Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Ruminant Research

Print ISSN: 2345 - 4261
Online ISSN: 2345 - 4253

Application of artificial neural networks to predict milk production in Holstein cows

Rashid Safari[1*], Mohammadreza Sheikhlou[2], Mohammad Esmaeilpour[3], Hamed Jafarzadeh[4], Atefeh Sheikhali Pour[5]

[1]Assistant Professor, Department of Animal Sciences, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Ahar, Iran, Email: rashid.safari@gmail.com
[2] Associated Professor, Department of Animal Sciences, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Ahar, Iran, Email: mrsheikhlou@gmail.com
[3] Assistant Professor, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Ahar, Iran, Email: m.esmaeilpour@tabrizu.ac.ir
[4] Assistant Professor, Department of Animal Sciences, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Ahar, Iran, Email: jafarzadeh.hamed@yahoo.com
[5] M.Sc. of Animal Science, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Ahar, Iran, Email: Tanrim@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 10/22/2023
Revised: 12/24/2023
Accepted: 01/17/2024

Keywords:
Artificial neural network
Holstein cows
Milk production prediction

ABSTRACT

Background and Objectives: In this study artificial neural network (ANN) used to predict milk test day records at 4th, 5th, 10th months of lactation duration and 305-day milk yield in Holstein dairy cows.

Materials and Methods: Primary data source was consisting of 274025 milk production records of 7201 primiparuse to fourth birth Holstein cows, from two herd. Final source of data obtained from milk production records was consist of 87980 monthly milk test day records in 8798 rows which each row contains number of animal, herd, age, lactation, month of production, first to tenth monthly milk production records and 305-day milk yield. From the total of data, 50% was considered for neural network training, 20% for validation and 30% for testing. A multilayer perceptron (MLP) network with back propagation of error learning mechanism (BP) was used through different artificial neural network (ANN) structures to predict milk production. In order to optimize artificial neural network (ANN) structure three activation functions (hyperbolic tangent axon, sigmoid axon or linear hyperbolic tangent axon) and three back propagation algorithms viz. momentum, conjugate gradient (CG) and Leven-berg–Marquardt (LM) Training algorithms used in the hidden layer as well as in the output layer. Coefficient of determination, root of mean square error and mean absolute error were used to compare algorithms.

Results: In prediction of milk production of 4th and 5th monthly test day records, LM algorithm with sigmoid axon activation functions and LM Training algorithm, with hyperbolic tangent Axon functions had the best performance between network structures respectively. In these net work structures R^2 were highest (0.725 and 0.642 respectively), RMSEs were lowest (4.785 and 5.345 respectively) and MAEs were lowest (3.715and 4.057 respectively). In prediction of 10th monthly test day milk production through three or four monthly test day

records, obtained from the same lactation period, none of the structures had ability to predict milk production successfully. In prediction of 305-day milk yield, LM algorithm and hyperbolic tangent activation function had the best prediction through 3 test day records and R^2, RMSE and MAE as performance criteria were 0.799, 984.14 and 790.21 respectively. Also the same structure of the network had the best performance to predict 305-day milk yield through four or five initial test day records and performance criteria, Coefficient of determination, root of mean square error and mean absolute error were 0.856, 850.98 and 653.33 respectively, in ANN with four test day record as input variables and 0.904, 706.59 and 548.69 respectively, in ANN with five test day record as input variables, respectively.

Conclusion: The artificial neural network designed in this study was able to predict the milk production of animals in the fourth month of lactation with a correlation coefficient of 0.84. On the other hand, the designed neural network was able to predict the total milk production of the animal in a lactation period of 305 days with appropriate accuracy. So that the correlation coefficients in using the first three, four and five monthly records of livestock for prediction were 0.89, 0.92 and 0.95 respectively.

Cite this article: Safari, R., Sheikhlou, M.R., Esmaeilpour, M., Jafarzadeh, H., Sheikhali Pour, A. (2024). Application of artificial neural networks to predict milk production in Holstein cows. *Journal of Ruminant Research*, 12(2), 111-128.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/ejrr.2024.21843.1921

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

پژوهش در نشخوارکنندگان
شاپا چاپی: ۴۲۶۱-۲۳۴۵
شاپا الکترونیکی: ۴۲۵۳-۲۳۴۵

پیش‌بینی تولید شیر گاو هلشتاین با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی

رشید صفری[1*]، محمدرضا شیخلو[2]، محمد اسماعیل‌پور[3]، حامد جعفرزاده[4]، عاطفه شیخعلی‌پور[5]

[1] استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، رایانامه: rashid.safari@gmail.com
[2] دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، رایانامه: mrsheikhlou@gmail.com
[3] استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، رایانامه: m.esmaeilpour@tabrizu.ac.ir
[4] استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، رایانامه: jafarzadeh.hamed@yahoo.com
[5] دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، رایانامه: tanrim@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۷/۳۰
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۱۰/۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۲۷

واژه‌های کلیدی:
شبکه عصبی مصنوعی
پیش‌بینی تولید شیر
گاو هلشتاین

چکیده

سابقه و هدف: در این تحقیق، از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی تولید شیر گاو هلشتاین در ماه‌های چهارم، پنجم، دهم و کل تولید شیر در یک دوره‌ی شیردهی ۳۰۵ روز استفاده شد.

مواد و روش‌ها: پایگاه اولیه‌ی داده‌ها شامل ۲۷۴۰۲۵ رکورد تولید شیر حاصل از ۷۲۰۱ رأس گاو هلشتاین یک تا چهار شکم زایش از دو گله‌ی پرورشی بود. پس از ویرایش داده‌های تولیدی، در نهایت از ۸۷۹۸۰ رکورد تولید شیر ماهانه در قالب ۸۷۹۸ ردیف داده که هر ردیف شامل گله، سن، شکم، ماه تولید، رکورد تولید شیر اول ماهانه‌ی دام تا رکورد تولید شیر ماه دهم دام و تولید کل دام در یک دوره شیردهی ۳۰۵ روز بود به‌عنوان مخزن نهایی داده‌ها مورداستفاده قرار گرفت. از مجموع این داده‌ها، ۵۰٪ برای آموزش شبکه، ۲۰٪ برای اعتبارسنجی و ۳۰٪ نیز برای آزمون شبکه عصبی مصنوعی در نظر گرفته شد. برای پیش‌بینی تولید شیر از ساختارهای گوناگون شبکه‌های عصبی مصنوعی با روش آموزش با ساختار پرسپترون چندلایه با الگوریتم پس انتشار خطا، استفاده شد. جهت تعیین شبکه‌ی بهینه از سه تابع فعالیت (تانژانت هیپربولیک آکسون، سیگموئید آکسون، تانژانت هیپربولیک خطی آکسون) و سه الگوریتم پس انتشار مومنتوم، گرادیان نزولی و لونبرگ مارکوات در هر دو لایه‌ی پنهان و خروجی استفاده شد. از معیارهای ضریب تبیین، مجذور میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق برای مقایسه الگوریتم‌ها استفاده شد.

یافته‌ها: در پیش‌بینی رکورد تولید شیر در ماه چهارم و پنجم تولید دام بر اساس سه رکورد اول ماهانه‌ی تولید شیر، به‌ترتیب ساختار شبکه با الگوریتم لونبرگ مارکوات و تابع فعالیت سیگموئید آکسون و ساختار شبکه با الگوریتم لونبرگ مارکوات و تابع فعالیت تانژانت هیپربولیک آکسون بهترین عملکرد را نشان دادند. برای این ساختارها، ضریب تبیین دارای بیشترین مقدار (به‌ترتیب ۰/۷۲۵ و ۰/۶۴۲)، مجذور میانگین مربعات خطا دارای کمترین مقدار

(به‌ترتیب ۴/۷۸۵ و ۵/۳۴۵) و میانگین خطای مطلق دارای کمترین مقدار (به‌ترتیب ۳/۷۱۵ و ۴/۰۵۷) بود. در پیش‌بینی رکورد دهم تولید شیر دام بر اساس سه و یا چهار رکورد اول ماهانه‌ی تولید شیر، هیچ یک از ساختارهای شبکه توانایی پیش‌بینی موفق را نداشتند. در پیش‌بینی کل تولید شیر بر اساس سه رکورد اول تولید شیر با استفاده از الگوریتم لونبرگ مارکوات با تابع فعالیت تانژانت هیپربولیک آکسون دارای بهترین عملکرد بود. بطوری که ضریب تبیین، مجذور میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق به‌ترتیب ۰/۷۹۹، ۹۸۴/۱۴ و ۷۹۰/۲۱ بودند. همین ساختار شبکه‌ی عصبی مصنوعی در پیش‌بینی کل تولید شیر یک دوره شیردهی بر اساس چهار و یا پنج رکورد اول موفق‌ترین ساختار بود و ضریب تبیین، مجذور میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق به‌ترتیب ۰/۸۵۶، ۸۵۰/۹۸ و ۶۵۳/۳۳ در استفاده از چهار رکورد اول تولید شیر و ۰/۹۰۴، ۷۰۶/۵۹ و ۵۴۸/۶۹ در استفاده از پنج رکورد اول به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: شبکه عصبی مصنوعی طراحی‌شده در این آزمایش با ضریب همبستگی ۰/۸۴ توان پیش‌بینی تولید شیر دام‌ها در ماه چهارم شیردهی را داشت. از طرفی شبکه عصبی طراحی‌شده توانست کل تولید شیر حیوان در یک دوره شیردهی ۳۰۵ روز را با دقت مناسبی پیش‌بینی کند. به‌طوری‌که ضرایب همبستگی در استفاده از سه، چهار و پنج رکورد ماهانه اول دام‌ها جهت پیش‌بینی به‌ترتیب ۰/۸۹، ۰/۹۲ و ۰/۹۵ بود.

استناد: صفری، رشید؛ شیخلو، محمدرضا؛ اسماعیل‌پور، محمد؛ جعفرزاده، حامد؛ شیخعلی‌پور، عاطفه. (۱۴۰۳). پیش‌بینی تولید شیر گاو هلشتاین با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی. *پژوهش در نشخوارکنندگان*، ۱۲(۲)، ۱۲۸-۱۱۱.

DOI: 10.22069/EJRR.2024.21843.1921

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

بیشینه کردن تولید شیر یک هدف مهم برای دامداران است زیرا درآمد آن‌ها به این امر بستگی دارد. امروزه موفقیت در پرورش گاو شیری مستلزم داشتن اطلاعات نظری و تجربه‌ی مناسب عملی است، لذا کارشناسان و دامداران موفق کسانی هستند که بتوانند اطلاعات علمی جدید را به‌صورت موفقیت‌آمیزی در عمل پیاده کنند. با توجه به اهمیت تولید شیر در پرورش گاو شیری به‌دلیل تأمین بخش عمده‌ای از سود گاوداری‌ها، مدیریت این بخش و کنترل روند تولید شیر و نیز تهیه اطلاعات به‌روز از گله و استفاده از این اطلاعات جهت برنامه‌ریزی برای آینده دام در گله دارای اهمیت است. شکل منحنی شیردهی در دام‌های شیری متفاوت بوده و می‌توان توانایی هر حیوان در حفظ تولید شیر را پیش‌بینی نمود (Montazer Torbati و همکاران، ۲۰۱۲). از جمله این برنامه‌ریزی‌ها که وابسته به آنالیز داده‌های تولید شیر گله‌ها می‌باشد، می‌توان به برنامه‌های مدیریتی جهت حذف دام‌های کم بازده و فاقد سود اقتصادی، برنامه‌های مدیریتی اصلاح ژنتیکی در گله با توجه به منحنی شیردهی گله، برنامه-های مدیریت تغذیه‌ای در گله جهت برطرف کردن هرچه سریع‌تر موازنه منفی انرژی و نیز تلاش در استمرار هرچه بیشتر اوج تولید در دام‌ها اشاره کرد. از طرفی تولید شیر در گاوها نتیجه اثرات متقابل خطی و غیر خطی بین ژنتیک، محیط، مدیریت و تغذیه است. تولید شیر انبوهی از اطلاعات شیردهی دام و رکوردهای تولیدی را فراهم می‌کند که تحلیل و استفاده از این اطلاعات برای اهداف مدیریتی و پرورشی امری پیچیده و مهم است و نیازمند ابزاری قدرتمند و کارآمد می‌باشد. در سال‌های اخیر محققین با ابداع و پیشرفت علومی چون روش‌های هوشمند که به‌عنوان ابزاری توانمند و انعطاف‌پذیر برای مدل‌سازی رفتار پویای سامانه‌های غیرخطی به‌کار می‌روند، در جستجوی راه-هایی برای پیشرفت در شناخت و پیش‌بینی پارامترهای تولید شیر می‌باشند.

در بخش علوم دامی، از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی در مواردی مانند پیش‌بینی تولید شیر و مقدار چربی و پروتئین شیر (Hhazaei و همکاران، ۲۰۰۸)، پیش‌بینی ارزش اصلاحی تولید شیر (Pour Hamidi و همکاران، ۲۰۱۷) و ارزیابی وضعیت فیزیولوژیکی گاوها استفاده‌شده است (Ghotbaldini و همکاران، ۲۰۱۶). دامداران می‌توانند مزایای قابل‌توجهی را از مدلی که قادر به پیش‌بینی تولید شیر است به دست آورند و آن‌ها را قادر می‌سازد تا تنظیمات لازم را در شیوه‌های مدیریتی خود انجام دهند به این ترتیب، پیش‌بینی تولید شیر گاو با مدل مناسب برای بهینه‌سازی درآمد دامداری‌ها ضروری است (Streefland و همکاران، ۲۰۲۳؛ Izadkhah و همکاران، ۲۰۱۱). شبکه‌های عصبی مصنوعی به‌دلیل کشف روابط غیرخطی بین داده‌های ورودی و استخراج مدل پویای حاکم بر داده‌ها، به‌عنوان ابزاری قوی در پیش‌بینی پارامترها می‌باشد. کاربرد آسان شبکه عصبی مصنوعی و توان مدل‌سازی توابع و روابط پیچیده یکی از علل کاربرد وسیع آن می‌باشد. شبکه‌های عصبی مصنوعی برای غلبه بر اشکالات روش‌های خطی و یافتن رابطه دقیق بین صفات موردنیاز است. توپولوژی شبکه‌های عصبی مصنوعی برای حل سیستم‌های پیچیده استفاده می‌شود که سعی می‌کند از مدل‌های عددی تقلید کند (Khairunniza و همکاران، ۲۰۱۴). مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی بر اساس ساختار، نوع نورون‌ها و غیره طبقه‌بندی می‌شوند. علاوه بر این، با توجه به هم‌گرایی آموزش مدل می‌توان از الگوریتم‌های مختلفی استفاده کرد (Tanty و همکاران، ۲۰۱۵). یک پرسپترون چندلایه یک مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی پیش‌خور است که شامل یک‌لایه ورودی، یک یا چندلایه پنهان و

یک‌لایه خروجی است. در هر یک پرسپترون چندلایه، چندین گره در یک گراف جهت‌دار به طور کامل به گراف بعدی متصل هستند و هر گره یک نورون با تابع فعال‌سازی غیرخطی است (White و همکاران، ۱۹۶۳). Nobari و همکاران (۲۰۱۹) تحقیقی با هدف پیش‌بینی تولید شیر گاوهای شیری در دوره‌های شیردهی مختلف با استفاده از تولید شیر اولین دوره شیردهی رکوردبرداری شده کردند. مدل شبکه عصبی مورداستفاده در این تحقیق قادر به پیش‌بینی تولید شیر بر اساس اطلاعات اولین دوره شیردهی بود. این تحقیق نشان داد که استفاده از شبکه عصبی می‌تواند در کاهش طول دوره رکورد برداری برای ارزیابی ژنتیکی گاوهای شیری مفید باشد. در تحقیقی دیگر از شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی تولید شیر در گاوهای شیری استفاده نمودند. نتایج نشان داد که مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی می‌توانند در پیش‌بینی تولید آینده گاوها بر اساس رکوردهای صفاتی که بروز آن‌ها زودهنگام است، مورداستفاده قرار گیرند (Chaturvedi و همکاران، ۲۰۱۳). هدف از این پژوهش ارزیابی توانایی شبکه عصبی مصنوعی جهت پیش‌بینی تولید شیر دام در ماه‌های چهارم، پنجم، دهم و کل تولید شیر گاو هلشتاین در یک دوره شیردهی ۳۰۵ روز بر اساس چند رکورد شیر تولیدی اول دام بود.

مواد و روش‌ها

داده‌های اولیه شامل ۲۷۴۰۲۵ رکورد تولید شیر حاصل از ۷۲۰۱ گاو شیرده متعلق به دو گله گاو هلشتاین در استان اصفهان مربوط به سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۷۸ بود. در این آزمایش از دام‌های یک تا چهار شکم زایش که در یک دوره شیردهی ۳۰۵ روز دارای ۱۰ رکورد تولیدی ماهانه بودند استفاده شد. در مرحله بعد، داده‌های هر دام در هر دوره شیردهی بر اساس فاصله رکوردگیری موردتوجه قرار گرفتند و فاصله رکوردگیری ۵±۳۰ روز ملاک انتخاب قرار گرفت به‌طوری‌که اگر دامی دارای رکورد تولید شیر ثبت‌شده خارج از این بازه بود از مجموعه داده‌ها حذف شد. همچنین دام‌هایی که دوره شیردهی آن‌ها بیش از ۳۰۵ روز بود یعنی بیش از ۱۰ رکورد ماهانه تولید شیر داشتند از مجموعه داده‌ها حذف شدند. در مرحله بعد، رکورد تولید شیر هر دام در هر دوره شیردهی با استفاده از ضرایب کاهش استاندارد و کاهش حقیقی بررسی گردید تا خطاهای حاصل از رکوردگیری در مزرعه از مجموعه داده‌ها حذف شود. برای این منظور، رکورد ماهانه هر دام نسبت به ماه قبل بررسی شد و اگر در رکوردهای تولیدی دامی، کاهش حقیقی بیش‌ازحد استاندارد بود (خطای رکوردگیری وجود داشته و یا مشکل خاصی در دام در زمان رکوردگیری وجود داشته است و رکورد نیاز به تصحیح دارد) داده‌های آن دام حذف شد. اگر مقدار تولید رکورد فعلی B و تولید دوره قبل A فرض شود، کاهش حقیقی بر حسب لیتر برابر است با (Hasani Baferani و Pishkar، ۲۰۱۴):

$$\frac{(A-B)}{A} \times 100$$

کاهش استاندارد نیز از رابطه زیر برحسب لیتر محاسبه شد:

(فاصله دو رکوردگیری × ۰/۴) +۲۷/۴

محاسبه کل شیر تولیدی در دوره ۳۰۵ روز از ۱۰ رکورد ماهانه دام‌ها جهت آموزش شبکه عصبی مصنوعی در دو مرحله انجام شد و مجموع مقادیر به‌دست‌آمده به عنوان کل شیر تولیدی دام در یک دوره شیردهی در نظر گرفته شد. در مرحله اول مقدار تولید شیر از زمان زایش تا اولین رکوردگیری به‌صورت زیر محاسبه گردید (Hasani Baferani و Pishkar، ۲۰۱۴):

(رکورد تولید شیر در زمان اولین رکوردگیری × ضریب از جدول رکوردگیری) × زمان بین زایش تا اولین رکوردگیری

در مرحله دوم مقدار تولید ماهانه دام مابین اولین رکورد تولیدی و آخرین رکورد تولیدی به‌صورت زیر بود (Hasani Baferani و Pishkar، ۲۰۱۴): (میانگین تولید شیر در دو رکورد متوالی) × فاصله زمانی دو رکوردگیری متوالی

ماه اولین رکوردگیری به عنوان ماه تولید دام در نظر گرفته شد. در پایان از بین ۲۷۴۰۲۵ رکورد اولیه، ۸۷۹۸۰ رکورد تولید شیر ماهانه استخراج شد که متعلق به ۸۷۹۸ گاو شیری در شیردهی‌های مختلف بود. در طراحی ساختار شبکه برای پیش‌بینی کل تولید شیر با استفاده از پنج رکورد اول تولید شیر دام مقادیر x_i شامل گله، شماره دام، سن دام، شکم (شیردهی)، ماه تولید، پنج رکورد اول تولید شیر دام (۵ رکورد تولید شیر ماهانه در ماه‌های یک تا پنج بعد از زایمان) و y_i نیز کل شیر در دوره شیردهی می‌باشد. برای نرمال‌سازی داده‌های اولیه از رابطه زیر استفاده شد که x_r، x_n، x_{max} و x_{min} به ترتیب نشان‌دهنده مقادیر واقعی، نرمال شده، حداکثر و حداقل داده‌های تحت بررسی هستند.

$$x_n = (x_r - x_{min})/(x_{max} - x_{min})$$

در نهایت برای شبکه‌های عصبی طراحی‌شده در این تحقیق در مجموع از ۸۷۹۸ ردیف داده استفاده شد که هر ردیف شامل اطلاعات گله، سن دام، شکم (شیردهی)، ماه تولید، رکورد اول تا دهم تولید شیر دام و تولید کل شیر دام بود. داده‌ها به سه مجموعه آموزشی، تائید و آزمون تقسیم شدند که از مجموع این داده‌ها، ۵۰٪ برای آموزش شبکه، ۲۰٪ برای اعتبارسنجی و ۳۰٪ نیز برای آزمون شبکه عصبی مصنوعی در نظر گرفته شد. معیارهای ضریب تبیین (R^2)، مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین خطای مطلق (MAE) برای صحت‌سنجی شبکه‌های عصبی طراحی‌شده مورداستفاده قرار گرفتند (Fernández و همکاران، ۲۰۰۶). برای تعیین ساختار مطلوب شبکه عصبی مصنوعی جهت پیش‌بینی رکورد چهارم تولید شیر، رکورد پنجم تولید شیر، رکورد دهم تولید شیر و کل شیر تولیدی در یک دوره شیردهی از شبکه عصبی پرسپترون چند لایه با یک‌لایه پنهان و حداقل ۵ نرون استفاده شد (Chaturvedi و همکاران ۲۰۱۳). الگوریتم‌های آموزش مورداستفاده شامل مومنتوم، گرادیان نزولی و لونبرگ مارکوات و توابع مورد استفاده شامل تانژانت هیپربولیک آکسون، سیگموئید آکسون و تانژانت هیپربولیک خطی آکسون بود (Sharma and Kumar، ۲۰۱۴). در این تحقیق، از نرم‌افزار Neuro Solutions 5 برای طراحی و اجرای شبکه‌های عصبی استفاده شد.

نتایج و بحث

پیش‌بینی رکورد چهارم تولید شیر بر اساس سه رکورد اول تولید شیر دام: در پیش‌بینی رکورد چهارم تولید شیر بر اساس سه رکورد اول تولید شیر دام، بهترین عملکرد به‌دست‌آمده برای شبکه عصبی پرسپترون چندلایه، الگوریتم آموزش لونبرگ مارکوات تابع فعالیت سیگموئید آکسون در هر دو لایه پنهان و خروجی می‌باشد به‌طوری‌که ضریب تبیین دارای بیشترین مقدار، مجذور میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق دارای کمترین مقدار در مقایسه با سایر ساختارها در این الگوریتم آموزش بود و این مقادیر به ترتیب ۰/۷۲۵، ۴/۷۸۵ و ۳/۷۱۲ بودند که نسبتاً قابل‌قبول است (جدول ۱) و الگوریتم آموزش گرادیان نزولی و توابع فعالیت تانژانت هیپربولیک آکسون در رتبه‌های بعدی عملکرد قرار داشتند. بر اساس معیارهای عملکرد هر چقدر ضریب تبیین دارای مقدار بیشتری (نزدیک به یک) باشد شبکه

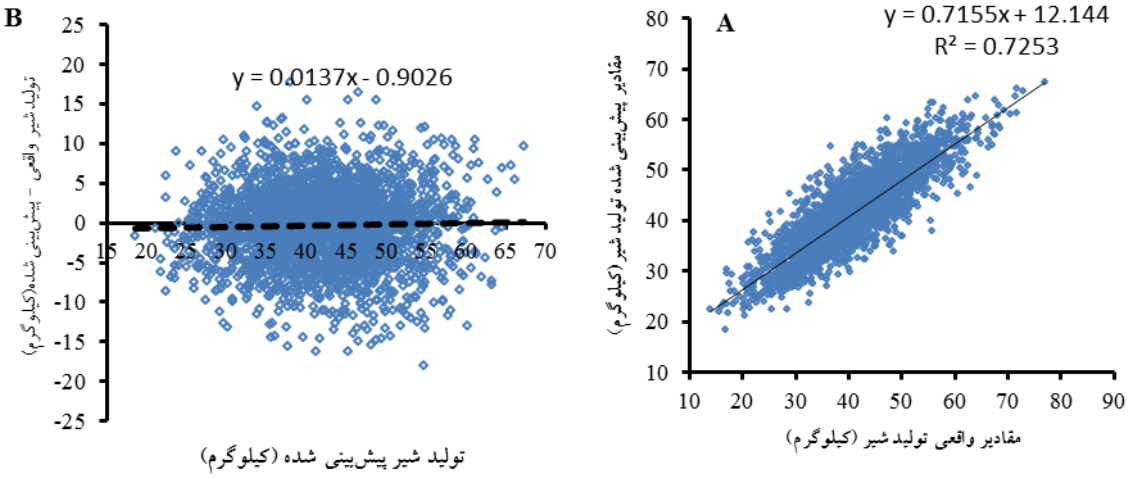
عصبی با دقت بیشتری می‌تواند تغییرات مربوط به تولید دام را پیش‌بینی کند از طرفی مقادیر پایین‌تر مجذور میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق (نزدیک به صفر) قابل‌قبول‌تر می‌باشد (Sharma و همکاران، ۲۰۰۶؛ Fernández و همکاران، ۲۰۰۶).

منحنی رگرسیون مربوط به مقادیر تولید شیر پیش‌بینی‌شده توسط شبکه عصبی مصنوعی با الگوریتم آموزش لونبرگ مارکوات تابع فعالیت سیگموئید آکسون و نیز مقادیر تولید شیر مشاهده‌شده در ماه چهارم رکوردگیری در شکل ۱ آورده شده است. بر اساس نتایج حاصله تابع فعالیت سیگموئید آکسون با همبستگی ۰/۸۵ توانست تولید شیر دام‌ها در ماه چهارم شیردهی را پیش‌بینی کند؛ بنابراین این ساختار شبکه عصبی مصنوعی توانست به میزان ۸۵ درصد مقادیر واقعی تولید شیر را پیش‌بینی می‌کند و پراکنش داده‌ها در منحنی مربوطه نشان‌دهنده پیش‌بینی موفق این ساختار است (شکل ۱). به‌طوری‌که مقادیر شیر پیش‌بینی‌شده دارای پراکنش مناسب و اختلاف بین مقادیر پیش‌بینی‌شده و مقادیر واقعی تولید شیر عمدتاً در دامنه ۵-۰ کیلوگرم در روز قرار دارد و با توجه به خط برازش به‌دست‌آمده می‌توان از عملکرد مناسب این ساختار اطمینان حاصل کرد. در تحقیقی مشابه دقت شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی مقدار تولید شیر برای گاو هلشتاین ۷۹/۵ درصد گزارش‌شده بود (Radwan و همکاران، ۲۰۲۰).

جدول ۱- معیارهای عملکرد شبکه عصبی مصنوعی جهت پیش‌بینی رکورد چهارم تولید شیر بر اساس سه رکورد اول تولید دام

Table 1. Performance criteria of artificial neural network to predict the fourth record of milk production based on the first three records of milk production

MAE میانگین خطای مطلق	RMSE مجذور میانگین مربعات خطا	R^2 ضریب تبیین	تابع فعالیت/ الگوریتم آموزشی Activity function /Training algorithm
3.761	4.830	0.711	تانژانت هیپربولیک آکسون / مومنتوم Hyperbolic tangent axon/ momentum /
6.563	8.121	0.569	سیگموئید آکسون / مومنتوم Sigmoid axon /momentum
3.757	4.880	0.712	تانژانت هیپربولیک خطی آکسون / مومنتوم Linear hyperbolic tangent axon /momentum
3.738	4.798	0.717	تانژانت هیپربولیک آکسون / گرادیان نزولی Hyperbolic tangent axon/ conjugate gradient
3.763	4.882	0.712	سیگموئید آکسون / گرادیان نزولی Sigmoid axon/ conjugate gradient
3.714	4.883	0.711	تانژانت هیپربولیک خطی آکسون / گرادیان نزولی Linear hyperbolic tangent axon/ conjugate gradient
3.745	4.811	0.714	تانژانت هیپربولیک آکسون / لونبرگ مارکوات Hyperbolic tangent axon/ Leven-berg–Marquardt
3.712	4.785	0.725	سیگموئید آکسون / لونبرگ مارکوات Sigmoid axon/ Leven-berg–Marquardt
3.746	4.887	0.712	تانژانت هیپربولیک خطی آکسون / لونبرگ مارکوات Linear hyperbolic tangent axon/ Leven-berg–Marquardt



شکل ۱- منحنی رگرسیونی مقادیر پیش‌بینی‌شده تولید شیر در ماه چهارم با الگوریتم لونبرگ مارکوات و تابع فعالیت سیگموئید آکسون در مقابل مقادیر واقعی تولید شیر در ماه چهارم تولید (رکورد چهارم) (شکل A) و تفاوت مقادیر واقعی تولید شیر و مقادیر پیش‌بینی‌شده (شکل B)

Figure 1. The regression curve of the predicted values of milk production in the fourth month using a Leven-berg–Marquardt and the sigmoid axon against the actual values of milk production in the fourth month of production (fourth record) (right) and the difference between the actual values of milk production and the predicted values (left)

پیش‌بینی رکورد پنجم تولید شیر بر اساس سه رکورد اول تولید شیر دام: با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از عملکرد شبکه عصبی مصنوعی جهت پیش‌بینی رکورد پنجم (ماه پنجم شیردهی که نشان‌دهنده استمرار اوج تولید دام است) که در جدول ۲ آمده است تمامی ساختارهای شبکه عصبی پرسپترون چندلایه به‌جز تابع سیگموئید آکسون با الگوریتم مومنتوم و تابع تانژانت هیپربولیک آکسون با الگوریتم گرادیان نزولی دارای عملکرد نسبتاً مشابهی بودند و در بین این توابع ساختار شبکه عصبی مصنوعی با تابع تانژانت هیپربولیک آکسون و الگوریتم آموزش لونبرگ مارکوات دارای بیشترین توانایی در پیش‌بینی رکورد پنجم تولید شیر دام بر اساس سه رکورد اول دام بود. به‌طوری‌که در این ساختار شبکه ضریب تبیین دارای بیشترین مقدار، مجذور میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق دارای کمترین مقدار در مقایسه با سایر ساختارها بود و این مقادیر به ترتیب ۰/۶۴۲، ۵/۳۴۵ و ۴/۰۵۷ به‌دست‌آمدند. نتایج مطالعه Nobariو همکاران (۲۰۱۹) نیز نشان داد که مدل شبکه عصبی مصنوعی مورداستفاده، داده‌های مربوط به دوره‌های شیردهی مختلف را با استفاده از داده شیردهی دوره قبل خود به ترتیب با مجذور میانگین مربعات خطا و ضریب تبیین ۷/۹۴ و ۰/۶۲۵ پیش‌بینی می‌کند. در الگوریتم آموزش لونبرگ مارکوات، توابع فعالیت سیگموئید آکسون و تانژانت هیپربولیک خطی آکسون به‌ترتیب در رتبه‌های بعدی عملکرد قرار داشتند. هرچند که نتیجه کلی نشان‌دهنده عدم دقت کافی شبکه عصبی با ساختارهای طراحی-شده در پیش‌بینی دقیق تولید شیر در ماه پنجم شیردهی با استفاده از داده‌های ورودی مورداستفاده است.

جدول ۲- معیارهای عملکرد ساختارهای مختلف شبکه عصبی مصنوعی جهت پیش‌بینی رکورد پنجم تولید شیر بر اساس سه رکورد اول تولید

Table 2. Performance criteria of different artificial neural network structures to predict the fifth record of milk production based on the first three records of production

MAE میانگین خطای مطلق	RMSE مجذور میانگین مربعات خطا	R^2 ضریب تبیین	تابع فعالیت/ الگوریتم آموزشی Activity function /Training algorithm
4.302	5.526	0.621	تانژانت هیپربولیک آکسون/ مومنتوم Hyperbolic tangent axon/ momentum
5.343	6.881	0.512	سیگموئید آکسون/ مومنتوم Sigmoid axon/ momentum algorithm
4.271	5.618	0.606	تانژانت هیپربولیک خطی آکسون/ مومنتوم Linear hyperbolic tangent axon /momentum
6.237	8.221	0.192	تانژانت هیپربولیک آکسون / گرادیان نزولی Hyperbolic tangent axon conjugate /conjugate gradient
4.271	5.626	0.628	سیگموئید آکسون / گرادیان نزولی Sigmoid axon conjugate /conjugate gradient
4.273	5.629	0.619	تانژانت هیپربولیک خطی آکسون / گرادیان نزولی Linear hyperbolic tangent axon /conjugate gradient
4.057	5.345	0.642	تابع تانژانت هیپربولیک آکسون الگوریتم لونبرگ مارکوات Hyperbolic tangent axon Leven-berg–Marquardt algorithm
4.268	5.623	0.639	تابع سیگموئید آکسون الگوریتم لونبرگ مارکوات Sigmoid axon Leven-berg–Marquardt algorithm
4.270	5.631	0.629	تابع تانژانت هیپربولیک خطی آکسون الگوریتم لونبرگ مارکوات Linear hyperbolic tangent axon Leven-berg–Marquardt

پیش‌بینی رکورد دهم تولید شیر بر اساس سه و چهار رکورد اول تولید شیر دام: با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از عملکرد شبکه عصبی مصنوعی جهت پیش‌بینی رکورد دهم (ماه دهم شیردهی) تولید شیر با استفاده از سه رکورد اول تولید شیر (جدول ۳)، تمامی ساختارهای شبکه عصبی پرسپترون چند لایه به‌جز تابع سیگموئید آکسون با الگوریتم مومنتوم دارای عملکرد نسبتاً مشابهی بودند و در بین این توابع ساختار شبکه عصبی مصنوعی با تابع تانژانت هیپربولیک آکسون و الگوریتم آموزش لونبرگ مارکوات دارای بیشترین توانایی در پیش‌بینی رکورد دهم تولید شیر دام بر اساس سه رکورد اول دام بود. به‌طوری‌که در این ساختار شبکه ضریب تبیین دارای بیشترین مقدار، مجذور میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق دارای کمترین مقدار در مقایسه با سایر ساختارها بود و این مقادیر به ترتیب ۰/۴۸۵، ۷/۳۰۶ و ۵/۸۴۰ به دست آمدند. هرچند که نتیجه کلی نشان‌دهنده دقت خیلی پایین شبکه عصبی با ساختارهای طراحی‌شده در پیش‌بینی دقیق تولید شیر در ماه دهم شیردهی با استفاده از متغیرهای ورودی مورداستفاده است. مطابق جدول ۳ در ساختارهای مختلف شبکه عصبی جهت پیش‌بینی رکورد دهم تولید شیر از چهار رکورد اول تولید شیر، الگوریتم آموزشی لونبرگ مارکوات با تابع فعالیت سیگوئید آکسون در هر دو لایه پنهان و خروجی دارای بهترین عملکرد نسبت به سایر توابع فعالیت‌ها بود به‌طوری‌که ضریب تبیین، مجذور میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق به‌ترتیب ۰/۵۲۶، ۷/۱۳۲ و ۵/۵۷۲ بود و

ضعیف‌ترین عملکرد را تابع فعالیت سیگموئید آکسون با الگوریتم آموزشی مومنتوم به ترتیب ۰/۳۰۵، ۸/۶۵۳ و ۷/۰۱۱ داشت. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از عملکرد شبکه عصبی مصنوعی جهت پیش‌بینی رکورد دهم (ماه دهم)، تمامی ساختارهای شبکه عصبی پرسپترون چندلایه به‌جز تابع سیگموئید آکسون با الگوریتم مومنتوم دارای عملکرد نسبتاً مشابهی بودند و ضریب تبیین بین ۰/۳۶ تا ۰/۵۳ در این ساختارها نشان از توان ضعیف شبکه‌های طراحی‌شده با ورودی‌های استفاده‌شده داشت. به‌طوری‌که در بین تمامی ساختارهای شبکه عصبی مصنوعی، الگوریتم آموزش لونبرگ مارکوات با تابع سیگموئید آکسون در بهترین حالت قادر به پیش‌بینی تولید شیر دام در رکورد دهم با دقت ۷۲/۵ درصد است.

جدول ۳- معیارهای عملکرد ساختارهای مختلف شبکه عصبی مصنوعی جهت پیش‌بینی رکورد دهم تولید شیر بر اساس سه و چهار رکورد اول تولید

Table 3. Performance criteria of different artificial neural network structures to predict the tenth record of milk production based on the first three and four records of production

تابع فعالیت/ الگوریتم آموزشی Activity function /Training algorithm	R^2 ضریب تبیین		RMSE مجذور میانگین مربعات خطا		MAE میانگین خطای مطلق	
	سه رکورد اول	چهار رکورد اول	سه رکورد اول	چهار رکورد اول	سه رکورد اول	چهار رکورد اول
تانژانت هیپربولیک آکسون/ مومنتوم Hyperbolic tangent axon /momentum	0.447	0.491	7.521	7.335	5.933	5.731
سیگموئید آکسون/ مومنتوم Sigmoid axon /momentum	0.235	0.305	8.887	8.653	7.219	7.011
تانژانت هیپربولیک خطی آکسون/ مومنتوم Linear hyperbolic tangent axon /momentum	0.369	0.494	7.952	7.320	6.271	5.423
تانژانت هیپربولیک آکسون/ گرادیان نزولی Hyperbolic tangent axon /conjugate gradient	0.449	0.499	7.521	7.276	5.910	5.693
سیگموئید آکسون/ گرادیان نزولی Sigmoid axon /conjugate gradient	0.464	0.512	7.432	7.205	5.874	5.650
تانژانت هیپربولیک خطی آکسون/ گرادیان نزولی Linear hyperbolic tangent axon /conjugate gradient	0.457	0.501	7.476	7.274	5.883	5.681
تانژانت هیپربولیک آکسون/ لونبرگ مارکوات Hyperbolic tangent axon /Leven-berg–Marquardt	0.485	0.518	7.306	7.175	5.840	5.643
سیگموئید آکسون/ لونبرگ مارکوات Sigmoid axon /Leven berg Marquardt	0.483	0.526	7.316	7.132	5.781	5.572
تانژانت هیپربولیک خطی آکسون/ لونبرگ مارکوات Linear hyperbolic tangent axon /Leven berg Marquardt	0.471	0.515	7.400	7.180	5.848	5.646

پیش‌بینی کل تولید شیر دام در یک دوره شیردهی بر اساس سه، چهار و پنج رکورد اول: نتایج حاصل از توابع مختلف با الگوریتم‌های آموزش تعیین‌شده برای شبکه عصبی با پرسپترون چندلایه برای پیش‌بینی کل تولید شیر در دوره شیردهی ۳۰۵ روز در جدول ۴ آورده شده است. در پیش‌بینی کل تولید شیر در دوره ۳۰۵ روز بر اساس سه رکورد اول دام با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، ساختار شبکه با الگوریتم

آموزشی لونبرگ مارکوات و تابع فعالیت تانژانت هیپربولیک آکسون در هر دو لایه پنهان و خروجی دارای بهترین عملکرد نسبت به سایر توابع فعالیت بود به‌طوری‌که ضریب تبیین دارای بیشترین مقدار، مجذور میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق دارای کمترین مقدار در مقایسه با سایر ساختارهای شبکه بود و این مقادیر به ترتیب ۰/۷۹۹، ۹۸۴/۱۴ و ۷۹۰/۲۱ بودند، درحالی‌که ضعیف‌ترین عملکرد را الگوریتم مومنتوم با تابع فعالیت سیگموئید آکسون داشت و معیارهای عملکرد در این ساختار شبکه به ترتیب ۰/۶۳۱، ۱۵۸۸/۲۵ و ۱۲۸۰/۲۴ بود. Dongre و همکاران (۲۰۱۲) نیز به نتایج مشابهی در استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی تولید شیر ۳۰۵ روز گاوهای ساهیوال دست یافتند.

جدول ۴- معیارهای عملکرد شبکه عصبی مصنوعی جهت پیش‌بینی تولید کل در یک دوره شیردهی بر اساس سه، چهار و پنج رکورد اول تولید

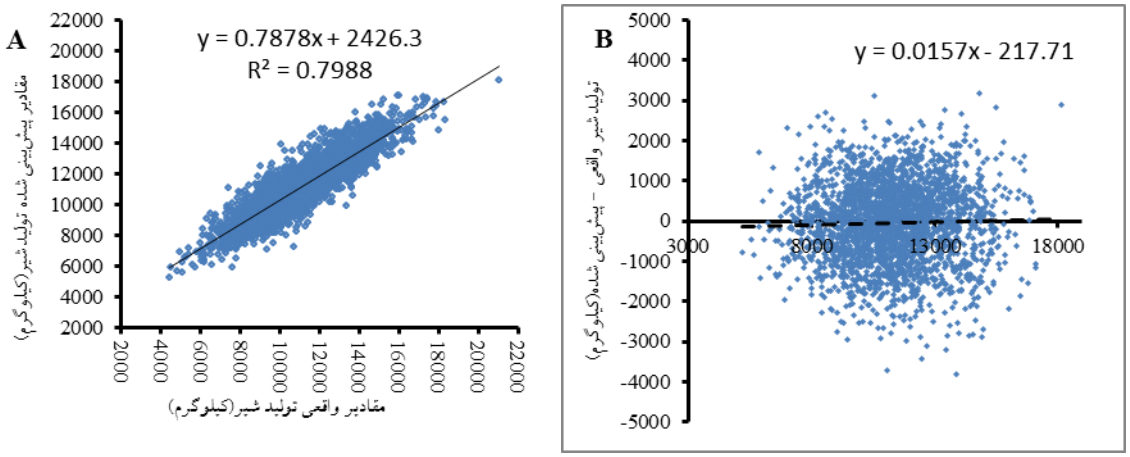
Table 5. Performance criteria of artificial neural network to predict the total production in a milking period based on the first three, four and five records of production

تابع فعالیت/ الگوریتم آموزشی Activity function Training algorithm/	R^2 ضریب تبیین			RMSE مجذور میانگین مربعات خطا			MAE میانگین خطای مطلق		
	سه رکورد اول	چهار رکورد اول	پنج رکورد اول	سه رکورد اول	چهار رکورد اول	پنج رکورد اول	سه رکورد اول	چهار رکورد اول	پنج رکورد اول
تانژانت هیپربولیک آکسون/ مومنتوم Hyperbolic tangent axon /momentum	0.767	0.839	0.893	1082.38	905.14	785.22	860.32	709.76	575.27
سیگموئید آکسون / مومنتوم Sigmoid axon/ momentum	0.631	0.810	0.814	1588.25	978.36	818.21	1280.24	776.11	647.47
تانژانت هیپربولیک خطی آکسون/ مومنتوم Linear hyperbolic tangent axon/ momentum	0.777	0.841	0.891	1059.12	990.52	746.33	839.56	709.45	580.59
تانژانت هیپربولیک آکسون /گرادیان نزولی Hyperbolic tangent axon/ conjugate gradient	0.774	0.849	0.897	1045.12	878.88	727.13	821.57	693.58	564.46
سیگموئید آکسون/ گرادیان نزولی Sigmoid axon /conjugate gradient	0.783	0.848	0.893	1045.11	902.21	740.58	823.65	694.47	565.11
تانژانت هیپربولیک خطی آکسون/ گرادیان نزولی Linear hyperbolic tangent axon/ conjugate gradient	0.777	0.838	0.871	1056.24	909.58	809.47	834.21	705.31	635.25
تانژانت هیپربولیک آکسون/ لونبرگ مارکوات Hyperbolic tangent axon /Leven-berg–Marquardt	0.799	0.856	0.904	984.14	850.98	706.59	790.21	653.33	548.69
سیگموئید آکسون/ لونبرگ مارکوات	0.796	0.855	0.902	1016.23	856.84	710.47	800.41	664.92	552.87

Sigmoid axon/ Leven-berg–Marquardt تانژانت هیپربولیک خطی آکسون/ لونبرگ مارکوات	0.775	0.851	0.901	1020.36	868.23	715.41	795.35	681.54	557.65
Linear hyperbolic tangent axon/ Leven-berg–Marquardt									

این محققین با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه با الگوریتم آموزش لونبرگ مارکوات ضریب تبیین ۰/۷۵ را در پیش‌بینی تولید کل دام با استفاده از رکوردهای ۳ ماه اول پس از زایش نشان دادند. نتیجه کلی این بخش نشان‌دهنده دقت مناسب شبکه عصبی با ساختارهای طراحی‌شده در پیش‌بینی دقیق کل تولید شیر با استفاده از ۳ رکورد اول دام به‌عنوان داده‌های ورودی مورداستفاده جهت پیش‌بینی کل تولید شیر دام در دوره ۳۰۵ روز شیردهی است. به‌طوری‌که ضریب همبستگی بین مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی‌شده تولید شیر ۰/۸۹ به دست آمد.

منحنی رگرسیون کل شیر تولیدی پیش‌بینی‌شده توسط شبکه عصبی مصنوعی با الگوریتم آموزشی لونبرگ مارکوات با استفاده از سه رکورد اول دام در مقابل مقادیر واقعی تولید شیر در شکل ۲ آورده شده است. بر اساس این منحنی رگرسیون، الگوریتم آموزشی لونبرگ مارکوات و تابع فعالیت تانژانت هیپربولیک آکسون در هر دو لایه پنهان و خروجی دارای همبستگی ۰/۸۹ می‌باشد که نشان می‌دهد که شبکه عصبی با این ساختار به میزان بیش از ۸۹/۴ درصد مقادیر واقعی تولید شیر را پیش‌بینی می‌کند. تحقیقات سایر محققان نشان از عملکرد خوب شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی تولید شیر گاو به‌خصوص زمانی که ارتباط بین متغیرها پیچیده باشد دارد (Akilli و Atil، ۲۰۱۴؛ Kumar و Hooda، ۲۰۱۴). از طرفی، تفاوت مقادیر واقعی شیر تولیدی توسط دام با مقادیر شیر پیش‌بینی‌شده در یک دوره شیردهی در شکل ۲ دارای پراکنش مناسب و عمدتاً در دامنه ۱۰۰۰-۰ کیلوگرم در یک دوره شیردهی قرار دارد و با توجه به خط برازش به‌دست‌آمده می‌توان از عملکرد بهینه این ساختارها اطمینان حاصل کرد.



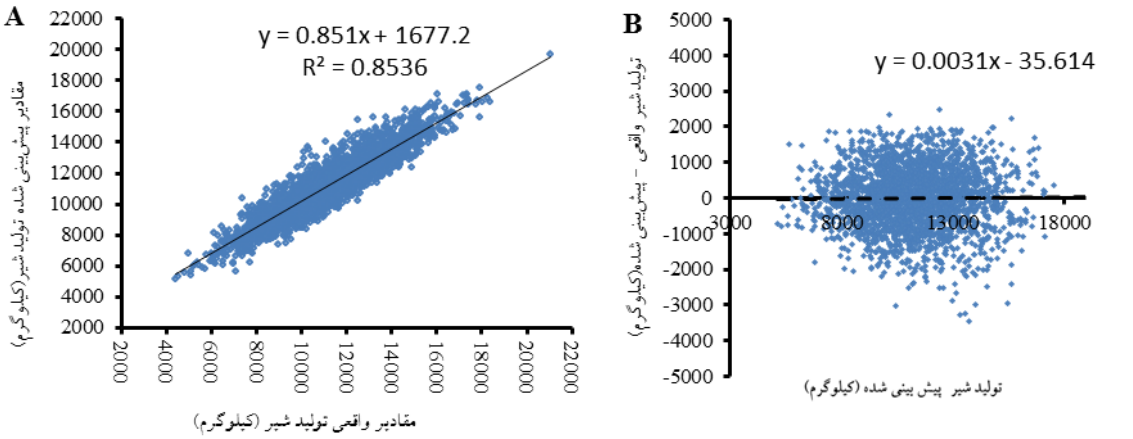
شکل ۲- منحنی رگرسیونی کل تولید شیر پیش‌بینی‌شده در یک دوره شیردهی الگوریتم آموزشی لونبرگ مارکوات و تابع فعالیت تانژانت هیپربولیک آکسون در مقابل مقادیر واقعی کل تولید شیر در دوره شیردهی (A) و تفاوت مقادیر واقعی کل تولید شیر در دوره شیردهی و پیش‌بینی‌شده (B)

Figure 2. The regression curve of total production predicted in a lactation period using Leven-berg–Marquardt and hyperbolic tangent of axon versus actual values of total production in a lactation period (right). The difference between the actual values of the total production during the lactation period and the predicted values (left)

در راستای پیش‌بینی کل تولید شیر یک دوره شیردهی (۳۰۵ روز تولید شیر) با استفاده از چهار رکورد اول تولید شیر دام (جدول۴) نتایج نشان داد که تمامی ساختارهای شبکه عصبی پرسپترون چندلایه دارای عملکرد نسبتاً مشابهی بودند و ضریب تبیین در تمامی ساختارهای شبکه بین ۰/۸۵ تا ۰/۸۱ بود (جدول ۴). این نتایج نشان‌دهنده دقت نسبت مناسب شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی کل تولید شیر نسبت به زمانی است که از چهار رکورد اول تولید شیر استفاده شود. نتایج این بخش مطابق با نتایج دانگر و همکاران ۲۰۱۲ بود که با استفاده از رکوردهای تولیدی چهار ماه اول تولید شیر نتایج بهتری نسبت به استفاده از رکوردهای تولیدی سه ماه اول تولید شیر به دست آوردند. از طرفی در بین ساختارهای مختلف شبکه عصبی استفاده‌شده، الگوریتم آموزش لونبرگ مارکوات در بین دیگر الگوریتم‌های آموزشی کارآمدترین و بهترین نتایج را داشت به‌طوری‌که تمامی توابع بکار رفته در شبکه عصبی به همراه این الگوریتم آموزشی ضریب تبیین ۰/۸۴ را داشتند. Dongre و همکاران (۲۰۱۲) نیز نتایج مشابهی در استفاده از این الگوریتم در پیش‌بینی کل تولید شیر با استفاده از رکوردهای تولیدی چهار ماه اول شیردهی به دست آوردند که ضریب تبیین ۰/۸۱ توسط این محققین گزارش‌شده است. به‌طورکلی در استفاده از شبکه عصبی مصنوعی جهت پیش‌بینی کل تولید شیر با استفاده از چهار رکورد اول تولید شیر دام بهترین عملکرد شبکه با استفاده از الگوریتم آموزشی لورنبرگ مارکوات با تابع فعالیت تانژانت هیپربولیک آکسون در هر دو لایه پنهان و خروجی به دست آمد که ضریب تبیین دارای بیشترین مقدار، مجذور میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق دارای کمترین مقدار در مقایسه با سایر ساختارها بود و این مقادیر به ترتیب ۰/۸۵۶، ۸۵۰/۹۸ و ۶۵۳/۳۳ بودند. منحنی رگرسیون کل شیر تولیدی پیش‌بینی‌شده توسط شبکه عصبی مصنوعی با الگوریتم آموزشی لونبرگ مارکوات با تابع فعالیت تانژانت هیپربولیک آکسون با استفاده از چهار رکورد اول دام در مقابل مقادیر واقعی تولید شیر در شکل ۳ آورده شده است. بر اساس این منحنی، ضریب همبستگی برای این توابع فعالیت ۰/۹۲۴ می‌باشد که نشان می‌دهد که شبکه عصبی با این ساختار به میزان ۹۲/۴ درصد مقادیر واقعی تولید شیر را پیش‌بینی می‌کند اختلاف بین مقادیر پیش‌بینی‌شده توسط شبکه عصبی مصنوعی (الگوریتم آموزشی لونبرگ مارکوات) و مقادیر واقعی کل شیر تولیدی در یک دوره شیردهی توسط دام در شکل ۳ آورده شده است در ساختار شبکه عصبی (الگوریتم آموزشی مومنتوم با توابع فعالیت تانژانت هیپربولیک آکسون) مقادیر شیر پیش‌بینی‌شده دارای پراکنش مناسب و اختلاف بین مقادیر پیش‌بینی‌شده و مقادیر واقعی تولید شیر عمدتاً در دامنه ۱۰۰۰-۰ کیلوگرم در یک دوره شیردهی قرار دارد و با توجه به خط برازش به‌دست‌آمده می‌توان از عملکرد بهینه این ساختارها اطمینان حاصل کرد.

به‌منظور پیش‌بینی کل تولید شیر یک دوره شیردهی (۳۰۵ روز تولید شیر) با استفاده از پنج رکورد اول تولید شیر دام از توابع و الگوریتم‌های آموزشی در لایه‌های پنهان و خروجی شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد (جدول ۴) و نتایج نشان داد که در الگوریتم آموزشی مومنتوم، تابع فعالیت تانژانت هیپربولیک آکسون در هر دو لایه پنهان و خروجی دارای بهترین عملکرد بود به‌طوری‌که ضریب تبیین دارای بیشترین مقدار، مجذور میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق دارای

کمترین مقدار در مقایسه با سایر ساختارهای شبکه بود و این مقادیر به‌ترتیب ۰/۸۹۳، ۷۴۵/۲۲ و ۵۷۵/۲۷ بودند، درحالی‌که در این الگوریتم آموزشی ضعیف‌ترین عملکرد را تابع فعالیت سیگموئید آکسون داشت و معیارهای عملکرد در این ساختار شبکه به ترتیب ۰/۸۱۴، ۸۱۸/۲۱ و ۶۴۷/۴۷ بود.

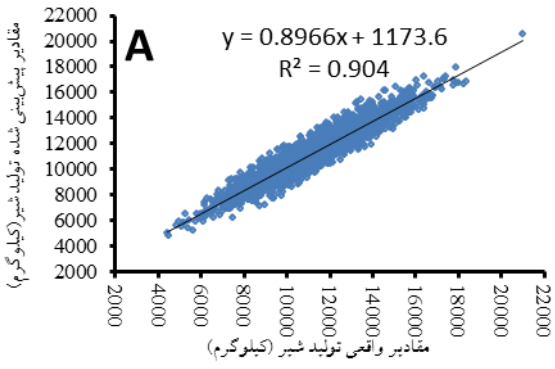


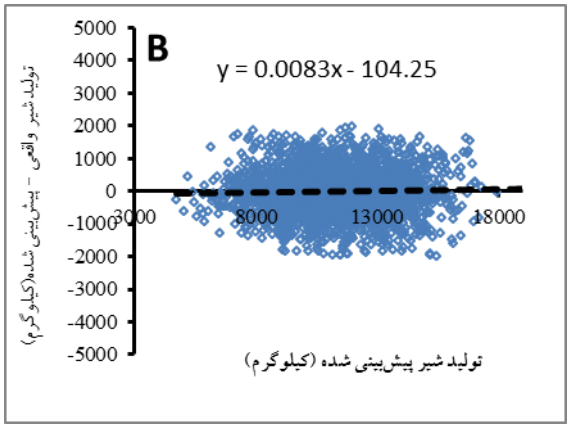
شکل ۳- منحنی رگرسیونی کل تولید شیر پیش‌بینی‌شده در یک دوره شیردهی با الگوریتم لونبرگ مارکوات و تابع تانژانت هیپربولیک آکسون در مقابل مقادیر واقعی کل تولید شیر در یک دوره شیردهی (A) و تفاوت مقادیر واقعی کل تولید شیر در دوره شیردهی و مقادیر پیش‌بینی‌شده (B)

Figure 3. The regression curve of the total milk production predicted in a lactation period using Leven-berg–Marquardt training and hyperbolic tangent activity function of the axon versus the actual values of the total milk production in a lactation period (right). The difference between the actual values of the total milk production during the lactation period and the predicted values (left)

نتایج حاصله در شبکه عصبی پرسپترون چندلایه با الگوریتم آموزش لونبرگ مارکوات جهت پیش‌بینی تولید کل در یک دوره شیردهی نشان داد که هر سه تابع فعالیت استفاده‌شده درلایه پنهان و لایه خروجی دارای عملکرد مناسب با ضریب تبیین بالای ۰/۹۰۱ بودند و دراین‌بین تابع فعالیت تانژانت هیپربولیک آکسون در هر دو لایه پنهان و خروجی دارای بهترین عملکرد بود به‌طوری‌که ضریب تبیین دارای بیشترین مقدار، مجذور میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق دارای کمترین مقدار در مقایسه با سایر ساختارها در این الگوریتم آموزش بود و این مقادیر به ترتیب ۰/۹۰۴، ۷۰۶/۵۹ و ۵۴۸/۶۹ بودند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از عملکرد شبکه عصبی مصنوعی جهت پیش‌بینی کل تولید شیر با استفاده از پنج رکورد اول تولید شیر دام، تمامی ساختارهای شبکه عصبی پرسپترون دارای عملکرد نسبتاً مشابهی بودند و در بین این توابع ساختار شبکه عصبی مصنوعی با تابع تانژانت هیپربولیک آکسون و الگوریتم آموزش لونبرگ مارکوات دارای بیشترین توانایی در پیش‌بینی کل تولید شیر دام بر اساس پنج رکورد اول بود. به‌طوری‌که در این ساختار شبکه ضریب تبیین دارای بیشترین مقدار، مجذور میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق دارای کمترین مقدار در مقایسه با سایر ساختارها بود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از ساختارهای مختلف شبکه عصبی جهت پیش‌بینی کل تولید شیر در یک دوره شیردهی می‌توان نتیجه گرفت که با افزودن تعداد رکوردهای تولید دام در اوایل شیردهی می‌توان شبکه عصبی مصنوعی با دقت عملکرد بالاتری طراحی کرد. به‌طوری‌که فارغ از نوع الگوریتم و تابع فعالیت مورداستفاده در شبکه عصبی مصنوعی زمانی که در متغیرهای ورودی شبکه عصبی، از پنج رکورد ماهانه اول تولید شیر استفاده شد عملکرد شبکه بهتر از استفاده از چهار رکورد اول و سه رکورد اول بود. در رابطه با بهترین الگوریتم آموزشی در شبکه‌های عصبی

مصنوعی طراحی‌شده جهت پیش‌بینی کل تولید شیر در یک دوره شیردهی بر اساس سه، چهار و یا پنج رکورد اولیه تولید شیر دام می‌توان به قطعیت بیان کرد که الگوریتم لونبرگ مارکوات قویترین الگوریتم می‌باشد که دانگر و همکاران (۲۰۱۲) نیز الگوریتم لونبرگ مارکوات را الگوریتمی موفق در این زمینه نسبت به سایر الگوریتم‌های به‌کاررفته در تحقیق خود بیان کرده‌اند. در رابطه با توابع فعالیت استفاده‌شده در ساختارهای شبکه عصبی مصنوعی در لایه‌های پنهان و خروجی مشاهده می‌شود که تابع تانژانت هیپربولیک آکسون در الگوریتم آموزشی لونبرگ مارکوات دارای بهترین عملکرد است؛ بنابراین در کل ساختارهای عصبی مصنوعی استفاده‌شده جهت پیش‌بینی کل تولید شیر در یک دوره شیردهی با استفاده از سه، چهار و یا پنج رکورد اولیه تولید شیر تابع تانژانت هیپربولیک آکسون با الگوریتم آموزشی لونبرگ مارکوات در هر دو لایه پنهان و خروجی دارای بهترین عملکرد است و ضریب تبیین شبکه عصبی برای این ساختار با سه، چهار و یا پنج رکورد اولیه تولید شیر به‌عنوان متغیرهای ورودی شبکه به ترتیب ۰/۷۷۹، ۰/۸۵۶ و ۰/۹۰۴ است. منحنی رگرسیون مربوط به کل شیر تولیدی پیش‌بینی‌شده توسط شبکه عصبی مصنوعی (با الگوریتم لونبرگ مارکوات) با استفاده از پنج رکورد اول دام در مقابل کل تولید شیر مشاهده‌شده در دوره شیردهی به وسیله دام در شکل ۴ آورده شده است. بر این اساس تابع فعالیت تانژانت هیپربولیک آکسون دارای ضریب همبستگی ۰/۹۵۱ می‌باشد که نشان می‌دهد که شبکه عصبی با این ساختارها به میزان ۹۵/۱ درصد مقادیر واقعی تولید شیر را پیش‌بینی می‌کند. اختلاف بین مقادیر پیش‌بینی‌شده توسط شبکه عصبی مصنوعی بر اساس پنج رکورد اول دام (الگوریتم آموزشی لونبرگ مارکوات) و مقادیر واقعی کل شیر تولیدی در یک دوره شیردهی توسط دام در شکل ۴ آورده شده است. با توجه به این منحنی در ساختار شبکه عصبی با الگوریتم آموزشی مومنتوم و توابع فعالیت تانژاتت آکسون، مقادیر شیر پیش‌بینی‌شده دارای پراکنش مناسب و اختلاف بین مقادیر پیش‌بینی‌شده و مقادیر واقعی تولید شیر عمدتاً در دامنه ۱۰۰۰-۰ کیلوگرم در یک دوره شیردهی قرار دارد و با توجه به خط برازش می‌توان از عملکرد بهینه این ساختارها اطمینان حاصل کرد. در تحقیقی گزارش‌شده است که سن دام در اولین زایش و فاصله زایمان تا لقاح از بهترین متغیرها برای پیش‌بینی تولید شیر در گاو هلشتاین بودند (Radwan و همکاران، ۲۰۲۰) که می‌تواند در آینده موردتوجه قرار گیرد.





شکل ۴- منحنی رگرسیونی کل تولید شیر پیش‌بینی‌شده در یک دوره شیردهی با استفاده از پنج رکورد اول با لونبرگ مارکوات و تانژانت هیپربولیک آکسون در مقابل مقادیر واقعی کل تولید شیر در دوره شیردهی (A) و تفاوت مقادیر واقعی کل تولید شیر در دوره شیردهی و پیش‌بینی‌شده (B)

Figure 4. The regression curve of total milk production predicted in a lactation period using using five record with Leven-berg–Marquardt and axon hyperbolic tangent versus the actual values of total production in a lactation period (right). The difference between the actual values of the total production and the predicted values (left)

پژوهشی دیگری در لهستان نیز نشان داده است در پیش‌بینی مناسب حذف گاو هلشتاین از گله با روش شبکه‌های عصبی مصنوعی، باید از پارامترهای سن زایش، سختی زایمان و ویژگی‌های منحنی شیردهی بر اساس پارامترهای مدل وود در اولین دوره شیردهی استفاده شود (Adamczyk و همکاران، ۲۰۲۱).

نتیجه‌گیری کلی

شبکه عصبی مصنوعی جهت پیش‌بینی رکورد چهارم تولید شیر دارای پتانسیل مناسبی بود به‌طوری‌که تابع سیگموئید آکسون و الگوریتم لونبرگ مارکوات با ضریب همبستگی ۰/۸۵ به‌صورت قابل‌قبولی قادر به پیش‌بینی تولید شیر در ماه چهارم بر اساس سه رکورد اول دام بود. در پیش‌بینی رکورد پنجم، شبکه عصبی با تابع تانژانت هیپربولیک آکسون و الگوریتم لونبرگ مارکوات دارای بیشترین توانایی بود و در این ساختار، ضریب همبستگی ۰/۸۰ به‌دست آمد. نتایج نشان‌دهنده عدم دقت کافی شبکه عصبی در پیش‌بینی دقیق تولید شیر در ماه دهم شیردهی است. در رابطه با پیش‌بینی کل تولید شیر دام در یک دوره شیردهی که مهم‌ترین بخش این تحقیق است و پیش‌بینی این بخش در گله‌ها می‌تواند در برنامه‌های مدیریتی تأثیرگذار باشد؛ شبکه عصبی مصنوعی به‌خوبی توانست کل تولید شیر در دوره ۳۰۵ روز شیردهی را پیش‌بینی کند. در ساختارهای عصبی مصنوعی استفاده‌شده جهت پیش‌بینی کل تولید شیر در یک دوره شیردهی با استفاده از سه، چهار و یا پنج رکورد اولیه تولید شیر، تابع تانژانت هیپربولیک آکسون با الگوریتم لونبرگ مارکوات در هر دو لایه پنهان و خروجی دارای بهترین عملکرد بود و ضریب همبستگی بین مقادیر پیش‌بینی‌شده و مقادیر واقعی تولید شیر در یک دوره شیردهی برای این ساختارها با سه، چهار و یا پنج رکورد اولیه تولید شیر به‌عنوان متغیرهای ورودی شبکه به‌ترتیب ۰/۸۹، ۰/۹۲ و ۰/۹۵ بود و به‌طورکلی فارغ از نوع الگوریتم و تابع فعالیت، زمانی که در متغیرهای ورودی شبکه عصبی از پنج رکورد ماهانه اول تولید شیر استفاده شد، عملکرد شبکه بهبود یافت. با توجه به نتایج حاصله می‌توان از توان شبکه عصبی مصنوعی جهت پیش‌بینی کل تولید شیر دام در یک دوره شیردهی بر اساس سه، چهار و یا پنج رکورد ماهانه با دقت نسبت بالا استفاده کرد و برنامه‌های مدیریتی گله را بر این اساس تنظیم نمود.

References

Adamczyk, K., Grzesiak, W. & Zaborski, D. (2021). The Use of Artificial Neural Networks and a General Discriminant Analysis for Predicting Culling Reasons in Holstein-Friesian Cows Based on First-Lactation Performance Records. *Animals*, 11: 1-18.

Akilli, A. & Atil, H. (2014). Artificial intelligence technologies in dairy science: fuzzy logic and artificial neural network. *Journal of Animal Production*, 55(1):39–45.

Chaturvedi, S., Yadav, R.L., Gupta, A.K. & Sharma, A.K. (2013). Life Time Milk Amount Prediction in Dairy Cows using Artificial Neural Networks. *International Journal Research and Review*, 5: 1-6.

Dongre, V.B., Gandhi, R.S., Singh, A. & Ruhil, A.P. (2012). Comparative efficiency of artificial neural networks and multiple linear regression analysis for prediction of first lactation 305-day milk yield in Sahiwal cattle. *Livestock Science*, 147: 192-197.

Fernández, C., Soriab, E., Sánchez-Seiquera, P., Gómez-Chovab, L., Magdalenab, R., Martínb, J. D., Navarroc, M. J. & Serrano A. J. (2006). Weekly milk prediction on dairy goats using neural networks. *Neural Computing and Applications*, 16: 373-381.

Ghotbaldini, H.R., Mohammadabadi, M.R. & Nezamabadi Pour, H. (2016). Using Artificial Intelligence to Estimate the Correction Value of Birth and 3-Month-Old Weights of Kermani Breed Sheep. *Modern Genetics*, 12: 323-331.

Görgülü, Ö. (2012). Prediction of 305-day milk yield in brown swiss cattle using artificial neural networks. *South African Journal of Animal Science*, 42(3): 280–7.

Hasani Baferani, A. & Pishkar, J. (2014). Registration of specifications, recording and evaluation of dairy cattle type. Institute of Applied Scientific Education of Jihad Agriculture Press, 260 p. (In Persian).

Izadkhah, R., Farhangfar, H., Fathi Nasri, M. H. & Naeemipour Younesi, H. (2011). Application of Wilmink's Exponential Function in Genetic Analysis of 305-d Milk Production and Lactation Persistency in Holstein Cows of Razavi Khorasan. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 3: 297-303. (In Persian).

Khazaei, J., Nikosiar, M., Nagatsuka, T. & Ninomiya, S. (2008). Approximating Milk Yield and Milk Fat and Protein Concentration of Cows through the Use of Mathematical and Artificial Neural Networks Models. The World Conference on Agricultural Information and IT, Tokya, Japan, 91- 105.

Khairunniza Bejo, S., Mustaffha, S., Khairunniza-Bejo, S., Ishak, W. & Ismail, W. (2014). Application of Artificial Neural Network in Predicting Crop Yield. *Journal of Food Science Enginearing*, 4: 1–9.

Kumar, H. & Hooda, B.K. (2014). Prediction of milk production using artificial neural network. *Advances in Agriculture and Environmental Science*, 6(2):173–5.

Montazer Torbati, M., Moradi Shahr Babak, M., Mirai Ashtiani, R. & Seidenjad, M. (2012). Sustainability Criteria in Holstein Cows of Iran, the First Seminar on Genetics and Breeding of Livestock, Poultry and Fisheries, Tehran, Iran. (In Persian).

Nobari, K., Bane, H., Esmaeilkhanian, S., Yousefi, 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. (In Persian).

Pour Hamidi, S., Mohammadabadi, M. R., Asadi Foozi, M. & Nezamabadi-pour, H. (2017). Prediction of breeding values for the milk production trait in Iranian Holstein cows applying artificial neural networks. *Journal of Livestock Science and Technologies*, 5(2), 53-61.

Radwan, H., El Qaliouby, H. & Elfadl, E. (2020). Classification and prediction of milk yield level for Holstein Friesian cattle using parametric and non-parametric statistical classification models. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 7(3): 429-435.

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.

Sharma, S. K. & Kumar, S. (2014). Anticipating milk yeild using artificial Neural Network. *International Journal of Applied Science and Engineering Research*, 3: 690–695.

Streefland, G., Herrema, F. & Martini, M. (2023). A Gradient Boosting model to predict the milk production. *Smart Agricultural Technology*, 6: 100302.

Tanty, R. & Desmukh, T.S. (2015). Application of Artificial Neural Network in Hydrology-A Review. *International Journal of Engineering Research*, 4: 184–188.

White, B.W. & Rosenblatt, F. (1963). Principles of Neurodynamics: Perceptrons and the Theory of Brain Mechanisms. *American Journal of Psychology*, 76: 705.