دوره ۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶
مجله مهندسی زیست سامانه

ارزیابی انرژی مصرفی زراعت برنج با مدل اقتصاد سنجی در شمال ایران

عادل رنجی[۱]*، داود محمد زمانی[۲]، محمد مهدی امیری خوریه [۳]و اسماعیل پیرزاده[۴]

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 ۱۳۹۱جمع 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 :

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 نهاده ها 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 را می‌توان به میزان ۸٪ با ورود انرژی اضافی، به میزان 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

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

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 نهاده های 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 می دهد که بهره وری 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-1) می‌باشد. کندی (Kennedy, 2001) در مقایسه‌ای نشان داد که عملکرد بالا و مکانیزاسیون همواره مرتبط با یکدیگر نیستند. او تولید برنج را در ایالت کالیفرنیای 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 تقریبا برابر و در سطح بالایی است. در ژاپن این عملکرد بالا، حاصل مصرف مقدار زیاد کود و در ایالت متحده، استفاده از واریته-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 نمونه گیری 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):

$$\mathbf{n} = (\sum \mathbf{N_h S_h})/(\mathbf{N^2 D^2} + \sum \mathbf{N_h S_h^2}) \qquad (۱)$$

که در این فرمول؛ n اندازه نمونه مورد نیاز، N تعداد بهره بردار در جامعه مورد بررسی، Nh تعداد افراد جامعه در طبقه h، Sh انحراف معیار استاندارد در طبقه h، واریانس طبقه h، d دقت اندازه‌گیری $(x-\overline{X})$، Z قابلیت اطمینان (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، غالبا در

مطالعات انرژی و اقتصادی برای نشان دادن رابطه بین عوامل نهاده‌های ورودی و سطح تولید (عملکرد) مورد استفاده قرار می‌گیرد (Mobtaker *et al*., 2010 Mohammadi & Omid, 2010; Singh *et al*., 2004; Singh *et al*., 2000) به یک نزدیک باشد نشان دهنده این است که برازش بهتری به صورت یک تابع به داده‌های پراکنده صورت گرفته‌است).

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

تابع تولید کاب داگلاس بصورت زیر بیان می‌شود:

$$Y = f(x)\exp(u) \quad (۲)$$

معادله (۲) را می‌توان برای موارد با فراوانی بیشتر به صورت زیر نوشت:

(۳)

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

i =1,2,…..,n

که در آن Yi میزان عملکرد محصول کشاورز، i_{th} و X_{ij} نهاده‌های ورودی (معادل انرژی در تولید محصول)، a عدد ثابت، α_j ضریب نهاده های ورودی که از روی مدل تخمین زده شده و e_i میزان خطای مدل می‌باشد.

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)

$$\ln Y_i = \sum_{j=1}^{n} a_j \ln(X_{ij}) + e_i \quad (۴)$$

در مورد این تحقیق ، چون n=۷۲ ؛ بنا بر این معادله (۴) را می‌توان به فرم زیر نوشت: (۵)

$$\ln Y_i = a_1 \ln X_1 + a_2 \ln X_2 + \alpha_3 \ln X_3 + \alpha_4 \ln X_4 + \alpha_5 \ln X_5 + \alpha_6 \ln X_6 + a_7 \ln X_7 + e_i$$

که متغیر X_i 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 می‌باشد.

تقاضای انرژی در بخش کشاورزی را می‌توان به انرژی مستقیم (DE)، انرژی غیر مستقیم (IDE)، انرژی‌های تجدید پذیر (RE) و انرژی تجدید ناپذیر (NRE) تقسیم کرد. انرژی مستقیم به طور مستقیم در مزارع و در زمین استفاده می‌شود. از سوی دیگر، انرژی غیر مستقیم، شامل انرژی مورد استفاده در تولید، بسته بندی و حمل و نقل کودهای شیمیایی، آفتکش‌ها و ماشین آلات کشاورزی می‌باشد (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 می‌باشد. انرژی‌های تجدید پذیر شامل: نیروی کارگری، بذر و انرژی تجدید ناپذیر شامل ماشین آلات، سوخت، کودهای شیمیایی، سموم و آبیاری می‌باشد. اثر انرژی‌های 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 شده‌اند:

$$\ln L_i = \beta_1 \ln DE + \beta_2 \ln IDE + e_i \quad (۶)$$

$$\ln L_i = \gamma_1 \ln RE + \gamma_2 \ln NRE + e_i \quad (۷)$$

که در آن L_i خروجی انرژی i ام است؛ انرژی‌های مستقیم، غیرمستقیم، تجدید پذیر و تجدید ناپذیر برای تولید برنج استفاده می‌شود، β_i و γ_i ضریب متغیرهای بیرونی هستند.

معادله (۵) تا (۷) با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی تخمین زده شده‌اند 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 می‌آید. بهره وری نهایی فیزیکی (MPP) با استفاده از ورودی های مختلف α_j بدست می‌آید

$$MPP_{xj} = \frac{GM(Y)}{GM(X_j)} \times a_j \qquad (۸)$$

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

مقدار مثبت بهره وری نهایی فیزیکی تولید (MPP) هر عامل نشان می‌دهد که با افزایش آن نهاده ورودی، مقدار تولید افزایش می‌یابد و مقدار منفی بهره وری نهایی فیزیکی تولید (MPP) هر عامل ورودی نشان می‌دهد که هر واحد اضافی از نهاده ها مورد نظر تاثیر منفی و کاهشی 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 ورودی‌ها توسط یک عامل ثابت افزایش می-یابند یا تاثیر می‌پذیرند). در تابع تولید کاب داگلاس، مجموع کشش توسط حالت های مختلف ضرایب رگرسیون بدست می‌آید. طوری که اگر مجموع ضرایب بزرگتر از یک $\sum_{i=1}^{n} a_i = 1$ باشد می‌توان نتیجه گرفت که بازده به مقیاس افزایشی می‌باشد؛ اگر مجموع ضرایب کمتر از ($\sum_{i=1}^{n} a_i < 1$) باشد می توان نتیجه گرفت که بازده به مقیاس کاهشی 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 مدلسازی با استفاده از روش رگرسیون خطی انجام گردید.

جدول ۱- هم ارز انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها در تولید برنج

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

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

نتایج و بحث

جدول (۲) مقدار نهاده‌های مورد استفاده در تولید برنج و معادل انرژی آن را نشان می‌دهد. 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

تحقیقات، لازم می‌باشد. کل انرژی ورودی برای مراحل مختلف تولید برنج ۶۱/۲۳ (GJ ha-1) محاسبه شد. بالاترین مصرف انرژی مربوط به انرژی ورودی آبیاری با کانال ۴۰/۵۱ (GJ ha-1) که در حدود ۶۶٪ از کل انرژی ورودی را به خود اختصاص داده است (شکل ۱)، و پس از آن، مربوط به مصرف کودهای شیمیایی با ۸/۱۲ (۱۳٪) (GJ ha-1) 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 نیتروژن حدود ۸۱/۹ درصد از کل انرژی کود شیمیایی می‌باشد. حداقل مصرف انرژی مربوط به کود فسفات ۷۳۰ (Mj ha-1) که در حدود ۸/۹۹ درصد از کل انرژی مصرفی کودهای شیمیایی را به خود اختصاص داده است. مصرف انرژی نیروی کارگری پس از انرژی بذر، ۲/۱۵٪ (۱/۷۶ GJ ha-1) 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) ۴/۳۳ 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 ۱۳۹/۱۱ (GJ ha-1) 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 (۸۸٪) و انرژی مستقیم (۱۲٪) و یا انرژی‌های تجدید پذیر (۴.۵٪) و انرژی غیر قابل تجدید (۹۴.۸٪) 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 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).

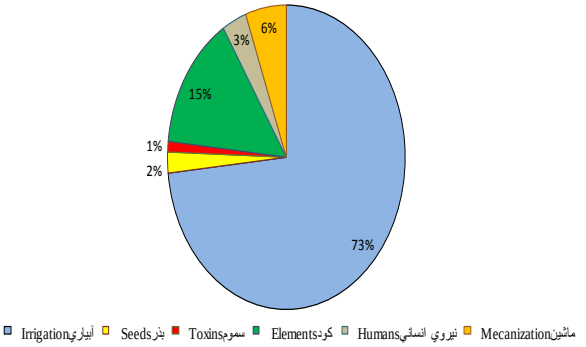
نتایج رگرسیون از طریق محاسبه معادله (۵) در جدول (۳) نشان داده شده است. برای داده‌های مورد استفاده در این مطالعه، همبستگی با استفاده از روش دوربین واتسون (Durbin–Watson) مورد آزمایش قرار گرفت (Hatirli *et al*., 2006; Mohammadi & Omid, 2010). مقدار عدد دوربین واتسون (Durbin–Watson) برای معادله (۵)، ۱/۵۵ بدست آمد که نشان می‌دهد هیچ همبستگی در سطح معنی دار ۵٪ در مدل تخمین زده شده وجود ندارد. همچنین مقدار R^2 بدست آمده در این معادله (R^2= ۰/۹۹۸) نشان می دهد که در حدود ۰/۹۹۸ 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

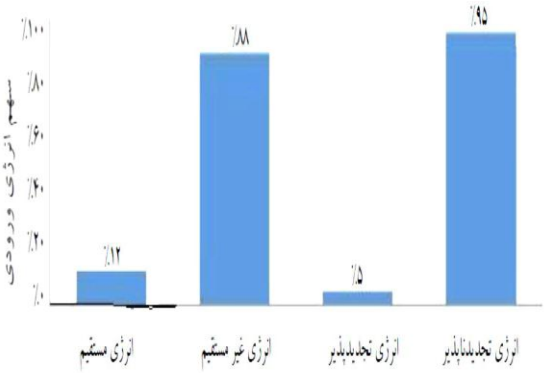
	نهاده (واحد)	مقدار در واحد سطح (هکتار)	معادل مجموع انرژی (GJ ha^{-1})
نهاده ورودی	سوخت (L)	98/3	5/54
	نیروی انسانی (h)	762/7	1/76
	ماشین‌های کشاورزی (kg)	50/86	3/3
	نیتروژن (kg)	109/66	6/65
	فسفات (kg)	61/05	0/73
	پتاس (kg)	111/83	0/75
	آفت‌کش (kg)	1/36	0/14
	علف‌کش (kg)	2/09	0/5
	قارچ‌کش (kg)	0/95	0/21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

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



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

متغیر ورودی: عملکرد محصول	ضریب همبستگی	نسبت t (*t-ratio*)	بهره‌وری نهایی فیزیکی(MPP)
متغیرهای بیرونی			
مدل : ۱			
$\ln Y_i = a_1 \ln X_1 + a_2 \ln X_2 + \alpha_3 \ln X_3 + \alpha_4 \ln X_4 + \alpha_5 \ln X_5 + \alpha_6 \ln X_6 + a_7 \ln X_7 + e_i$			
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^2	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 Sgnificant 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	771/941**	2/801
دوربین واتسون Durbin-Watson	1/831		
R^2	0/998		
بازگشت به مقیاس $(\sum_{i=1}^{n} a_i)$	1/297		
مدل : ۲			

$\ln L_i = \gamma_1 \ln RE + \gamma_2 \ln NRE + e_i$			
انرژی تجدید پذیر	-0/334	-2/172*	15/919
انرژی تجدید ناپذیر	۱/۰۷۸	775/047**	2/572
دوربین واتسون (Durbin-Watson)	1/808		
R^2	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 تاثیر هر یک از نهاده-های ورودی بر روی عملکرد متفاوت است. نتایج نشان داد که تاثیر انرژی ورودی بر عملکرد (به جزء برای کار انسانی و بذر) مثبت است. همان طور که از جدول (۳) مشاهده می‌شود ماشین آلات بیشترین تاثیر (۰/۶۸۶) در میان نهاده‌های ورودی و تاثیر 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 تاثیرگذار 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 تاثیر قابل توجهی بر عملکرد این محصول داشتند. با توجه به جدول (۳)، نیروی کار انسانی و بذر تاثیر 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 تاثیر مثبت و افزایشی نهاده ها بر روی عملکرد می‌باشد. حساسیت انرژی ورودی بر روی سطح خروجی (عملکرد) با استفاده از روش بهره وری 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، بهره وری 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 تاثیر بیشتری بر روی متغیر موجود دارند. تشخیص این که کدام عوامل باید شناسایی، اندازه گیری و با دقت مورد بررسی قرار گیرد، با اهمیت می‌باشد (دریچسلر، ۱۹۹۸). بهره وری 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 تاثیرگذار بودند شامل: انرژی سوخت و انرژی کود شیمیایی با بهره وری نهایی فیزیکی (MPP)، به ترتیب با ۰/۴۰۹ و ۰/۳۲۴ می‌باشد. سینگ و همکاران (Singh *et al*., 2004) حساسیت انرژی‌های ورودی بر بهره وری گندم را برای پنج منطقه زراعی در هند، برآورد کردند. آنها گزارش دادند که بهره وری نهایی فیزیکی (MPP) نهاده کود شیمیایی در مناطق ۱ تا ۵ بترتیب 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. تاثیر انرژی‌های غیر مستقیم (۱/۰۸) بیشتر از انرژی مستقیم (۰/۲۱) می‌باشد و هر دو مولفه در سطح ۵ ٪ تاثیر معنی داری بر روی عملکرد محصول دارند. ضریب

رگرسیون برای انرژی‌های تجدید پذیر (۰/۳۳۴-) در سطح ۵٪ درصد معنی دار و انرژی‌های تجدیدناپذیر (۱/۰۷۸) در سطح 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 ورودی را می‌توان بصورت انرژی غیر مستقیم (۸۸٪) و انرژی مستقیم (۱۲٪) و یا انرژی‌های تجدیدپذیر (۴.۵٪) و انرژی تجدیدناپذیر (۹۴.۸٪) 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. RENEW ABLE 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 Gun duz, 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 Ranamukhaarachchi, S.L. 2009. Effect of conventional, SRI and modified water management on growth, yield and water productivity of direct-seeded and transpla-

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://irr.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/nergy 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. Econo mical 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 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

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

Adel Ranji[1]*, Davood Mohammad Zamani[2] and Mohammad Mehdi Amiri Khorie[3]

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 1Mj 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*