14(1) 1-16, Spring 2022

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

Estimation of energy consumption and greenhouse gas emissions of dairy farming Case study: Ilam province

Amir Azizpanah*, Mahsa Hemati

Department of mechanics Biosystem, College of Agriculture, University of Ilam, Ilam, Iran

Key Words
Energy efficiency
Cobb Douglas function
Sensitivity analysis

Abstract

Introduction: The purpose of this study was to analyze the trend of energy consumption and emission of greenhouse gases in the milk production process in 36 dairy farms.

Materials & Methods: The required information was obtained through a specialized questionnaire with specialized experts of milk production units and operators in 1399 in Ilam province, Ivan city.

Results: The results showed that the input and output energies per head were 5636.79 and 599418.37 megajoules per cow, respectively. Energy indices including efficiency, productivity and energy intensity for cattle were 1.11, 0.15 kg/MJ and 6.45 MJ/kg per cow, respectively. The results of Cobb Douglas function showed the effect of manpower energy inputs, machinery and animal feed equipment with regression coefficients of 0.18, 0.02 and 0.11 on the yield of milk produced per positive livestock, respectively. The effect of fossil fuel and electricity inputs on negative performance was calculated with -0.04 and -0.05 regression coefficients, respectively.

Conclusion: The total pollution from greenhouse gas emissions of dairy cattle breeding units due to the use of diesel fuel inputs, electricity, machinery and equipment, gasoline and natural gas are 66.5, 16.17, 8.72, 7.85 and respectively, respectively. 0.72% equivalent to 601.32 kg of carbon dioxide was obtained per cow, the highest amount was related to diesel fuel input and the lowest was related to natural gas input.

* Corresponding Author's email: a.azizpanah@ilam.ac.ir
Received: 28 April 2021; Reviewed: 4 June 2021; Revised: 6 August 2021; Accepted: 12 September 2021
(DOI): 10.22034/AEJ.2021.295746.2587

مقاله پژوهشی

تجزیه و تحلیل انرژی مصرفی و انتشار گازهای گلخانه‌ای پرورش گاو شیری مطالعه موردی: استان ایلام

امیر عزیزپناه**، مهسا همتی

گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

کلمات کلیدی

بهره‌وری انرژی
تابع کاب داگلاس
تحلیل حساسیت

چکیده

مقدمه: هدف از این تحقیق تجزیه و تحلیل روند انرژی مصرفی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در فرآیند تولید شیر در ۳٦ واحد پرورش گاوشیری بود.

مواد و روش‌ها: اطلاعات مورد نیاز از طریق پرسشنامه تخصصی با کارشناسان متخصص واحدهای تولیدی شیرگاو و بهره‌برداران در سال ۱۳۹۹ در استان ایلام، شهرستان ایوان به‌دست آمد.

نتایج: یافته‌ها نشان دادند انرژی‌های ورودی و خروجی به ازای یک راس به‌ترتیب برابر ۵۳٦۸۷/۷۹ و ۵۹٤۱۸/۳۷ مگاژول به ازای هر راس گاو برآوردگردید. شاخص‌های انرژی شامل کارایی، بهره‌وری و شدت انرژی برای گاوداری به‌ترتیب ۱/۱۱، ۰/۱۵ کیلوگرم بر مگاژول و ٦/٤۵ مگاژول بر کیلوگرم به ازای هر راس گاو به‌دست آمد. نتایج حاصل از تابع کاب داگلاس نشان داد تاثیر نهاده‌های انرژی نیروی انسانی، ماشین‌ها و تجهیزات خوراک دام به‌ترتیب با ضرایب رگرسیون ۰/۱۸، ۰/۰۲ و ۰/۷۹ بر روی عملکرد شیر تولیدی به ازای یک راس دام مثبت و تأثیر نهاده‌های سوخت‌های فسیلی و الکتریسیته به‌ترتیب با ضرایب رگرسیون ۰/۰٤- و ۰/۰۵- بر عملکرد منفی محاسبه شد.

نتیجه‌گیری و بحث: مجموع آلایندگی ناشی از انتشارگازهای گلخانه‌ای واحدهای پرورش گاوشیری‌ناشی از کاربرد نهاده‌های سوخت دیزل، الکتریسیته، ماشین‌ها و تجهیزات، بنزین و گاز طبیعی به‌ترتیب برابر ٦٦/۵، ۱٦/۱۷، ۸/۷۲، ۷/۸۵ و ۰/۷۲ درصد معادل ٦۰۱/۳۲ کیلوگرم دی اکسیدکربن به ازای هر راس گاو به‌دست آمد که بیش‌ترین میزان مربوط به نهاده سوخت دیزل وکم‌ترین مربوط به نهاده گاز طبیعی بود.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: a.azizpanah@ilam.ac.ir

تاریخ دریافت: ۸ اردیبهشت ۱٤۰۰؛ تاریخ داوری: ۱٤ خرداد ۱٤۰۰؛ تاریخ اصلاح: ۱۵ مرداد ۱٤۰۰؛ تاریخ پذیرش: ۲۱ شهریور ۱٤۰۰
(DOI): 10.22034/AEJ.2021.295746.2587

مقدمه

به‌دلیل میزان اهمیت مصرف پروتئین حیوانی که حاوی مقدار قابل توجهی اسیدهای آمینه موردنیاز جامعه است که در شکل‌گیری ساختمان بافت‌های بدن انسان نقش مهمی ایفا می‌کنند. توجه به تمایل جامعه و افزایش شهرنشینی، تقاضای جهانی برای مصرف فرآورده‌های لبنی و گوشت دام افزایش یافته و این روند در سال‌های پیش‌رو افزایش بیش‌تری خواهد داشت (۱). در ایران با افزایش تقاضا برای شیر و فرآورده‌های لبنی همگام با رشد جمعیت کشور و میزان تولید شیر افزایش یافته و از ۲/۸ میلیون تن در دهه ۱۳۶۰ به حدود ۱۰/۸۲ میلیون تن در دهه ۱۳۹۰ رسیده است (۲). در واحدهای دامداری با توجه به سرمایه‌گذاری‌های انجام‌گرفته میزان تولید فرآورده‌هایی نظیر گوشت قرمز و شیر در وضعیت مطلوبی قرار ندارد که دلیل عمده آن پایین بودن بهره‌وری تولید، ناکارا بودن واحدهای تولیدی، ضعف علوم مدیریتی، اصول تولید به شیوه سنتی می‌باشد (۳). به‌دلیل مشکلات عمده در بخش دامپروری کشور از دیدگاه مصرف انرژی در واحدهای پرورش دام و گاوداری‌ها انرژی را به دو صورت مستقیم و غیرمستقیم می‌توان تقسیم نمود. انرژی مستقیم بدون واسطه باعث انجام کار و فعالیت شده مانند انرژی نیروی انسانی در گاوداری‌ها، انرژی حاصل از انواع سوخت‌های فسیلی و الکتریسیته مصرفی نمونه‌هایی از انرژی مستقیم هستند. انرژی غیرمستقیم شامل انرژی صرف شده برای تولید نهاده‌هایی که در گاوداری‌ها استفاده می‌شوند مانند انرژی مصرفی برای تولید ماشین‌ها در کارخانجات، می‌باشد (۴). درصورتی که مصرف انرژی و عدم استفاده از الگوی بهینه مصرف منشأ بسیاری از مشکلات عمده در بخش علوم دام می‌باشد که با تجزیه و تحلیل وضعیت موجود و سپس بررسی الگوی مصرف انرژی و ارائه راهکار لازم در مصرف بهینه انرژی باعث می‌شود از اتلاف بیش از حد آن ممانعت به‌عمل آمده کرده و در نهایت جهت بهبود وضعیت مصرف انرژی در آینده گامی مؤثر برداشت، علاوه بر این تعیین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به ازای انرژی مصرفی در واحدهای گاوداری می‌تواند به‌عنوان یک ابزار تحلیلی قدرتمند در اختیار باشد تا در کنار تجزیه و تحلیل‌های مربوط به انرژی مصرفی، میزان آلایندگی انرژی مصرفی محاسبه گردد. تحقیقات متعددی در رابطه با تحلیل انرژی در واحدهای دامپروری انجام شده است که در ادامه به بعضی از آن‌ها، اشاره شده است. در یک بررسی در کشور اتریش، در زمینه بررسی انرژی مصرفی در واحدهای پرورش گاو شیری از نظر تولید علوفه و شیر در اندازه‌های مختلف گله پرداخته شده است (۱). نتایج بررسی واحدهای پرورش گاو شیری در کشور بلژیک نشان داد نهاده گازوئیل سهم بیش‌تری در انرژی مصرفی ورودی داشته‌است (۵). تحقیقی مشابه در واحدهای دامپروری در ایران نشان داد که از بین انرژی نهاده‌های‌های ورودی، انرژی خوراک دام با میانگین ۴۱۵۴۹ مگاژول به‌ازای راس دام بیش‌ترین میزان انرژی ورودی را داشته است (۴). در یک بررسی ارتباط بین شاخص دما-رطوبت نسبی در واحدهای پرورش گاوهای هلشتاین انجام گرفت و نتایج نشان داد به ازای یک واحد افزایش در شاخص دما-رطوبت تولید شیر به‌مقدار ۳۰ گرم کاهش می‌یابد (۶، ۷). هم‌چنین برآورد و مقایسه ضرایب اقتصادی صفات تولیدی در گاوداری‌های استان گیلان انجام گرفت و نتایج نشان داد ضریب اقتصاد نسبی طول عمر گله نسبت به تولید شیر مثبت گزارش شد (۸). بخش دامپروری از عمده‌ترین منابع تأمین مواد غذایی برای جمعیت بوده به‌طوری‌که تولید شیر در سبد غذایی جامعه دارای جایگاه ویژه‌ای است. براساس گزارش FAO میزان شیر تولیدی در کشور ایران از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۱۲ از حدود ۵ میلیون تن به بیش از ۱۲ میلیون تن رسیده است (۹). در استرالیا تحقیقی در زمینه میزان انتشار گاز دی اکسیدکربن منتشر شده انجام گرفت (۱۰). تحقیقات مشابهی در رابطه با تعیین گازهای گلخانه‌ای در واحدهای پرورش گاو شیری در آلمان انجام گرفته است. میزان دی اکسیدکربن انتشار یافته برای هر کیلوگرم شیر در آلمان برابر ۱/۹۹ کیلوگرم (۱۱)، در استرالیا برابر ۱/۱۱ (۱۲) محاسبه شده است. هم‌چنین در تحقیقاتی مشابه در ۱۸ درصد از کل انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش کشاورزی مربوط به واحدهای دامپروری است که حدود ۱۰ درصد آن مربوط به واحدهای پرورش گاوشیری است (۱۳، ۱۴). با توجه به اهمیت بررسی اثرات زیست محیطی در واحدهای دامپروری به‌عنوان یکی از منابع مهم انتشار آلاینده‌ها، به‌منظور تعیین میزان انرژی مصرفی در واحدهای پرورش گاوشیری و بررسی شاخص‌های انرژی در این واحدها، انجام تحقیق حاضر ضروری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در منطقه ایوان استان ایلام انجام گرفت. شهرستان ایوان به یکی از قطب‌های گاوداری تولید شیر در استان ایلام بوده که دارای ۱۵۶ واحد گاوداری می‌باشد. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق در سال ۱۳۹۹ با استفاده از روش مصاحبه مستقیم و تکمیل پرسش‌نامه به‌دست آمد. حجم نمونه به‌صورت تصادفی از مجموع ۱۵۶ واحد گاوداری برابر ۳۶ واحد تعیین گردید. به‌منظور تعیین روابط بین انرژی ستانده و نهاده از شاخص‌های انرژی (نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و افزوده خالص انرژی) استفاده گردید (۱۵). در یک تقسیم‌بندی انرژی ورودی در واحدهای پرورش گاو شیری به شکل‌های مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و غیرقابل‌تجدید تقسیم می‌شوند. برای محاسبه میزان انرژی ورودی و خروجی در واحدهای پرورش گاو شیری از ضرایب هم‌ارزها متناظر با هر یک از نهاده‌ها بر اساس جدول ۱ استفاده شد.

جدول ۱: معادل‌های انرژی برای ورودی‌ها و خروجی در واحدهای پرورش گاو شیری

نهاده‌ها	واحد	معادل انرژی (مگاژول بر واحد)	منبع
نیروی انسانی	ساعت	۱/۹۶	۱۶
تجهیزات خودگردان		۹-۱۰	۱۷
تجهیزات ثابت	کیلوگرم	۸-۹	۱۷
موتور الکتریکی	کیلوگرم	۶۴/۸	۱۸
سوخت دیزل	لیتر	۵۶/۳۱	۱۸
بنزین	لیتر	۴۶/۳۰	۱۶
گاز طبیعی	مترمکعب	۴۹/۵	۱۹
الکتریسیته	کیلووات ساعت	۱۱/۹۳	۱۷
خوراک دام	کیلوگرم		
کنسانتره		۶/۳	۲۰
سیلو		۲/۲	۲۰
یونجه		۱/۵	۲۱
کاه و کلش		۱۲/۵	۱۷
ستانده			
شیر	کیلوگرم	۷/۱۴	۲۲
کود گاوی	کیلوگرم	۰/۳	۴

علاوه بر تجزیه و تحلیل چرخه انرژی، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از مصرف انرژی در واحدهای پرورش گاو شیری نیز مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. برای برآورد میزان دی‌اکسیدکربن منتشره، میزان نهاده‌های مصرف شده در ضریب انتشار مربوطه که در جدول ۲ آورده شده است ضرب گردیده است.

جدول ۲: معادل ضرایب استاندارد نشر گازهای گلخانه‌ای

نهاده‌ها	واحد	ضریب انتشار گازهای گلخانه‌ای (کیلوگرم دی‌اکسید کربن معادل)	منبع
نیروی انسانی	ساعت	۰/۰۰۱	۲۳
ماشین‌ها و تجهیزات	مگاژول	۰/۰۷۱	۲۴
سوخت دیزل	لیتر	۲/۷۶	۲۳
گازطبیعی	مترمکعب	۰/۶	۲۵
الکتریسیته	کیلووات ساعت	۰/۶۰۸	۲۶
سوخت بنزین	لیتر	۲/۳	۲۷

در این واحدها سوخت‌های فسیلی، ماشین‌ها و تجهیزات، الکتریسته، خوراک مصرفی دام، نیروی کار، به‌عنوان نهاده‌های ورودی و شیر و کود گاوی به‌عنوان نهاده‌های خروجی درنظر گرفته شد، که با تعیین مقدار مصرف هر یک و برآورد معادل انرژی آن میزان انرژی ورودی و انرژی خروجی در دوره شیردهی محاسبه شد. جدول ۲ معادل ضرایب استاندارد نشر گازهای گلخانه‌ای برای برآورد میزان دی اکسیدکربن منتشره به‌ازای یک راس گاو شیری، میزان نهاده‌های مصرف‌شده شامل (سوخت، الکتریسته، ماشین‌ها و تجهیزات، سوخت بنزین، گاز طبیعی، کوددامی و نیروی انسانی) در ضریب انتشار مربوطه که در جدول ۲ آمده، ضرب گردیده است.

مدل‌سازی انرژی: پارامترهای تابع کاب-داگلاس ضرایب رگرسیونی نهاده‌های مصرفی در واحدهای پرورش گاوداری را نشان می‌دهند و به شکل روابط ۱ و ۲ بیان می‌شوند (۲۸). به‌منظور تعیین رابطه بین ورودی‌های انرژی و تولید محصول، محققین مختلف از تابع کاب-داگلاس استفاده شد که یک مدل پذیرفته‌شده برای بررسی انرژی مصرفی است (۲۹). تابع تولید کاب-داگالس به‌واسطه ویژگی امکان جایگزینی بین عوامل در جریان تولید و مناسب‌بودن فرم تابعی آن بسیار مورد توجه قرار گرفته و به‌طور گسترده‌ای برای نشان دادن ارتباط میان نهاده‌ها و محصول تولیدی استفاده می‌شود (۳۰):

$$Y=f(X)\exp(u) \quad (۱)$$

$$\ln Y_i = \sum_{j=1}^{n} \alpha_j \ln X_{ij} + e_i \quad (۲)$$

که در آن، Yi نشان‌دهنده عملکرد کشاورز iام، xij معرف ورودی‌های استفاده‌شده در فرآیند تولید ضرایب رگرسیونی نهاده‌های انرژی ورودی، و aj و ei به‌ترتیب ضرایب ثابت و خطا هستند. به‌منظور اندازه‌گیری تأثیر عوامل و نهاده‌های تولیدی بر عملکرد مرغداری از این تابع در قالب معادلهٔ رگرسیون (۳) استفاده شد (۳۱).

$$LN\,Y_i = \alpha_0 + \alpha_1 lnx_1 + \alpha_2 lnx_2 + \alpha_3 lnx_3 + \alpha_4 lnx_4 + \alpha_5 lnx_5 + e_i \quad (۳)$$

که xها همان نهاده‌ها یا عوامل تولید تاثیرگذار بر تولید شیر در گاوداری و aها (a_1) ضریب نیروی انسانی، a_2 سوخت فسیلی، a_3 ماشین‌ها و تجهیزات، a_4الکتریسیته و a_5خوراک دام) که ضرایب کشش نهاده‌های تولیدی به‌کار رفته در تولید میزان شیر تولیدی به‌ازای هر راس گاو و Y میزان تولید شیر می‌باشد. از دیگر پارامترهای اندازه‌گیری شده در تابع کاب- داگلاس، آماره دوربین واتسون (DW)، مجموع ضرایب رگرسیون (RTC) و ضریب تعیین (R2) بود. یکی از مفروضاتی که در رگرسیون مدنظر قرار می‌گیرد، استقلال خطاها (تفاوت بین مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی شده توسط معادله رگرسیون) از یکدیگر است. به‌منظور بررسی استقلال مشاهدات (استقلال مقادیر باقی‌مانده یا خطاها) از یکدیگر از آزمون دوربین- واتسون استفاده می‌شود. ضریب RTC نیز با جمع کردن ضرایب رگرسیون تک تک نهاده‌ها، به‌دست می‌آید. در نهایت به‌منظور تعیین حساسیت نهاده‌های انرژی ورودی در تولید شیر به‌ازای هر راس گاو از روش بهره‌وری فیزیکی حاشیه‌ای استفاده شد که نشان می‌دهد که با یک واحد افزایش در یکی از نهاده‌های انرژی، با ثابت بودن سایر عوامل تولید، میزان تغییر در شیردهی هر راس گاو به چه میزان است، که از طریق فرمول ۴ محاسبه می‌شود (۳۲):

$$Mppxj = GM(Y)/GM(Xj)\times aj \quad (۴)$$

که Mppxj مقدار بهره‌وری فیزیکی به‌ازای نهاده jام، GM(Y) میانگین هندسی عملکرد محصول، GM(Xj) میانگین هندسی j امین نهاده، αj کشش تقاضای نهاده Jام می‌باشد.

نتایج

تحلیل انرژی: براساس مقادیر معادل‌های انرژی برای ورودی‌ها و خروجی در واحدهای پرورش گاو شیری در جدول ۱ و هم‌چنین

مقادیر خالص نهاده‌های ورودی و خروجی، جدول ۳ استخراج گردید، که میزان انرژی هر نهاده و درصد آن را نشان می‌دهد. براساس جدول ۴ شاخص‌های کارایی انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی، انرژی خالص و مقادیر انرژی مستقیم، غیرمستقیم تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر محاسبه گردید. براساس این نتایج شاخص بهره‌وری بیش‌تر از یک محاسبه شد که این میزان، بیانگر بازده مطلوب انرژی در واحدهای تولید شیر می‌باشد. میزان انرژی خالص به‌ازای هر راس گاو مثبت ارزیابی شد که با توجه به شرایط اقلیمی منطقه نشان‌دهنده مدیریت بهتر در واحدهای پرورشی گاو شیری می‌باشد. انرژی مستقیم شامل الکتریسیته، نیروی انسانی و سوخت، انرژی غیرمستقیم شامل خوراک، ماشین‌ها و تجهیزات، انرژی تجدیدپذیر شامل خوراک، نیروی انسانی و انرژی تجدیدناپذیر شامل ماشین‌ها، تجهیزات، سوخت و الکتریسیته بود.

تحلیل شاخص‌های زیست محیطی: میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به نهاده‌های نیروی انسانی، ماشین‌ها و تجهیزات، گازوئیل، بنزین، گاز طبیعی و الکتریسیته به‌ازای هر راس گاو در دوره شیردهی برابر جدول ۵ محاسبه گردید. در این مطالعه میانگین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در واحدهای پرورش گاو شیری به ازای هر راس گاو محاسبه گردید.

تحلیل حساسیت داده‌ها: با توجه به تناسب کاربرد توابع تولید برای تعیین کارایی نهاده‌ها و تعیین رابطه بین انرژی نهاده‌های مصرفی و عملکرد شیر در واحدهای پرورش گاو شیری به ازای هر راس گاو در منطقه از تابع تولید کاب- داگلاس بر اساس جدول ۶ استفاده و مدل ۱ بر این اساس استخراج گردید که کاربرد نهاده‌های ماشین‌ها و تجهیزات و الکتریسیته را منفی ارزیابی نمود.

جدول ۳: مقدار انرژی نهاده‌ها و ستانده در گاوداری‌های شیری در دوره یک‌ساله

نهاده‌ها و ستانده	گاو شیری (مگاژول بر راس گاو)	درصد
نیروی انسانی (ساعت)	۵۵۰	۱/۰۲
ماشین‌ها و تجهیزات (کیلوگرم)	۷۳۸	۱/۲۴
سوخت‌های فسیلی (لیتر)	۶۴۷۹/۳۸	۱۲/۰۶
سوخت دیزل (لیتر)	۸۱۵۷/۵۴	۹/۶
بنزین (لیتر)	۹۶۳/۵۲	۱/۷۹
گاز طبیعی (مترمکعب)	۳۵۸/۳۲	۰/۶۷
الکتریسیته (کیلووات ساعت)	۱۹۰۸/۵۵	۳/۵۵
خوراک دام (کیلوگرم)	۴۴۰۱۱/۸۶	۸۱/۹۷
کل انرژی ورودی	۵۳۶۸۷/۷۹	۱۰۰
شیر (کیلوگرم)	۵۹۴۱۸/۳۷	۱۰۰

جدول ۴: شاخص‌های انرژی در واحدهای صنعتی پرورش گاو شیری

شاخص و شکل انرژی	واحد	مقدار	درصد
کارایی انرژی	-	۱/۱۱	-
بهره‌وری انرژی	کیلوگرم بر مگاژول	۰/۱۵	=
شدت انرژی	مگاژول بر کیلوگرم	۶/۴۵	-
انرژی خالص	مگاژول بر راس گاو	۵۷۳۰/۶۴	-
انرژی مستقیم	مگاژول بر راس گاو	۸۹۳۷/۹۳	۱۶/۶۵
انرژی غیرمستقیم	مگاژول بر راس گاو	۴۴۷۴۹/۸۶	۸۳/۳۵
انرژی تجدید پذیر	مگاژول بر راس گاو	۴۴۵۶۱/۸۶	۸۳
انرژی تجدید ناپذیر	مگاژول بر راس گاو	۹۱۲۵/۹۳	۱۷

جدول ۵: نتایج تحلیل حساسیت واحدهای پرورش گاو شیری (به‌ازای هر راس گاو)

متغیرها	ضرایب رگرسیون	t آماره	P-Value	MPP
Model (۱): LN=a+a1lnx1-a2lnx2+a3lnx3-a4lnx4+a5lnx5+ei				
X_1 نیروی انسانی	۰/۱۸	۱/۰۷	۰/۱۰۸ ns	۰/۳۲
X_2 سوخت‌های فسیلی	-۰/۰۴	-۱/۶۶	۰/۰۰۴ **	-۱/۴۱
X_3 ماشین‌ها و تجهیزات	۰/۰۹	۰/۴۵	۰/۶۵۷ ns	۰/۱۳
X_4 الکتریسیته	-۰/۰۵	-۲/۵۸	۰/۰۲۷ *	-۰/۶۹
X_5 خوراک دام	۰/۷۹	۳/۶۷	۰/۰۰۴ **	۱/۸۳
R^2	۰/۷۸			
Durbin Watson	۱/۰۷			
RTC	۰/۹۷			

* معنی‌دار در سطح ۱٪ ** معنی‌دار در سطح ۵٪

جدول ۶: انتشار گازهای گلخانه‌ای واحدهای پرورش گاو شیری (به‌ازای هر راس گاو)

نهاده‌ها	واحد	کیلوگرم گاز گلخانه‌ای به ازای هر راس گاو (معادل دی اکسید کربن)	درصد
نیروی انسانی	ساعت	۰/۲۸	۰/۰۵
ماشین‌ها و تجهیزات	مگاژول	۵۲/۴	۸/۷۲
گازوئیل	لیتر	۳۹۹/۸۵	۶۶/۵۰
بنزین	لیتر	۷۴/۱۹	۷/۸۵
گاز طبیعی	لیتر	۴/۳۵	۰/۷۲
الکتریسیته	کیلووات ساعت	۹۷/۲۶	۱۶/۱۷

مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای ۶۰۱/۳۲ کیلوگرم گاز گلخانه‌ای به‌ازای هر راس گاو (معادل دی‌اکسیدکربن)

بحث

جدول ۳ مقدار انرژی نهاده‌ها و ستانده در یک دوره پرورش گاو شیری را نشان می‌دهد. براساس نتایج حاصله از تحلیل انرژی خوراک دام با ۴۴۰۱۱/۸۶، سوخت‌های فسیلی ۶۴۷۹/۳۸، الکتریسیته ۱۹۰۸/۵۵، ماشین‌ها و تجهیزات ثابت با ۷۳۸ (مگاژول به‌ازای هر راس گاو) به‌ترتیب بیش‌ترین میزان مصرف انرژی به‌ازای هر راس گاو را به خود اختصاص داده‌اند. از کنسانتره، علوفه و یونجه به‌عنوان خوراک دام اکثر واحدهای مورد مطالعه استفاده گردید. تحقیقات انجام شده در این زمینه توسط Soltanali و همکاران (۳۳)، Sefeedpari و همکاران (۴) و Maysami و همکاران (۳۴) انجام گرفت و نتایج مشابهی را گزارش نمودند. درخصوص سوخت‌های فسیلی بخش اعظم آن جهت ایاب و ذهاب پرسنل، حمل و نقل علوفه، جمع‌آوری کود در داخل دامداری‌ها و گرمایش استفاده شد. به‌طور کلی تعدد استفاده از ماشین‌ها یکی از دلایل مصرف بیش از اندازه سوخت‌های فسیلی می‌باشد. مصرف الکتریسیته در گاوداری‌ها بیش‌تر صرف راه‌اندازی موتور شیردوش، گرم کردن آب و شیرسردکن‌ها، آسیاب میکسر و روشنایی معابر برآورد گردید. براساس نتایج حاصله، کل انرژی مورد نیاز برای پرورش و نگه‌داری به‌ازای هر رأس گاو شیری در مدت زمان یک‌سال برابر ۵۳۶۸۷/۷۹ مگاژول و مجموع انرژی خروجی حاصل از شیر تولیدی به‌ازای هر رأس گاو در مدت یک‌سال برابر ۵۹۴۱۸/۳۷ مگاژول محاسبه شد. هم‌چنین محاسبات مربوط به شاخص‌های انرژی در واحدهای صنعتی پرورش گاو شیری در جدول ۴ ارائه شده است. براساس محاسبات شاخص کارایی انرژی برابر ۱/۱۱

به‌دست آمد و هرچه بیش‌تر از یک باشد نشان‌دهنده میزان کارایی بیش‌تر در واحدهای پرورش گاو شیری است. در تحقیقی مشابه توسط Sefeedpari و همکاران در استان تهران (۴)، Soltanali و همکاران در مشهد (۳۳) و Maysami و همکاران در شمال‌غرب (۳۴) انجام گرفت مقدار این شاخص به‌ترتیب برابر ۱/۱۵، ۰/۹۵ و ۲/۶ گزارش شد که نشان می‌دهد در شمال‌غرب نسبت به مشهد و تهران میزان شاخص وضعیت بهتری دارد و این به‌دلیل عملکرد بیش‌تر تولید شیر در این منطقه می‌باشد. شاخص بهره‌وری انرژی در تولید برابر ۰/۱۵ کیلوگرم بر مگاژول به‌دست آمد یعنی به‌ازای هر ۰/۱۵کیلوگرم تولید شیر به‌ازای هر راس گاو یک مگاژول انرژی مصرف شده است. در تحیقی که توسط Sefeedpari و همکاران در استان تهران (۴)، Soltanali و همکاران در مشهد (۳۳) و Maysami و همکاران در شمال‌غرب (۳۴) انجام گرفت مقدار بهره‌وری انرژی به‌ترتیب برابر ۰/۲۵، ۰/۱۶ و ۰/۱۴ گزارش شد. شاخص شدت انرژی برابر ۶/۴۵ مگاژول بر کیلوگرم محاسبه شد یعنی به‌ازای یک کیلوگرم تولید شیر ۶/۴۵ مگاژول انرژی مصرف می‌شود. در تحقیق انجام شده میانگین سهم انرژی‌های مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در تولید شیر به‌ازای هر راس گاو در منطقه به‌ترتیب برابر ۱۶/۶۵، ۸۳/۳۵، ۸۳ و ۱۷ درصد به‌دست آمد. میزان انرژی‌های غیرمستقیم و تجدید پذیر به‌دلیل درصد بالای انرژی خوراک دام بیش‌تر از انرژی‌های مستقیم و تجدید ناپذیر به‌دست آمد. نتایج تحلیل حساسیت داده‌ها گله‌های گاو در واحدهای پرورش گاو شیری در جدول ۷ نشان داده شده است. به‌منظور تعیین رابطه بین انرژی‌های ورودی و عملکرد شیر تولیدی به‌ازای یک راس گاو از تابع کاب- داگلاس مطابق جدول ۷ استفاده شد. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای براساس ضرایب استاندارد انتشار گازهای گلخانه‌ای محاسبه و براساس جدول ۷ نتایج محاسبه شد. بر این اساس به‌ازای هر راس گاو معادل ۶۰۱/۳۲ کیلوگرم CO_2 به‌دست آمد. بر این اساس تاثیر نهاده‌های انرژی نیروی انسانی، ماشین‌ها و تجهیزات خوراک دام به‌ترتیب با ضرایب رگرسیون ۰/۱۸، ۰/۰۲ و ۱/۰۱ بر روی عملکرد شیر تولیدی به‌ازای یک راس دام مثبت و تأثیر نهاده‌های سوخت‌های فسیلی و الکتریسیته به‌ترتیب با ضرایب رگرسیون ۰/۰۴- و ۰/۰۵- بر عملکرد منفی محاسبه شد. بیش‌ترین ضریب رگرسیونی مربوط به نهاده انرژی خوراک دام ۱/۰۱ بود که بر روی عملکرد در سطح یک درصد معنی‌دار شد. کم‌ترین ضریب رگرسیونی مربوط به نهاده انرژی الکتریسیته ۰/۰۵- بود که روی عملکرد در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. هم‌چنین تاثیر انرژی نهاده‌های نیروی انسانی و ماشین‌ها و تجهیزات ثابت بر روی عملکرد معنی‌دار نشد. نتایج تحلیل حساسیت انرژی نهاده‌های ورودی نشان داد که با افزایش یک مگاژول در انرژی ورودی نهاده‌های خوراک‌دام، نیروی انسانی و ماشین‌ها و تجهیزات به‌ازای یک راس، عملکرد نهایی (MPP) به‌ترتیب معادل ۱/۸۳، ۰/۱۳ و ۰/۳۲ کیلوگرم به‌ازای یک راس دام افزایش می‌یابد و با افزایش یک مگاژول در انرژی ورودی نهاده‌های سوخت‌های فسیلی و الکتریسیته به‌ازای یک راس عملکرد نهایی (MPP) به‌ترتیب معادل ۱/۴۱- و ۰/۶۹- کیلوگرم به‌ازای یک راس کاهش می‌یابد، پس نتیجه می‌گیریم از سوخت‌های فسیلی و الکتریسیته بیش از حد در واحدهای پرورش دام استفاده شده و بایستی مصرف این نهاده‌ها بهینه شود. Soltanali و همکاران، در گیلان به‌بررسی مدل‌سازی روند انرژی مصرفی در گاوداری‌های شیری پرداختند و گزارش نمودند با افزایش یک‌مگاژول در انرژی ورودی نهاده خوراک‌دام، نیروی انسانی، سوخت‌های فسیلی به‌ازای یک‌راس، عملکرد به‌ترتیب ۳/۸۰، ۰/۰۸۴، و ۰/۰۹۶ لیتر افزایش و با افزایش یک مگاژول انرژی در نهاده‌ها یا الکتریسیته و ماشین‌ها عملکرد به‌ترتیب ۰/۶۴و ۳/۰۶ لیتر به‌ازای یک‌راس کاهش می‌یابد(۳۳). هم‌چنین مقدار RTC یا مجموع ضرایب رگرسیون برابر ۱/۱۹ محاسبه شد که نشان داد افزایش بیش‌تر از یک درصد انرژی نهاده‌های دامی عملکرد را بیش‌تر از یک واحد افزایش می‌دهد. براساس نتایج، آماره دوربین- واتسون در عملکرد به ازای هر راس برابر ۱/۰۷ به‌دست آمد. مقدار ضریب R^2 در محصول برابر ۰/۷۸ محاسبه شد، این بدین معنی است که در فرایند تولید، ۷۸ درصد از تغییرات عملکرد محصول توسط نهاده‌ها قابل تبیین می‌باشد. در زمینه بهینه‌سازی مصرف انرژی، نهاده‌های سوخت‌های فسیلی و الکتریسیته بعد از خوراک دام از نهاده‌های تاثیرگذار بر میزان مصرف انرژی در واحدهای پرورش دام بوده که با بهینه‌سازی مصرف این نهاده‌ها میزان انرژی مصرفی به‌ازای هر راس گاو شیری کاهش می‌یابد و هم‌چنین به‌دلیل افزایش مصرف این دو نهاده، در محاسبات مربوط به تابع تولید کاب- داگلاس، دارای تاثیر منفی بر روی عملکرد نهایی محصول شناخته شدند. در ادامه دو نهاده مذکور بیش‌ترین سهم آلایندگی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای واحدهای پرورش گاو شیری را به خود اختصاص دادند. در تحقیقات مشابه صورت گرفته (۴، ۳۳، ۳۵) بیش‌ترین میزان آلایندگی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به مصرف نهاده‌های سوخت دیزل و الکتریسیته در گاوداری‌های صنعتی گزارش شد. بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید برخی سامانه‌های کشاورزی من جمله Khakbazan و همکاران برای تولید گندم و نخود (۳۶)، Azizpanaha و Namdari برای تولید ترب (۳۷)، Liu و همکاران برای تولید گلابی (۳۸)، Khoshnevisan و همکاران برای تولید توت‌فرنگی (۳۹)، Pishgar-Komleh و همکاران، برای تولید پنبه (۲۳)، Qasemi و Nabavi-Pelesaraei برای تولید شلیل (۴۰)، Izadikhah و Emrouznejad برای تولید شلغم (۴۱) انجام گرفت. در نهایت مجموع آلایندگی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای واحدهای پرورش گاو شیری ناشی از کاربرد نهاده‌های سوخت دیزل، الکتریسیته، ماشین‌ها و تجهیزات، بنزین و گاز طبیعی به‌ترتیب برابر ۶۶/۵، ۱۶/۱۷، ۸/۷۲، ۷/۸۵ و ۰/۷۲ درصد معادل ۶۰۱/۳۲ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن به‌ازای هر راس گاو به‌دست آمد که بیش‌ترین میزان مربوط به نهاده سوخت دیزل و کم‌ترین مربوط به نهاده گاز طبیعی بود. در منطقه مورد مطالعه سهم استفاده از خوراک دام حدود ۸۲ درصد محاسبه گردید و لازم است تحقیقات لازم درخصوص تغذیه در گاوداری‌ها و تهیه الگوی مناسب تغذیه جهت کاهش مصرف نهاده‌ها به‌عمل آید.

منابع

1. **Moitzi, G., Daniela, D.A.M.M., Weingartmann, H. and Boxberger, J., 2010.** Analysis of energy intensity in selected Austrian dairy farms with focus on concentrate level in feeding.

Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Agriculture. 67(1): 1843-5386.

2. **Letter Statistics Agriculture. 2010.** Volume II. Department of Planning, Economy and International. Office of Statistics and Information Technology. Ministry of Agriculture. (In Persian)
3. **Dashti, Gh., 2008.** Evaluation factor productivity growth of the dairy industry. Third Congress of Animal Science, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian)
4. **Sefeedpari, P., Rafiee, S.H., Akram, A. and Mousavi-Avval, S.H., 2012.** Application of Fuzzy Data Envelopment Analysis for Ranking Dairy Farms in the View of Energy Efficiency. Journal of Animal Production Advances. 2(6): 284-296.
5. **Meul, M., Nevens, F., Reheul, D. and Hofman, G., 2007.** Energy use efficiency of specialised dairy, arable and pig farms in Flanders. Agriculture, Ecosystems & Environment. 119(1): 135-144.
6. **Savar Sofla, S., Seyedsharifi, R., Mansourian, M. and Kazemi, M., 2019.** Relationship between temperature-humidity index and test-day milk and fat percentage milk of Holstein dairy cattle in Mediterranean climate of Iran. Journal of Animal Environment. 11(2): 37-46. (In Persian)
7. **Dashtbin, F., Zare Shahneh, A., Jahanbakhshi, A. and Mirtorabi, S.M., 2015.** Study of Some Effective Factors on Reproductive Performance of Holstein Cows in Tehran and Alborz Provinces. Journal of Animal Environment. 7(3): 29-32. (In Persian)
8. **Seidavi, A.R., Ghanipoor, M., Mirmahdavi, S.A., Hosseinpoor, R. and Ghorbani, A., 2016.** Estimation and Comparison of Economic Values for Productive Characters in Hybrid and Native Cattles of Guilan Province. Journal of Animal Environment. 7(4): 49-58. (In Persian)
9. **FAO. 2012.** Food and Agricultural commodities production. Availableat www.fao.org.
10. **Lundie, S., Feitz, A., Changsirivathanathamrong, A., Jones, M., Dennien, G. and Morain, M. 2003.** Evaluation of the environmental performance of the Australian dairy processing industry using life cycle assessment. Centre for Water and Waste Technology, The University of New South Wales, Sydney.
11. **Kiefer, L.R., Menzel, F. and Bahrs, E., 2015.** Integration of ecosystem services into the carbon footprint of milk of South German dairy farms. Journal of environmental management. 152: 11-18.
12. **Gollnow, S., Lundie, S., Moore, A. D., McLaren, J., van Buuren, N., Stahle, P. and Rehl, T., 2014.** Carbon footprint of milk production from dairy cows in Australia. International Dairy Journal. 37(1): 31-38.
13. **Omara, F.P., 2011.** Greenhouse gases in animal agriculture-finding a balance between food production and emissions. Anim. Feed. Sci. Technol. 7(15): 166-167.
14. **Stanford University. 2010.** Environmental and Social Impact of the Livestock Revolution Retrieved from: Available from: /http://www.sciencedaily.com.
15. **Azizpanaha, A. and Mohammadi, V., 2018.** Energy Modelling and Sensitivity Analysis of Rice production in Ilam, Iran. Journal of Applied Agriculture and Biotechnology. 3(1): 01-13.
16. **Nikkhah, A., Emadi, B., Shabanian, F. and Hamzeh Kalkenari, H., 2014.** Energy sensitivity analysis and greenhouse gas emissions for tea production in Guilan province, Iran. Agroecology. 6(3): 622-633.
17. **Kraatz, S., 2012.** Energy intensity in livestock operations Modeling of dairy farming systems in Germany. Agric. Sys. 110: 90-106.
18. **Nabavi-Pelesaraei, A., Abdi, R. and Rafiee, S., 2017.** Neural network modeling of ... Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 36(3): 57-69.
19. **Kitani, O., 1999.** CIGR Handbook of Agricultural Engineering: Energy and Biomass Engineering. American Society of Agricultural Engineers, Michigan, USA.
20. **Frorip, J., Kokin, E., Praks, J., Poikalainen, V., Ruus, A., Veermäe, I. and Ahokas, J., 2012.** Energy consumption in animal production-case farm study. Agronomy research Biosystem engineering. Special. (1): 39-48.
21. **Shortall, O.K. and Barnes, A.P., 2013.** Greenhouse gas emissions and the technical efficiency of dairy farmers. Eco. Indi. 29: 478-488.
22. **Clark, J., Beede, D., Erdman, R., Goff, J., Grummer, R., Linn, J., Pell, A., Schwab, C., Tomkins, T. and Varga, G., 2001.** Nutrient requirements of dairy cattle: National Academies Press, Washington, D.C., USA.
23. **Pishgar-Komleh, S. H., Sefeedpari, P. and Ghahderijani, M., 2012.** Exploring energy consumption and CO2 emission of cotton production in Iran. Journal of Renewable and Sustainable Energy. 4: 33114-33115
24. **Dyer, J.A. and Desjardins, L., 2006.** Carbon dioxide emissions associated with the manufacturing of tractors and farm machinery in Canada. Biosystems Engineering. 93: 107-111.
25. **Shamsabadi, H., Abdi, M., Ahmad, D. and TaheriRad, A., 2017.** Comparison of Energy Consumption and Greenhouse Gas Emission footprint caused by agricultural products in greenhouses and open field in Iran. Energy Equipment and Systems. 5(2): 157-163.
26. **Pishgar-Komleh, S.H. Sefeedpari, P. and Rafiee, S., 2011.** Energy and economic analysis of rice production under different farm levels in Guilan province of Iran. Energy. 36(10): 5824-5831.
27. **Lal, R., 2004.** Carbon emission from farm operations. Environment International. 30: 981-990.
28. **Ramedani, Z., Rafiee, S. and Heidari, M.D., 2011.** An investigation on energy consumption and sensitivity analysis of soybean production farms. Energy. 36: 6340-6344.
29. **Kuswardhani, N., Soni, P. and Shivakoti, G.P., 2013.** Comparative energy input– output and financial analyses of greenhouse and open field vegetables production in West Java. Indonesia. En. 53: 83-92.
30. **Sharifi, M., 2018.** Energy inputs - Yield relationship and cost analysis of melon production in Khorasan Razavi province of Iran. Engineering in Agriculture, Environment and Food. 11: 109-113.
31. **Sainz, R.D., 2003.** Livestock-environment initiative fossil fuels component: framework for calculation fossil fuel use in livestock systems. http://www.fao.org.
32. **Hatirli, S.A., Ozkan, B. and Fert, C., 2006.** Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production. Renewable Energy. 31: 427-438.
33. **Soltanali, H., Emadi, B., Rohani, A. and Khojastehpour, M., 2015.** Energy Consumption Modeling and Greenhouse Gas Emissions in Dairy farms (Case study: Guilan Province, Iran). Journal of Ruminant Research. 2(4): 175-193. (In Persian)
34. **Maysami, M.J., Olbertz, H. and Ellmer, F., 2013.** Energy Efficiency in Dairy Cattle Farming and related Feed Production in Iran. Faculty of Agriculture and Horticulture at Humboldt-Universität zu Berlin.
35. **Ozkan, B., Kurklu, A. and Akcaoz, H., 2004.** An input output energy analysis in greenhouse vegetable production: a case study for Antalya region of Turkey. Biom. Bioen. 26(1): 89-95.
36. **Khakbazan, M., Mohr, R.M., Derksen, D.A., Monreal, M.A., Grant, C.A., Zentner, R.P., Moulin, A.P., McLaren, D.L., Irvine, R.B. and Nagy, C.N., 2009.** Effects of alternative management practices on the economics, energy and GHG emissions of a wheat-pea cropping system in the Canadian praprairies. Soil & Tillage Research. 104: 30-38.
37. **Azizpanah, A. and Namdari, M., 2020.** Investigation of Greenhouse Gas Emissions, Modelling Energy and Cost Analysis of White Radish Production in West of Iran. Journal of Sciences Vegetables. 4(7): 161-175. (In Persian)
38. **Liu, L., Langer, V., Høgh-Jensen, H. and Egelyng, H., 2010.** Life Cycle Assessment of fossil energy use and greenhouse gas emissions in Chinese pear production. Journal of Cleaner Production. 18: 1423-1430.
39. **Khoshnevisan, B. Rafiee, S. Omid, M. and Mousazadeh, H., 2013.** Developing an artificial neural networks model for predicting output energy and GHG emission of strawberry production. International Journal of Applied Operational Research. 3(4): 43-54.
40. **Qasemi-Kordkheili, P. and Nabavi-Pelesaraei, A., 2014.** Optimization of energy required and potential of greenhouse gas emissions reductions for nectarine production using data envelopment analysis approach. Int. J. Energy Environ. 5: 207-218.
41. **Izadikhah, M. and Emrouznejad, A., 2018.** Improving energy efficiency considering reduction of CO2 emission of turnip production: A novel data envelopment analysis model with undesirable output approach. Journal of Cleaner Production. 187(20): 605-615.