

## ارزیابی و مقایسه شاخص‌های انرژی در مزارع گندم شهرستان‌های استان البرز

محمد منافی دستجردی<sup>۱\*</sup>، امیر لاری<sup>۲</sup>

۱. کارشناسی ارشد، گروه مکانیزاسیون کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد علوم و تحقیقات تهران،

دانشگاه آزاد اسلامی

۲. دانشجوی دوره دکتری، گروه مکانیزاسیون کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد علوم و تحقیقات تهران،

دانشگاه آزاد اسلامی

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۵/۵ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۹/۱)

### چکیده

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی و مقایسه جریان انرژی در مزارع گندم شهرستان‌های استان البرز صورت گرفت. شاخص‌های بازده انرژی، افزوده خالص انرژی، انرژی ویژه، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و انرژی ورودی کل و خروجی محاسبه شدند. جامعه آماری تحقیق شامل کشاورزان شهرستان‌های استان البرز در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ می‌باشد. تعداد نمونه‌ها با توجه به تعداد جامعه آماری استخراج شده از جدول مورگان، ۲۷۳ کشاورز بخش زراعت استان البرز انتخاب گردید. برای جمع‌آوری داده‌ها از پرسش‌نامه محقق ساخته با ضریب پایایی ۰/۹۱ و داده‌های سازمان جهاد کشاورزی استفاده گردید. نتایج نشان داد در بین انرژی ورودی کشت گندم در چهار منطقه، کودهای شیمیایی (۲۸۱۷۶ MJ/ha) و سوخت (۲۲۱۵۴ MJ/ha) بالاترین و نیروی انسانی (۸۵ MJ/ha) پایین‌ترین مصرف انرژی را داشتند. در این تحقیق بازده انرژی در مزارع نظرآباد (۲/۷۴)، کرج (۲/۵۷)، اشتهارد (۲/۲۳) و ساوجبلاغ (۲/۵) به دست آمد. شهرستان نظرآباد با ۰/۸۶ kg/MJ و شهرستان اشتهارد با ۰/۷۰ kg/MJ بیشترین و کمترین بهره‌وری انرژی را در تولید گندم داشتند در بین چهار منطقه مورد مطالعه شهرستان نظرآباد با افزوده خالص انرژی ۹۰۸۰۲/۴۲ MJ/ha، شدت انرژی ۵/۲۱ MJ/m<sup>2</sup> و انرژی ویژه ۱۱/۵۷ MJ/kg از شرایط بهتری نسبت به سه منطقه دیگر برخوردار بود. در مجموع نتایج تحقیق نشان داد که مزارع گندم شهرستان نظرآباد در مصرف انرژی کارآمدتر و مدیریت بهتری نسبت به سه شهرستان دیگر داشتند.

**واژه‌های کلیدی:** بازده انرژی، افزوده خالص انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه، شدت انرژی

### مقدمه<sup>۱</sup>

دارد (Mehdi Damgani, 2005). یکی از این عوامل مصرف انرژی است، هراسی که منابع انرژی رو به اتمام به وجود آورده است و نیز ملاحظات زیست‌محیطی، همه را بر آن داشته است که از مصرف انرژی کاسته شود؛ ولی آنچه شاید عده‌ای به آن توجه ندارند این است که مصرف انرژی مهم نیست بلکه بازده انرژی است که باید بالا برود (Molaei and Afzalnia, 2012). افزایش در کارایی مصرف انرژی در کشت، یکی از مهم‌ترین بخش‌های مطالعات انرژی در کشاورزی بوده و هرگونه موفقیتی در زمینه افزایش کارایی مصرف انرژی در عملیات مختلف کشت محصولات می‌تواند باعث استفاده بهینه از منابع بارز انرژی گردد. با توجه به مسائل و مشکلات موجود در بخش انرژی کشور، تنها راه‌حل منحصر به فرد و اصولی، ارتقاء بهره‌وری در زمینه‌های مختلف بخش انرژی است. یکی از بخش‌های سهم مصرف انرژی، بخش استراتژیک کشاورزی بوده که امروزه به منظور پاسخگویی به نیاز روزافزون غذا برای جمعیت روبه رشد کره زمین و فراهم کردن مواد غذایی کافی و

امروزه مدیریت به‌عنوان فاکتوری مهم در تمامی بخش‌های اقتصادی بالأخص کشاورزی قلمداد می‌شود به طوری که به سه فاکتور تولید یعنی زمین، کار، سرمایه عامل چهارمی تحت عنوان مدیریت اضافه گردیده است جهت نشان دادن اهمیت و نقش مدیریت در تولید کشاورزی همین نکته کافی است که هر ساله در شرایط مشابه از نظر نهاده‌های فیزیکی در دسترس برخی از کشاورزان تولید بیشتر و در واقع بهره‌وری بالاتری دارند (Manafi Dastjerdi et al., 2014). در اکوسیستم‌های زراعی کشور عوامل زنده و غیرزنده‌ی مختلفی در تولید محصولات کشاورزی تأثیرگذار هستند که انسان برای به دست آوردن محصول بیشتر به‌طور مداوم آن‌ها را تغییر می‌دهد. شناخت این عوامل و روابط متقابل بین آن‌ها در حفظ تعادل کمی و کیفی گونه‌های تشکیل‌دهنده یک اکوسیستم اهمیت بسیار زیادی

\* نویسنده مسئول: M.Manafi207@yahoo.com

Hassani *et al.* در پژوهشی کارایی مصرف انرژی در تولید گندم آبی در منطقه اقلید محاسبه کردند. نتایج نشان داد که تیمار کم خاک‌ورزی و کاشت با کمینات بیشترین مقدار بازده انرژی (۱/۴۶) را در بین تیمارهای تحقیق داشت و کمترین میزان بازده انرژی (۱/۴) متعلق به تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم بود. بیشترین انرژی خالص (۴۷۶۵۳ مگاژول) مربوط به تیمار کم خاک‌ورزی و کاشت با کمینات بود و کمترین انرژی خالص (۴۱۳۸۸ مگاژول) به تیمار خاک‌ورزی مرسوم و کاشت با خطی کار همدانی تعلق گرفت (Hosseini *et al.*, 2016). مقایسه انرژی ورودی، انرژی خروجی و بهره‌وری انرژی در تولید ذرت ارگانیک و معمولی در یونان نشان داد که انرژی ورودی (مصرفی) ذرت ارگانیک در مقایسه با ذرت معمولی کمتر و انرژی خروجی و بهره‌وری انرژی آن بیشتر بود (Bilalis *et al.*, 2013). در ایالت ویسکانسین آمریکا، انرژی مصرفی برای تولید یک کیلوگرم ذرت دانه‌ای، ۱/۷ مگاژول بر کیلوگرم محاسبه گردید و کود اوره بیشترین سهم انرژی مصرفی را به خود اختصاص داد (Kraatz, 2008). در پژوهشی دیگر ملاتی و افضلی نیا وضعیت شاخص‌های انرژی برای گندم و کلزا در کشت و صنعت دشت نمدان اقلید بررسی کردند. نتایج نشان داد که کارایی مصرف انرژی برای تولید دانه گندم و کلزا به ترتیب ۶/۲۳ و ۳/۴۴ بودند. بهره‌وری انرژی در این دو محصول به ترتیب ۰/۴۹ و ۰/۲۱ کیلوگرم بر مگاژول برآورد گردید. همچنین، افزوده انرژی خالص برای دانه گندم و کلزا به ترتیب ۴۱۰۶۵ و ۲۰۹۱۴ مگاژول بر هکتار محاسبه شد. بنابراین از نظر موازنه انرژی، تولید گندم بر تولید کلزا ارجحیت داشته است (Molaei and Afzalinia, 2012). مطالعه‌ای به‌منظور مقایسه مزارع گندم و جو در رابطه با جنبه‌های مختلف مصرف انرژی در سال ۲۰۰۹ در استان سیستان و بلوچستان انجام شد. نتایج نشان داد که کل ورودی انرژی از مزارع گندم ۳۲۴۹۲/۹۷ MJ و جو ۳۲۴۹۲/۹۷ MJ در ۲۵۶۵۵/۸۱ هکتار است. خروجی انرژی‌ها برای مزارع گندم ۴۸۵۱۷/۲۴ MJ و جو ۴۹۸۰۰/۸۷ MJ در هکتار بیان شد؛ و میزان کارایی استفاده از انرژی برای مزارع گندم ۱/۴۹ و جو ۱/۹۴ به دست آمد. بنابراین، تولید جو از جنبه‌های مختلف مصرف انرژی به‌جای گندم در منطقه مورد مطالعه کارآمدتر بود (Ziaei *et al.*, 2014). کامسینگ و همکاران با بررسی تجزیه مصرف انرژی چند محصول در کشور تایلند، گزارش کردند که محصول سویا چه در فصل خشک و چه در فصل مرطوب دارای بازده انرژی پایینی نسبت به سایر گیاهان است (۲-۳/۷). بالاترین میزان بازده انرژی به گیاه نیشکر اختصاص یافت (۱۰/۱-۹/۳). گزارش شده که میزان انرژی ورودی در کشت ۳۶ محصول عمده در کشور ترکیه به ازای هر هکتار در طی ۲۵

مناسب، به میزان زیادی وابسته به مصرف انرژی است (Ghaffari Karabakh, 2011). اندازه‌گیری بهره‌وری و تعیین راهبردها و سیاست‌های اجرایی در جهت افزایش بهره‌وری و حساس سازی افکار عمومی برای مصرف بهینه انرژی می‌تواند زمینه‌ساز تسهیل پذیرش پیام در گروه‌های هدف و توجه افکار محیط کار و فعالیت گردیده و مدیران بنگاه‌ها را در نیل به هدف بهینه‌سازی مصرف انرژی کمک نماید (Jami alahmadi, 2011). استفاده زیاد سوخت‌های فسیلی در کشاورزی از حدود ۷۰ سال پیش شروع شده و همچنان ادامه دارد. این موضوع زمانی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند که حتی در بعضی از کشورها سیاست‌های تأثیرگذار بر بخش کشاورزی، به‌طور مستقیم تحت تأثیر قیمت سوخت قرار می‌گیرند، به‌طوری‌که سایین و همکاران نیز به درستی این مطلب در کشور ترکیه اذعان داشتند (Sayin *et al.*, 2005). گردش انرژی یکی از مباحث مهم در بوم‌شناسی کشاورزی است و در نقاط مختلف جهان نسبت انرژی خروجی و ورودی در بوم نظام‌های مختلف زراعی محاسبه شده است. در این زمینه مطالعاتی که در کشورها انجام شده است عمدتاً مربوط به محصول زراعی می‌باشد. به‌طور مثال می‌توان به مطالعه کاظمی و زارع در ارزیابی و مقایسه مصرف انرژی تولید گندم در شهرستان‌های گرگان و مرودشت انجام دادند اشاره کرد که بازده انرژی برای مزارع گرگان ۲/۹۱ و در مزارع مرودشت ۲/۵۶ محاسبه گردید. همچنین انرژی ورودی و انرژی خروجی در مزارع مرودشت بالاتر از گرگان به دست آمد. متوسط بهره‌وری انرژی به ترتیب ۰/۱۲۵ و ۰/۱۲۳ کیلوگرم در مگاژول برای مزارع این دو منطقه محاسبه شد، در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که کشاورزان گرگان مدیریت بهتری داشتند و در مصرف انرژی کارآمدتر بودند (Kazemi and Zare, 2014). طی پژوهشی دیگر به منظور تجزیه و تحلیل میزان انرژی مصرفی و کارایی انرژی مزارع گندم دیم دشت سیلاخور از روش تحلیل پوششی داده‌ها، استفاده شد. زمین کشت گندم به سه دسته (کمتر از ۲ هکتار، ۲/۱-۵ هکتار و بیشتر از ۵ هکتار) تقسیم گردید. نتایج نشان داد که میانگین کارایی انرژی در سطوح سه‌گانه زیر کشت به ترتیب ۸۲، ۷۸ و ۶۸ درصد است که از این میان سطح اول با وجود مصرف انرژی بیشتر در نهاده‌ها به علت بالاتر بودن ستانده در این سطح نسبت به دو سطح دیگر کاراتر است. میانگین کارایی فنی واحدهای ناکار بر اساس مدل بازگشت به مقیاس ثابت در سطوح سه‌گانه زیر کشت به ترتیب ۷۹/۷، ۷۵/۳ و ۶۸ درصد می‌باشد به این معنا که به ترتیب ۲۰/۳، ۲۴/۷ و ۳۲ درصد از همه منابع می‌تواند به‌وسیله بالا بردن کارایی این واحدها استفاده کرد (Oskouei *et al.*, 2011).

۹۳۵ کشاورز می‌باشد؛ بنابراین تعداد نمونه بر اساس جدول مورگان ۲۷۳ کشاورزان بخش زراعت استان البرز تعیین گردید. جامعه آماری و تعداد نمونه هر یک از شهرستان‌ها به صورت تفکیک شده در (جدول ۱) آورده شده است.

درستی آمار و اطلاعات کسب شده از کشاورزان توسط کارشناسان و متخصصان زراعت در هر شهرستان مورد کنترل قرار گرفت. پس از جمع‌آوری داده‌ها در هر شهرستان برای هر متغیر میانگین گرفته شد. و تمام نهاده‌های مصرفی در یک هکتار می‌باشد. در گام بعدی داده‌های مربوط به نهاده‌ها ورودی و خروجی و با در نظر گرفتن شدت انرژی برای هر نهاده (جدول ۲) میزان مصرف انرژی کل در شهرستان‌های مورد مطالعه، حاصل شد.

جدول ۱. جامعه آماری شهرستان‌های استان البرز

ردیف	شهرستان	تعداد کشاورزان	تعداد نمونه
۱	ساوجبلاغ	۲۸۴	۸۳
۲	کرج	۱۷۵	۵۱
۳	نظرآباد	۳۰۹	۹۰
۴	اشتهارد	۱۶۷	۴۹
	کل استان البرز	۹۳۵	۲۷۳

جدول ۲- معادل‌های مقادیر انرژی ورودی و انرژی خروجی در مزارع گندم

منبع	معادل انرژی		متغیر	واحد	مگاژول
	الف - انرژی ورودی	ب - انرژی خروجی			
(Akcaoz et al., 2009)	۷۸/۱	۱۳/۷	نیترژن (N)	kg	۷۸/۱
(Akcaoz et al., 2009)	۱۷/۴	۱۳/۷	فسفر (P2O5)	kg	۱۷/۴
(Akcaoz et al., 2009)	۱۳/۷	۱۳/۷	پتاس (K2O)	kg	۱۳/۷
(Tzilivakis et al., 2005)	۲۳۸	۲۳۸	حشره‌کش	lit	۲۳۸
(Kaltschmitt et al., 1997)	۲۳۸	۲۳۸	علف‌کش	lit	۲۳۸
(Karkacier and Goktolga, 2005)	۹۳/۱	۹۳/۱	تراکتور	hr	۹۳/۱
(Karkacier and Goktolga, 2005)	۸۷/۶۳	۸۷/۶۳	کمباین	hr	۸۷/۶۳
(Karkacier and Goktolga, 2005)	۶۲/۷	۶۲/۷	ادوات و ماشین‌آلات	hr	۶۲/۷
(Ozkan et al., 2004)	۱۳	۱۳	گندم	kg	۱۳
(Yilmaz et al., 2005)	۱/۹۶	۱/۹۶	نیروی کارگری	hr	۱/۹۶
(Erdal et al., 2007)	۴۶/۳	۴۶/۳	سوخت	lit	۴۶/۳
(Rajaby et al., 2012b)	۱۳	۱۳	دانه	kg	۱۳
(Rajaby et al., 2012b)	۱۲/۵	۱۲/۵	کلش و کاه	kg	۱۲/۵

در این پژوهش مصرف انرژی در قسمت ماشین‌ها و سوخت برای انجام عملیات مزرعه‌ای شامل خاک‌ورزی، کاشت، داشت و برداشت و نیز مصرف انرژی در قسمت‌های کود، سموم شیمیایی، بذر و نیروی انسانی بررسی گردید سوخت مصرفی

سال از ۱۷/۴ به ۴۷/۴ گیگاژول در هکتار افزایش یافته است. در حالی که میزان انرژی خروجی طی همین مدت با رشدی کمتر از ۳۸/۸ به ۵۵/۸ گیگاژول در هکتار رسیده است. در مجموع طی ۲۵ سال کارایی مصرف انرژی در ترکیه از ۲/۲۳ به ۱/۱۸ کاهش یافته است (Ozkan et al., 2004)؛ بنابراین با توجه به اهمیت انرژی و از طرف دیگر اهمیت کشت گندم در کشور، این مطالعه اولین بار به منظور ارزیابی و مقایسه جریان انرژی در مزارع شهرستان‌های استان البرز انجام شد. همچنین شناسایی متغیرهای دخیل در کارایی مصرف انرژی و ارتقا آن برای تحلیل مسائل مختلف در نظام‌های کشاورزی پایدار، حفظ منابع محیطی، جلوگیری از تخریب محیط‌زیست و بهینه‌سازی مصرف انرژی از دیگر اهداف این پژوهش بود.

## مواد و روش‌ها

### مشخصات جغرافیایی محل انجام تحقیق

استان البرز سی و یکمین استان ایران که با وسعت ۵۸۰۰ کیلومترمربع در شمال ایران و در دامنه رشته‌کوه‌های البرز مرکزی که از شمال با استان مازندران، از غرب با استان قزوین، از شرق و جنوب شرقی با استان تهران و از جنوب غربی با استان مرکزی همسایه است و از نظر جغرافیایی در ۵۱ درجه درازای خاوری و ۳۵ درجه و ۴۹ دقیقه پهناوی شمالی و در ۱۳۶۰ متر از سطح دریا قرار دارد. شهرستان‌های آن کرج، ساوجبلاغ، نظرآباد، اشتهارد و طالقان است. محصولات زراعی و باغی تولیدشده در سال ۱۳۹۰ بالغ بر ۱۰۵۱۲ هزار تن بوده است که سهم محصولات زراعی با ۱۱۱۰۲۲۰ تن (معادل درصد ۷۳/۴) از کل تولیدات کشاورزی استان را به خود اختصاص داده‌اند از قابلیت‌های عمده تولیدات زراعی این استان می‌توان به گندم، جو، یونجه، ذرت علوفه‌ای، سیب‌زمینی و پیاز و انواع سبزی‌ها اشاره کرد (Statistics and Information office of jahad keshavarzi, 2013).

### روش جمع‌آوری داده‌ها

برای محاسبه شاخص‌های انرژی نیاز به جمع‌آوری داده‌ها از منطقه مورد مطالعه بوده که این داده‌ها برحسب نوع داده از طریق مختلف از جمله مطالعات کتابخانه‌ای، استفاده از آمارنامه‌ها، نتایج تحقیقات انجام‌شده در چهار شهرستان استان البرز (اشتهارد، کرج، نظرآباد و ساوجبلاغ) و انجام عملیات میدانی به‌ویژه مصاحبه با کشاورزان جمع‌آوری گردید. برای این منظور پرسشنامه طراحی شد و بین کشاورزان چهار شهرستان استان البرز پخش و داده‌ها جمع‌آوری گردید. جامعه آماری شامل کلیه کشاورزان شاغل در بخش زراعت استان البرز بودند که بر اساس آخرین آمار سازمان جهاد کشاورزی استان برابر با

## نتایج و بحث

### محاسبه شاخص‌های انرژی

سهم هر یک از نهاده‌های مصرفی در مراحل مختلف کشت محصول گندم به تفکیک شهرستان در (جدول ۳) مشخص گردید، سوخت مصرفی به عنوان یکی از ورودی‌های انرژی برای عملیات آماده‌سازی زمین، عملیات زراعی و حمل‌ونقل استفاده می‌شود. نتایج این تحقیق نشان داد که این مقدار نهاده در هر چهار منطقه مورد مطالعه تقریباً بالاست (جدول ۳). متوسط مقدار انرژی سوخت مصرفی در مزارع استان البرز از ۴۵۵ لیتر در هکتار در شهرستان کرج تا ۵۰۲ لیتر در هکتار در شهرستان نظرآباد متغیر است. بیشترین بودن مصرف سوخت در شهرستان نظرآباد می‌تواند به دلیل استفاده بیشتر از ماشین‌آلات و ادوات، انجام عملیات زراعی بیشتر و فرسودگی و مستهلک بودن ماشین‌آلات در ارتباط باشد.

یکی از روش‌های کاهش مصرف سوخت استفاده از ادوات زراعی مناسب و جدید مانند دستگاه چندکاره (کمبینات) است. این دستگاه تردد مکرر تراکتور و ادوات متصل به آن را در مزرعه کاهش داده و در نتیجه از ایجاد لایه غیرقابل نفوذ در خاک جلوگیری کرده و منجر به کاهش استهلاک تراکتور و مصرف سوخت می‌شود. همچنین میزان مصرف جهت کودهای شیمیایی نیز همانند نهاده سوخت نسبت به مناطق دیگر کشور زیاد بود البته مصرف کودهای شیمیایی در شهرستان نظرآباد نسبت به سه شهرستان دیگر مورد مطالعه از شرایط بهتری برخوردار است.

نتایج نشان داد که سهم نهاده‌های مختلف در انرژی مصرفی در تولید گندم متفاوت است. سوخت مصرفی، کود شیمیایی و بذر اهمیت اقتصادی بالایی در تولید گندم در هر چهار منطقه داشتند و به عنوان منابع اقتصادی شناخته شدند. تحقیقات در مورد تعیین میزان مصرف انرژی برای تولید گندم در چهار شهرستان استان البرز نشان داد که سوخت مصرفی و کود شیمیایی بیشترین سهم مصرف انرژی در چهار منطقه مورد مطالعه به خود اختصاص داده است. همان‌طور که از نمودارهای (شکل ۱) مشخص می‌باشد کود شیمیایی با ضریب ۵۵٪ در اشتهارد، ۴۷٪ در نظرآباد و ۵۲٪ در ساوجبلاغ و کرج بیشترین درصد کل انرژی ورودی کشت گندم را در این چهار منطقه برخوردار می‌باشند. می‌توان گفت که حدوداً نصف انرژی ورودی برای کشت گندم در استان البرز به نهاده کود شیمیایی تعلق دارد.

در مزارع گندم در میان مقادیر انرژی مصرفی جهت تولید کودهای شیمیایی، کود نیتروژن دارای بیشترین مقدار انرژی بود

اعم از گازوئیل و روغن بود. و از محاسبه انرژی مصرف‌شده در عملیاتی که پس از برداشت انجام می‌شود، مانند انرژی مصرف‌شده در قسمت حمل‌ونقل به دلیل وجود مشکلاتی مانند عدم اطلاع دقیق کشاورزان از ماشین حمل‌کننده و مسافت طی شده، در نظر گرفته نشد. کل انرژی تولیدشده شامل محصول اصلی (دانه) و محصول فرعی (کاه و کلش) می‌باشد.

### روش تحلیل داده‌ها

تحقیق مذکور از لحاظ هدف یک تحقیق کاربردی است و از لحاظ دسته‌بندی تحقیقات و حسب نحوه گردآوری داده‌ها، توصیفی از نوع پیمایشی به شمار می‌رود. در تحقیق حاضر به بررسی روابط بین متغیرهای پرداخته شد. تا از طریق آن میزان اهمیت و اولویت هر یک از متغیرهای تشکیل‌دهنده مشخص گردد. و برای رسم نمودارها و همچنین محاسبه شاخص‌های انرژی از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

### طریقه محاسبه شاخص‌های انرژی

برای کاهش وابستگی به منابع انرژی تجدید ناپذیر کارایی استفاده از انرژی در کشاورزی باید افزایش یابد. بنابراین با بررسی انرژی‌های ورودی و خروجی در سیستم‌های تولید محصولات کشاورزی و انجام تحلیل‌های اقتصادی آن در منطقه می‌توان بهره‌وری انرژی را در منطقه افزایش داد. برای این کار از شاخص‌های مانند بازده انرژی<sup>۱</sup> (ER)، افزوده خالص انرژی<sup>۲</sup> (Neg)، بهره‌وری انرژی<sup>۳</sup> (EP)، انرژی ویژه<sup>۴</sup> (SE) و شدت انرژی<sup>۵</sup> (EI) می‌توان استفاده کرد. که جهت تعیین رابطه انرژی نهاده‌ها و ستانده از شاخص‌های انرژی که با استفاده از روابط (۱) تا (۵) محاسبه می‌شوند استفاده گردید (Almasi et al., 2008).

$$ER = \frac{\text{Energy output} \left( \frac{\text{MJ}}{\text{ha}} \right)}{\text{Energy input} \left( \frac{\text{MJ}}{\text{ha}} \right)} \quad (\text{رابطه ۱})$$

$$\text{Neg} = \text{Energy output} - \text{Energy input} \quad (\text{رابطه ۲})$$

$$EP = \frac{\text{Yield} \left( \frac{\text{Kg}}{\text{ha}} \right)}{\text{Energy input} \left( \frac{\text{MJ}}{\text{ha}} \right)} \quad (\text{رابطه ۳})$$

$$SE = \frac{\text{Energy input} \left( \frac{\text{MJ}}{\text{ha}} \right)}{\text{Yield} \left( \frac{\text{Kg}}{\text{ha}} \right)} \quad (\text{رابطه ۴})$$

$$EI = \frac{\text{Energy input} \left( \frac{\text{MJ}}{\text{ha}} \right)}{10000} \quad (\text{رابطه ۵})$$

در رابط (۱) تا (۵)، انرژی ورودی و خروجی برحسب مگاژول بر هکتار، عملکرد برحسب کیلوگرم بر هکتار است.

1. Energy Ratio
2. Net Energy Gain
3. Energy Productivity
4. Specific Energy
5. Energy Intensity

هکتار می‌باشد (جدول ۳). در بسیاری از گزارش‌ها بیشترین انرژی ورودی به مزارع مربوط به کودهای شیمیایی از جمله کود نیتروژن اعلام شده است.

(جدول ۴). این مقدار انرژی مصرفی در شهرستان اشتهارد بیشتر از مناطق دیگر بود، زیرا مصرف کود نیتروژن در مزارع این شهرستان به‌طور متوسط ۳۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در

**جدول ۳- مقادیر متغیرهای ورودی و خروجی در مزارع گندم شهرستان‌های استان البرز**

متغیر	واحد	کرج	اشتهارد	ساوجبلاغ	نظرآبادی
<b>الف - ورودی</b>					
کودهای شیمیایی نیتروژن (N)	kg	۲۸۰	۳۴۰	۲۹۰	۱۹۰
فسفر (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	kg	۲۰۰	۲۱۰	۲۰۵	۹۰
پتاس (K <sub>2</sub> O)	kg	۱۵۰	۱۶۰	۱۴۵	۹۰
سموم شیمیایی حشره‌کش	lit	۰/۵۸	۰/۷۸	۰/۸۹	۰/۷۳
علف‌کش	lit	۱	۱	۱	۱/۲۵
بذر گندم	kg	۲۰۰	۲۵۰	۲۲۵	۲۲۰
ماشینهای کشاورزی	hr	۱۱/۷۸	۱۱/۳۳	۱۱/۳۲	۱۰/۶۷
نیروی کارگری	hr	۳۷/۷۸	۴۹/۳۳	۴۶/۶۷	۴۳/۳۲
سوخت	lit	۴۵۵	۴۷۸	۴۷۹	۵۰۲
<b>ب - خروجی</b>					
دانه	kg	۴۲۴۰	۴۱۵۰	۴۳۰۰	۴۵۰۰
کلش و کاه	kg	۶۳۶۰	۶۲۲۵	۶۴۵۰	۶۷۵۰

**جدول ۴- مقادیر انرژی ورودی و خروجی در مزارع گندم شهرستان‌های استان البرز (MJ/ha)**

متغیر	کرج	اشتهارد	ساوجبلاغ	نظرآباد
<b>الف - انرژی ورودی</b>				
نیتروژن (N)	۲۱۸۶۸	۲۶۵۵۴	۲۲۶۴۹	۱۹۵۲۵
کودهای شیمیایی فسفر (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	۳۴۸۰	۳۶۵۴	۳۵۶۷	۳۳۹۳
پتاس (K <sub>2</sub> O)	۲۰۵۵	۲۱۹۲	۱۹۸۶/۵	۱۷۸۱
سموم شیمیایی حشره‌کش	۱۳۷/۴۶	۱۸۴/۸۶	۲۱۰/۹۳	۱۷۳/۰۱
علف‌کش	۳۱۹/۷	۳۳۶/۳۸	۲۷۸	۳۴۷/۵
بذر گندم	۲۶۰۰	۳۲۵۰	۲۹۲۵	۲۸۶۰
ماشین‌های کشاورزی	۷۳۸/۸۲	۷۱۰/۶	۷۰۹/۵۶	۶۶۸/۸
نیروی کارگری	۷۴/۰۴۹	۹۶/۶۸۷	۸۴/۹۰۷	۸۱/۶۷۳
سوخت	۲۱۰۶۶/۵	۲۲۱۳۱/۴	۲۲۱۷۷/۷	۲۳۲۴۲/۶
<b>ب - انرژی خروجی</b>				
دانه	۵۵۱۲۰	۵۳۹۵۰	۵۵۹۰۰	۵۸۵۰۰
کلش و کاه	۷۹۵۰۰	۷۷۸۱۲/۵	۸۰۶۲۵	۸۴۳۷۵

ارزیابی داده‌های جمع‌آوری شده نشان داد که در کشت گندم، حداقل به میزان ۷۴/۰۴۹ مگاژول در هکتار (شهرستان کرج) و حداکثر به مقدار ۹۶/۶۸۷ مگاژول در هکتار (شهرستان اشتهارد) نیروی کارگری موردنیاز است (جدول ۴).

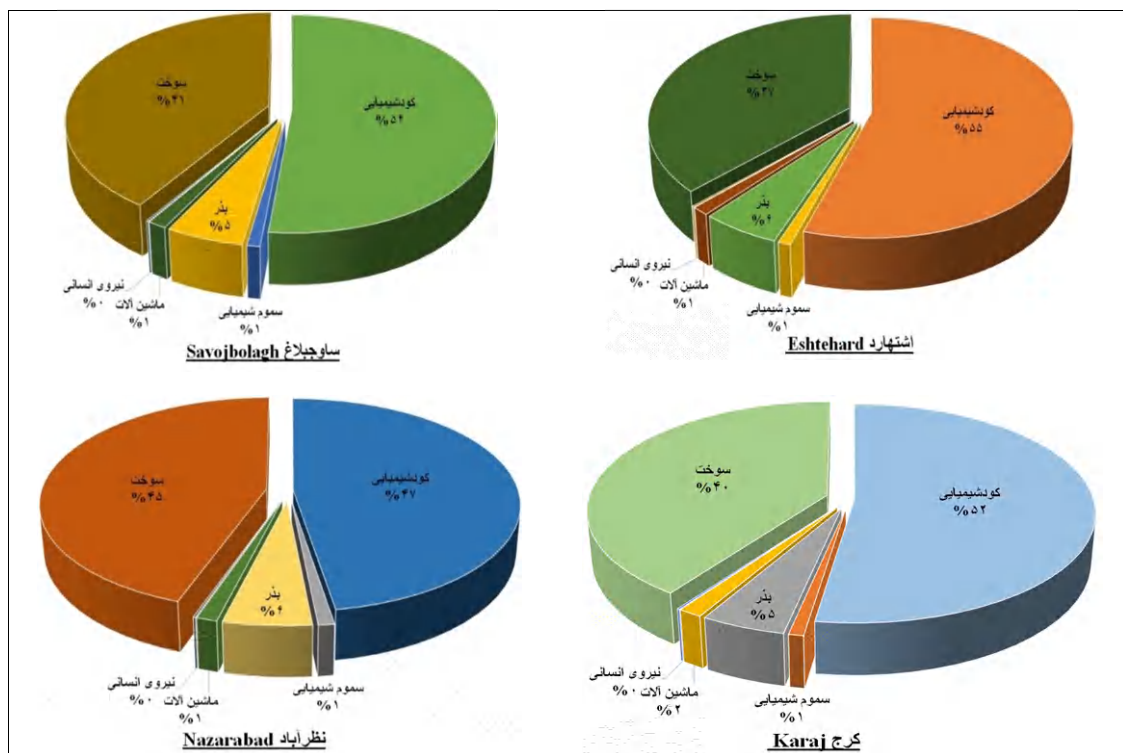
بیشترین مقدار انرژی خروجی محصول اصلی (دانه) در مزارع گندم شهرستان‌های استان البرز به شهرستان نظرآباد با ضریب ۵۸۵۰۰ مگاژول در هکتار و کمترین مقدار انرژی خروجی به شهرستان اشتهارد با ضریب ۵۳۹۵۰ مگاژول در هکتار تعلق دارد همچنین بیشترین و کمترین مقدار انرژی

تناوب زراعی مناسب، استفاده از ریز جانداران آزادکننده عناصر غذایی، کود دامی، کود سبز و کودهای آلی می‌تواند به کاهش وابستگی کشاورزان به نهاده‌های شیمیایی بیانجامد. آتش زدن بقایای گیاهی مزارع گندم و جو بعد از برداشت محصول به‌طور گسترده در مزارع استان جهت آماده‌سازی زمین برای محصول بعدی انجام می‌شود و علاوه بر پیامدهای زیست‌محیطی باعث کاهش حاصلخیزی خاک و مصرف بیشتر کودهای شیمیایی می‌شود. کمترین مقدار انرژی ورودی به مزارع هر چهار منطقه به متغیر نیروی انسانی تعلق داشت (شکل ۱).

مصرفی در کشاورزی است. از اقلام مهم مصرف غیرمستقیم انرژی می‌توان به ماشین‌های کشاورزی، آفت‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها، علف‌کش‌ها، کود حیوانی، بذر، کودهای شیمیایی و آبیاری مزارع اشاره کرد. بر اساس جدول ۵ و شکل ۲ از کل انرژی مصرفی در چهار شهرستان مورد مطالعه، بیشترین انرژی مستقیم در شهرستان نظرآباد و بیشترین انرژی غیرمستقیم در شهرستان ساوجبلاغ، بیشترین مصرف انرژی‌های تجدید پذیر در شهرستان اشتهارد، بیشترین مصرف انرژی‌های غیر تجدید پذیر در شهرستان ساوجبلاغ به دست آمد. در جمع‌بندی کلی شهرستان نظرآباد از نظر انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم از شرایط بهتری نسبت به سه شهرستان دیگر دارا می‌باشد. و از نظر مصرف انرژی‌های تجدید پذیر و غیر تجدید پذیر شهرستان اشتهارد از شرایط بهتری برخوردار است.

ورودی به ترتیب با ضرایب  $52072/58$  و  $59109/93$  و  $54588/59$  مگاژول بر هکتار در شهرستان‌های اشتهارد و نظرآباد به دست آمد (جدول ۴). در چهار منطقه مورد مطالعه میزان انرژی خروجی کاه و کلش بیشتر از میزان انرژی خروجی دانه می‌باشد. در مطالعه‌ای که بر روی محصول گندم در استان سیستان و بلوچستان صورت گرفت میزان کل انرژی ورودی و خروجی تولید گندم را به ترتیب  $32492/97MJ$  و  $48517/24MJ$  در هکتار محاسبه کردند (Ziaei et al., 2014).

انرژی نهاده‌های تولید در کشاورزی را می‌توان به دو گروه عمده تقسیم نمود: انرژی مستقیم و انرژی غیرمستقیم. انرژی مستقیم شامل انرژی سوخت‌های فسیلی، نیروی انسانی، برق، آب و سوخت‌های زیستی می‌باشد. مصرف انرژی غیرمستقیم مربوط به انرژی مصرف‌شده در تولید تجهیزات و سایر مواد



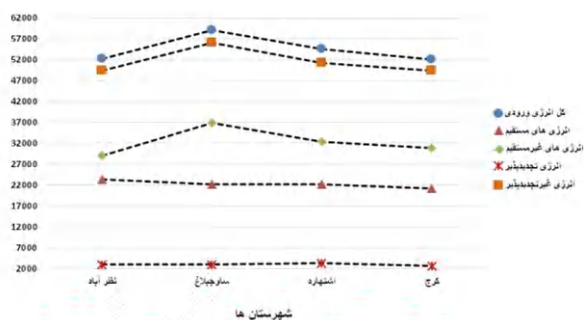
شکل ۱. سهم متغیرها از کل انرژی ورودی در مزارع گندم شهرستان‌های استان البرز

جدول ۵: کل انرژی جذب‌شده و اجزای مرتبط در فرم انرژی مختلف برای تولید گندم در استان البرز

نوع نهاده‌های مصرفی	کرج		اشتهارد		ساوجبلاغ		نظرآباد	
	نسبت انرژی (%)	مقدار انرژی (MJ/ha)	نسبت انرژی (%)	مقدار انرژی (MJ/ha)	نسبت انرژی (%)	مقدار انرژی (MJ/ha)	نسبت انرژی (%)	مقدار انرژی (MJ/ha)
کل انرژی ورودی	—	52072/58	—	59109/93	—	52339/52	—	54588/59
انرژی‌های مستقیم	40/60	21140/55	40/72	22228/1	37/66	23224/27	44/56	23224/27
انرژی‌های غیرمستقیم	59/40	30932/03	59/28	32360/49	62/34	29015/25	55/44	29015/25
انرژی‌های تجدید پذیر	5/14	2674/049	6/13	3346/69	5/09	2941/67	5/62	2941/67
انرژی‌های تجدید ناپذیر	94/86	49398/53	93/87	51241/9	94/91	49397/85	94/38	49397/85

کرج، ساوجبلاغ و اشتهارد به دست آمد (جدول ۵). همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین ضریب به شهرستان نظرآباد تعلق دارد بنابراین ۰/۰۸۶ کیلوگرم محصول به ازای هر واحد انرژی در مزارع گندم شهرستان نظرآباد تولید شده است. همچنین بهترین ضریب در شاخص انرژی ویژه تولید گندم در بین چهار منطقه مورد مطالعه در شهرستان نظرآباد (۱۱/۵۷) مگاژول در کیلوگرم) به دست آمد. Kazemi و Zare در تحقیق گزارش کرده بودند که مقدار ۰/۱۲۵ و ۰/۱۲۳ کیلوگرم در مگاژول به ترتیب برای مزارع گندم شهرستان‌های گرگان و مرودشت به دست آورده بودند همچنین آن‌ها بیان کردند انرژی ویژه برای تولید گندم در این دو شهرستان ۸/۰۱ و ۸/۱۳ مگاژول در کیلوگرم است (Kazemi and Zare, 2014).

ارقام به دست آمده از شاخص افزوده خالص انرژی در تولید گندم در چهار شهرستان مورد مطالعه نشان داد که شهرستان اشتهارد با ۷۲۶۵۲/۵۷ مگاژول و شهرستان نظرآباد با ۹۰۸۰۲/۴۲ مگاژول کمترین و بیشترین افزوده خالص انرژی را دارا هستند. شدت انرژی نشان‌دهنده میزان جریان انرژی ورودی در هر واحد مربع مزرعه می‌باشد، این شاخص در شهرستان نظرآباد (۵/۲۱) مگاژول در مترمربع) پایین‌تر از سه شهرستان دیگر تحقیق محاسبه شد (جدول ۵). تحقیقی که در منطقه اقلید درباره کارایی انرژی تولید گندم انجام شد به این نتیجه رسیدند که بیشترین افزوده خالص انرژی (۴۷۶۵۳) مگاژول) مربوط به تیمار کم خاک‌ورزی و کاشت با کمبینات بود و کمترین افزوده خالص انرژی (۴۱۳۸۸) مگاژول) به تیمار خاک‌ورزی مرسوم و کاشت با خطی کار همدانی تعلق دارد (Hosseini et al., 2016).



شکل ۲. سهم متغیرها از کل انرژی ورودی در مزارع گندم شهرستان‌های استان البرز

ساوجبلاغ (۲/۵) به دست آمد پایین بودن بازده انرژی در شهرستان اشتهارد را می‌توان به دلیل مصرف نهاده‌های بیشتر مانند سوخت و کود شیمیایی در ارتباط دانست. به نظر می‌رسد یکی از دلایل بالا بودن بازده انرژی در مزارع گندم نظرآباد رعایت تناوب زراعی و استفاده از فواید آن در زراعت این محصول است. کشت مداوم یک محصول در یک زمین علاوه بر کاهش عملکرد محصول به علت تخلیه عناصر غذایی باعث هجوم علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها می‌شود که هجوم این عوامل کشاورز را ناگزیر به استفاده بیشتر از نهاده‌های مصرفی می‌کند که این امر علاوه بر کاهش کارایی انرژی باعث افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌شود. Molaei و Afzalnia در تحقیقی گزارش کرده بودند که مقدار بازده انرژی ۲/۲۹ برای کشت گندم به دست آورده‌اند که در مقایسه با شهرستان‌های اشتهارد (۲/۲۳) وضعیت بهتری داشته ولی نسبت به سه شهرستان دیگر استان البرز (۲/۶۱) ضریب خوبی نیست (Molaei and Afzalnia, 2012).

در مطالعه متوسط بهره‌وری انرژی حدود ۰/۰۸۶، ۰/۰۸۱، ۰/۰۷۹ و ۰/۰۷۰ کیلوگرم در مگاژول به ترتیب برای نظرآباد،

جدول ۶- شاخص‌های ارزیابی جریان انرژی در مزارع گندم شهرستان‌های استان البرز

شاخص‌های انرژی	واحد	نظرآباد	ساوجبلاغ	اشتهارد	کرج
(Total energy input) انرژی ورودی کل	MJ/ha	۵۲۰۷۲/۵۸	۵۴۵۸۸/۵۹	۵۹۱۰۹/۹۳	۵۲۳۳۹/۵۲
(Total energy output) انرژی خروجی کل	MJ/ha	۱۴۲۸۷۵	۱۳۶۵۲۵	۱۳۱۷۶۲/۵	۱۳۴۶۲۰
(Energy Ratio) بازده انرژی	-	۲/۷۴	۲/۵۰	۲/۲۳	۲/۵۷
(Net Energy Gain) افزوده خالص انرژی	MJ/ha	۹۰۸۰۲/۴۲	۸۱۹۳۶/۴۱	۷۲۶۵۲/۵۷	۸۲۲۸۰/۴۸
(Energy Productivity) بهره‌وری انرژی	kg/MJ	۰/۰۸۶	۰/۰۷۹	۰/۰۷۰	۰/۰۸۱
(Specific energy) انرژی ویژه	MJ/kg	۱۱/۵۷	۱۲/۷۰	۱۴/۲۴	۱۲/۳۴
(Energy intensity) شدت انرژی	MJ/m <sup>2</sup>	۵/۲۱	۵/۴۶	۵/۹۱	۵/۲۳

انجام آزمون خاک، اصلاح خاک‌های منطقه با استفاده از کودهای دامی، کود سبز و تناوب با گیاهان خانواده نخود و گیاهانی که بقایای گیاهی زیادی را به جا می‌گذارند، توصیه می‌شود و همچنین با بهبود روش‌های تهیه زمین از جمله

## نتیجه‌گیری کلی

با توجه به این‌که در هر چهار منطقه بیشترین انرژی ورودی به ترتیب مربوط به کود شیمیایی و سوخت بود. بنابراین رعایت توصیه‌های فنی از قبیل استفاده بهینه از کودهای شیمیایی با

کمتر و انرژی خروجی بیشتر نسبت به شهرستان‌های مورد مطالعه برخوردار بود. در بین مناطق مورد بررسی کارایی انرژی کشت گندم شهرستان اشتهارد از نظر شاخص‌های انرژی نسبت به سه شهرستان دیگر از وضعیت خوبی برخوردار نبود. همان‌طور که از افزوده خالص انرژی کشت گندم (منفی نبودن) در چهار منطقه مورد مطالعه مشخص است. کشت این محصول در این چهار منطقه توجیه‌پذیر بود ولی با توجه به نتایج موازنه انرژی به‌دست‌آمده در چهار شهرستان استان البرز می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کشت گندم در شهرستان نظرآباد در مقایسه با سه شهرستان دیگر استان ارجحیت دارد.

استفاده از روش‌های کم خاک‌ورزی، اصلاح روش‌های آبیاری، استفاده از پمپ‌های برقی با کارایی بالا، نگهداری و کاربرد صحیح ماشین‌آلات و افزایش بهره‌وری انتقال آب در مزارع، می‌توان کارایی مصرف انرژی سوخت را در هر چهار منطقه افزایش داد. در بین چهار منطقه مورد مطالعه برای کشت محصول گندم شهرستان نظرآباد بازده انرژی (۲/۷۴)، افزوده خالص انرژی (۹۰۸۰۲/۴۲ MJ/ha)، شدت انرژی (۵/۲۱ MJ/m<sup>2</sup>)، بهره‌وری انرژی (۰/۰۸۶ kg/MJ) و انرژی ویژه (۱۱/۵۷ MJ/kg) از شرایط بهتری نسبت به سه شهرستان دیگر استان البرز برخوردار است. شهرستان نظرآباد همچنین از انرژی ورودی

## REFERENCES

- Akcaoz, H., Ozcatalbas, O., and H. Kizilay. 2009. Analysis of energy use for pomegranate production in Turkey. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 7:475-480.
- Almasi, M., Shahram, K., and L. Naem. 2008. *Basics of Agricultural Mechanization*. Tehran: Publications forest, immortal.
- Bilalis, D., Kamariari, P., Karkanis, A., Efthimladou, A., Zorpas, A., and I. Kakabouk. 2013. Energy inputs, output and productivity in organic and conventional maize and tomato production. under Mediterranean conditions. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici* 41 (1): 190-194.
- Mehdi Damgani, A., Kochaki, A., and P. rezvani mogaddam. 2005. Study of Ecological Sustainability of Wheat-cotton in khorasan province. *Journal of agricultural research* 131-142.
- Erdal, G., Esengun, K., Erdal, H., and O. Gunduz. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. *Energy* 32: 35-41.
- Ghaffari Karabakh, A. 2011. analysis of energy consumption of grape in urmia city. Master's thesis of agricultural mechanization. faculty of agriculture. Ferdowsi University of Mashhad.
- Hosseini, S., Afzalnia, S., and K. Mollae. 2016. Energy indices in irrigated wheat production under conservation and conventional tillage and planting methods. *Journal of Agricultural Machinery* Vol. 6, No. 1, Spring - Summer 2016, p. 236-249.
- Jami alahmadi, H. 2011. comparison of water consumption and eco-social Indexes in producing melon and cotton in torbate Jaam city. Master thesis of Agroecology. College of Agriculture. University of Zabol.
- Kaltschmitt, M., Reinhardt, G., and T. Stelzer. 1997. Life cycle analysis of bio fuels under different environmental aspects. *Biomass and Bioenergy* 12(2):121-134.
- Karkacier, O., and Z. Goktolga. 2005. Input-output analysis of energy use in agriculture. *Energy Conversion and Management* 46(9-10):1513-1521.
- Kazemi, H., and S. Zare. 2014. Investigation and comparison of energy flow in wheat fields of Gorgan and Marvdasht townships. *Cereal Research*, Vol. 4, No. 3, 211-227.
- Kraatz, S. 2008. Energy inputs for corn production in Wisconsin and Germany. *ASABE Annual International Meeting*, Rhode, Island.
- Manafi Dastjerdi, M., Bakhoda, H., and M. Ghahderijani. 2014. Investigating the Factors Affecting the Choice of Crops Cultivation of Citie Savojbolagh. International conference on sustainable development, strategies and challenges With a focus on Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism. 24-26 Feb 2015, Tabriz, Iran.
- Molaei, K., and S. Afzalnia. 2012. Determination of energy indices in producing wheat and canola in Dashte Namdan Agro-industry (Eghlid region, Fars). *Journal of Plant Ecophysiology*. Vol. 4, No.10.
- Oskoue, Y., TaKi, M., Abdi, R., Ghobadi far, A., and A. Ranjbar. 2011. Analysis of energy efficiency consumption by cultivating wheat by data envelopment analysis (DEA) Case study: Silakhor plain. *Journal of Agricultural Machinery Engineering* Vol. 1, No. 2, Fall - Winter 2011, p. 122-132.
- Ozkan, B., Akcaoz, H., and C. Fert. 2004. Energy input-output analysis in Turkish agriculture. *Renewable Energy* 29: 39-51.
- Rajaby, M., Soltani, A., Zeinali, E., and E. Soltani, E. 2012b. Evaluation of energy use in wheat production in Gorgan. *Journal of Plant Production Researches* 19: 143-171. (In Persian).
- Sayin, C., Mencet, M., and B. Ozkan. 2005. Assessing of energy policies based on Turkish agriculture: current status and some implications. *Energy Policy* 33: 2361-2373.
- Statistics and Information office of jahad keshavarzi. 2013. the first volume of Statistics and information of the year 2011, Department of



Planning and Economic, Information and Communication Center.

Tzilivakis, J., Warner, D., May, M., Lewis, K., and K. Jaggard. 2005. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emission in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) production in the UK. *Agricultural Systems* 85: 101-119.

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

Ziaei, S., Mazlounzadeh, S., and M. Jabbary. 2014. A comparison of energy use and productivity of wheat and barley (case study). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 1-7.