



## ارزیابی انرژی مصرفی زراعت برنج با مدل اقتصاد سنجی در شمال ایران عادل رنجی<sup>۱\*</sup>، داود محمد زمانی<sup>۲</sup>، محمد مهدی امیری خوریه<sup>۳</sup> و اسماعیل پیرزاده<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۹۶/۲/۱۸

تاریخ پذیرش: ۹۶/۳/۴

### چکیده:

به منظور بررسی تاثیر انرژی‌های ورودی، حالت‌های مختلف انرژی خروجی و ارزیابی حساسیت انرژی ورودی در تولید برنج در شمال ایران، از آنالیز حساسیت انرژی ورودی با کاربرد روش بهره وری نهایی فیزیکی (MPP) و روش ضریب رگرسیون استفاده شد. در بررسی حاضر با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی حجم و اندازه نمونه تعیین و داده‌ها از ۷۲ برنجکار در سال ۱۳۹۱ جمع آوری شدند. نتایج بررسی نشان داد که میزان انرژی ورودی و خروجی در تولید برنج به ترتیب ۶۱/۲۳ (GJ ha-1) و ۱۳۹/۱۱ (GJ ha-1) می‌باشد. بیشترین مصرف انرژی ورودی در تولید برنج مربوط به آبیاری ۴۰/۵۱ (GJ ha-1) (در حدود ۶۶٪ از کل انرژی ورودی) بود. ارزیابی مدل اقتصاد سنجی نشان داد که انرژی ماشین آلات مهمترین انرژی ورودی تاثیر گذار بر سطح انرژی خروجی (عملکرد محصول) بوده است. نتایج تجزیه و تحلیل حساسیت انرژی نشان می‌دهد که با استفاده از ۱ Mj انرژی ورودی بیشتر در ماشین آلات و کودهای شیمیایی، می‌توان عملکرد محصول برنج را به ترتیب به میزان ۶۸٪ و ۶۰٪ افزایش داد. بهره وری نهایی فیزیکی (MPP) برای نیروی کار و بذر منفی می‌باشد، که نشان دهنده استفاده بیش از حد این نهاده و یا اعمال نادرست این نهاده‌ها در زراعت برنج می‌باشد؛ که نیازمند مدیریت بهتر بر روی نهاده‌های که بهره وری منفی در تولید انرژی در زراعت برنج دارند، می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** برنج، آنالیز حساسیت انرژی، مدل اکونومتریکی، بهره وری

### مقدمه:

را می‌توان به میزان ۰/۸٪ با ورود انرژی اضافی، به میزان ۰/۱٪، به طور عمده از طریق شخم، آبیاری و سمپاشی افزایش داد. در بررسی دیگر سینگ و همکاران (Singh et al., 2004) روش-های موثر استفاده از انرژی برای محصول گندم در هند مورد مطالعه قرار دادند، آنها با استفاده از تابع کاب داگلاس برای برقراری ارتباط بین ورودی‌های انرژی و عملکرد با ضریب رگرسیون و بهره وری فیزیکی نهاده‌ها، برای هر یک از نهاده‌ها ورودی انرژی را مورد بررسی قرار دادند. محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2010) تابع تولید میوه کیوی را برآورد کردند. آنها توابع مختلف را به منظور تجزیه و تحلیل رابطه بین انرژی ورودی و خروجی مورد بررسی قرار دادند به طوری که در انتها، تابع کاب داگلاس به عنوان تابع مناسب انتخاب شد، نتایج نشان داد که انرژی‌های ورودی از قبیل

امروزه کشاورزی مدرن تبدیل به کشاورزی انرژی بر شده است، بنابراین نیاز به توازن در استفاده از انرژی مورد نیاز در تولیدات کشاورزی به عنوان یک الزام معرفی می‌شود. توابع تولیدی برای تعیین تخصیص کارآمدی منابع با توجه به نیاز سیستم می‌تواند روش مناسبی برای راندمان بالاتر انرژی در کشاورزی شود (Singh et al., 2000) بسیاری از محققان، تجزیه و تحلیل انرژی و ارتباط بین نهاده‌ها با عملکرد را به منظور تعیین بهره وری انرژی در تولیدات کشاورزی مورد بررسی قرار دادند. سینگ و همکاران (Singh et al., 2000) توابع ریاضی را برای ایجاد رابطه بین عملکرد محصول پنبه و ورودی انرژی برای تولید این محصول را مورد بررسی قرار دادند، نتیجه پژوهش آنها نشان داد که متوسط عملکرد پنبه

۱- دانشجوی دکتری، مکانیزاسیون کشاورزی، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران: (نویسنده مسئول)

Adelranji@yahoo.com

۲- استادیار، گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، اصلاح گیاهان دارویی و معطر، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۴- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد کازرون، دانشگاه آزاد اسلامی، فارس، ایران



های پر محصول می‌باشد. با توجه به مطالعات گسترده در مورد مصرف انرژی در محصولات کشاورزی (Cetin & Vardar, 2008; Mandal *et al.*, 2002; Mohammadi *et al.*, 2008; Tsatsarelis, 1993; Yilmaz *et al.*, 2005) و ضرورت مطالعه انرژی مصرفی برای تولید برنج بر اساس مدل اقتصاد سنجی در شمال ایران، تحقیق حاضر با هدف تجزیه و تحلیل حساسیت انرژی نهاده‌های ورودی و تاثیر آنها بر عملکرد برنج، تعیین میزان بهینه استفاده از انرژی و رابطه بین انرژی ورودی و عملکرد تولید برنج در شمال ایران انجام گردید.

### مواد و روش‌ها

داده‌های این تحقیق از ۷۲ کشاورز برنجکار از استان مازندران در طی سال‌های ۸۸، ۸۹، ۹۰ و ۹۱ به دست آمد. داده‌ها با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی و روش مصاحبه حضوری بصورت پرسشنامه‌ای گردآوری شد. استان مازندران بین ۳۵ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۳۴ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار گرفته است. این استان در قسمت شمال مرکزی کشور واقع شده است و با مساحت ۲۳۷۵۶ کیلومتر مربع، ۱/۴۶ درصد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده است. اندازه نمونه با استفاده از رابطه (۱) به دست آمد (Yamane, 1967):

$$n = (\sum N_h S_h) / (N^2 D^2 + \sum N_h S_h^2) \quad (1)$$

که در این فرمول؛  $n$  اندازه نمونه مورد نیاز،  $N$  تعداد بهره بردار در جامعه مورد بررسی،  $N_h$  تعداد افراد جامعه در طبقه  $h$ ،  $S_h$  انحراف معیار استاندارد در طبقه  $h$ ، واریانس طبقه  $h$ ،  $d$  دقت اندازه‌گیری  $(x - \bar{X})$ ،  $Z$  قابلیت اطمینان (۰.۹۵)،  $D^2 = d^2 / z^2$  بودند.

انرژی نهاده‌ها استفاده گردید. هم ارز انرژی نهاده‌ها در جدول (۱) نشان داده شده است. به منظور به دست آوردن یک رابطه بین نهاده‌های ورودی و عملکرد، از یک تابع ریاضی مشخص استفاده شد. برای این منظور توابع مختلف مورد بررسی قرار گرفتند و در نهایت تابع تولید کاب داگلاس انتخاب گردید، زیرا به تخمین بهتری با توجه به شرایط بهینه تولید برنج در منطقه رسیده بود. تابع تولید کاب داگلاس، غالباً در

انرژی نیروی انسانی، آبیاری، کود شیمیایی و مجموع کودهای شیمیایی و ماشین آلات تاثیر قابل توجهی بر عملکرد محصول کیوی دارد، او تاثیر انرژی نیروی کارگری را بالاترین میزان، نسبت به دیگر نهاده‌های ورودی در تولید کیوی بدست آورد. محمدی و امید (Mohammadi & omidi, 2010) روابط بین بازده انرژی ورودی با تولید خیار گلخانه‌ای در ایران را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج رگرسیون نشان داد که سهم انرژی ورودی بر عملکرد (به جز برای انرژی کود و بذر) معنی دار بود. مبتکر و همکاران (Mobtaker *et al.*, 2010) مصرف انرژی و حساسیت نهاده‌های ورودی برای تولید محصول جو را در ایران مورد بررسی قرار دادند، ارزیابی الگوی اقتصاد سنجی نشان داد که انرژی ماشین آلات به عنوان مهمترین نهاده ورودی بر سطح انرژی خروجی تاثیر گذار بود؛ همچنین، تجزیه و تحلیل حساسیت انرژی نشان می‌دهد که بهره‌وری نهایی فیزیکی (MPP) انرژی آفت‌کش‌ها منفی بوده است. رفیعی و همکاران (Rafiei *et al.*, 2010) تعیین تعادل انرژی بین انرژی ورودی و عملکرد برای تولید سیب در ایران را مورد بررسی قرار دادند؛ نتایج نشان داد که انرژی ورودی سوخت بیشترین سهم از کل انرژی ورودی را دارا بوده و انرژی‌های ورودی از قبیل نیروی کارگری، کود دامی، آبیاری، برق و کود شیمیایی، به ترتیب بر عملکرد محصول تاثیر مثبت و قابل توجهی داشتند. چراتی و همکاران (Cherati *et al.*, 2011) با ارزیابی دو سیستم کشت برنج از نظر انرژی مصرفی عنوان نمودند که کل انرژی مورد استفاده برای تولید برنج در سیستم نیمه مکانیزه و سنتی بترتیب برابر با ۶۷۲۱۷/۹۵ و ۶۷۳۵۶/۲۸ (MJ ha<sup>-1</sup>) می‌باشد. کندی (Kennedy, 2001) در مقایسه‌ای نشان داد که عملکرد بالا و مکانیزاسیون همواره مرتبط با یکدیگر نیستند. او تولید برنج را در ایالت کالیفرنیا آمریکا با ژاپن مقایسه کرد. در ژاپن برای تولید در یک هکتار ۶۴۰ نفر ساعت نیروی کار و تنها ۹۰ لیتر سوخت؛ اما در آمریکا برای تولید برنج در همان ساعت ۲۴ نفر ساعت نیروی کار، ۲۵۵ لیتر بنزین و ۵۵ لیتر گازوئیل مصرف می‌شود. عملکرد محصول در دو کشور تقریباً برابر و در سطح بالایی است. در ژاپن این عملکرد بالا، حاصل مصرف مقدار زیاد کود و در ایالت متحده، استفاده از واریته-



که متغیر  $X_1$  شامل نهاده های:  $X_1$  نیروی کارگری؛  $X_2$  سوخت؛  $X_3$  آبیاری؛  $X_4$  کود شیمیایی؛  $X_5$  سموم؛  $X_6$  ماشین آلات و  $X_7$  بذر می باشد.

تقاضای انرژی در بخش کشاورزی را می توان به انرژی مستقیم (DE)، انرژی غیر مستقیم (IDE)، انرژی های تجدید پذیر (RE) و انرژی تجدید ناپذیر (NRE) تقسیم کرد. انرژی مستقیم به طور مستقیم در مزارع و در زمین استفاده می شود. از سوی دیگر، انرژی غیر مستقیم، شامل انرژی مورد استفاده در تولید، بسته بندی و حمل و نقل کودهای شیمیایی، آفتکش ها و ماشین آلات کشاورزی می باشد (Ozkan et al., 2004). انرژی مستقیم شامل: نیروی کارگری، سوخت دیزل در حالی که انرژی غیر مستقیم شامل کودهای شیمیایی، سموم، ماشین آلات، آبیاری و بذر مورد استفاده در تولید برنج می باشد. انرژی های تجدید پذیر شامل: نیروی کارگری، بذر و انرژی تجدید ناپذیر شامل ماشین آلات، سوخت، کودهای شیمیایی، سموم و آبیاری می باشد. اثر انرژی های مستقیم و غیر مستقیم، تجدید پذیر و تجدید ناپذیر در تولید نیز مورد بررسی قرار خواهد گرفت. برای این منظور، تابع کاب داگلاس به صورت معادله (۶) و (۷) در زیر تعریف شده اند:

$$\ln L_i = \beta_1 \ln DE + \beta_2 \ln IDE + e_i \quad (6)$$

$$\ln L_i = \gamma_1 \ln RE + \gamma_2 \ln NRE + e_i \quad (7)$$

که در آن  $L_i$  خروجی انرژی  $i$  ام است؛ انرژی های مستقیم، غیرمستقیم، تجدید پذیر و تجدید ناپذیر برای تولید برنج استفاده می شود،  $\beta_i$  و  $\gamma_i$  ضریب متغیرهای بیرونی هستند.

معادله (۵) تا (۷) با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی تخمین زده شده اند و از تکنیک بهره وری نهایی فیزیکی تولید (MPP) بر اساس ضرایب پاسخ از ورودی، برای تجزیه و تحلیل حساسیت انرژی ورودی بر عملکرد برنج استفاده گردیده است، که عامل بهره وری نهایی فیزیکی تولید (MPP) نشان دهنده این است که یک واحد تغییر در ورودی چه تاثیری بر سطح خروجی (یعنی عملکرد و غیره...) دارد، البته با فرض ثابت نگه داشتن تمام عوامل دیگر توسط میانگین هندسی بدست می آید. بهره وری نهایی فیزیکی (MPP) با استفاده از ورودی های مختلف  $\alpha_j$  بدست می آید

مطالعات انرژی و اقتصادی برای نشان دادن رابطه بین عوامل نهاده های ورودی و سطح تولید (عملکرد) مورد استفاده قرار می گیرد (Mobbaker et al., 2010 Mohammadi & Omid, 2010; Singh et al., 2004; Singh et al., 2000) به یک نزدیک باشد نشان دهنده این است که برآزش بهتری به صورت یک تابع به داده های پراکنده صورت گرفته است).

این تابع جزء تابع لگاریتمی است. توابع لگاریتمی که در آن تغییرات متغیرها را با مدل نشان می دهد برای مقایسه بین سیستم های مختلف تولید استفاده می شود. ضریب متغیر در این تابع نیز نشان دهنده کشش (تولید) انرژی می باشد (Mohammadi & Omid, 2010) همچنین، به دلیل تجزیه و تحلیل آسان تر، به نظر می رسد به عنوان یک تقریب خوب برای تعیین میزان واقعی تولید در ارتباط با انرژی مصرفی می باشد (Singh et al., 2000)

تابع تولید کاب داگلاس بصورت زیر بیان می شود:

$$Y = f(x) \exp(u) \quad (2)$$

معادله (۲) را می توان برای موارد با فراوانی بیشتر به صورت

زیر نوشت:

$$(3)$$

$$\ln Y_i = a + \sum_{j=1}^n a_j \ln(X_{ij}) + e_i$$

$i = 1, 2, \dots, n$

که در آن  $Y_i$  میزان عملکرد محصول کشاورزی،  $i$ th و  $X_{ij}$  نهاده های ورودی (معادل انرژی در تولید محصول)،  $a$  عدد ثابت،  $\alpha_j$  ضریب نهاده های ورودی که از روی مدل تخمین زده شده و  $e_i$  میزان خطای مدل می باشد.

با فرض زمانی که انرژی ورودی صفر است، تولید محصول هم صفر خواهد بود، معادله (۳) تغییر فرم داده و به حالت زیر تبدیل خواهد شد (Singh et al., 2003; Hatirli et al., 2006; Mohammadi & Omid, 2010)

$$\ln Y_i = \sum_{j=1}^n a_j \ln(X_{ij}) + e_i \quad (4)$$

در مورد این تحقیق، چون  $n=7$ ؛ بنا بر این معادله (۴)

را می توان به فرم زیر نوشت: (۵)

$$\ln Y_i = a_1 \ln X_1 + a_2 \ln X_2 + a_3 \ln X_3 + a_4 \ln X_4 + a_5 \ln X_5 + a_6 \ln X_6 + a_7 \ln X_7 + e_i$$



$$MPP_{xj} = \frac{GM(Y)}{GM(X_j)} \times a_j \quad (8)$$

که  $MPP_{xj}$  بهره وری نهایی فیزیکی، نهاده ورودی  $Z$  ام می- باشد.  $\alpha_j$  ضریب رگرسیون نهاده ورودی  $Z$  ام،  $GM(Y)$  میانگین هندسی محصول و  $GM(X_j)$  میانگین هندسی، نهاده انرژی ورودی  $Z$  ام بر واحد هکتار می باشد.

مقدار مثبت بهره وری نهایی فیزیکی تولید (MPP) هر عامل نشان می دهد که با افزایش آن نهاده ورودی، مقدار تولید افزایش می یابد و مقدار منفی بهره وری نهایی فیزیکی تولید (MPP) هر عامل ورودی نشان می دهد که هر واحد اضافی از نهاده ها مورد نظر تاثیر منفی و کاهش بر تولید دارد. از این رو، بهتر است که منابع متغیر حفظ شود (Singh et al., 2004).

در تولید، بازده به مقیاس اشاره به تغییر در خروجی پس از آن که یک تغییر متناسب با آن در ورودی ایجاد گردد اشاره دارد (که در آن همه ورودی ها توسط یک عامل ثابت افزایش می- یابند یا تاثیر می پذیرند). در تابع تولید کاب داگلاس، مجموع کشش توسط حالت های مختلف ضرایب رگرسیون بدست می آید. طوری که اگر مجموع ضرایب بزرگتر از یک  $\sum_{i=1}^n a_i = 1$  باشد می توان نتیجه گرفت که بازده به مقیاس

افزایشی می باشد؛ اگر مجموع ضرایب کمتر از  $(\sum_{i=1}^n a_i < 1)$  باشد می توان نتیجه گرفت که بازده به مقیاس کاهش می باشد و اگر مجموع ضرایب برابر یک  $(\sum_{i=1}^n a_i = 1)$  باشد،

نشان می دهد که بازده به مقیاس ثابت است. (Singh et al., 2004) اطلاعات پایه در مورد انرژی ورودی و عملکرد برنج در نرم افزار اکسل و نرم افزار SPSS 17.0 وارد شد و همچنین مدل سازی با استفاده از روش رگرسیون خطی انجام گردید.

جدول ۱- هم ارز انرژی نهاده ها و ستانده ها در تولید برنج

Table 1- Energy equivalents of inputs and outputs in Rice production.

منابع	معادل انرژی MJ/unit	واحد	نهاده	
Cherati et al., Erdal, 2011 et al., 2007	56/31	L	سوخت Diesel fuel	ورودی input
Yaldiz et al., 1993	1/88	h	نیروی کارگری Human labour	
Singh, 2002 ؛ Hatirli et al., 2006	62/7	kg	ماشین های کشاورزی Tractor	
Esengun, et al., 2007	60/6	kg	کود نیتروژن Nitrogen	
Esengun, et al., 2007	11/93	kg	کود فسفات Phosphate	
Esengun, et al., 2007	6/7	kg	کود پتاس Potassium	
Yaldiz et al., 1993	101/2	kg	آفت کش pesticide	
Helsel, 2006	238	kg	علف کش herbicide	
Helsel, 2006	216	kg	قارچ کش Fungicide	
Singh and Mital, 1992	17	kg	بذر Seed	
cherati et al., 2011	4/184	m <sup>3</sup>	آبیاری با کانال Irrigation	خروجی output
Moradi and Azarpour, 2011	14/7	kg	شلنوک Paddy	
Moradi and Azarpour, 2011	12/5	kg	کاه Straw	
Moradi and Azarpour, 2011	13/8	kg	پوسته برنج Rice husk	

## نتایج و بحث

جدول (۲) مقدار نهاده های مورد استفاده در تولید برنج و معادل انرژی آن را نشان می دهد. نتایج به دست آمده نشان داد که حدود ۷۶۳ ساعت کار نیروی انسانی و ۵۱ ساعت کار توان ماشینی در هر هکتار برای تولید برنج در منطقه مورد



در تولید برنج باشد. بر اساس نتایج حاضر که نشان می‌دهد انرژی ورودی تاثیرگذار شامل: انرژی آبیاری و انرژی کودهای شیمیایی می‌باشد می‌توان اظهار نمود استفاده بهینه از آب، مدیریت کود شیمیایی و همچنین استفاده از منابع تجدید پذیر مانند کود دامی می‌تواند نرخ انرژی تجدید پذیر را افزایش داد. که این یافته‌ها مطابق با گزارش‌های سایر محققین بود (Erdal *et al.*, 2007; Kizilaslan, 2009; Sartori *et al.*, 2005; Mobtaker *et al.*, 2010)

نتایج رگرسیون از طریق محاسبه معادله (۵) در جدول (۳) نشان داده شده است. برای داده‌های مورد استفاده در این مطالعه، همبستگی با استفاده از روش دوربین واتسون (Durbin-Watson) مورد آزمایش قرار گرفت (Hatirli *et al.*, 2006; Mohammadi & Omid, 2010) مقدار عدد دوربین واتسون (Durbin-Watson) برای معادله (۵)،  $1/55$  بدست آمد که نشان می‌دهد هیچ همبستگی در سطح معنی دار  $0.5$  در مدل تخمین زده شده وجود ندارد. همچنین مقدار  $R^2$  بدست آمده در این معادله ( $R^2 = 0.998$ ) نشان می‌دهد که در حدود  $0.998$  متغیر انرژی ورودی با این مدل تفسیر می‌شود.

جدول ۲- مقدار نهاده ورودی، خروجی و انرژی ورودی و خروجی در تولید برنج

Table 2 - The amount of input and output materials and energy input and output in rice production

مقدار در واحد (سطح هکتار)	مقدار در واحد انرژی (GJ ha <sup>-1</sup> )	نهاده (واحد)	معدل مجموع انرژی (GJ ha <sup>-1</sup> )
98/3	5/54	سوخت (L)	نهاده ورودی
762/7	1/76	نیروی انسانی (h)	
50/86	3/3	ماشین‌های کشاورزی (kg)	
109/66	6/65	نیترژن (kg)	
61/05	0/73	فسفات (kg)	
111/83	0/75	پتاس (kg)	
1/36	0/14	آفت‌کش (kg)	
2/09	0/5	علف‌کش (kg)	
0/95	0/21	قارچ‌کش (kg)	
68/06	1/16	بذر (kg)	
9683/31	40/51	آبیاری با کانال	

تحقیقات، لازم می‌باشد. کل انرژی ورودی برای مراحل مختلف تولید برنج  $61/23$  (GJ ha<sup>-1</sup>) محاسبه شد. بالاترین مصرف انرژی مربوط به انرژی ورودی آبیاری با کانال  $40/51$  (GJ ha<sup>-1</sup>) که در حدود  $66\%$  از کل انرژی ورودی را به خود اختصاص داده است (شکل ۱)، و پس از آن، مربوط به مصرف کودهای شیمیایی با  $8/12$  ( $13\%$ ) (GJ ha<sup>-1</sup>) از کل انرژی ورودی می‌باشد. با توجه به یافته‌های این بررسی و گزارش‌های (چرآتی و همکاران، ۲۰۱۱) که حاکی از مصرف انرژی بالا در آبیاری به روش کانال می‌باشد می‌توان لزوم بهبود وضعیت کانال‌ها در سیستم رایج آبیاری غرقابی و یا استفاده از روش‌های آبیاری تناوبی و خشکه کاری را در منطقه مورد مطالعه، جهت جلوگیری از هدر رفت انرژی توصیه نمود.

نتایج بررسی انرژی مصرفی توسط هر یک از نهاده‌ها نشان می‌دهد سهم انرژی کود نیترژن حدود  $81/9$  درصد از کل انرژی کود شیمیایی می‌باشد. حداقل مصرف انرژی مربوط به کود فسفات  $730$  (Mj ha<sup>-1</sup>) که در حدود  $8/99$  درصد از کل انرژی مصرفی کودهای شیمیایی را به خود اختصاص داده است. مصرف انرژی نیروی کارگری پس از انرژی بذر،  $2/15$  (GJ ha<sup>-1</sup>) می‌باشد. در تائید نتایج حاضر تحقیقات زیادی صورت گرفته که نشان دهنده این واقعیت است که انرژی نیروی کارگری سهم کمی از کل انرژی ورودی تولید را به خود اختصاص داده است (Kizilaslan, 2009; Sartori *et al.*, 2005; Strapatsa *et al.*, 2006)

متوسط عملکرد برنج (برآورد داده های ۴ سال اخیر)  $4/33$  تن در هکتار بود، بر همین اساس، کل انرژی خروجی با توجه به جدول (۲) و با تجمیع انرژی کاه و پوسته برنج در هر هکتار به میزان  $139/11$  (GJ ha<sup>-1</sup>) محاسبه شد. سهم انرژی ورودی به صورت انرژی مستقیم، غیر مستقیم و فرم‌های تجدید پذیر و تجدید ناپذیر در شکل (۲) نشان داده شده است، همچنین کل انرژی ورودی به صورت انرژی غیر مستقیم ( $88\%$ ) و انرژی مستقیم ( $12\%$ ) و یا انرژی‌های تجدید پذیر ( $4.5\%$ ) و انرژی غیر قابل تجدید ( $94.8\%$ ) بدست آمده است، که نشان دهنده این مطلب می‌باشد که، اساسا تولید محصول برنج در منطقه مورد مطالعه وابسته به انرژی تجدید ناپذیر (به ترتیب به آبیاری، کود و سوخت) است. بنابراین، واضح است که میزان مصرف انرژی تجدید ناپذیر بالاتر از انرژی تجدید پذیر



متغیر ورودی: عملکرد محصول	ضریب همبستگی	نسبت t (t-ratio)	بهره‌وری نهایی فیزیکی (MPP)
متغیرهای بیرونی			
مدل: ۱			
$\ln Y_i = \alpha_1 \ln X_1 + \alpha_2 \ln X_2 + \alpha_3 \ln X_3 + \alpha_4 \ln X_4 + \alpha_5 \ln X_5 + \alpha_6 \ln X_6 + \alpha_7 \ln X_7 + e_i$			
سوخت	0/522	1/512	0/409
ماشین	0/686	3/821**	0/903
نیروی کارگری	-0/01	-0/050	-0/02
کودهای شیمیایی	0/607	4/180**	0/324
سموم	0/099	1/454	0/511
بذر	-0/620	-3/375**	-2/324
آبیاری	0/471	2/829**	0/050
دوربین واتسون (Durbin-Watson)	1/577		
R <sup>2</sup>	0/998		
بازگشت به مقیاس ( $\sum_{i=1}^n a_i$ )	1/755		

جدول ۳- نتایج برآورد مدل اقتصاد سنجی انرژی‌های ورودی

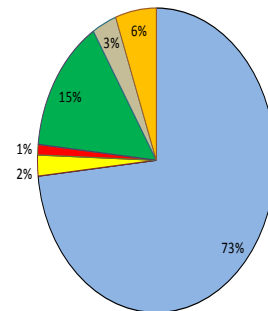
Table 3- Results of the Econometric Model to Estimate the Energy Input

\*، \*\* نشان دهنده معنی داری در سطح ۱٪ و ۵٪ می‌باشد.

\*\*، \* is Significant at 1% and 5% Level Respectively

متغیر ورودی: انرژی خروجی	ضریب همبستگی	نسبت t (t-ratio)	بهره‌وری نهایی فیزیکی (MPP)
متغیرهای بیرونی			
مدل: ۱			
$\ln L_i = \beta_1 \ln DE + \beta_2 \ln IDE + e_i$			
انرژی مستقیم	0/211	0/676*	4/023
انرژی غیرمستقیم	1/086	771/9 41**	2/801
دوربین واتسون (Durbin-Watson)	1/831		
R <sup>2</sup>	0/998		
بازگشت به مقیاس ( $\sum_{i=1}^n a_i$ )	1/297		
مدل: ۲			

کل انرژی ورودی	(M <sup>3</sup> )	
61/23		
نهاده خروجی	63/75	4/336 (شلوک (Ton)
	62/85	5/027 (کاه (Ton)
	12/51	0/906 (پوسته برنج (Ton)
کل انرژی خروجی	139/11	



■ آبیاری Irrigation ■ بذر Seeds ■ سموم Toxins ■ کود Elements ■ نیروی انسانی Humans ■ مکانیزاسیون Mecanization

شکل ۱- سهم و مقدار انرژی ورودی برای تولید برنج

Figure 1- contribution of energy inputs for rice production



شکل ۲- سهم کل انرژی ورودی، به صورت انرژی مستقیم، غیر مستقیم،

تجدید پذیر و تجدید ناپذیر در تولید برنج

Figure 2- contribution to the total energy input to direct energy, indirect, renewable and non-renewable rice Production



تأثیر منفی بر روی عملکرد برنج دارد. مقدار بازده به مقیاس برای مدل (۱) با جمع کردن ضرایب رگرسیون به مقدار ۱/۷۵۵ بدست آمده است. مقدار بالاتر از یک، بازگشت به مقیاس به معنی تأثیر مثبت و افزایشی نهاده‌ها بر روی عملکرد می‌باشد. حساسیت انرژی ورودی بر روی سطح خروجی (عملکرد) با استفاده از روش بهره‌وری نهایی فیزیکی (MPP) و روش ضریب رگرسیون مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نتایج به دست آمده در جدول (۳) ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، بهره‌وری نهایی فیزیکی (MPP) برای انرژی ماشین ماشین آلات (۰/۹۰۳) و پس از آن انرژی سموم (۰/۵۱۱) قرار دارد، نشان می‌دهد که با استفاده از ۱ MJ انرژی اضافی از نهاده‌های ورودی از قبیل ماشین آلات و سموم، به ترتیب ۰/۹۰۳ کیلوگرم و ۰/۵۱۱ کیلوگرم بر میزان عملکرد نهایی افزوده خواهد شد. به عنوان یک نتیجه، پارامترها با ضریب حساسیت بزرگتر تأثیر بیشتری بر روی متغیر موجود دارند. تشخیص این که کدام عوامل باید شناسایی، اندازه‌گیری و با دقت مورد بررسی قرار گیرد، با اهمیت می‌باشد (دریچسلا، ۱۹۹۸). بهره‌وری نهایی فیزیکی (MPP) انرژی نیروی انسانی و انرژی بذر به میزان ۰/۰۲- و ۲/۳۲۴- می‌باشد که مقدار منفی آنها دلالت بر این موضوع دارد که هر واحد اضافی در ورودی آنها، موجب کاهش در خروجی (عملکرد) می‌شود. متغیرهای مهم دیگر که بر عملکرد برنج تأثیرگذار بودند شامل: انرژی سوخت و انرژی کود شیمیایی با بهره‌وری نهایی فیزیکی (MPP)، به ترتیب با ۰/۴۰۹ و ۰/۳۲۴ می‌باشد. سینگ و همکاران (Singh et al., 2004) حساسیت انرژی‌های ورودی بر بهره‌وری گندم را برای پنج منطقه زراعی در هند، برآورد کردند. آنها گزارش دادند که بهره‌وری نهایی فیزیکی (MPP) نهاده کود شیمیایی در مناطق ۱ تا ۵ به ترتیب برابر با ۰/۳۸۵، ۲/۸۱۶، ۰/۲۱۱، -۰/۶۱۰، و ۰/۶۲۴ می‌باشند. با توجه به جدول (۴) انرژی به دست آمده از نهاده‌های ورودی به دو شکل مستقیم و غیر مستقیم تقسیم شدند که روند ارزیابی در هر دو شکل انرژی، مثبت می‌باشد و این موضوع حکایت از اثرات مثبت این مولفه‌ها بر روی سطح خروجی (عملکرد محصول) دارد. تأثیر انرژی‌های غیر مستقیم (۱/۰۸) بیشتر از انرژی مستقیم (۰/۲۱) می‌باشد و هر دو مولفه در سطح ۵٪ تأثیر معنی داری بر روی عملکرد محصول دارند. ضریب

$$\ln L_i = \gamma_1 \ln RE +$$

$$\gamma_2 \ln NRE + e_i$$

انرژی تجدید پذیر	-0/334	-	15/919
	2/172	*	
انرژی تجدید ناپذیر	۱/۰۷۸	775/0	2/572
		47**	
دوربین واتسون (Durbin-Watson)	1/808		
R <sup>2</sup>	0/998		
بازگشت به مقیاس ( $\sum_{i=1}^n a_i$ )	0/744		

جدول ۴- نتایج برآورد مدل اقتصاد سنجی انرژی‌های مستقیم، غیر مستقیم، تجدید پذیر و تجدید ناپذیر

Table 4 - Results of the econometric model to estimate the energy direct, indirect, renewable and non-renewable.

\*، \*\* نشان دهنده معنی داری در سطح ۱٪ و ۵٪ می‌باشد  
\*، \*\* is significant at 1% and 5% level respectively

نتایج حاصل از ارزیابی، تابع کاب داگلاس بر هر یک از نهاده‌ها در تولید برنج نشان می‌دهد که تأثیر هر یک از نهاده‌های ورودی بر روی عملکرد متفاوت است. نتایج نشان داد که تأثیر انرژی ورودی بر عملکرد (به جزء برای کار انسانی و بذر) مثبت است. همان طور که از جدول (۳) مشاهده می‌شود ماشین آلات بیشترین تأثیر (۰/۶۸۶) در میان نهاده‌های ورودی و تأثیر معنی دار قابل توجهی بر عملکرد در سطح ۱٪ دارد و بیانگر این موضوع است که در شرایط حاضر، ۱٪ افزایش در انرژی ورودی ماشین آلات منجر به ۰/۶۸۶ درصد افزایش عملکرد برنج می‌شود. دومین نهاده ورودی مهم و تأثیرگذار بر روی عملکرد، کود شیمیایی با کشش ۰/۶۰۷ و پس از آن سوخت و آبیاری، به ترتیب با کشش ۰/۵۲۲ و ۰/۴۷۱ بدست آمده است. هاتیرالی و همکاران (Hatirli et al., 2006) یک مدل اقتصاد سنجی برای تولید گوجه فرنگی گلخانه‌ای در استان آنتالیا ترکیه را برآورد کردند. آنها گزارش نمودند که نیروی انسانی، کودهای شیمیایی، سموم، ماشین آلات و انرژی آب، به ترتیب مهمترین نهاده‌های ورودی در تولید گوجه فرنگی گلخانه‌ای بودند که تأثیر قابل توجهی بر عملکرد این محصول داشتند. با توجه به جدول (۳)، نیروی کار انسانی و بذر



ورودی را می‌توان بصورت انرژی غیر مستقیم (۰/۸۸) و انرژی مستقیم (۰/۱۲) و یا انرژی‌های تجدیدپذیر (۰/۴۵) و انرژی تجدیدناپذیر (۰/۹۴۸) طبقه بندی کرد. ماشین آلات بیشترین تاثیر (۰/۶۸۶) در میان نهاده‌های ورودی و تاثیر معنی دار قابل توجهی بر عملکرد در سطح ۱٪ داشت. تاثیر انرژی ورودی بر عملکرد (به جزء برای نیروی انسانی و بذر) مثبت می‌باشد. مطابق با یافته های مدل اقتصاد سنجی می‌توان اظهار نمود مدیریت انرژی مسئله مهم در استفاده کارآمد و پایدار از سیستم تولید برنج در شمال ایران می‌باشد که در این راستا افزایش میزان بهره وری انرژی یک راهکار مهم و اساسی تلقی می‌شود که به میزان قابل توجهی تحت تاثیر مصرف انرژی و هزینه‌های تولید قرار دارد. بر این اساس بهینه سازی مصرف آبیاری، کودهای شیمیایی و سایر نهاده های ورودی بزرگ مفید خواهد بود که نه تنها در کاهش اثرات منفی به محیط زیست، بلکه در حفظ پایداری و عدم تجزیه خاک در این منطقه کمک می‌کند. همچنین به منظور کاهش مصرف آب آبیاری، استفاده از سیستم کشت خشکه کاری، بهبود وضعیت کانال‌های آبیاری، استفاده از روش‌های مدرن آبیاری با بازده بالا و آبیاری تناوبی توصیه می‌شود.

## References

- 1-Cetin, B. and Vardar, A. 2008. An economic analysis of energy requirements and input costs for tomato production in Turkey. RENEWABLE ENERGY. 33: 428-33.
- 2- Cherati, F.E., Bahrami, H. and Asakereh, A. 2011. Energy survey of mechanized and traditional rice production system in Mazandaran Province of Iran. African Journal of Agricultural Research. 6: 2565-2570. ISSN: 1991-637X.
- 3- Erdal, G., Esengun, K., Erdal, H. and Gunduz, O. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy. 32: 35-41.
- 4- Esengun, K., Gunduz, O. and Erdal, G. 2007. Input-output energy analysis in dry apricot production of Turkey. Energy Conversion and Management. 48: 592-8.
- 5-Ginigaddara, G.A.S. and Ranamukhaarachi, S.L. 2009. Effect of conventional, SRI and modified water management on growth, yield and water productivity of direct-seeded and transpla-

رگرسیون برای انرژی‌های تجدید پذیر (۰/۳۳۴-) در سطح ۰/۵ درصد معنی دار و انرژی‌های تجدیدناپذیر (۱/۰۷۸) در سطح ۰/۱ درصد معنی دار می‌باشد. بر اساس این نتایج می‌توان اظهار نمود که تاثیر انرژی تجدیدناپذیر از انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برنج بیشتر است. نتایج مشابهی در تحقیقات انجام شده برای محصولات مختلف بدست آمده است (Unakitan *et al.*, 2010; Mohammadi & Omid, 2010) همچنین با توجه به جدول (۴) مقدار عدد دوربین واتسون (Durbin-Watson) برای معادله (۶) و (۷) به ترتیب برابر ۱/۸۳۱ و ۱/۸۰۸ محاسبه شده‌اند. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که هیچ همبستگی در سطح معنی داری ۵٪ در مدل تخمین زده شده وجود ندارد. مقدار  $R^2$  برای هر دو شکل انرژی برابر با ۰/۹۹۸ می‌باشد. همانطور که از جدول (۴) مشاهده می‌شود بهره وری نهایی برای انرژی‌های مستقیم، غیر مستقیم، تجدیدپذیر و انرژی‌های تجدید ناپذیر بترتیب برابر با ۴/۰۲۳، ۲/۸۰۱، ۱۵/۹۱- و ۲/۵۷۲ می‌باشد که بر این اساس می‌توان انتظار داشت استفاده از ۱ MJ انرژی اضافی همانند انرژی مستقیم، غیر مستقیم و تجدید ناپذیر منجر به افزایش عملکرد بترتیب برابر با ۴/۰۲، ۲/۸ و ۲/۵۷ گردد. همچنین، انرژی تجدیدپذیر دارای اثر منفی است یعنی ۱ MJ، انرژی‌های تجدید پذیر بیشتر، منجر به کاهش عملکرد به میزان ۱۵/۹۱- می‌شود. محمدی و امید (Mohammadi & Omid, 2010) و هاتیرالی و همکاران (Hatirli *et al.*, 2006) نیز به ترتیب نتایج مشابه برای تولید خیار گلخانه‌ای در ایران و استفاده از انرژی در بخش کشاورزی ترکیه به دست آوردند.

## نتیجه گیری

با توجه بررسی انجام شده در مورد تاثیر انرژی‌های ورودی، حالت‌های مختلف انرژی خروجی، ارزیابی حساسیت انرژی ورودی در تولید برنج با استفاده از بهره وری نهایی فیزیکی (MPP) و روش ضریب رگرسیون با مشتقات جزئی بر عملکرد برنج در استان مازندران، نتایج نشان می‌دهد که کل انرژی ورودی ۶۱/۲۳ (GJ ha-1) و کل انرژی خروجی در تولید برنج ۱۳۹/۱۱ (GJ ha-1) و همچنین بیشترین مصرف انرژی ورودی در تولید برنج مربوط به آبیاری می‌باشد. کل انرژی





- study: Ardabil province. *Energy Conversion and Management*. 49: 66-70. ISSN: 0196-8904
- 17- Moradi, M., and Azarpour, E. 2011. Study of energy indices for native and breed rice varieties production in Iran. *World Applied Sciences Journal*. 13: 137-141.0. ISSN: 1818 - 4952
- 18- Ozkan, B., Akcaoz, H. and Fert, C. 2004. Energy input-output analysis in Turkish agriculture. *RENEWABLE ENERGY*. 29: 39-51.
- 19- Pathak, B. and Binning, A. 1985. Energy use pattern and potential for energy saving in rice-wheat cultivation. *Agricultural energy*. 4: 271-280.
- 20- Rafiee, Sh., Mousavi Avval, S.H. and Mohammadi, A. 2010. Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran. *Energy*. 35: 3301-6.
- 21- Sartori, L., Basso, B., Bertocco, M. and Oliviero, G. 2005. Energy use and economic evaluation of a three year crop rotation for conservation and organic farming in NE Italy. *Biosystems Engineering*. 91: 245-56.
- 22- Singh, H., Mishra, D., Nahar, NM. and Ranjan, M. 2003. Energy use pattern in production agriculture of a typical village in arid zone India: part II. *Energy Convers Management*. 44: 1053-67.
- 23- Singh, J.M. 2002. On farm energy use pattern in different cropping systems in Haryana, India. Master of Science. University of Flensburg, Germany.
- 24- Singh, S. and Mital, J.P. 1992. *Energy in Production Agriculture*. Mittal Pub, New Delhi.
- 25- Singh, S., Singh, S., Pannu, C.J.S. and Singh, J. 2000. Optimization of energy input for raising cotton crop in Punjab. *Energy Convers Management*. 41: 1851-61.
- 26- Strapatsa, AV., Nanos, GD. and Tsatsarelis, CA. 2006. Energy flow for integrated apple production in Greece. *Agricultural Ecosystem Environment*. 116:176-80.
- 27- Tsatsarelis, CA. 1993. Energy inputs and outputs for soft winter wheat production in Greece. *Agricultural Ecosystem Environment*. 43: 109-18.
- 28- Unakitan, G., Hurma, H. and Yilmaz, F. 2010. An analysis of energy use efficiency of canola production in Turkey. *Energy*. 35: 3623-7.
- 29- Yaldiz, O., Ozturk, H.H., Zeren, Y. and Bascetincelik, A. 1993. Energy usage in production of field crops in Turkey. In: 5th international congress on mechanization and energy in agriculture. 11-14 Oct., Kusadasi, Turkey, Pp. 527-536.
- 30- Yamane, T. 1967. *Elementary Sampling Theory*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. Mathematics - 405 pages
- nted rice in central Thailand. *Australian Journal of Crop Science(AJCS)*. 3: 278-286. ISSN 1835-2707
- 6- Hatirli, S.A., Ozkan, B. and Fert, C. 2005. (a). An econometric analysis of energy input-output in Turkish agriculture. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 9: 608-23.
- 7- Hatirli, S.A., Ozkan, B. and Fert, C. 2006. (b). Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production. *RENEWABLE ENERGY*. 31:427-38.
- 8- Helsel, Z. R. 2006. Energy in Pesticide Production and Use, in D. Pimental (Ed.), *Encyclopedia of Pest Management*. Pp. 1-4. Taylor and Francis, London. CRC Press 2002, ISBN: 978-0-8247-0632-6
- 9- International Rice Research Institute. 2013. IRRI in Iran. Retrieved June 10, 2013. [http://irri.org/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=12449:irri-in-iran&lang=en](http://irri.org/index.php?option=com_k2&view=item&id=12449:irri-in-iran&lang=en)
- 10- Kennedy, S., 2001. Energy Use in American agriculture. Sustainable Energy term. Retrieved August 24, 2012. [http://www.web.mit.edu/energy\\_lab/proceeding](http://www.web.mit.edu/energy_lab/proceeding)
- 11- Kizilaslan, H. 2009. Input-output energy lysis of cherries production in Tokat Province of Turkey. *Applied Energy*. 86:1354-8.
- 12- Mandal, K.G., Saha, K.P., Ghosh, P.K., Hati, K.M. and Bandyopadhyay, K.K. 2002. Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India. *Biomass and Bioenergy*, 23 (5). pp. 337-345.
- 13- Mobtaker, H.G., Keyhani, A., Mohammadi, A., Rafiee, S. and Akram, A. 2010. Sensitivity analysis of energy inputs for barley production in Hamedan. Province of Iran Agriculture, Ecosystems & Environment. 137:367-72. ISSN: 0167-8809.
- 14- Mohammadi, A. and Omid, M. 2010. Economic analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. *Appl Energy*. 87:191-6.
- 15- Mohammadi, A., Rafiee, Sh., Mohtasebi, S.S. and Rafiee, H. 2010. Energy inputs-yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran. *Renewable Energy*. 35: 1071-5.
- 16- Mohammadi, A., Tabatabaeefar, A., Shahan, S., Rafiee, S. and Keyhani, A. 2008. Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case

## *Evaluation of Energy Use in Rice Farming based on Econometric Model in North of Iran*

*Adel Ranji<sup>1\*</sup>, Davood Mohammad Zamani<sup>2</sup> and Mohammad Mehdi Amiri Khorie<sup>3</sup>*

*1,2. Researchers and Elite Club, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran*

*3. Young Researchers and Elites club, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran  
Adelranji@yahoo.com*

### **Abstract:**

*In order to investigate the influence of energy input, different mode of output energy and evaluation the sensitivity of energy inputs in rice production in North of Iran, was used of the sensitivity analysis of energy inputs by using of the Marginal Physical Productivity (MPP) and the Regression Coefficient. In the present study, after assessment the sample size by using of random sampling method, the data were collected of 72 rice farmer in 1391. The results showed that the amount of input and output energy in rice production is 61/23 (GJ. ha-1) and 139/11 (GJ. ha-1) respectively. Maximum used of input energy in rice production is related to irrigation to 40/51 (GJ. ha-1) (about 66% of the total input energy). Econometric models showed that the energy used by machine is the most important input energy that impact on the level of output energy (yield). The result of sensitivity analysis indicated that by used of IMj greater input energy in machine and Fertilizers can increased the rice yield by %68 and %60 respectively. Marginal Physical Productivity for labor and seed was negative that reflects the input from overuse or improper application of these inputs in rice farming, which requires the better management on the inputs that have negative productivity in rice production.*

**Keywords:** *Rice, Analysis Sensitivity of Energy, Econometric Model and Productivity*