

*Research Article*

## **The Influence of Climate in Predicting Cow Milk Production Curve with Artificial Neural Network**

**Niloofer Rasti Doost<sup>1</sup>, Nasser Emam Jome<sup>1</sup>, Sonia Zakizadeh<sup>2\*</sup>, Ali Akbar Sadeghi<sup>1</sup>, Reza Azizinnejad<sup>1</sup>**

1- Department of Animal Science, Science and Research Unit, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2- National Animal Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Development Organization, Karaj, Iran

\*Corresponding author: sonia\_zaki@yahoo.com

Received: 2 August 2024

Accepted: 5 September 2024

DOI: 10.60833/ascij.2024.1127970

### **Abstract**

The aim of the current research is to investigate the effect of climate change on the milk production curve and fat percentage and fat percentage and the rate of milk changes of Holstein cows in different climates from seven provinces. For this purpose, 70,000 test day records related to 22,471 Holstein cows were collected during the years 2001 to 2016. Using data from the nearest synoptic station, the climate temperature humidity index was calculated and compared using temperature and relative humidity. Due to the possibility of greater impact of longer periods of heat stress compared to shorter periods, the average of 1, 2 and 3 day were also calculated. In general, the changes caused by different climates were calculated through artificial networking using Neurosolution software. In general, the changes caused by different climates were calculated through artificial networking using Neurosolution software. The goodness of fit was determined using the coefficient of explanation  $r$  and the mean square error of the MSE model. Based on the results, the temperature humidity index (THI) was determined as the best criterion to investigate the climatic conditions of the studied area. Based on the results, the humidity and temperature index was determined as the best criterion to investigate the climatic conditions of the studied area. It has also been observed that the average temperature and relative humidity 2 days before recording can explain a greater share of the changes in production performance than on the day of recording alone. The results of this study showed that increasing the THI value reduced milk production and increased milk fat percentage.

**Keywords:** Milk, Neural network, Milk curve, Climate, Test day.

## تأثیر اقلیم در پیش بینی منحنی تولید شیر گاو با شبکه عصبی مصنوعی

نیلوفر راستی‌دوست<sup>۱</sup>، ناصر امام‌جمعه<sup>۱</sup>، سونیا زکی‌زاده<sup>۲\*</sup>، علی اکبر صادقی<sup>۱</sup>، رضا عزیزی‌نژاد<sup>۱</sup>

۱- گروه علوم دامی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

\*مسئول مکاتبات: sonia\_zaki@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۱۲

DOI: 10.60833/ascij.2024.1127970

## چکیده

هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر تغییرات اقلیم بر منحنی تولید شیر و درصد چربی و میزان تغییرات شیر گاوهای هلشتاین در اقلیم‌های گوناگون از هفت استان می‌باشد. بدین منظور از ۷۰۰۰۰ رکورد روزآزمون مربوط به ۲۲۴۷۱ راس گاو هلشتاین طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵ گردآوری شده بودند استفاده شد. با استفاده از داده‌های نزدیکترین ایستگاه سینوپتیک شاخص رطوبت دما اقلیمی با استفاده از دما و رطوبت نسبی هوا محاسبه و مقایسه شد. بدلیل امکان اثر گذاری بیشتر دوره‌های طولانی تر تنش گرمایی نسبت به دوره‌های کوتاه تر، میانگین اطلاعات هواشناسی دوره‌های ۱، ۲ و ۳ روزه نیز محاسبه شدند. بطور کلی تغییرات ناشی از اقلیم گوناگون از طریق شبکه‌سازی مصنوعی با استفاده از نرم‌افزار نوروسلوشن محاسبه شد. نکویی برازش‌ها با استفاده از آماره‌های ضریب همبستگی  $r$  و میانگین مربعات خطای مدل MSE تعیین شد. بر اساس نتایج با داشتن شاخص رطوبت دما به عنوان بهترین معیار جهت بررسی شرایط اقلیمی منطقه مورد مطالعه تعیین گردید. همچنین مشاهده شد که متوسط دما رطوبت نسبی دو روز قبل از رکوردگیری می‌تواند سهم بیشتری از تغییرات عملکرد تولیدی را نسبت به تنها در روز رکوردگیری توضیح دهد. نتایج این تحقیق نشان داد افزایش مقدار THI باعث کاهش تولید شیر و افزایش درصدچربی شیر می‌شود.

کلمات کلیدی: شیر، شبکه عصبی، منحنی شیر، اقلیم، روز آزمون.

## مقدمه

(۲۶). گاوهای با اوج تولید زیاد نمی‌توانند مواد مغذی مورد نیاز خود در مراحل ابتدایی شیردهی را مصرف نمایند. این امر می‌تواند سبب تعادل منفی انرژی، کاهش راندمان تولید مثل و افزایش حساسیت به بیماری‌ها می‌شود. (۲۰، ۳۳). یکی از عوامل موثر در تغییرات شکل منحنی شیردهی اقلیم محل پرورش گاوها می‌باشد که تغییر مقدار تولید شیر حیوان و در نهایت شکل منحنی شیردهی می‌شود. تغییرات آب و هوایی و گرم شدن کره زمین یک چالش مهم در

تولید شیر منبع اصلی درآمد پرورش‌دهندگان گاو شیری است به عنوان مهم‌ترین صفت اقتصادی مطرح می‌باشد (۹). منحنی تولید شیر تغییرات تولید شیر از شروع تا اوج و دوران پس از اوج می‌باشد. از زمان اوج شیردهی برنامه‌ریزی مدیریت گله‌ها استفاده می‌شود. هر یک از ویژگی‌های منحنی شیردهی تحت تأثیر عوامل ژنتیکی، تغذیه و مدیریت می‌باشد (۲۴). پژوهش‌ها نشان داده اگر اوج شیردهی کم باشد ولی پایداری تولید زیاد باشد مقدار تولید شیر بیشتر است

درجه سانتی‌گراد بر تولید شیر اغلب نژادهای گاو شیری اثری ندارد. در این دامنه حرارتی که به ناحیه آسایش معروف است هیچ فرایند بدنی مستقیماً در حفظ دمای بدن درگیر نیست. شاخص رطوبت دما (THI)، که ترکیبی از دما و رطوبت نسبی است، اغلب برای سنجش استرس گرمایی استفاده می‌شود (۸). در بسیاری از مطالعات خطر کاهش تولید و رفاه حیوانات به دلیل استرس گرمایی در دوره‌هایی با THI بالا را نشان می‌دهد (۱۶). کاهش مصرف خوراک و افزایش مصرف آب افزایش دمای بدن و میزان تنفس از پیامدهای افزایش دمای محیط گاو می‌باشد. نژادهای کوچکتر نسبت به نژادهای بزرگتر در برابر درجه حرارت‌های بالا مقاوم‌تر هستند. همچنین عوامل دیگری مانند رطوبت نسبی ممکن است تاثیر درجه حرارت را تغییر دهد. رطوبت نسبی زیاد تاثیر منفی درجه حرارت‌های بالا را تشدید می‌نماید. در درجه حرارت‌های بالا وزش باد به خنک شدن حیوان کمک می‌کند. تابش مستقیم آفتاب باعث افزایش استرس در درجه حرارت‌های بالا می‌شود. شبکه‌ی عصبی مصنوعی (ANN) یک سیستم پردازش داده است که برای ایجاد آن از ساختار مغز انسان ایده گرفته شده است. در سال‌های اخیر هوش مصنوعی در بخش کشاورزی به طور گسترده استفاده شده است (۱). از این روش برای پردازش اطلاعات و پیش‌بینی داده‌های غیر خطی استفاده می‌شود (۵). ساختار یک شبکه‌ی عصبی می‌تواند یک یا چندلایه باشد. بطور کلی شبکه عصبی مصنوعی دارای سه ساختار آموزش یادگیری و آزمون است (۱۴). پرسپترون تک لایه از ساده‌ترین شبکه‌های عصبی هستند که فقط یک لایه پنهان در آنها وجود دارد و در آن از تابع آستانه‌ای به عنوان تابع فعالیت استفاده شده است (۲). پرسپترون چندلایه با اضافه نمودن یک یا چند لایه پنهان به شبکه‌ی عصبی تک لایه حاصل می‌شود. در این نوع

پرورش گاو شیری می‌باشد لذا تحقیقاتی برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و انتخاب گاوهای نر سازگار با شرایط محیطی گرم و ارتباط تاثیر اقلیم بر منحنی تولید شیر انجام شده است (۱۷، ۳۰). گاو شیری هلشتاین در یک محدوده‌ی مشخص اقلیمی عملکرد مناسب دارد و شرایط آب و هوایی نامساعد سبب می‌شود مقدار تولید حیوان متناسب با ظرفیت ژنتیکی آن نباشد (۲۳). به طور کلی به دلیل اهمیت صفات تولیدی در برنامه‌های انتخاب ژنتیکی، بررسی تولید شیر گاو هلشتاین در شرایط محیطی متفاوت ضروری است. از آنجا که شرایط آب و هوایی در یک فصل در کلیه مناطق کشور یکسان نمی‌باشد، بررسی تاثیر شرایط آب و هوایی بر تغییرات تولید شیر اهمیت دارد. بررسی‌ها نشان داده در شرایط اقلیمی متفاوت، رتبه گاوهای نر ارزش ارثی و ارزیابی‌های ژنتیکی آن‌ها تغییر می‌کند (۱۷). با توجه به پارامترهای هواشناسی انواع طبقه‌بندی اقلیم در جهان وجود دارد. انواع طبقه‌بندی شامل بلر، سوپان، دمارتن و استرالر می‌باشد که در این تحقیق بر حسب ضرورت جداسازی اقلیم‌های ایران بر اساس شاخص‌های هواشناسی از طبقه بندی دمارتن استفاده شد. دومارتن معادله تجربی زیر را برای تعیین نوع اقلیم یک منطقه ارائه داده است. دسته بندی اقلیمی دومارتن بر اساس شاخص خشکی: اقلیم خشک کمتر از ۱۰، نیمه خشک ۱۰-۲۰، اقلیم مدیترانه ای ۲۰-۲۴، اقلیم نیمه مرطوب ۲۴-۲۸، اقلیم مرطوب ۲۸-۳۵ و اقلیم بسیار مرطوب بیش از ۳۵ می‌باشد. بطور کلی دمای محیط عاملی است که می‌تواند تولید شیر را بطور منفی تحت تاثیر قرار دهد این کاهش تولید در حیوانات با شایستگی بالا بیشتر اتفاق می‌افتد (۲۲). عوامل اقلیمی مانند دما و رطوبت تابش خورشید، جریان هوا و اثرات متقابل می‌توانند تولید حیوان را تحت تاثیر خود قرار دهند (۲۹). درجه حرارت‌های بین ۲۴-۴/۴

### مواد و روش‌ها

**جمع‌آوری داده‌های تولیدی:** داده‌های مورد بررسی شامل ۷۰۰۰۰۰ داده روز آزمون شیر ۳۰۵ روز و درصد چربی و اطلاعات شجره از مرکز اصلاح نژاد دام و بهبود تولیدات دامی کشور بود، که فایل دریافتی حاوی اطلاعات شماره ثبت پدر، مادر و کد حیوان، تاریخ تولد، تاریخ زایش، رکوردهای روز آزمون شیر برای گاوهای زایش اول، درصد چربی و پروتئین، شیر، درصد همخونی، تعداد دفعات دوشش و کد استان و گله بود. فاصله هر رکورد ۲۶ تا ۳۵ روز بود. داده‌های حیواناتی که سه روز آزمون داده نداشتند حذف شد. در این پژوهش از داده‌های روزآزمون گاوهای زایش اول استفاده شد که اولین زایش آنها در فاصله سنی ۱۸ تا ۳۵ ماهگی انجام شد و دارای ۱۰ رکورد کامل بودند. خلاصه‌ای از آمار توصیفی وضعیت تولیدی گله‌ها و ایستگاه‌ها در جدول ۱ آورده شده است. پس از ویرایش داده‌های فایل‌ها، از تعداد ۶۲۸۴۶ رکورد روزآزمون مورد استفاده بود که از این داده‌ها، تعداد ۲۲۴۷۱ راس گاو ماده مولد از ۶۳ گله در ۱۹ شهرستان استفاده شد. در جدول ۱ میانگین عملکرد روزانه حیوانات ارائه شده است.

**جمع‌آوری داده‌های هواشناسی:** داده‌های هواشناسی مربوط به هفت استان مورد بررسی شامل گیلان، گلستان، مازندران، خوزستان، کرمان، یزد و قم در فایل‌های جداگانه از سازمان هواشناسی کشور دریافت شد. این اطلاعات شامل میانگین، حداقل و حداکثر دما و همچنین رطوبت طول و عرض جغرافیایی و اسم استان و تاریخ بود. برای بررسی تأثیر اقلیم و آب و هوا بر صفات تولیدی شیر، از اطلاعات ایستگاه‌های سینوپتیک سازمان هواشناسی کشور واقع در نزدیک‌ترین محل به گله‌های مورد مطالعه بودند، طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵ استفاده شد. این اطلاعات شامل نام شهرستان، کد ایستگاه، تاریخ ثبت رکورد

شبکه‌ها امکان برقراری زیاد ارتباطات در داخل شبکه وجود دارد. در واقع هر سلول با کلیه سلول‌های لایه-ی بعد در ارتباط است و شبکه عصبی با آزمون و خطا آموزش داده می‌شود (۳۱). از شبکه عصبی مصنوعی با داشتن چند نورون ورودی می‌توان برای پیش‌بینی تولید شیر دام به منظور مدیریت و انتخاب دام‌ها استفاده نمود. هدف از برازش منحنی شیردهی پیش‌بینی تولید روزانه با حداقل خطا و همچنین شفاف نمودن الگوی تولید شیر در سیستم پرورش حیوانات است (۱۲). اطلاع از مشخصات منحنی شیردهی می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی به کارشناسان کمک کند عوامل بسیاری در تغییرات شکل منحنی شیردهی موثر می‌باشند که از جمله می‌توانیم به تاثیرات اقلیم روی میزان تولید شیر حیوان و در نهایت شکل منحنی شیردهی اشاره کنیم. از عوامل موثر بر تولید شیر شامل گله، سال، سن، فصل، گاو، نژاد، نوبت زایش، جیره غذایی، وضعیت بدنی، سلامتی، استفاده از هورمون‌ها، دفعات دوشش در روز، مقدار شیر قبلی، فراوانی تعداد روزهای غیرآیستن، فصل زایش و دوره خشکی می‌باشند. از شبکه عصبی مصنوعی با داشتن چند نورون ورودی می‌توان برای پیش‌بینی تولید شیر دام به منظور مدیریت و انتخاب دام‌ها استفاده نمود. در یک تحقیق از داده‌های تولید در دو نوبت دوشش ۲۶۴۰ گاو براون سویس از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۹ مشخص شد که پیش‌بینی شیر ۳۰۵ روز از طریق ANN بهتر از مدل رگرسیون خطی MLR از نظر سرعت و دقت برآورد بود (۱۵، ۳۲). هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر تغییرات اقلیم بر منحنی تولید شیر و درصد چربی و میزان تغییرات شیر گاوهای هلشتاین در اقلیم‌های گوناگون از هفت استان می‌باشد.

۵۰-۶۲، ۶۲-۷۱، ۷۱-۸۱ و میانگین شاخص‌های بیش از ۸۱ هستند. دسته بندی داده های THI تحت عنوان پارامتری بنام استرس به فایل داده اضافه شد که شامل ۵ گروه به عنوان متغیر ناپیوسته تعریف شد (۱۹)، (۲۸). توزیع نرمال در سه اقلیم مورد بررسی: برای بررسی میزان پراکندگی تولید شیر در اقلیم مرطوب، نیمه مرطوب و خشک بیابانی با استفاده از فرمول زیر در نرم افزار SPSS مقادیر تولید شیر مورد بررسی قرار گرفت.  $Z = X - \mu / \delta$

**ساخت و آموزش شبکه عصبی مصنوعی:** برای ساخت شبکه عصبی مصنوعی از نسخه ۵ نرم افزار نروسولوشن و شبکه‌های پرسپترون چندلایه استفاده شد. برای تشکیل شبکه عصبی بهینه، انواع مختلف شبکه‌های عصبی با توابع انتقال، قانون یادگیری، تعداد لایه میانی و تعداد نورون‌های لایه میانی ساخته و بر اساس شاخص‌های میانگین مربعات خطای نرمال شده (NMSE) و میانگین قدر مطلق انحرافات (MAE) ارزیابی شدند. در این شبکه از ۶۰ درصد داده‌ها برای آموزش، ۱۵ درصد برای آزمون و ۲۵ درصد برای اعتبارسنجی شبکه استفاده شد. هر نورون در لایه ورودی متناسب با یک متغیر ورودی بود و برای انتخاب ورودی‌ها مناسب از بین داده‌های ورودی تولیدی و هواشناسی و خروجی مدل (منحنی صفات تولیدی)، ۷ سناریوی مختلف در نظر گرفته شد (جدول ۲). در هفت سناریو مختلف در ۱۰۰ تکرار مورد بررسی قرار گرفت.

**شاخص دما-رطوبت (THI):** بعد از محاسبه شاخص THI در روزهای رکوردگیری و در یک و دو روز قبل رکوردگیری، میانگینی از این شاخص در هر سه روز تحت عنوان  $MTHI_{012}$  گرفته شد. این مقدار برای تمام فصول به طور کلی برآورد شده است که نشان می‌دهد میانگین شاخص رطوبت دما در هر سه روز (روز رکورد و ۲ روز قبل) در استان خوزستان

روزانه اطلاعات هواشناسی، رطوبت، دما، طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا بودند. طبقه بندی اقلیمی De Martonne بر مبنای شاخص خشکی (aridity index) طراحی شده است و در آن از دما و بارندگی برای تعیین نوع اقلیم استفاده می‌شود. تلفیق داده‌های تولید شیر و هواشناسی بر اساس کد هر استان و گله انجام شد. سپس بر اساس اطلاعات دما و رطوبت شاخص دما-رطوبت (THI) در روز رکوردگیری شیر، یک روز و دو روز قبل از رکوردگیری و میانگین این روزها ( $MTHI$ ) با استفاده از فرمول THI محاسبه شد. برای تعیین شاخص اقلیمی مناسب برای مناطق مورد بررسی از شاخص ارائه شده توسط شورای ملی استفاده شد. به دلیل امکان تاثیر بیشتر دوره‌های طولانی‌تر تنش گرمایی نسبت به دوره‌های کوتاه‌تر (۱۳)، شاخص‌های مذکور برای روز رکوردگیری  $d_0$  تا ۲ روز قبل از آن محاسبه شد. برای محاسبه شاخص رطوبت-دما از فرمول زیر استفاده شد:

$$THI = (1.8 \times TMAX + 32) - \frac{(0.55 \times 00.0055 \times MRH)(1.8 \times TMAX - 26)}{100}$$

در این فرمول THI شاخص دما-رطوبت، TMAX بیشترین دما و MRH میانگین رطوبت نسبی می‌باشند. در این تحقیق دسته بندی اقلیمی بر اساس طبقه بندی دومارتن انجام شد.  $THI_0$ ،  $THI_1$  و  $THI_2$  به ترتیب شاخص رطوبت دما در روز رکورد، شاخص رطوبت دما یک روز قبل از رکورد و شاخص رطوبت دما دو روز قبل از رکورد، St انحراف معیار،  $MTHI_{01}$  میانگین شاخص رطوبت دما روز رکوردگیری و یک روز قبل از رکورد،  $MTHI_{012}$  میانگین شاخص رطوبت دما روز رکوردگیری و دو روز قبل از رکورد. به منظور بررسی ارتباط بین عملکرد دام با فاکتورهای دما-رطوبت نسبی هوا آثار مستقیم فاکتورهای مذکور به صورت کلاسه‌بندی مشخص شد. بدین منظور کلاسه‌های THI (در ۵ سطح مختلف) کمتر از ۵۰،

**انتخاب سناریوی مناسب:** از حالت‌های مختلف برای انتخاب بهترین سناریو در پیش‌بینی تولید شیر و درصد چربی استفاده شد که در جداول ۲ و ۳ آورده شده است. با بررسی میزان ضریب همبستگی بین صفات با متغیرهای تحت تاثیر آنها توسط  $r$  بررسی شد و بهترین سناریو با کمترین خطا انتخاب شد. بهترین سناریو برای صفت شیر سناریو دو لایه با ۵ پرسپترون در مرحله اولیه و سپس از تابع انتقال تانژانت هایپربولیک خطی و قانون لونیبرگ برای آموزش شبکه استفاده شد. ضریب همبستگی در این سناریو، ۰/۵۲ در تعداد ۱۰۰ نوبت تکرار ضریب همبستگی بدست آمد که بهترین حالت از بین گزینه‌های تست شده بود (جداول ۲ و ۳). همچنین برای پیش‌بینی صفت چربی با بررسی ۷ سناریو ضریب همبستگی ۰/۳۶ انتخاب شد.

بیشترین (اقلیم خشک بیابانی) و در استان گیلان (اقلیم مرطوب) کمترین میانگین بود (جدول ۳). طبق بررسی‌ها اثر اقلیم از دو روز قبل از رکوردگیری می‌تواند روی میزان تولید شیر تاثیر داشته باشد (۱۳). تولید شیر در هر سه اقلیم مورد بررسی نرمال بود (نمودار ۱).

**ساخت شبکه عصبی مصنوعی:** برای ساخت شبکه عصبی مصنوعی از ۵ قانون یادگیری، ۸ تابع انتقال و تعداد ۱۱ شبکه برای تولید شیر و چربی در یک و دو لایه با ۵ نورون در هر لایه استفاده شد. انواع قوانین یادگیری شامل توابع مومنتوم، لونیبرگ مارکوات و گرادایانت و توابع انتقال شامل هایپربولیک آکسون، سیگموئید آکسون، تانژانت خطی آکسون و سیگموئید خطی آکسون بودند. نمونه‌ای از شبکه‌های تشکیل شده برای تولید شیر و چربی در جدول آمده است.

جدول ۱- میانگین عملکرد تولیدی روزانه حیوان

Table 1. Average daily production performance of the animal

| Variable       | Number of records | Maximum | Minimum | Mean  | SD   |
|----------------|-------------------|---------|---------|-------|------|
| Amount of milk | 62846             | 55.13   | 6.32    | 30.73 | 8.13 |
| Fat percentage | 62846             | 5.83    | 0.55    | 1.96  | 1.69 |

جدول ۲- مقایسه عملکرد انواع سناریوها برای تولید شیر

Table 2. Performance comparison of different scenarios for milk production

| Scenarios | MAE  | Final MSE Cross validation | MSE   | NMSE | r    |
|-----------|------|----------------------------|-------|------|------|
| S1        | 5.23 | 0.01                       | 44.81 | 0.67 | 0.57 |
| S2        | 5.34 | 0.006                      | 47.13 | 0.71 | 0.53 |
| S3        | 5.53 | 0.006                      | 47.15 | 0.71 | 0.53 |
| S4        | 5.25 | 0.005                      | 45.27 | 0.68 | 0.55 |
| S5        | 5.19 | 0.005                      | 44.59 | 0.66 | 0.57 |
| S6        | 5.35 | 0.006                      | 47.39 | 0.71 | 0.53 |
| S7        | 5.20 | 0.005                      | 45.20 | 0.68 | 0.56 |

جدول ۳- مقایسه عملکرد انواع سناریوها برای تولید چربی

Table 3. Performance comparison of different scenarios for fat production

| Scenarios | MAE  | Final MSE Cross validation | MSE  | NMSE | r    |
|-----------|------|----------------------------|------|------|------|
| S1        | 0.49 | 0.01                       | 0.37 | 0.91 | 0.29 |
| S2        | 0.48 | 0.01                       | 0.37 | 0.90 | 0.30 |
| S3        | 0.50 | 0.01                       | 0.38 | 0.93 | 0.25 |
| S4        | 0.47 | 0.01                       | 0.36 | 0.87 | 0.35 |
| S5        | 0.47 | 0.01                       | 0.35 | 0.86 | 0.36 |
| S6        | 0.49 | 0.01                       | 0.37 | 0.90 | 0.30 |
| S7        | 0.49 | 0.01                       | 0.37 | 0.92 | 0.27 |

## نتایج

یکنواخت بوده است و نواسانات چشمگیری نداشته است (شکل ۱).

**پیش‌بینی تولید شیر و چربی:** به منظور بررسی میزان شیر و درصد چربی تولیدی واقعی با میزان پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی مصنوعی، نمودار آنها ترسیم شد (جدول ۶). همانطور که در نمودارهای ۳ و ۴ مشاهده می‌شود، پیش‌بینی تولید شیر در این روش به میزان تولید شیر واقعی بسیار نزدیک است.

**اثر اقلیم تولید شیر و چربی پیش‌بینی شده بر اساس سطوح استرس:** نمودار ۵ و جدول ۷ نشان دهنده تغییرات مقدار تولید شیر واقعی و پیش‌بینی شده در سه اقلیم بر اساس سطح استرس که به ۵ سطح مختلف تقسیم شده است می‌باشد نمودار نشان می‌دهد تولید شیر در سطح ۳ و ۴ دارای بیشترین مقدار و ثابت است و دمای سطح ۳ شامل شاخص THI بین ۶۲ تا ۷۱ و همچنین سطح ۴ شامل شاخص بین ۷۲ تا ۸۱ می‌باشد. همچنین شاخص بیشتر از ۷۲ که نیمه سطح ۴ را نشان می‌دهد منحنی در حال افت است تا سطح ۵ که شاخص THI بیشتر از ۸۱ را دارد منحنی بصورت نزولی است و میانگین تولید از ۳۱ کیلوگرم در روز به ۲۸ کیلوگرم در روز کاهش یافته است. در نمودار ۶، تولید بر اساس سطوح استرس و تاثیر افزایش شاخص دما-رطوبت بر کاهش تولید شیر کاملاً مشخص است. در هنگامی که شاخص رطوبت-دمای محیط بیشتر از ۷۲ می‌شود و از حد آستانه حیوان می‌گذرد انرژی حیوان به جای تولید شیر صرف نگهداری می‌شود و بجای مصرف انرژی برای تولید شیر صرف متعادل کردن شرایط در گرما و رطوبت بالا می‌شود. همانطور که انتظار می‌رود و در نمودار ۶ نشان داده شده درصد چربی شیر با توجه به افزایش شاخص THI در حال کاهش می‌باشد.

**تغییرات شاخص دما و رطوبت در سه اقلیم:** در اقلیم مرطوب (رنگ آبی) میانگین شاخص THI ۶۶/۱۹ بوده در سال ۱۳۸۰ که شاخص رطوبت دما در محدوده ۷۲ بوده و مطلوب بوده است و تا سال ۱۳۸۲ روند کاهشی داشته است از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۷ با کمی تغییرات بین محدوده ۶۹ تا ۷۰ بوده و پایین‌ترین مقدار THI در منطقه مرطوب مربوط به سال ۱۳۸۸ با عدد ۵۵ بود که ممکن است به دلیل افزایش گرما در آن استان باشد این تغییرات تا ۳ سال ادامه دار بود و هر سال از نزدیک به ۵۵ تا ۷۰ متغیر بود. از سال ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۲ THI تقریباً ثابت بود. بطور کله روند تغییرات مقدار THI در منطقه مرطوب طی ۱۵ سال کاهشی بوده است. میانگین شاخص THI در اقلیم نیمه مرطوب (قرمز) ۷۱/۲۸ بوده این اقلیم طی ۱۵ سال دارای نواسانات کمتری از اقلیم مرطوب بوده و یک روند افزایشی داشته است که نشان می‌دهد افزایش هر یک از شاخص‌های دما یا رطوبت در مناطق نیمه مرطوب باعث بیشتر شدن شاخص THI شده است. از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۳ روند تغییرات تقریباً شبیه منطقه مرطوب است اما از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۱ تغییرات بسیار جزئی بوده است و نشان می‌دهد تغییرات دما و رطوبت احتمالاً زیاد نبود و شاخص THI را ثابت نگه داشته است. کمترین مقدار THI مربوط به سال ۱۳۸۴ با ۶۵/۹۰ واحد و بیشترین آن مربوط به سال ۱۳۹۳ با ۷۶/۱۲ واحد بوده است. همچنین تغییرات شاخص رطوبت-دما در اقلیم خشک بیابانی (سبز) با میانگین THI ۷۱/۸۵ در طی ۱۵ سال روند افزایشی داشته است و در سال ۱۳۹۵ به بالاترین حد خود یعنی ۷۸/۲۱ رسیده است بررسی ۱۵ سال تغییرات THI در اقلیم گرم و خشک تقریباً

جدول ۴- سناریوهای آزمون شده برای انتخاب شبکه عصبی مصنوعی

Table 4. Tested scenarios for selecting artificial neural network

| Scenarios | Network input parameters for milk and fat production traits |
|-----------|---|
| 1         | TEST, ST, CY, AGECE, REC, HID, STRESS                       |
| 2         | DIM, ST, CY, AGECE, REC, HID, SRESS                         |
| 3         | TEST, ST, CY, AGECE, REC, SID, STRESS                       |
| 4         | TEST, ST, CY, AGECE, REC, CID, STRESS                       |
| 5         | TEST, ST, CY, AGECE, REC, HID, CID, STRESS                  |
| 6         | DIM, ST, Cy, AGECE, REC, HID, MTHI                          |
| 7         | TEST, ST, CY, AGECE, REC, HID, MTHI                         |

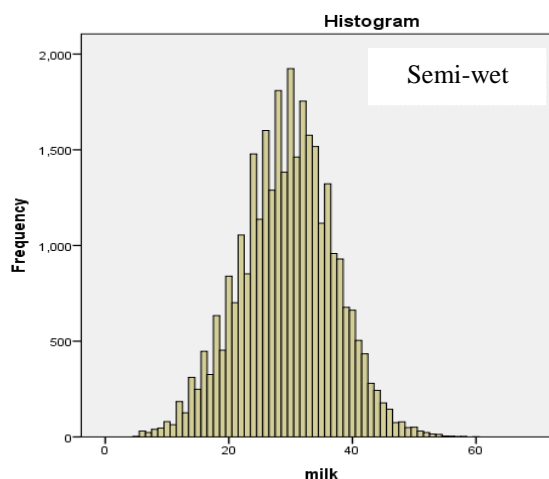
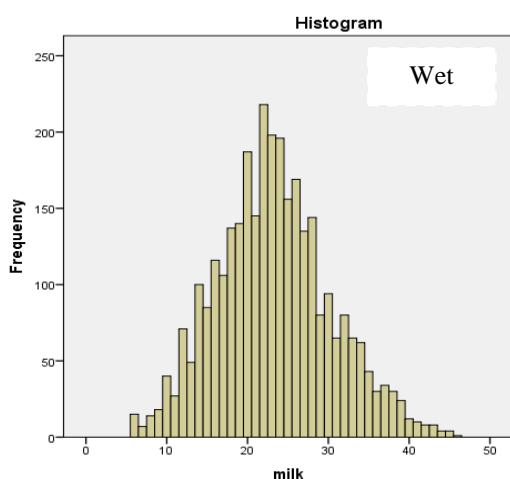
پارامترهای مدل‌ها شامل نوبت رکورد (TEST) و فصل رکورد (ST)، سال زایش (CY)، سن زایش (AGECE)، نوبت رکورد (DIM)، اثر استان (CID)، گله (HID) و نوبت رکورد (REC) و اثر شاخص رطوبت-دما یا سطح استرس (STERSS)

The parameters of the models include record turn (TEST) and record season (ST), calving year (CY), calving age (AGECE), record turn (DIM), province effect (CID), herd (HID) and record turn (REC), and the effect of humidity-temperature index or stress level (STERSS)

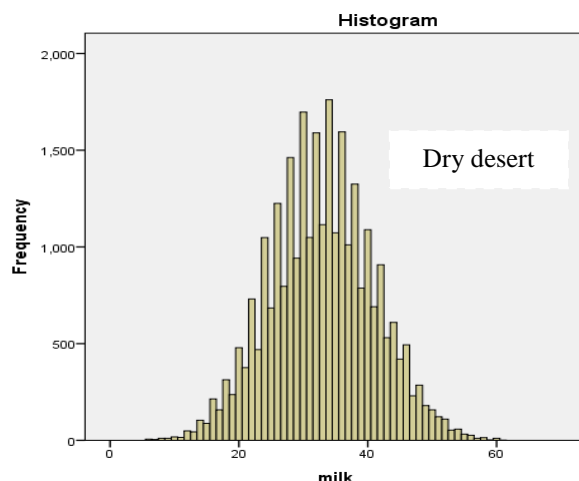
جدول ۵- میانگین THI در روزهای رکوردگیری در اقلیم‌های مورد بررسی

Table 5. The average THI on record days in the investigated climates

| Climate    | Province   | THI0  | THI1  | THI2  | MTHI01 | MTHI02 |
|------------|------------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Wet        | Gilan      | 68.99 | 67.97 | 68.41 | 68.48  | 68.46  |
| Semi-wet   | Golestan   | 70.98 | 71.03 | 71.43 | 71     | 71.15  |
|            | Mazandaran | 70.86 | 71.16 | 71.01 | 71.01  | 71.01  |
| Dry desert | Khuzestan  | 75.22 | 75.16 | 75.36 | 75.19  | 75.24  |
|            | Kerman     | 71.86 | 71.88 | 71.81 | 71.87  | 71.85  |
|            | Yazd       | 70.85 | 70.56 | 70.62 | 70.71  | 70.68  |
|            | Qom        | 70.79 | 71.29 | 70.80 | 71.04  | 70.96  |







نمودار ۱- پراکندگی تولید شیر در سه اقلیم

Fig 1. Distribution of milk production in three climates

جدول ۶- ساخت شبکه عصبی مصنوعی اولیه برای متغیر مقدار شیر و درصد چربی

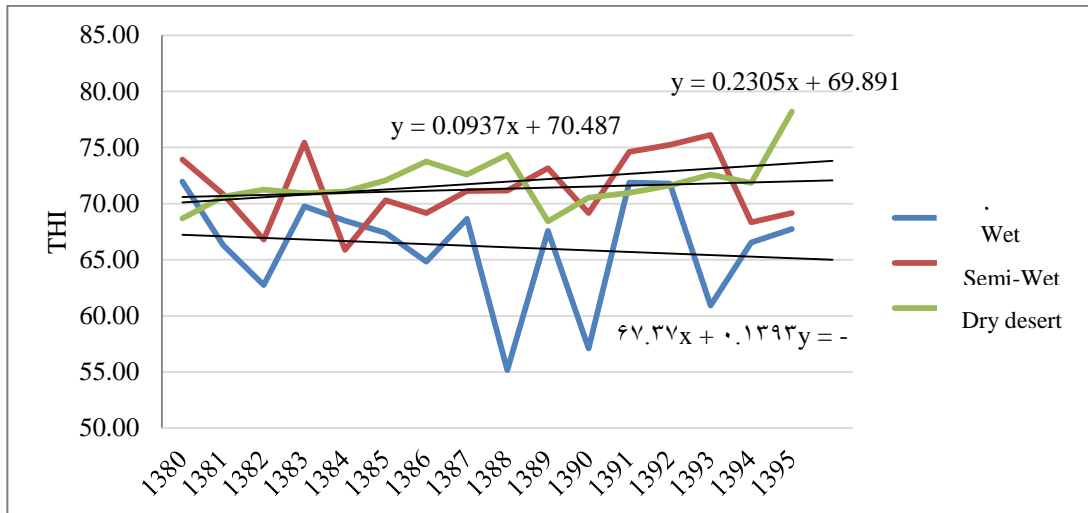
Table 6. Construction of the initial artificial neural network for the variable amount of milk and fat percentage

| Milk  |            |                           |                     |      |          |      |
|-------|------------|---------------------------|---------------------|------|----------|------|
| Layer | Perceptron | Transfer function         | Law of learning     | r    | MSE TEST | MAE  |
| 1     | 5          | Sigmoid                   | Levenberg–Marquardt | 0.53 | 46.64    | 5.31 |
|       |            | Linear hyperbolic tangent | Levenberg–Marquardt | 0.51 | 48.34    | 5.42 |
|       |            | Linear axon               | Levenberg–Marquardt | 0.43 | 54.22    | 5.78 |
|       |            | Axon                      | Levenberg–Marquardt | 0.42 | 54.52    | 5.79 |
|       |            | Hyperbolic tangent        | Levenberg–Marquardt | 0.52 | 48.5     | 5.40 |
| 2     | 5-5        | Linear hyperbolic tangent | Momentum            | 0.43 | 53.81    | 5.80 |
|       |            | Sigmoid                   | Lüneberg            | 0.52 | 47.50    | 5.37 |
| Fat   |            |                           |                     |      |          |      |
| Layer | Perceptron | Transfer function         | Law of learning     | r    | MSE TEST | MAE  |
| 1     | 5          | Hyperbolic tangent        | Momentum            | 0.15 | 0.97     | 0.61 |
|       |            | Sigmoid                   | Levenberg–Marquardt | 0.25 | 0.62     | 0.59 |
|       |            | Hyperbolic tangent        | Levenberg–Marquardt | 0.27 | 0.61     | 0.59 |
| 2     | 5-5        | Sigmoid                   | Levenberg–Marquardt | 0.31 | 0.01     |      |

جدول ۷- اثر اقلیم بر منحنی تولید شیر پیش بینی شده بر اساس سطوح استرس

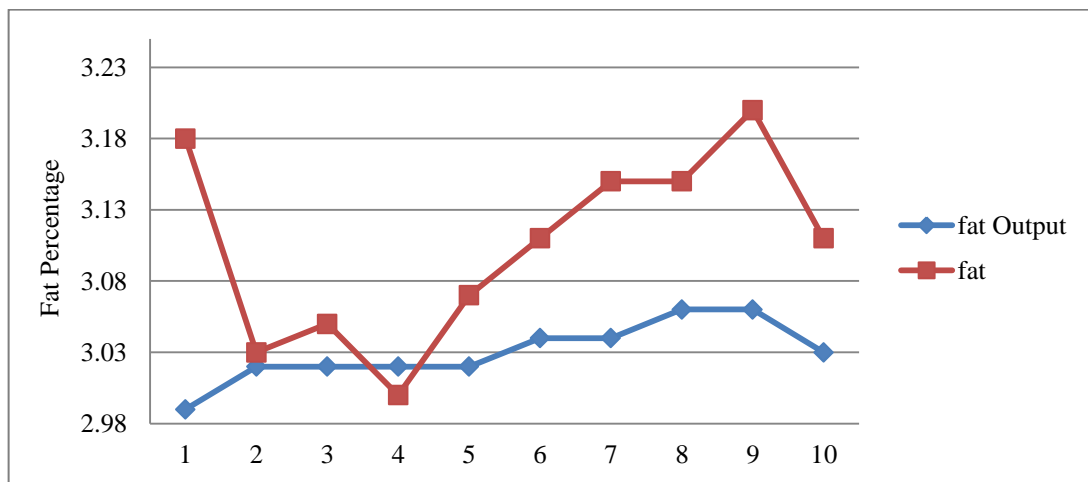
Table 7. The effect of climate on the predicted milk production curve based on stress levels

| Stress levels | Milk  | Milk Output | Fat  | Fat Output |
|---------------|-------|-------------|------|------------|
| 1             | 30.77 | 30.08       | 3.18 | 3.07       |
| 2             | 30.94 | 30.91       | 3.16 | 3.05       |
| 3             | 31.65 | 31.4        | 3.10 | 3.03       |
| 4             | 31.54 | 31.43       | 3.08 | 3.02       |
| 5             | 29.04 | 29.11       | 3.09 | 3.03       |



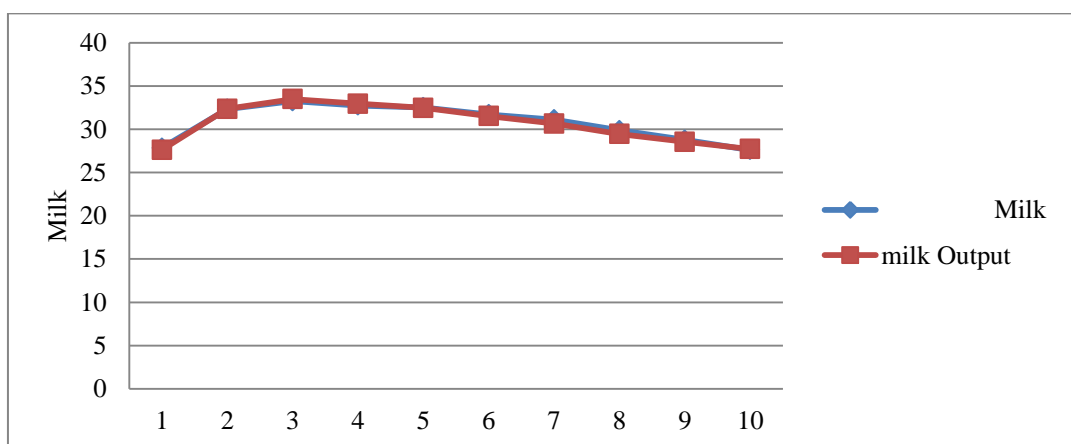
نمودار ۲- روند تغییرات شاخص رطوبت-دما در سه اقلیم از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵

Fig 2. The trend of humidity-temperature index changes in three climates from 2001 to 2016



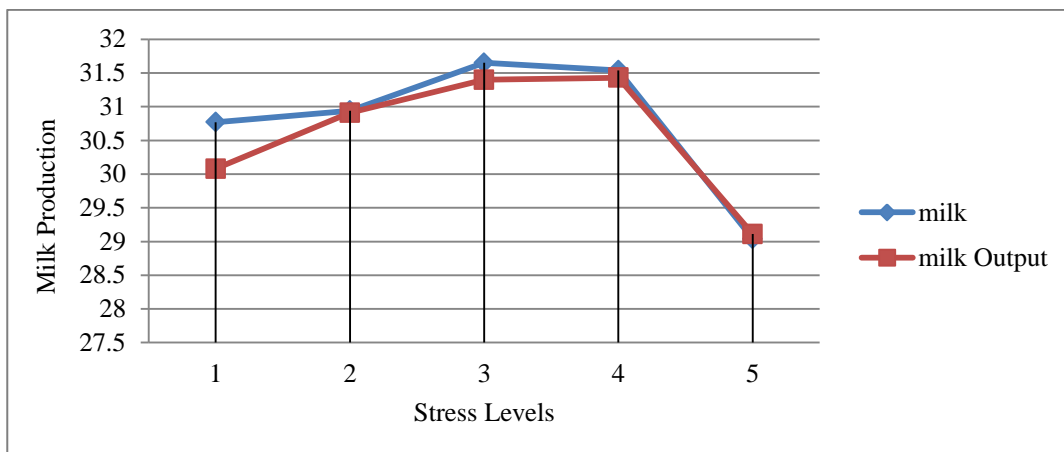
نمودار ۳- پیش بینی منحنی تولید چربی واقعی بر اساس رکورد روزانه

Fig 3. Prediction of real fat production curve based on daily record



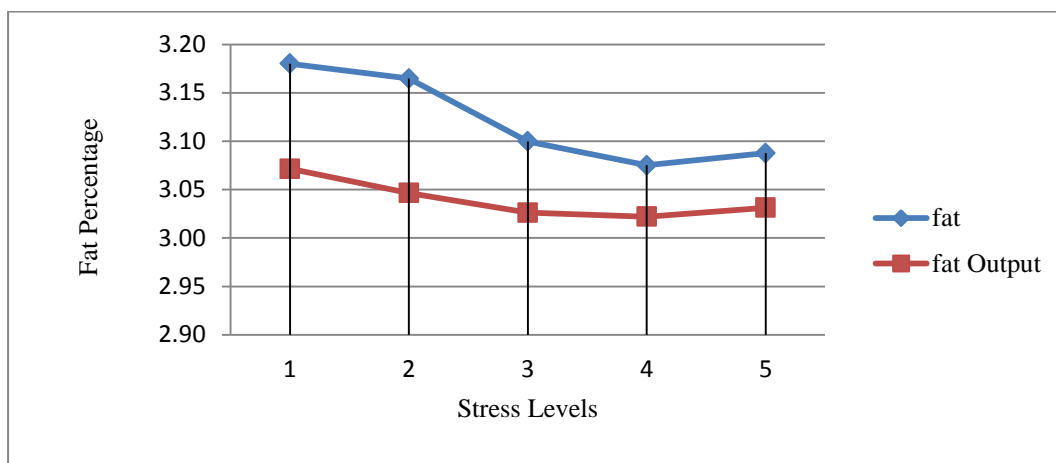
نمودار ۴- منحنی شیر پیش‌بینی شده و واقعی بر اساس رکورد روزانه

Fig 4. Predicted and actual milk curve based on the daily record



نمودار ۵- منحنی تولید شیرپیش بینی شده بر اساس سطوح استرس

Fig 5. Predicted milk production curve based on stress levels



نمودار ۶- منحنی تولید چربی پیش بینی شده بر اساس سطوح استرس

Figure 6. Predicted fat production curve based on stress levels

## بحث

مکانیسم سازگاری با این شرایط منجر به افزایش انرژی نگهداری می‌شود. بدین ترتیب، کارایی استفاده از انرژی برای تولید شیر کاهش می‌یابد و به همراه کاهش مصرف خوراک و تغییرات هورمونی باعث افت تولید شیر می‌شود (۱۴). با بررسی اثرات دما و رطوبت محیط طی فصول گرم و معتدل بر گاوهای شیری مشاهده شد که درصد رطوبت هوا عاملی است که باعث شدت بخشیدن اثرات استرس گرمایی بر گاوهای شیری می‌شود. بررسی‌های انجام شده روی شاخص‌های متفاوت تنش گرمایی گاوهای شیرده

نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد دما و رطوبت در طی سال‌های گذشته تا کنون در مناطق مورد بررسی در حال افزایش بوده است. تنش گرمایی تاثیر منفی بر کازئین شیر (کازئین آلفا و بتا) نیز دارد محتوای پایین کازئین‌ها در فصل تابستان باعث افزایش PH شیر و کاهش فسفر می‌شود (۲۵). در گاوهای شیری در شرایط تنش گرمایی مصرف ماده خشک کاهش یافته که این موضوع سبب افت تولید شیر می‌شود و دلیل آن تغییر دمای بدن و تغییر غلظت هورمون‌های پلاسمایی می‌باشد. در گاوهای تحت تنش گرمایی

حرارتی باشد و ۵۰ درصد دیگر به دلیل نوسانات هورمون لاکتوژن تحت تاثیر گرما بستگی داشته باشد (۲۱). گاو‌ی که در معرض تنش گرمایی قرار گرفته است شیر و آغوزی با درصد چربی و پروتئین کمتری تولید می‌کند (۲۷). چربی شیر و پروتئین و مواد جامد بدون چربی در فصل تابستان در گاوهای شیرده کمتر است (۱۸). علاوه بر این شیر حیواناتی که در معرض تنش گرمایی قرار گرفته‌اند دارای مقدار کلسیم، فسفات و منیزیم شیر حیوانات در معرض تنش گرما کمتر و کلرید آن بیشتر است (۴).

### نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج پژوهش حاضر شاخص THI با داشتن رطوبت و دمای نسبی هوا به عنوان معیار مناسبی جهت بررسی شرایط اقلیمی منطقه مورد مطالعه تعیید گردید. همچنین مشاهده شد که متوسط دما و رطوبت نسبی ۲ روز قبل از رکوردگیری می‌تواند سهم بیشتری از تغییرات عملکردی تولیدی را نسبت به تنها روز رکوردگیری توضیح دهد. بطور کلی نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که آستانه شروع تنش گرمایی گاوهای هلشتاین از سطح ۴ شروع می‌شود یعنی ۷۲-۸۱ و سطح ۵ بیش از ۸۱ واحد حیوان دچار تنش حرارتی می‌شود. در اقلیم‌هایی که دام در معرض تنش حرارتی است و بر تولید تاثیر می‌گذارد. در اقلیم‌های مورد بررسی به ترتیب مرطوب، نیمه‌مرطوب، خشک بیابانی به ازای هر واحد افزایش شاخص از آستانه مذکور افت تولید مورد انتظار خواهد بود. با توجه به پایین بودن سطح تولید دام‌ها در شرایط تنش حرارتی می‌بایست برای شرایط مدیریتی تصحیح انجام شود و شرایط مدیریتی نادرست را تصحیح یا شرایط محیطی نامطلوب را از طریق برنامه‌های اصلاح نژادی کنترل کرد.

نشان داده که میزان دما و رطوبت نسبی هوا به ترتیب فاکتورهای تعیین سازگاری شاخص در محیط با شرایط اقلیمی گرم یا مرطوب بوده (۶) و کمپلکس آنها منجر به بهبود نتایج شاخص اقلیمی خواهد شد (۱۰). عدم تطابق پذیری مناسب دام‌ها با شرایط اقلیمی منطقه، عدم مدیریت استفاده از سیستم‌های خنک‌کننده و نامناسب بودن بستر دام‌ها می‌تواند بالا بودن آستانه احتمال وقوع تنش گرمایی را تا حدودی توجیه کند. از طرف دیگر به دلیل وجود رابطه مستقیم بین تولید و مقدار حرارت متابولیکی ناشی از حجم خوراک مصرفی (۲۲) همانطور که دام‌های پر تولید نسبت به تنش گرمایی مقاومت کمتری دارند (۳۴) انتظار می‌رود که دام‌های کم تولید هم به سرمای محیط حساس‌تر باشند. حدود نیمی از کاهش بازده شیر می‌تواند به دلیل کاهش جذب مواد مغذی در مدت تنش گرمایی و نیمه دیگر به دلیل نوسانات هورمون لاکتوژن می‌باشد (۲۱). حیوانی که پس از زایش در معرض تنش گرمایی باشد، مقدار آغوز با درصد چربی و پروتئین کمتری برای گوساله تولید می‌کند (۲۷). در فصل تابستان چربی، پروتئین، مواد جامد بدون چربی و درصد کل مواد جامد در گاوهای شیرده کمتر بوده است (۷). همچنین در تنش حرارتی درصد لاکتوز و اسیدیته شیر کاهش یافته که سطح اسید پانتوتینیک و نقطه انجماد شیر را پایین می‌آورد. علاوه بر این در شرایط تنش نسبت اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه و متوسط کم شده در حالی که اسیدهای چرب بلند در شیر بیشتر می‌شوند (۴). این تغییرات در زنجیره اسید چرب می‌تواند موجب کاهش ترکیب اسیدهای چرب آزاد در غدد پستانی شود. زیاد بودن دما و رطوبت سبب کاهش مصرف غذا و کاهش تولید (۱۱) و کیفیت شیر (۳) می‌شود. در گاوهای شیری حدود ۵۰ درصد از کاهش بازده شیر می‌تواند به دلیل کاهش جذب غذا در مدت تنش

11. Dunn R.J.H., Mead N.E., Willett K.M., Parker D.E. 2014. ANALYSI of heat stress in UK dairy cattle and impact on milk yields. *Environmental Research Letters*, 9(6):064006.

12. Fernandez C., Soria E., Marti'n J.D., Serrano A.J. 2006. Neural networks for animal science applications: Two case studies. *Expert Systems with Applications*, 31:444-450.

13. Finocchiaro R., van Kaam J., Portolano B., Misztal I., 2005. Effect of heat stress on production of mediterranean dairy sheep. *Journal of Dairy Science*, 88:1855-1864.

14. Graves A., Liwicki M., Fernandez S., Bertolami R., Bunke H., Schmidhuber J. 2009. A novel connectionist system for improved unconstrained handwriting recognition. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 31(5):855-868.

15. Grzesiak W., Błazczyk P., Lacroix R. 2006. Methods of predicting milk yield in dairy cows predictive capabilities of wood's lactation curve and artificial neural networks (ANNs). *Computers and Electronics in Agriculture*, 54:69-83.

16. Hahn G., Gaughan J., Mader T., Eigenberg R. 2009. Thermal indices and their applications for livestock environments. In: A. De Shazer (ed), *Livestock energetics and thermal environmental management*. American Society of Agricultural and Biology, Michigan, USA, P: 113-130.

17. Hammami H., Rekik H., Soyeurt C., Bastin N., 2008. Genotype × environment interaction for milk yield in Holsteins using Luxembourg and Tunisian populations. *Journal of Dairy Science*, 91:3661-3671.

18. Ince D., Sofu A., 2013. Estimation of lactation milk yield of Awassi sheep with Artificial Neural Network modeling. *Small Ruminant Research*, 113:15-19.

19. Esmailkhanian S., Kheirabadi K. 2019. Investigating the effects of heat stress on the production performance of Hastein cows of Gawdasht research station. *Animal*

## منابع

1. Arbib M.A. 2003. The handbook of brain theory and neural networks. MIT Press, Cambridge, MA.

2. Bauer E.A. 2022. Progressive trends on the application of artificial neural networks in animal sciences -A review. *Veterinarni Medicina*, 67(05):219-230.

3. Bernabucci U., Calamari L. 1998. Effect of heat stress on bovine milk yield and composition. *Zootec Nutrition in Animals*, 24:247-257.

4. Bernabucci U., Basirico L., Morera P. 2013. Impact of hot enviroment on colostum and milk composition. *Cellular and Molecular Biology*, 59(1):67-83.

5. Bochereau L., Bourguine P., Palagos B. 1992. Method for prediction by combining data analysis and neural networks: application to prediction of apple quality using near infrared spectra. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 51:207-216.

6. Bohmanova J., Misztal I., Cole J. 2007. Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. *Journal of Dairy Science*, 90:1947-1956.

7. Bouraoui R., Lahmar M., Majdoub A., Djemali M., Belyea R. 2002. THE relationship of temperature humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate. *Animal Research*, 51:479-491.

8. Dash S., Chakravarty A.K., Singh A., Upadhyay A., Singh M., Yousuf S., 2016. Effect of heat stress on reproductive performances of dairy cattle and buffaloes: A review. *Veterinary World*, 9:235-244.

9. Dekkers J., Jamrozik J., Ten Hag J., Schaeffer L., Weersink A. 1996. Genetic and economic evaluation of persistency in dairy cattle. *Interbull Bulletin*, 12:97-102.

10. Dikmen S., Hansen J. 2009. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? *Journal of Dairy Science*, 92:109-116.

- from dairy heifers exposed to high air temperatures during late pregnancy and the early postpartum period. *Journal of Dairy Science*, 80:838-844.
28. Nobari K., Baneh H., Esmaeilkhani S., Yussefi K., Samiei R. 2019. Comparison of linear model and artificial neural network to prediction of milk yield using first recorded parity. *Journal of Ruminant Research*, 6(4):89-100.
29. Pollott G. 2000. A biological approach to lactation curve analysis for milk yield. *Journal of Dairy Science*, 83:2448-2458.
30. Ravagnolo O., Misztal I., Hoogenboom G., 2000. Genetic component of heat stress in dairy cattle, development of heat index function. *Journal of Dairy Science*, 83:2120-2125.
31. Savegnago R.P., Nunes B.N., Caetano S.L., Ferraudo A.S., Schmidt G.S., Ledur M.C., Munari D.P. 2011. Comparison of logistic and neural network models to fit to the egg production curve of white leghorn hens. *Poultry Science*, 90(3):705-711.
32. Sharma A., Sharma R.K., Kasana H.S. 2006. Empirical comparisons of feed-forward connectionist and conventional regression models for prediction of first lactation 305-day milk yield in Karan Fries dairy cows. *Neural Computing and Applications*, 15:359-365.
33. Swalve H. 2000. Theoretical basis and computational methods for different test day genetics evaluation methods. *Journal of Dairy Science*, 83:1115-1124.
34. West J.W. 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 86(6):2131-44.
- Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, 32(123):259-270.
20. Jakobsen J., Madsen P., Jensen J., Peersen J., Cristiensen L.G., Sorensen D.A., 2002. Genetic parameters for milk production and persistency for Danish Holsteins estimated in random regression models using REML. *Journal of Dairy Science*, 85:1607-1616.
21. Johnson H.D. 1987. Part 2, chapter3: bioclimate effects on growth, reproduction and milk production. In bioclimatology and the adaptation of livestock. Elsevier, Amsterdam.
22. Kadzere C.T., Murphy M.R., Silanikove N., Maltz E. 2002. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science*, 77:59-91.
23. Koc A. 2008. A study of somatic cell counts in the milk of Holstein-Friesian. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 32(1):13-18.
24. Koonawootrittrion S., Elzo S., Sintala W. 2001. Lactation curves and prediction of daily and accumulated milk yield in a multibreed dairy herd in Thailand using all daily records. [animal.ifas.ufl.edu/elzo/publications/refereed/docs/2001\\_2\\_koonawootrittrion.pdf](http://animal.ifas.ufl.edu/elzo/publications/refereed/docs/2001_2_koonawootrittrion.pdf)
25. Kume S., Takahashi S., Kurihara M., Aii T. 1990. The effects of a hot environment on the major mineral content in milk. *Japanese Journal of Zootechnical Science*, 1990:199-207
26. Mahadevan P. 1951. The effect of environment and heredity on lactation. Persistency of lactation. *The Journal of Agricultural Science*, 41(1-2):80-88.
27. Nardon A., Lacetera N., Bernabucci U., Ronchi B. 1997. Composition of colostrum