

## بررسی کارایی و بهره‌وری انرژی در واحدهای پرورش گاو شیری استان تهران

• عادل واحدی (نویسنده مسئول)<sup>۱</sup>، محمد یونسی المونی<sup>۲</sup>

۱- دانشیار موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی- سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی- کرج- ایران  
۲- دانشیار موسسه آموزش و ترویج کشاورزی- مرکز آموزش عالی امام خمینی- سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی- کرج- ایران

تاریخ دریافت: شهریور ۱۴۰۳ تاریخ پذیرش: دی ۱۴۰۳

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۲۱۲۲۴۱۳۸۰۸

Email: Vahedi\_adel@yahoo.com

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ASJ.2024.366857.2415

### چکیده

انرژی به شکل‌های مختلف در صنعت پرورش گاو شیری استفاده می‌شود و در فرآیند تولید شیر به دلایل مختلف هدر می‌رود. دامداران با به‌کارگیری روش‌های مختلف تولید، در کارایی انرژی واحد تولیدی‌شان نقش اساسی دارند. این تحقیق در سال ۱۴۰۲ در استان تهران با هدف تعیین شاخص‌های انرژی مصرفی انجام شد. اطلاعات به روش پرسشنامه‌ای و مطالعات اسنادی و نمونه‌گیری به‌صورت تصادفی از واحدهای مختلف گاو‌داری شیری انجام گرفت و کلیه فعالیت‌های انجام شده در طول سال یادداشت‌برداری شد. شاخص‌های انرژی شامل افزوده خالص انرژی، کارایی انرژی مصرفی، بهره‌وری انرژی و شدت انرژی تعیین شد. نتایج نشان داد که مقدار کل انرژی ورودی ۱۷۲۸۵۱/۷۵ مگاژول بازاء هر رأس دام می‌باشد و بیشترین سهم انرژی نهاده‌های مصرفی را خوراک دام با ۷۲/۳۶ درصد داشت. در بین خوراک‌های عمده مصرفی گاو شیری، کنسانتره، یونجه، ذرت و کاه گندم به‌ترتیب سهم ۴۰/۸۷، ۱۱/۲۰، ۲۰/۰۱ و ۰/۲۸ درصد از کل انرژی مصرفی داشتند. مقدار کل انرژی ستانده ۳۶۸۸۶/۴۸۲ مگاژول بازاء هر رأس دام بدست آمد که بیشترین سهم را شیر تولیدی با ۸۷/۰۲ درصد از کل انرژی ستانده داشت. کارایی مصرف انرژی، خالص انرژی، بهره‌وری انرژی و شدت انرژی به‌ترتیب ۰/۲۱، ۱۳۵۹۶۵/۲۷، ۰/۶۷ کیلوگرم بر مگاژول و ۱۴/۹۴ مگاژول بر کیلوگرم تعیین گردید. نتایج تحقیق نشان داد به منظور افزایش بهره‌وری انرژی در واحدهای پرورش گاو شیری، می‌بایست در زمینه مدیریت مناسب تولید، بازیافت پسماند، تقسیط جیره و کاهش ضایعات خوراک بیشترین اقدام را نمود.

**واژه‌های کلیدی:** گاو‌داری، کارایی مصرف انرژی، بهره‌وری انرژی، افزوده خالص انرژی، شدت انرژی.



## Research Journal of Livestock Science No 149 pp: 49-60

## Study energy use efficiency and productivity in dairy farms (case study in Tehran province)

By: Adel Vahedi<sup>1\*</sup>, mohamadyounesi<sup>2</sup>

1: Associate professor in Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

2: Associate Professor, Animal Science Research Institute, Karaj, Iran

Received: September 2024

Accepted: January 2025

Energy is used in different ways in the dairy industry and is wasted in the milk production process for various reasons. By using different production methods, livestock farmers play an essential role in the energy efficiency of their production unit. This research was carried out in 2023 in Tehran province with the aim of determining the indices of energy consumption, identifying efficient and inefficient dairy cattle producing farms in order to increase the efficiency of production units to the maximum and calculating the amount of energy that can be saved resulting from the optimization of energy consumption. Information was collected through questionnaires and document studies and random sampling from different dairy cattle units, and all the activities performed throughout the year were recorded. Energy indices including net energy gain, energy use efficiency, energy productivity and specific energy were determined. The results showed that the total amount of input energy is 172851.75 MJ per head of cow, and animal feed had the largest share of input energy with 72.36%. Among the main feeds consumed by dairy cows, concentrate, alfalfa, corn and straw contributed 40.87%, 11.20%, 20.01% and 0.28% of the total energy consumption, respectively. The amount of total energy output was 36886.482 MJ per head of cow, and milk production had the largest share with 87.02% of the total energy output. The energy use efficiency, net energy gain, energy productivity and energy intensity were determined as 0.21, -135965.27 MJ per a head of cow, 0.067 kg/MJ and 14.94 MJ/Kg respectively. The results of the research showed that in order to improve energy efficiency in dairy cattle farms, it is necessary to perform the most effective activities in the field of proper production management, waste recycling, ration distribution and reduction of feed waste.

**Key words:** Cattle ranch, Energy use efficiency, Energy Productivity, Net Energy Gain, Specific energy.

## مقدمه

بررسی مطالعات گذشته نشان داد موضوع تحلیل روند مصرف انرژی در گاوهای شیری کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بررسی در مطالعه تعیین کارایی گاوهای شیری در شهرستان سراب با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، میانگین کارایی فنی ۹۵ درصد، کارایی مقیاس ۵۵ درصد و کارایی زیست‌محیطی ۸۸ درصد به دست آمد. جهت مقایسه‌ی آماری اختلاف بین متوسط کارایی فنی و زیست‌محیطی از آزمون کروسکال والیس استفاده شد که نتیجه، معنی‌دار بودن اختلاف متوسط کارایی‌ها را

گاوداران با به کارگیری رویکردهای مختلف مدیریت تولید، در کارایی و بهره‌وری انرژی واحد گاوداری خود نقش اساسی دارند. جنبه‌های مبهم زیادی در مصرف انرژی به منظور تولید شیر وجود دارد. دلیل اصلی این مهم آن است که گاو شیری موجودی زنده است و دامداری سیستمی پویا است. اتلاف انرژی به روش‌های مختلفی صورت می‌گیرد (واحدی و همکاران. ۱۴۰۲). اما به درستی مشخص نیست که در کدام پارامتر مصرفی انرژی، اتلاف صورت گرفته است و میزان این اتلاف چقدر بوده است.

خروجی ۵۸۲۷۷ مگاژول و در نتیجه نسبت انرژی ۱/۰۲۸ به دست آمد. بیشترین مقدار انرژی مصرفی مربوط به خوراک مصرفی دام با مقدار ۴۳۶۱۲ مگاژول برای هر رأس دام بود.

بررسی سوابق مطالعات انجام شده نشان می‌دهد علی‌رغم توسعه صنعت پرورش گاوشیری در کشور و افزایش جمعیت گله‌های گاوشیری و توسعه و مصرف روزافزون فرآورده‌های شیری در سال‌های اخیر، تاکنون تحقیقی به منظور تعیین سهم هر یک از خوراک عمده مصرفی در الگوی مصرف انرژی واحدهای صنعتی پرورش گاو شیری کشور انجام نشده است و با توجه به انرژی‌بر بودن این صنعت، و تأمین بخش عمده‌ای از خوراک گاو شیری از طریق واردات که سبب خروج ارز از کشور می‌شود ضرورت انجام این پژوهش وجود دارد. نتایج این تحقیق به امنیت غذایی و پایداری تولید شیر، حفظ منابع ارزی کشور در حکمرانی اقتصاد مقاومتی، مدیریت نهاده‌ها تولید و افزایش درآمد پرورش‌دهندگان گاو شیری کشور منجر خواهد شد.

### مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر در سال ۱۴۰۲ انجام و هدف از آن بررسی وضعیت انرژی مصرفی و کارایی واحدهای صنعتی پرورش گاو شیری و ارائه راهکارهایی جهت بهبود وضعیت موجود بود. در این تحقیق ۳۰ واحد پرورش گاو شیری صنعتی (واحد تصمیم‌گیری) از نژاد هلشتاین، با توجه به ۱۱ نهاده مصرفی و ۵ ستانده مورد بررسی قرار گرفتند (جدول ۱). انرژی نهاده‌ها شامل نیروی انسانی، سوخت دیزل، بنزین، گاز طبیعی، ماشین و تجهیزات، الکتریسیته، جیره غذایی دام (یونجه، ذرت سیلویی، کنسانتره و کاه گندم) و ساختمان و تأسیسات و انرژی خروجی نیز شامل شیر، گوشت گاو حذفی، گوشت گوساله، گوشت تلیسه مازاد و کود گاوی تولید شده می‌باشد.

تأیید کرد. همچنین با محاسبه ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن این نتیجه حاصل شد که گاوداری‌هایی که کارایی فنی بالاتری دارند، آلاینده‌های کمتری تولید کرده و کارایی زیست‌محیطی بالایی هم دارند. در نهایت تحصیلات، عملکرد شیر به ازای هر رأس گاو و سن، از عوامل مؤثر بر کارایی زیست‌محیطی گاوداری‌ها شناخته شدند (مولایی و ثانی، ۱۳۹۶).

تحقیقات انجام گرفته در گاوداری‌های شیری آلمان نشان داد که خوراک دام و جیره غذایی مربوطه، بخش عمده انرژی نهاده را در گاوداری‌های شیری تشکیل می‌دهند. افزایش استفاده از کنستانتره در جیره غذایی باعث افزایش انرژی نهاده گردید. همچنین بهره‌وری انرژی بین ۳ تا ۳/۶ مگاژول بر کیلوگرم تولید شیر به دست آمد (Kraatz, ۲۰۱۲). بررسی واحدهای پرورش گاو شیری در کشور بلژیک در بازه‌های زمانی مختلف نشان داد گازوئیل مصرفی سهم بیشتری در انرژی ورودی داشت (Meul و همکاران، ۲۰۰۷). در بررسی انرژی گاوداری‌های شیری کشور استونی، نسبت انرژی در سال ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ به ترتیب ۱/۸۸ و ۱/۸۵ و انرژی ویژه به ترتیب ۵/۴ و ۵/۳ مگاژول بر کیلوگرم گزارش گردید. در این بررسی‌ها جیره غذایی بیشترین انرژی نهاده (۶۷ تا ۷۱ درصد) را تشکیل می‌داد (Fropir و همکاران، ۲۰۱۲). بررسی کارایی فنی دامداری‌های شیری استان بوردو ترکیه با استفاده از آنالیز فراگیر داده‌ها نشان داد که کارایی فنی بین ۲۸/۶ و ۱۰۰ درصد بودند و میزان متوسط آن برابر ۶۴/۲ درصد به دست آمد و نهاده‌های خوراک و نیروی کار به صورت غیر کارا استفاده می‌شدند. ارتباط مثبت و معنی‌داری بین اندازه گله و کارایی وجود داشت و دامداری‌های با مقیاس بزرگتر سود اقتصادی بیشتری داشتند (Demircn و همکاران، ۲۰۱۰). نبی‌پور افروز و همکاران (نبی‌پور افروز و همکاران، ۱۳۹۵) با بررسی سیر مصرف انرژی در گاوداری‌های شیری استان اصفهان گزارش دادند که میزان انرژی کل ورودی به ازای هر دام ۵۶۵۶۳ مگاژول، انرژی

جدول ۱- مشخصات میانگین نهاده و ستانده برای یک راس دام در گاو‌داری‌های مورد مطالعه

| شماره گاو | تعداد دام | انسانی (ساعت بر سال) | دیزل (لیتر بر سال) | بنزین (لیتر بر سال) | گاز (متر مکعب بر سال) | برق (کیلو وات ساعت بر سال) | ساختمان (متر مربع بر سال) | یونجه (کیلوگرم بر سال) | ذرت (کیلوگرم بر سال) | کنسانتره (کیلوگرم بر سال) | کاه (کیلوگرم بر سال) | تجهیزات (ساعت بر سال) | شیر (کیلو بر سال) | گوشت گاو/کیلو (سال) | گوساله (کیلو بر سال) | تلیسه (کیلو بر سال) | کود (کیلو بر سال) |          |
|-----------|-----------|----------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|----------------------|---------------------|-------------------|----------|
| ۱         | ۱۲۰       | ۲۹۹/۴۱               | ۴۵۰/۳۵             | ۱۵۸/۰۴              | ۱۴۴/۱۸                | ۷۵۷/۶۱                     | ۳۹/۱۴                     | ۳۹/۲۹                  | ۱۶۶۳/۲۷              | ۴۶۷۱/۰۸                   | ۷۱۲۹/۰۵              | ۷۸/۸۵                 | ۵۴/۱۱             | ۶۷۳۶/۶              | ۹۶/۳۳                | ۱۸۴/۵۹              | ۴/۱۲              | ۴۷۷۶/۹۸  |
| ۲         | ۲۵۰       | ۲۳۰/۳۲               | ۲۵۹/۰۲             | ۹۷/۴۲               | ۱۱۴/۵۸                | ۷۶۰/۵۷                     | ۳۹/۲۹                     | ۳۹/۲۹                  | ۱۲۷۴/۳۷              | ۴۶۸۸/۸۴                   | ۶۵۷۸/۲۸              | ۵۴/۰۳                 | ۵۲/۵۲             | ۸۸۸۷/۰۳             | ۱۰۸/۱۷               | ۲۳۷/۹۹              | ۴/۲۹              | ۶۸۹۳/۶۷  |
| ۳         | ۳۱۰       | ۲۱۹/۹                | ۳۶۵/۶۱             | ۹۱/۱                | ۹۹/۸۳                 | ۷۲۶/۶۱                     | ۳۷/۵۲                     | ۳۷/۵۲                  | ۱۲۴۷/۰۲              | ۴۲۹۱/۹۲                   | ۶۲۸۹/۳۶              | ۵۱/۵۷                 | ۵۱/۷۱             | ۹۰۳۶/۰۷             | ۱۰۹/۹۷               | ۲۴۱/۹۹              | ۴/۱۶              | ۷۰۰۹/۲۸  |
| ۴         | ۲۵۰       | ۲۲۷/۳۳               | ۲۶۹/۹۳             | ۹۰/۰۴               | ۹۸/۶۷                 | ۷۱۸/۲۴                     | ۳۷/۰۸                     | ۳۷/۰۸                  | ۱۲۰۲/۵               | ۴۲۴۱/۷۶                   | ۶۰۲۶/۰۹              | ۵۰/۹۸                 | ۵۰/۳۲             | ۸۸۴۱/۸۱             | ۱۰۷/۶۸               | ۲۳۶/۷۸              | ۴/۰۷              | ۶۸۵۸/۶۹  |
| ۵         | ۵۰۰       | ۲۱۸/۱۷               | ۲۶۸/۴۵             | ۹۰/۳۹               | ۹۹/۰۶                 | ۷۱۰/۹۷                     | ۳۷/۲۳                     | ۳۷/۲۳                  | ۱۲۰۷/۱۴              | ۴۲۵۸/۱۵                   | ۶۰۴۹/۳۰              | ۵۱/۱۸                 | ۴۹/۶۲             | ۹۳۳۷/۴              | ۱۱۳/۷۶               | ۲۵۰/۳۲              | ۴/۳۱              | ۷۲۵۰/۷۹  |
| ۶         | ۳۳۰       | ۲۲۶/۳۱               | ۲۵۵/۳۷             | ۹۳/۷۶               | ۱۰۲/۷۱                | ۷۴۷/۵                      | ۳۸/۶۲                     | ۳۸/۶۲                  | ۱۲۵۲/۱۸              | ۴۴۱۷/۰۳                   | ۶۷۷۵/۰۹              | ۵۳/۰۹                 | ۵۳/۲۶             | ۹۳۶۳/۹۷             | ۱۱۳/۹۷               | ۲۵۰/۷۷              | ۴/۳۱              | ۷۲۳۲/۶۳  |
| ۷         | ۳۰۰       | ۲۲۹/۱                | ۲۵۰/۸۸             | ۹۴/۸۲               | ۱۰۴/۰۳                | ۷۵۶/۵۹                     | ۳۹/۰۹                     | ۳۹/۰۹                  | ۱۲۳۸/۲۳              | ۴۴۷۱/۴۸                   | ۶۵۴۴/۴۵              | ۵۳/۷۴                 | ۵۳/۳۳             | ۹۱۳۵/۰۲             | ۱۱۱/۲۷               | ۲۴۴/۶۴              | ۴/۳۴              | ۷۰۸۶/۰۴  |
| ۸         | ۱۵۰       | ۲۹۸/۰۸               | ۴۵۳/۴۵             | ۱۵۷/۴۹              | ۱۳۳/۵۶                | ۷۶۶/۲۷                     | ۳۸/۹۱                     | ۳۸/۹۱                  | ۱۵۹۵/۳۱              | ۴۶۶۵/۱۲                   | ۶۹۰۰/۱۷              | ۷۸/۵۰۷                | ۵۹/۹۷             | ۷۱۵۹/۸۶             | ۱۰۱/۴۸               | ۱۹۵/۳۸              | ۴/۲۱              | ۵۱۰۵/۳   |
| ۹         | ۵۰۰       | ۲۲۰/۳۹               | ۲۶۴/۷۴             | ۹۱/۳۱               | ۱۰۰/۰۷                | ۷۱۸/۲۱                     | ۳۷/۶                      | ۳۷/۶                   | ۱۲۱۹/۴۳              | ۴۳۰۱/۴۸                   | ۶۱۱۰/۹۱              | ۵۱/۷۰                 | ۵۰/۵۹             | ۹۲۷۷/۴۴             | ۱۱۲/۹۳               | ۲۴۸/۴۹              | ۴/۲۷              | ۷۱۹۶/۵۱  |
| ۱۰        | ۳۷۰       | ۲۲۳/۲۳               | ۲۶۰/۱              | ۹۲/۴۷               | ۱۰۱/۳۶                | ۷۲۷/۴۶                     | ۳۸/۰۹                     | ۳۸/۰۹                  | ۱۲۳۵/۱۴              | ۴۳۵۶/۹۱                   | ۶۱۸۹/۶۹              | ۵۲/۳۷                 | ۵۰/۹۳             | ۹۲۱۸/۲۴             | ۱۱۲/۱۹               | ۲۴۶/۹               | ۴/۲۵              | ۷۱۵۰/۵۹  |
| ۱۱        | ۵۰۰       | ۲۲۰/۰۱               | ۲۶۵/۳۷             | ۹۱/۱۵               | ۹۹/۹                  | ۷۱۶/۹۷                     | ۳۷/۵۴                     | ۳۷/۵۴                  | ۱۲۱۷/۳۳              | ۴۲۹۴/۰۷                   | ۶۱۰۰/۴۱              | ۵۱/۶۰                 | ۵۰/۶۷             | ۹۰۹۲/۷۹             | ۱۱۰/۶۶               | ۲۴۳/۵               | ۴/۱۸              | ۷۰۵۳/۲۷  |
| ۱۲        | ۴۶۰       | ۲۲۰/۲۹               | ۲۶۴/۸۱             | ۹۱/۲۷               | ۱۰۰/۰۲                | ۷۱۷/۸۸                     | ۳۷/۵۹                     | ۳۷/۵۹                  | ۱۲۱۸/۸۷              | ۴۲۹۹/۵۳                   | ۶۱۰۸/۱۷              | ۵۱/۶۸                 | ۵۰/۶۳             | ۸۹۴۴/۵۸             | ۱۰۸/۸۹               | ۲۳۹/۵۴              | ۴/۱۳              | ۶۹۳۸/۳۱  |
| ۱۳        | ۴۸۵       | ۲۱۸/۷۴               | ۲۶۷/۵              | ۹۰/۶۲               | ۹۹/۳۲                 | ۷۱۲/۸۳                     | ۳۷/۳۲                     | ۳۷/۳۲                  | ۱۲۱۰/۳۰              | ۴۲۶۹/۲۸                   | ۶۰۶۵/۲۰              | ۵۱/۳۱                 | ۵۱/۳۱             | ۹۰۴۸/۰۸             | ۱۱۰/۳۲               | ۲۴۲/۳۸              | ۴/۱۶              | ۷۰۸/۵۳   |
| ۱۴        | ۹۵        | ۲۳۲/۰۱               | ۴۵۷/۰۷             | ۱۵۱/۱۱              | ۱۴۰/۱۷                | ۷۸۹/۰۷                     | ۴۰/۵۸                     | ۴۰/۵۸                  | ۱۲۳۸/۲۷              | ۵۱۷۲/۴۴                   | ۹۶۹۷/۰۵              | ۸۰/۴۲                 | ۶۰/۷۶             | ۶۰۰۰/۴۷             | ۸/۵۷                 | ۱۹۱/۲۵              | ۴/۱۴              | ۲۹۸۱/۷۵  |
| ۱۵        | ۹۰        | ۳۹۱/۱                | ۴۷۸/۳۲             | ۱۶۵/۷۴              | ۱۴۹/۷۹                | ۷۹۷/۱۱                     | ۴۱/۴۳                     | ۴۱/۴۳                  | ۱۲۴۸/۳۸              | ۵۲۴۹/۲۳                   | ۹۶۷۱/۹۰              | ۸۱/۲۱                 | ۸۱/۲۱             | ۵۷۵۴/۵۵             | ۸۰/۵۱                | ۱۸۳/۹۷              | ۴/۰۳              | ۲۷۹۰/۱۳  |
| ۱۶        | ۱۰۴۷      | ۸۱/۴۶                | ۲۲۰/۱۵             | ۲۲/۶                | ۵۳/۰۲                 | ۶۴۹/۱۱                     | ۳۵/۰۸                     | ۳۵/۰۸                  | ۷۷۶/۰۸۱              | ۲۴۰۴/۶۱                   | ۳۵۲۰/۹۵              | ۲۴/۶۱                 | ۲۴/۵۶             | ۱۲۰۶۷/۶۶            | ۱۳۶/۴۴               | ۳۰۶/۵               | ۴/۴               | ۱۰۴۲۱/۳۳ |
| ۱۷        | ۱۱۰۰      | ۷۷/۴                 | ۲۲۰/۲۱             | ۲۰/۰۶               | ۵۰/۶۹                 | ۶۴۸/۴۶                     | ۳۵/۰۹                     | ۳۵/۰۹                  | ۷۳۳/۱۹               | ۲۲۸۸/۲۹                   | ۲۴۹۲/۶۸              | ۲۳/۵۰                 | ۲۳/۲۶             | ۴۵/۲۶               | ۱۲۱۰/۳۳              | ۱۳۶/۹               | ۴/۴۲              | ۱۰۴۵۰/۸۱ |

ادامه جدول:

| ماشین و تجهیزات      |                        |                         |                       |                      |                          |                         |                              |                         |                           |                              |                               |                          |                        |                       |                                  |                               |                 |  |
|----------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------|--|
| کود<br>(کیلو بر سال) | تلیسه<br>(کیلو بر سال) | گوساله<br>(کیلو بر سال) | گوشت<br>(کیلو بر سال) | شیر<br>(کیلو بر سال) | تجهیزات<br>(ساعت بر سال) | کاه<br>(کیلوگرم بر سال) | کنسانتره<br>(کیلوگرم بر سال) | ذرت (کیلوگرم<br>بر سال) | یونجه<br>(کیلوگرم بر سال) | ساختمان<br>(متر مربع بر سال) | برق<br>(کیلو وات ساعت بر سال) | گاز<br>(متر مکعب بر سال) | بنزین<br>(لیتر بر سال) | دیزل (لیتر<br>بر سال) | نیروی<br>انسانی<br>(ساعت بر سال) | تعداد<br>دام<br>(ساعت بر سال) | شماره<br>گله‌ای |  |
| ۷۰۲۴/۶               | ۴/۱۷                   | ۲۴۲/۵۲                  | ۱۱۰/۲۸                | ۹۰۵۵/۸۸              | ۵۰/۰۲                    | ۵۱/۲۷                   | ۶۰۵۹/۹۲                      | ۴۲۶۵/۵۷                 | ۱۲۰۹/۲۵                   | ۳۷/۲۹                        | ۷۱۲/۲۱                        | ۹۹/۲۳                    | ۹۰/۵۵                  | ۳۶۷/۷۱                | ۲۱۸/۵۵                           | ۵۰۰                           | ۱۸              |  |
| ۷۰۷۴/۴۱              | ۴/۲                    | ۲۴۴/۲۷                  | ۱۱۰/۹۹                | ۹۱۲۰/۱۱              | ۵۲/۶۲                    | ۵۰/۶۸                   | ۵۹۰/۶۱                       | ۴۲۱۶/۷۸                 | ۱۱۹۵/۴۱                   | ۳۶/۸۸                        | ۷۰۴/۱۶                        | ۹۸/۱                     | ۸۹/۵۱                  | ۳۷۲/۰۷                | ۲۱۶/۰۵                           | ۶۵۰                           | ۱۹              |  |
| ۷۰۶۵/۳۸              | ۴/۱۹                   | ۲۴۳/۸۳                  | ۱۱۰/۸۶                | ۹۱۰۸/۵۲              | ۵۱/۷۶                    | ۵۱/۵۲                   | ۶۰۸۹/۸۵                      | ۴۲۸۶/۶۵                 | ۱۲۱۵/۲۲                   | ۳۷/۵                         | ۷۱۵/۷۳                        | ۹۹/۷۳                    | ۹۰/۹۹                  | ۳۶۶/۰۱                | ۲۱۹/۶۳                           | ۴۹۰                           | ۲۰              |  |
| ۷۱۶۸/۸۹              | ۴/۲۶                   | ۲۴۷/۶۱                  | ۱۱۲/۴۹                | ۹۲۴۱/۸۳              | ۵۱/۰۶                    | ۵۲/۲۳                   | ۶۱۷۳/۸۹                      | ۴۲۴۵/۷۹                 | ۱۲۳۱/۹۹                   | ۳۷/۹۹                        | ۷۲۵/۶                         | ۱۰۱/۱                    | ۹۲/۲۵                  | ۳۶۱/۰۳                | ۲۲۲/۶۶                           | ۴۵۰                           | ۲۱              |  |
| ۷۰۷۷/۶۹              | ۴/۱۹                   | ۲۴۴/۵۱                  | ۱۱۱/۲۴                | ۹۶۲۴/۲۶              | ۴۸/۷۴                    | ۵۲/۵۵                   | ۶۲۱۳/۵۴                      | ۴۳۷۳/۷۰                 | ۱۲۳۹/۹۰                   | ۳۸/۲۴                        | ۷۱۰/۲۶                        | ۱۰۱/۷۵                   | ۹۲/۷۴                  | ۳۵۸/۷۲                | ۲۲۴/۰۹                           | ۷۰۰                           | ۲۲              |  |
| ۷۲۲۴/۶۴              | ۴/۳۴                   | ۲۵۲/۶۸                  | ۱۱۴/۹۸                | ۹۴۴۲/۶۲              | ۴۸/۳۹                    | ۵۱/۹۰                   | ۵۹۴۲/۷۸                      | ۴۳۱۸/۲۷                 | ۱۲۲۴/۱۹                   | ۳۷/۷۵                        | ۷۱۱/۰۱                        | ۱۰۰/۴۶                   | ۹۱/۵۶                  | ۳۶۳/۳۳                | ۲۲۱/۲۵                           | ۸۰۰                           | ۲۳              |  |
| ۷۲۵۷/۳۲              | ۴/۳۶                   | ۲۵۴                     | ۱۱۵/۶۲                | ۹۴۸۴/۸۴              | ۴۸/۲۶                    | ۵۱/۷۴                   | ۶۱۱۸/۱۳                      | ۴۳۰۶/۵۶                 | ۱۲۲۰/۸۷                   | ۳۷/۶۴                        | ۷۱۹/۰۵                        | ۱۰۰/۱۹                   | ۹۱/۴۲                  | ۳۶۴/۳۱                | ۲۲۰/۶۵                           | ۷۰۰                           | ۲۴              |  |
| ۷۲۶۷/۸               | ۴/۳۱                   | ۲۵۰/۶۹                  | ۱۱۴/۲۳                | ۹۳۶۹/۳۵              | ۵۰/۲۷                    | ۵۳/۰۵۲                  | ۶۲۷۱/۴۸                      | ۴۴۱۴/۴۹                 | ۱۲۵۱/۴۶                   | ۳۸/۵۹                        | ۷۳۷/۰۸                        | ۱۰۲/۷                    | ۹۳/۱۶                  | ۳۵۵/۴۱                | ۲۲۶/۱۸                           | ۵۵۰                           | ۲۵              |  |
| ۷۰۰۶/۳۹              | ۴/۱۵                   | ۲۴۱/۷۹                  | ۱۰۹/۹۶                | ۷۰۳۲/۳۵              | ۵۹/۹۶                    | ۷۷/۹۶                   | ۶۸۳۶/۳۹                      | ۴۶۰۰/۲۳                 | ۱۳۷۰/۴۶                   | ۳۸/۵۲                        | ۷۵۵/۷۷                        | ۱۳۲/۰۹                   | ۱۴۸/۵۴                 | ۴۴۷/۳۴                | ۲۹۵/۷۸                           | ۲۰۰                           | ۲۶              |  |
| ۸۹۷۹/۴۲              | ۴/۰۸                   | ۲۴۰/۵۵                  | ۱۱۸/۶۱                | ۱۰۹۹۷/۵۷             | ۴۹/۰۹                    | ۲۵/۱۰                   | ۵۳۴۵/۸۳                      | ۴۱۰۳/۸۵                 | ۸۷۸/۶۶                    | ۳۶/۴۵                        | ۶۸۵/۹۸                        | ۷۶/۷۹                    | ۳۱/۴۸                  | ۳۰۷/۰۹                | ۱۵۳/۵۷                           | ۸۱۰                           | ۲۷              |  |
| ۷۰۶۱/۹۱              | ۴/۱۹                   | ۲۴۳/۸۲                  | ۱۱۰/۸                 | ۹۶۰۳/۹۷              | ۴۹/۱۹                    | ۵۱/۲۰                   | ۶۰۵۱/۸۷                      | ۴۲۵۹/۹۱                 | ۱۲۰۷/۶۴                   | ۳۷/۲۴                        | ۷۱۱/۲۷                        | ۹۸/۹۱                    | ۹۰/۴۳                  | ۳۶۹/۰۲                | ۲۱۸/۲۶                           | ۷۵۰                           | ۲۸              |  |
| ۹۳۹۶/۵۸              | ۴/۳۷                   | ۳۰۶/۳۲                  | ۱۲۶/۱۴                | ۱۱۵۳۵/۳۶             | ۴۶/۵۷                    | ۲۴/۶۶                   | ۴۱۲۹/۴۴                      | ۳۸۶۷/۰۷                 | ۸۲۴/۰۸                    | ۳۶/۶۲                        | ۶۷۹/۵۳                        | ۵۲/۴۷                    | ۳۰/۳۵                  | ۲۹۴/۴۸                | ۱۳۴/۶۶                           | ۱۵۶۰                          | ۲۹              |  |
| ۹۳۶۷/۳۳              | ۴/۳۶                   | ۲۹۴/۳۱                  | ۱۲۵/۵۹                | ۱۱۴۹۷/۶۸             | ۴۵/۸۵                    | ۲۴/۷۰                   | ۴۲۹۴/۸۶                      | ۳۹۲۵/۲۵                 | ۸۳۴/۳۰                    | ۳۶/۰۱                        | ۶۶۷/۷                         | ۶۰/۶۴                    | ۳۰/۷۲                  | ۳۰۱/۶۲                | ۱۴۱/۰۳                           | ۲۰۵۰                          | ۳۰              |  |
| ۷۱۱۳/۹۴              | ۴/۲۳                   | ۲۴۵/۶۴                  | ۱۱۱/۶۶                | ۹۱۷۱/۰۴۱             | ۵۱/۳۸                    | ۵۱/۹۶                   | ۶۱۴۲/۶۸                      | ۴۳۲۳/۵۴                 | ۱۲۲۵/۶۸                   | ۳۷/۷۹                        | ۷۲۱/۸۹                        | ۱۰۰/۵۳                   | ۹۱/۷۷                  | ۳۶۳/۲۸                | ۲۲۱/۵۲                           | ۵۷۲                           | متوسط           |  |
| ۱۰۴۵/۸۱              | ۴/۴۲                   | ۳۱۷/۳۴                  | ۱۳۶/۹۱                | ۱۲۱۰۵/۳۳             | ۶۱/۳۱                    | ۸۱/۲۱                   | ۹۶۹۷/۰۵                      | ۵۳۴۹/۲۳                 | ۱۷۴۸/۳۸                   | ۴۱/۴۳                        | ۷۹۷/۱۱                        | ۱۴۹/۷۹                   | ۱۶۵/۷۴                 | ۴۷۸/۳۲                | ۳۹۱/۱۱                           | ۲۰۵۰                          | بیشینه          |  |
| ۲۷۹۰/۱۳              | ۴/۰۳                   | ۱۸۳/۹۷                  | ۸۰/۵۱                 | ۵۷۵۴/۵۵              | ۴۵/۲۶                    | ۲۳/۵۰                   | ۳۴۹۳/۶۸                      | ۳۲۸۸/۲۹                 | ۷۳۳/۱۹                    | ۳۵/۰۸                        | ۶۴۸/۴۶                        | ۵۰/۶۹                    | ۲۰/۰۶                  | ۲۲۰/۱۵                | ۷۷/۴۱                            | ۹۰                            | کمینه           |  |

سال ۱۴۰۰، ۳۱۴۹۰ تن گوشت قرمز و ۱۲۰۰۰۰۰ تن شیر خام در استان تهران تولید شد که در تولید شیر خام این استان رتبه دوم کشور را به خود اختصاص داده است (بی‌نام، ۱۴۰۱).

۲۴۹۲ واحد دام شیری در استان تهران فعال است. استان تهران دارای ۴۲۰ هزار رأس دام سنگین بوده و ۲۰۳ هزار رأس دام اصیل کشور (معادل ۱۸ درصد دام‌های اصیل کشور) در این استان وجود دارد و رتبه اول کشور را به خود اختصاص داده است. در



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان تهران

$n$ ، حجم نمونه (تعداد گاوداری‌های مورد مطالعه)؛  $N$ ، اندازه جامعه آماری؛  $t$ ، ضریب اطمینان قابل قبول که با فرض نرمال بودن توزیع صفت مورد نظر از جدول  $t$  استیودنت بدست می‌آید؛  $S$ ، برآورد انحراف معیار صفت مورد مطالعه؛  $d$ ، دقت احتمالی مطلوب می‌باشد.

برای محاسبه انرژی‌های ورودی و خروجی در یک سیستم تولیدی می‌توان مقدار هر کدام از نهاده‌های مصرفی یا محصول تولیدی را در هم ارز انرژی (شدت یا معادل انرژی) آن ضرب نمود. مقادیر هم‌ارز انرژی نهاده‌های مصرفی و محصولات تولید شده در جدول ۲ آورده شده‌اند.

اطلاعات مورد استفاده در این تحقیق از طریق مصاحبه حضوری با مدیران واحدهای پرورش و کارشناسان و مطالعات اسنادی به‌دست آمد. جامعه آماری این تحقیق تمام واحدهای صنعتی پرورش گاو شیری از نژاد هلشتاین در استان تهران بود و برای به‌دست آوردن حجم نمونه از رابطه (۱) استفاده شد (Cochran, ۱۹۹۷):

$$n = \frac{N(t.s)^2}{Nd^2 + (t.s)^2} \quad (1)$$

در این رابطه؛

جدول ۲- هم‌ارز انرژی نهاده‌های مصرفی و ستانده‌ها در پرورش گاو شیری

| مرجع                                          | واحد<br>(مگاژول بر واحد) | هم‌ارز انرژی | نهاده‌ها/ستانده‌ها  |
|-----------------------------------------------|--------------------------|--------------|---------------------|
| انرژی داده (ورودی)                            |                          |              |                     |
| Yilmaz و همکاران، ۲۰۰۵؛ Ozkan و همکاران، ۲۰۰۴ | ساعت                     | ۱/۹۶         | - نیروی انسان       |
| Kitani، ۱۹۹۹                                  | کیلوگرم                  | ۱۳۸          | - تراکتور           |
| Kitani، ۱۹۹۹                                  | کیلوگرم                  | ۱۲۹          | - سمپاش             |
| Chauhan و همکاران، ۲۰۰۶                       | کیلوگرم                  | ۶۲/۷         | - فولاد             |
| Chauhan و همکاران، ۲۰۰۶                       | کیلوگرم                  | ۶۴/۸         | - موتور الکتریکی    |
| Kittle، ۱۹۹۳                                  | کیلوگرم                  | ۴۶/۳         | - پلی اتیلن         |
| Kitani، ۱۹۹۹                                  | کیلوگرم                  | ۶۲/۷         | - سایر تجهیزات      |
| Erdal و همکاران، ۲۰۰۷                         | لیتر                     | ۵۶/۳         | - سوخت دیزل         |
| Kitani، ۱۹۹۹                                  | لیتر                     | ۴۶/۳         | - بنزین             |
| Burhan و همکاران، ۲۰۰۴                        | کیلووات ساعت             | ۱۱/۹۳        | - برق               |
| Gaillard و همکاران، ۱۹۹۷                      | مترمربع در سال           | ۱۵۳          | - ساختمان و تأسیسات |
| Tsatsarelis and Koundouras، ۱۹۹۴              | کیلوگرم                  | ۱۵/۸         | - یونجه             |
| Pishgar و همکاران، ۲۰۱۱                       | کیلوگرم                  | ۸            | - ذرت علوفه‌ای      |
| Kitani، ۱۹۹۹                                  | کیلوگرم                  | ۱۴           | - جو                |
| Sainz، ۲۰۰۳                                   | کیلوگرم                  | ۰/۳۲         | - سبوس              |
| Heidari و همکاران، ۲۰۱۱                       | کیلوگرم                  | ۱۲/۰۶        | - کنجاله سویا       |
| Frorip و همکاران، ۲۰۱۲؛ Sainz، ۲۰۰۳           | کیلوگرم                  | ۰/۳۸         | - نمک و ویتامین‌ها  |
| Tabatabaefar و همکاران، ۲۰۰۹                  | کیلوگرم                  | ۹/۲۵         | - کاه               |
| انرژی ستاده (خروجی)                           |                          |              |                     |
| Frorip و همکاران، ۲۰۱۲؛ Sainz، ۲۰۰۳           | کیلوگرم                  | ۷/۱۴         | - شیر               |
| Frorip و همکاران، ۲۰۱۲؛ Sainz، ۲۰۰۳           | کیلوگرم                  | ۹/۲۲         | - گوشت گاو          |
| Frorip و همکاران، ۲۰۱۲؛ Sainz، ۲۰۰۳           | کیلوگرم                  | ۶/۵          | - گوشت گوساله       |
| Frorip و همکاران، ۲۰۱۲؛ Sainz، ۲۰۰۳           | کیلوگرم                  | ۶/۵          | - تلیسه مازاد       |
| Ghasemi Mobtaker و همکاران، ۲۰۱۰              | کیلوگرم                  | ۰/۳          | - کود دامی          |

با استفاده از رابطه ۲ مقدار انرژی مصرفی ماشین محاسبه شد.

$$E_m = \frac{EI_m \cdot W \cdot T}{N} \quad (2)$$

در این رابطه؛

$E_m$ ، انرژی ماشین (مگاژول بر رأس دام)؛  $EI_m$ ، هم‌ارز انرژی هر واحد از وزن ماشین (مگاژول بر کیلوگرم)؛  $N$ ، عمر اقتصادی ماشین (ساعت)؛  $W$ ، وزن ماشین (کیلوگرم)؛  $T$ ، ساعات استفاده از ماشین در هر دوره پرورش به ازاء هر رأس گاو (ساعت بر رأس دام) است.

انرژی الکتریسته برای تأمین آب از چاه آبیاری از معادله (۳) محاسبه شد (واحدی و همکاران، ۱۴۰۲).

$$DE = \gamma g H Q \cdot \varepsilon \cdot q \quad (3)$$

که در این رابطه؛

$DE$ ، انرژی الکتریسته (گیگاژول بر هکتار)؛  $\gamma$ ، چگالی آب (برابر ۱۰۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب)؛  $g$ ، نیروی جاذبه (۹/۸ متر بر مجذور ثانیه)؛  $H$ ، میانگین عمق پمپاژ آب؛  $Q$ ، نیاز ویژه آبی گیاه (مترمکعب در هکتار)؛  $\varepsilon \cdot q$ ، بازدهی کل تبدیل انرژی آبیاری (مقدار آن ۰/۱۸ تا ۰/۲ برای چاه‌های برقی) می‌باشد.

شاخص‌های انرژی مهم در ارزیابی و آنالیز مصرف انرژی در بخش کشاورزی شامل کارایی انرژی مصرفی<sup>۱</sup> یا نسبت انرژی<sup>۲</sup>، افزوده خالص انرژی<sup>۳</sup>، بهره‌دهی انرژی<sup>۴</sup> و شدت انرژی<sup>۵</sup> از روابط ۴ الی ۷ محاسبه گردید (واحدی و یونسی الموتی، ۱۳۹۵).

$$EUE = \frac{E_{out}}{E_{in}} \quad (4)$$

$$NEG = E_{out} - E_{in} \quad (5)$$

$$EP = \frac{Y}{E_{in}} \quad (6)$$

$$SE = \frac{E_{in}}{Y} \quad (7)$$

در این روابط؛

$EUE$ ، نسبت یا کارایی مصرف انرژی؛  $NEG$ ، انرژی خالص تولید شده (مگاژول بر رأس دام)؛  $EP$ ، بهره‌وری انرژی (کیلوگرم بر مگاژول)؛  $SE$ ، انرژی ویژه (شدت انرژی) (مگاژول بر کیلوگرم)؛  $E_{in}$ ، انرژی ورودی (مگاژول بر رأس دام)؛  $E_{out}$ ، انرژی خروجی (مگاژول بر رأس دام) و  $Y$ ، عملکرد تولید

(کیلوگرم بر رأس دام) است.

### نتایج و بحث

در جدول ۳ میانگین مصرف نهاده‌ها و تولید ستانده‌ها و محتوای انرژی آنها برای هر رأس گاو در یک دوره پرورش آمده است. مقدار کل انرژی ورودی ۱۷۲۸۵۱/۷۵ مگاژول بازاء هر رأس دام محاسبه شد. بیشترین سهم انرژی نهاده‌های مصرفی را خوراک دام با ۷۲/۳۶ درصد داشت. در بین خوراک‌های عمده مصرفی گاو شیری هلاستین، کنسانتره، یونجه، ذرت و کاه و کلش به ترتیب سهم ۴۰/۸۷، ۱۱/۲۰، ۲۰/۰۱ و ۰/۲۸ درصد از کل انرژی مصرفی داشتند. پس از خوراک دام، سوخت دیزل و الکتریسته به ترتیب با ۱۱/۸۳ و ۴/۹۸ درصد بیشترین سهم از کل انرژی مصرفی یک رأس دام در یک دوره پرورش داشتند.

کمترین سهم انرژی مصرفی را نیروی انسانی با سهم ۰/۲۵ درصد از کل انرژی ورودی‌ها داشت. مقدار کل انرژی ستانده ۳۶۸۸۶/۴۸۲ مگاژول بازاء هر رأس دام به دست آمد که بیشترین سهم را شیر تولیدی با ۸۷/۰۲ درصد از کل انرژی ستانده داشت و سپس کود حیوانی و گوشت گوساله نر و گاو حذفی به ترتیب ۵/۷۹، ۴/۳۳ و ۲/۷۹ درصد از کل انرژی ستانده را به خود اختصاص دادند. کمترین سهم انرژی ستانده‌ها مربوط به گوشت تلیسه با ۰/۰۷ درصد بود. نتیجه به دست آمده منطقی می‌باشد چون کمتر دامداری تلیسه جوان خود را که آماده برای بارداری شکم اول است را حاضر به فروش و حذف از چرخه تولید می‌شود.

فتی و همکاران (۱۴۰۲) در مطالعه ارزیابی و بهینه‌سازی شاخص‌های انرژی در گاوداری‌های صنعتی شمال خوزستان بیشترین سهم نهاده مصرفی را مربوط به خوراک دام با ۶۵/۴ درصد بیان کردند و الکتریسته و سوخت دیزل به ترتیب با سهم ۲۷/۲ و ۳/۱ درصد از کل انرژی ورودی در مرتبه بعد قرار داشتند. دلیل سهم بالای الکتریسته نسبت به سوخت دیزل در گاوداری‌های صنعتی شمال خوزستان، گرمای هوا و استفاده بیشتر از فن در تابستان برای تهویه سالن‌های پرورش و سرمایش سالن‌های شیردوشی و همچنین نیاز به سوخت کمتر برای گرمایش در زمستان بود.

جدول ۳ - مقدار مصرف یا تولید و محتوای انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها بازای یک رأس دام در سال

| نهاده‌ها        | واحد            | مقدار    | محتوای انرژی<br>(مگاژول بر واحد) | سهم<br>درصد(%) |
|-----------------|-----------------|----------|----------------------------------|----------------|
| نیروی انسانی    | ساعت            | ۲۲۱/۵۲   | ۴۳۴/۱۸                           | ۰/۲۵           |
| سوخت دیزل       | لیتر            | ۳۶۳/۳۸   | ۲۰۴۵۲/۸۰                         | ۱۱/۸۳          |
| بنزین           | لیتر            | ۹۱/۷۷    | ۴۲۴۸/۹۵                          | ۲/۴۶           |
| گاز طبیعی       | مترمکعب         | ۱۰۰/۵۴   | ۴۹۷۶/۵۸                          | ۲/۸۸           |
| ماشین و تجهیزات | ساعت            | ۵۱/۳۸    | ۳۲۷۲/۹۱                          | ۱/۸۹           |
| الکتریسته       | کیلو وات ساعت   | ۷۲۱/۸۹   | ۸۶۱۲/۲۰                          | ۴/۹۸           |
| ساختمان         | متر مربع در سال | ۳۷/۸۰    | ۵۷۸۲/۷۹                          | ۳/۳۵           |
| خوراک           | کیلو گرم        | ۱۱۷۴۳/۴۸ | ۱۲۵۰۷۱/۱۵                        | ۷۲/۳۶          |
| یونجه           | کیلو گرم        | ۱۲۲۵/۶۸  | ۱۹۳۶۵/۸۳                         | ۱۱/۲۰          |
| ذرت             | کیلو گرم        | ۴۳۲۳/۵۵  | ۳۴۵۸۸/۳۸                         | ۲۰/۰۱          |
| کنسانتره        | کیلو گرم        | ۶۱۴۲/۲۸  | ۷۰۶۳۶/۲۵                         | ۴۰/۸۷          |
| کاه گندم        | کیلو گرم        | ۵۱/۹۷    | ۴۸۰/۶۹                           | ۰/۲۸           |
| کل انرژی ورودی  |                 |          | ۱۷۲۸۵۱/۷۵                        |                |
| ستانده‌ها       |                 |          |                                  |                |
| شیر             | کیلو گرم        | ۹۱۷۱/۰۴  | ۳۲۰۹۸/۶۴                         | ۸۷/۰۲          |
| گوشت گاو        | کیلو گرم        | ۱۱۱/۶۶   | ۱۰۲۹/۵۰                          | ۲/۷۹           |
| گوشت گوساله     | کیلو گرم        | ۲۴۵/۶۴   | ۱۵۹۶/۶۶                          | ۴/۳۳           |
| گوشت تلیسه      | کیلو گرم        | ۴/۲۳     | ۲۷/۴۹                            | ۰/۰۷           |
| کود حیوانی      | کیلو گرم        | ۷۱۱۳/۹۴  | ۲۱۳۴/۱۸                          | ۵/۷۹           |
| کل انرژی ستانده |                 |          | ۳۶۸۸۶/۴۸                         |                |

در تحقیق خود کارایی انرژی را ۰/۹۵ و خالص مصرف انرژی را در گاوداری‌های صنعتی شمال خوزستان منفی گزارش نمودند. کارایی مصرف انرژی واحدهای پرورش گاو شیری در بررسی استان اصفهان ۱/۰۲ بیان شد و دلیل تفاوت نتایج با بررسی حاضر این است که در آن مطالعه میزان انرژی مصرفی ساختمان، بنزین و گاز طبیعی در نظر گرفته نشده است (نبی‌پور افروز و همکاران، ۱۳۹۵).

جدول ۴ شاخص‌های مصرف انرژی را در گاوداری‌های شیری استان تهران نشان می‌دهد. کارایی مصرف انرژی ۰/۲۱ تعیین شد. خالص انرژی ۱۳۵۹۶۵/۲۷ مگاژول بر هر رأس دام محاسبه شد و منفی بود زیرا کل انرژی ستانده بازای هر رأس دام در یک دوره پرورش کمتر از کل انرژی نهاده‌های مصرفی بود. بهره‌وری انرژی و شدت انرژی به ترتیب ۰/۰۶۷ کیلوگرم بر مگاژول و ۱۴/۹۴ مگاژول بر کیلوگرم تعیین گردید. فتحی و همکاران (۱۴۰۲) نیز

جدول ۴ - شاخص‌های مصرف انرژی در پرورش گاو شیری

| مقدار      | واحد                 | شاخص              |
|------------|----------------------|-------------------|
| ۰/۲۱       | -                    | کارایی مصرف انرژی |
| -۱۳۵۹۶۵/۲۷ | مگاژول بر هر رأس دام | خالص انرژی        |
| ۰/۰۶۷      | کیلوگرم بر مگاژول    | بهره‌وری انرژی    |
| ۱۴/۹۴      | مگاژول بر کیلوگرم    | شدت انرژی         |

گاو‌داری شماره ۱۵ با مقدار ۳۰/۱۲۴ مگاژول بر کیلوگرم تعیین شد.

بیشترین میزان خالص انرژی مصرفی برای گاو‌داری شماره ۱ با مقدار ۰/۱۱۴ مگاژول بر هر رأس دام تعیین گردید و تنها گاو‌داری بود که خالص انرژی مصرفی آن مثبت بود، که به دلیل فعالیت در مقیاس بسیار کوچک و مصرف بسیار محدود نهاده‌های تولیدی بود. کمترین خالص انرژی مصرفی برای گاو‌داری شماره ۱۵ با مقدار ۲۴۲۵۵۰/۴۰- مگاژول بر هر رأس دام تعیین گردید.

جدول ۵ آماره‌های شاخص‌های انرژی را نشان می‌دهد. کمترین کارایی مصرف انرژی و بهره‌وری انرژی مربوط به گاو‌داری شماره ۱۵ به ترتیب با مقدار ۰/۰۸۶ و ۰/۰۳۳ کیلوگرم بر مگاژول و بیشترین کارایی مصرف انرژی و بهره‌وری انرژی برای گاو‌داری شماره ۱۷ به ترتیب با مقدار ۰/۳۸۶ و ۰/۱۸۲ کیلوگرم بر مگاژول به دست آمد.

کمترین شاخص شدت انرژی برای گاو‌داری شماره ۱۷ با مقدار ۵/۴۹ مگاژول بر کیلوگرم و بیشترین شاخص شدت انرژی برای

جدول ۵- شاخص‌های آماری شاخص‌های انرژی در واحدهای مورد مطالعه

| کارایی مصرف انرژی | بهره‌وری انرژی<br>(کیلوگرم بر مگاژول) | خالص انرژی<br>(مگاژول بر هر رأس دام) | شدت انرژی<br>(مگاژول بر کیلوگرم) |
|-------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| میانگین           | ۰/۲۱                                  | -۱۳۵۹۶۵/۲۷                           | ۱۴/۹۴                            |
| بیشینه            | ۰/۳۸۶                                 | ۰/۱۱۴                                | ۳۰/۱۲                            |
| کمینه             | ۰/۰۸۶                                 | -۲۴۲۵۵۰/۴۰                           | ۵/۴۹                             |
| انحراف معیار      | ۰/۰۷۰                                 | ۴۵۵۷۳/۴۹                             | ۵/۴۲                             |

### نتیجه‌گیری

را می‌بایست در حوزه مصرف خوراک دام انجام داد. نتایج تحقیق نشان داد واحدهای دامداری با ظرفیت ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ راس کمینه مصرف حامل‌های انرژی و بیشینه ستانده را دارا هستند لذا فعالیت واحدهای پرورش گاو شیری در این بازه ظرفیتی توصیه می‌شود.

میانگین انرژی مصرفی و ستانده در گاو‌داری‌های شیری استان تهران به ترتیب ۱۷۲۸۵۱/۷۵ و ۳۶۸۶۶/۴۸ مگاژول بازای هر رأس دام محاسبه شد. در بین نهاده‌های مصرفی، بیشترین سهم انرژی را خوراک دام با ۷۲/۳۶ درصد داشت لذا برای ارتقاء شاخص‌های انرژی در پرورش گاو شیری بیشترین مدیریت بهینه‌سازی مصرف

## تشکر و قدردانی

از همکاری و مساعدت موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی و معاونت تولیدات علوم دامی وزارت جهاد کشاورزی در اجرا طرح پژوهشی "بررسی کارایی و بهینه‌سازی مصرف انرژی و آب، ارزیابی اقتصادی و اثرات زیست‌محیطی در واحدهای پرورش گاو شیری صنعتی" و تامین منابع مالی آن سپاسگزاری می‌گردد.

## پاورقی

- 1- Energy use efficiency (EUE)
- 2- Energy Ratio (ER)
- 3- Net Energy Gain (NEG)
- 4- Energy Productivity (EP)
- 5- Specific energy (SE)

## منابع

بی‌نام. (۱۴۰۱). آمارنامه کشاورزی (جلد دوم). وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی. مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.

فتحی، ر.، قاسمی نژاد رائینی، م. و حسام پور، ر. (۱۴۰۲). ارزیابی و بهینه‌سازی شاخص‌های انرژی و زیست‌محیطی با استفاده از ارزیابی چرخه حیات و تحلیل پوششی داده‌ها (مطالعه موردی: گاوداری‌های صنعتی شمال خوزستان). نشریه ماشین‌های کشاورزی، جلد ۳۱، شماره ۴.

مولایی، م. و ثانی، ف. (۱۳۹۶). ارزیابی تاثیر آلاینده‌های زیست‌محیطی بر کارایی فنی گاوداری‌های شیری شهرستان سراب به روش تحلیل مرزصادفی. مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۴۸(۱): ۳۵-۴۲.

نبی‌پور افروز، ح.، عابدی فیروزجایی، ر. و لقمانپور زرینی، ر. (۱۳۹۵). محاسبه شاخص‌های مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در سالن‌های پرورش گاو شیری (مطالعه موردی: استان اصفهان). اولین همایش ملی یافته‌های نوین در علوم کشاورزی، محیط زیست و منابع طبیعی پایدار، کرمان، ص ۱۰۷.

واحدی، ع. و یونسی الموتی، م. (۱۳۹۵). اندازه‌گیری شاخص‌های انرژی تولید مرغ گوشتی استان البرز. تحقیقات سامانه‌ها و

مکانیزاسیون کشاورزی، ۱۷(۶۷): ۴۱-۵۴. doi: 10.22092/erams.2017.112999

واحدی، ع.، یونسی الموتی، م.، حیدری سلطان آبادی، م. و ظریف نشاط، س. (۱۴۰۲). بررسی الگوی مصرف انرژی و بهره‌وری آب در واحدهای پرورش گاو شیری به منظور ارائه راهکارهای بهینه‌سازی کارایی انرژی به روش تحلیل پوششی داده‌ها. سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، گزارش نهایی با شماره ثبت ۶۴۶۲۸.

Burhan, O., Akcaoz, H. & Cemal. F. (2004). Energy input-output analysis in Turkish agriculture. *Renewable Energy*, 29, 39-51.

Cochran, William. G. (1997). Sampling Techniques. Third Edition. Wiley Eastern, 428 pages.

Demirci, V., Binici, T. & Zulauf, C.R. (2010). Assessing pure technical efficiency of dairy farms in Turkey. *Agricultural Economics*, 56, 141-148.

Erdal, G., Esengun, K., Erdal, H., & Gunduz, O. (2007). Energy use and economic analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. *Energy*, 32, 35-41.

Frorip, J., Kokin, E., Praks, J., Poikalainen, V., Ruus, A., Veermäe, I., Lepasalu, L., Schäfer, W., Mikkola, H., & Ahokas, J. (2012). Energy consumption in animal production – case farm study. *Agronomy Research, Biosystem Engineering: Special Issue*, 1, 39-48.

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

Gaillard, G., Crettaz, P., & Hausheer, J. (1997). Umweltinventar der landwirtschaftlichen Inputs im Pflanzenbau. FAT 46 Schri; enreihe der Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft; und Landtechnik CH-8356 Tänikon TG.

- Heidari, M. D., Omid., M. & Akram, A. (2011). Energy efficiency and econometric analysis of broiler production farms. *Energy*, 36, 6536-6541.
- Kitani, O. (1999). CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Energy and Biomass Engineering. Vol. 5. ASAE publication, St Joseph
- Kraatz, S.(2012). Energy intensity in livestock operations – Modeling of dairy farming systems in Germany. *Agricultural Systems*, 110, 90–106.
- Meul, M., Nevens, F., Reheul, D., & Hofman, G. (2007). Energy use efficiency of specialised dairy, arable and pig farms in Flanders. *Agriculture Ecosystems and Environment*, (119) 1, 135-144.
- Ozkan B, Akcaoz H. & Fert C.(2004). Energy input output analysis in Turkish agriculture. *Renewable Energy*, (29)1: 39–51.
- Pishgar, S. H., Keyhani, A., Rafiee, S., & Sefeedpary, P. (2011). Energy use and economic analysis of corn silage production under three cultivated area levels in Tehran province of Iran. *Energy*, 36, 3335-3341.
- Sainz, R.D. (2003). Livestock-environment initiative fossil fuels component: Framework for calculating fossil fuel use in livestock systems. Retrieved from [www.fao.org](http://www.fao.org).
- Tabatabaeefar, A., Emamzadeh., H. Ghasemi Varnamkhasti., M. Rahimizadeh R., & Karimi, M.(2009). Comparison of energy of tillage systems in wheat production. *Energy*, 34, 41–45.
- Tsatsarelis, C.A. & Koundouras, D.S. (1994). Energetics of baled alfalfa hay production in northern Greece. *Agriculture Ecosystems and Environment*, (49) 2,123–130.
- Yilmaz, I., Akcaoz, H., & Ozkan, B. (2005). An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey. *Renewable Energy*, 30, 145-155.