Archive of SID
DOI: 10.22059/ijbse.2018.242070.664989

مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۵۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸ (ص ۱۶۸-۱۵۵)

Energy Indices and Environmental Impact Assessment of Industrial Bread Production by Using Life Cycle

ALI HAJIAHMAD[1*], FATEMEH MIRBAZEL[2], FATEMEH SOLKI CHESHMEH SOLTANI[3], SEYYED HASSAN PISHGAR KOMLEH[4]

1.Assistant Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University College of Agriculture & Natural Resources University of Tehran, Karaj, Iran

2. Master graduated, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University College of Agriculture & Natural Resources University of Tehran, Karaj, Iran

3.Undergraduate student, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University College of Agriculture & Natural Resources University of Tehran, Karaj, Iran

4. Ph.D. graduated, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University College of Agriculture & Natural Resources University of Tehran, Karaj, Iran

(Received: Oct. 2, 2017- Revised: Aug. 15, 2018- Accepted: Aug. 21, 2018)

ABSTRACT

In this research, the energy consumption, environmental emissions, modeling and optimization in different stages of wheat and bread production was studied in Guilan province. Data were gathered by using the questionnaire, archiving documents of agriculture Jihad, visiting the Bread Factory and Sangak bread Bakery and interviewing the relevant experts. Also, by assessing environmental pollutants, the highest environmental burden was calculated in different indices. Results showed that the average total energy inputs and outputs of wheat production were 15651.27 and 2760.22 MJ/ha, respectively, and the total energy in the modern and traditional bread production chain were 263299.17 and 468747.289 MJ/10 ton bread, respectively. The energy ratio of wheat production was equal to 1.76, indicating the positive energy efficiency of wheat production on the area of the study. The results of data envelopment analysis also showed, the energy ratio could be increased from 1.76 to 2.70 by applying better management.

Keyword: Life Cycle Assessment, Optimization, Impact indicators, Wheat, Modeling.

* Corresponding Author's Email: hajiahmad@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی شاخص‌های انرژی و اثرات زیست‌محیطی تولید نان صنعتی به روش چرخه حیات

علی حاجی احمد[۱]*، فاطمه میرباذل[۲] ، فاطمه سلکی چشمه سلطانی[۳]، سید حسن پیشگرکومله[۴]

۱. استادیار، گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲. دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

۳. دانشجوی کارشناسی، گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

۴. دانش آموخته دکتری، گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۷/۱۰- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۵/۲۴- تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۵/۳۰)

چکیده

در این پژوهش به بررسی انرژی‌مصرفی، انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی، مدل‌سازی و بهینه‌سازی آن‌ها در مراحل مختلف تولید گندم دیم و نان در استان گیلان پرداخته شده است. داده‌های مورد نیاز در سال ۹۴، از طریق تکمیل پرسش‌نامه توسط کشاورزان، بایگانی اسناد جهاد کشاورزی، بازدید از کارخانه تولید نان فانتزی سالم و نانوایی نان سنگک و مصاحبه با کارشناسان مربوطه جمع‌آوری شد. همچنین با ارزیابی آلاینده‌های زیست‌محیطی، بیشترین بار زیست‌محیطی در شاخص‌های مختلف محاسبه شد. با استفاده از نتایج به‌دست آمده، میانگین کل انرژی نهاده‌ها و ستانده‌های دانه گندم به ترتیب ۱۵۶۵۱/۲۷ و ۲۷۶۰۳/۰۲ مگاژول برهکتار و کل انرژی مصرفی در زنجیره تولید نان فانتزی و سنتی به ترتیب ۲۶۳۲۹۹/۱۷ و ۴۶۸۷۴۷/۲۸ مگاژول بر ده تن نان به دست آمد. مقدار نسبت انرژی تولید گندم برابر با ۱/۷۶ گزارش شد که نشان دهنده‌ی کارایی مثبت تولید گندم دیم در سطح منطقه مورد مطالعه می‌باشد. نتایج تحلیل پوششی داده نیز نشان داد که می‌توان با اعمال مدیریت بهتر نسبت انرژی را از ۱/۷۶ به ۲/۷۰ رساند.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی چرخه حیات، بهینه سازی، شاخص‌های اثر، گندم، مدل سازی

مقدمه

انرژی نقش اساسی در توسعه و پیشرفت کشاورزی و تولید موادغذایی ایفا می‌کند. بخش کشاورزی و دامپروری که اصلی‌ترین بخش تولیدکننده موادغذایی است، به عنوان یک مبدل انرژی مهم‌ترین مصرف‌کننده و همچنین تولیدکننده محسوب می‌شود. یکی از اهداف اساسی در بخش‌های تولیدی از قبیل بخش کشاورزی و دامداری، افزایش تولید و کاهش هزینه‌ها می‌باشد (Zand, 2014). رشد روز افزون جمعیت جهان یکی از مهم‌ترین مسائل جهت تأمین مواد غذایی سالم و کافی مورد نیاز می‌باشد (Dashti & shorafa, 2009). بخش کشاورزی به منظور تأمین مواد غذایی مورد نیاز بشر، به میزان بسیاری وابسته به مصرف انرژی می‌باشد. مقدار انرژی مصرفی در سامانه‌های مختلف تولیدی کشاورزی علاوه بر نوع محصول تولیدی به نوع نهاده‌های مورد استفاده برای تولید محصول مورد نظر نیز بستگی دارد (Almasi *et al.*, 2008). تولید نان دارای زنجیره‌ای بزرگ بوده، که از کشت گندم در مزارع شروع شده، پس از آن در واحدهای صنعتی مانند سیلو و کارخانه آرد ادامه یافته و نهایتاً در کارخانه تولید نان یا نانوایی خاتمه می‌یابد.

اگرچه بر اساس ترازنامه انرژی کشوری در سال ۱۳۹۰، بخش کشاورزی از کم‌مصرف‌ترین بخش‌های انرژی کشور معرفی گردیده است، اما چنانچه علاوه‌بر انرژی مستقیم ورودی، سایر اشکال مختلف انرژی غیرمستقیم ورودی نیز مدنظر قرار گیرند، بخش کشاورزی یکی از مهم‌ترین مصرف‌کنندگان انرژی کشور خواهد بود (Rahimizadeh *et al.*, 2007). انرژی از نگاه مصرف به دو نوع مستقیم و غیرمستقیم و هر یک از این انواع انرژی به دو دسته انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر تقسیم می‌شود (Mousavi-Avval *et al.*, 2011).

ارزیابی چرخه حیات، روشی برای تعیین تأثیرات زیست‌محیطی مرتبط با تولید یک محصول یا یک فرآیند

* نویسنده مسئول: hajiahmad@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

تولیدی از مرحله استخراج منابع اولیه تا دفع نهایی ضایعات ناشی از این فرآیند تولیدی است (Rebitzer *et al.*, 2004). در این روش، جنبه‌های زیست‌محیطی و پیامدهای بالقوه زیست‌محیطی در سراسر چرخه یک محصول مورد ارزیابی قرار می‌گیرند (ISO, 2006). براساس استاندارد ایزو، ارزیابی چرخه حیات از چهار مرحله تشکیل شده است که عبارتند از: تعیین هدف و دامنه، تحلیل سیاهه، ارزیابی اثرات و تفسیر نتایج (Khoshnevisan *et al.*, 2013b).

در سال‌های اخیر مطالعات متعددی در ایران و سایر کشورها پیرامون انرژی و آلاینده‌های زیست‌محیطی حاصل از تولید گندم صورت گرفته است. در تحقیقی وضعیت انرژی تولید گندم در شهرستان گرگان مورد بررسی قرار گرفت. همچنین با توجه به نحوه کشت گندم، تولید گندم در شش مدل بررسی شد. طبق نتایج این تحقیق، بیشترین سهم انرژی ورودی به ترتیب متعلق به کود نیتروژن، سوخت عملیات ماشینی و بذر بوده است (soltani *et al.*, 2013). در تحقیقی دیگر انرژی تولید گندم در شهرستان ری بررسی شد. کودهای شیمیایی، سوخت دیزل و ادوات و ماشین‌های مورد استفاده بیشترین سهم مصرف انرژی در تولید گندم را دارا می‌باشند (Alipour *et al.*, 2013). در تحقیقی دیگر مصرف انرژی تولید گندم در استان اصفهان بررسی شد. در این پژوهش انرژی ورودی کل، ۳۱/۳۰ گیگاژول در هکتار محاسبه گردید که حدود ۶۴ درصد آن متعلق به کودهای شیمیایی و حدود ۱۴ درصد آن متعلق به سوخت‌های دیزل می‌باشد. همچنین سهم هر یک از منابع انرژی مستقیم و غیرمستقیم در انرژی ورودی کل به ترتیب حدود ۲۱ و ۷۹ درصد می‌باشد. در تحیقیق صورت گرفته، کارایی انرژی ۱/۴۹ و بهره‌وری انرژی ۹/۸۲ کیلوگرم بر مگاژول محاسبه گردید (Ghahderijani *et al.*, 2013). در پژوهش دیگری که در شهرستان مرودشت بر روی تاثیرات زیست‌محیطی تولید گندم صورت گرفت، مصرف کود اوره مهم‌ترین عامل در ایجاد اثرهای زیست‌محیطی معرفی گردید (Mirhaji *et al.*, 2013). در تحقیقی دیگر انرژی تولید گندم در مناطق مختلف کشور هند بررسی شد. طبق نتایج این تحقیق، ۴۵/۶ درصد متعلق به انرژی مستقیم نهاده‌های وردی و ۷۹ درصد انرژی نهاده‌های تولیدی متعلق به منابع تجدیدناپذیر می‌باشد (Sing *et al.*, 2007). در پژوهشی دیگر که در کشور نیوزلند انجام شد، کل انرژی ورودی برابر با ۲۲۵۶۶ مگاژول بر هکتار به دست آمد. بیشترین سهم مصرف انرژی به ترتیب متعلق به کودهای شیمیایی و الکتریسته می‌باشد (Safa *et al.*, 2011). در پژوهشی، ارزیابی چرخه حیات تولید نان، مورد مطالعه قرار گرفت و سهم هر یک از شاخص‌ها در مراحل مختلف تولید نان محاسبه شد. در این پژوهش، شاخص‌های پتانسیل گرمایش جهانی، مسمومیت آب‌های سطحی و آزاد، اسیدی شدن زمین و انرژی تجدیدناپذیر مورد بررسی قرار گرفت (Maupu *et al.*, 2012).

اهداف این پژوهش عبارتنداز: بررسی وضعیت مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی از مرحله تولید گندم تا مرحله تهیه نان در کارخانه نان فانتزی سالم و نانوایی نان سنگک، تعیین شاخص‌های انرژی تولید گندم، تعیین کارایی‌فنی، فنی‌خالص و مقیاس در واحد تولید گندم و بررسی تأثیر بهینه‌سازی انرژی مصرفی و نهاده‌های انرژی بر انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی تولید گندم.

مواد و روش ها

این پژوهش جهت ارزیابی انرژی و آلاینده‌های زیست‌محیطی تولید گندم در زنجیره تولید نان در کارخانه تولید نان فانتزی سالم در سال ۹۴، در چندین شهرستان استان گیلان از جمله لاهیجان، فومن، رودسر و رودبار انجام شده است.

داده‌های لازم برای ارزیابی چرخه حیات در فرآیند تولید یک محصول به دو دسته تقسیم می‌شوند که عبارتنداز: داده‌های مربوط به عملیات تولید و داده‌های مربوط به تولید نهاده‌های مورد استفاده.

برای جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز مربوط به بخش تولید در این پژوهش، ۷۸ پرسش‌نامه بر اساس محاسبه حجم نمونه ها تهیه شد و برای تکمیل در اختیار کشاورزان قرار گرفت. اطلاعات حاصل از پرسشنامه به چهار بخش کلی تقسیم گردید. این چهار بخش عبارتنداز: بخش اول اطلاعات مربوط به کشاورز و مزرعه از جمله سطح زیر کشت، تعداد قطعات زمین، مالکیت زمین، بخش دوم اطلاعات مربوط به میزان نهاده‌های مصرفی از جمله نوع و میزان بذر، کودهای شیمیایی و سموم مورد استفاده، بخش سوم اطلاعات مربوط به عملیات مختلف کشاورزی از مرحله خاک‌ورزی تا مرحله برداشت و در نهایت حمل‌ونقل محصول از جمله روش، زمان، تعداد دفعات انجام عملیات، نوع ماشین‌های مورد استفاده در این مراحل، میزان سوخت مصرفی در انجام هر مرحله و بخش چهارم سوالات اقتصادی از جمله قیمت نهاده‌های مصرفی، قیمت محصول، هزینه استفاده از ماشین‌های مورد نیاز و هزینه کارگر.

جهت تکمیل اطلاعات مورد نیاز، در قبل، حین و بعد از تکمیل پرسشنامه‌ها توسط کشاورزان، با صاحب نظران این عرصه در منطقه‌ی مورد مطالعه در ادارات جهاد کشاورزی، مراکز خدمات کشاورزی و تعاونی‌های خدمات کشاورزی

www.SID.ir

Archive of SID

مصاحبه انجام شد.

در مراحل مختلف جمع‌آوری داده‌ها نیز از اطلاعات و آمارهای موجود در بایگانی مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان مورد مطالعه و وزرات جهاد کشاورزی استفاده گردید.

برای اطلاعات مربوط به تولید نهاده مورد استفاده از جمله فرآیند تولید، مواد اولیه و میزان انتشار آلاینده‌های زیست محیطی از پایگاه‌های داده اکواینونت[1] در نرم افزار ارزیابی چرخه حیات سیماپرو[2] استفاده شده است.

حجم نمونه

برای تعیین حجم نمونه‌ی مورد مطالعه از فرمول کوکران، (رابطه‌ی۱) استفاده گردید (Kizilaslan, 2009) که برای بدست آوردن پارامترهای مورد نیاز آن ۱۰ پرسشنامه تهیه شد و به طور تصادفی در بین گندم کاران توزیع گردید.

$$n=\frac{\frac{z^2pq}{d^2}}{1+\frac{1}{N}(\frac{z^2pq}{d^2}-1)}$$

(رابطه ۱)

در رابطه۱، N اندازه جامعه آماری، z ضریب اطمینان قابل قبول، p احتمال نسبت برخورداری از صفت مورد نظر، q احتمال نسبت عدم‌برخورداری از صفت مورد نظر، d دقت احتمالی مطلوب (نصف فاصله اطمینان) و n حجم نمونه می‌باشد. در این پژوهش اندازه جامعه آماری ۹۳، ضریب اطمینان با فرض نرمال بودن توزیع صفت مورد نظر برابر ۱/۹۶، احتمال نسبت برخورداری و عدم برخورداری برابر با ۰/۵، دقت احتمالی مطلوب برابر با ۰/۰۵ و حجم نمونه برابر با ۷۵ کشاورز به دست آمد. برای اطمینان بیشتر، در مطالعه انجام شده به جای ۷۵ کشاورز، ۷۸ کشاورز مورد بررسی قرار گرفتند.

جریان انرژی در تولید محصول

در پژوهش حاضر جریان انرژی در پنج بخش از جمله تولید گندم در مزرعه، سیلوی نگهداری گندم، کارخانه تولید آرد، کارخانه نان فانتزی سالم و نانوایی سنگک (برای مقایسه با کارخانه نان فانتزی سالم) مورد بررسی قرار گرفت.

برای تعیین میزان انرژی معادل نهاده‌ها و ستانده‌ها از ضرایب انرژی متناظر با هر یک استفاده شد. ضرایب انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها در جدول ۱ ارائه شده‌اند. بنابراین انرژی معادل هر یک از نهاده‌ها از رابطه‌ی ۲ به‌دست آمد (Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2015).

$$E_{input}=I_{consumption}\times eC_{input}$$

(رابطه ۲)

در رابطه اخیر E_{input} انرژی معادل نهاده‌های مصرفی، $I_{consumption}$ میزان نهاده مصرفی و eC_{input} محتوای انرژی نهاده‌ها می‌باشد.

شاخص‌های انرژی

برای مقایسه سامانه‌های مختلف نیاز به محاسبه‌های شاخص‌های انرژی می‌باشد. این شاخص‌ها عبارتنداز: نسبت انرژی[3] (ER)، بهره‌وری انرژی[4] (EP)، انرژی ویژه[5] (SE) و افزوده خالص انرژی[6] (NEG). که از روابط ۳ تا ۶ محاسبه شدند (Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2015).

$$ER=\frac{E_{out}}{E_{in}}$$

(رابطه۳)

$$EP=\frac{Y}{E_{in}}$$

(رابطه ۴)

$$SE=\frac{E_{in}}{Y}$$

(رابطه ۵)

$$NEG=E_{out}-E_{in}$$

(رابطه ۶)

در روابط ذکر شده، E_{out} انرژی خروجی، E_{in} انرژی ورودی و Y عملکرد محصول می باشد. واحد انرژی خروجی و ورودی MJ/ha و واحد عملکرد محصول Kg/ha می‌باشد.

ارزیابی چرخه حیات

برای ارزیابی چرخه حیات، زنجیره تولید نان به پنج سامانه مجزا با دامنه و مرز مجزا تقسیم گردید. این سامانه‌ها به شرح زیر می باشند:

۱) مزارع گندم: مرز این سامانه دروازه مزرعه می‌باشد (برداشت گندم). واحد عملکردی این سامانه بر پایه ده تن گندم تولیدی می‌باشد.

۲) نگهداری گندم در سیلو: دامنه و مرز این سامانه از ابتدای ورود گندم به سیلو تا خروج آن پس از یک و ماه نیم در نظر گرفته شد. واحد عملکردی آن نیز ده تن گندم می‌باشد.

۳) کارخانه آرد: دامنه و مرز این سامانه از ابتدای ورود گندم به کارخانه (خروج آن از سیلو) تا تولید آرد درنظر گرفته شد. واحد عملکردی آن ده تن آرد تولیدی می‌باشد.

۴) کارخانه نان سالم: دامنه و مرز این سامانه از ابتدای

1- Ecoinvent database
2- SimaPro

3. Energy Ratio
4. Energy Productivity
5. Specific Energy
6. Net Energy Gain

www.SID.ir

Archive of SID

ورود آرد به کارخانه نان فانتزی سالم تا تولید نان فانتزی در نظر گرفته شده‌است. واحد عملکردی این سامانه ده تن نان فانتزی می‌باشد.

۵) نانوایی سنگک: دامنه و مرز این سامانه از ابتدای ورود آرد به نانوایی سنگک تا تولید نان سنگک در نظر گرفته شده است. واحد عملکرد آن نیز ده تن نان می باشد.

تحلیل سیاهه به اطلاعاتی در مورد ورودی‌ها و خروجی‌های فیزیکی فرآیند سامانه تولید نیاز دارد (Guinée, 2002). مطابق با دومین مرحله ارزیابی چرخه حیات، تحلیل سیاهه پنج سامانه ذکر شده صورت پذیرفت. در این مرحله، منابع استفاده شده و انتشار آلاینده‌ها با توجه به واحد عملکردی و مرز سامانه تعیین شد.

جدول۱. هم ارز انرژی نهاده ها وستانده ها در زنجیره تولید نان

بخش	واحد	هم ارز انرژی (مگاژول بر واحد)	مرجع
الف-نهاده ها			
نیروی کارگری	ساعت	۱/۹۶	Singh et al., 1994
ماشین ها و ادوات	ساعت	۶۲/۷۰	Singh et al., 1994
سوخت دیزل	لیتر	۴۷/۸	Kitani,1999
کوهای شیمیایی	کیلوگرم		
نیتروژن		۷۸/۱	Kitani,1999
فسفر		۱۷/۴	Kitani,1999
آفت کش ها	کیلوگرم	۱۲۰	Khoshnevisan et al., 2013a
بذر	کیلوگرم	۱۵/۷۰	Ozkan et al., 2004
الکتریسته	کیلووات ساعت	۱۱/۹۳	Singh et al., 1994
حمل و نقل	تن در کیلو متر	۴/۵	Tabatabaeefar et al., 2009
نایلون	کیلوگرم	۹۰	Canakci & Akinci, 2006
آرد	کیلوگرم	۳۰/۳۶	Abolsheikhi, 2014
آب	مترمکعب	۱/۰۵	Yousefinejad-Ostad Kelayeh, M., 2015
شکر	کیلوگرم	۱۵/۴۰	Abolsheikhi, 2014
گاز طبیعی	مترمکعب	۹۰/۹۱	Yousefinejad-Ostad Kelayeh, M., 2015
مواد شوینده	کیلوگرم	۲/۶۰	Abolsheikhi, 2014
ب-ستانده ها			
گندم	کیلوگرم	۱۴/۷۰	Sing & Mittal, 1992
کاه و کلش گندم	کیلوگرم	۹/۲۵	Abolsheikhi, 2014

در ارزیابی چرخه حیات گندم در مزرعه مرز سامانه، برداشت گندم بود و انتقال به سیلو در قسمت محاسبات مربوط به آرد آورده شده است. آلایندگی‌های مورد بررسی در این پژوهش، آلایندگی‌های ناشی از کودهای شیمیایی، سوختن گازوئیل و آلایندگی‌های ناشی از اثر سایش تایر بر محیط می‌باشند (Abolsheikhi, 2014).

آلودگی‌های ناشی از مراحل کاشت تا برداشت گندم شامل سه دسته انتشار به هوا، آب و خاک می‌باشد. استفاده از کودهای شیمیایی سبب انتشار مستقیم می شود. از میان روش‌های مختلف برای برآورد انتشارات مستقیم مربوط به کودهای شیمیایی، در این مطالعه از روش‌های (Brentrup *et al.*, 2000)، سازمان حفاظت محیط‌زیست (EPA, 1995) و هیئت بین دولتی تغییرات اقلیمی (IPCC, 2006) استفاده گردید. بر این اساس فرض شد که استفاده از هر ۱۰۰ کیلوگرم کود بر پایه نیتروژن منجر به انتشار ۱/۲۵ کیلوگرم دی نیتروژن منواکسید به هوا می‌شود. همچنین فرض شد که انتشار اکسیدهای نیتروژن و آمونیاک به ترتیب برابر با ۲ و ۸ درصد از کل مقدار کود نیتروژن اعمال شده باشد (Galloway *et al.*,

www.SID.ir

Archive of SID

(1995. علاوه بر این فرض شد که ۳۰ درصد از کل کودهای شیمیایی نیتروژن به صورت نیترات از سطح مقطع خاک آبشویی می شود(Erickson *et al.*, 2001). در این مطالعه فرض شد که میزان فسفر آبشویی شده به صورت فسفات ۰/۲۲ کیلوگرم در هکتار است (Yousefinejad-Ostad Kelayeh, 2015).

استفاده از سوخت‌های دیزل باعث انتشار آلاینده‌هایی به هوا می‌شود. در این مطالعه از داده‌های سیاهه چرخه حیات پایگاه داده اکواینونت استفاده شد(Nemecek & Kagi, 2007).

مقدار نهاده‌های لازم برای ارزیابی چرخه حیات ده تن گندم نگهداری شده در سیلو به مدت یک ماه و نیم، ده تن آرد تولیدی در کارخانه آرد، ده تن نان فانتزی تولید شده در کارخانه نان فانتزی سالم و ده تن نان سنگک تولید شده در نانوایی سنگک در جدول‌های ۲ تا ۵ بیان شده است.

جدول۲. نهاده‌های سیلو برای ارزیابی چرخه حیات

ماده	واحد	مقدار
آفت کش ها	کیلوگرم	۰/۳۰
الکتریسیته	کیلووات ساعت	۹۳/۸۰
حمل و نقل	تن.کیلومتر	۵/۳۰
چوب	کیلوگرم	۲۱/۳۰
نایلون	کیلوگرم	۱۲/۳۰
آلومینیوم	کیلوگرم	۱۷/۲۰

جدول۳. نهاده‌های کارخانه آرد برای ارزیابی چرخه حیات

ماده	واحد	مقدار
گندم خارج شده از سیلو	کیلوگرم	۱۱۰۰۰
آب	مترمکعب	۸۵/۶۷
حمل و نقل	تن.کیلومتر	۳۹/۲۷
الکتریسیته	کیلووات ساعت	۶۱۶/۴۴
نایلون	کیلوگرم	۲۲
چوب	کیلوگرم	۶/۷۳
آلومینیوم	کیلوگرم	۸/۹۷

جدول۴. نهاده‌های کارخانه نان سالم برای ارزیابی چرخه حیات

		مقدار مصرفی
		۵۵۵۵/۵۰
		۵۰
آب	مترمکعب	۳۴۲
حمل و نقل	تن.کیلومتر	۱۷۰/۱۲
الکتریسیته	کیلووات ساعت	۳۱۲
گاز طبیعی	ماده	واحد
مواد شوینده	آرد	کیلوگرم
چوب	شکر	کیلوگرم
آلومینیوم	کیلوگرم	۵/۲۸
نایلون	کیلوگرم	۲۲

پس از مرحله دوم ارزیابی چرخه حیات که همان تحلیل سیاهه‌ها می‌باشد، به بررسی مرحله سوم یعنی ارزیابی اثرات پرداخته‌شد. هدف از ارزیابی اثرات چرخه حیات تفسیر بیشتر داده‌های سیاهه چرخه حیات می‌باشد.

در این پژوهش، ارزیابی اثرات زیست‌محیطی براساس CML2 Baseline2000 انجام شد. با استفاده از این روش، ده بخش اثر مورد بررسی قرار گرفت. این ده بخش اثر عبارتنداز: تقلیل مواد غیرآلی[1]، پتانسیل اسیدی‌شدن[1]، پتانسیل اختناق دریاچه‌ای[2]، پتانسیل گرمایش جهانی[3]، نقصان لایه اوزون[4]، مسمومیت انسان‌ها[5]، مسمومیت آب‌های سطحی[6]، مسمومیت آب‌های آزاد[7]، مسمومیت خاک[8] و اکسیداسیون فتوشیمیایی[9].

مقدار شاخص‌های مربوط به بخش‌های اثر مختلف با استفاده از رابطه ۷ به‌دست آمد (Brentrup et al., 2004):

$$ICI_i = \sum_j R_j \times CF_{i,j} \quad \text{(رابطه ۷)}$$

در رابطه ۷ ICI_i مقدار شاخص برای بخش اثر i به ازای واحد عملکردی (هر کدام از بخش‌های اثر دارای یکای مربوط به خود می‌باشند)، R_j میزان مصرف منبع j به ازای واحد عملکردی و $CF_{i,j}$ عامل توصیف برای تعیین نقش منبع j در بخش اثر i می باشد.

آخرین مرحله از ارزیابی چرخه‌حیات که تفسیر نتایج می‌باشد در قسمت نتیجه‌گیری مورد بررسی قرار گرفته‌است.

مدل سازی

در این مطالعه برای برقراری رابطه بین میزان مصرف انرژی نهاده‌ها و انرژی حاصل از تولید گندم از تابع کاب-داگلاس استفاده شده است. شکل عمومی تابع کاب-داگلاس به شکل (رابطه ۸) می‌باشد. (Singh *et al.*, 2004; Mohammadshirazi et al., 2012).

$$Y = f(x)\exp(u) \quad (۸)$$

در رابطه ۸ Y مقدار خروجی تابع، $f(x)$ نهاده‌های تولیدی و $\exp(u)$ میزان مطلوبیت است.

برای تحلیل حساسیت نهاده‌ها بر روی عملکرد از روش

1. Abiotic Depletion (AD)
2. Acidification Potential (AP)
3. Eutrophication Potential (EP)
4. Global Warming Potential (GWP)
5. Ozone Layer Depletion (OLD)
6. Human Toxicity (HT)
7. Freshwater Aquatic Eco Toxicity (FAET)
8. Marine Aquatic Eco Toxicity (MAET)
9. Terrestrial Eco Toxicity (TE)
10. Photochemical Oxidation (PhO)

www.SID.ir

Archive of SID

تولید نهایی (MPP)[1] استفاده شد. تحلیل حساسیت روش مناسبی برای افزایش دقت و کاهش درجه عدم قطعیت نتایج است (Drechsler, 1998). برای محاسبه تحلیل حساسیت هر یک از نهاده‌ها از (رابطه ۹) استفاده گردید (Mobtaker *et al.*, 2012):

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

(رابطه ۹)

در (رابطه ۹)، $MPP_{x,j}$ مقدار بهره‌وری فیزیکی نهایی به ازای نهاده j ام، α_j ضریب رگرسیون نهاده j ام، $GM(Y)$ میانگین هندسی خروجی و $GM(X_j)$ میانگین هندسی هر نهاده انرژی در تولید گندم بر واحد هکتار می‌باشد.

جدول۵. نهاده‌های نانوایی سنگک برای ارزیابی چرخه حیات

ماده	واحد	مقدار مصرفی
آرد	کیلوگرم	۸۷۷۱/۹۰
آب	مترمکعب	۱۲۸۰
حمل و نقل	تن.کیلومتر	۲۱۰/۹۱
الکتریسیته	کیلووات ساعت	۳۵۴/۲۰
گاز طبیعی	مترمکعب	۲۱۴۵/۴۵

تحلیل پوششی داده ها

تحلیل پوششی، کارایی را در سه تعریف متفاوت ارائه می‌دهد که شامل کارایی فنی، کارایی فنی مطلق و کارایی مقیاس است (Ajabshirchi *et al*., 2011). در مطالعه حاضر از روش ورودی محور برای تحلیل پوششی داده‌ها استفاده گردید.

کارایی فنی از (رابطه ۱۳) قابل محاسبه می‌باشد (Mobtaker *et al*., 2012):

(رابطه ۱۰)

مجموع موزون خروجی ها/مجموع موزون ورودی ها=کارایی

رابطه‌ی ۱۰ را می‌توان در قالب مدل برنامه‌ریزی‌خطی به صورت زیر بیان کرد (Ajabshirchi *et al.*, 2011):

$$Max\theta = \sum_r u_r y_{rj}$$

$$\sum_i v_i x_{ij} = 1$$

$$\sum_r u_r y_{rj} - \sum_i v_i x_{ij} \le 0 \; for j = 1,\ldots,n$$

$$u_r \ge 0 \; for j = 1,..,s \;\&\; v_s \ge 0 \; for j = 1,..,m$$

که در آن θ کارایی فنی، u وزن خروجی‌ها، v وزن ورودی‌ها، x ورودی‌ها، n تعداد واحدهای تصمیم‌گیرنده، s تعداد خروجی‌ها و m تعداد نهاده‌ها می‌باشد.

همچنین برای محاسبه کارایی فنی مطلق از مدل برنامه‌ریزی خطی زیر استفاده شد:

$$Maxz = uy_i - u_i$$

$$vx_i = 1 \; to \; Subjected$$

$$-vX + uY - u_0 e \le 0$$

$$v_s \ge 0, u_r \ge 0 \;\&\; u_0 \; free \; in \; sign$$

کارایی مقیاس نیز از تقسیم این دو عامل (کارایی فنی و کارایی فنی مطلق) به دست می‌آید.

در این مطالعه، داده‌ها توسط نرم افزار EMS تحلیل گردید. مزارع از نظر مصرف انرژی مورد ارزیابی قرار گرفتند، سپس واحدهای کارا و ناکارا تعیین شدند و میزان مصرف نهاده‌ها در حالت بهینه محاسبه و بررسی شد. سپس بار دیگر محاسبات ارزیابی چرخه حیات برای تولید گندم صورت پذیرفت تا تغییرات میزان انتشار شاخص‌های آلایندگی در اثر بهینه سازی نیز محاسبه گردد.

نتایج و بحث ها

تحلیل انرژی های ورودی و خروجی در کشت گندم

به منظور بررسی تأثیر وسعت مزرعه بر میزان مصرف انرژی و مقایسه انرژی خروجی مزارع با ابعاد متفاوت، مزارع زیر کشت گندم در منطقه به سه دسته‌ی کوچک (کمتر از یک هکتار)، متوسط (یک تا سه هکتار) و بزرگ (بیش از سه هکتار) تقسیم شدند و سپس مقایسه آماری سه دسته ذکر شده توسط آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد و در قالب بلوک کامل تصادفی انجام گرفت و نتایج آن در جدول ۶ نشان ارائه شده‌اند.

براساس جدول ۶ میانگین کل انرژی نهاده‌ها برابر ۱۵۶۵۱/۲۷ مگاژول بر هکتار است که بیشترین مقدار متعلق به کود نیتروژن و بذر مصرفی می‌باشد. میانگین کل انرژی ستانده‌ها برای گندم و کلش به ترتیب برابر با ۲۷۶۰۳/۰۲ و ۱۵۵۷۰/۷۳ مگاژول بر هکتار می‌باشد.

به طور کلی می توان از مقادیر جدول ۶ نتیجه گرفت که در تولید گندم در مزارع گیلان، مساحت زمین تأثیر معنی‌داری بر انرژی مصرفی و انرژی خروجی (عملکرد) دارد. بدین صورت که با افزایش مساحت زمین، انرژی مصرفی کل مقدار کمتری داشته و عملکرد بیشتری به‌دست آمده است.

مقادیر و درصد هر یک از انواع مختلف انرژی در تولید گندم در جدول ۷ بیان شده است.

1. Marginal physical product

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۶.مقایسه انرژی نهاده‌ها وستانده‌ها در در تولید گندم بر اساس اندازه مزرعه

بخش	گروه بندی زمین(هکتار)			میانگین (مگاژول بر هکتار)
	کوچک (مگاژول بر هکتار)	متوسط (مگاژول بر هکتار)	بزرگ (مگاژول بر هکتار)	
الف-نهاده‌ها				
نیروی کارگری	۶۴۳/۱۷[a]	۴۶۲/۳۷[a]	۴۰۱/۱۱[a]	۵۲۶/۹۱
ماشین‌ها و ادوات	۲۱۱/۰۱[a]	۵۵۸/۷۹[b]	۸۰۸/۸۴[c]	۶۳۱/۹۰
سوخت دیزل	۲۶۱۰/۹۱[a]	۳۰۵۰/۲۷[b]	۴۲۷۱/۱۸[c]	۳۸۰۰/۴۹
کودهای شیمیایی				
نیتروژن	۴۵۶۲/۷۸[a]	۳۹۸۹/۶۹[b]	۳۷۲۲/۲۹[b]	۴۲۰۱/۰۲
فسفر	۵۰۸/۴۷[a]	۴۵۸/۲۵[a]	۴۲۱/۷۲[a]	۴۷۳/۰۱
آفت‌کش‌ها	۲۳۷۷/۸۲[a]	۲۲۱۹/۷۵[a]	۲۱۹۶/۸۶[a]	۲۲۸۹/۹۳
بذر	۴۰۰۲/۷۷[a]	۳۵۹۱/۳۶[b]	۳۱۰۸/۶۴[c]	۳۷۲۸/۰۱
کل انرژی نهاده‌ها	۱۴۹۱۶/۹۳[a]	۱۴۳۳۰/۹۸[b]	۱۴۹۳۰/۶۴[c]	۱۵۶۵۱/۲۷
ب-ستانده‌ها				
گندم	۱۸۰۸۴/۶[a]	۲۵۹۵۱/۸۶[b]	۲۹۴۱۴/۷۸[c]	۲۷۶۰۳/۰۲
کاه و کلش گندم	۱۰۲۰۰/۳۷[a]	۱۴۶۳۸/۱۳[b]	۱۶۵۹۱/۲۴[c]	۱۵۵۷۰/۷۳

- حروف انگلیسی بیانگر معنی‌داری اختلاف معنی‌دار میان سطوح مختلف مزارع می باشد
- مقادیر در جدول بر حسب مگاژول بر هکتار می باشد

جدول۷. مقادیر انواع انرژی در تولید گندم

نوع انرژی	مقدار (مگاژول بر هکتار)	درصد(٪)
مستقیم	۶۶۱۷/۳۲	۴۲
غیرمستقیم	۹۰۳۳/۹۵	۵۸
تجدید پذیر	۲۸۱۶/۸۳	۱۸
تجدیدناپذیر	۱۲۸۳۴/۴۴	۸۲

در تحقیق انجام شده Alipour *et al.* (2013) در شهرستان ری بر روی کشت آبی گندم، میزان انرژی ورودی و خروجی به ترتیب ۴۷۳۷۷/۶ و ۱۲۴۹۹۰ مگاژول در هکتار محاسبه گردید. کود شیمیایی نیتروژن، سوخت دیزل و ماشین‌ها و ادوات به ترتیب با مقادیر ۱۴۷۴۴، ۹۱۰۵/۳ و ۵۷۵۵/۹ مگاژول به‌عنوان مواردی که بیشترین سهم را در مصرف انرژی دارند، معرفی شدند. همچنین ۶۲/۱ و ۳۷/۹ درصد از تمام انرژی ورودی مصرفی به ترتیب متعلق به انرژی غیرمستقیم و مستقیم می‌باشد.

Soltani *et al.* (2013) نیز کود نیتروژن و سوخت عملیات ماشینی را به‌عنوان مواردی که بیشترین سهم را در مصرف انرژی دارند، معرفی نموده‌اند.

Safa *et al.* (2011) مطالعه خود در زمینه کشت گندم در کشور نیوزلند، کل انرژی ورودی برای کشت گندم آبی و دیم را به ترتیب ۲۵/۶ و ۱۷/۴۵ گیگاژول در هکتار برآورد کردند. همچنین طبق نتایج آن‌ها، در کشت گندم آبی کودهای شیمیایی و الکتریسته به ترتیب با سهم ۴۰ و ۳۰ درصد از کل انرژی نهاده‌های مصرفی را به خود اختصاص دادند.

در مطالعه دیگری Khoshnevisan *et al.* (2013) در منطقه فریدون شهر استان اصفهان، برای کشت یک هکتار گندم آبی صورت گرفت، ۸۰/۱۷ گیگاژول انرژی از منابع مختلف مصرف شد. انرژی ستانده‌ها در کشت این محصول نیز ۳۸/۰۴ گیگاژول در هکتار محاسبه گردید.

تحلیل شاخص‌های انرژی در گندم

نتیجه محاسبه شاخص‌های انرژی طبق روش‌های گفته شده در مواد و روش‌ها در جدول ۸ به‌طور خلاصه بیان شده است.

طبق جدول ۸، انرژی تولید گندم برابر با ۱/۷۶ می‌باشد که نشان‌دهنده کارایی متوسط به بالا در مصرف انرژی در منطقه می‌باشد.

همچنین مثبت بودن عدد افزوده خالص انرژی در تولید گندم بیانگر تولید کارا در گیلان می‌باشد.

در مطالعه‌ای مشابه، Khoshnevisan *et al.* (2013) نسبت انرژی در تولید گندم را برابر با ۰/۴۵ تعیین نمودند.

www.SID.ir

Archive of SID

در کشت گندم آبی در شهرستان ری Alipour *et al.* (2013)، میزان انرژی خالص تولیدی و بهره‌وری انرژی به ترتیب ۷۷۶۱۱/۷ و ۰/۱۱ مگاژول در هکتار و کارایی مصرف انرژی ۲/۶۳ به دست آمد.

جدول۸. شاخص‌های انرژی در تولید گندم

شاخص انرژی	واحد	مقدار محاسبه شده
نسبت انرژی	-	۱/۷۶
بهره‌وری انرژی	کیلوگرم بر مگاژول	۰/۱۲
انرژی ویژه	مگاژول بر کیلوگرم	۸/۳۴
افزوده خالص انرژی	مگاژول بر هکتار	۱۱۹۵۱/۷۴

تحلیل انرژی مصرفی در زنجیره تولید نان

برای اندازه‌گیری انرژی زنجیره تولید نان میزان انرژی مصرفی در هر یک از مراحل محاسبه گردید. نتایج آن در جداول ۹ تا ۱۲ به‌طور خلاصه بیان شده است.

براساس مقادیر به‌دست آمده الکتریسیته و نایلون بیشترین مقدار مصرف انرژی را در سیلوی نگهداری گندم به خود اختصاص داده‌اند. بهینه‌سازی انرژی الکتریسیته و استفاده از سامانه‌های مناسب برای نگهداری گندم در سیلو باعث حفظ الکتریسیته و کاهش میزان نایلون مصرفی می‌شود که علاوه‌بر اثرات مثبت در کاهش مصرف انرژی، در کاهش آلاینده‌ها نیز می‌تواند مؤثر باشد.

جدول۹. انرژی مصرفی نهاده‌ها در سیلو نگهداری گندم

نوع نهاده	مقدار	واحد
نیروی کارگری	۱۰/۱۹	مگاژول بر ده تن گندم
آفت‌کش‌ها	۳۶	مگاژول بر ده تن گندم
الکتریسیته	۱۱۱۹/۰۳	مگاژول بر ده تن گندم
حمل و نقل	۲۳/۸۵	مگاژول بر ده تن گندم
نایلون	۱۱۰۷	مگاژول بر ده تن گندم
کل انرژی نهاده	۲۲۹۶/۰۷	مگاژول بر ده تن گندم

جدول۱۰. انرژی مصرفی نهاده ها در کارخانه آرد

نوع نهاده	مقدار	واحد
نیروی کارگری	۶۸/۳۵	مگاژول بر ده تن آرد
الکتریسیته	۷۳۵۴/۱۳	مگاژول بر ده تن آرد
حمل و نقل	۱۷۶/۷۲	مگاژول بر ده تن آرد
نایلون	۲۶۴	مگاژول بر ده تن آرد
آب	۸۹/۹۵	مگاژول بر ده تن آرد
گندم	۱۶۱۷۰۰	مگاژول بر ده تن آرد
کل انرژی نهاده	۱۶۹۶۵۳/۱۴	مگاژول بر ده تن آرد

جدول۱۱. انرژی مصرفی نهاده‌ها در کارخانه نان فانتزی سالم

نوع نهاده	مقدار	واحد
نیروی کارگری	۱۴۱۱/۲۰	مگاژول بر ده تن نان
الکتریسیته	۳۷۲۲/۱۶	مگاژول بر ده تن نان
حمل و نقل	۷۶۵/۵۴	مگاژول بر ده تن نان
نایلون	۲۶۴	مگاژول بر ده تن نان
آب	۳۵۹/۳۳	مگاژول بر ده تن نان
گاز طبیعی	۸۷۲۷۵/۱۴	مگاژول بر ده تن نان
آرد	۱۶۸۶۶۴/۹۸	مگاژول بر ده تن نان
شکر	۷۷۰	مگاژول بر ده تن نان
مواد شوینده	۶۶/۸۲	مگاژول بر ده تن نان
کل انرژی نهاده	۲۶۳۲۹۹/۱۷	مگاژول بر ده تن نان

جدول۱۲. انرژی مصرفی نهاده‌ها در نانوایی سنگک

نوع نهاده	مقدار	واحد
نیروی کارگری	۲۵۸۷/۲۰	مگاژول بر ده تن نان
الکتریسیته	۴۲۲۵/۶۱	مگاژول بر ده تن نان
حمل و نقل	۹۴۹/۱۰	مگاژول بر ده تن نان
آب	۱۳۴۴	مگاژول بر ده تن نان
گاز طبیعی	۱۹۳۳۲۶/۵۰	مگاژول بر ده تن نان
آرد	۲۶۶۳۱۴/۸۸	مگاژول بر ده تن نان
کل انرژی نهاده	۴۶۸۷۴۷/۲۸	مگاژول بر ده تن نان

در کارخانه نان فانتزی سالم بیشترین مصرف انرژی ورودی مربوط به آرد می‌باشد و در نانوایی سنگک بیشترین مصرف انرژی مصرفی را آرد و گاز طبیعی به خود اختصاص داده‌اند.

همان‌طور که از نتایج پیداست، در کارخانه نان فانتزی سالم و نانوایی سنگک، آرد خروجی از کارخانه دارای سهم ویژه در مصرف انرژی می‌باشد. از طرف دیگر در کارخانه تولید آرد نیز گندم بیشترین مصرف انرژی مصرفی را دارا می‌باشد، پس می‌توان به این نتیجه رسید که بهینه‌سازی و استفاده درست از منابع انرژی در تولید گندم می‌تواند نقش بسیار مهم و معنی‌داری بر صرفه‌جویی در انرژی مصرفی تمامی مراحل زنجیره تولید نان ایفا کند.

نتایج ارزیابی چرخه حیات

طبق روش‌های اشاره شده در قسمت مواد و روش‌ها، میزان انتشار آلاینده‌ها در سامانه‌های مورد مطالعه زنجیره تولید نان در جداول ۱۳ تا ۱۷ بیان شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱۳. شاخص‌های ارزیابی چرخه حیات درتولید گندم

بخش‌های اثر	واحد	مقدار (به ازای ده تن عملکرد گندم)
تقلیل مواد غیرآلی	Kg Sb eq	۵۵/۳۶
اسیدی شدن	Kg SO_2 eq	۵۰/۲۳
اختناق دریاچه‌ای	Kg PO_4^{3-} eq	۶/۴۸
پتانسیل گرمایش جهانی	Kg CO_2	۸۱۲۴/۱۲
نقصان لایه اوزون	Kg CFC-11 eq	۰/۰۰۵
مسمومیت انسان ها	Kg 1,4-DCB eq	۶۷۰۳/۷۰
مسمومیت آب‌های سطحی	Kg 1,4-DCB eq	۱۰۷/۳۵
مسمومیت آب‌های آزاد	Kg 1,4-DCB eq	۴۸۹۵۹۸/۷۷
مسمومیت خاک	Kg 1,4-DCB eq	۲۱/۰۰
اکسیداسیون فتوشیمیایی	Kg C_2H_4 eq	۴/۰۰

جدول۱۴. شاخص‌های ارزیابی چرخه حیات درسیلو

بخش‌های اثر	واحد	مقدار (به ازای ده تن گندم)
تقلیل مواد غیرآلی	Kg Sb eq	۳/۰۱
اسیدی شدن	Kg SO_2 eq	۲/۵۶
اختناق دریاچه‌ای	Kg PO_4^{3-} eq	۰/۳۰
پتانسیل گرمایش جهانی	Kg CO_2	۴۷۹/۳۵
نقصان لایه اوزون	Kg CFC-11 eq	۰/۰۰۰۲
مسمومیت انسان‌ها	Kg 1,4-DCB eq	۳۸۰/۴۷
مسمومیت آب‌های سطحی	Kg 1,4-DCB eq	۷/۶۰
مسمومیت آب‌های آزاد	Kg 1,4-DCB eq	۳۴۸۲۸/۱۸
مسمومیت خاک	Kg 1,4-DCB eq	۱/۱۳
اکسیداسیون فتوشیمیایی	Kg C_2H_4 eq	۱/۱۷

جدول ۱۵. شاخص‌های ارزیابی چرخه حیات درکارخانه آرد

بخش های اثر	واحد	مقدار (به ازای ده تن آرد)
تقلیل مواد غیرآلی	Kg Sb eq	۷/۸۸
اسیدی شدن	Kg SO_2 eq	۴/۶۹
اختناق دریاچه‌ای	Kg PO_4^{3-} eq	۰/۵۵
پتانسیل گرمایش جهانی	Kg CO_2	۱۲۳۰/۷۷
نقصان لایه اوزون	Kg CFC-11 eq	۰/۰۰۰۳
مسمومیت انسان‌ها	Kg 1,4-DCB eq	۶۹۲/۵۳
مسمومیت آب‌های سطحی	Kg 1,4-DCB eq	۲۴/۴۷
مسمومیت آب‌های آزاد	Kg 1,4-DCB eq	۷۹۵۹۰/۸۲
مسمومیت خاک	Kg 1,4-DCB eq	۳/۰۸
اکسیداسیون فتوشیمیایی	Kg C_2H_4 eq	۰/۲۹

جدول ۱۶. شاخص‌های ارزیابی چرخه حیات درتولید نان فانتزی

بخش‌های اثر	واحد	مقدار(به ازای ده تن نان فانتزی)
تقلیل مواد غیرآلی	Kg Sb eq	۳۱/۶۳
اسیدی شدن	Kg SO_2 eq	۸/۸۷
اختناق دریاچه‌ای	Kg PO_4^{3-} eq	۰/۹۸
پتانسیل گرمایش جهانی	Kg CO_2	۲۱۵۱/۶۳
نقصان لایه اوزون	Kg CFC-11 eq	۰/۰۰۰۴
مسمومیت انسان‌ها	Kg 1,4-DCB eq	۱۰۵۲/۵۲
مسمومیت آب‌های سطحی	Kg 1,4-DCB eq	۸۸/۵۰
مسمومیت آب‌های آزاد	Kg 1,4-DCB eq	۲۹۵۴۴۵/۷۵
مسمومیت خاک	Kg 1,4-DCB eq	۸/۲۲
اکسیداسیون فتوشیمیایی	Kg C_2H_4 eq	۰/۵۲

جدول ۱۷:شاخص‌های ارزیابی چرخه حیات درتولید نان سنگک

بخش‌های اثر	واحد	مقدار (به ازای ده تن نان سنگک)
تقلیل مواد غیرآلی	Kg Sb eq	۵۴/۵۵
اسیدی شدن	Kg SO_2 eq	۸/۵۶
اختناق دریاچه‌ای	Kg PO_4^{3-} eq	۰/۹۳
پتانسیل گرمایش جهانی	Kg CO_2	۲۳۰۴/۲۶
نقصان لایه اوزون	Kg CFC-11 eq	۰/۰۰۰۴
مسمومیت انسان‌ها	Kg 1,4-DCB eq	۱۱۱۳/۶۵
مسمومیت آب‌های سطحی	Kg 1,4-DCB eq	۱۳۹/۲۶
مسمومیت آب‌های آزاد	Kg 1,4-DCB eq	۴۷۸۲۱۱/۱۴
مسمومیت خاک	Kg 1,4-DCB eq	۵/۵۸
اکسیداسیون فتوشیمیایی	Kg C_2H_4 eq	۰/۵۸

مدل سازی

در فرآیند مدل‌سازی تولید محصولات مورد مطالعه، رابطه‌ی بین انرژی‌های ورودی و عملکرد گندم با بهره‌گیری از تابع کاب-داگلاس تخمین زده شد و برای این منظور از نرم افزار SPSS 20 استفاده گردید. نتایج مدل‌سازی برای جریان انرژی در مزارع گندم در جدول۱۸ نشان داده شده است.

با توجه به جدول ۱۸، مقدار دوربین-واتسون برای مدل برابر با ۲/۰۵ می‌باشد که نشان‌دهنده عدم وجود خود همبستگی در سطح پنج درصد در مدل تخمینی می‌باشد. نرخ بازگشت به مقیاس برای مدل ۱/۴۶ به دست آمده است که نشان دهنده اثر مثبت افزایش نهاده‌ها در تولید گندم می‌باشد. اثر نهاده‌های بذر و نیروی کارگری به ترتیب در سطح یک درصد و پنج درصد معنی‌دار شده و سایر نهاده‌ها بر عملکرد گندم معنی‌دار نشد.

www.SID.ir

Archive of SID

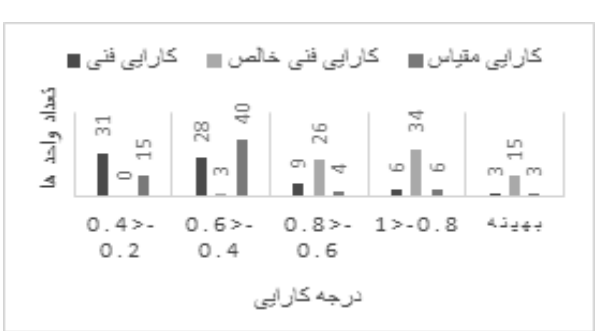
جدول۱۸. نتایج مدل رگرسیونی و تحلیل حساسیت انرژی مصرفی در تولید گندم

متغیرهای بیرونی	ضرایب	نسبت t	MPP
نیروی کارگری	۰/۹۴	۲/۲۲*	۳/۰۹
ماشین‌ها و ادوات	-۰/۲۶	-۱/۱۳ns	-۰/۷۳
سوخت دیزل	-۰/۰۲	-۰/۰۱ns	-۰/۰۰۱
نیتروژن	۰/۷۷	۵/۵۴**	۰/۵۹
فسفر	۰/۰۳	۰/۷۷ns	۰/۲۱
آفت‌کش	-۰/۰۲	-۰/۳۷ns	-۰/۰۲
بذر	۰/۰۰۴	۰/۰۶ns	۰/۰۰۳
آزمون دوربین-واتسون	۲/۰۵		
R^2	۰/۹۹		
نرخ بازگشت به مقیاس	۱/۴۶		

* معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد
** معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد
ns عدم معنی‌داری

تعیین واحد کارا و ناکارا

هر یک از تولیدکنندگان گندم به عنوان واحد تصمیم‌گیری برای تعیین واحد کارا و ناکارا انتخاب شدند. انرژی نهاده‌ها و ستاده‌ها به عنوان ورودی و خروجی در نظر گرفته شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از مدل‌های بازگشت به مقیاس ثابت و بازگشت به مقیاس متغیر و روش ورودی محور انجام شد. نتایج مدل در شکل ۱ نشان داده شده است. از میان ۷۸ واحد بررسی شده، ۱۵ واحد براساس مدل BCC دارای کارایی فنی خالص ۱ و ۳ واحد بر اساس مدل CCR دارای کارایی فنی ۱ می‌باشد. کارایی مقیاس برای ۳ واحد برابر با یک به‌دست آمده است. مدل معرفی شده در CCR قطعاً در مدل BCC نیز کارا می‌باشد و علت آن تساوی تعداد واحدهای کارا در کارایی فنی و کارایی مقیاس می‌باشد. علت اختلاف ۱۲ واحدی بین کارایی فنی خالص و کارایی فنی، نامناسب بودن مقیاس تولید برای واحدها می‌باشد.



شکل ۱. فراوانی کشاورزان از نظر نوع کارایی

مقادیر میانگین کارایی های مختلف برای کشاورزان گندم کار در جدول ۱۹ بیان شده است.

جدول۱۹. مقادیر مختلف انواع کارایی کشاورزان گندم کار در منطقه مورد مطالعه

عنوان	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
کارایی فنی	۰/۴۷	۰/۲۳	۰/۱۷	۱/۰۰
کارایی فنی خالص	۰/۸۳	۰/۱۲	۰/۵۱	۱/۰۰
کارایی مقیاس	۰/۵۷	۰/۲۲	۰/۲۱	۱/۰۰

در مطالعه انجام شده Ajabshirchi *et al*. (2011) بر روی محصول گندم دیم دشت سیلاخور در شهرستان بروجرد و درود استان لرستان صورت گرفت. با تحلیل پوششی داده‌ها میانگین سطوح کارایی در سه سطح زمین ۰/۱ تا ۲ هکتار، ۲/۱ تا ۵ هکتار و ۵ هکتار به بالا به ترتیب ۸۲، ۷۸ و ۶۸ درصد محاسبه شد. همچنین میانگین کارایی فنی واحدهای ناکارا بر اساس مدل بازگشت به مقیاس ثابت در سه سطح ذکر شده به ترتیب ۷۹/۷، ۷۵/۳ و ۶۸ درصد می‌باشد.

مقادیر انرژی بهینه، انرژی ذخیره شده و درصد آن و درصد ذخیره برای تولید گندم در استان گیلان در جدول ۲۰ ارائه شده است.

جدول۲۰. مقادیر بهینه نهاده‌ها و انرژی ذخیره شده در تولید گندم

نهاده‌ها	مقداربهینه‌مصرف (مگاژول‌برهکتار)	مقدارانرژی‌ذخیره‌شده (مگاژول‌برهکتار)	درصدانرژی ذخیره شده
نیروی کارگری	۳۸۳/۹۵	۱۴۲/۹۵	۲۷/۱۳
ماشین‌ها و ادوات	۴۹۱/۵۲	۱۴۰/۳۸	۲۲/۲۲
سوخت دیزل	۲۹۰۰/۴۶	۹۰۰/۰۳	۲۳/۶۸
نیتروژن	۱۷۶۷/۸۵	۵۲۲/۰۸	۲۲/۸۰
فسفر	۲۷۳/۴۲	۱۹۹/۵۹	۴۲/۲۰
آفت‌کش	۲۰۵۹/۳۰	۱۶۶۸/۷۱	۴۴/۷۶
بذر	۲۳۳۲/۷۳	۱۸۶۸/۳۰	۴۴/۴۷
مجموع‌انرژی‌نهاده‌ها	۱۰۲۰۹/۲۳	۵۴۴۲/۰۴	۳۴/۷۷

بر اساس نتایج بدست آمده بیشترین مقدار کاهش مصرف متعلق به نهاده‌های بذر، آفت‌کش‌ها و کود فسفر می‌باشد که این موضوع نشان دهنده مصرف بی‌رویه این نهاده در منطقه مورد مطالعه می‌باشد که با بهینه‌سازی مصرف نهاده‌ها بیشترین مقدار انرژی ذخیره شده متعلق به این دو موارد خواهد بود. نکته قابل توجه در ابتدای بررسی نتایج بالا بودن مقدار متوسط انرژی مصرفی در برخی نهاده ها همچون بذر و سم مصرفی بود که توجیه منطقی در این امر وجود نداشت. با کنترل بیولوژیک و مکانیکی آفات، بیماری‌ها و قارچ‌ها، کوددهی براساس نیاز گیاه، تناوب زراعی صحیح، استفاده از گیاهان خانواده لگوم، استفاده از کودهای کمپوست و کودهای سبز می‌توان مقدار استفاده از کودهای شیمیایی را بهینه ساخت و به حداقل رساند. بررسی نتایج جدول ۲۰ نشان می‌دهد که این بالا بودن در نتیجه

www.SID.ir

Archive of SID

مصرف بی‌رویه در برخی از مزارع است و چون روش تحلیل پوششی داده‌ها به مقایسه مزارع می‌پردازد، اینگونه استدلال می‌گردد که نهاده‌هایی چون بذر و سم در منطقه مورد مطالعه چون به صورت ناهمگون مصرف می‌گردد پتانسیل بالایی از نظر کاهش مصرف دارند. یکی از موارد حائز اهمیت در هر پژوهش علمی رعایت صداقت در ارائه گزارش و نتایج است. یکی از محدودیت‌های مقاله حاضر عدم امکان بررسی مجدد داده‌های جمع‌آوری شده از پرسشنامه‌ها می‌باشد لذا نمی‌توان در رابطه با سم و بذر مصرفی از صحت اعداد ارائه شده توسط کشاورزان اطمینان کامل کسب کرد و نتایج تحلیل پوششی داده‌ها که در جدول ۲۰ ارائه شده‌اند امکان وجود نقص در داده برداری اولیه را بیشتر آشکار می‌کند، لذا بدلیل محدودیت موجود لازم است خوانندگان محترم در رابطه با مقدار انژری نهاده‌های سم و بذر در منطقه مورد مطالعه، بررسی دقیق‌تری انجام دهند تا از نتایج تحقیق حاضر با اطمینان بیشتری استفاده نمایند.

در مطالعه انجام شده Mirhaji *et al*. (2013)، ترکیبات نیتروژن مهم‌ترین عامل ایجاد تاثیرات زیست‌محیطی می‌باشند.

مقادیر بهبود یافته شاخص‌ها و انواع انرژی به ترتیب در جداول ۲۱ و ۲۲ ارائه شده است.

جدول ۲۱. تغییرات شاخص‌ها پس از بهینه‌سازی توسط تحلیل پوششی داده‌ها در تولید گندم

شاخص	واحد	مقدار بهینه	اختلاف با مقدار حاضر	درصد اختلاف	روند
نسبت انرژی	-	۲/۷۰	۰/۹۴	۵۳/۳۱	افزایش
بهره‌وری انرژی	کیلوگرم بر مگاژول	۰/۱۸	۰/۰۶	۵۳/۳۱	افزایش
انرژی ویژه	مگاژول بر کیلوگرم	۵/۴۴	۲/۹۰	۳۴/۷۷	کاهش
افزوده خالص انرژی	مگاژول بر هکتار	۱۷۳۹۳/۷۹	۵۴۴۲/۰۴	۴۵/۵۳	افزایش

جدول ۲۲. تغییرات انواع انرژی پس از بهینه‌سازی توسط تحلیل پوششی داده‌ها در تولید گندم

شاخص	واحد	مقدار بهینه	اختلاف با مقدار حاضر	درصد اختلاف	روند
انرژی مستقیم	مگاژول بر هکتار	۳۲۸۴/۴۱	۳۳۳۲/۹۱	۵۰/۳۷	کاهش
انرژی غیرمستقیم	مگاژول بر هکتار	۲۸۲۴/۲۵	۶۲۰۹/۷۰	۶۸/۷۴	کاهش
انرژی تجدیدپذیر	مگاژول بر هکتار	۳۸۳/۹۵	۲۴۳۲/۸۸	۸۶/۳۷	کاهش
انرژی تجدیدناپذیر	مگاژول بر هکتار	۵۷۲۴/۷۱	۷۱۰۹/۷۴	۵۵/۴۰	کاهش

نتیجه گیری

با توجه به بررسی‌های انجام شده در این پژوهش میانگین کل انرژی مصرفی نهاده های گندم برابر با ۱۵۶۵۱/۲۷ مگاژول‌برهکتار به دست آمد. کود نیتروژن و بذر مصرفی در بین نهاده‌های مصرفی دارای بیشترین سطح انرژی می‌باشند. میانگین کل انرژی ستانده‌ها برای تولید گندم برابر با ۲۷۶۰۳/۰۲ مگاژول‌برهکتار و برای کلش برابر با ۱۵۵۷۰/۷۳ مگاژول‌برهکتار حاصل گردید.

مقدار نسبت انرژی تولید گندم برابر با ۱/۷۶ می‌باشد که نشان دهنده‌ی کارایی متوسط به بالای مصرف انرژی در سطح منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

طبق بررسی‌های انجام شده گندم و آرد بیشترین انرژی مصرفی و بار زیست‌محیطی را در زنجیره تولید نان دارا می‌باشند. همچنین در کشت گندم بیشترین بار زیست‌محیطی متعلق به آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی می‌باشد.

طبق مدل سازی عملکرد گندم براساس نهاده‌های انرژی مصرفی (تابع کاب-داگلاس)، نرخ بازگشت به مقیاس برای مدل ۱/۴۶ به دست آمد که نشان دهنده اثر مثبت افزایش نهاده‌ها در تولید گندم می‌باشد.

REFRENCE

Abolsheikhi, M., (2014) Check bread production environmental cycle, study: Rey province, Tehran. Master's thesis. Agricultural engineering and technology college, Tehran University.(In Farsi)

Ajabshirchi, Y., Taki M., Abdi R., Ghobadifar A., Ranjbar A. (2011). Check in dry wheat farming with data envelopment analysis (DEA), study: Silakhor field. Greenhouse cucumber produce with DEA method, study: Share-Reza province of

www.SID.ir

Archive of SID

Esfahan. Agricultural *machinery publication.*1(2):122-132. (In Farsi)

Alipour A., Keshavarz Afshar R., Ghaleh-Golab Behbahani A., Kariminejad M. and Mahmoudi V. (2013). Checked energy flow in wheat cultivated: A case study: Rey province. *Agriculture knowledge and stable production magazine 23(3): 56-69.* (In Farsi)

Almasi, M., Kiani Sh., Lavimi N. (2008). Agricultural mechanization, *Jangal publication*.(In Farsi)

Brentrup F., Küsters J., Kuhlmann H. and Lammel L. (2004). Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment methodology: I. Theoretical concept of a LCA method tailored to crop *production. European Journal of Agronomy* 20: 247-264.

Canakci M., Akinc I. (2006). Energy use pattern analyses of greenhouse vegetable production Energy 31: 1243-1256.

Charles R., Jolliet O., Gaillard G. and Pellet D. (2006). Environmental analysis of intensity level in wheat crop production using life cycle assessment. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 113: 216-225

Dashti, Gh., Shorafa S. (2009). Analysis economy saving of optimization measure and scale in laying chicken breeding unit in Tehran province. *Agricultural economy and development,* 17(68): 17-35. (In Farsi)

Drechsler M. (1998). Sensitivity analysis of complex models. *Biological Conservation* 86(3): 401-412.

EPA. 1995. Compilation of air pollutant emissions factors. http://www.epa.gov/.

Erickson J., Cisar J., Volin J. and Snyder G. (2001). Comparing nitrogen runoff and leaching between newly established St. Augustine grass turf and an alternative residential landscape. *Crop Science* 41: 1889-1895.

Galloway J.N, Schlesinger W.H., Levy H., Michaels A. and Schnoor J.L. (1995). Nitrogen fixation: Anthropogenic enhancement-environmental response. *Global Biogeochemical Cycle* 9:235-252.

Ghahderijaini M., Pishgar-Komleh S.H., Keyhani A. and Sefeedpari P. (2013). Energy analysis and life cycle assessment of wheat production in Iran. *African Journal of Agricultural Research* 8(18): 1929-1939.

Guinée J.B. (2002). Handbook on life cycle assessment operational guide to the ISO standards. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 7: 311-313.

IPCC. (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

ISO. (2006). Environmental Management- Life Cycle Assessment- Principles and Framework- ISO 14040.

Khoshnevisan, B. (2013). Modeling and optimize pollution emission and consumption energy in harvest some crops (Potato, Wheat, Greenhouse cucumber, Greenhouse tomato). In Fereydonshar of Esfahan province. MSc. Agricultural engineering and technology college, Tehran University.(In Farsi)

Khoshnevisan B., Rafiee Sh., Omid M. and Yousefi M. (2013b). Prediction of environmental indices of Iran wheat production using artificial neural networks. *International Journal of Energy and Environment* 4(2): 339-348.

Khoshnevisan, B., Rafiee S., Omid M., Yousefi M., Movahedi M. (2013a). Modeling of energy consumption and GHG (greenhouse gas) emissions in wheat production in Esfahan province of Iran using artificial neural networks. *Energy* 52, 333-338.

Kitani O. (1999). CIGR handbook of agricultural engineering. ASAE publication, ST Joseph, MI.

Kizilaslan H. 2009. Input-output energy analysis of cherries production in Tokat Province of Turkey. *Applied Energy* 86: 1354-1358.

Maupu P., Berthoud A., Negri O., Leguereau B., Gely B. and Poupart A. (2012).Traceabiliy of environmental information all along the cereal industry: from the wheat field to the bakery proceeding 2nd LCA. Conference, 6-7 November, Lille France.

Mirhaji H., Khojastehpour M. and Abaspour Fard M. (2013). Checked environmental effects in wheat production in Marvdasht, Iran. *Environmenta journal, Iran natural resources 66(2):223-232.*(In Farsi)

Mirshekari, F. (2011). Introduce genetic algorithm with many goal optimization. Master's seminar. Agricultural engineering and technology college, Tehran University. (In Farsi)

Mobtaker H.G., Keyhani A., Mohammadi A., Rafiee Sh. and Akram A. (2010). Sensitivity analysis of energy inputs for barley production in Hamedan Province of Iran. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 137: 367-372.

Mobtaker H.G., Akram A. and Keyhani A. (2012). Energy use and sensitivity analysis of energy inputs for alfalfa production in Iran. *Energy for Sustainable Development* 16(1): 84-89

Mobtaker H.G., Akram A., Keyhani A. and Mohammadi A. (2012). Optimization of energy required for alfalfa production using data envelopment analysis approach. *Energy for Sustainable Development* 16(2): 242-248

Mohammadi A., Tabatabaeefar A., Shahin S., Rafiee Sh. and Keyhani A. (2008). Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil province. *Energy Conversion and Management* 49: 3566-3570.

Mohammadshrazi A., Akram A., Rafiee Sh., Mousavi-Avval S.H. and Bagheri kalhor E. (2012). An analysis of energy use and relation between energy inputs and yield in tangerine production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16: 4515-4521.

Mousavi-Avval S.H., Rafiee Sh., Jafari A., and Mohammadi A. (2011). Optimization of energy consumption for soybean production using Data.

www.SID.ir

Archive of SID

Envelopment Analysis (DEA) approach. *Applied Energy* 88: 3765-3772.

Nabavi-Pelesaraei A., Abdi R., Rafiee Sh., Shamshirband S. and Yousfinejad-Ostadkelayeh M. (2015). Resource management in cropping systems using artificial intelligence techniques – a case study of orange orchards in north of Iran. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*

DOI: http://dx.doi.org/10.1007/s00477-015-1152-z

Nemecek T. and Kagi T. (2007). Life cycle inventories of agricultural production systems. *Eco invent report* No. 15 Dübendorf, CH: Swiss Centre for Life Cycle Inventories [Available from: http://www.ecoinvent.org/documentation/reports/].

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

Peyman, S., Nabavi-Pelesaraei A. (2015). Check consumption energy and modern shalikobi unit in Guilan province. *Ninth national congress of agricultural machinery engineering and mechanization, Karaj, Tehran*.(In Farsi)

Rahimizadeh, M., Madani H., Habibi D. (2007). Low consumption Iron, Zinc, Copper, Manganese and Boron elements effect in sunflower dry stress resistance. (In Farsi)

Rebitzer G., Ekvall T., Frischknecht R., Hunkeler D., Norris G., Rydberg T., Schmidt V.P., Suh S., Weidema B.P. and Pennington D.W. (2004). Life cycle assessment: Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. *Environment International* 30: 701-720

Safa M., Samarasinghe S. (2011). Determine and modelling of energy consumption in wheat production using neural networks: "A case study in Canterbury province, New Zealand". *Energy 36: 5140-5147*

Safa M., Samarasinghe S. and Mohssen M. (2011). A field study of energy consumption in wheat production in Canterbury, New Zealand. *Energy conversion and management 52:2526-2532.*

Soltani A., Rajabi M.H., Zeinali E. and Soltani E. (2013). Energy inputs and greenhouse gases emission in wheat production in Gorgan, Iran. *Energy 50:54-61*

Sing S. and Mittal J.P. (1992). Energy in production agriculture. Mittal Pvb. New Delhi

Sing H., Sing A.K., Kushwaha H.L. and Sing A. (2007). Energy consumption pattern of wheat production in India. *Energy 3:1848-1854*.

Singh S., Singh S., Mittal J.P., Pannu C.J.S., Bhangoo B.S. 1994. Energy inputs and crop yield relationships for rice in Punjab. *Energy*, 19(10):1061-1065.

Tabatabaeefar A., Emamzadeh H., Varnamkhasti M.G., Rahimizadeh R. and Karimi M. (2009). Comparison of energy of tillage systems in wheat production. Energy 34: 41-45.

Wang M. and Wu W. (2009). Life cycle assessment of the winter wheat-summer maize production system on the North China Plain. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 14(4): 400-407.

Yousefinejad-Ostad Kelayeh, M. (2015). Consumption energy assessment and pollution emission of original cigarette production factory in Iran. MSc, Agricultural engineering and technology college, Tehran University. (In Farsi)

Zand, S. (2014). Technical efficiency compare broiler chicken and laying chicken breeding unit in Alborz province with help of data envelopment analysis (DEA) and modeling energy categories, economy and environmental of that with computational intelligence. MSc. Agricultural engineering and technology college, Tehran University. (In Farsi)

www.SID.ir