

بررسی راهکارهای اصلاح نژادی در افزایش بهره‌وری گله‌های گاو شیری^۱

محمد تاجیک خواری^۲ و محسن قلی زاده^۳

چکیده

دامپروری از مهمترین زیربخش‌های کشاورزی است که رشد و توسعه آن نیازمند اجرای درست پایه‌های علمی و فنی است. یکی از دشواری‌های بزرگی توسعه دامپروری بهره‌وری نامناسب است و برای افزایش سود واحدهای تولیدکننده شیر، شناخت دقیق عامل‌های مؤثر بر افزایش بهره‌وری هدفی ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. اصلاح نژاد گاو شیری که در افزایش و بهبود کیفیت ژنتیکی افراد نسل آینده نقش دارد، می‌تواند موجب افزایش بهره‌وری شود. با ورود ویژگی‌های جدید در برنامه‌های اصلاحی مانند RFI^۴، BWC^۵ و مانند این‌ها، پژوهشگران به جای افزایش بی‌رویه تولید شیر، بر افزایش بهره‌وری غذایی تمرکز می‌کنند. استفاده از ابزارهای اصلاحی مانند تشکیل بوم‌نظام اطلاعات، تشکیل تابع سود اقتصادی و تفسیر درآمدها و هزینه‌ها، ترسیم و تفسیر منحنی شیردهی، شبیه‌سازی برنامه‌های بهینه‌سازی تولید با بهره‌گیری از زبان‌های برنامه‌نویسی داخلی، می‌تواند در افزایش بهره‌وری کمک‌های چشمگیری داشته باشد. این بررسی نشان می‌دهد که استفاده از برنامه‌های آماری پیشرفته در به دست آوردن منحنی شیردهی دامداری و مقایسه آن با منحنی‌های استاندارد، بر آورد ارزش‌های اصلاحی ویژگی‌های مختلف و رتبه‌بندی گاوهای شیری، محاسبه شاخص‌های گزینش اقتصادی بر اساس شرایط بازار و اقتصاد کشور و تخمین سطح بهینه تولید شیر با استفاده از شبیه‌سازی، می‌تواند بهره‌وری اقتصادی را افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: اصلاح نژاد، دامپروری، شاخص گزینش اقتصادی، منحنی شیردهی، نبود بهره‌وری.

مقدمه

شیر و فراورده‌های آن، یکی از مهمترین مواد غذایی تأمین‌کننده پروتئین و کلسیم انسان است و سرمایه‌گذاری‌های بسیار زیادی در سراسر جهان برای تولید، تجارت و مصرف آن‌ها انجام شده است. با وجود فعالیت‌های چشمگیری که در گله‌های صنعتی روی می‌دهد، هنوز دشواری‌ها و نارسایی‌های گوناگونی، سطح بهره‌وری تولید را کاهش می‌دهد (Dashti, 2015). از مهمترین دشواری‌های موجود، می‌توان به وابستگی قیمت و تولید شیر به تولید و عرضه علوفه، زیاد بودن ضریب تبدیل و استفاده نکردن از فناوری‌های جدید در صنعت تولید شیر (نیکوکار و همکاران، ۱۳۸۹)، اندک بودن نرخ بهره‌وری

۱- تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۵/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۹

۲- پست الکترونیک نویسنده مسئول: mtajik291@gmail.com

۳- به ترتیب، دانشجوی دکتری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

4. Residual feed intake

5. Body weight composite

(Dashti, 2015)، ناپایداری و نایکخواختی در قیمت‌گذاری شیر و بهای تمام شده آن و کمبود تقاضا برای شیر اشاره کرد (سیدشریفی و همکاران، ۱۳۹۳).

اقتصاددانان به افزایش بهره‌وری و نقش آن در توسعه و پیشرفت اهمیت زیادی می‌دهند. بررسی‌های انجام شده در شاخص‌های رشد کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه، نشان می‌دهند که سهم افزایش بهره‌وری تولید، از سهم مقدار سرمایه‌گذاری بیشتر است (Emami Meibodi, 2005). بر اساس گزارش‌ها، در ایران میانگین تولید شیر ۳۰۵ روز گاوهای هلشتاین از ۹۵۰۰ تا ۱۰۵۰۰ کیلوگرم متغیر است (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۴۰۲)، درحالی‌که هزینه‌های تولید هر کیلوگرم شیر خام در سال ۱۴۰۲، بین ۱۷۰۰۰ تا ۱۹۰۰۰ تومان بود که حاشیه سودآوری را کاهش می‌دهد. این موضوع بیانگر بهره‌وری کم در گله‌های صنعتی ایران است. برای کسب بیشینه بهره‌وری تولید در پرورش گاوهای شیری، باید تمام جنبه‌های مدیریتی در شرایطی به طور کامل فنی و بهینه قرار داشته باشند. یکی از ابزارهای مهم اصلاح نژاد برای بررسی سطح بهینه عامل‌های مؤثر بر تولید، روش واکاوی سیستم و به‌وجود آوردن بوم‌نظام اطلاعاتی است. بوم‌نظام اطلاعات به معنای مجموعه‌ای از عناصرها است که بایکدیگر ارتباط دارند و زیر تأثیر عامل‌های محیطی نیز قرار داشته که بر نتایج و محصول پایانی، تأثیر خواهند گذاشت (Cartwright., 1979).

نتیجه چندین بررسی نشان داد که بهبود بهره‌وری، عامل موفقیت و افزایش سود اقتصادی است. برای نمونه در کشور ترکیه، نشان داده شد که در صورت استفاده بهینه از نهاده‌های غذایی در گله‌های کوچک، سودآوری به طور معنی‌داری افزایش پیدا خواهد کرد (Dagistan et al., 2009). در بررسی دیگری در ایران، تأثیر افزایش هزینه‌های نهاده‌های خوراک دام بر عرضه تولید شیر، معنی‌دار و منفی گزارش شد (Ranjipour et al., 2021). افزون بر این، اصلاح نژاد در افزایش بهره‌وری و ایجاد تابع‌های سود اقتصادی برای مقایسه سود واحدهای تولیدی به عنوان ابزار کارآمدی است. به‌دست آوردن همبستگی میان سودآوری دوره‌های مختلف شیردهی، می‌تواند دقت‌گزينش را افزایش دهد. بررسی همبستگی ژنتیکی با سودآوری تولید شیر و طول عمر، ۰/۹۶ است و می‌توان از سودآوری نخستین دوره شیردهی برای گزينش گاوهای شیری استفاده کرد (حسنوند جوانمرد و همکاران، ۱۳۹۵). بنابراین، با تشکیل تابع سود در گاوهای شکم اول، می‌توان سهم هزینه و درآمدها را زودتر به دست آورد و برای افزایش یا کاهش سطح درآمد و هزینه‌ها تصمیم‌گیری کرد. وجود نوسان در شرایط اقتصادی کشور (مانند محدودیت‌های ارزی و مانند این‌ها) نیز می‌تواند بهره‌وری تولید را به شدت کم یا زیاد کند و توصیه می‌شود تا برای رسیدن به یک سود اقتصادی پایدار، روی برنامه‌های اصلاحی تمرکز کرد. تمرکز بر برنامه‌های اصلاح نژاد، نه تنها یک گزینه فنی و علمی، بلکه یک ضرورت پایدار، اقتصاد محور و زیست محیطی است و استفاده از مبانی دانش اصلاح نژاد، تنها ابزاری است که بهبود ویژگی‌های ژنتیکی را به صورت پیوسته در نسل‌های آینده ایجاد می‌نماید، زیرا بهبود شرایط محیطی و مدیریتی، بهبودهای گذرا و غیرواثباتی را به وجود می‌آورد (Shook, 1989). اصلاح نژاد با گنجانیدن ویژگی‌های اقتصادی گسترده در برنامه‌های خود (مانند تولید مثل، سلامت، کارایی خوراک و مانند این‌ها) می‌تواند بهره‌وری اقتصادی را افزایش دهد و سود خالص در طول عمر را از ۱۰۰ تا ۳۰۰ دلار در سال افزایش دهد (Van Raden et al., 2025) و این برتری را به نسل‌های آینده نیز انتقال دهد. در این بررسی مروری، به بررسی مهمترین راهکارهای اصلاحی پرداخته شده و می‌توان با استفاده از آن‌ها، به افزایش بهره‌وری اقتصادی کمک کرد.

بررسی راهکارهای اصلاح نژادی در افزایش بهره‌وری

از نگاه اصلاح نژادی، تغییر در مجموعه‌ای از ویژگی‌های اقتصادی می‌تواند موجب افزایش بهره‌وری شود و تاکید بر یک ویژگی (مانند تولید شیر) نمی‌تواند بیشینه سودآوری داشته باشد. از سوی دیگر، ماهیت برنامه‌های اصلاحی، افزایش بهره‌وری اقتصادی با توجه به بهبود همزمان ویژگی‌های اقتصادی است. برای نمونه، یافته‌ها نشان می‌دهند که امروزه افزایش تولید شیر به تنهایی عامل مهمی در سودآوری نیست (Haile-Mariam *et al.*, 2003) و در تایید این مطلب، پژوهشگران، تولید مثل را عامل اصلی سودآوری در دامداری‌های پرورش گاو شیری معرفی کردند (Santos *et al.*, 2025). افزون بر این، ویژگی‌های شایستگی^۱ نیز اهمیت ویژه‌ای دارند (Goddard & Wiggans, 1999) و شاخص‌گزینی سودآور، بی‌شک شامل ویژگی‌های تولید مثل و شایستگی در کنار ویژگی‌های تولیدی است. به احتمال، گزینش‌های یک سویه برای تولید شیر در گذشته، دشواری‌های امروز را در تولید مثل، رفاه و مانند آن به‌وجود آورده است. اگر، هدف در گله‌های گاو شیری، افزایش بهره‌وری تولید است، چگونه می‌توان به این مهم دست پیدا کرد و چه راهکارهایی برای آن‌ها می‌توان تعریف کرد؟

بوم‌نظام اطلاعات

هنگامی که اطلاعات موجود در یک مزرعه پرورش گاو شیری کنار یکدیگر قرار می‌گیرند، مجموعه‌ای بزرگ از داده‌های ثبت‌شده را تشکیل می‌دهند که آن را بوم‌نظام اطلاعات می‌نامند و با استفاده از آن، می‌توان اثر عامل‌های مختلف بر یکدیگر را بررسی کرد. مهمترین نکته در به‌وجود آوردن یک بوم‌نظام اطلاعات قابل واکاوی، وجود داده‌های درست و کم‌خطاست. وجود روش‌های سنتی و قدیمی در دامداری‌های پرورشی کشورهای در حال توسعه (Yadeta *et al.*, 2020)، ثبت داده‌ها را سخت و دشوار می‌کند زیرا حجم بزرگی از اطلاعات موجود، از خطاهای زیادی برخوردار هستند. از مهمترین دلیل‌های کیفیت کم داده‌های موجود، می‌توان به نبود زیرساخت‌های کافی، تخصیص محدود منابع مالی در جهت جمع‌آوری اطلاعات و یکی‌سازی و توسعه‌ی فناوری‌های دیجیتال در کشورهای در حال توسعه اشاره نمود (Opoola *et al.*, 2019). اگرچه پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۳۰، بازار جهانی شیر تا بیش از ۳۵٪ رشد خواهد داشت (FAO, 2023)، اما لازمه این پیشرفت در کشورهای در حال توسعه، نیازمند بهبود کیفیت مدیریت و سیستم‌های داده‌پردازی دقیق و منظم است. در یک بررسی، بهترین راهبرد برای افزایش بهره‌وری تولید، ویرایش و افزایش کیفیت اطلاعات به‌دست آمده از سطح دامداری‌ها معرفی شد و به تولیدکنندگان توصیه کرد تا نسبت به ثبت دقیق و بی‌خطای داده‌های تولید، بیش از پیش اهمیت دهند (Limo, 2017).

تولید مثل

باروری یک ویژگی چندوجهی است که زیر تاثیر وضعیت سلامتی، مدیریت، محیط و ژنتیک قرار دارد. عملکرد خارج از بهینه هر کدام از این عامل‌ها، می‌تواند دلیل اصلی کاهش باروری در گله‌های صنعتی باشد و تولید مثل را به چالش بکشانند (Leroy *et al.*, 2018). توجه نداشتن کافی به ویژگی‌های تولید مثلی در گاوهای شیری موجب حذف اجباری در گله‌های شیری، کاهش راندمان تولید مثلی و افزایش هزینه‌های جایگزینی می‌شود (Marti & Funk, 1994). در پژوهشی، ۳۵ تا ۴۵٪ از حذف اجباری دامداری‌های گاو شیری را ناشی از دشواری‌های تولید مثلی گزارش کردند که این مقدار نشان‌دهنده توجه بیشتر به تولید مثل است (Bahrapour *et al.*, 2016). هرچند که همبستگی بین صفت‌های تولیدی

و تولید مثلی نامطلوب است (Evans *et al.*, 2006; McCarthy *et al.*, 2007)، اما اثبات وجود تغییر ژنتیکی مطلوب در برخی از صفت‌های تولید مثلی در بررسی‌ها، موجب می‌شود تا این صفت‌ها در برنامه‌های گزینش قرار بگیرند (Weigel & Rekaya, 2000). یکی از راهکارهای اصلاح نژاد در افزایش راندمان تولید مثل، به کارگیری برنامه‌های گزینش ژنگانی^۱ و قرار گرفتن صفت‌هایی مانند CCR^۲ و HCR^۳ در شاخص‌های گزینش اقتصادی بوده است. بی‌تردید، ممکن است گزینش ژنگانی در گله‌های شیری از نظر زیاد بودن هزینه‌ها، امکان‌پذیر نباشد و بدین جهت، راهکارهای زیر توصیه می‌شود:

۱- در گزینش اسپرم، از اسپرم‌هایی با توان ژنتیکی زیاد در صفت‌های تولید مثلی استفاده شود. بهبود نرخ گیرایی با استفاده از اسپرم‌هایی با توان ژنتیکی بالا در CCR و DPR^۴ اهمیت اقتصادی بالایی در پرورش گاو شیری دارد. اهمیت به نرخ گیرایی در اسپرم‌ها، می‌تواند نرخ گیرایی را در دامداری بهبود ببخشد.

۲- می‌توان با استفاده از حسگرهای پیشرفته، فعل‌یابی‌ها را به‌طور مشخصی افزایش داد (Fricke *et al.*, 2014). در حال حاضر و با افزایش سطح فناوری، استفاده از گردنبند‌های الکترونیکی در افزایش فعل‌یابی، توصیه می‌شود.

۳- مدیریت دوره انتقال و کاهش شدت و طول تعادل منفی انرژی (دوره‌ای که گاو‌ها، مصرف خوراکشان کاهش یافته و از ذخیره‌های چربی بدنی خود، سرمایه گذاری می‌کنند)، می‌تواند نرخ گیرایی را افزایش و بهره‌وری تولید مثل را افزایش دهد (Cardoso Consentini *et al.*, 2021).

۴- تخمین مقدار عددی فاصله زایش تا نخستین تلقیح پس از زایش (DFS)^۵: با بهره‌گیری از برنامه‌های آماری، می‌توان با استفاده از منحنی‌های شیردهی و تفسیر شیب خط افزایش منحنی و سطح تولید شیر، مقدار عددی DFS را تخمین زد.

تولید مثل مهمترین عامل افزایش بهره‌وری اقتصادی در گله‌های گاو شیری است (Pascottini *et al.*, 2022 - Santos *et al.*, 2025) و با کنترل آن می‌توان روزهای شیردهی را کاهش (Nasre-Esfahani, 2018)، مقدار تولید شیر و شمار زایش‌ها را در طول عمر تولید افزایش داد (Dekkers *et al.*, 1998) و مقدار حذف اجباری را به کمینه رسانید که به دنبال آن، فراوانی دام‌هایی با تولید بیشتر و سلامت، افزایش پیدا می‌کند (شاهمرادی و همکاران، ۱۳۸۷). افزون بر این، هزینه‌های تلقیح مصنوعی و درمان نیز در گله کاهش معنی‌داری خواهد داشت (Dekkers *et al.*, 1998) و همچنین، پیشرفت ژنتیکی با افزایش نرخ گیرایی و شمار گوساله‌های متولد شده بیشتر و افزایش شدت گزینش (Peters, 1996)، بیشینه خواهد شد. بهبود عملکرد تولیدمثل موجب کاهش فاصله گوساله‌زایی و میانگین تولید با کاهش شمار روزهای شیردهی، افزایش می‌یابد. بنابراین کاهش شمار روزهای شیردهی موجب افزایش فراوانی گاو‌هایی می‌شود که در مرحله افزایشی منحنی شیردهی قرار دارند (Nasr-Esfahani, 2018). این جمله، مفهوم مهمی در مدیریت گاوهای شیری است. چنانچه فاصله گوساله‌زایی را ۱۲ ماه در نظر بگیریم، طول دوره شیردهی ۱۰ ماه و گاوهای شیری به‌طور سالانه یک گوساله به دنیا خواهند آورد. با ورود اسپرم‌های خارجی، اگرچه سطح تولید شیر افزایش می‌یابد، اما فاصله گوساله‌زایی نیز روندی افزایشی به خود می‌گیرد که این مهم موجب کاهش تعداد گوساله‌های متولد شده در طول عمر تولیدی است و گاوهای شیری مدت زمان بیشتری در شیب رو به پایین تولید قرار می‌گیرند. در تفسیر اقتصادی گله‌های گاو شیری، توجه یکطرفه به سطح تولید شیر و کاهش عملکرد تولیدمثل، نه تنها سودآور نیست، بلکه، می‌تواند به بحران اقتصادی نیز تبدیل شود. در بررسی دیگری روی عملکرد گله‌های شیری اوکراین، تجزیه و واکاوی درآمد و هزینه‌های جایگزینی تلیسه‌ها، نشان‌دهنده

امکان ایجاد تغییر در برنامه‌های اصلاحی به سود تولید مثل است (Ruban et al., 2023). لازم به یادآوری است که افزایش شمار تلیسه‌های موجود، نه تنها برای جایگزینی گله مناسب هستند، بلکه، می‌توان با فروش مازاد آن‌ها به درآمد چشمگیری دست پیدا کرد (Ruban et al., 2023).

تعیین شاخص گزینش اقتصادی

گزینش برای اصلاح حیوان‌ها بیشتر روی ویژگی‌های گوناگون و اقتصادی است و هرگز نمی‌توان روی یک ویژگی به تنهایی گزینش انجام داد، زیرا ارزش اقتصادی کل به بیش از یک صفت مرتبط می‌شود. در گذشته، اهمیت افزایش تولید شیر از جایگاه زیادی برخوردار بود، اما وزن نسبی صفت تولید شیر در شاخص Net Merit آمریکا از ۵۲ در سال ۱۹۷۱، به سه در سال ۲۰۲۵ رسیده است (Van Raden et al., 2025) و اهمیت افزایش تولید شیر به تنهایی، کمرنگ شده است. راهکار و راهبردهای اصلاح نژاد برای رسیدن به بیشینه بهره‌وری اقتصادی، تغییر همزمان ویژگی‌های مختلف اقتصادی بوده است. بنابراین توصیه می‌شود که در دامداری‌های گاو شیری، شاخص‌های گزینش چند صفتی مورد استفاده قرار گیرند و صفات‌های مهمی مانند سلامتی، تولید مثل، بهره‌وری خوراک مورد توجه باشند. اکنون که گزینش بر اساس شاخصی از ارزش‌های اصلاحی و اقتصادی صورت می‌گیرد، بازدهی گزینش به بیشینه خود خواهد رسید و حذف ژن‌های مطلوب به کمینه ممکن می‌رسد. بنابراین، شاخص گزینش چند صفتی به دلیل ترکیب اطلاعات صفات‌های مختلف، بهترین ابزار ژنتیکی برای گزینش گاوهای نر و ماده است (Mancin et al., 2022). برای نخستین بار در ایران شاخص اقتصادی ملی مطرح و پیشنهاد شد که ویژگی‌های شیر، چربی، پروتئین و طول عمر تولیدی، مهمترین ویژگی‌های موجود در دامداری‌های گاو شیری ایران می‌باشند (Sadeghi-Sefidmazgi et al., 2009). تفاوت هدف‌های اصلاحی و شرایط اقتصادی متفاوت ایران و دیگر کشورهای صادرکننده اسپرم (آمریکا و کانادا)، لزوم تدوین یک شاخص گزینش اقتصادی ملی را در کشور به وجود آورده است، اما در حال حاضر هنوز شاخص گزینش واحدی در کشور وجود ندارد و تولیدکنندگان شیر مجبورند از شاخص‌های گزینش کشورهای صادرکننده اسپرم استفاده کنند و این موضوع، بهره‌وری تولید را در گله‌های کشور، زیر تاثیر خود قرار داده است. تدوین شاخص‌های گزینش اقتصادی در گله‌های شیری توصیه می‌شود و بر اساس شاخص گزینش، گاوهای شیری رتبه‌بندی می‌شوند و گاوهایی با بیشترین شاخص عددی، می‌توانند به عنوان والدین نسل آینده قرار گیرند و گاوهایی با مقدار عددی شاخص کم، در برنامه حذف قرار خواهند گرفت. پژوهشگران در مقایسه بین شاخص‌های مختلف گزینش، به این نتیجه رسیدند که گزینش تنها بر اساس افزایش تولید شیر هرگز نمی‌تواند بیشینه سودآوری را داشته باشد (Chegini et al., 2019) و به همین دلیل است که نویسندگان توصیه می‌کنند از شاخص‌های گزینش اقتصادی چندصفتی که صفات‌های تولید مثلی و سلامتی پستان‌ها را شامل می‌شود، به عنوان راهبرد اصلاحی در گله‌های شیری استفاده کنند.

برآورد فراسنجه‌های صفت‌های تولید و تولید مثل در گله‌های گاو شیری

در بیشتر گزارش‌ها، وراثت‌پذیری صفت‌های تولید مثلی کم است. وراثت‌پذیری فاصله زایش در گله‌های گاو شیری ایران، انگلستان و آمریکا به ترتیب ۰/۰۳۵، ۰/۰۲۲ و ۰/۰۹ (Pryce et al., 2000; Campos et al., 1994)؛ شهادی و همکاران، ۱۳۹۲) گزارش شده است. همچنین، وراثت‌پذیری شمار روزهای باز در گله‌های ایران، ژاپن و آمریکا به ترتیب ۰/۰۳۶، ۰/۰۹ و ۰/۰۵۲ برآورد شده است (شهادی و همکاران، ۱۳۹۲؛ Abe et al., 2009; Campos et al., 1994). برآورد دقیق فراسنجه‌های ژنتیکی صفت‌های تولیدی و تولید مثلی نه تنها مفید است، بلکه، لازم و پیش‌زمینه اصلی برای

تدوین شاخص‌های گزینش ژنتیکی است. در کشورهای توسعه‌یافته، فراسنجه‌های ژنتیکی تولید و تولید مثل با دقت زیادی برآورد می‌شوند و این موضوع بر کارآمد بودن برنامه‌های اصلاح نژادی مؤثر است. قرار گرفتن فراسنجه‌های ژنتیکی و اقتصادی دقیق در کنار یکدیگر، یک شاخص گزینش مؤثر را به وجود آورده و بهره‌وری اقتصادی افزایش خواهد داد.

دلیل‌های مختلفی مانند ناقص بودن اطلاعات شجره (Dong et al., 1988)، روش تجزیه اطلاعات و کوچک بودن اندازه جمعیت (Falconer & Mackay, 1996) و همچنین، تفاوت شرایط اقلیمی (محیط) (Hanford et al., 2002) در برآورد کم وراثت‌پذیری صفت‌های تولید مثلی نقش دارند. با این حال توصیه می‌شود با همگن‌سازی محیط به کاهش واریانس محیطی کمک کرد و در اصل، حیوان‌ها را باید به گونه‌ای مدیریت کرد که تأثیرهای محیطی بر عملکرد حیوان‌های مختلف تا حد یکسان، برابر شود. از آنجایی که برخی از صفت‌های تولید مثلی از واریانس ژنتیکی مطلوبی برخوردارند (Weigel & Rekaya, 2000)، می‌توان با ایجاد شرایط مطلوب محیطی، وضعیت را برای بروز پتانسیل ژنتیکی صفت‌های تولید مثلی فراهم و وراثت‌پذیری را دقیق‌تر برآورد کرد. با توجه به این موردها، قرار نگرفتن صفت‌های تولید مثلی در شاخص‌های گزینش اقتصادی، به دلیل کم بودن سطح وراثت‌پذیری، پذیرفتنی نیست و بهتر است که داده‌برداری‌ها با دقت بیشتری انجام شود و شرایط محیطی و مدیریتی نیز بهبود یابد تا سطح وراثت‌پذیری نیز افزایش پیدا کند (قادر زفره‌ای و همکاران، ۱۳۹۹). بروز بیماری‌های سوخت و سازی در ابتدای دوره شیردهی (Connor, 2015)، مهمترین عامل در کاهش بهره‌وری صفت‌های تولید مثلی است. در زمان تعادل منفی انرژی و بروز بیماری‌های سوخت و سازی مانند کتوز، تب شیر و مانند این‌ها، واریانس محیطی افزایش و وراثت‌پذیری کاهش می‌یابد. همگن‌سازی محیط و کاهش واریانس محیطی بر اثر بهبود مدیریت و شرایط تغذیه‌ای، به افزایش وراثت‌پذیری خواهد انجامید و زمینه برای بروز توان ژنتیکی گاوهای شیری در تولید مثل فراهم می‌شود.

بهینه‌سازی تولید شیر در زمان اوج شیردهی

راهبردهای گزینش برای افزایش تولید شیر در ابتدا و اوج شیردهی (هشت تا ۱۰ هفته ابتدای شیردهی)، دشواری‌های مهمی را به وجود آورده است. برای نمونه، به دلیل محدود بودن توان مصرف خوراک در آغاز شیردهی، نیاز مواد مغذی برای افزایش تولید بالا رفته و کارشناسان برای تامین انرژی، سهم مواد متراکم را در جیره افزایش می‌دهند که این موضوع، نه تنها هزینه‌های تولید را افزایش می‌دهد، بلکه احتمال درگیری گاوها با ناهنجاری‌های سوخت و سازی را افزایش خواهد داد (آرین‌فر و همکاران، ۱۴۰۱). گاوهای شیری در ابتدای دوره تولید پس از زایش، دچار افت مصرف خوراک می‌شوند (Hayirli, 1998) که موجب می‌شود گاوهای شیری نتوانند انرژی مورد نیاز خود را با مصرف خوراک به دست آورند (Butler et al., 2011) و این وضعیت به تعادل منفی انرژی پایان می‌یابد. نتیجه بررسی نشان داد که اسپرم‌های دختری خارجی به دلیل تولید بیشتر و سوخت و ساز بیشتر، احتمال بیشتری برای درگیری با بیماری‌های سوخت و سازی دارند. نسبت احتمال بروز تعادل منفی انرژی در اسپرم‌های دختری ایرانی نسبت به آمریکایی و کانادایی به ترتیب، ۴/۱ و ۵٪ کمتر است (Namjo et al., 2016).

گاو شیری یک موجود زنده با محدودیت‌های فیزیولوژیک و رفاهی است و یافته‌های پژوهشی نشان می‌دهند که با افزایش ۱۰۰۰ کیلوگرم شیر در ۳۰۵ روز، ۱۰ تا ۱۵٪ خطر بیماری‌های سوخت و سازی و دشواری‌های آبستنی افزایش پیدا می‌کند (Rodney et al., 2018). بررسی (Van Raden et al., 2025) در به‌روز رسانی شاخص گزینش Net Merit تاکید نسبی تولید شیر را سه، برآورد کردند که این موضوع نشان دهنده کاهش اهمیت افزایش تولید شیر است. تجزیه

و واکاوی بررسی‌های انجام شده جالب است، زیرا در ایران حجم فروش شیر، عامل اصلی درآمد تولیدکنندگان است و شاخص گزینش اقتصادی ۲۰۲۵، تاکید نسبی بر تولید شیر را کاهش داده است. بنابراین، استفاده از شاخص‌های گزینش اقتصادی خارجی که تاکید کمتری بر افزایش حجم شیر دارند، بهره‌وری اقتصادی را زیر تاثیر قرار خواهند داد. افزایش سود اقتصادی هرگز نمی‌تواند با افزایش سطح تولید شیر همراه باشد و در این باره، حفظ سلامتی گاوهای شیری باید در اولویت تولیدکنندگان قرار گیرد، زیرا با بروز بیماری‌های سوخت و سازی، زمینه برای درگیری با بیماری‌های دیگر نیز فراهم می‌شود. نشان داده شده که میان بیماری‌های سوخت و سازی و سایر بیماری‌ها، همبستگی وجود دارد (Epperson, 2005). ارتباط بین ناهنجاری تب شیر و بروز ورم پستان از مهمترین نوع همبستگی‌ها است. با کاهش مقدار کلسیم پس از زایش گاوهای شیری، سرعت انقباض عضله‌ها کاهش و از آنجایی که عضله‌های سرپستانک‌ها از نوع ماهیچه‌های صاف است، کمبود کلسیم بازماندن سرپستانک‌ها می‌شود و چون گاوهای درگیر با ناهنجاری تب شیر، بیشتر تمایل به دراز کشیدن دارند، عامل‌های بیمارگر^۱ به راحتی وارد بافت پستان شده و به بروز بیماری ورم پستان خواهند شد (Koltes & Spurlock, 2011).

بهینه‌سازی تولید شیر به منظور کاهش فشارهای سوخت و سازی بر گاو شیری در زمان اوج تولید مهم است و می‌توان از بروز پیامدهای بیماری سوخت و سازی جلوگیری کرد. بررسی Rathbun *et al.*, (2017) نشان داد که افزایش تولید شیر در زمان اوج به بالاتر از ۵۵ کیلوگرم، احتمال بروز کتوز و متريت را به ترتیب ۳/۵ و ۲/۸ برابر افزایش می‌دهد. بنابراین، کاهش عملکرد تولید مثل به افزایش نرخ حذف اجباری خواهد انجامید. به احتمال، مهمترین دلیل تولیدکنندگان برای افزایش تولید شیر، کم بودن طول عمر تولیدی در گله‌های صنعتی است و تولیدکنندگان، سعی می‌کنند تا با افزایش سطح تولید شیر، قسمتی از زیان اقتصادی ناشی از کم بودن طول عمر تولیدی را جبران کنند، پس می‌توان با تعدیل و بهینه‌سازی سطح تولید شیر، کارایی تولید مثل را از راه کاهش پیامدهای منفی تعادل منفی انرژی افزایش داد و طول عمر تولیدی را بهبود بخشید. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهند که می‌توان تولید شیر را با افزایش در نرخ تولید مثل و سلامتی گاوهای شیری، بهینه‌سازی کرد، زیرا با کاهش فاصله گوساله‌زایی، شمار روزهای شیردهی کاهش و میانگین تولید افزایش می‌یابد و می‌توان بدون استفاده بیشتر از نهاده‌های غذایی مانند کنسانتره و یونجه و تنها با بهره‌وری تولید مثل، میانگین تولید را به مقدار سه کیلوگرم در روز افزایش داد (سیدشریفی و همکاران، ۱۴۰۰). منظور از بازدهی اقتصادی در منحنی‌های شیردهی، اهمیت کارآمد بودن تولید و سطح بهینه تولید شیر است. واحد تولیدی گاو شیری، باید به دو مفهوم مهم بیشینه تولید شیر و تولید شیر بهینه، توجه نماید. این دو مفهوم، همیشه یکسان نیستند، به عبارت دیگر ممکن است بیشینه تولید شیر، به افزایش سود اقتصادی نیانجامد. بنابراین، به دست آوردن سطح بهینه‌ای از تولید شیر در زمان اوج شیردهی بسیار دشوار است.

تعیین اندازه بهینه شیر تولیدی، مؤثرترین ابزار اصلاح نژاد در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی است، زیرا تولید بهینه شیر می‌تواند موجب افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌های تولیدی شود و این موضوع متاثر از ساختار تولید و شرایط اقتصادی و اجتماعی هر منطقه است (Ansari & Salami, 2007). مفهوم بهینه‌سازی تولید، همگام ساختن شیب خط افزایشی تولید شیر با شیب خط افزایشی منحنی خوراک مصرفی است، زیرا شیب خط افزایشی تولید شیر بیشتر از شیب خط افزایشی منحنی خوراک مصرفی است (Cabezas-Garcia *et al.*, 2021) و تولید شیر زودتر از مقدار خوراک مصرفی به اوج خود می‌رسد. بهینه‌سازی می‌تواند موجب کاهش اثرهای سوء تعادل منفی انرژی گردد و بهتر است تولید شیر را

با افزایش سطح سلامتی، تولید مثل و کاهش سطح تنش افزایش دهیم. برای کاهش سطح تنش سوخت و سازی در گاوهای شیری، می‌توان از رژیم‌های تغذیه‌ای کنترل‌شده از دوره پیش از زایش استفاده کرد (Elsaadawy *et al.*, 2023) و از بروز کبد چرب در دوران پس از زایش، جلوگیری نمود. در یک بررسی روی واکاوی اقتصاد عملکرد گله گاو شیری، نشان داده شد که با استفاده از تابع تولید بر پایه قانون بازدهی کاهشی، می‌توان سطح بهینه خوراک مصرفی را تخمین زد (تاجیک‌خواری و همکاران، ۱۴۰۳) و با استفاده از آن، سودآوری تولید را به بیشینه رساند. تابع‌های تولید، به‌طور ساده رابطه بین نهاده‌ها و فراورده را نشان می‌دهند (Kuhpai., 2009) و بررسی آن‌ها برای افزایش بهره‌وری اقتصادی از راه تخصیص بهینه نهاده‌های مصرفی به منظور بهینه‌سازی تولید شیر توصیه می‌شود.

تفسیر منحنی شیردهی

منحنی شیردهی، بیان نموداری تغییرهای تولید شیر در طول زمان است و توصیف شیردهی با استفاده از منحنی تولید با هدف فراهم آوردن یک الگوی منظم از شیردهی، اطلاعات با ارزشی را از بازدهی زیستی و اقتصادی فراهم می‌آورد (Elahi Torshizi, 2016). آگاهی از شکل درست منحنی شیردهی بسیار مهم است، چون اطلاع از چگونگی تولید شیر در یک دوره شیردهی، پرورش‌دهنده را توانا می‌سازد تا گاوها را بر اساس ویژگی‌های شیردهی خود، مدیریت و اصلاح نژاد نمایند (Adediran *et al.*, 2007). منظور از بازدهی زیستی می‌تواند به رویدادهایی مانند سلامت پستان و ناهنجاری‌های سوخت و سازی مرتبط باشد، زیرا پدیدگان^۱ منحنی شیردهی می‌تواند زیر تاثیر سلامتی بافت پستان (Rajala-Schultz *et al.*, 1999) و لنگش (Huxley, 2013) قرار گیرد و این دشواری‌ها به ایجاد اختلال در منحنی شیردهی انجامیده و الگوهای غیرطبیعی در پدیدگان شیردهی به وجود می‌آورد. بررسی منحنی شیردهی گاوهای شیری یک ابزار مهم اصلاح نژادی در دامداری‌ها است که نشان دهنده شرایط فیزیولوژیک حیوان است. تولید شیر، تابعی از شمار یاخته‌های آلئولی^۲ پستان در ابتدای دوره شیردهی است و شکل یک منحنی شیردهی استاندارد شامل یک مرحله افزایشی با سرعت زیاد تا زمان اوج شیردهی و سپس شیب آهسته کاهشی تا زمان پایان شیردهی است (Macciotta *et al.*, 2011). بنابراین، تولید شیر زیر تاثیر شکل و پدیدگان منحنی شیردهی قرار می‌گیرد.

بروز التهاب در سیستم پستانی، سوخت و ساز کبدی را مختل می‌کند (Moyes, 2015) و می‌توان گفت که گاوهای مبتلا به ورم پستان، استعداد زیادی برای افزایش طول تعادل منفی انرژی خواهند داشت، زیرا بروز ورم پستان زمینه لازم را برای ندادن خوراک کافی و مورد نیاز حیوان برای تامین نیازمندی‌های شیردهی ایجاد می‌کند و در پی آن، شدت تعادل منفی انرژی افزایش می‌یابد (Namjo *et al.*, 2016) و تاثیر معنی‌داری بر شیب خط افزایشی و کاهشی منحنی شیردهی خواهد داشت. با افزایش سطح ورم پستان، شیب خط کاهشی منحنی شیردهی در دوره پس از اوج شیردهی، افزایش یافته و این موضوع، موجب کاهش بهره‌وری اقتصادی خواهد بود. بنابراین، تفسیر منحنی شیردهی و شیب خط افزایشی و کاهشی برای نمایش بیماری‌ها و وضعیت غیرعادی حیوان، الزامی است. منحنی استاندارد تولید شیر که دارای یک مرحله افزایشی و یک مرحله کاهشی است (Macciotta *et al.*, 2011)، از قانون بازدهی کاهشی پیروی می‌کند. بر اساس این قانون، با افزایش نهاده‌های غذایی، مقدار تولید فراورده تا نقطه ویژه‌ای به بیشینه می‌رسد و پس از آن، مقدار افزایش تولید به صفر خواهد رسید (تاجیک‌خواری و همکاران، ۱۴۰۳) و افزایش نهاده‌های مصرفی، به افزایش تولید نخواهند انجامید. با این حال، با استفاده از تابع‌های رگرسیونی تولید که رابطه میان نهاده‌های مصرفی و فراورده نهایی را

نشان می‌دهند (Kuhpai, 2009) و با مدیریت درست و برنامه‌ریزی‌های اصولی در جهت بهره‌گیری مطلوب از منابع موجود، می‌توان بهره‌وری را افزایش داد و بخش مهمی از پروتئین مصرفی را با صرفه‌جویی در خرید نهاده‌های وارداتی، تولید کرد (Naji & Erfanmanesh, 2006). بنابراین، توصیه می‌شود که با ترسیم منحنی شیردهی و تفسیر مقادیر بهینه خوراک مصرفی و شیر تولیدی، به بیشینه سود اقتصادی دستیابی شود.

به‌دست آوردن فراسنجه‌های ژنتیکی و محیطی منحنی شیردهی، در مدیریت درست تولید شیر و کاهش طول تعادل منفی انرژی بسیار مهم است. بررسی‌ها نشان می‌دهند که شیب بیشتر کاهش تولید شیر پس از اوج شیردهی، موجب افزایش شمار یاخته‌های بدنی می‌شود (آرین‌فر و همکاران، ۱۴۰۱). بنا براین، انتظار می‌رود با گزینش برای کاهش مقدار تولید شیر در ابتدا و اوج شیردهی و افزایش شیب منحنی پس از اندکی اوج، شمار یاخته‌های بدنی را کاهش و پستان‌ها در وضعیت بهتری از سلامتی قرار گیرند. توجه به همبستگی‌های ژنتیکی مثبت بین تداوم شیردهی و صفات‌های تولیدی (۰/۵۰۶ تا ۰/۷۲۵)، می‌توان انتظار داشت که گزینش برای افزایش پیوستگی شیردهی موجب افزایش مقدار شیر تولیدی ۳۰۵ روز می‌شود و سلامتی پستان‌ها با کاهش شمار یاخته‌های بدنی افزایش می‌یابد (آرین‌فر و همکاران، ۱۴۰۱). از این رو، هرگز نمی‌توان تولید شیر در زمان اوج را به عنوان پایه اصلی در نظر گرفت، بلکه باید پیوستگی شیردهی (نیز در صفات‌های ویژگی‌های تولیدی) در کنار ویژگی‌های تولید مثلی و شایستگی، در شاخص‌های گزینش اقتصادی قرارداد. افزایش گزینش در زمان اوج تولید به تنهایی می‌تواند دشواری‌هایی از افزایش شدت و طول تعادل منفی انرژی (Javaheri barfourrooshi et al., 2014)، افزایش نیازهای تغذیه‌ای و نرخ زیاد سوخت‌وساز (Grohn et al., 1995)، افزایش نرخ ناهنجاری‌های سوخت و سازی (Koltes & Spurlock, 2011) که به دنبال تشدید تعادل منفی انرژی و افزایش نیازهای تغذیه‌ای رخ می‌دهند، افزایش حساسیت به ورم پستان (Rajala-Schultz et al., 1999) و همچنین، لنگش (Huxley, 2013) را به وجود آورد. همه این دشواری‌ها، رفاه و آسایش گاوهای شیری را مختل کرده و بهره‌وری تولید را کاهش می‌دهند. گزینش گاوهای شیری بر اساس پیوستگی شیردهی، می‌تواند مقدار تنش ناشی از تولید بالا را در زمان اوج شیردهی کاهش دهد و تولید را در سطح بالا نگهدارد که این موضوع، به تخت‌تر شدن منحنی خواهد انجامید (Haile-Mariam et al., 2003).

نتایج بررسی، ارزش اقتصادی پیوستگی شیردهی در گاوهای شیری ایران، ۶۹۰ ریال برآورد شد (حسنوند و صادقی سفیدمزمگی، ۱۳۹۴). وجود ارزش اقتصادی مثبت نشان دهنده سودآور بودن این ویژگی در برنامه‌های شاخص گزینش ژنتیکی است. اهمیت اقتصادی پیوستگی شیردهی از آن‌جا ناشی می‌شود که توزیع شیر در طول منحنی شیردهی به صورت یکنواخت قرار می‌گیرد و هزینه‌های تغذیه‌ای متعادل می‌شوند و این امکان وجود دارد که از سهم بیشتری از علوفه در جیره مصرفی استفاده شود (Dekkers et al., 1998).

نتیجه‌گیری

نتایج بررسی‌ها به روشنی نشان می‌دهند که عامل اصلی کاهش سودآوری در واحدهای تولیدکننده شیر، اندک بودن سطح بهره‌وری و به‌کار نگرفتن پایه‌های فنی اصلاح نژاد مانند برآورد فراسنجه‌های ژنتیکی تولید و تولید مثل، تفسیر منحنی‌های شیردهی و استفاده از برنامه‌های شبیه‌سازی است. در تمام بررسی‌ها، عامل اصلی کاهش سودآوری، بهره‌وری کم گزارش شده است و در هیچ منبعی، کاهش تولید شیر به‌عنوان کاهش سودآوری مطرح نیست، چون گاوهای کم

تولید به مرور از گله‌های شیری حذف خواهند شد و از سوی دیگر، استفاده از اسپرم‌های آمریکایی و کانادایی، توانسته ارزش اصلاحی تولید را افزایش دهد. بهره‌وری، عامل مهمی در افزایش رقابت میان واحدهای تولیدکننده است و بهتر است که گله‌های صنعتی، به‌جای مقایسه بر اساس افزایش تولید، بر اساس بهره‌وری و هزینه‌های تمام شده قیمت شیر تولیدی، مورد ارزیابی و مقایسه قرارگیرند. برای افزایش بهره‌وری، هرگز نباید به افزایش تولید شیر به‌تنهایی توجه کرد، زیرا افزایش بی‌رویه تولید شیر، موجب رقابت‌های آفسارگسیخته‌ای خواهد شد که پیامدهای اقتصادی منفی بر جای می‌گذارد. در این بررسی، به عامل‌های مهم مؤثر بر بهره‌وری اشاره شد. با کنترل و اجرای درست سیاست‌های مدیریتی، می‌توان تولید شیر را بدون اختصاص منابع غذایی زیاد، افزایش داد و همراه با آن، سطح رفاه و آسایش و بهبود عملکرد تولید مثل با کاهش فاصله گوساله‌زایی را افزایش داد.

منابع

- آرین فر، مریم؛ رکوعی، محمد؛ داشاب، غلامرضا؛ فرجی آروق، هادی. (۱۴۰۱). بررسی ارتباط بین خصوصیات منحنی شیردهی و برخی صفات اقتصادی گاوهای هلشتاین ایران. *نشریه ی تحقیقات تولیدات دامی*، ۱۱(۱)، ۱-۱۳.
- تاجیک خواری، محمد؛ صالحی، عبدالرضا؛ پیکانی ماچانی، غلامرضا؛ اسدی الموتی، علی. (۱۴۰۳). تحلیل فرصت های سودآوری حاصل از پرورش یک گله گاو شیری (مطالعه ی موردی: یک واحد گاوداری صنعتی در استان تهران). *نشریه ی تولیدات دامی*، ۲۶(۲)، ۱۱۱-۱۲۱.
- حسنوند، سمیه؛ صادقی سفیدمزیگی، علی. (۱۳۹۴). برآورد ارزش اقتصادی برای تداوم شیردهی در گاوهای هلشتاین ایران. *نشریه ی پژوهش های علوم دامی*، ۲۵(۳)، ۸۵-۹۴.
- حسنوندجوانمرد، سارا؛ صادقی سفیدمزیگی، علی؛ دادپسند، محمد. (۱۳۹۵). برآورد فراسنجه های ژنتیکی و فنوتیپی برای سودآوری در سه دوره ی اول شیردهی گاوهای هلشتاین ایران. *نشریه علوم دامی/ایران*، ۴۷(۴)، ۵۳۱-۵۳۸.
- سیدشریفی، رضا؛ شادپرور، عبدالاحد، قوی حسین زاده، نوید. (۱۳۹۳). برآورد ارزش های اقتصادی برخی صفات تولید و تولیدمثل در گله های گاو شیری شمالغرب کشور در شرایط نابینه و بهینه سیستم تولید. *نشریه ی پژوهش های علوم دامی*، ۲۴(۱)، ۱۵۳-۱۶۴.
- سیدشریفی، رضا؛ امیری، صونا؛ هدایت ایورق، نعمت، سیف دواتی، جمال؛ یلچی، طاهر. (۱۴۰۰). بررسی بیشینه کردن سود در گله های شیری با رویکرد بهینه سازی سامانه تولید. *نشریه ی پژوهش های علوم دامی*، ۳۱(۳)، ۲۷-۳۹.
- شاهمرادی، مجید؛ امانلو، حمید؛ حق نظری، علی. (۱۳۸۷). بررسی عوامل حذف گاوهای هلشتاین در گاوداری های صنعتی استان زنجان. *مجله ی علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، ۱(۴)، ۱۵۴-۱۶۲.
- شهادی، علیرضا؛ حسنی، سعید؛ علی ساقی، داوود؛ آهنی آذری، مجتبی؛ اقبال، علیرضا، رحیمی، عطیه. (۱۳۹۲). برآورد پارامترهای ژنتیکی صفات تولیدی و تولیدمثلی دوره ی اول شیردهی در گاوهای هلشتاین ایران. *نشریه پژوهش در نشخوارکنندگان*، ۱(۴)، ۱۰۹-۱۲۶.
- قادری زفراهی، مصطفی؛ گراوند، فرشاد؛ ترابی، آزاده؛ بهشتی، سیدصمد. (۱۳۹۹). مدل سازی معادلات ساختاری سازه های ژنتیکی پنهان تولیدی، تولیدمثلی و ماندگاری در گاوهای هلشتاین ایران. *پژوهش های تولیدات دامی*، ۱۱(۳۰)، ۱۵۰-۱۳۴.

- نیکوکار، افسانه؛ حسینی، سیدصفدر و دوراندیش، آرش. (۱۳۸۹). تحلیل ساختار بازار و اثر انتقال قیمت بر حاشیه بازاریابی در صنعت شیر ایران. منتشر شده در هفتمین کنفرانس سالانه ی اقتصاد کشاورزی ایران.
- Abe, H., Masuda, Y. & Suzuki, M. (2009). Relationships between reproductive traits of heifers and cows and yield traits for Holsteins in Japan. *Journal of Dairy Science*, 92, 4055-4062.
- Adediran, S.A., roche, J.R., Donaghy, D.J., Rawnsley, R., Freeman, M. *et al.* (2007). Predictive characteristics of lactation models for pasture-based Holstein Friesian dairy cows. In: D.F. Chapman, D.A. Clark, K.L. Macmillan, and D.P. Nation (Editors). *Dairy Science 2007. Meeting the Challenges for Pasture-Based Dairying. Proceedings of the 3rd Australasian Dairy Science Symposium. The University of Melbourne, Victoria, Australia*, 3, 423-430.
- Ansari, V. & H. Slami. (2007). Advantages due to Scal in industry nuture Iran Shrimp, collection papers sixth conference in agricultural economics in Iran, *Journal of Agricultural Economics*, 56(2), 57-75.
- Bahrampour, J., Danesh Mesgaran, M., Arabpour, A. R., Vakili, A. & Khezri, A. (2016). Risk factors affecting the culling of Iranian Holstein dairy cows. *Journal of Livestock Science and Technologies*, 4(2), 15-23.
- Butler, M., Patton, J., Murphy, J.J. & Mulligan, F.J. (2011). Evaluation of high-fiber total mix ration as a dry cow feeding strategy for spring-calving Holstein Friesian dairy cows. *Livestock Science*, 136, 85-9.
- Cabezas-Garcia, E.H., Gordon, A.W., Mulligan, F.J. & Ferris, C.P. (2021). Revisiting the relationships between fat-to-protein ratio in milk and energy balance in dairy cows of different parities, and at different stages of lactation. *Animals*, 11(11), 3256.
- Campos, M.S., Wilcox, C.J., Becerril, C.M. & Diz, A. (1994). Genetic parameters for yield and reproductive traits of Holstein and Jersey cattle in Florida. *Journal of Dairy Science*, 77, 867-873.
- Cardoso Consentini, C. E., Wiltbank, M. C., & Sartori, R. (2021). Factors that optimize reproductive efficiency in dairy herds with an emphasis on timed artificial insemination programs. *Animals*, 11(2), 301.
- Cartwright, T.C. (1979). The use of systems analysis in animal science with emphasis on animal breeding. *Journal of Animal Science*, 49(3), 817-825.
- Chegini, A., N. Ghavi Hossein-Zadeh, S.H. Hosseini Moghaddam and A.A. Shadparvar. (2019). Appropriate selection indices for functional traits in dairy cattle breeding schemes. *Journal of Dairy Research*, 86(1), 13–18.
- Connor E. (2015). Invited review: Improving feed efficiency in dairy production: Challenges and possibilities. *Animal*, 9(3), 395-408.
- Dagistan, E., Koc, B., Gul, M., Parlakay, O. & Akpinar, M. G. (2009). Identifying technical efficiency of dairy cattle management in rural areas through a non-parametric method: a case study for the East Mediterranean in Turkey. *Journal of Animal & Veterinary Advances*, 8, 863-867.
- Dong M.C., Van Vleck L.D. & Wiggans G.R. (1988). Effects of relationships on estimation of variance components with an animal model and restricted maximum likelihood. *Journal of Dairy Science*, 71, 3047-3051.
- Dashti, G. (2015). Evaluation the trend and direction of technical change in industrial dairy farms in Iran. *Animal Science Research*, 25(1), 25-35.
- Dekkers, J.C., Tenhag, J.H. & Wersink, A. (1998). Economic aspects of persistency of lactation in dairy cattle. *Livestock Production Science*. 53, 237.
- Elahi Torshizi, M. (2016). Effects of season and age at first calving on genetic and phenotypic characteristics of lactation curve parameters in Holstein cows. *Journal of Animal Science and Technology*, 58, 8:1-14.
- Elsaadawy, S. A., Wu, Z. & Bu, D. (2022). Feasibility of supplying ruminally protected lysine and methionine to periparturient dairy cows on the efficiency of subsequent lactation. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 892709.
- Emami Meibodi A. (2005). Principles of efficiency and productivity measurement. *Institute of Business Studies and Research of Tehran*.

- Epperson, W.B. (2005). Risk factors for metabolic disease. *Tri-State Dairy Nutrition Conference*, 31-35.
- Evans, R.D., Buckley, P. & Berry, F. (2006). Trends in milk productions, calving rate and survival of cows in 14 Irish dairy herds as results of introgression of Holstein Friesian genes. *Journal of Animal Science*, 82, 423-434.
- Falconer DS and Mackay TFC (1996). *Introduction to quantitative genetics*. 4th Ed. Longman group LTD. England.
- FAO, 2023. *Dairy Market Review - Emerging trends and outlook in 2023*, Rome, Italy.
- Fricke, P.M., Carvalho, P.D., Giordano, J.O., Valenza, A., Lopes Jr, G. *et al.* (2014). Expression and detection of estrus in dairy cows: the role of new technologies. *Animal*, 8(s1), 134-143.
- Goddard, M.E. & Wiggans, G.R. (1999). Genetic Improvement of Dairy Cattle. The Genetics of Cattle. *CAB International*, 511-537.
- Grohn, Y.T., Eicker, S.W. & Hertl, J.A. (1995). The association between previous 305-day milk yield and disease in New York state dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 78, 1693-1702.
- Haile-Mariam, M., Bowman, P. & Goddard, M. (2003). Genetic and environmental relationship among calving interval survival persistency of milk yield and somatic cell count in dairy cattle. *Livestock Production Science*, 80(3), 189-200.
- Hanford, K.J., Van Vleck L.D. & Snowden G.D. (2002). Estimation of genetic parameters and genetic change for reproduction weight and wool characteristics of Columbia sheep. *Journal of Animal Science*, 80, 3086-3098.
- Hayirli, A. (1998). A mathematical model for describing dry matter intake of transition dairy cows. *Journal of Animal Science*, 76(1), 296.
- Huxley, J.N. (2013). Impact of lameness and claw lesions in cows on health and production. *Livestock Science*, 156, 64-70.
- Javaheri barfouroushi, H., Towhidi, A., SadeghiPanah, H., Zhandi, M. & Zeinodini, S. (2014). Effect of supplemental N-3 fatty acids during pre- and post-partum diets on health and production of Holstein dairy cows. *Journal of Iranian Animal Science*, 45, 245-255.
- Koltes, D.A. & Spurlock D.M. (2011). Coordination of lipid droplet-associated proteins during the transition period of Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 94, 1839-1848.
- Kuhpai, M. (2009). *Agriculture economic principles*. Propagation of Tehran University, Tehran, Iran, 609 p.
- Leroy, J., Valckx, S., Sturmey, R., Bossaert, P., Van Hoeck, V. & Bols, P. (2018). Maternal metabolic health and oocyte quality: the role of the intrafollicular environment. *Animal Reproduction*, 9(4), 777-788.
- Limo, R.K., 2017. *M-Agriculture recording system for milk producers in Kenya: a case of Uasin Gishu County* (PhD Thesis, Strathmore University).
- Mancin, E., Mantovani, R., Tuliozi, B. & Sartori, C. (2022). Economic weights for restriction of selection index as optimal strategy for combining multiple traits. *Journal of Dairy Science*, 105 (12), 9751-9762.
- Marti, C.F. & Funk, D.A. (1994). Relationship between production and days open at different levels of herd production. *Journal of Dairy Science*, 77, 1682-1690.
- Macciotta, N.P.P., Dimauro, C., Rassu, S.P.G., Steri, R. & Pulina, G. (2011). The mathematical description of lactation curves in dairy cattle. *Italian Journal of Animal Science*, 10, 213-223.
- McCarthy, S., Horan, B., Dillon, P., O'Connor, P., Rath, M. & Shalloo, L. (2007). Economic comparison of divergent strains of Holstein Friesian cows in various pasture-based production systems. *Journal of Dairy Science*, 90, 1493-1505.
- Moyes. K.M. (2015). Triennial lactation symposium: Nutrient partitioning during intramammary inflammation: A key to severity of mastitis and risk of subsequent diseases? *Journal of Animal Science*, 93, 5586-559.
- Naji, A. & Erfanmanesh, M.A. (2006). Measurement and analysis of total productivity in the poultry industry of Tehran province. *Bimonthly Journal of Jihad*, 272, 224-237.
- Namjo, M., Farhangfar, H., Bashteni, M. & Eghbal, A.R. (2016). Assessment of the impacts of different factors on the occurrence of negative energy balance in Iranian dairy cows using a logistic generalised linear model. *Journal of Ruminant Research*, 4(3), 96-116.

- Nasr-Esfahani, E. (2018). Biological and economic consequences of changes in voluntary culling policies. *Iranian Journal of Animal Science*, 49(3), 347-354.
- Opoola, O., Mrode, R., Banos, G., Ojango, J., Banga, C., Simm, G. & Chagunda, M.G.G., (2019). Current situations of animal data recording, dairy improvement infrastructure, human capacity and strategic issues affecting dairy production in sub-Saharan Africa. *Tropical Animal Health and Production*, DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-019-01871-9>
- Pascottini, O.B., Leroy, J.L. & Opsomer, G. (2022). Maladaptation to the transition period and consequences on fertility of dairy cows. *Reproduction in Domestic Animals*, 57, 21-32.
- Peters, A.R. (1996). Herd management for reproductive efficiency. *Animal Reproduction Science* 42:455-464.
- Pryce, J.E., Coffey, M.P. & Brotherstone, S. (2000). The genetic relationship between calving interval, body condition score and linear type and management traits in registered Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 83, 2664-2671.
- Rajala-Schultz, P.J., Gröhn, Y.T., McCulloch, C.E. & Guard, C.L. (1999). Effects of clinical mastitis on milk yield in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 82, 1213-1220.
- Ranjpour, R., Aghajani, H. & Salmani, A. (2021). Investigating the economic factors affecting milk supply in Iran, Generalized Method of Moments (GMM). *Agricultural Economics Research*, 13(3), 18-29.
- Rathbun, F.M., Pralle, R.S., Bertics, S.J., Armentano, L.E., Cho, K. *et al.* (2017). Relationships between body condition score change, prior mid-lactation phenotypic residual feed intake, and hyperketonemia onset in transition dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(5), 3685-3696.
- Rodney, R.M., Celi, P., Scott, W., Breinhild, K., Santos, J.E.P. & Lean, I.J. (2018). Effects of nutrition on the fertility of lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 101(6), 5115-5133.
- Ruban, S., Danshyn, V., Matvieiev, M., Lastovska, I., Borshch, O. *et al.* (2023). Grounding the economic selection index for evaluation and selection of dairy cattle. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 48(4), 258-268.
- Sadeghi-Sefidmazgi, A., Moradi-Shahrabak, M., Nejati-Javaremi, A. & Shadparvar, A. (2009). Estimation of economic values in three breeding perspectives for longevity and milk production traits in Holstein dairy cattle in Iran. *Italian Journal of Animal Science*, 8(3), 359-375.
- Santos, J.B., Freitas, B.W., Obando, I.A.M., Oliveira, N.D., Penitente-Filho, J.M. *et al.* (2025). Reproductive traits and economic aspects on dairy cattle. *Animal Reproduction*, 22 (1), e20240050.
- Shook, G.E. (1989). Selection for disease resistance. *Journal of Dairy Science*, 72, 1349-1362.
- Van Raden, P.M., Togiani, S., Basiel, B. & Cole, E. (2025). Net merit as a measure of lifetime profit: 2025 revision. *Aip Research Repor*, NMS9(1-25).USDA.
- Weigel, K.A. & Rekaya, R. (2000). Genetic parameters for reproductive traits of Holstein cattle in California and Minnesota. *Journal of Dairy Science*, 83, 1072.
- Yadeta, W., Habte, D., Kassa, N., Bethel, B. & Fatene, E. (2020). Dairy farm record keeping with emphasis on its importance, methods, types, and status in some countries, *International Journal of Research Studies in Biosciences*, 8 (4), 16-25, DOI: <https://doi.org/10.20431/2349-0365.0804003>.

Breeding Strategies to Increase the Productivity of Dairy Cattle Herd

Tajik Khari, M.¹ and Gholi Zadeh, M.²

Livestock production is recognized as one of the most important sub-sectors of agriculture, whose growth and development depend on the correct implementation of scientific and technical principles. Numerous obstacles hinder the development of the livestock sector, the most critical of which is inadequate productivity. In this context, achieving a precise understanding of the factors that influence productivity enhancement is not merely an objective but an unavoidable necessity for improving the profitability of dairy production units. Genetic improvement of dairy cattle, which aims to increase and enhance the genetic quality of future generations, can play a pivotal role in boosting productivity. With the incorporation of novel traits into breeding programs, such as residual feed intake (RFI), body weight composite (BWC), and others, the focus of researchers has shifted from indiscriminately increasing milk yield toward improving feed efficiency. Given that the primary challenge facing dairy cattle herds is suboptimal productivity, the adoption of advanced breeding tools, such as the establishment of comprehensive information ecosystems, development of economic profit functions and interpretation of costs and revenues, construction and analysis of lactation curves, and simulation of optimized production scenarios using programming languages, can provide substantial contributions to productivity improvement. The present study demonstrates that the application of advanced statistical software to derive farm-specific lactation curves and compare them with standard curves, to estimate breeding values for various traits and rank dairy cows accordingly, to calculate economic selection indices tailored to domestic market and economic conditions and to determine the optimal milk production level through simulation, can significantly enhance economic efficiency.

Key words: Animal science, Economic selection index, Genetic and animal breeding, Lack of productivity, Lactation curve.

1. Corresponding author's Email: mtajik291@gmail.com

2. Ph.D. Student of Agricultural Sciences and Natural Resources University of Sari and Associate Professor of Agricultural Sciences and Natural Resources University of Sari, Sari, respectively.