



Estimating the economic value of residual feed intake using bioeconomic modeling

Sara Nadri¹✉ | Ali Sadeghi-Sefidmazgi^{2,3}  | Gholam Reza Ghorbani⁴ | Pouya Zamani⁵

1. Corresponding Author, Department of Animal Sciences, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. E-mail: s.nadri@ag.iut.ac.ir
2. Department of Animal Sciences, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. E-mail: Sadeghism@iut.ac.ir
3. Department of Animal Science, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: Sadeghism@ut.ac.ir
4. Department of Animal Sciences, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. E-mail: ghorbani@iut.ac.ir
5. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran. E-mail: pzamani@basu.ac.ir

Article Info

ABSTRACT

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 01 February 2022

Received in revised form:

03 August 2022

Accepted: 12 August 2022

Published online:

24 December 2022

Keywords:

Dairy cow,
Economic weight,
Feed efficiency,
Relative emphasis,
Sensitivity analysis.

The aim of this study was to estimate the economic values for residual feed intake and some production and performance traits in Iranian Holstein dairy cow. For this purpose, trait by trait or multiple traits of bio-economic modeling along with production and economic data were used. These data were collected from seven large herds of dairy cows in 2020. The economic values of the residual feed intake was calculated in four different age groups. The diets of different groups were formulated using CNCPS software. Index economic weights (multiplication of the economic values by discounted genetic expressions, in Rial and one cow per year) on average at the level of the studied farms were estimated to be IRR 14280 per kg of milk yield; IRR 291060 per kg of fat yield; IRR 232260 per kg of protein yield; IRR - 790860 per kg of residual feed intake; IRR 702588 per month of longevity and IRR- 113820 per day of days open. The sensitivity analysis showed that the price of concentrate ingredients has a greater effect on the economic value of the residual feed intake than of forage ingredients. In the genetic- economic analysis, the milk production with a relative emphasis of 50 percent was the most important trait in the breeding of Iranian dairy cows, while the relative emphasis on feed efficiency was only about 5 percent. The results of this research provide valuable information for economic values of traits that can be used to complete the national selection index and cost-benefit analysis.

Cite this article: Nadri, S., Sadeghi-Sefidmazgi, A., Ghorbani, Gh. R., & Zamani, P. (2022). Estimating the economic value of residual feed intake using bioeconomic modeling. *Journal of animal Production*, 24 (4), 383-393.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jap.2022.338350.623674>





برآورد ارزش اقتصادی مازاد خوراک مصرفی با استفاده از مدل سازی زیست اقتصادی

سارا ندری^۱ | علی صادقی سفید مزگی^{۲،۳} | غلامرضا قربانی^۴ | پویا زمانی^۵

۱. نویسنده مسئول، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه: s.nadri@ag.iut.ac.ir
۲. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه: Sadeghism@iut.ac.ir
۳. گروه علوم دامی، دانشکدهگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: Sadeghism@ut.ac.ir
۴. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه: ghorbani@iut.ac.ir
۵. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان، همدان، ایران. رایانامه: pzamani@basu.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۵/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۲۱

تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۱۰/۰۳

کلیدواژه‌ها:

آنالیز حساسیت،

بازده خوراک،

تأکید نسبی،

ضریب اقتصادی،

گاو شیری.

هدف از این مطالعه، برآورد ارزش‌های اقتصادی برای مازاد خوراک مصرفی و برخی از صفات تولیدی و عملکردی در گاو شیری هلشتاین ایران بود. برای این منظور، از مدل‌سازی زیست-اقتصادی صفت به صفت و یا چندصفتی و داده‌های تولیدی و اقتصادی استفاده شد. این داده‌ها از هفت گله بزرگ گاو شیری در سال ۱۳۹۹ جمع‌آوری شد. ارزش اقتصادی مازاد خوراک مصرفی در چهار گروه مختلف سنی محاسبه شد. جیره‌ها برای گروه‌های مختلف با استفاده از نرم‌افزار CNCPS تنظیم شدند. ضرایب اقتصادی حاصل ضرب ارزش‌های اقتصادی در بیان‌های ژنتیکی تنزیل‌یافته، برحسب ریال و یک گاو در سال) به‌صورت میانگین در سطح گله‌های مورد بررسی برای یک کیلوگرم تولید شیر ۱۴۲۸۰ ریال، یک کیلوگرم چربی شیر ۲۹۱۰۶۰ ریال، برای یک کیلوگرم پروتئین شیر ۲۳۲۲۶۰ ریال، برای یک کیلوگرم مازاد خوراک مصرفی ۷۹۰۸۶۰- ریال، برای یک ماه ماندگاری ۷۰۲۵۸۸ ریال و برای یک روز باز ۱۱۳۸۲۰- ریال برآورد شدند. آنالیز حساسیت نشان داد که قیمت اقلام خوراکی کنسانتره‌ای نسبت به علوفه‌ای اثر بیشتری بر ارزش اقتصادی مازاد خوراک مصرفی دارند. در تحلیل‌های ژنتیکی-اقتصادی، صفت تولید شیر با تأکید نسبی ۵۰ درصد مهم‌ترین صفت در اصلاح نژاد گاو شیری ایران بود، در حالی که تأکید نسبی بازده خوراک مصرفی تنها حدود ۵ درصد بود. نتایج این پژوهش اطلاعات ارزشمندی درباره ارزش‌های اقتصادی صفات فراهم می‌کند که می‌تواند در تکمیل شاخص انتخاب ملی و تحلیل‌های هزینه-فایده مورداستفاده قرار گیرد.

استناد: ندری، س.، صادقی سفید مزگی، ع.، قربانی، غ. ر. و زمانی، پ (۱۴۰۱). برآورد ارزش اقتصادی مازاد خوراک مصرفی با استفاده از مدل‌سازی زیست اقتصادی. *نشریه تولیدات دامی*، ۲۴ (۴)، ۳۹۳-۳۸۳. DOI: <http://doi.org/10.22059/jap.2022.338350.623674>



۱. مقدمه

در برنامه‌های اصلاح نژاد گاو شیری بسیاری از کشورها، انتخاب برای صفات تولیدی بیش‌تر مورد توجه بوده است [۱۳]. با توجه به این‌که هزینه‌های خوراک حدود ۸۰ درصد از کل هزینه‌های جاری تولید را به خود اختصاص می‌دهد [۳]، بهبود بازده خوراک می‌تواند اثر قابل‌توجهی بر سودآوری این مراکز تجاری گاو شیری داشته باشد. اگرچه مدت زمان زیادی است که بازده خوراک به‌عنوان یک صفت مهم برای گاو گوشتی، خوک و طیور مورد توجه می‌باشد، اما به تازگی در گاو شیری روی آن متمرکز شده‌اند [۹]. تاکنون بهبود بازده خوراک در گاوهای شیری به‌طور غیرمستقیم از طریق بهبود تولید شیر حاصل شده است. بهبود بازده تولید به‌عنوان "رقیق‌سازی اثر نگهداری" (dilution of maintenance effect) شناخته می‌شود [۱]. به هر حال افزایش تولید شیر الزاماً سبب بهبود بازده خوراک نمی‌شود، چرا که انتخاب برای تولید شیر به علت ارتباط با افزایش وزن بلوغ گاو، می‌تواند سبب افزایش نیاز نگهداری شود [۲۴].

یک روش برای این‌که بتوان به‌طور مستقیم به بهبود ژنتیکی بازده خوراک دست یافت، انتخاب براساس مازاد خوراک مصرفی (Residual Feed Intake) است. مازاد خوراک مصرفی به‌عنوان تفاوت بین خوراک مصرفی واقعی و پیش‌بینی‌شده یک حیوان تعریف می‌شود. مقدار خوراک مصرفی به‌طور معمول براساس نیاز انرژی برای تولید شیر، نگهداری و تغییر وضعیت بدن برآورد می‌شود [۲۳]. حیوانی که مازاد خوراک مصرفی کم‌تری دارد در مقایسه با حیوانی با مازاد خوراک مصرفی بالاتر، از نظر تغذیه‌ای از بازده خوراک بالاتری برخوردار است [۲۲]. در مطالعات زیادی نشان داده شده است که مازاد خوراک مصرفی دارای تنوع ژنتیکی است. بهبود ژنتیکی گاوهای شیری یکی از عوامل اصلی افزایش بازده اقتصادی در دامداری‌ها در چند دهه گذشته بوده است. وراثت‌پذیری مازاد خوراک مصرفی در محدوده $(0/09-0/38)$ [۴ و ۲۲] و همبستگی ژنتیکی آن با صفات تولید شیر $(-0/09)$ ، تولید چربی $(0/02)$ و تولید پروتئین $(-0/06)$ و وزن بدن $(0/04)$ گزارش شده است [۶، ۱۲ و ۲۲]. محاسبه مازاد خوراک مصرفی برای گاوهای شیری به‌دلیل تغییرات پویای وزن بدن و نمره وضعیت بدنی در طول شیردهی پیچیده است [۲۲]. علاوه بر این، نبودن یک روش محاسبه هزینه-فایده برای اندازه‌گیری مازاد خوراک مصرفی در مزارع تجاری گاو شیری، وجود این صفت را در اهداف اصلاحی محدود کرده است. برای اولین بار ارزش اصلاحی ژنومیک با قابلیت اطمینان نسبتاً پایین $(0/31-0/37)$ برای مازاد خوراک مصرفی در تلیسه‌های در حال رشد منتشر شد [۱۵] و در حال حاضر، انتخاب ژنومیک برای مازاد خوراک مصرفی در گاوهای شیری امکان‌پذیر شده است.

در دهه چهل میلادی، شاخص انتخاب اقتصادی برای بهبود بازده اقتصادی گاوهای شیری معرفی شد [۳]. به‌تازگی خوراک ذخیره‌شده (Feed-Saved) به‌عنوان معیاری از بازده خوراک برای اضافه‌شدن به شاخص‌های انتخاب ایالات متحده پیشنهاد شده است [۱۶]. اصطلاح خوراک ذخیره‌شده معادل مقدار مورد انتظار از خوراک ذخیره‌شده به‌ازای هر دوره شیردهی براساس ارزیابی‌های ترکیبات وزن بدن (Body weight composite) و مازاد خوراک مصرفی می‌باشد. ارزیابی ژنتیکی خوراک ذخیره‌شده توسط پژوهش‌گران در استرالیا انجام گرفته است [۲].

انتظار می‌رود که ارزش‌های اصلاحی برای مازاد خوراک مصرفی در آینده نزدیک برای سایر کشورها در دسترس باشد. علاوه‌براین، برای تشکیل شاخص انتخاب اقتصادی در گاو شیری، برآورد ضرایب اقتصادی برای صفات مختلف ضروری است. هم‌چنین با توجه به این‌که بین گاوها در مصرف خوراک تفاوت ژنتیکی وجود دارد، به‌نظر می‌رسد فرصت برای کاهش هزینه‌ها از طریق انتخاب ژنتیکی وجود داشته باشد. با این‌حال، به‌دلیل گران و دشوار بودن جمع‌آوری رکوردهای مصرف انفرادی خوراک، تاکنون پژوهشی در مورد جنبه‌های ژنتیکی و اقتصادی مصرف خوراک در ایران

صورت نگرفته است. بنابراین، هدف این پژوهش توسعه یک مدل زیست‌اقتصادی برای برآورد ارزش اقتصادی مازاد خوراک مصرفی و به‌روزرسانی ارزش اقتصادی تعدادی از صفات تولیدی، تولیدمثلی و ماندگاری و در نتیجه تکمیل شاخص انتخاب ملی برای گاو شیری ایران می‌باشد.

۲. مواد و روش‌ها

این پژوهش بر مبنای داده‌های جمع‌آوری شده از هفت گله بزرگ صنعتی پرورش گاو شیری واقع در استان‌های اصفهان (یک گله)، قزوین (دو گله)، تهران (دو گله) و خراسان رضوی (دو گله) استفاده شد. تمام گله‌هایی که در این پژوهش مشارکت کردند به‌صورت منظم توسط مرکز اصلاح نژاد دام کشور رکوردبرداری می‌شوند. بنابراین، داده‌های تولیدی از مجموعه داده‌های جمع‌آوری شده توسط مرکز اصلاح نژاد دام کشور استخراج شدند. تمام محاسبات و تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی در محیط اکسل انجام شدند. منبع داده‌های مورد استفاده به‌عنوان پارامترهای ورودی مدل‌سازی جهت به‌دست‌آوردن ارزش‌های اقتصادی بر مبنای شرایط بازار در سال ۱۳۹۹ استوار است. لازم به ذکر است که معادل ریالی ارزش اقتصادی مازاد خوراک مصرفی در مقاله‌های ذکر شده در قسمت نتایج و بحث براساس این فرض که هر دلار معادل ۴۲۰۰۰ ریال در سال ۱۳۹۹، معادل‌سازی شده‌اند. مقادیر میانگین داده‌های تولیدی، قیمت‌ها و هزینه‌های هر واحد از متغیرهای در نظر گرفته شده در محاسبه ارزش‌های اقتصادی در (جدول ۱) خلاصه شده است.

جدول ۱. مقادیر میانگین داده‌های تولیدی، قیمت‌ها و هزینه‌های هر واحد از متغیرهای در نظر گرفته شده در محاسبه ارزش‌های اقتصادی

متغیرها	میانگین	متغیرها	میانگین
تولیدی	قیمت‌ها		
تولید شیر ۳۰۵ روز، کیلوگرم	۱۱۷۵۰۰	قیمت یک کیلوگرم شیر پایه، ریال	۴۵۰۰۰
تولید چربی ۳۰۵ روز، کیلوگرم	۳۹۹/۵	اضافه پرداخت به‌ازای هر کیلوگرم چربی شیر، ریال	۶۰۰۰
تولید پروتئین ۳۰۵ روز، کیلوگرم	۲۶۴/۳	اضافه پرداخت به‌ازای هر کیلوگرم پروتئین شیر، ریال	۶۰۰۰
ماندگاری، سال	۳/۸۶	قیمت گوساله نر، ریال به‌ازای هر راس	۴۵۰۰۰۰۰
سن نخستین زایش، ماه	۲۴	قیمت گوساله ماده، ریال به‌ازای هر راس	۶۰۰۰۰۰۰
فاصله زایش، روز	۴۲۰	قیمت یک راس تلیسه جایگزین، ریال	۲۸۰۰۰۰۰۰
نرخ گیرایی تلیسه، درصد	۶۵	قیمت هر کیلوگرم وزن زنده تلیسه‌های حذفی، ریال	۳۰۰۰۰۰
نرخ گیرایی گاو، درصد	۳۵	قیمت هر کیلوگرم وزن زنده گاوهای حذفی، ریال	۲۵۰۰۰۰
نرخ فحلی یابی، درصد	۵۰	قیمت هر کیلوگرم وزن زنده گوساله‌های حذفی، ریال	۳۰۰۰۰۰
نرخ سقط، درصد	۱۵	قیمت هر پایوت اسپرم تولیدی داخل، ریال	۵۱۰۰۰۰
نرخ مرده‌زایی، درصد	۴	قیمت هر پایوت اسپرم معمولی وارداتی، ریال	۱۰۱۰۰۰۰
نرخ سخت‌زایی، درصد	۱۵	قیمت هر پایوت اسپرم تعیین جنسیت شده وارداتی، ریال	۳۴۰۰۰۰۰
نرخ حذف اجباری گوساله‌های زیر سه ماهگی، درصد	۰/۵	هزینه‌ها	
نرخ تلفات گوساله‌ها، درصد	۱	هزینه هر کیلوگرم پروتئین قابل متابولیسم، ریال	۸۷
نرخ تلفات تلیسه‌ها، درصد	۰/۰۱	هزینه هر مگا کالری انرژی خالص شیردهی، ریال	۳۳۲۶۶
نرخ تلفات گاوها، درصد	۰/۰۱	هزینه تولید یک کیلوگرم شیر پایه، ریال	۳۱۶۲۰
		هزینه خدمات دامپزشکی، ریال به‌ازای هر ساعت	۳۱۸۱۸۲
		هزینه کار کارگری، ریال به‌ازای هر ساعت	۱۲۹۴۴۵

برآورد ارزش اقتصادی مازاد خوراک مصرفی صفاتی که برای بازده خوراک تعریف شد شامل مازاد خوراک مصرفی در چهار گروه؛ از تولد تا دو ماهگی، از سه تا ۱۴ ماهگی، از ۱۵ تا ۲۴ ماهگی و گاوهای شیرده بودند. مازاد خوراک مصرفی براساس نیازهای سیستم تغذیه‌ای ایران با توجه به انرژی خالص و پروتئین قابل متابولیسم، به‌عنوان پروتئین حقیقی که

در روده هضم شده و اجزای اسیدهای آمینه‌ای آن توسط روده کوچک جذب شده تعریف شد. احتیاجات انرژی خالص و پروتئین قابل متابولیسم براساس معادلات به‌طور جداگانه برای هر گروه حیوان محاسبه شدند [۱۴]. برای محاسبه احتیاجات براساس معادلات NRC، در گروه تلیسه‌های سه تا ۱۴ ماهه، به‌طور میانگین یک گوساله هشت ماهه با وزن بدن ۲۲۵ کیلوگرم و شش کیلوگرم ماده خشک مصرفی، در گروه تلیسه‌های ۱۵ تا ۲۴ ماهه به‌طور میانگین یک تلیسه ۱۹ ماهه با وزن بدن ۵۰۰ کیلوگرم و هشت کیلوگرم ماده خشک مصرفی، در گروه گاوها، یک گاو پرتولید با وزن بدن ۶۸۰ کیلوگرم، ۲۵ کیلوگرم ماده خشک مصرفی و میانگین تولید شیر روزانه ۴۰ کیلوگرم، در نظر گرفته شد. سپس خوراک مصرفی پیش‌بینی شده برای هر گروه از حیوانات با توجه به انرژی خالص و پروتئین قابل متابولیسم برای رشد، نگهداری، تولید و آبستنی و براساس ماده خشک، انرژی خالص و پروتئین در جیره مطابق هر گروه محاسبه شد. جیره‌ها برای گروه‌های حیوانی ذکر شده با استفاده از راهبردهای تغذیه‌ای ایران با استفاده از نرم‌افزار CNCPS (نسخه ۵) تنظیم شدند. جیره‌های گروه‌های مختلف در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول ۲. مواد خوراکی جیره‌های غذایی

اقلام خوراکی (درصد ماده خشک)	گاو	گروه‌های مختلف		
		۱۵-۲۴ ماهگی	۳-۱۴ ماهگی	۲ ماهگی - تولد
ذرت سیلوشده	۲۰/۴۵	۲۷/۵۹	۲۰/۲۰	-
علوفه یونجه	۹/۱۰	۱۱/۹۰	۲۰/۲۰	۶/۳۸
تفاله چغندر قند	۴/۶۰	-	۱۰/۱۰	-
کاه گندم	۱/۹۶	۶/۳۶	-	۲/۷۳
دانه جو	۱۵/۰۷	۲۱/۹۵	۷/۸۳	۱۲/۳۰
دانه ذرت	۱۸/۷۹	۲۲/۵۵	۲۲/۲۳	۳۴/۲۱
کنجاله کلزا	۶/۲۶	-	-	۱۹/۱۲
سویا	۱۰/۲۷	۴/۱۰	۱۶/۹۷	۱۰/۰۳
پودر گوشت	۲/۸۴	۲/۰۵	-	۱۲/۰۱
پنبه دانه	۶/۰۷	-	-	-
مکمل ویتامینی و مواد معدنی	۰/۳۹	۰/۲۱	۰/۲۰	۰/۴۶
بیکربنات سدیم	۱/۲۷	۱/۱۳	۱/۰۱	۰/۶۴
کربنات کلسیم	۰/۷۸	۰/۸۲	۰/۵۱	۱/۶۴
منیزیم اکسید	۰/۲۹	۰/۲۱	۰/۱۵	۰/۲۷
نمک	۰/۲۹	۰/۴۱	۰/۳۵	۰/۲۱
دی کلسیم فسفات	۰/۲۰	۰/۲۱	۰/۲۵	-
پودر چربی	۱/۳۷	-	-	-
آوره	-	۰/۵۱	-	-

جیره‌های گروه‌های مختلف براساس پروتئین قابل متابولیسم تنظیم شدند. بدین منظور درصد پروتئین خام در گروه‌های از تولد تا دو ماهگی، از سه تا ۱۴ ماهگی، از ۱۵ تا ۲۴ ماهگی و گاوها به‌ترتیب ۲۰، ۱۵، ۱۳ و ۱۶ درصد تنظیم شد. سپس خوراک مصرفی پیش‌بینی شده براساس کیلوگرم ماده خشک خوراک که برای تأمین احتیاجات انرژی خالص و پروتئین قابل متابولیسم مورد نیاز است محاسبه شد. خوراک مصرفی واقعی هر گروه از حیوانات به‌عنوان مجموع خوراک مصرفی پیش‌بینی شده و میانگین مازاد خوراک مصرفی گروه حیوان مربوطه محاسبه شد. براساس تعریف مازاد خوراک مصرفی [۲۳]، میانگین مازاد خوراک مصرفی هر گروه حیوانی فوق صفر در نظر گرفته شد. به‌عبارت دیگر، انتظار می‌رفت که میانگین خوراک مصرفی واقعی برابر با میانگین خوراک مصرفی پیش‌بینی شده در هر گروه حیوانی باشد. در نهایت

ارزش اقتصادی به‌عنوان مشتق جزئی سود با توجه به صفت مدنظر تعریف شود. از رابطه (۱) برای محاسبه ارزش اقتصادی استفاده شد.

$$EV = \frac{TP_{high} - TP_{low}}{TV_{high} - TV_{low}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

براساس این روش TV_{high} ، TV_{low} به‌ترتیب افزایش و کاهش مقدار صفت i و TP_{high} ، TP_{low} به‌ترتیب کل سود در سیستم تولید ارزیابی شده در صورتی که میانگین صفت i افزایش یا کاهش یافته باشد، در نظر گرفته شد. با توجه به این که مقدار مازاد خوراک مصرفی به‌طور متوسط صفر است، TV_{high} و TV_{low} با افزایش و کاهش یک ثابت (۱) به $TV_{average\ value}$ محاسبه شد:

$TV_{high} = TV_{average\ value} + 1$ ، $TV_{low} = TV_{average\ value} - 1$ این بدان معنی است که با مشتق‌گیری مقدار متوسط $TV_{average\ value}$ یک واحد افزایش یا کاهش می‌یابد. برای این که ارزش اقتصادی مازاد خوراک مصرفی، برحسب ریال و یک گاو در سال بیان می‌شود، ارزش اقتصادی هر کیلوگرم ماده خشک در فاکتور تصحیح رابطه (۲) ضرب شد. در این مطالعه میانگین فاصله گوساله‌زایی ۴۲۰ روز در نظر گرفته شد.

$$\text{رابطه (۲)} = \frac{۳۶۵}{\text{میانگین فاصله گوساله‌زایی}} = \text{فاکتور تصحیح}$$

به‌منظور بررسی اثر عوامل متغیر اقتصادی و زیستی بر ارزش اقتصادی مازاد خوراک مصرفی، آنالیز حساسیت انجام شد. حساسیت مدل با افزایش و کاهش ۲۰ درصدی پارامترهای اقتصادی (قیمت اقلام خوراکی کنسانتره و علوفه در جیره‌های غذایی) برای شرایط پایه و محاسبه دوباره ارزش اقتصادی مازاد خوراک مصرفی تحت شرایط جدید آزمون شد. ارزش اقتصادی هر صفت به‌عنوان تغییر در سود به‌ازای یک واحد تغییر در میانگین یک صفت در حالی که صفات دیگر در حد میانگین ثابت باقی بمانند، تعریف می‌شود [۷]. ارزش‌های اقتصادی شیر، چربی، پروتئین، طول عمر تولیدی و روزهای باز برگرفته از مطالعات اخیر در ایران به‌روزرسانی شدند [۱۷]. طبق رابطه (۳) [۸] در مدل‌سازی زیست‌اقتصادی چندصفتی، اثر اقتصادی هر صفت بر سود به‌عنوان مشتق جزئی تابع سود کل (P) با توجه به صفت تعریف شد.

$$a_{y} = \frac{1}{N} \left(\frac{\partial P}{\partial y} \right) \quad \text{رابطه (۳)}$$

پیشرفت‌های ژنتیکی در صفات مختلف در زمان‌های مختلف از طریق تعداد متفاوتی از حیوانات بیان می‌شوند. بیان‌های زودتر برتری‌های ژنتیکی در مقایسه با بیان‌های دیرتر، ترجیح داده می‌شوند که علت این امر تنزیل است. در شرایط فعلی اقتصاد ایران، نرخ تنزیل منفی می‌باشد، چون نرخ تورم بزرگ‌تر از نرخ بهره است و سبب می‌شود محاسبات بی‌مفهوم شوند. بنابراین نرخ تنزیل معادل با صفر فرض شد [۱۷].

ارزش‌های اقتصادی تنزیل‌یافته یا ضرایب اقتصادی به‌صورت حاصل‌ضرب ارزش‌های اقتصادی در بیان‌های ژنتیکی تنزیل‌یافته تعریف می‌شوند. از این‌رو، امکان مقایسه صفات مختلف که در زمان‌های مختلفی از زندگی حیوان بیان می‌شوند، وجود خواهد داشت [۷]. با استفاده از مدل‌های مختلف توسعه داده‌شده ضرایب اقتصادی برای صفات مختلف محاسبه شد.

تفاوت در مدل‌های تولیدی، تعریف صفات و فرضیات مربوط به اثر سامانه‌های مدیریتی بر بهبود ژنتیکی یک صفت خاص، مقایسه مستقیم ارزش‌های اقتصادی را بین کشورهای مختلف بسیار دشوار می‌سازد [۷]. به‌منظور مقایسه شاخص انتخاب پیشنهادی ایران با شاخص انتخاب دیگر کشورها، تأکید نسبی با استفاده از رابطه (۴) [۲۱] محاسبه شد.

$$RE_i = \frac{EW_i \times GSD_i}{\sum_{i=1}^t |EW_i \times GSD_i|} \cdot 100 \quad \text{رابطه (۴)}$$

که در آن، RE_i ، EW_i و GSD_i به ترتیب تأکید نسبی، ضریب اقتصادی و انحراف معیار ژنتیکی آمین صفت می‌باشند. انحراف معیارهای ژنتیکی برای صفات مورد بررسی از پژوهش‌های پیشین انجام شده در ایران استخراج شد [۱۷].

۳. نتایج و بحث

ارزش‌های اقتصادی مازاد خوراک مصرفی و ترکیب مواد مغذی جیره‌های غذایی گروه‌های مختلف حیوانات در جدول (۳) نشان داده شده است.

جدول ۳. ارزش‌های اقتصادی مازاد خوراک مصرفی و ترکیب مواد مغذی جیره‌های غذایی گروه‌های مختلف حیوانات

گروه‌های حیوانات	محتوای ماده خشک (کیلو گرم ماده خشک)	محتوای انرژی خالص (مگا کالری / کیلو گرم ماده خشک)	محتوای پروتئین قابل متابولیسم (گرم / کیلو گرم ماده خشک)	ارزش اقتصادی (ریال / کیلو گرم ماده خشک / روز / گاو / سال)	بیان‌های ژنتیکی (تزیل یافته)	ضریب اقتصادی (برحسب ریال)
از تولد تا ۲ ماهگی	۰/۴۰	۵/۶۵	۱۰۷	-۲۴۲۳۴۰	۰/۹۹	-۲۳۹۹۱۷
از ۳ تا ۱۴ ماهگی	۹/۹	۵/۷۵	۱۹۱	-۳۹۳۱۲۰	۰/۲۴	-۹۴۳۴۹
از ۱۵ تا ۲۴ ماهگی	۱۳/۷	۴/۰۹	۱۵۷	-۴۵۰۲۴۰	۰/۱۷	-۷۶۵۴۱
گاو پرتولید	۲۲/۶	۴/۵۵	۱۲۱	-۷۹۰۸۶۰	۱	-۷۹۰۸۶۰

محتوای انرژی خالص در گروه‌های مختلف (از تولد تا دو ماهگی، از سه تا ۱۴ ماهگی، از ۱۵ تا ۲۴ ماهگی و گاوها) به ترتیب ۵/۶۵، ۵/۷۵، ۴/۰۹ و ۴/۵۵ (مگا کالری / کیلو گرم) ماده خشک و همچنین پروتئین قابل متابولیسم در گروه‌های ذکر شده به ترتیب ۱۰۷، ۱۹۱، ۱۵۷ و ۱۲۱ (گرم / کیلو گرم ماده خشک) بود. هزینه‌های تغذیه براساس خوراک مورد نیاز برای تأمین انرژی خالص و پروتئین قابل متابولیسم مورد نیاز روزانه برای رشد، تولید شیر، نگهداری و آبستنی و با توجه به میانگین قیمت هر کیلو گرم ماده خشک محاسبه شد.

پژوهش‌گران طی سال‌های اخیر به تدوین اهداف اصلاحی و برآورد ارزش‌های اقتصادی صفات مختلف با استفاده از روش‌های متفاوت برای طیف وسیعی از شرایط اقتصادی و تولیدی و بعضاً استان‌های متفاوت پرداخته‌اند [۵ و ۱۷]، اما تاکنون برای صفات بازده خوراک ارزش اقتصادی برآورد نشده است. در این مطالعه برای اولین بار ارزش اقتصادی مازاد خوراک مصرفی در صفات مازاد خوراک مصرفی از تولد تا دو ماهگی، از سه تا ۱۴ ماهگی، از ۱۵ تا ۲۴ ماهگی و گاوها به ترتیب -۲۴۲۳۴۰، -۳۹۳۱۲۰، -۴۵۰۲۴۰ و -۷۹۰۸۶۰ (ریال / کیلو گرم ماده خشک / روز / گاو / سال) برآورد شد تا روزانه یک کیلو گرم ماده خشک در دوران شیردهی ذخیره شود. صفت مازاد خوراک مصرفی به عنوان میزان مصرف روزانه ماده خشک یک گروه حیوانی شامل گوساله‌ها، تلیسه‌ها و گاوها تعریف شده است. با محاسبه ارزش اقتصادی مازاد خوراک مصرفی گروه مورد نظر، میزان مصرف روزانه ماده خشک (برحسب کیلو گرم / روز) به ازای هر حیوان در گروه مورد نظر در کل دوره، یک کیلو گرم در روز افزایش (یا کاهش) می‌یابد. بنابراین، ارزش اقتصادی برای گروه‌ها به ما نشان می‌دهد که اگر مصرف ماده خشک روزانه حیوان، یک برابر افزایش یابد، چگونه سود سیستم تولیدی که به ازای هر گاو در سال بیان می‌شود، کاهش می‌یابد. بنابراین واحد مازاد خوراک مصرفی به صورت واحد پولی / (کیلو گرم ماده خشک مصرفی / گاو / روز) هر گاو / سال) می‌باشد.

در چندین مطالعه ارزش اقتصادی مازاد خوراک مصرفی محاسبه شده است. در مطالعه‌ای با استفاده از برنامه EWDC از بسته نرم‌افزاری ECOWEIGHT (نسخه ۵/۳/۲)، ضرایب اقتصادی صفات موجود در اهداف اصلاحی شمال اروپا و صفات بازده خوراک را برای آیرشایر فنلاند محاسبه کردند. در این مطالعه، ارزش اقتصادی نهایی صفات بازده خوراک به صورت

مازاد خوراک مصرفی تلیسه‌های جایگزین (از سن ۱۸۰ روز تا زایش) و مازاد خوراک مصرفی گاوها به‌ترتیب ۲۵/۵- و ۵۵/۸- (یورو/کیلوگرم ماده خشک/روز/گاو/سال)، با تبدیل یورو به دلار و با فرض هر دلار معادل ۴۲۰۰۰ ریال به‌ترتیب معادل (۱۲۸۵۲۰۰- و ۲۸۱۲۳۲۰- ریال/کیلوگرم ماده خشک/روز/گاو/سال) و مازاد خوراک مصرفی گاوهای پرورای (از ۱۸۰ روز تا کشتار) ۲۹/۵- (یورو/کیلوگرم/روز/گاو/سال) معادل (۱۴۸۶۸۰۰- ریال/کیلوگرم ماده خشک/روز/گاو/سال) برآورد شد [۹]. در مطالعه‌ای دیگر، ارزش اقتصادی مازاد خوراک مصرفی را با استفاده از یک روش زیست‌اقتصادی برآورد شد. در این مطالعه ارزش اقتصادی نهایی برای مازاد خوراک مصرفی برای گاوها و تلیسه‌های جایگزین در سیستم پرورش گاو شیری به‌ترتیب ۵۵/۱۵- و ۵۴/۶۴- (یورو/کیلوگرم ماده خشک/روز/گاو در سال) به‌ترتیب معادل (۲۷۷۹۵۶۰- و ۲۷۵۳۸۵۶- ریال/کیلوگرم ماده خشک/روز/گاو/سال)، و برای گاوها، تلیسه‌های اصلاحی و حیوان‌های پرورای در سیستم گاو-گوساله به‌ترتیب ۲۰/۴۵-، ۱۱/۳۰- و ۶/۰۴- (یورو/کیلوگرم ماده خشک/روز/گاو در سال) به‌ترتیب معادل (۱۰۳۰۶۸۰-، ۵۶۹۵۲۰- و ۳۰۴۴۱۶- ریال/کیلوگرم ماده خشک/روز/گاو/سال) برآورد شد [۱۱]. در مطالعه‌ای دیگر ارزش اقتصادی مازاد خوراک مصرفی با استفاده از مدل تصادفی SimHerd در گاوهای شیرده بدون در نظر گرفتن گاوهای خشک محاسبه شد. ارزش اقتصادی برآورد شده در سناریوهای مختلف آن‌ها بین ۵۲/۷ تا ۵۸/۸ (یورو/گاو/سال) به‌ترتیب معادل (۲۶۵۶۰۸۰ و ۲۹۶۳۵۲۰ ریال/کیلوگرم ماده خشک/گاو/سال) بود. ارزش اقتصادی مازاد خوراک مصرفی برآورد شده در همه سطوح مازاد خوراک مصرفی در سناریوهای مختلف در یک دوره شیردهی معنی‌دار نبود. در مطالعه آن‌ها ارزش اقتصادی مازاد خوراک مصرفی در سطوح مختلف مازاد خوراک مصرفی از ۰/۱۶ تا ۰/۱۸ (یورو/کیلوگرم ماده خشک) به‌ترتیب معادل (۸۰۶۴ و ۹۰۷۲ ریال/کیلوگرم ماده خشک) متغیر بود. این نتیجه با قیمت تمام‌شده خوراک ۰/۱۸ (یورو/واحد خوراک اسکاندیناوی) موردنظر در شبیه‌سازی آن‌ها مطابقت داشت. بنابراین، نتیجه گرفتند که ارزش اقتصادی مازاد خوراک مصرفی، با هزینه‌های خوراک به‌کار برده‌شده در روش‌های محاسبه مازاد خوراک مصرفی، مطابقت دارد. با این‌حال، روش مورد استفاده برای برآورد ارزش اصلاحی مازاد خوراک مصرفی بر سود سالانه هر گاو اثر می‌گذارد. در نهایت به این نتیجه رسیدند که سود حاصل از مازاد خوراک مصرفی به میزان زیادی به روش و نتایج مورد استفاده برای تخمین ارزش‌های اصلاحی برای مازاد خوراک مصرفی بستگی دارد [۱۸]. در پژوهشی دیگر ارزش اقتصادی مازاد خوراک مصرفی را ۵۵/۸ (یورو/ماده خشک مصرفی/گاو/سال) معادل (۲۸۱۲۳۲۰ ریال/کیلوگرم ماده خشک/گاو/سال) برای صرفه‌جویی یک کیلوگرم ماده خشک روزانه در دوران شیردهی که برابر با ۰/۱۷ (یورو/کیلوگرم ماده خشک) معادل (۸۵۶۸ ریال/کیلوگرم ماده خشک) بود، برآورد شد [۱۰]. براساس گزارش سال ۲۰۲۱ USDA ارزش اقتصادی مازاد خوراک مصرفی را در شاخص Net Merit, NMS، ۰/۳۰- (دلار/هروند PTA) که به‌طور تقریبی معادل ۱۷۴۶۳۶- (ریال/کیلوگرم ماده خشک/روز/گاو/سال) می‌باشد، برآورد کردند. ارزش اقتصادی برآورد شده مازاد خوراک مصرفی در این مطالعه در بازه ارزش اقتصادی برآورد شده منابع ذکر شده می‌باشد که می‌توان دلیل این تفاوت‌ها را به تفاوت در تعریف صفت، نحوه بیان واحد صفت و هم‌چنین مفروضات مربوط به سیستم مدیریت نسبت داد.

حساسیت نتایج برآورد شده برای ارزش اقتصادی مازاد خوراک مصرفی با تغییر ۲۰ درصد در سطح پارامترهای ورودی در جدول (۴) نشان داده شده است. در تمام گروه‌های حیوانی قیمت اقلام خوراکی کنسانتره نسبت به قیمت اقلام خوراکی علوفه عامل مؤثرتری در برآورد ارزش اقتصادی مازاد خوراک مصرفی بود. بهبود بازده خوراک از طریق انتخاب برای مازاد خوراک مصرفی کم‌تر می‌تواند گزینه بالقوه‌ای برای کاهش هزینه‌های تولید شیر و گوشت گاو باشد، با این فرض که هیچ‌گونه کاهشی در سایر پارامترهای تولید مانند ظرفیت مصرف خوراک، باروری یا عملکرد شیردهی گاوها ایجاد نشود [۳].

جدول ۴. آنالیز حساسیت برای ارزش‌های اقتصادی مازاد خوراک مصرفی با تغییر $\pm 20\%$ درصد در سطح پارامترهای ورودی

ارزش اقتصادی مازاد خوراک مصرفی

متغیر	تغییر (درصد از سطح پایه)	تولد- ۲ ماهگی (تغییر به درصد)	۳-۱۴ ماهگی (تغییر به درصد)	۱۵-۲۴ ماهگی (تغییر به درصد)	گاو (تغییر به درصد)
شرایط پایه	۰	-۲۴۲۳۴۰	-۳۹۳۱۲۰	-۴۵۰۲۴۰	-۷۹۰۸۶۰
هزینه‌های اقلام خوراکی کنسانتره	+۰/۲۰	-۲۹۴۰۰۰(+۵)	-۴۶۲۱۸۰(+۷)	-۴۹۶۷۲۰(+۵)	-۹۴۱۱۷۴(+۱۵)
	-۰/۲۰	-۲۰۹۳۲۰(-۳)	-۳۴۶۹۲۰(-۴)	-۳۸۰۹۶۰(-۷)	-۷۱۲۷۶۶(-۸)
هزینه‌های اقلام خوراکی علوفه	+۰/۲۰	-۲۴۰۳۶۰(+۱)	-۴۴۶۱۶۰(+۵)	-۴۹۰۵۶۰(+۴)	-۸۷۸۸۵۹(+۸)
	-۰/۲۰	-۱۹۶۴۸۰(-۴)	-۳۸۴۰۰۰(-۲)	-۴۵۶۴۰۰(-۶)	-۷۶۵۰۹۹(-۳)

مطالعات انجام شده بر روی تلیسه‌های شیری در حال رشد و گاوهای شیرده نشان داده است که میزان مصرف ماده خشک هنگام مقایسه حیوانات با کمترین و بالاترین مازاد خوراک مصرفی بسیار متفاوت است [۲۰]. از نظر زیست‌محیطی، بهبود بازده خوراک به‌عنوان یکی از عوامل اصلی مؤثر بر کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از تولید در سطح گله و همچنین واحد تولید شناخته می‌شود [۱۹]. به‌طور عمده به‌دلیل ارتباط بین مازاد خوراک مصرفی و میزان مصرف ماده خشک، انتخاب مازاد خوراک مصرفی کم‌تر دارای پتانسیل کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از سه منبع اصلی گاوداری شامل تولید خوراک، متان روده‌ای و خروجی کود می‌باشد [۳]. صفت مازاد خوراک مصرفی وراثت‌پذیری متوسطی دارد و همبستگی ژنتیکی آن با صفات تولیدی و وزن بدن بسیار جزئی و تا حدودی در جهت منفی می‌باشد [۶، ۱۲ و ۲۲]. در صورت وجود امکان اندازه‌گیری مصرف انفرادی خوراک، انتخاب در جهت کاهش مازاد خوراک مصرفی سبب افزایش بازدهی خوراک می‌شود که به‌دلیل کاهش مصرف خوراک و بهبود جزئی صفات تولیدی خواهد بود. در صورت امکان اندازه‌گیری مصرف خوراک، ترکیب مازاد خوراک مصرفی با صفات تولیدی یا وزن بدن در قالب یک شاخص انتخاب برای بهبود هم‌زمان تولید و بازده خوراک قابل انجام می‌باشد. البته وزن نسبی مازاد خوراک مصرفی و سایر صفات در شاخص انتخاب، تا حد زیادی به قیمت مواد خوراکی و محصولات تولیدی بستگی دارد. از طرفی افزایش احتیاجات برای کاهش اثرات زیست‌محیطی تولید دام به احتمال زیاد اهمیت اقتصادی بهبود بازده خوراک در گاوهای شیری را افزایش می‌دهد. علاوه بر این، استفاده احتمالی از انتخاب ژنومی برای مازاد خوراک مصرفی در آینده به‌دلیل افزایش دقت انتخاب و کاهش هزینه‌های اندازه‌گیری مازاد خوراک مصرفی، مزایای اقتصادی انتخاب برای مازاد خوراک مصرفی را افزایش می‌دهد.

در جدول (۵) ارزش‌های اقتصادی، ضرایب بیان‌های ژنتیکی تنزیل یافته، ضرایب اقتصادی (حاصل ضرب ارزش‌های اقتصادی در بیان‌های ژنتیکی تنزیل یافته)، انحراف معیار ژنتیکی و تأکید نسبی برای هر صفت نشان داده شده است.

جدول ۵. ارزش‌های اقتصادی، ضرایب بیان‌های ژنتیکی تنزیل یافته، ضرایب اقتصادی، انحراف معیار ژنتیکی و تأکید نسبی برای

هر صفت

صفات اهداف اصلاحی	ارزش اقتصادی برحسب ریال	بیان‌های ژنتیکی تنزیل یافته	ضریب اقتصادی برحسب ریال	انحراف معیار ژنتیکی	تأکید نسبی (درصد)
تولید شیر (کیلوگرم)	۱۴۲۸۰	۱	۱۴۲۸۰	۵۶۱/۷	۴۴/۹
تولید چربی (کیلوگرم)	۳۹۱۰۶۰	۱	۳۹۱۰۶۰	۱۴/۹	۲۴/۳
تولید پروتئین (کیلوگرم)	۳۳۲۲۶۰	۱	۳۳۲۲۶۰	۱۴	۱۸/۲
مازاد خوراک مصرفی (کیلوگرم)	-۷۹۰۸۶۰	۱	-۷۹۰۸۶۰	۱/۱۵	-۵/۲
طول عمر تولیدی (ماه)	۷۰۲۵۸۸	۰/۱۷	۱۱۹۴۴۰	۳/۵	۲/۳
روزهای باز (روز)	-۱۱۳۸۲۰	۱	-۱۱۳۸۲۰	۷/۹۸	-۵/۱

مهم‌ترین صفت تولید شیر بود که حدود ۵۰ درصد از کل تأکید نسبی بین صفات را به خود اختصاص داد. تولید چربی و پروتئین شیر در جایگاه دوم و سوم بودند. مازاد خوراک مصرفی تنها حدود ۵ درصد از تأکید نسبی کل را به خود اختصاص داد و نسبت آن به تولید شیر ۱:۱۰ است. کم‌ترین اثر اقتصادی برای طول عمر تولیدی برآورد شد. علت این امر شرایط اقتصادی کشور است؛ قیمت فروش تلیسه‌های جایگزین به نسبت پایین است درحالی‌که قیمت گوشت گاو حذفی نسبتاً بالاست. این مهم بخش زیادی از هزینه جایگزینی را پوشش می‌دهد و از ارزش طول عمر تولیدی می‌کاهد. به‌عبارت دیگر، حذف زود هنگام را مقرون به‌صرفه می‌کند. بخش عمده اسپرم گاوهای نر هلشتاین از ایالات متحده، کانادا، هلند و آلمان وارد می‌شود. در شاخص انتخاب این کشورها تولید یا حامل شیر وجود ندارد یا حتی برای آن انتخاب منفی صورت می‌گیرد، در حالی‌که در شاخص انتخاب پیشنهادی ما تولید شیر مهم‌ترین صفت می‌باشد. در شاخص‌های انتخاب ایالات متحده آمریکا، مازاد خوراک مصرفی حدود ۴ درصد تأکید نسبی را به خود اختصاص می‌دهد که بسیار نزدیک به مقدار پیشنهاد شده برای ایران است. نتایج این پژوهش اطلاعات ارزشمندی را درباره ارزش‌های اقتصادی صفات فراهم می‌کند که می‌تواند جهت بهبود برنامه‌های آزمون نتاج و جهت‌دهی واردات اسپرم به ایران مورداستفاده قرار گیرد.

۴. تشکر و قدردانی

از همکاران گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان به‌خاطر هم‌فکری در مباحث تغذیه‌ای و اجرای بهتر پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۵. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۶. منابع مورداستفاده

1. Bauman DE, McCutcheon SN, Steinhour WD, Eppard PJ and Sechen SJ (1985) Sources of variation and prospects for improvement of productive efficiency in the dairy cow. A review *Journal of Animal Science*, 60: 583-592.
2. Byrne TJ, Santos BFS, Amer pr, Martin-Collado D, Pryce JE and Axford M (2016) New breeding objectives and selection indices for the Australian dairy industry. *Journal of Dairy Science*, 99: 1-22.
3. Connor E.E (2015) Invited review: Improving feed efficiency in dairy production: challenges and possibilities. *Animal*, 9: 395-408.
4. Difford GF, Lovendahl P, Veerkamp RF, Bovenhuis H, Visker MHPW, Lassen J and de Haas Y (2019) Can greenhouse gases in breath be used to genetically improve feed efficiency of dairy cows?. *Journal of Dairy Science*, 103 (3): 2019-16966.
5. Ghiasi H, Nejati-Javaremi A, Pakdel A and Gonzalez-Recio O (2013) Selection strategies for fertility traits of Holstein cows in Iran. *Livestock*, 152: 11-15.
6. Gonzalez-recio O, Coffey MP and Pryce JE (2014) On the value of the phenotypes in the genomic era. *On the value of the phenotypes in the genomic era*, 97: 7905-7915.
7. Groen AF (1989) Cattle breeding goals and production circumstanc- es. PhD Thesis. Wageningen Agricultural University, Wageningen, the Netherlands.
8. Hazel LN and Lush JL (1942) The efficiency of three methods of selection. *Journal of Heredity*, 33: 393-399.

9. Hietala P, Wolfová M, Wolf J, Kantanen J and Juga J (2014) Economic values of production and functional traits, including residual feed intake, in Finnish milk production. *Journal of Dairy Science*, 97: 1092-1106.
10. Kokko P (2017) Towards more profitable and sustainable milk and beef production system. University of Helsinki, Ph.D. Dissertation.
11. Krupova Z, Krupa, E, Michalickova M, Wolfova M and KasardaR (2016) Economic values for health and feed efficiency traits of dual-purpose cattle in marginal areas. *Journal of Dairy Science*, 99: 644-656.
12. Manzanilla-Pech CIV, Verkeekamp, RF, Templeman RJ, van Pelt ML, Weigel KA, VanderHaar M, Lawlor TJ, Spurlock DM, Armentano LE, Staples CR, Hanigan M and De Haas Y (2016) Genetic parameters between feed- intake-related traits and conformation in 2 separate dairy populations-the Netherlands and United States. *Journal of Dairy Science*, 99: 443-457.
13. McGilliard ML, Swisher JM and James RE (1983) Grouping lactating cows by nutritional requirements for feeding. *Journal of Dairy Science*, 663: 1084-1093.
14. NRC I (2001) Nutrient requirements of dairy cattle. National Research Council 519.
15. Pryce J, Gonzalez-Recio O, Nieuwhof G, Wales W, Coffey M, Hayes B and Goddard M (2015) Hot topic: Definition and implementation of a breeding value for feed efficiency in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98: 7340-7350.
16. Pryce JE, Coffey MP and Simm G (2001) The relationship between body condition score and reproductive performance. *Journal of Dairy Science*, 84: 1508-1515.
17. Sadeghi-Sefidmazgi A, Moradi-Shahrbabak M, Nejati-Javaremi A, Miraei-Ashtiani SR and Amer PA (2012) Breeding objectives for Holstein dairy cattle in Iran. *Journal of Dairy Science*, 95: 3406-3418.
18. Stephansen RB, Lassen J, Ettema JF, Sørensen LP and Kargo M (2021) Economic value of residual feed intake in dairy cattle breeding goals. *Livestock Science*, 21: 1871-1413.
19. Thoma G, Popp J, Nutter D, Shonnard D, Ulrich R, Matlock M, Ulrich R, Kellogg W, Soo Kim D, Neiderman Z, Kemper N, East E and Adom F (2013) Greenhouse gas emissions from milk production and consumption in the United States. *International Dairy Journal*, 31: S3-S14.
20. Vallimont JE, Dechow CD, Daubert JM, Dekleva MW, Blum JW, Barlieb CM, Liu W, Varga GA, Heinrichs AJ and Baumrucker CR (2011) Short communication: Heritability of gross feed efficiency and associations with yield, intake, residual intake, body weight, and body condition score in 11 commercial Pennsylvania tie stalls. *Journal of Dairy Science*, 94: 2108- 2113.
21. VanRaden PM (2004) Invited Review: Selection on Net Merit to Improve Lifetime Profit. *Journal of Dairy Science*, 87: 3125-3131.
22. Veerkamp RF, Simm G and Oldham JD (1994) Effects of interaction between genotype and feeding system on milk production, feed intake, efficiency and body tissue mobilization in dairy cows. *Livestock Production Science*, 39(3): 229-241.
23. Williams CB and Oltenacu PA (1992) Evaluation of criteria used to group lactating cows using a dairy production model. On the value of the phenotypes in the genomic era. *Journal of Dairy Science*, 75: 155-160.
24. Yan T, Gordon FJ, Agnew RE, Porter MG and Patterson DC (1997) The metabolisable energy requirement for maintenance and the efficiency of utilisation of metabolisable energy for lactation by dairy cows offered grass silage-based diets. *Livestock Production Science*, 51: 141-150.