فصلنامه علوم محیطی، دوره چهاردهم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵

۹-۱۸

# تحلیل حساسیت الگوی مصرف انرژی در تولید گندم آبی شهرستان کرمانشاه

**محمدرضا اصغری‌پور[۱*]، فریبرز صالحی[۲] و محمود احمدپور[۳]**

[۱] دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
[۲] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
[۳] استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

تاریخ دریافت: ۹۴/۸/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۲۳

**چکیده**

هدف از این پژوهش ارزیابی مصرف انرژی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و تعیین حساسیت نهاده‌ها برای تولید گندم آبی در شهرستان کرمانشاه است. داده‌های مورد نیاز از ۱۲۰ مزرعه گندم آبی در سال ۱۳۹۲ با استفاده از روش نمونه‌برداری تصادفی، جمع‌آوری شد. حساسیت نهاده‌های انرژی با استفاده از روش بهره‌وری فیزیکی نهایی (MPP) و ضرایب رگرسیون با مشتقات جزئی بر عملکرد گندم برآورد شد. نتایج نشان داد که کل انرژی ورودی حدود ۴۱۹۲۱/۸ مگاژول در هکتار بوده و در بین نهاده‌های ورودی انرژی، کود نیتروژن با ۳۸ درصد و پس از آن سوخت دیزل با ۱۳ درصد بیشترین سهم‌ها را دارا هستند. حدود 35 درصد از کل انرژی مصرفی در تولید گندم انرژی مستقیم و ۶۵ درصد انرژی غیر مستقیم بود. کل انتشار $CO_2$، $N_2O$ و $CH_4$ در مزارع گندم به ترتیب ۱۲۴۸/۱، ۸۵۵/۶ و ۱/۶ کیلوگرم در هکتار بود. بنابراین پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) ۲۶۶۵۲۵ کیلوگرم معادل CO2 در هکتار و ۶۸/۱ کیلوگرم معادل CO2 به ازای هر کیلوگرم دانه گندم تولیدی بود. نتایج حاصل از تخمین مدل رگرسیونی نشان داد که تاثیر انرژی نیروی کار، ماشین‌آلات، سوخت دیزل، کود نیتروژن، الکتریسیته و آب بر عملکرد مثبت است. تحلیل حساسیت نشان داد که مقدار MPP بین ۰/۲۹- تا ۹/۲۴ بود. همچنین نیروی کار بیشترین مقدار MPP را داشت و پس از آن ماشین‌آلات، آب و کود فسفر قرار داشتند. با این حال مقدار MPP برای سموم شیمیایی و کود پتاسیم به ترتیب ۰/۲۹- و ۰/۱۰- شد، که نشان‌دهنده استفاده مفرط این نهاده‌ها برای تولید گندم است. مصرف تمام اشکال انرژی مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر تاثیر مثبتی بر عملکرد داشت.

**کلمات کلیدی:** کارایی انرژی، نهاده‌های انرژی، تابع تولید کاب-داگلاس، گندم آبی، گرمایش جهانی.

## Energy Consumption Pattern and Sensitivity Analysis of Irrigated Wheat Production Farms in Kermanshah

**Mohammad Reza Asgharipour[1*], Fariborz Salehi[2] & Mahmoud Ahmadpour[3]**

*[1] Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol*
*[2] MSc. of Agronomy, Faculty of Agroecology, University of Zabol, Zabol*
*[3] Assistant Professor, Department of Agricultural Economy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol*

**Abstract**

The objectives of this study were to evaluate the energy consumption and greenhouse gas emissions and to determine the input sensitivity for wheat the production system in Kermanshah County, Iran. To achieve these objectives, data were collected from120 irrigated wheat farms selected during 2012 using a random sampling method. The sensitivity of the energy inputs was estimated using the marginal physical productivity (MPP) method and partial regression coefficients on wheat yield. The results indicated that the total energy input was 41,921.8 MJ ha-1, of which approximately 38% and 13% were from nitrogen fertilizers and diesel fuel, respectively. Approximately 57% of the total energy inputs used in wheat production was direct energy, while the remaining 43% was indirect. Total emissions of $CO_2$, $N_2O$ and $CH_4$ in alfalfa farms were 1248.1, 855.6 and 1.6 kg $ha^{-1}$, respectively: Hence, total GWP was 266525 kg $CO_2e$ $ha^{-1}$ and 68.1 kg of $CO_2e$ $kg^{-1}$ of wheat grain produced. The econometric assessment results revealed that the energy inputs of human labour, machinery, diesel fuel, chemical fertilizers had a significant influence on yield. Sensitivity analysis indicated that the MPP value for energy inputs was between -2.8 and 11.31. Also, the MPP value for human labour was the highest, followed by machinery, water for irrigation and phosphorous fertilizer energy inputs, respectively. However, the MPP for biocide energy was calculated as -1.97, implying that the use of biocide energy is excessive in wheat production, causing a problem of environmental risk in the region. Direct, indirect, renewable, and non-renewable energy forms had positive impacts on the output level.

**Keywords:** Energy efficiency, Energy inputs, Cobb–douglas Production function, Irrigated wheat, Global warming.

* Corresponding Author. *E-mail Address*: m_asgharipour@uoz.ac.ir

## ۱- مقدمه

در سال‌های گذشته مناقشات زیادی در بحث‌های مرتبط با کشاورزی و محیط زیست به وجود آمده است. یکی از مهم‌ترین موضوعات این مناقشات، بحث کارایی انرژی در سامانه‌های کشاورزی است که طی سال‌های اخیر پیشرفت چندانی نداشته و در برخی موارد کاهش یافته است [۱]. کشاورزی به انرژی به‌خصوص سوخت‌های فسیلی وابسته است [۲]. توجه به منابع طبیعی محدود و اثرات سوء ناشی از عدم استفاده مناسب از منابع مختلف انرژی بر سلامتی انسان و محیط زیست، لزوم بررسی الگوهای مصرف انرژی را در بخش کشاورزی حیاتی ساخته است [۳]. در اکثر موارد کشاورزان برای افزایش تولید محصول، انرژی بیشتری را مصرف می‌کنند [۴]. گردش انرژی یکی از مباحث بوم-شناسی کشاورزی است و در نقاط مختلف جهان نسبت انرژی خروجی و ورودی در اکوسیستم‌های مختلف کشاورزی محاسبه شده است [۲]. بنابراین تجزیه و تحلیل انرژی‌های ورودی و خروجی در سیستم‌های تولید به منظور طراحی الگوهای کشت و سیاست‌گذاری در بخش فروش محصولات کشاورزی، بدون بررسی کارایی و بهره‌وری مصرف انرژی به‌صورت علمی امکان‌پذیر نیست.

روابط انرژی در تولید کشاورزی به‌خوبی با تکنیک‌های تولید، میزان نهاده‌ها، سطح عملکرد و عوامل محیطی مرتبط است [۵]. امروزه انرژی وارد شده در واحد سطح برای تولید محصول فزونی یافته است و از عوامل اصلی در افزایش مصرف انرژی می‌توان به افزایش جمعیت، محدودیت زمین‌های قابل کشت، ارزان بودن سوخت و کود و افزایش سطح زندگی و توقعات بشر اشاره کرد [۶]. بر اساس اصول و مبانی اقتصادی، استفاده بهینه از نهاده‌ها از عوامل مؤثر در دست‌یابی تولیدکنندگان به تولید کارا و حداکثر سود است. کودهای شیمیایی از اواسط قرن بیستم به‌صورت گسترده در تولید محصولات کشاورزی استفاده شده‌اند و در افزایش عملکرد تولید محصولات زراعی و باغی نقش بسزایی داشته‌اند. مصرف کودهای شیمیایی در تولید محصولات کشاورزی گرچه سبب افزایش عملکرد و ارتقاء کیفیت محصولات کشاورزی می‌شود ولی به‌دنبال خود آثار مخربی را به همراه داشته است که نمی‌توان آنها را نادیده گرفت. آلوده کردن محیط زیست و مخصوصاً خاک و آب‌های زیرزمینی، تجمع مواد آلاینده نظیر نیترات دراندام‌های مصرفی محصولات کشاورزی و در نتیجه به خطر افتادن سلامت و بهداشت انسان و دام نمونه‌هایی از اثرات مضر مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی است [۵].

دراین راستا تحقیقات گوناگونی انجام شده است. تیپی و همکاران [۷] با آنالیز مصرف انرژی از ۹۷ مزرعه گندم واقع در ایالت مرمره‌ی ترکیه نشان دادند که تولید گندم به میزان ۲۰۶۵۳/۵ مگاژول در هکتار انرژی مصرف می‌کند که از این میان انرژی ورودی سوخت با ۴۵/۱۵ درصد بیشترین سهم را در کل انرژی مصرفی داشته و به دنبال آن کودهای شیمیایی با ۳۴/۲۱ درصد (به ویژه کود نیتروژن با ۳۱/۷۷ درصد) قرار داشت. خان و همکاران [۸] با بررسی انرژی‌های ورودی به سیستم تولید گندم تحت سیستم‌های مختلف آبیاری در استرلیا را ۹/۲۱ گزارش کردند. بیشترین سهم از انرژی‌ها به ترتیب مربوط به مواد شیمیایی شامل کودها و سموم شیمیایی (۴۷ درصد)، کاشت (۳۱ درصد) و آبیاری (۳۰ درصد) بود. شاهان و همکاران [۹] کل انرژی ورودی در تولید گندم در استان اردبیل را ۴۷/۰۸ گیگاژول در هکتار گزارش کردند که حدود ۳۱ درصد آن مربوط به کودهای شیمیایی و ۲۶ درصد آن مربوط به سوخت‌های فسیلی و ماشین‌آلات بود. آنها همچنین کارایی انرژی را ۱/۹۷ محاسبه و حدود ۷۶ درصد از کل انرژی ورودی را مربوط به انرژی‌های غیرقابل تجدید دانستند. این نتایج نشان می‌دهد که مصرف انرژی در تولید گندم نه تنها کارآمد نیست، بلکه به علت مصرف بی‌رویه‌ی انرژی‌های مخرب، باعث آلودگی محیط زیست منطقه نیز شده است.

گندم محصولی استراتژیک و نیز یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی در دنیا و ایران به شمار می‌رود به‌طوری که هر ساله بیش از ۵۰ درصد از کل زمین‌های قابل کشت در کشور به زراعت گندم اختصاص داده می‌شود [۱۰]. کل سطح زیر کشت گندم در شهرستان کرمانشاه در سال زراعی ۹۱-۹۰ معادل ۱۲۹۷۶۱ هکتار بود. از آنجا که تاکنون پژوهش‌های محدودی در مورد مصرف انرژی در تولید گندم در شهرستان کرمانشاه انجام شده است بنابراین این تحقیق با هدف؛ الف) بررسی الگو و انواع انرژی‌های مورد استفاده برای تولید گندم آبی، ب) محاسبه‌ی شاخص‌های مرتبط با انرژی شامل کارایی انرژی، انرژی ویژه، بهره‌وری انرژی و عملکرد انرژی خالص، ج) ارزیابی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در واحد سطح و در واحد محصول گندم تولیدی و د) تحلیل حساسیت نهاده‌های انرژی و همچنین تعیین رابطه میان نهاده‌های انرژی و عملکرد با استفاده از تابع کاب-داگلاس) ارایه پیشنهادات و راهکارهای مناسب برای استفاده بهتر از انرژی و نهاده‌ها در تولید گندم در شهرستان کرمانشاه انجام شد.

## ۲- مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۲ در شهرستان کرمانشاه انجام شد. این شهرستان دارای میانگین بارندگی سالانه ۴۸۰ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت ۱۴ درجه سانتی‌گراد است. با توجه به اینکه مزارع منطقه مورد بررسی در نواحی متفاوتی از لحاظ ارتفاع قرار دارند، برای اینکه داده‌های جمع‌آوری‌شده نماینده‌ی واقعی‌تری برای کل مزارع این منطقه باشند، سعی شد از تمام نواحی در پژوهش استفاده شود. جامعه آماری شامل کشاورزان گندم‌کار شهرستان کرمانشاه است و ۱۲۰ کشاورز آبی‌کار محصول گندم به عنوان نمونه‌ی تصادفی انتخاب شدند. داده‌ها از طریق طراحی پرسش‌نامه و ملاقات با کشاورزان جمع‌آوری شدند.

پس از جمع‌آوری داده‌ها برای به دست آوردن انرژی حاصل از هر ورودی و خروجی، از ضرایب معادل‌سازی انرژی که توسط قربانی و همکاران [۱۱] و اصغری‌پور و همکاران [۱۲] برای هر کدام از نهاده‌های ورودی و خروجی مشخص شده است، استفاده شد. بدین ترتیب انرژی حاصل از هر کدام از نهاده‌های ورودی و خروجی بر حسب مگاژول به‌دست آمد و داده‌ها بر این اساس تجزیه و تحلیل شدند(جدول ۱). در مزارع تولید گندم، انرژی‌های خروجی شامل دانه و کاه و کلش است که انرژی حاصل از تولید هر کدام از آنها جداگانه محاسبه شد.

در این پژوهش برای محاسبه مؤلفه‌های مختلف از روابط زیر بهره گرفته شد [۱۱، ۱۲].

**کارایی مصرف انرژی** = انرژی ورودی (مگاژول در هکتار) /انرژی خروجی (مگاژول در هکتار) (۱)

**بهره وری انرژی** = خروجی گیاه زراعی (کیلوگرم در هکتار) /انرژی ورودی (مگاژول در هکتار) (۲)

**انرژی مخصوص** = انرژی ورودی (مگاژول در هکتار) /خروجی گیاه زراعی (کیلوگرم در هکتار) (۳)

**انرژی خالص** = انرژی خروجی (مگاژول در هکتار)- انرژی ورودی (مگاژول در هکتار) (۴)

سپس براساس نوع فعالیت‌های کشاورزی و نهاده‌های ورودی که در سیستم‌های مختلف استفاده می‌شوند، سهم انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم و همچنین سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر از انرژی کل مصرفی محاسبه شد. بر اساس نوع نهاده‌ها انرژی‌های مستقیم شامل نیروی کارگری، سوخت، انرژی برق و آب بودند. انرژی‌های غیرمستقیم شامل بذر، کود دامی، کودهای شیمیایی، علف‌کش‌ها، آفت‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و ماشین‌آلات بودند. انرژی‌های نیروی کارگری، بذر، آب و کود دامی انرژی تجدیدپذیر و انرژی‌های سوخت، برق، کودهای شیمیایی، علف‌کش‌ها، آفت‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و ماشین‌آلات متعلق به انرژی‌های تجدیدناپذیر بودند. انرژی ماشین‌آلات بر اساس وزن محاسبه شد.

در این پژوهش مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHGs) مرتبط با تولید نهاده‌ها ارزیابی شده و بر مبنای معادل $CO_2$ ($CO_2e$) بیان شد. گازهای گلخانه‌ای بررسی‌شده شامل $CO_2$، $N_2O$ و $CH_4$ بود. در جدول شماره ۲ مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای مرتبط با تولید نهاده‌های مختلف ارائه شده است. میزان انتشار GHGs می‌تواند در واحد سطح زمین، در واحد وزن محصول تولیدی و در واحد انرژی خروجی بیان شود [۱۳]. در این پژوهش مقدار GHGs با ضرب کردن مقادیر نهاده‌های مصرفی (سوخت دیزل، کودهای شیمیایی، ماشین‌آلات و آفت‌کش‌ها) در ضرایب انتشار مربوط به نهاده‌ها محاسبه شد. پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) $CH_4$ و $N_2O$ در دوره زمانی ۱۰۰ ساله به ترتیب ۲۱ و ۳۱۰ در نظر گرفته شد [۱۴].

تاثیر گرمایشی انتشار GHGs به شکل زیر ارزیابی شد [۱۵]:

$$Greenhouse\ effect = \sum GWP_i \times m_i \qquad (۵)$$

در این معادله $m_i$ وزن گازهای متصاعد شده است.

**جدول۱**- معادل‌های انرژی برای ورودی‌ها و خروجی‌های مورد استفاده در تولید گندم (اقتباس از قربانی و همکاران [۱۱])

| نهاده | واحد | ضریب تبدیل به مگاژول |
|---|---|---|
| **الف. ورودی ها** | | |
| نیروی انسانی | ساعت | ۱/۹۵ |
| ماشین‌آلات | ساعت | ۶۲/۷۰ |
| سوخت دیزل | لیتر | ۵۰/۲۳ |
| کود نیتروژنه | کیلوگرم | ۷۵/۴۶ |
| کود فسفره | کیلوگرم | ۱۳/۰۷ |
| کود پتاسه | کیلوگرم | ۱۱/۱۵ |
| علف‌کش تاپیک | لیتر | ۲۷۱/۳۸ |
| علف‌کش تو-فور-دی | لیتر | ۸۴/۹۱ |
| آفت‌کش | لیتر | ۲۸۰/۴۴ |
| قارچ‌کش | کیلوگرم | ۱۸۱/۹۰ |
| الکتریسیته | کیلو وات ساعت | ۳/۶۰ |
| آب | ۱/۰۲ | متر معکب |
| بذر گندم | ۲۰/۱۰ | کیلوگرم |
| **ب. خروجی ها** | | |
| دانه‌ی گندم | کیلوگرم | ۱۴/۴۸ |
| کاه گندم | کیلوگرم | ۲/۲۵ |

**جدول ۲**- میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای (گرم) در تولید نهاده‌های مختلف در نظام‌های تولید گندم آبی کرمانشاه

| نهاده | CO2 | N2O | CH4 | منبع |
|---|---|---|---|---|
| سوخت دیزل (L) | ۳۵۶/۰۰ | ۰/۷۰ | ۵/۲۰ | (Kramer et al., 1999) |
| الکتریسیته (kWh) | ۶۱/۲۰ | ۸/۸۲ | ۰/۰۲ | (Tzilivakis, 2005) |
| کود نیتروژن (kg) | ۳۱۰۰/۰۰ | ۰/۰۳ | ۳/۷۰ | (Snyder et al., 2009) |
| کود فسفر (kg) | ۱۰۰۰/۰۰ | ۰/۰۲ | ۱/۸۰ | (Snyder et al., 2009) |
| کود پتاسیم (kg) | ۷۰۰/۰۰ | ۰/۰۱ | ۱/۰۰ | (Snyder et al., 2009) |
| آفت‌کش‌ها (L) | ۵۱۰۰ | ۰/۰۲ | ۰/۰۱ | (Green, 1987) |
| پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) | ۱ | ۳۱۰ | ۲۱ | (Tzilivakis, 2005) |

در این پژوهش برای تعیین رابطه میان انرژی ورودی و عملکرد از تابع تولید کاب-داگلاس استفاده شد. تابع تولید کاب-داگلاس به واسطه ویژگی امکان جایگزینی بین عوامل در جریان تولید و مناسب بودن فرم تابعی آن بسیار مورد توجه قرار گرفته، و به‌طور گسترده‌ای برای نشان دادن ارتباط میان نهاده‌ها و محصول تولید استفاده می‌شود [۳، ۱۶، ۱۷]. فرم عمومی تابع تولید کاب-داگلاس به‌صورت زیر است:

$$\ln Y_i = a + \sum_{j=1} \alpha_j \ln(X_{ij}) + e_i,\ \ i = 1,2,\dots,n \quad (۶)$$

در رابطه فوق $Y_i$، بیانگر عملکرد مزرعه گندم iام، $Xij$، نهاده‌های مورد استفاده در فرایند تولید، a، ضریب ثابت معادله، $\alpha_j$ ضرایب کشش تولید است که با استفاده از مدل تخمین زده می‌شود و $e_i$ جمله خطا است.

با فرض اینکه عملکرد تابعی از انرژی‌های ورودی است، برای بررسی تاثیر ورودی انرژی بر عملکرد گندم، معادله را می‌توان به شکل زیر بسط داد؛

$$\ln Y_i = \alpha_0 + \alpha_1 ln X_1 + \alpha_2 ln X_2 + \alpha_3 \ln X_3 + \alpha_4 \ln X_4 + \alpha_5 \ln X_5 + \alpha_6 \ln X_6 + \alpha_7 \ln X_7 + \alpha_8 \ln X_8 + \alpha_9 \ln X_9 + \alpha_{10} \ln X_{10} + e_i \quad (۷)$$

در اینجا ($X_1$) انرژی ماشین‌آلات، ($X_2$) انرژی سوخت دیزل، ($X_3$) انرژی کود نیتروژنه، ($X_4$) انرژی کود فسفره، ($X_5$) انرژی کود پتاسه، ($X_6$) انرژی سموم شیمیایی، ($X_7$) انرژی الکتریسیته، ($X_8$) انرژی آب و ($X_9$) انرژی بذر گندم ($X_{10}$) است.

اطلاعات مربوط به میزان مصرف نهاده‌های فوق از طریق پرسش‌نامه و مصاحبه حضوری با کشاورزان جمع‌آوری و سپس با استفاده از ضرایب تبدیل جدول ۱ به واحد مگاژول تبدیل شده‌اند.

علاوه بر این، از تابع تولید کاب-داگلاس برای بررسی اثر انرژی‌های مستقیم (DE)، غیرمستقیم (IDE)، تجدیدپذیر (RE) و تجدیدناپذیر (NRE) بر عملکرد استفاده شد که به‌صورت زیر می‌توان آن را به دست آورد:

$$\ln Y_i = \beta_0 + \beta_1 \ln DE + B_2 ln\, IDE + e_i \quad (۸)$$

$$\ln Y_i = Y_0 + Y_1 \ln RE + Y_2 ln\, NRE + e_i \quad (۹)$$

در این پژوهش از شاخص بازده نسبت به مقیاس[1] برای تحلیل تغییرات در نهاده‌های خروجی به علت تغییرات در کل نهاده‌های ورودی استفاده شد. بنابراین مقدار بازده نسبت به مقیاس برای معادله‌های ۸ و ۹ با جمع کردن کشش‌های در تابع تولید به‌دست می‌آید. زمانی‌که مقدار این شاخص بیشتر، معادل یا کمتر از واحد باشد، به ترتیب به معنای افزایشی، ثابت یا کاهشی بودن بازده نسبت به مقیاس است [۱۷]. بازده نسبت به مقیاس افزایشی، ثابت یا کاهشی نشان می‌دهد که زمانی‌که همه نهاده‌های به مقدار a افزایش یابد، تولید گندم به ترتیب بیش از، معادل یا کمتر از a افزایش یافته است.

بهره‌وری نهایی یک نهاده عبارت است از افزایش محصول بر اثر کاربرد یک واحد اضافی از آن نهاده در صورتی که بقیه نهاده‌ها ثابت باشند. در این پژوهش از بهره‌وری فیزیکی نهایی[2](MPP) بر اساس پاسخ ضرایب نهاده‌ها، برای ارزیابی آنالیز حساسیت نهاده‌های انرژی بر عملکرد گندم استفاده شد. بر اساس این روش بهره‌وری نهایی یک نهاده عبارت است از نسبت تغییرات عملکرد به تغییرات آن نهاده [۱۸]. مقدار مثبت MPP هر عامل نشان می‌دهد که عملکرد نهایی با افزایش آن نهاده افزایش می‌یابد، برعکس مقدار منفی MPP یک عامل نشان می‌دهد که اضافه شدن نهاده با تاثیر منفی بر تولید همراه است، یعنی تولید کمتر با نهاده بیشتر. مقدار MPP نهاده‌های مختلف با استفاده از j نهاده‌های انرژی مختلف به شکل زیر محاسبه شد [۶، ۱۹، ۲۰]:

$$MPP_{xj} = \frac{GM(Y)}{GM(X_j)} \times \alpha_j \quad (۱۰)$$

که در آن MPPxj بهره‌وری نهایی نهاده jام، aj، ضریب رگرسیونی نهاده jام، GM (Y)، میانگین هندسی عملکرد و M (Xj)، میانگین هندسی نهاده انرژی jام در واحد سطح است. در این پژوهش برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزارهای Excel و Shazam 9.0 استفاده شد.

## ۳- نتایج و بحث

### ۳-۱- تجزیه و تحلیل انرژی‌های ورودی و خروجی در سیستم‌های تولید گندم آبی کرمانشاه

داده‌های مربوط به مقدار و معادل انرژی ورودی‌های مختلف و همچنین دانه و کاه و کلش تولیدی در سیستم تولید گندم در جدول ۱ ارائه شده است. کود نیتروژن ۳۷/۶۶ درصد، سوخت دیزل ۱۳/۳۵ درصد و آب ۱۲/۷ درصد بیشترین درصد از انرژی ورودی و قارچ‌کش ۰/۲۲ درصد و علف‌کش تو-فور-دی ۰/۲۹ درصد کمترین درصد از انرژی ورودی را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۱). در مجموع ۴۱۹۲۱/۸ مگاژول انرژی ورودی و ۶۵۷۲۰/۷ مگاژول انرژی خروجی در سیستم تولید گندم در شهرستان کرمانشاه محاسبه شد.

حدود ۳۵/۱۲ درصد از انرژی‌های ورودی برای یک هکتار تولید گندم آبی را انرژی مستقیم و ۶۴/۸۸ درصد از انرژی‌های ورودی را انرژی‌های غیرمستقیم به خود اختصاص داده است (جدول ۳). در این میان سهم انرژی‌های تجدیدپذیر ۲۵/۵ درصد و انرژی‌های تجدیدناپذیر ۷۴/۵ درصد از کل انرژی‌های ورودی است. میانگین کارایی انرژی برای هر هکتار ۱/۵۶ است (جدول ۴). میزان بهره‌وری انرژی، انرژی مخصوص و انرژی خالص به ترتیب ۰/۰۹ کیلوگرم بر مگاژول، ۱۰/۷ مگاژول بر کیلوگرم و ۲۳۷۹۸/۹ مگاژول در هکتار محاسبه شد.

**جدول ۳**- انواع انرژی ورودی از کل انرژی ورودی سیستم تولید گندم آبی در کرمانشاه در سال ۱۳۹۱

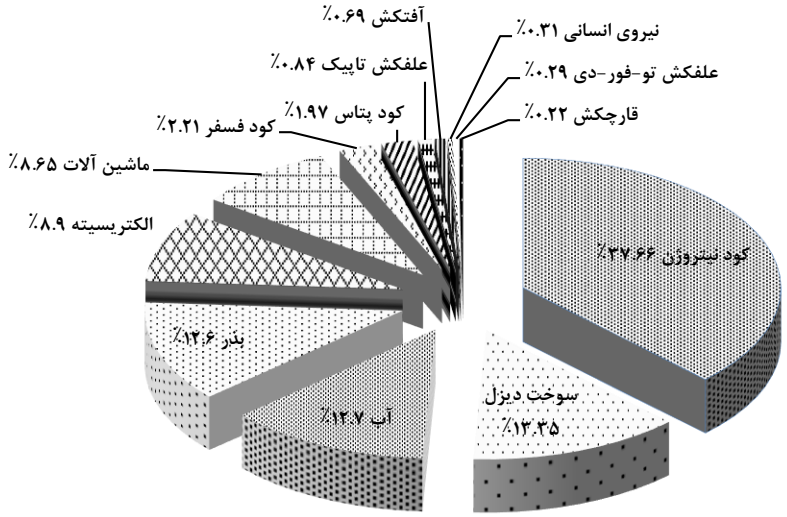
| نوع انرژی | مقدار (مگاژول در هکتار) | درصد از کل |
|---|---|---|
| انرژی مستقیم | ۱۴۷۲۴/۷ | ۳۵/۱۲ |
| انرژی غیرمستقیم | ۲۷۱۹۷/۱ | ۶۴/۸۸ |
| انرژی تجدیدپذیر | ۱۰۶۹۳/۹ | ۲۵/۵ |
| انرژی تجدیدناپذیر | ۳۱۲۲۷/۹ | ۷۴/۵ |
| کل انرژی ورودی | ۴۱۹۲۱/۸ | ۱۰۰ |

مأخذ: یافته‌های تحقیق

**جدول ۴**- شاخص‌های اندازه‌گیری‌شده سیستم تولید گندم آبی در کرمانشاه در سال ۱۳۹۱

| شاخص | واحد | مقدار |
|---|---|---|
| انرژی ورودی | مگاژول | ۴۱۹۲۱/۸ |
| انرژی خروجی | مگاژول | ۶۵۷۲۰/۷ |
| کارایی انرژی | - | ۱/۵۶ |
| بهره‌وری انرژی | کیلوگرم بر مگاژول | ۰/۰۹ |
| انرژی مخصوص | مگاژول بر کیلوگرم | ۱۰/۷ |
| انرژی خالص | مگاژول در هکتار | ۲۳۷۹۸/۹ |

منبع: یافته‌های تحقیق




**شکل ۱**- سهم هر یک از انرژی های ورودی به سیستم تولید گندم آبی از کل انرژی ورودی در کرمانشاه در سال ۹۱

طبق بررسی‌های کاناکسی و همکاران [۲۱] در ترکیه، بیشترین سهم از کل انرژی ورودی به مزارع گندم مربوط به کودهای شیمیایی، بذر و سوخت‌های فسیلی است که به ترتیب ۵۴/۱، ۲۵/۲ و ۱۷/۴ درصد از کل انرژی‌های ورودی را تشکیل می‌دهند. بهشتی‌تبار و همکاران [۲۲] میزان عملکرد و کارایی انرژی را برای مزارع گندم دیم و آبی ایران گزارش کردند. بر اساس یافته‌های آنان، میزان عملکرد برای گندم دیم و آبی به ترتیب ۹۰۰ و ۳۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و میزان کارایی انرژی به ترتیب ۱/۲ و ۱/۳۲ محاسبه شد.

## ۳-۲- تحلیل انتشار GHGs و GWP در سیستم‌های تولید گندم آبی کرمانشاه

میزان انتشار GHGs برای نهاده‌های مختلف در مزرعه در جدول ۵ خلاصه شده است. مقدار انتشار $CO_2$، $N_2O$ و $CH_4$ از مزارع تولید گندم به ترتیب ۱۲۴۸/۱، ۸۵۵/۶ و ۱/۶ کیلوگرم در هکتار بود. مقدار GWP برای سیستم‌های تولید گندم ۲۶۶۵۲۵ کیلوگرم $CO_2e$ در هکتار تخمین زده شد. الکتریسیته با سهم ۶۵ درصدی بیشترین انتشار را داشت، و به وسیله سوخت دیزل (۳۲ درصد) و کود نیتروژن (۳ درصد) دنبال شد. انتشارات GHGs از تولید گندم در این پژوهش نسبت به مقادیر گزارش شده توسط سلطانی و همکاران [۱۳] برای تولید گندم در شرایط ایران کمتر بود. این نتایج همچنین نشان داد که تولید گندم در سیستم‌های مورد بررسی منجر به تولید ۶۸/۱ کیلوگرم $CO_2e$ به ازای دانه گندم تولیدی و ۴۰/۶ کیلوگرم $CO_2e$ به ازای هر مگاژول انرژی خروجی شد.

**جدول ۵**- میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای (کیلوگرم در هکتار) از نهاده‌های مختلف و GWP آنهادر نظام‌های تولید گندم آبی کرمانشاه

| نهاده | CO2 | N2O | CH4 | GWP | درصد نهاده‌های مختلف در GWP |
|---|---|---|---|---|---|
| سوخت دیزل (L) | ۳۹/۵ | ۲۷۶/۵ | ۰/۶ | ۸۶۱۱۰/۴ | ۳۲ |
| الکتریسیته (kWh) | ۶۳/۲ | ۵۵۷/۴ | <۰/۱ | ۱۷۲۸۶۵/۱ | ۶۵ |
| کود نیتروژن (kg) | ۶۴۵/۸ | ۱۹/۴ | ۰/۸ | ۶۶۶۸/۱ | ۳ |
| کود فسفر (kg) | ۷/۸ | ۱/۴ | ۰/۱ | ۵۱۲/۰ | <۰/۱ |
| کود پتاسیم (kg) | ۵۱/۸ | ۰/۵ | ۰/۱ | ۲۱۳/۹ | <۰/۱ |
| آفت‌کش‌ها (L) | ۲۱/۶ | ۰/۴ | <۰/۱ | ۱۵۵/۳ | <۰/۱ |
| مجموع انتشار | ۱۲۴۸/۱ | ۸۵۵/۶ | ۱/۶ | - | - |
| پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) | ۱ | ۳۱۰ | ۲۱ | - | - |

**جدول ۶**- نتایج ارزیابی اقتصادی سنجی نهاده‌های انرژی سیستم تولید گندم آبی در کرمانشاه در سال ۱۳۹۱

| متغییر درونی: عملکرد | ضریب | *t*-Ratio | MPP |
|---|---|---|---|
| مدل ۱: $\ln Y_i = \alpha_0 + \alpha_1 lnX_1 + \alpha_2 lnX_2 + \alpha_3 \ln X_3 + \alpha_4 \ln X_4 + \alpha_5 \ln X_5 + \alpha_6 \ln X_6 + \alpha_7 \ln X_7 + \alpha_8 \ln X_8 + \alpha_9 \ln X_9 + \alpha_{10} \ln X_{10} + e_i$ | | | |
| **متغیرهای بیرونی** | | | |
| نیروی کار انسانی | ۰/۳۱ | ۲/۷۲** | ۹/۲۴ |
| ماشین‌آلات | ۰/۴۸ | ۳/۱۲** | ۰/۵۲ |
| سوخت دیزل | ۰/۰۷ | ۱/۴۵* | ۰/۰۵ |
| کود نیتروژن | ۰/۰۵ | ۱/۲۱* | ۰/۰۱ |
| کود فسفر | ۰/۰۲ | ۰/۱۷ ns | ۰/۰۹ |
| کود پتاسیم | -۰/۰۲ | ns-۰/۳۲ | -۰/۱۰ |
| سموم شیمیایی | -۰/۰۵ | ns-۰/۶۷ | -۰/۲۹ |
| الکتریسیته | ۰/۰۶ | ۱/۴۷* | ۰/۰۶ |
| آب | ۰/۱۹ | ۱/۹۹** | ۰/۱۴ |
| بذر | ۰/۰۱ | ns۰/۱۲ | ۰/۰۱ |
| دوربین- واتسون | ۱/۹۲ | | |
| R2 | ۰/۹۲ | | |
| بازده نسبت به مقیاس | ۱/۱۲ | | |

مأخذ: یافته‌های تحقیق

ns، * و ** به ترتیب عدم اختلاف معنادار و معنادار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد

برای بررسی ارتباط بین نهاده‌های انرژی و عملکرد گندم، تابع تولید کاب-داگلاس به روش حداقل مربعات معمولی استفاده شد. خود همبستگی برای داده‌ها در این پژوهش با استفاده از آزمون آماری دوربین-واتسون[3] [۳] آزموده شد. مقدار عددی دوربین-واتسون برای معادله ۷ (مدل ۱) معادل ۱/۹۲ بود. مقدار آماره ضریب تبیین ($R^2$) برای این معادله ۰/۹۲ محاسبه شد، که نشان می‌دهد ۹۲ درصد تغییرات در نهاده‌های انرژی توسط مدل توضیح داده می‌شود. نتایج رگرسیون برای معادله ۷ نشان داد که تمام متغیرهای بیرونی به استثنای کودهای فسفر، پتاسیم و سموم شیمیایی تاثیر مثبت و معناداری بر عملکرد گندم داشتند. تاثیر نیروی کار انسانی، ماشین‌آلات و آب برای آبیاری در سطح ۱ درصد و تاثیر سوخت دیزل، کود نیتروژن و الکتریسیته در سطح ۵ درصد بر عملکرد گندم معنادار است (جدول ۴).

ماشین‌آلات (۰/۴۸) بین نهاده‌های دیگر در تولید گندم بیشترین تاثیر را داشت، که حاکی از این است که با استفاده بیشتر از ماشین‌آلات، مقدار عملکرد در شرایط حاضر افزایش می‌یابد. در ارتباط با نتایج به‌دست آمده در شرایط ثابت، افزایش ۱۰ درصدی در استفاده از ماشین‌آلات منجر به افزایش ۴/۸ درصدی در عملکرد گندم می‌شود. دومین نهاده با اهمیت نیروی کار انسانی با کشش ۰/۳۱ واحد بود.

در تولید گندم عملیات آبیاری بیشترین زمان کاربرد ادوات را با ۴۵/۲ ساعت داشت و پس از آن تراکتور برای شخم و برداشت محصول قرار داشت. عملیات کنترل علف‌های هرز و کنترل آفات به ترتیب با ۱/۱ و ۱ ساعت کمترین سهم را در استفاده از ادوات و ماشین‌آلات داشتند. با توجه به این که در عملیات آبیاری به‌طور مستقیم از انرژی نیروی انسانی برای کنترل و مهار آب در سطح مزرعه استفاده می‌شود، نیروی انسانی مصرفی با ۶۷/۶ درصد بیشترین سهم را در مصرف انرژی نیروی انسانی داشت و به دنبال آن عملیات تهیه‌ی زمین با ۵/۶ درصد مصرف انرژی نیروی انسانی قرار داشت.

مقدار عددی شاخص بازده نسبت به مقیاس برای مدل ۱ که با جمع کردن ضرایب رگرسیون محاسبه شد معادل ۱/۱۲ به‌دست آمد (جدول ۶). بالاتر بودن مقدار بازده نسبت به مقیاس از یک حاکی از این است که اگر تمامی نهاده‌های مورد استفاده در تولید گندم دو برابر شود، تولید گندم بیش از دو برابر خواهد شد.

## ۳-۳- آنالیز حساسیت نهاده‌های انرژی برای تولید گندم

برای آنالیز حساسیت نهاده‌های انرژی، عملکرد اقتصادی گندم (متغییر درونی) تابعی از نیروی کار انسانی، ماشین‌آلات، سوخت دیزل، کود نیتروژنه، کود فسفره، کود پتاسه، علف‌کش، آفت‌کش، قارچ‌کش، الکتریسیته، آب و بذر گندم (متغییرهای بیرونی) در نظر گرفته شد. حساسیت نهاده‌های انرژی با استفاده از روش MPP و ضرایب رگرسیون با مشتقات جزئی بر مقدار خروجی تجزیه و تحلیل شد و نتایج در جدول ۶ ارائه شده است.

همان‌طور که مشاهده می‌شود، عمده‌ترین MPP برای نیروی کار انسانی به دست آمد (۹/۲۴) و پس از آن انرژی ماشین‌آلات (۰/۵۲) قرار داشتند. این اعداد نشان می‌دهد که به ازای ورود هر مگاژول انرژی اضافی از نیروی کار انسانی و ماشین‌آلات عملکرد به ترتیب به میزان ۹/۲۴ و ۰/۵۲ کیلوگرم افزایش می‌یابد. بنابراین، پارامترهای بیرونی با ضرایب حساسیت بالا تاثیر قدرتمندی بر متغییرهای درونی دارند. محاسبه بهره‌وری فیزیکی نهایی نشان می‌دهد برای ارزیابی وضعیت سیستم کدام عوامل باید ترجیحا مدیریت شوند [۲۳].

در این پژوهش حدود ۶۷ درصد تمام نیروی انسانی در تولید گندم برای عملیات آبیاری به کار رفت، درحالی‌که بقیه نیروی انسانی برای عملیات آماده‌سازی زمین، کاربرد سموم و کود و برداشت محصول استفاده شد. حدود ۷۹ درصد از انرژی ماشین‌آلات برای آبیاری، و توسط عملیات آماده‌سازی زمین (۷ درصد) و برداشت و حمل‌ونقل (۶ درصد) دنبال شد. همچنین MPP برای سموم شیمیایی و کود پتاسیم به ترتیب ۰/۲۹- و ۰/۱۰- بود؛ معنای مقدار منفی MPP نهاده‌ها این است که مصرف مقدار بیشتر نهاده بر تولید تاثیر منفی می‌گذارد، یعنی تولید کمتر با مصرف نهاده بیشتر.

سایر متغیرهای بااهمیت که عملکرد گندم را تحت تاثیر قرار می‌دهند عبارتند از: آب برای آبیاری، کود فسفر، الکتریسیته و سوخت دیزل با MPP به ترتیب معادل با ۰/۱۴، ۰/۰۹، ۰/۰۶ و ۰/۰۵. قاسمی مبتکر و همکاران [۱۹] در تولید جو گزارش کردند که عمده MPP به علت انرژی نیروی انسانی (۷/۳۷)، و به وسیله انرژی ماشین‌آلات دنبال شد (۱/۶۶). سینگ و همکاران [۱۷] آنالیز نهاده‌های انرژی بر تولید گندم را در پنج اقلیم مختلف زراعی در هند بررسی

کردند. آنها نتیجه گرفتند که MPP سموم شیمیایی در منطقه ۱ تا ۵ به ترتیب ۰/۳۸۵، ۲/۸۱۶، ۰/۲۱۱-، ۰/۶۱۰ و ۰/۶۲۴ است.

ضرایب رگرسیون انرژی‌های مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر همگی در سطح آماری ۱ درصد معنادار بود. کشش‌پذیری انرژی‌های مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر به ترتیب ۰/۲۸، ۰/۶۱، ۰/۲۱ و ۰/۷۹ بود (جدول ۷). یعنی ۱ درصد افزایش در نهاده‌های انرژی به شکل مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر به ترتیب سبب افزایش ۰/۲۸، ۰/۶۱، ۰/۲۱ و ۰/۷۹ درصدی عملکرد می‌شود. این نشان می‌دهد همه اشکال بر عملکرد تاثیر مثبت دارد، همچنین اثر انرژی‌های غیرمستقیم و تجدیدناپذیر نسبت به مستقیم و تجدیدپذیر در تولید گندم بیشتر است. محققان متعددی گزارش کرده‌اند که تاثیر انرژی مستقیم نسبت به غیرمستقیم و تاثیر انرژی تجدیدناپذیر نسبت به انرژی تجدیدپذیر بیشتر است [۹، ۱۱، ۱۷]. MPP انرژی‌های مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر به ترتیب ۰/۰۷، ۰/۰۹، ۰/۰۸ و ۰/۱۰ بود. این نشان می‌دهد که افزایش ۱ مگاژول از هر کدام از انرژی‌های مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر منجر به افزایش عملکرد به ترتیب به میزان ۰/۰۷، ۰/۰۹، ۰/۰۸ و ۰/۱۰ کیلوگرم می‌شود.

مقدار بازده نسبت به مقیاس برای مدل ۲ و ۳ به ترتیب ۰/۹۸ و ۱/۰۹ بود. این نشان می‌دهد در تولید گندم روند بازده نسبت به مقیاس به ترتیب کاهنده و افزاینده است. همچنین DW نشان داد که خود همبستگی در مدل تخمین‌زده شده معنادار نیست.

**جدول ۷**- نتایج ارزیابی اقتصادی سنجی انرژی مستقیم (DE) در مقابل انرژی غیرمستقیم (IDE) و انرژی تجدیدپذیر (RE) در مقابل انرژی تجدیدناپذیر (NRE) سیستم تولید گندم آبی در کرمانشاه در سال ۱۳۹۱

| متغییر درونی: عملکرد | ضریب | $t$-Ratio | MPP |
|---|---|---|---|
| مدل ۲: | $\ln Y_i = \beta_0 + \beta_1 \ln DE + B_2 ln$ | | |
| متغیرهای بیرونی | | | |
| انرژی مستقیم | ۰/۲۸ | ۳/۱۲** | ۰/۰۷ |
| انرژی غیرمستقیم | ۰/۶۱ | ۷/۶۵** | ۰/۰۹ |
| دوربین-واتسون | ۱/۶۲ | | |
| R2 | ۰/۹۶ | | |
| بازده نسبت به مقیاس | ۰/۹۸ | | |
| مدل ۳: | $\ln Y_i = Y_0 + Y_1 \ln RE + Y_2 ln\, NRE + e_i$ | | |
| انرژی تجدیدپذیر | ۰/۲۱ | ۲/۷۹** | ۰/۰۸ |
| انرژی تجدیدناپذیر | ۰/۷۹ | ۹/۱۲** | ۰/۱۰ |
| دوربین-واتسون | ۱/۷۷ | | |
| R2 | ۰/۹۵ | | |
| بازده نسبت به مقیاس | ۱/۰۹ | | |

منبع: یافته‌های تحقیق

* معنادار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد

## ۴- نتیجه‌گیری

به طورکلی نتایج این بررسی نشان داد؛ کل ورودی انرژی برای تولید گندم در این پژوهش حدود ۴۱۹۲۱/۸ مگاژول در هکتار بوده و در بین نهاده‌های ورودی انرژی کود نیتروژن بیشترین سهم (۳۷/۷ درصد) و پس از آن سوخت دیزل (۱۳/۴ درصد) و آب آبیاری (۱۲/۷ درصد) بیشترین سهم را داشتند. همچنین معادل انرژی خروجی برابر ۶۵۷۲۰/۷ مگاژول بر هکتار بود. از کل انرژی مصرفی، انرژی مستقیم ۳۵/۱ درصد و انرژی غیرمستقیم ۶۴/۹ درصد بود. همچنین انرژی تجدیدپذیر ۲۵/۵ درصد و انرژی غیر تجدیدپذیر ۷۴/۵ درصد بود. همچنین تحلیل‌های GWP نشان داد که مقدار انتشار $CO_2$، $N_2O$ و $CH_4$ در مزارع به ترتیب ۱۲۴۸/۱، ۸۵۵/۶ و ۱/۶ کیلوگرم در هکتار بود. مقدار GWP در نظام‌های زراعی گندم ۲۶۶۵۲۵ کیلوگرم $CO_2e$ در هکتار، ۶۸/۱ کیلوگرم $CO_2e$ در کیلوگرم محصول دانه گندم تولیدی و ۴۰/۶ کیلوگرم $CO_2e$ در مگاژول انرژی خروجی به دست آمد. الکتریسیته، سوخت دیزل و نیتروژن مهم‌ترین نقش در کل انتشار GHGs را داشتند.

نتایج نشان داد، تاثیر انرژی نیروی کار انسانی، ماشین‌آلات، سوخت دیزل، کود نیتروژن، الکتریسیته و آب بر عملکرد مثبت است؛ بر این اساس، افزایش به‌کارگیری این نهاده‌ها می‌توانند سبب افزایش تولید شود. نیروی کار انسانی بیشترین مقدار MPP را داشت و پس از آن ماشین‌آلات، آب برای آبیاری و کود فسفر قرار داشتند. همچنین مقدار MPP برای سموم شیمیایی و کود فسفر منفی شد، که نشان‌دهنده استفاده مفرط یا غیراقتصادی کشاورزان از این نهاده‌ها است. مصرف واحدهای اضافی کودها و سموم شیمیایی ضمن اینکه چیزی به انرژی خروجی نمی‌افزایند، سبب آلودگی منابع طبیعی و غیر ارگانیک شدن محصولات تولیدی می‌شوند. بنابراین برای افزایش بهره‌وری مصرف انرژی توصیه می‌شود که کشاورزان سطح مصرف کود پتاس و سموم شیمیایی را کاهش دهند. مدیریت صحیح مصرف انرژی سبب کاهش اثرات منفی مصرف ناشی از مصرف گسترده نهاده‌ها مانند آلودگی گیاه، خاک و هوا می‌شود.

## پی‌نوشت‌ها

[1] The return to scale index
[2] Marginal Physical Productivity
[3] Durbin–Watson method

## منابع


[1] Kuesters J, Lammel J. Investigation of the energy efficiency of the production of winter wheat and suger beet in Europe. European Journal of Agronomy;**1999;11**:35-43.

[2] Davani D, Hasanzade A. Energy flow in dryland wheat fields of Bushehr and its impact on the environment. Sixth National Congress on Mechanization and Agricultural Machinery Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, Tehran University, Karaj; **2010**.p.121. [In Persian]

[3] Hatirli S A, Ozkan B, Fert C. An econometric analysis of energy input-output in Turkish agriculture. Renewable and Sustainable Energy Reviews;**2005;9**:608-23.

[4] Ozkan B, Akcaoz H, Karadeniz F. Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey. Energy Conversation and Management;**2004;45**:1821-1830.

[5] Cetina B, Vardar A. An economic analysis of energy requirements and input costs for tomato production in Turkey. Renewable Energy;**2008;33**:428-433.

[6] Kennedy, S. 2001. Energy use in American agriculture. Sustainable energy term paper. Available at: www.web.mit.edu/energylab/proceeding

[7] Tipi T, Cetin B, Warder A. An analysis of energy use and input costs for wheat production in Turkey. Journal of Agriculture and Environmental Sciences;**2009;7**:352-356.

[8] Khan S, Khan M A, Latif N. Energy requirements and economic analysis of wheat, rice and barley production in Australia. Soil and Environment;**2010;29**(1):61-68.

[9] Shahan S, Jafari A, Moibli H, Rafiee S, Karimi M. Energy use and economical analysis of wheat production in Iran a case from Ardabil province. Agricultural Technology;**2008;4**:77-88.

[10] Attar S. Energy consumption in wheat production in Khuzestan province. First National Conference on Sustainable Agriculture;**2011**;7-9. [In Persian]

[11] Ghorbani R, Mondani F, Amirmoradi S, Feizi H, Khorramdel S, Teimouri M, Sanjani S, Anvarkhah S, Aghel H. A case study of energy use and economical analysis of irrigated and dryland wheat production systems. Applied Energy;**2011;88**:283-288.

[12] Asgharipour M R, Mondani F, Riahinia Sh. Energy use efficiency and economic analysis of sugar beet production system in Iran: A case study in Khorasan Razavi province. Energy; **2012;44**:1078-1084.

[13] Soltani A, Rajabi M H, Zeinali E, Soltani E. 2013. Energy inputs and greenhouse gases emissions in wheat production in Gorgan, Iran. Energy;**2013;50**: 54–61.

[14] IPCC. In: Pachauri R. K. and Reisinger A. (eds) Climate change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland. **2007**;p. 341–412.

[15] Kramer K J, Moll H C, Nonhebel S. Total greenhouse gas emissions related to the Dutch crop production system. Agriculture, Ecosystem and Environment; **1999;72**:9–16.

[16] Mohammadi A, Rafiee S, Mohtasebi S S, Rafiee H. Energy inputs-yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran. Renewable Energy;**2010;35**:1071-1075.

[17] Singh G, Singh S, Singh J. Optimization of energy inputs for wheat crop in Punjab. Energy Conversation and Management;**2004;45**:453-65.

[18] Cariboni J D, Gatelli R, Liskaa A, Saltellia A. The role of sensitivity analysis in ecological modeling. Ecological Modeling;**2007;203**:167-182.

[19] Ghasemi-Mobtaker H, Keyhani A, Mohammadi A, Rafiee Sh, Akram A. Sensitivity analysis of energy inputs for barley production in Hamedan province of Iran. Agriculture, Ecosystem and Environment;**2010;137**:367-72.

[20] Rafiee Sh, Mousavi Avval S H, Mohammadi A. Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran. Energy;**2010;35**:3301-3306.

[21] Canakci M, Topakci M, Akinci I, Ozmerzi A. Energy use pattern of some field crops and vegetable production. Case study for Antalya Region Turkey. Energy conversion and Management; **2005;46**:655-666.

[22] BeheshtiTabar I, Keyhani A, Rafiee S. Energy balance in Iran agronomy 1990-2006. Renewable and Sustainable Energy Reviews; **2010;14**:849-855.

[23] Drechsler M. Sensitivity analysis of complex models. Biology Conservation; **1998;86**:401-412.