایی است که سبب صرفه‌جویی در انرژی می‌شود. شناسایی این روش‌ها و پیشنهاد آن برای کشت گیاهان زراعی از جمله گندم حائز اهمیت می‌باشد (Balancard & Martin, 2014). ارقام گندم با توجه به توسعه نو ترکیبی ژنتیکی با کیفیت‌های مختلف توسعه یافته‌اند. گزارش شده است که از کل انرژی‌های ورودی انرژی‌های غیرمستقیم در مقایسه با انرژی‌های مستقیم سهم بیشتری را در تولید گندم دارا بودند (Houshyar & Grundmann, 2017). بررسی الگو و کارایی مصرف انرژی تولید گندم دیم به کمک رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها در شهرستان چرداول، استان ایلام انجام شده است و نتایج حاکی از آن است که سهم انرژی‌های مستقیم و غیر مستقیم از کل انرژی مصرفی نیز به ترتیب برابر ۴۹ و ۵۱ درصد محاسبه شد. (Fathi et al., 2018) در مطالعه‌ای به تحلیل خوشه‌ای شاخص‌های مصرف انرژی و ردپای کربن در سیستم‌های کشت گندم آبی در استان‌های ایران پرداخته شد و نتایج حاکی از آن است که به طور میانگین تولید گندم در ایران از منظر انرژی ناکارآمد است. از میان سی استان گندم‌کار در ایران تنها شش استان آذربایجان غربی، گلستان، اردبیل، کهگیلویه و بویر احمد، البرز و آذربایجان غربی به لحاظ انرژی کارا عمل کرده‌اند (Rafiee et al., 2022). همچنین در تحقیق دیگری در گندم بیان شده است که سهم انرژی ورودی غیرمستقیم به ویژه کودهای شیمیایی

می‌سازد (Rafiee et al., 2010). انرژی به عنوان یکی از مهم ترین عوامل تولید جایگاه ویژه‌ای در رشد و توسعه کشورها دارد. از طرف دیگر تأثیرات سوء مصرف انرژی بر آلودگی هوا و تغییرات آب و هوایی، اهمیت برنامه‌ریزی در مصرف بهینه انرژی را دوچندان کرده و لازم است با دقت بسیار صورت گیرد. این مساله در اقتصاد ایران در مقایسه با سایر کشورهای جهان اهمیت ویژه‌ای دارد چرا که گستردگی منابع انرژی زیاد است. انجام هرگونه اقدام در مصرف بهینه انرژی مستلزم شناخت وضع موجود است که این شناخت از طریق جمع‌آوری آمار، اطلاعات و محاسبه بهره‌وری انرژی حاصل می‌شود. سطح بهره‌وری انرژی در اقتصاد ایران در مقایسه با سایر کشورهای جهان نازل است و برای اصلاح آن باید اقدامات اساسی صورت گیرد (Shahabinejad, 2014). محدودیت زمین‌های زراعی، افزایش جمعیت، تغییر در زیرساخت‌ها و تمایل به استانداردهای بالای زندگی عواملی هستند که مصرف انرژی در بخش کشاورزی را افزایش داده‌اند. عرضه انرژی در کشاورزی می‌تواند از جهتی به دو صورت مستقیم و غیر مستقیم، و از سویی دیگر به دو دسته تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر طبقه بندی شود. ممیزی انرژی یکی از رایج‌ترین روش‌ها به منظور بررسی کارایی انرژی و اثرات زیست‌محیطی سامانه تولید می‌باشد (Ramedani et al., 2014). تجزیه و تحلیل انرژی نشان خواهد داد که چه مقدار انرژی به صورت مؤثر استفاده شده است (Moghimi et al., 2013).

گیاه گندم به عنوان یکی از اصلی‌ترین مواد غذایی و زراعی از جایگاه ویژه‌ای در دنیا برخوردار است و در شمار اصلی‌ترین غذای تأمین انرژی انسان‌ها قرار گرفته است. در ایران نیز گندم مهم‌ترین گیاه زراعی به شمار می‌رود به طوریکه در سال ۹۸ تولید گندم، حدود ۸/۳ میلیون تن برآورد شده که حدود ۴۶/۱ درصد تولید گندم آبی در پنج استان گلستان، فارس،

زمان، روش ارزیابی انرژی توسط IFIAS^۲ پیشنهاد شد (Fluk, 1992). نگرانی در مورد افزایش وابستگی سیستم‌های تولید محصولات کشاورزی به منابع انرژی‌های فسیلی باعث توجه به تکنیک‌های تجزیه تحلیل انرژی برای مطالعه میزان وابستگی به انرژی و بررسی کارایی انرژی در سیستم‌های کشاورزی شده است (Stout, 1990). Odum (1994) تلاش کرد تا رابطه بین سیستم‌های محیط زیستی را با اصل نظریه سیستم‌های کلی درک کند. وی با استفاده از فرمول‌های ریاضی رابطه بین انرژی ورودی و خروجی در سیستم‌های زیست محیطی را بیان کرد. توجه به این نکته مهم است که نتایج مطالعات انرژی به مجموعه مفروضات استفاده شده مانند تعریف خروجی‌ها و ورودی‌ها و معادل انرژی ورودی‌ها بستگی دارد (Conforti & Giampietro, 1997). انرژی ورودی (مصرفی): در این مرحله همه ورودی‌های مستقیم (سوخت، الکتریسته و نیروی انسانی) و غیر مستقیم (کود شیمیایی، کود حیوانی، سموم شیمیایی همچون علفکش‌ها و آفت کش‌ها، ماشین آلات و بذر) در هنگام اجرای عملیات زراعی مختلف برای تولید محصولات از ضرایب تبدیل انرژی که در جدول ۱ ارائه شده است، برای هر عملیات معادل سازی شده و سپس مقدار انرژی برای هر نهاده و عملیات محاسبه می‌شود.

به مراتب بیشتر از انرژی‌های مستقیم می‌باشد. در دیگر محصولات زراعی نیز سهم کودهای شیمیایی به ویژه کود نیتروژن بیشتر از سایر انرژی‌های ورودی بوده است (Yuan & Peng, 2017). کارایی انرژی یکی از عوامل اصلی ملزومات کشاورزی کارآمد و پایدار می‌باشد (Yuan & Peng, 2017). عرضه انرژی در کشاورزی می‌تواند از جهتی به دو صورت مستقیم و غیر مستقیم و از سویی دیگر به دو دسته تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر طبقه بندی شود. ممیزی انرژی یکی از رایج‌ترین روش‌ها به منظور بررسی کارایی انرژی و اثرات زیست محیطی سامانه تولید می‌باشد (Ramedani et al., 2011). تجزیه و تحلیل انرژی نشان خواهد داد که چه مقدار انرژی به صورت مؤثر استفاده شده است (Moghipi et al. 2013). گزارش‌های بسیار محدودی در رابطه با ارزیابی انرژی ورودی و ممیزی انرژی در سیستم‌های تولید گندم در استان‌های قطب تولید گندم وجود دارد بنابراین از اهداف اصلی این مطالعه تحلیل و مقایسه کارایی انرژی در زیربخش زراعی در استان‌های گلستان، فارس، خوزستان، کردستان و کرمانشاه برای تولید گندم آبی و محاسبه انرژی‌های تجدیدپذیر و انرژی‌های تجدیدناپذیر در این استان‌ها می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در سال ۱۹۷۴ اودوم اولین روش تجزیه و تحلیل انرژی را پایه گذاری کرد (SSSA, 1997) و در همان

جدول (۱) معادل انرژی‌های نهاده‌ها و ستانده‌ها در تولید محصولات منتخب زیر بخش زراعت

Table(1) Equivalent to the energies of inputs and outputs in the production of selected products under the agricultural sector

منبع	معادل	واحد (Unit)	نهاده‌ها/ستانده‌ها
Ozkan et al., 2004; Yilmaz et al., 2005; Singh et al., 2004*	۱/۹۶	h	۱- نیروی انسانی
Singh et al., 2004	۶۲/۷۰	h	۲- ادوات و ماشین آلات

۳- کودهای شیمیایی			
Yilmaz et al., 2005*; Esengun et al., 2007, Shrestha, 2002	۶۶/۱۴	kg	- نیتروژن (N)
Yilmaz et al., 2005*; Esengun et al., 2007, Shrestha, 2002	۱۱/۱۵	kg	- پتاسیم (K_2O)
Yilmaz et al., 2005*; Esengun et al., 2007, Shrestha, 2002	۱۲/۴۴	kg	- فسفر
Kitani, 1999	۱۲۰	kg	- کودهای میکرو
۴- کود حیوانی			
Ozkan et al., 2004; Akcaoz et al., 2009	۰/۳	kg	
۵- سوخت دیزل			
Kitani, 1999	۴۷/۸	L	
۶- الکتریسیته			
Kitani, 1999, Kaltsas et al., 2007	۱۲	kwh	
۷- حشره کش			
Rathke and Diepenbrock, 2006; Tzilivakis et al., 2005a	۲۳۷	kg	
۸- قارچ کش			
Strapatsa et al., 2001	۹۹	kg	
۹- علف کش			
Rathke and Diepenbrock, 2006; Tzilivakis et al., 2005a	۲۸۷	kg	
۱۰- آب آبیاری			
Acaroglu, 1998, Erdal et al., 2007	۱/۰۲	M ³	
۱۱- بذر گندم			
Kitani, 1999,	۱۳	kg	
۱۲- کاه و کلش			
Burhan et al., 2004	۱۲/۵	Kg	

است که در تولید نهاده‌های مورد استفاده در تولید استفاده می‌شود که این نهاده‌ها نمی‌توانند مستقیماً به واحد انرژی تبدیل شوند (به عنوان مثال ماشین آلات، کودها، سموم دفع آفات در این دسته قرار می‌گیرند) (Dalgaard, 2001). مدل‌های مورد استفاده EU با توجه به رابطه (۱) توضیح داده شده است.

$$EU_{crop} = EU_{direct} + EU_{indirect} \quad (1)$$

$$= (EU_{renewable} + EU_{non-renewable})$$

$$+ (EU'_{renewable} + EU'_{non-renewable})$$

$$= EU_{renewable}^{Total} + EU_{non-renewable}^{Total}$$

همچنین توزیع نهاده‌های مصرفی برای گندم بر اساس گروه انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر در جدول ۲ آورده شده است.

جدول (۲) پارامترهای انرژی برای تولید گندم

Table(2) Energy parameters for wheat production

واحد	توضیحات	پارامتر
MJ ha-1	نیروی انسانی+کود حیوانی+بذر+الکتریسیته+آب آبیاری	انرژی تجدیدپذیر (E_r)
MJ ha-1	ماشین آلات+سوخت+کودهای شیمیایی+آفت کش	انرژی تجدید ناپذیر (E_n)
MJ ha-1	$ET = E_r + E_n$	کل انرژی‌های ورودی (E_T)
MJ ha-1	انرژی در عملکرد برداشت محصول	انرژی خروجی (E_o)

در دو وضعیت برقراری و عدم برقراری فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس صورت می‌پذیرد. در واقع با یکسری بهینه سازی مشخص می‌شود واحد تصمیم گیرنده مورد نظر بر روی مرز کارایی (واحد کارا) و یا خارج از آن (واحد ناکارا) قرار دارد و با کمک این روش واحدهای کارا و ناکارا از یکدیگر تفکیک می‌شوند. نکته قابل توجه آن است که در این روش می‌توان تابع هدف (انرژی ستانده) و با توجه به انرژی نهاده‌های مشخصی حداکثر نمود. یا با استفاده از دوگان آن، یعنی با توجه به میزان مشخصی انرژی

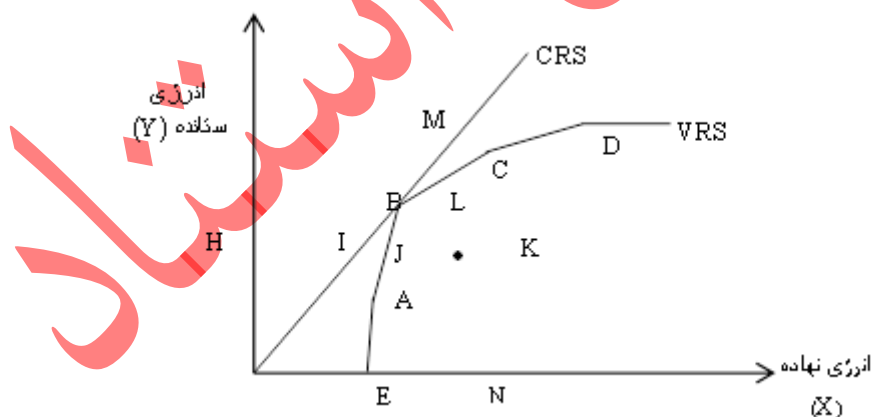
انرژی (E) به عنوان انرژی فسیلی اندازه‌گیری شده و با واحد ژول (J) تعریف می‌شود. تمامی سوخت‌ها و الکتریسته از منابع انرژی‌های تجدید ناپذیر ناشی می‌شوند. مصارف انرژی (EU) به عنوان انرژی خالص مورد استفاده برای تولید یک محصول کشاورزی تا زمان فروش و خروج از مزرعه یا استفاده به عنوان علوفه برای دام تعریف می‌شود. مصارف انرژی را می‌توان به دو گروه مستقیم (EU_{direct}) و غیرمستقیم ($EU_{indirect}$) تقسیم کرد (Uhlir, 1998). انرژی مستقیم (EU_{direct})، ورودی انرژی است که در تولید هنگامی استفاده می‌شود که بتوان چنین ورودی را مستقیماً به واحدهای انرژی تبدیل کرد (به عنوان مثال سوخت دیزل، روغن‌ها و برق برای آبیاری و خشک کردن). انرژی غیرمستقیم ($EU_{indirect}$) انرژی

محاسبه کارایی انرژی

در سال ۱۹۷۸، مقاله‌ای توسط چارلز، کوپر و رودز (CCR^۱) ارائه گردید که در اندازه‌گیری عملی کارایی با استفاده از تکنیک برنامه‌ریزی خطی معرفی شد این روش در حال حاضر به تحلیل فراگیر داده‌ها شهرت یافته و مبتنی بر اصول بهینه سازی با استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی خطی می‌باشد. در این روش که به روش ناپارامتری مرسوم است، منحنی مرزی کارا از یکسری نقاط که توسط الگوی برنامه‌ریزی خطی تعیین می‌شوند، ایجاد می‌گردد. تشخیص این نقاط

عینی نخواهد داشت، به عنوان یک بنگاه (استان) مجازی کارا شناخته می‌شود. به عبارت دیگر بنگاه (استان) مرجع برای یک بنگاه (استان) غیرکارا، می‌تواند یک بنگاه (استان) واقعی و یا در حالت کلی یک بنگاه (استان) مجازی باشد (Coelli, 1996). یکی از مزایای روش تحلیل فراگیر داده‌ها، یافتن بهترین بنگاه (استان) مجازی کارا برای هر بنگاه (استان) واقعی (چه کارا و چه غیرکارا) می‌باشد. در این صورت چنانچه بنگاهی (استان) کارا باشد، مجموعه مرجع آن (بنگاه (استان) مجازی کارا)، خود این بنگاه (استان) خواهد بود. نکته دیگر آنکه، سهم هر یک از بنگاه‌های (استان‌ها) کارا در تشکیل بنگاه‌های (استان‌ها) مجازی کارا (الگوی مرجع) برای یک بنگاه (استان) غیرکارا بستگی به وزن بنگاه (استان) مرجع داشته که مقدار بعدی آن با استفاده از تکنیک تحلیل فراگیر داده‌ها برای هر یک از بنگاه‌های (استان‌ها) کارا محاسبه می‌شود.

ستانده، استفاده از انرژی نهاده (عوامل تولید) را حداقل کرد. از آنجا که در این تکنیک کلیه داده‌ها تحت پوشش قرار می‌گیرند به تحلیل پوششی (فراگیر) داده‌ها (DEA^۱) شهرت یافته است (Coelli, 1996). در یک صنعت چنانچه تولیدکنندگان قادر باشند با مقدار حداقلی از عوامل تولید (تولید انرژی)، مقدار معینی از محصولات (انرژی ستانده) مختلف را تولید (تولید انرژی) نمایند، سایر تولیدکنندگان این صنعت در صورتی کارا خواهند بود که بتوانند مشابه این تولیدکنندگان عمل نمایند. از این رو کلیه بنگاه‌های (استان‌ها) کارا بر روی منحنی هم مقداری تولید (تولید انرژی) یا منحنی تابع تولید (تولید انرژی) مرزی خواهند داشت (Coelli, 1996). در روش تحلیل فراگیر داده‌ها برای هر یک از بنگاه‌های (استان‌ها) غیر کارا، یک بنگاه (استان) کارا یا ترکیبی از دو یا چند بنگاه (استان) کارا به عنوان مرجع و الگو معرفی می‌شود. از آنجا که این بنگاه (استان) مرکب (ترکیب دو یا چند بنگاه (استان) کارا) ضرورتاً در صنعت وجود



نمودار (۱) توابع تولید مرزی قطعه ای در حالت های بازدهی ثابت و متغیر نسبت به مقیاس

Diagram(1) Fragmented border production functions in constant and variable efficiency modes relative to scale همان گونه که در نمودار ۱، نشان داده شده است، منحنی تابع تولید (تولید انرژی) مرزی در حالت بازده متغیر نسبت به مقیاس (VRS^۲) در طرف راست منحنی با وضعیت بازده ثابت نسبت به مقیاس

^۱ . Data envelopment analysis

^۲ . Variable Returns to Scale

(CRS^۱) قرار می‌گیرد و نواحی صعودی، ثابت و نزولی نسبت به مقیاس تولید (تولید انرژی) را در بردارد. ملاحظه می‌گردد منحنی مرزی کارا EABCD مشابه منحنی تولید (تولید انرژی) کل (TP) است که همواره در متون اقتصادی ارائه می‌شود.

میزان کارایی فنی بنگاه (استان) K ام با فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس، برابر (HI/HK) می‌باشد. در حالت بازده متغیر نسبت به مقیاس، مقادیر کارایی فنی، به کارایی مقیاس (HI/HJ) و کارایی خالص یا کارایی فنی خالص (HJ/HK) مطابق رابطه (۲) قابل تفکیک می‌باشد.

$$\frac{HI}{HK} = \frac{HI}{HJ} \times \frac{HJ}{HK} \quad (2)$$

مطابق نمودار ۱، در حالت کلی میزان کارایی در شرایط حداقل سازی عوامل تولید (تولید انرژی) (HJ/HK) و میزان کارایی در شرایط حداکثر سازی محصول (انرژی ستانده) (NK/NL) یکسان نمی‌باشند. نکته قابل توجه آن است که در حالت بازده ثابت نسبت به مقیاس، این دو نسبت (دو کارایی) معادل می‌باشند. در نمودار ۱، در حالت بازده متغیر نسبت به مقیاس، منحنی VRS به جای CRS ملاک عمل خواهد بود (Coelli, 1996). در واقع در وضعیت بازدهی متغیر نسبت به مقیاس، تفکیک کارایی فنی به اجزای کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس، با فرموله کردن مسئله دوگان برنامه‌ریزی خطی CCR و اضافه نمودن قید تحدب به عنوان محدودیت جدید در الگو توسط بانکر، چارنس و کوپر (BCC^۲) انجام شده است (Coelli, 1996).

تکنیک DEA، تعداد در محصولات (انرژی ستانده) تولیدی و نهاده‌ها (انرژی نهاده) را به صورت ابتکاری به حالت ساده تک عاملی و تک محصولی (انرژی ستانده) تبدیل می‌نماید (Coelli, 1996).

اطلاعات این مطالعه از وزارت جهاد کشاورزی (۱۴۰۰) اخذ شده و حاوی اطلاعات هزینه تولید استانی گندم آبی طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۸ بوده است. همچنین جهت برآورد نتایج کارایی از بسته نرم افزاری DEAP2.1 استفاده شده است.

نتایج و بحث

با توجه به جدول ۳، بیشترین نوسان در کارایی مقیاس انرژی را استان گلستان و بعد از آن استان فارس داشته است. پایین‌ترین میانگین کارایی مقیاس انرژی هم متعلق به استان‌های فارس و گلستان به ترتیب ۰/۸۱ و ۰/۸۷ بوده است. همچنین میانگین بیشترین کارایی مقیاس انرژی طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۸ به ترتیب مربوط به استان‌های خوزستان و کردستان به مقدار ۰/۹۹ و ۰/۹۷ بوده است. به لحاظ کارایی فنی انرژی نیز استان فارس پایین‌ترین میانگین را در بین ۵ استان مورد مطالعه طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۸ با مقدار ۰/۸۷ به خود اختصاص داده است. به طور خلاصه می‌توان گفت که استان خوزستان به لحاظ کارایی فنی و مقیاس مصرف انرژی مناسب‌ترین وضعیت را دارد.

جدول (۳) مقایسه کارایی فنی و مقیاس مصارف انرژی در استان‌های قطب تولید گندم آبی

Table (3) Comparison of technical efficiency and energy consumption scale in irrigated wheat production pole provinces

استان	VRS/CRS	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف استاندارد	ضریب تغییرات
-------	---------	-------	--------	---------	------------------	--------------

¹ . Constant Returns to Scale

² -Banker, Charnes & Cooper

کرمانشاه	کارایی فنی (VRS)	۰/۹۱	۱	۰/۹۸	۰/۰۳	۰/۰۳
	کارایی مقیاس (CRS)	۰/۸۸	۱	۰/۹۵	۰/۰۵	۰/۰۵
گلستان	کارایی فنی (VRS)	۰/۸۸	۱	۰/۹۸	۰/۰۵	۰/۰۵
	کارایی مقیاس (CRS)	۰/۶۰	۱	۰/۸۷	۰/۱۵	۰/۱۷
کردستان	کارایی فنی (VRS)	۰/۹۴	۱	۰/۹۹	۰/۰۲	۰/۰۲
	کارایی مقیاس (CRS)	۰/۸۷	۱	۰/۹۷	۰/۰۵	۰/۰۵
فارس	کارایی فنی (VRS)	۰/۷۲	۱	۰/۸۷	۰/۰۹	۰/۱
	کارایی مقیاس (CRS)	۰/۶۶	۱	۰/۸۱	۰/۱۲	۰/۱۴
خوزستان	کارایی فنی (VRS)	۱	۱	۱	۰	۰
	کارایی مقیاس (CRS)	۰/۹۶	۱	۰/۹۹	۰/۰۱	۰/۰۱

منبع: یافته‌های پژوهش

کشور داشته است و شکاف از وضعیت کارا انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر صفر درصد بوده است، بعد از استان خوزستان استان کردستان کمترین شکاف انرژی‌های تجدید پذیر و تجدید ناپذیر از وضعیت کارا به مقدار ۱/۶ و ۱/۲ درصد و همچنین این استان بیش‌ترین نوسان را هم در بین پنج استان قطب تولید گندم آبی داشته است.

با توجه به جدول ۴، شکاف انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر از وضعیت کارا طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۸ گزارش شده است. به طور میانگین در بین استان‌های مورد مطالعه استان فارس بیشترین شکاف از وضعیت کارا برای انرژی‌های تجدیدپذیر و هم تجدید ناپذیر به مقدار ۱۳/۳ و ۱۵/۶ درصد داشته و استان خوزستان بهترین وضعیت را در بین استان‌های

جدول (۴) مقایسه شکاف انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر از وضعیت کارا در استان‌های قطب تولید گندم آبی - درصد

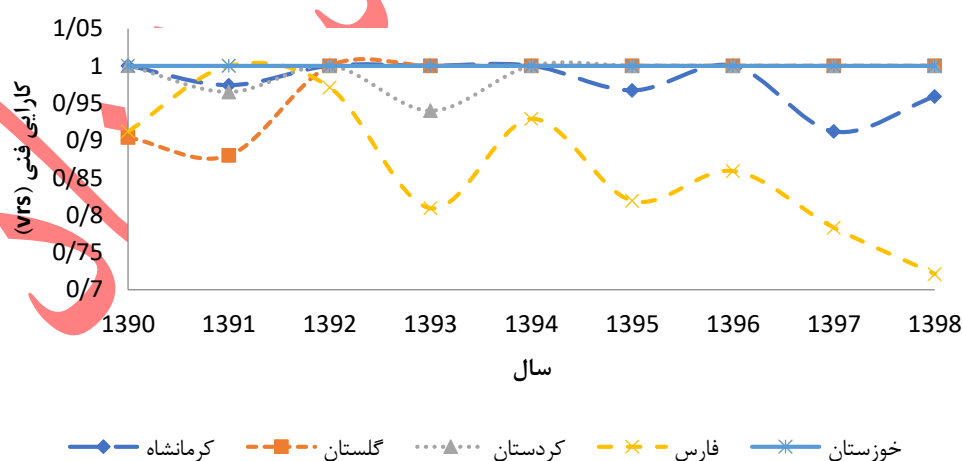
Table (4) Comparison of Renewable and Non-Renewable Energy Gaps from Efficient Status in Irrigated Wheat Production Pole Provinces-Percent

استان	شکاف از وضعیت کارا	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف استاندارد	ضریب تغییرات
کرمانشاه	تجدید پذیر	۰	۸/۸	۲/۱	۲/۹	۱/۴
	تجدید ناپذیر	۰	۱۷/۱	۳/۸	۵/۸	۱/۵
گلستان	تجدید پذیر	۰	۱۲	۲/۴	۴/۵	۱/۹
	تجدید ناپذیر	۰	۲۳/۵	۳/۷	۷/۶	۲/۱
کردستان	تجدید پذیر	۰	۱۰/۶	۱/۶	۳/۴	۲/۲
	تجدید ناپذیر	۰	۶	۱/۲	۲/۳	۱/۹
فارس	تجدید پذیر	۰	۲۷/۹	۱۳/۳	۸/۷	۰/۷
	تجدید ناپذیر	۰	۲۷/۹	۱۵/۶	۸/۳	۰/۵
خوزستان	تجدید پذیر	۰	۰	۰	۰	۰
	تجدید ناپذیر	۰	۰	۰	۰	۰

منبع: یافته‌های پژوهش

ناکارآمدی را داشته اند که در سال‌های پایانی از وضعیت ناکارآمد به کارآمد تبدیل شده است. بررسی کارایی فنی انرژی استان‌های فارس و کرمانشاه نشان می‌دهد که طی سال‌های مورد بررسی نوسان داشته و در سال‌های پایانی ناکارآمدتر شده است که ادامه وضعیت موجود باعث هدر رفت منابع و افزایش فشار به منابع تجدید ناپذیر خواهد شد.

نمودار ۲، روند کارایی فنی انرژی در استان‌های قطب تولید گندم آبی را طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۸ نشان می‌دهد. باتوجه به نمودار ۳ استان خوزستان در بین ۵ استان مورد مطالعه کارآمدترین وضعیت را داشته است، استان‌های گلستان و کردستان در سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۳ وضعیت



نمودار (۲) روند کارایی فنی (VRS) مصارف انرژی در استان‌های قطب تولید گندم آبی

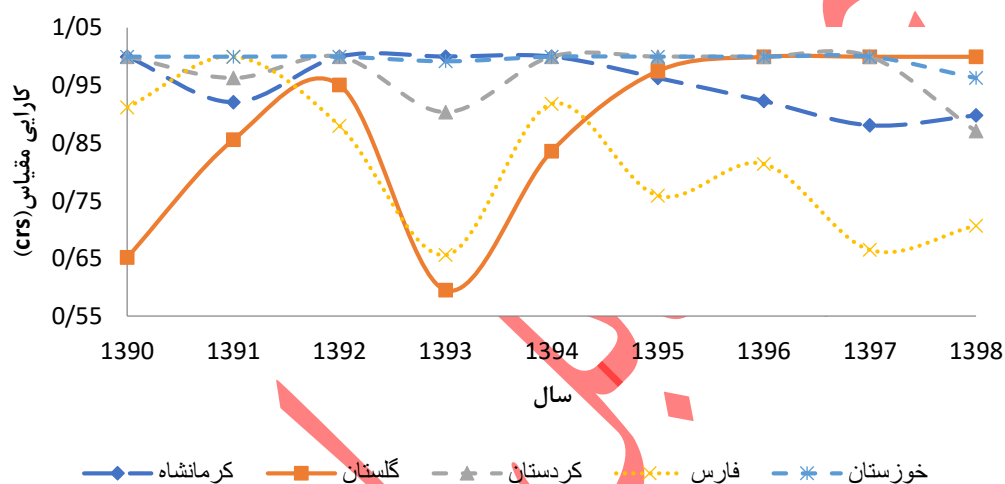
Diagram (2) Technical efficiency trend (VRS) energy consumption in irrigated wheat production pole provinces

۱۳۹۸ نشان می‌دهد. با توجه به نمودار ۴، استان خوزستان طی سال‌های مورد مطالعه روند کارآمدی

نمودار ۳، روند کارایی مقیاس انرژی در استان‌های قطب تولید گندم آبی را طی سال‌های ۱۳۹۰ تا

استان فارس نیز نشان می‌دهد که این استان تنها در سال ۱۳۹۱ کارا عمل کرده است و بعد از آن سال روندی نزولی همراه با نوسان داشته است ولی در سال ۱۳۹۷ روندی صعودی و رو به بهبود داشته است. بررسی کارایی مقیاس انرژی در استان کرمانشاه نیز نشان می‌دهد که به طور کلی این استان تا سال ۱۳۹۴ کارآمد بوده است اما از سال ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۸ از وضعیت کارا به وضعیت ناکارا تغییر وضعیت داده است.

داشته است اما در سال ۱۳۹۸ ناکارآمد شده است. بررسی روند کارایی مقیاس انرژی برای استان گلستان نشان می‌دهد که از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲ صعودی و در سال ۹۳ به یکباره نزولی ولی طی سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۸ از وضعیت ناکارآمد به کارآمد تبدیل شده است. بررسی روند کارایی مقیاس انرژی برای استان کردستان هم نشان می‌دهد که این استان در سال‌های پایانی از وضعیت کارا به وضعیت ناکارا تغییر وضعیت داده است. روند کارایی مقیاس انرژی در



نمودار (۳) روند کارایی مقیاس (CRS) مصارف انرژی در استان‌های قطب تولید گندم آبی

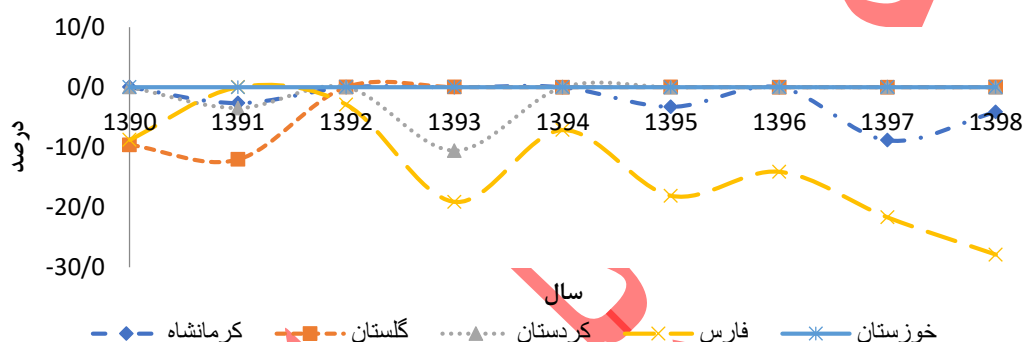
Diagram (3) Trend efficiency scale (CRS) of energy consumption in irrigated wheat production pole provinces

انرژی‌های تجدید ناپذیر بوده است و برای استان گلستان برعکس بوده است به این صورت که شکاف از وضعیت کارا برای انرژی‌های تجدید ناپذیر در تولید گندم آبی بیشتر از شکاف از وضعیت کارا برای انرژی‌های تجدید پذیر بوده است. بررسی روند این دو استان در سال‌های پایانی نشان می‌دهد که میزان این شکاف در استفاده از هر دو منبع انرژی تجدید پذیر و تجدید ناپذیر به صفر رسیده است که نشان می‌دهد این استان‌ها در استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و علی‌الخصوص انرژی‌های تجدید ناپذیر کارآمدتر عمل کرده‌اند. استان کرمانشاه به طور کلی تا سال ۱۳۹۴ به استثنا سال ۱۳۹۱ در استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر برای تولید

نمودارهای ۴ و ۵، روند شکاف از وضعیت کارا برای انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر در استان‌های قطب تولید گندم آبی را نشان می‌دهد. با توجه به نمودارهای ۴ و ۵، استان خوزستان در تولید گندم آبی از انرژی‌های تجدید پذیر و تجدید ناپذیر به صورت کارا استفاده کرده است و شکاف از وضعیت کارا برای این انرژی‌ها در این استان نزدیک به صفر بوده است. استان‌های گلستان و کردستان در سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۳ از انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر ناکارآمد استفاده می‌کردند اما شکاف از وضعیت کارا برای انرژی‌های تجدیدپذیر در استان کردستان بیشتر از شکاف از وضعیت کارا برای

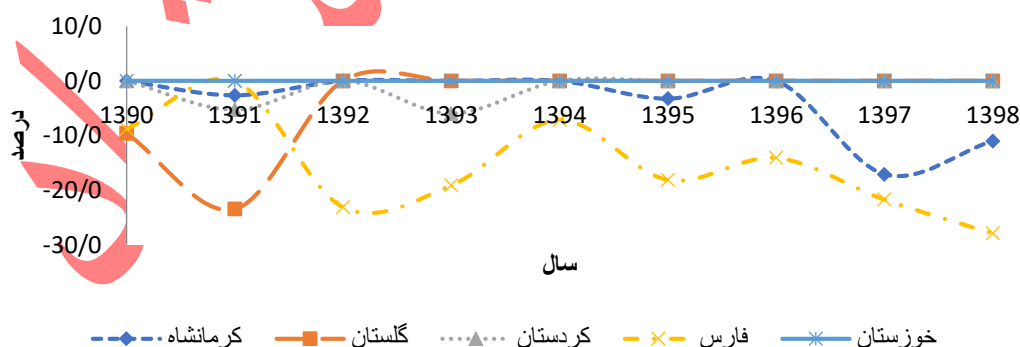
همچنین تجدید ناپذیر در تولید گندم آبی کارا استفاده کرده است اما طی سال‌های مورد بررسی همواره این استان در استفاده از این منابع نسبت به وضعیت کارا شکاف قابل توجهی داشته است و روند این شکاف در سال‌های ۱۳۹۸ نزولی بوده و شیب بیشتری داشته است که می‌توان نتیجه گرفت تولید گندم در استان فارس باعث هدر رفت بسیار منابع انرژی‌های تجدید پذیر و همچنین تجدید ناپذیر شده است.

گندم آبی به صورت کارا عمل کرده است اما از سال ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۸ از انرژی‌های تجدیدپذیر و هم انرژی‌های تجدید ناپذیر ناکارآمد استفاده کرده است که میزان شکاف از وضعیت کارا در استفاده از منابع تجدید ناپذیر در سال‌های پایانی بیشتر از میزان شکاف از وضعیت کارا برای انرژی‌های تجدید پذیر بوده است. روند بررسی شکاف از وضعیت کارا در استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر در استان فارس نیز نشان می‌دهد که این استان تنها در سال ۱۳۹۱ از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر و



نمودار (۴) روند شکاف از وضعیت کارا برای انرژی‌های تجدیدپذیر در استان‌های قطب تولید گندم آبی

Diagram (4) Gap trend from the efficient situation for renewable energy in the provinces of the pole of wheat production



نمودار ۵- روند شکاف از وضعیت کارا برای انرژی‌های تجدید ناپذیر در استان‌های قطب تولید گندم آبی

Diagram (5) Gap trend from the efficient situation for non-renewable energy in the provinces of the pole of wheat production

۱۳۹۰، نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین نوسان در کارایی مقیاس انرژی به ترتیب در استان‌های گلستان و فارس بوده است و در مقابل بیشترین

پیشنهادهای

در مطالعه حاضر و مقایسه کارایی پنج استان قطب تولید گندم آبی در کشور طی سال‌های ۹۸-

مطالعه ناکارآمدی مقیاس در مصارف انرژی مشاهده شده است. در استان گلستان روند کارایی مقیاس انرژی نشان می‌دهد که با طی یک روند نوسانی، در سال‌های پایانی کارآمدی مقیاس در مصارف انرژی مشاهده می‌شود. در مقابل استان‌های کردستان و کرمانشاه در سال‌های پایانی از وضعیت کارا به ناکارا تغییر وضعیت داده‌اند.

با توجه به نتایج و همچنین اهمیت انرژی‌های تجدید ناپذیر لازم است جهت‌دهی حمایت‌های دولتی در استان‌های قطب تولید گندم و بویژه استان فارس به کاهش استفاده از انرژی منجر گردد. نظر به اینکه کاراترین استان به لحاظ مصرف انرژی، استان خوزستان است، به نظر می‌رسد روش‌های مدیریت انرژی در این استان بتواند به عنوان الگویی کارا در استان‌های دیگر نیز مورد توجه قرار گیرد. همچنین شکاف‌های محاسبه شده می‌تواند در برنامه‌های توسعه زیربخش زراعت در استان‌های مورد نظر مد نظر قرار گرفته و جهت کاهش مصارف انرژی در استان‌های دارای مازاد مصارف هدف گذاری شود.

منابع

- Acaroglu, M., 1998. Energy from Biomass, and Applications. University of Selcuk, Graduate School of Natural and Applied Sciences. Textbook.
- Agricultural Iran Statistics. (2021) <www.amar.maj.ir>
- Akcaoz, H., Ozcatalbas, O., and Kizilay, H. 2009. Analysis of energy use for pomegranate production in Turkey. Journal of Food Agriculture and Environment 7: 475-480.
- Balancard. S. and Martin. E. 2014. Energy efficiency measurement in agriculture with imprecise energy content information. Energy Policy. 66:198-208.
- Burhan, O., Akcaoz, H. and Cemal, F. 2004. Energy input-output analysis in Turkish agriculture. Renewable Energy 29 (1): 39-51.
- Charnes, A., W. W. Cooper, and E. Rhodes. 1978. "Measuring the Efficiency of Decision-Making Units." European Journal of Operational Research 2 (6): 429-444.

نوسان کارایی مقیاس مربوط به استان‌های خوزستان و کردستان است. همچنین به لحاظ کارایی فنی انرژی استان فارس پایین‌ترین میانگین کارایی فنی را در بین پنج استان مورد مطالعه داشته است. همچنین استان خوزستان به لحاظ کارایی فنی و مقیاس انرژی مناسب‌ترین وضعیت را در بین سایر استان‌ها داشته است. بررسی شکاف انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر از وضعیت کارا نشان داد که به طور میانگین در بین استان‌های مورد مطالعه استان فارس بیش‌ترین شکاف از وضعیت کارا برای انرژی‌های تجدیدپذیر و هم تجدیدناپذیر داشته است و در مقابل استان خوزستان بهترین وضعیت را در بین استان‌های کشور داشته است. همچنین روند کارایی فنی در استان‌های قطب تولید گندم آبی نیز نشان داد، استان خوزستان در بین پنج استان مورد مطالعه کارآمدترین وضعیت را داشته است. همچنین، بررسی این روند در استان‌های گلستان و کردستان نشان داد که طی سال‌های مورد مطالعه از وضعیت ناکارآمد مصارف انرژی به کارآمد تغییر یافته است. روند کارایی فنی انرژی در استان‌های فارس و کرمانشاه نوسانی بوده و در سال‌های پایانی مطالعه کارایی مصارف انرژی تنزل یافته است که ادامه وضعیت موجود منجر به هدر رفت انرژی و افزایش فشار به منابع تجدید ناپذیر خواهد شد. استان فارس تنها در سال ۱۳۹۱ از منابع انرژی‌های تجدید پذیر و تجدید ناپذیر در تولید گندم آبی کارا استفاده کرده است، طی سال‌های مورد بررسی همواره این استان در استفاده از این منابع نسبت به وضعیت کارا شکاف قابل توجهی داشته است و روند این شکاف در سال‌های پایانی نزولی و شتاب بیشتری داشته است که می‌توان نتیجه گرفت تولید گندم در این استان باعث هدر رفت بسیار منابع انرژی‌های تجدید پذیر و همچنین تجدید ناپذیر شده است. روند کارایی مقیاس نیز نشان داد استان خوزستان روند کارآمدی داشته اما در سال آخر

Kohansal. M. R. (2004). Energy Management with Emphasis on Sustainability of Agriculture (Case Study, Khorasan Province). Master Thesis in the Faculty of Economics and Agricultural Development, University of Tehran. In Farsi.

Moghimi MR, Alasti BM, Drafshi MAH. 2013. Energy input-output and study on energy use efficiency for wheat production using DEA.

Mohammadzadeh A, Damghani, AM, Vafabakhsh J and Deihimfard R. 2017. Assessing energy efficiencies, economy, and global warming potential (GWP) effects of major crop production systems in Iran: a case study in East Azerbaijan province. Environmental Science and Pollution Research, 24: 16971-16984.

Mousavi-Avval SH, Rafiee S, Jafari A, Mohammadi A. (2011). Improving energy use efficiency of canola production using data envelopment analysis (DEA) approach. Energy, 36, 2765-2772.

Odum, H. T. (1994). Ecological and general systems : an introduction to systems ecology (Rev. ed.). Niwot, Colo.: University Press of Colorado

Odum, H.T., 1971. Fundamentals of Ecology, 3rd Edition. Saunders, Philadelphia.

Ozkan B, Akcaoz H, Karadeniz F. Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey. Energy Conversion and Management 2004; 45(11e12):1821e30.

Ozkan, B., Akcaoz, H. and Fert, C. 2004. Energy input - output analysis in Turkish agriculture. Renewable Energy 29 (1): 39-51.

Rafiee S, Avval SHM, Mohammadi A. (2010). Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran. Energy, 35(8), 3301-3306.

Rafiee. H., Aminizadeh. M., Mehrparvar Hosseini. E., Aghasafari. H., & Mohammadi. A. (2022). A Cluster Analysis on the Energy Use Indicators and Carbon Footprint of Irrigated Wheat Cropping Systems. Sustainability. 14(7).

Ramedani Z, Rafiee S, Heidari MD. (2011). An investigation on energy consumption and sensitivity analysis of soybean production farms. Energy, 36(11), 6340-6344.

Rathke, G.W., and Diepenbrock, W. 2006. Energy balance of winter oilseed rape cropping as related to nitrogen supply and preceding crop. European Journal of Agronomy 24: 35-44.

Shahabinejad. V. (2014). Introducing the total energy efficiency index as an alternative index to the current energy efficiency index. International Conference and Exhibition of New Approaches to Energy Conservation (ETEC 2016). Volume 4. In Farsi.

Coelli, T.J. (1996) A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program. CEPA Working Paper 96/08, University of New England, Armidale.

Coelli, T.J. and D.S. Prasada Rao. (2003). "Total Factor Productivity Growth in Agriculture: A Malmquist Index Analysis of 93 Countries, 1980-2000", Working, Center for Efficiency and Productivity Analysis, School of Economics, The University of Queensland.

Conforti, P., & Giampietro, M. (1997). Fossil energy use in agriculture: an international comparison. Agriculture, Ecosystems & Environment, 65(3), 231-243.

Dalgaard, T.; Halberg, N.; Porter, J.R. A model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming.(2001). Agric. Ecosyst.Environ. 87,51-65.

Erdal, G., Esengün, K., Erdal, H. and Gündüz, O. 2007. Energy use and economic analysis of sugarbeet production in Tokat Province of Turkey. Energy 32 (1): 35-41.

Esengun,K., Gunduz, O. and Erdal, G. 2007. Input-output energy analysis in dry apricot production of Turkey. Energy Conversion and Management 48 (2): 592-598.

Fathi. R., Amjadpour. F., Koochakzadeh. A. & Azizpanah. A. (2018). Pattern and energy consumption efficiency of dryland wheat production using data envelopment analysis approach, Case study: Chardavol city, Ilam province. Iranian Journal of Dryland Agriculture. Volume 7. No 1. In Farsi.

Fluck, R. C. (1992). Energy in World Agriculture (Vol. 6): Elsevier, Amsterdam.

Hamedani M.J, Jahromi H.N, Abbasi P. (2014). Smart energy and water meter: a novel vision to groundwater monitoring and management. Procedia Engineering 70 (2014) 877 – 881.

Houshyar. E. and Grundmann. P. 2017. Environmental impact of energy use in wheat tillage system: A comparative life cycle assessment (LCA) study in Iran. Energy. 122:11-24.

Kaltsas, A.M., Mamolos, A.P., Tsatsarelis, C.A., Nanos, G.D., and Kalburtji, K.L. 2007. Energy budget in organic and conventional olive groves. Agriculture, Ecosystems and Environment 122(2): 243-251.

Kaltsas, A; Mamolos, A; Tsatsarelis, C; Nanos, G; Kalburty, K; (2007)Energy budget in organic and conventional olive groves, Agric.Ecosyst.Environ, Vol 122:244.

Kitani, O. (1999). CIGR handbook of agricultural engineering. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural Engineers.

energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. *Agricultural Systems*, 85(2), 101-119. doi:10.1016/j.agsy.2004.07.015.

Uhlir, H., 1998. Why energy productivity is increasing: an I-O analysis of Swedish agriculture. *Agric. Ecosyst. Environ.* 56 (4), 443-465.

Yilmaz, I., Akcaoz, H. and Ozkan, B. 2005. An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey. *Renewable Energy* 30 (2): 145-155.

Yuan, S. and Peng, S. 2017. Trends in the economic return on energy use and energy use efficiency in China's crop production. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 70:836-844.

Zaremehrjerdi, M. R., Ziaabadi, M. (2010). Investigating the effective factors on energy consumption in the agricultural sector of Iran. *Journal of Development and Capital*. No 5:133-153. In Farsi.

Shrestha, D.S., 1998. Energy Use Efficiency Indicator for Agriculture. Available from: <http://www.usaskca/agriculture/caedac/PDF/mcrae>.

Singh, H., Mishra, D., & Nahar, N. M. (2004). Energy use pattern in production agriculture of a typical village in arid zone--Part III. *Energy Conversion and Management*, 45(15-16), 2453-2472.

SSSA. (1997). *Glossary of Soil Science Terms*. Madison, WI: Soil Science Society of America.

Stout, B. A. (1990). *Handbook of energy for world agriculture*. London; New York: Elsevier Science Pub. Co.

Strapatsa, A.V., Nanos, G.D., and Tsatsarelis, C.A. 2006. Energy flow for integrated apple production in Greece. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 116: 176-80.

Tzivilakis, J., Warner, D. J., May, M., Lewis, K. A., & Jaggard, K. (2005). An assessment of the