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

Rashid Safari^{1*}, Mohammadreza Sheikhlou², Mohammad Esmaeilpour³,
Hamed Jafarzadeh⁴, Atefeh Sheikhali Pour⁵

¹Assistant 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:
Revised:
Accepted:

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 R² were highest (0.725 and 0.642 respectively), RMSEs were lowest (4.785 and 5.345 respectively) and MAEs were lowest (3.715 and 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., Esmailpour, M., Jafarzadeh, H., Sheikhal Pour, A. (2024). Application of artificial neural networks to predict milk production in Holstein cows. *Journal of Ruminant Research*, 12(2),



© The Author(s).

DOI:

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

پیش‌بینی تولید شیر گاو هلستاین با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی

رشید صفری^{۱*}، محمدرضا شیخلو^۲، محمد اسماعیل پور^۳، حامد جعفرزاده^۴، عاطفه شیخعلی پور^۵

^۱ استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، رایانامه: rashid.safari@gmail.com

^۲ دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، رایانامه: mrsheikhlou@gmail.com

^۳ استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، رایانامه: m.esmaeilpour@tabrizu.ac.ir

^۴ استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، رایانامه: jafarzadeh.hamed@yahoo.com

^۵ دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، رایانامه: tanrim@yahoo.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی	سابقه و هدف: در این تحقیق، از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی تولید شیر گاو هلستاین در ماه‌های چهارم، پنجم، دهم و کل تولید شیر در یک دوره‌ی شیردهی ۳۰۵ روز استفاده شد.
تاریخ دریافت: تاریخ ویرایش: تاریخ پذیرش:	مواد و روش‌ها: پایگاه اولیه‌ی داده‌ها شامل ۲۷۴۰۲۵ رکورد تولید شیر حاصل از ۷۲۰۱ رأس گاو هلستاین 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 مورد استفاده 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 (تانزانانت هیپربولیک آکسون، سیگموئید آکسون، تانزانانت هیپربولیک خطی آکسون) و سه الگوریتم پس انتشار مومنتوم، گرادیان نزولی و لونیبرگ 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.
واژه‌های کلیدی: شبکه عصبی مصنوعی پیش‌بینی تولید شیر گاو هلستاین	یافته‌ها: در پیش‌بینی رکورد تولید شیر در ماه چهارم و پنجم تولید دام بر اساس سه رکورد اول ماهانه‌ی تولید شیر، به ترتیب ساختار شبکه با الگوریتم لونیبرگ مارکوات و تابع فعالیت سیگموئید آکسون و ساختار شبکه با الگوریتم لونیبرگ مارکوات و تابع فعالیت تانزانانت هیپربولیک آکسون بهترین عملکرد را نشان دادند. برای این ساختارها، ضریب تبیین دارای بیشترین مقدار (به ترتیب ۰/۷۲۵ و ۰/۶۴۲)، مجذور میانگین مربعات خطا دارای کمترین مقدار (

به ترتیب ۴/۷۸۵ و ۵/۳۴۵) و میانگین خطای مطلق دارای کمترین مقدار (به ترتیب ۳/۷۱۵ و ۴/۰۵۷) بود. در پیش‌بینی رکورد دهم تولید شیر دام بر اساس سه و یا چهار رکورد اول ماهانه 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 لونیبرگ مارکوات با تابع فعالیت تانژانت هیپربولیک آکسون دارای بهترین عملکرد بود. بطوری که، ضریب تبیین، مجذور میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق به ترتیب 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 به ترتیب 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 طراحی شده در این آزمایش با ضریب همبستگی ۰/۸۴ توان پیش‌بینی تولید شیر دام‌ها در ماه چهارم شیردهی را داشت. از طرفی شبکه عصبی طراحی شده 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 به ترتیب 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 نسخوارکنندگان، ۱۲(۲).

DOI:



© نویسنده‌گان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

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 به صورت موفق‌آمیزی در عمل پیاده کنند. با توجه به اهمیت تولید شیر در پرورش گاو شیری به دلیل تامین 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 کم‌بازده و فاقد سود اقتصادی، برنامه‌های مدیریتی اصلاح ژنتیکی در گله با توجه به منحنی شیردهی گله، برنامه‌های 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 استفاده شده است (Ghotbaldini و همکاران، ۲۰۱۶). دامداران می‌توانند مزایای قابل توجهی 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 بهینه سازی درآمد دامداری‌ها ضروری است (Streefland و همکاران، ۲۰۲۳؛ Izadkhan و همکاران، ۲۰۱۱). شبکه‌های عصبی مصنوعی به دلیل کشف روابط غیر خطی 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 مورد نیاز 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 چند لایه یک مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی پیش‌خور است که شامل یک لایه ورودی، یک یا چند لایه پنهان و یک لایه خروجی

رکوردگیری 30 ± 5 روز ملاک انتخاب قرار گرفت به طوری که اگر دامی دارای رکورد تولید شیر ثبت شده 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 بیش از حد 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 بر حسب لیتر محاسبه شد:

$$(فاصله دو رکوردگیری \times 0/4) + 27/4$$

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 به دست آمده 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 به صورت زیر محاسبه گردید (Hasani Baferani و Pishkar، ۲۰۱۴):

است. در هر یک پرسپترون چند لایه، چندین گره در یک گراف جهت دار به طور کامل به گراف بعدی متصل هستند و هر گره یک نورون با تابع فعال سازی 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 مورد استفاده 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 زود هنگام است، مورد استفاده 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 مورد توجه قرار گرفتند و فاصله

(MAE) برای صحت‌سنجی شبکه‌های عصبی طراحی شده مورد استفاده 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 یک لایه پنهان و حداقل ۵ نرون استفاده شد (Chaturvedi و همکاران ۲۰۱۳). الگوریتم‌های آموزش مورد استفاده شامل مونتوموم، گرادیان نزولی و لونیگ مارکوات و توابع مورد استفاده شامل تانزانت هیپربولیک آکسون، سیگموئید آکسون و تانزانت 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 بدست آمده برای شبکه عصبی پرسپترون چند لایه، الگوریتم آموزش لونیگ مارکوات تابع فعالیت سیگموئید آکسون در هر دو لایه پنهان و خروجی می‌باشد بطوری که 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 قابل قبول است (جدول ۱) و الگوریتم آموزش گرادیان نزولی و توابع فعالیت تانزانت هیپربولیک آکسون در رتبه‌های بعدی عملکرد قرار داشتند. براساس معیارهای عملکرد هر چقدر ضریب تبیین دارای مقدار بیشتری (نزدیک به یک) باشد شبکه

رکورد تولید شیر در زمان اولین رکوردگیری \times ضریب از جدول رکوردگیری) \times زمان بین زایش تا اولین رکوردگیری

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

ماه اولین رکورد گیری 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_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 طراحی شده 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، تایید 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

شبکه عصبی مصنوعی توانست به میزان ۸۵ درصد مقادیر واقعی تولید شیر را پیش‌بینی می‌کند و پراکنش داده‌ها در منحنی مربوطه نشان دهنده پیش‌بینی موفق این ساختار است (شکل ۱). بطوری که، مقادیر شیر پیش‌بینی شده دارای پراکنش مناسب و اختلاف بین مقادیر پیش‌بینی شده و مقادیر واقعی تولید شیر عمدتاً در دامنه ۰-۵ کیلوگرم در روز قرار دارد و با توجه به خط برازش به دست آمده 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 گزارش شده بود (Radwan و همکاران، ۲۰۲۰).

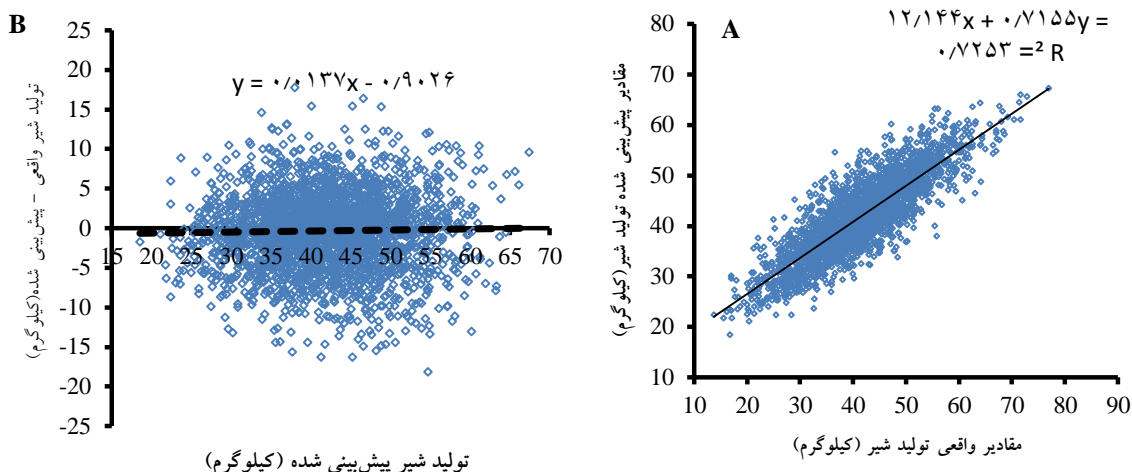
عصبی با دقت بیشتری می‌تواند تغییرات مربوط به تولید دام را پیش‌بینی کند از طرفی مقادیر پایین‌تر مجذور میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق (نزدیک به صفر) قابل قبول‌تر می‌باشد (Sharma و همکاران، ۲۰۰۶؛ Fernández و همکاران، ۲۰۰۶).

منحنی رگرسیون مربوط به مقادیر تولید شیر پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی مصنوعی با الگوریتم آموزش لونیبرگ مارکوات تابع فعالیت سیگموئید آکسون و نیز مقادیر تولید شیر مشاهده شده 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

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	تانزانته 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	تانزانته هیپربولیک خطی آکسون / مومنتوم Linear hyperbolic tangent axon /momentum
3.738	4.798	0.717	تانزانته 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	تانزانته هیپربولیک خطی آکسون / گرادیان نزولی Linear hyperbolic tangent axon/ conjugate gradient
3.745	4.811	0.714	تانزانته هیپربولیک آکسون / لونیبرگ مارکوات Hyperbolic tangent axon/ Leven-berg-Marquardt
3.712	4.785	0.725	سیگموئید آکسون / لونیبرگ مارکوات Sigmoid axon/ Leven-berg-Marquardt
3.746	4.887	0.712	تانزانته هیپربولیک خطی آکسون / لونیبرگ مارکوات Linear hyperbolic tangent axon/ Leven-berg-Marquardt



شکل ۱- منحنی رگرسیونی مقادیر پیش‌بینی شده تولید شیر در ماه چهارم با الگوریتم لونیبرگ 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 پیش‌بینی شده (شکل B) Figure 1. The regression curve of the predicted values of milk production in the fourth month using a Levenberg-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)

مقدار در مقایسه با سایر ساختارها بود و این مقادیر به ترتیب ۰/۶۴۲، ۵/۳۴۵ و ۴/۰۵۷ به دست آمدند. نتایج مطالعه Nobari و همکاران (۲۰۱۹) نیز نشان داد که مدل شبکه عصبی مصنوعی مورد استفاده، 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 لونیبرگ مارکوات، توابع فعالیت سیگموئید آکسون و تانژانت هیپربولیک خطی آکسون به ترتیب 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 مورد استفاده است.

پیش‌بینی رکورد پنجم تولید شیر بر اساس سه رکورد اول تولید شیر دام: با توجه به نتایج به دست آمده 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 بجز تابع سیگموئید آکسون با الگوریتم مونتوم 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 لونیبرگ مارکوات دارای بیشترین توانایی در پیش‌بینی رکورد پنجم تولید شیر دام بر اساس سه رکورد اول دام بود. بطوری که در این ساختار شبکه ضریب تبیین دارای بیشترین مقدار، مجذور میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق دارای کمترین

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	تانزانته 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	تانزانته هیپربولیک خطی آکسون / مومنتوم Linear hyperbolic tangent axon /momentum
6.237	8.221	0.192	تانزانته 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	تانزانته هیپربولیک خطی آکسون / گرادیان نزولی Linear hyperbolic tangent axon /conjugate gradient
4.057	5.345	0.642	تابع تانزانته 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 تانزانته هیپربولیک خطی آکسون الگوریتم لونبرگ مارکوات Linear hyperbolic tangent axon Leven-berg–Marquardt

با سایر ساختارها بود و این مقادیر به ترتیب ۰/۴۸۵، ۷/۳۰۶ و ۵/۸۴۰ به دست آمدند. هر چند که نتیجه کلی نشان دهنده دقت خیلی پایین شبکه عصبی با ساختارهای طراحی شده در پیش‌بینی دقیق تولید شیر در ماه دهم شیردهی با استفاده از متغیرهای ورودی مورد استفاده 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 سیگموئید آکسون در هر دو لایه پنهان و خروجی دارای بهترین عملکرد نسبت به سایر توابع فعالیتها بود به طوری که ضریب تبیین، مجذور میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق به ترتیب 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

پیش‌بینی رکورد دهم تولید شیر بر اساس سه و چهار رکورد اول تولید شیر دام: با توجه به نتایج به دست آمده 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 بجز تابع سیگموئید آکسون با الگوریتم مومنتوم دارای عملکرد نسبتاً مشابهی بودند و در بین این توابع ساختار شبکه عصبی مصنوعی با تابع تانزانته هیپربولیک آکسون و الگوریتم آموزش لونبرگ مارکوات دارای بیشترین توانایی در پیش‌بینی رکورد دهم تولید شیر دام بر اساس سه رکورد اول دام بود. به طوری که در این ساختار شبکه ضریب تبیین دارای بیشترین مقدار، مجذور میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق دارای کمترین مقدار در مقایسه

پیش‌بینی تولید شیر گاو هلشتاین با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی / رشید صفری و همکاران

از توان ضعیف شبکه‌های طراحی شده با ورودی‌های استفاده شده داشت. به‌طوری‌که در بین تمامی ساختارهای شبکه عصبی مصنوعی، الگوریتم آموزش لونیبرگ مارکوات با تابع سیگموئید آکسون در بهترین حالت قادر به پیش‌بینی تولید شیر دام در رکورد دهم با دقت ۷۲/۵ درصد است.

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 چند لایه بجز تابع سیگموئید آکسون با الگوریتم مومنتوم دارای عملکرد نسبتاً مشابهی بودند و ضریب تبیین بین ۰/۳۶ تا ۰/۵۳ در این ساختارها نشان

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

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

۳۰۵ روز بر اساس سه رکورد اول دام با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، ساختار شبکه با الگوریتم آموزشی لونیبرگ مارکوات و تابع فعالیت تانزانته هیپربولیک آکسون در هر دو لایه پنهان و خروجی دارای بهترین عملکرد نسبت به سایر توابع فعالیت بود به‌طوری‌که ضریب تبیین دارای بیشترین مقدار،

پیش‌بینی کل تولید شیر دام در یک دوره شیردهی براساس سه، چهار و پنج رکورد اول: نتایج حاصل از توابع مختلف با الگوریتم‌های آموزش تعیین شده 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

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.

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

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

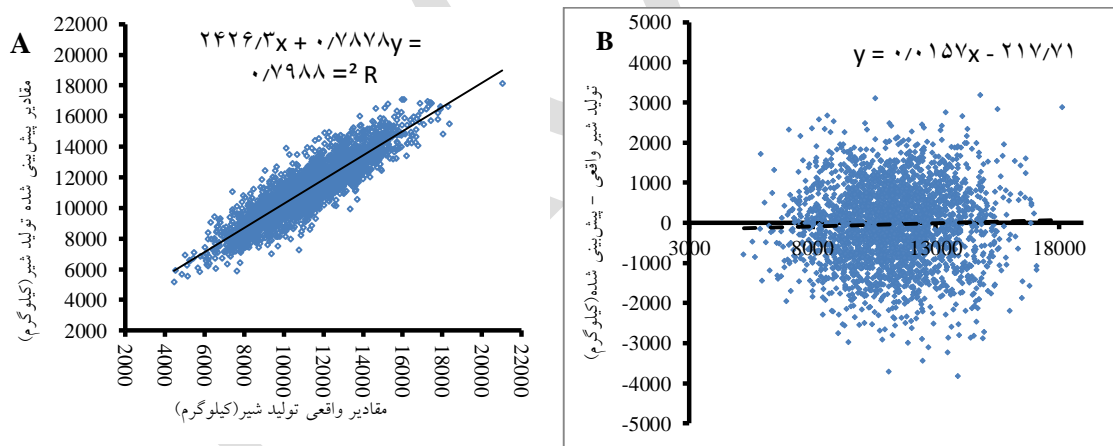
Table 5. Performance criteria of artificial neural network to predict the total production in a milking period based on the first three, four and five records of production

MAE			RMSE			R ²			تابع فعالیت / الگوریتم آموزشی Activity function Training algorithm/
میانگین خطای مطلق			مجذور میانگین مربعات خطا			ضریب تبیین			
پنج رکورد اول	چهار رکورد اول	سه رکورد اول	پنج رکورد اول	چهار رکورد اول	سه رکورد اول	پنج رکورد اول	چهار رکورد اول	سه رکورد اول	
575.27	709.76	860.32	785.22	905.14	1082.38	0.893	0.839	0.767	تانزانته هیپربولیک آکسون / مومنتوم Hyperbolic tangent axon / momentum
647.47	776.11	1280.24	818.21	978.36	1588.25	0.814	0.810	0.631	سیگموئید آکسون / مومنتوم Sigmoid axon / momentum
580.59	709.45	839.56	746.33	990.52	1059.12	0.891	0.841	0.777	تانزانته هیپربولیک خطی آکسون / مومنتوم Linear hyperbolic tangent axon / momentum
564.46	693.58	821.57	727.13	878.88	1045.12	0.897	0.849	0.774	تانزانته هیپربولیک آکسون / گرادیان نزولی Hyperbolic tangent axon / conjugate gradient
565.11	694.47	823.65	740.58	902.21	1045.11	0.893	0.848	0.783	سیگموئید آکسون / گرادیان نزولی Sigmoid axon / conjugate gradient
635.25	705.31	834.21	809.47	909.58	1056.24	0.871	0.838	0.777	تانزانته هیپربولیک خطی آکسون / گرادیان نزولی Linear hyperbolic tangent axon / conjugate gradient
548.69	653.33	790.21	706.59	850.98	984.14	0.904	0.856	0.799	تانزانته هیپربولیک آکسون / لونبرگ مارکوات Hyperbolic tangent axon / Leven-berg-Marquardt
552.87	664.92	800.41	710.47	856.84	1016.23	0.902	0.855	0.796	سیگموئید آکسون / لونبرگ مارکوات Sigmoid axon / Leven-berg-Marquardt
557.65	681.54	795.35	715.41	868.23	1020.36	0.901	0.851	0.775	تانزانته هیپربولیک خطی آکسون / لونبرگ مارکوات Linear hyperbolic tangent axon / Leven-berg-Marquardt

است. بر اساس این منحنی رگرسیون، الگوریتم آموزشی لونیبرگ مارکوات و تابع فعالیت تانژانت هیپربولیک آکسون در هر دو لایه پنهان و خروجی دارای همبستگی $0/89$ می‌باشد که نشان می‌دهد که شبکه عصبی با این ساختار به میزان بیش از $89/4$ درصد مقادیر واقعی تولید شیر را پیش‌بینی می‌کند. تحقیقات سایر محققان نشان از عملکرد خوب شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی تولید شیر گاو به خصوص زمانی که ارتباط بین متغیرها پیچیده باشد دارد (Akilli و Atil، 2014 ؛ Kumar و Hooda، 2014). از طرفی، تفاوت مقادیر واقعی شیر تولیدی توسط دام با مقادیر شیر پیش‌بینی شده در یک دوره شیردهی در شکل ۲ دارای پراکنش مناسب و عمدتاً در دامنه $1000-0$ کیلوگرم در یک دوره شیردهی قرار دارد و با توجه به خط برازش به دست آمده می‌توان از عملکرد بهینه این ساختارها اطمینان حاصل کرد.

این محققین با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه با الگوریتم آموزش لونیبرگ مارکوات ضریب تبیین $0/75$ 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 طراحی شده در پیش‌بینی دقیق کل تولید شیر با استفاده از ۳ رکورد اول دام به‌عنوان داده‌های ورودی مورد استفاده جهت پیش‌بینی کل تولید شیر دام در دوره 305 روز شیردهی است. به طوری که ضریب همبستگی بین مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی شده تولید شیر $0/89$ به دست آمد.

منحنی رگرسیون کل شیر تولیدی پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی مصنوعی با الگوریتم آموزشی لونیبرگ مارکوات با استفاده از سه رکورد اول دام در مقابل مقادیر واقعی تولید شیر در شکل ۲ آورده شده



شکل ۲- منحنی رگرسیونی کل تولید شیر پیش‌بینی شده در یک دوره شیردهی الگوریتم آموزشی لونیبرگ 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 پیش‌بینی شده (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)

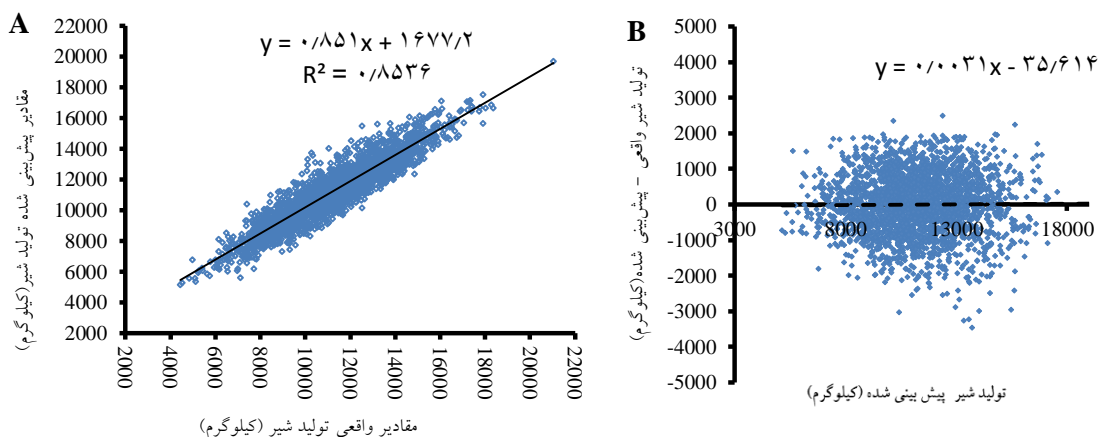
رکورد اول تولید شیر دام (جدول ۴) نتایج نشان داد که، تمامی ساختارهای شبکه عصبی پرسپترون چند

در راستای پیش‌بینی کل تولید شیر یک دوره شیردهی (305 روز تولید شیر) با استفاده از چهار

لایه 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 نسبتاً 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 به‌دست آوردند. از طرفی در بین ساختارهای مختلف شبکه عصبی استفاده‌شده، الگوریتم آموزش لونیگ 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 گزارش شده 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 لونیگ مارکوات با تابع فعالیت تانزانت هیپربولیک آکسون در هر دو لایه پنهان و خروجی به‌دست آمد که 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، در حالی که 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.

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 لونیگ 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 تابع فعالیت تانزانت 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 در یک دوره شیردهی قرار دارد و با توجه به خط برآزش 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 تانزانت هیپربولیک آکسون در هر دو لایه پنهان و خروجی دارای بهترین عملکرد بود بطوری‌که 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، در حالی که 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 پیش‌بینی شده در یک دوره شیردهی با الگوریتم لونیبرگ 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 پیش‌بینی شده (B)

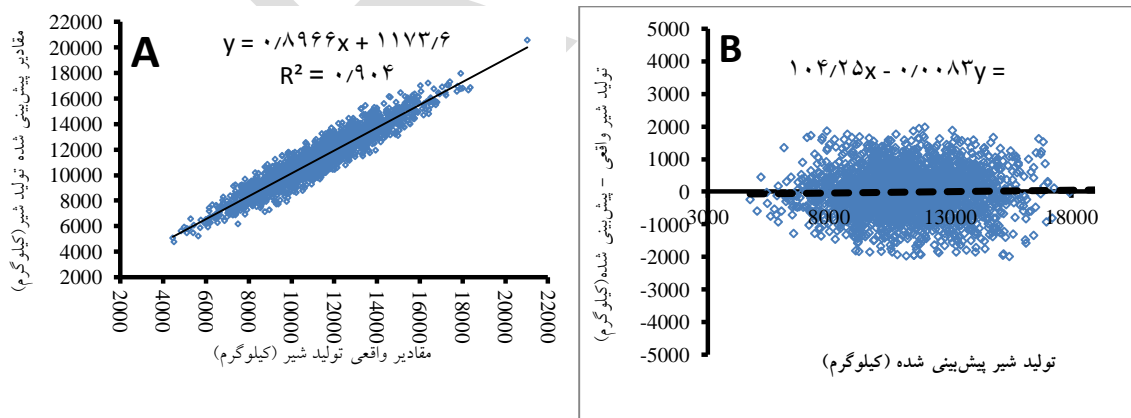
Figure 3. The regression curve of the total milk production predicted in a lactation period using Levenberg–Marquardt training and hyperbolic tangent activity function of the axon versus the actual values of the total milk production in a lactation period (right). The difference between the actual values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

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 به دست آمده 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. به طوری که فارغ از نوع الگوریتم و تابع فعالیت مورد استفاده 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 طراحی شده 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 لونیبرگ مارکوات قویترین الگوریتم می‌باشد که دانگر و همکاران (۲۰۱۲) نیز الگوریتم لونیبرگ مارکوات را الگوریتمی موفق در این زمینه نسبت به

نتایج حاصله در شبکه عصبی پرسپترون چند لایه با الگوریتم آموزش لونیبرگ مارکوات جهت پیش‌بینی تولید کل در یک دوره شیردهی نشان داد که هر سه تابع فعالیت استفاده شده در لایه پنهان و لایه خروجی دارای عملکرد مناسب با ضریب تبیین بالای ۰/۹۰۱ بودند و در این بین تابع فعالیت تانژانت هیپربولیک آکسون در هر دو لایه پنهان و خروجی دارای بهترین عملکرد بود به طوری که 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 به دست آمده 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 لونیبرگ مارکوات دارای بیشترین توانایی در پیش‌بینی کل تولید شیر دام بر اساس پنج رکورد اول بود. به طوری که در

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 پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی مصنوعی بر اساس پنج رکورد اول دام (الگوریتم آموزشی لونیبرگ 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 تانژانت آکسون، مقادیر شیر پیش‌بینی شده دارای پراکنش مناسب و اختلاف بین مقادیر پیش‌بینی شده و مقادیر واقعی تولید شیر عمدتاً در دامنه ۱۰۰۰-۰ کیلوگرم در در یک دوره شیردهی قرار دارد و با توجه به خط برازش می‌توان از عملکرد بهینه این ساختارها اطمینان حاصل کرد. در تحقیقی گزارش شده 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 مورد توجه قرار گیرد.

سایر الگوریتم‌های به‌کار رفته 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 لونیبرگ مارکوات دارای بهترین عملکرد است. بنابراین در کل ساختارهای عصبی مصنوعی استفاده شده 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 لونیبرگ 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 پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی مصنوعی (با الگوریتم لونیبرگ 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



شکل ۴- منحنی رگرسیونی کل تولید شیر پیش‌بینی شده در یک دوره شیردهی با استفاده از پنج رکورد اول با لونیبرگ 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 پیش‌بینی شده (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)

مدیریتی تاثیر گذار باشد؛ شبکه عصبی مصنوعی به‌خوبی توانست کل تولید شیر در دوره ۳۰۵ روز شیردهی را پیش‌بینی کند. در ساختارهای عصبی مصنوعی استفاده شده 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 لونیبرگ مارکوات در هر دو لایه پنهان و خروجی دارای بهترین عملکرد بود و ضریب همبستگی بین مقادیر پیش‌بینی شده و مقادیر واقعی تولید شیر در یک دوره شیردهی برای این ساختارها با سه، چهار و یا پنج رکورد اولیه تولید شیر به عنوان متغیرهای ورودی شبکه به‌ترتیب ۰/۸۹، ۰/۹۲ و ۰/۹۵ بود و به‌طوری کلی 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 نسبتاً بالا استفاده کرد و برنامه‌های مدیریتی گله را بر این اساس تنظیم نمود.

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 لونیبرگ 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 لونیبرگ 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

References

1. Adamczyk, K., Grzesiak, W. and 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.
2. Akilli, A. and Atil, H. 2014. Artificial intelligence technologies in dairy science: fuzzy logic and artificial neural network. *Journal of Animal Production*, 55(1):39-45.
3. Chaturvedi, S., Yadav, R.L., Gupta, A.K. and Sharma, A.K. 2013. Life Time Milk Amount Prediction in Dairy Cows using Artificial Neural Networks. *International Journal Research and Review*, 5: 1-6.
4. Dongre, V.B., Gandhi, R.S., Singh, A., and 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.
5. Fernández, C., Soriab, E., Sánchez-Seiquera, P., Gómez-Chovab, L., Magdalenab, R., Martínb, J. D., Navarro, M. J. and Serrano A. J. 2006. Weekly milk prediction on dairy goats using neural networks. *Neural Computing and Applications*, 16: 373-381.

6. Ghotbaldini, H.R., Mohammadabadi, M.R. and 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.
7. 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.
8. Hasani Baferani, A. and 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).
9. Izadkhah, R., Farhangfar, H., Fathi Nasri, M. H. and 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.
10. Khazaei, J., Nikosiar, M., Nagatsuka, T. and 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*, Tokyo, Japan, 91- 105.
11. Khairunniza Bejo, S., Mustaffha, S., Khairunniza-Bejo, S., Ishak, W. and Ismail, W. 2014. Application of Artificial Neural Network in Predicting Crop Yield. *Journal of Food Science Engineering*, 4: 1-9.
12. Kumar, H. and Hooda, B.K. 2014. Prediction of milk production using artificial neural network. *Advances in Agriculture and Environmental Science*, 6(2):173-5.
13. Montazer Torbati, M., Moradi Shahr Babak, M., Mirai Ashtiani, R. and 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).
14. Nobari, K., Bane, H., Esmailkhanian, S., Yousefi, K. and 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).
15. Pour Hamidi, S., Mohammadabadi, M. R., Asadi Foozi, M. and 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.
16. Radwan, H., El Qaliouby, H. and 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.
17. Sharma, A., Sharma, R.K. and 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.
18. Sharma, S. K. and kumar, S. 2014. Anticipating milk yeild using artificial Neural Network. *International Journal of applied science and engineering research*, 3: 690-695.
19. Streefland, G., Herrema, F. and Martini, M. 2023. A Gradient Boosting model to predict the milk production. *Smart Agricultural Technology*, 6: 100302.
20. Tanty, R. and Desmukh, T.S. 2015. Application of Artificial Neural Network in Hydrology- A Review. *International Journal of Engineering Research*, 4: 184-188.
21. White, B.W. and Rosenblatt, F. 1963. Principles of Neurodynamics: Perceptrons and the Theory of Brain Mechanisms. *American Journal of Psychology*, 76: 705.