СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-23

NEURAL NETWORK FORECASTING OF THE DEVELOPMENT OF DAIRY FARMING IN THE VOLGOGRAD REGION

G. V. Fedotova¹, I. F. Gorlov^{1,2}, M. I. Slozhenkina¹, A. V. Gluschenko¹,
E. S. Vorontsova¹, D. A. Mosolova¹

¹*Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production,
Volgograd, Russia*

²*Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia*

Received 12.03.2020

Submitted 14.05.2020

*The work was performed under the state task A19-119051400084-5 and under the grant
from the President of the Russian Federation NSh-2542.2020.11*

Summary

Volgograd region imports almost 25% of dairy raw materials from other regions, as the capacity of dairy farms of agricultural enterprises and private farms is still insufficient. To improve the current situation and develop drastic measures, it is necessary to assess the prospects for the development of the industry and forecast its future state with the current rate of development. For this purpose, in the article, a tool for neural network modeling was used to forecast the development of the industry in the near future, the number of future cattle and dairy cows was estimated as well as the volume of production of dairy raw materials.

Abstract

Introduction. Dairy farming is one of the most important directions of ensuring food security of the Russian Federation. Nowadays, virtually all food safety indicators are met, with the exception of milk and dairy products. The emerging trends in recent years of growth in the number of cattle, including dairy orientation, prove the development of this industry. Unfortunately, the increase in the number of livestock occurs mainly in peasant farms and personal subsidiary farms of the population, in terms of their scale and productivity do not have a high potential for increasing milk production. Therefore, it is necessary first of all to increase the growth rate of livestock in agricultural organizations that are able to form a powerful raw milk base. Currently, the processing industry is experiencing a shortage of dairy raw materials, so there is an increase in the production of counterfeit products and various violations of the production technologies of many dairy products. To this end, it is necessary to increase the intensity of dairy farming by improving feeding and livestock rearing technologies, develop dairy farms and continue to subsidize milk production. To improve the current situation and develop drastic measures, it is necessary to assess the prospects of the industry and forecast its future state at the current rate of development. **Object.** The object of the study was the livestock of cattle and dairy cows in the Volgograd region. **Materials and methods.** To build a forecast for the development of the industry, the academic online platform Deductor was used, in which perceptrons of cattle livestock development were built on the basis of retrospective dynamics data on the total number of cattle, number of dairy livestock, and milk production. **Results and conclusion.** Evaluation of the forecast development of dairy farming in the Volgograd region by 11 input parameters using the neural network modeling tool allowed us to present the parameters of the industry for 2022. The results of the analysis include 3 directions of the forecast: 1) the forecast value for 2022 for the parameter "Livestock total" was 320460 heads, which completely coincided with the actual value in 2019; 2) the forecast value for the parameter "Dairy total" was 122594 heads, while the actual value in 2019 was 129922 heads. So, according to the forecast, the number of dairy livestock may decrease by 7328 heads, or by 5.6%; 3) the forecast value for 2022 for the parameter "Milk total, tons" was 522999.89 tons, while the actual value in 2019 was 547444 tons. That is, according to the forecast, milk production in the region may decrease by 24444.11 tons, or by 4.46%. All the constructed models are highly stable, since all the considered parameters do not exceed the confidence intervals of the scattering diagrams, and the error values are zero for all the forecast value intervals. Thus, the construction of three forecasts for the development of dairy farming in the Volgograd region by 2022 demonstrate a decrease in milk produc-

tion, which requires a radical revision of the existing policy of state support for the dairy industry.

Key words: dairy farming, neural network forecast, dairy raw materials, livestock, dairy cows.

Citation. Fedotova G. V., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Gluschenko A. V., Vorontsova E. S., Mosolova D. A. Neural network forecasting of the development of dairy farming in the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 223-240 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-23.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 636.2.034(470.45):004.8

НЕЙРОСЕТЕВОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ МОЛОЧНОГО ЖИВОТНОВОДСТВА ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Г. В. Федотова¹, доктор экономических наук, доцент

И. Ф. Горлов^{1,2}, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН

М. И. Сложеникина¹, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН

А. В. Глущенко¹, доктор экономических наук, профессор

Е. С. Воронцова¹, младший научный сотрудник

Д. А. Мосолова¹, младший научный сотрудник

¹ Поволжский научно-исследовательский институт мясомолочной продукции, г. Волгоград

² Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 12.03.2020

Дата принятия к печати 14.05.2020

**Работа выполнена по госзаданию А19-119051400084-5
и по гранту Президента РФ НШ-2542.2020.11**

Актуальность. Молочное животноводство является одним из важных направлений обеспечения продовольственной безопасности государства. Сегодня фактически все индикаторы продовольственной безопасности выполнены, за исключением молока и молокопродуктов. Намечившиеся тенденции последних лет роста поголовья крупного рогатого скота, в том числе молочной направленности, доказывают развитие данной отрасли. К сожалению, рост численности поголовья животных происходит в основном в крестьянских фермерских хозяйствах и личных подсобных хозяйствах населения, которые по своим масштабам и производительности не обладают высоким потенциалом к росту производства молока. Необходимо прежде всего наращивать темпы роста поголовья животных в сельскохозяйственных организациях, которые способны сформировать мощную сырьевую молочную базу. В настоящее время перерабатывающая промышленность испытывает дефицит молочного сырья, поэтому наблюдаются рост выпуска фальсифицированной продукции и различные нарушения технологий производства многих молочных продуктов. С этой целью необходимо наращивать интенсивность молочного животноводства посредством улучшения технологий кормления и выращивания поголовья, развивать молочные фермы и продолжать субсидировать производство молока. Для улучшения сложившейся ситуации и разработки кардинальных мер необходимо оценить перспективы отрасли и спрогнозировать ее будущее состояние при существующих темпах развития. **Объект.** Объектом исследования явилось поголовье крупного рогатого скота и молочных коров в Волгоградской области. **Материалы и методы.** Для построения прогноза развития отрасли была использована академическая онлайн-платформа Deductor, в которой были выстроены перцептроны развития поголовья крупного рогатого скота на основе ретроспективных данных динамики по общему количеству поголовья крупного рогатого скота, численности молочного поголовья, объемам производства молока. **Результаты и выводы.** Оценка прогнозного развития молочного животноводства Волгоградской области по 11 входным параметрам с использованием инструмента «нейросетевое моделирование» позволило представить параметры отрасли на 2022 год. Итоги анализа включают в себя 3 направления прогноза: 1) прогнозное значение на 2022 год по параметру «Поголовье всего» составляло 320 460 гол., что полностью совпало с фактическим зна-

чением в 2019 г.; 2) прогнозное значение по параметру «Молочные всего» составило 122 594 гол., тогда как фактическое значение в 2019 г. составляло 129 922 гол. Итак, по прогнозу численность молочного поголовья может сократиться на 7328 гол., или на 5,6 %; 3) прогнозное значение для 2022 года по параметру «Молоко всего, т» составило 522 999,89 тонн, тогда как фактическое значение в 2019 г. надоев было 547 444 т. То есть по прогнозу, производство молока в регионе может сократиться на 24 444,11 тонн, или на 4,46 %. Все построенные модели обладают высокой устойчивостью, поскольку все рассматриваемые параметры не выходят за границы доверительных интервалов диаграмм рассеяния, значения ошибок – нулевое по всем интервалам прогнозных значений. Таким образом, построение трех прогнозов развития молочного животноводства в Волгоградской области к 2022 году демонстрируют снижение производства молока, что требует коренного пересмотра существующей политики государственной поддержки молочной отрасли.

Ключевые слова: молочное животноводство, нейросетевые прогнозы, молочное сырье, развитие молочного скотоводства, прогнозирование развития молочного скотоводства.

Цитирование. Федотова Г. В., Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Глущенко А. В., Воронцова Е. С., Мосолова Д. А. Нейросетевое прогнозирование развития молочного животноводства Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2020. 2(58). 223-240. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-23.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Молочное животноводство в России развивается нестабильно ввиду высоких издержек на содержание животных, проблем с комплектованием ферм и комплексов ремонтным поголовьем, зачастую укороченной продолжительностью лактации и общего снижения поголовья животных в хозяйствах по различным причинам. По итогам 2019 года общее количество крупного рогатого скота молочной направленности в хозяйствах России составило 3255 тыс. гол., что на 11,4 % ниже поголовья, содержавшегося в 2011 году. На рисунке 1 видим, что тренд численности поголовья имеет нисходящую прямую, что подтверждает прогнозы многих исследователей о проблемах по выполнению индикатора продовольственной безопасности по молоку и молокопродуктам при сложившихся условиях [4].

Высокие издержки и риски данной отрасли животноводства не позволяют развиваться и наращивать объемы молока-сырья для восполнения полной потребности внутреннего рынка (рисунок 1).

Рисунок 1 – Динамика численности молочного поголовья животных в России за период 2011-2019 гг., тыс. гол. (Итоги года 2019. Молоко и молочные продукты. Режим доступа: <https://sdelanounas.ru/blogs/129318/>)

Figure 1 – Dynamics of the number of dairy livestock of animals in Russia for the period 2011-2019, thousand heads. (Results of the year 2019. Milk and dairy products. Access mode: <https://sdelanounas.ru/blogs/129318/>)

Следовательно, при такой динамике численности молочного поголовья нет материальной основы для достижения роста объемов молочного сырья в будущих периодах. Как результат данной тенденции – рост индекса цен на молоко и молочную продукцию, замена натуральных продуктов в ежедневном рационе населения более дешевыми товарами-субститутами (цельное молоко – на сухое или восстановленное, масло сливочное – на маргарин).

Оценка объемов произведенного молока по итогам 2019 года по регионам Южного федерального округа показывает, что Волгоградская область занимает 3 место среди регионов ЮФО, уступая лидерство Краснодарскому краю и Ростовской области (рисунок 2).

Рисунок 2 – Динамика производства молока в регионах ЮФО в 2019 году, тыс. тонн

Figure 2 – Dynamics of milk production in the regions of the Southern Federal District in 2019, thousand tons

Третья позиция Волгоградской области среди территорий ЮФО по производству молока сохраняется благодаря росту численности молочного поголовья животных в регионе за последние 5 лет, а также росту надоев с одной коровы (рисунок 3).

Рисунок 3 – Динамика молочного поголовья и продуктивность коров в Волгоградской области

Figure 3 – Dynamics of dairy stock and productivity of cows in the Volgograd region

По данным рисунка 3 молочное поголовье в регионе в 2019 году по сравнению с предыдущим годом увеличилось на 4 %. При этом рост молочного поголовья произошел в крестьянских фермерских хозяйствах на 20,4 % и в личных подсобных хозяйствах – на 3 % [7].

Для улучшения сложившейся ситуации и разработки кардинальных мер необходимо оценить перспективы отрасли и спрогнозировать ее будущее состояние при существующих темпах развития. С этой целью в статье использован инструмент нейросетевого моделирования прогнозного развития отрасли на ближайшую перспективу, проведена оценка численности будущего поголовья крупного рогатого скота и молочных коров, а также оценены объемы производства молочного сырья.

При сборе информации большое значение имеют ее качественные характеристики, отвечающие целевым запросам пользователей, такие как релевантность, сопоставимость, достоверность [10, 11, 13].

Материалы и методы. Наши исследования проводились с применением методов графического представления информации, статистического анализа данных, применялись методы классификации, группировки, анализа динамики изучаемых процессов, для формулирования выводов были использованы методы обобщения данных и логического анализа. Для построения прогноза развития отрасли была использована академическая онлайн-платформа Deductor, в которой были выстроены перцептроны развития поголовья крупного рогатого скота на основе ретроспективных данных динамики по общему количеству поголовья крупного рогатого скота, численности молочного поголовья, объемам производства молока. Построенные прогнозы на 3-х летний период позволяют представить динамику развития отрасли и разработать мероприятия для роста молочного производства.

Результаты и обсуждение. С ростом надоев молока выросли объемы сырья для перерабатывающей промышленности. Так, в 2019 году молока-сырья произведено на 1,9 % больше, чем в 2018 году, при этом данный показатель получен за счет повышения продуктивности молочного скота. Надой молока в среднем на 1 корову в 2019 году составили 4297 кг, что больше, чем в 2018 году на 51 кг. Основная доля произведённого молока в 2019 году приходится на личные подсобные хозяйства населения – 473,4 тыс. тонн (около 86 %) из общего объема 547,4 тыс. тонн, что вызывает определенные трудности для молокозаводов, связанные со сбором сырья и его качеством (рисунок 4).

Рисунок 4 – Производство молока в хозяйствах Волгоградской области, тонн

Figure 4 – Milk production in the farms of the Volgograd region, tons

На рисунке 4 представлена динамика производства молока во всех типах хозяйств региона за период с 2014-2019 гг. Фактически производителями молока выступают личные хозяйства, которые, к сожалению, не обладают большим потенциалом роста производства и соответствующими санитарными условиями. К тому же, подобная практика создает определенные трудности для молочных заводов – возникает необходимость в своевременном сборе молока у населения, организации его охлаждения и своевременной транспортировке для переработки. Существующие объемы производства молочного сырья не обеспечивают потребности в молоке перерабатывающих заводов [6].

На сегодняшний день самыми большими объемами переработки в регионе владеют федеральные компании. Danone принадлежит Волгоградский молочный комбинат (до 100 тыс. т. сырья в год), а Фудлэнд - Еланский сыродельный комбинат (до 180 тыс. т. в год). Фактически эти 2 завода перерабатывают половину произведенного в регионе молочного сырья, другая половина молока используется на остальных предприятиях. Кроме этого, почти 25 % молочного сырья завозится для переработки из других регионов. Безусловно, с экономической точки зрения для Волгоградской области наиболее целесообразно наращивать объемы молочного сырья местными товаропроизводителями [9].

Таблица 1 – Фрагмент исходных вводных данных для нейросети

Table 1 – A fragment of the initial input data for a neural network

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1									
2	Поголовье КРС, голов	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2019/2014, %	2019/2018, %
3	Всего	322100	307000	308200	297036	301980	320460	99,50	106,10
4	СХО	44300	39800	35900	32284	30004	30364	68,50	101,20
5	КФХ	54000	51600	58300	58880	66036	77130	142,80	116,80
6	ЛПХ	223800	215600	214000	205872	205940	212966	95,20	103,40
7	в т.ч. коров, голов								
8	всего	164800	158700	158000	158444	163212	172274	104,50	105,60
9	СХО	19300	17400	15700	13320	13091	12766	66,10	97,50
10	КФХ	33800	32300	33600	34781	39894	44946	133,00	112,70
11	ЛПХ	111700	109000	108700	110343	110227	114562	102,60	103,90
12	из них молочных, голов								
13	всего	122594	121640	121580	123125	124883	129922	106,00	104,00
14	СХО	7387	8664	8011	7252	7170	7237	98,00	109,00
15	КФХ	4857	4926	5548	6175	8312	10004	206,00	120,40
16	ЛПХ	110350	108050	108021	109698	109401	112681	102,10	103,00
17									
18	Молочные и помесные коровы в СХО (МСХ)	12977	13376	12710	10952	10054	9625	74,20	95,70

На следующем этапе работы с программой входные данные были преобразованы и подготовлены для использования в нейросети (таблица 2).

Таблица 2 – Данные, импортированные в платформу Deductor

Table 2 – Data Imported into the Deductor Platform

COL1	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2019/2014, %	2019/2018, %	Прогноз
КРС, ВСЕГО голов	322100	307000	308200	297036	301980	320460	99,5	106,1	320460
КРС в СХД	44300	39800	35900	32284	30004	30364	68,5	101,2	30364
КРС в КФХ	54000	51600	58300	58880	66036	77130	142,8	116,8	77130
ЛПХ	223800	215600	214000	205872	205940	212966	95,2	103,4	212966
КОРОВ, всего	164800	158700	158000	158444	163212	172274	104,5	105,6	172274
КОРОВ в СХД	19300	17400	15700	13320	13091	12766	66,1	97,5	12766
КОРОВ в КФХ	33800	32300	33600	34781	39894	44946	133	112,7	44946
КОРОВ в ЛПХ	111700	109000	108700	110343	110227	114562	102,6	103,9	114562
МОЛОЧНЫЕ всего	122594	121640	121580	123125	124883	129922	106	104	129922
МОЛОЧНЫЕ в СХД	7387	8664	8011	7252	7170	7237	98	109	7237
МОЛОЧНЫЕ в КФХ	4857	4926	5548	6175	8312	10004	206	120,4	10004
МОЛОЧНЫЕ в ЛПХ	110350	108050	108021	109698	109401	112681	102,1	103	112681
МОЛ. И ПОМЕС. в СХД (МОС)	12977	13376	12710	10952	10054	9625	74,2	95,7	9625
Молоко всего, т	523000	511300	515600	526037	537135	547444	104,7	101,9	547444
Молоко СХД, т	43900	41800	36700	36744	39456	39482	89,9	100,1	39482
Молоко КФХ, т	29200	27700	28300	29654	32730	34552	118,3	105,6	34552
Молоко ЛПХ, т	449900	441800	450600	459639	464949	473410	105,2	101,8	473410
Производительность ВСЕГО, т	3942	4023	4135	4202	4246	4297	109	101,2	4297
Производительность СХД, т	4556	4659	4528	4757	5265	5982	131,3	113,6	5982
Производительность КФХ, т	3599	3627	3743	3812	3844	3860	107,3	100,4	3860
Производительность ЛПХ, т	3914	3998	4133	4190	4207	4213	107,6	100,1	4213

В нашем исследовании сделана попытка составить прогноз развития молочной отрасли животноводства региона на основе статистических данных за период с 2014-2019 гг. по поголовью молочного скотоводства и количеству произведенного молока. Для целей анализа и прогнозирования была использована академическая онлайн-платформа Deductor. Для построения нейросетевого прогноза в платформу были загружены входные параметры по динамике развития молочного животноводства Волгоградской области за последние 6 лет. Входные параметры включали численность поголовья крупного рогатого скота, в том числе количество молочных коров, объемы производства молока. Фрагмент исходных данных выглядел следующим образом (таблица 1).

Параметры последнего года в нейросети были приняты в качестве прогнозных и вставлены в обучающую выборку в колонке «Прогноз».

Полученная нейросетевая модель «Карта Кохонена» позволяет обеспечить визуализацию данных в двухмерном пространстве – на плоскости (рисунок 5).

Рисунок 5 – Визуализация данных в нейросети «Карта Кохонена»

Figure 5 – Data visualization in the neural network «Map of Kohonen»

Так, поголовье всего в 2019 году составляло 320 460 голов, что отмечено точкой слева внизу рисунка на зеленом кластере.

Прогнозные значения по интересующим нас параметрам можно получить при

использовании функции «что-если» нейросети (рисунок 6).

Поле	Значение
Входные	
9.0 2014	322100
9.0 2015	307000
9.0 2016	308200
9.0 2017	297036
9.0 2018	301980
9.0 2019	320460
9.0 2019/2014, %	99,5
9.0 2019/2018, %	106,1
Выходные	
9.0 Прогноз	320460

Рисунок 6 – Использование функции «что-если» в нейросети для получения прогнозного значения численности поголовья скота по всему объему входных параметров

Figure 6 – Using the «what-if» function in the neural network to get a forecast value for the number of livestock over the entire volume of input parameters

Применение функции «что-если» в нейросетевом моделировании позволило выйти на прогнозные значения общего поголовья крупного рогатого скота в Волгоградской области по всем категориям хозяйств на перспективу 3 года [8]. Так, прогнозное значение по параметру «Поголовье всего» составило для третьего года от последнего в выборке, то есть в 2022 году – 320 460 гол., что полностью совпало с фактическим значением в 2019 году.

Устойчивость построенной модели может быть охарактеризована как высокая, поскольку все значения не выходят за доверительные интервалы диаграммы рассеяния (рисунок 7).

Рисунок 7 – Диаграмма рассеяния по параметрам общего поголовья крупного рогатого скота

Figure 7 – Scattering diagram for the parameters of the total number of cattle

Таким образом, значение ошибки – нулевое по всем интервалам прогнозных значений. На основании проведенного исследования, можно сделать следующие выводы:

- применение нейросети «Карта Кохонена» обеспечивает визуализацию обрабатываемых данных и прогнозных значений;
- прогнозное значение на 2022 год по параметру «Поголовье всего» составляло 320 460 гол., что полностью совпало с фактическим значением в 2019 г.;
- построенная модель устойчива, поскольку ни один из рассматриваемых параметров не вышел за границы доверительных интервалов диаграммы рассеяния;
- значение ошибки - нулевое по всем интервалам прогнозных значений.

Таблица 3 – Данные для импорта в платформу Deductor

Table 3 – Data for import into the Deductor platform

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1		КРС, всего голов	КРС в СХО	КРС в КФХ	ЛПХ	КОРОВ, всего	КОРОВ в СХО	КОРОВ в КФХ	КОРОВ в ЛПХ	МОЛОЧНЫЕ всего	МОЛОЧНЫЕ в СХО	МОЛОЧНЫЕ в КФХ	МОЛОЧНЫЕ в ЛПХ	МОЛ. И ПОМЕС. в СХО (МСХ)
2	2019	320460	30364	77130	212966	172274	12766	44946	114562	129922	7237	10004	112681	9625
3	2018	301980	30004	66036	205940	163212	13091	39894	110227	124883	7170	8312	109401	10054
4	2017	297036	32284	58880	205872	158444	13320	34781	110343	123125	7252	6175	109698	10952
5	2016	308200	35900	58300	214000	158000	15700	33600	108700	121580	8011	5548	108021	12710
6	2015	307000	39800	51600	215600	158700	17400	32300	109000	121640	8664	4926	108050	13376
7	2014	322100	44300	54000	223800	164800	19300	33800	111700	122594	7387	4857	110350	12977

На следующем этапе анализа проведем оценку прогнозных параметров по молочному поголовью крупного рогатого скота. С этой целью построим отдельные персептроны для выборки их общего массива входных параметров.

Первый персептрон построим по параметру «Молочное поголовье». Для его построения используем данные по общему и молочному поголовью из таблицы 1. Исходные данные были импортированы в платформу таким образом, чтобы они могли быть использованы как датасет для нейросети (таблица 3).

После импорта данных в платформу и их обработки была получена обучающая выборка для нейросети «Персептрон_ Молочное поголовье» (таблица 4).

Таблица 4 – Обучающая выборка для нейросети «Персептрон»

Table 4 – the Training sample for the neural network «Perceptron»

	КРС в СХО	КРС в КФХ	ЛПХ	КОРОВ, всего	КОРОВ в СХО	КОРОВ в КФХ	КОРОВ в ЛПХ	МОЛОЧНЫЕ в СХО	МОЛОЧНЫЕ в КФХ	МОЛОЧНЫЕ в ЛПХ	МОЛ. И ПОМЕС. в СХО (МСХ)	МОЛОЧНЫЕ всего
►	30364	77130	212966	172274	12766	44946	114562	7237	10004	112681	9625	129922
	30004	66036	205940	163212	13091	39894	110227	7170	8312	109401	10054	124883
	32284	58880	205872	158444	13320	34781	110343	7252	6175	109698	10952	123125
	35900	58300	214000	158000	15700	33600	108700	8011	5548	108021	12710	121580
	39800	51600	215600	158700	17400	32300	109000	8664	4926	108050	13376	121640
	44300	54000	223800	164800	19300	33800	111700	7387	4857	110350	12977	122594

Программа на основе обучающей выборки строит нейросеть на основе 11 входных параметров и выдает 1 выходной параметр – молочные всего. Граф персептрона представлен на рисунке 8.

Рисунок 8 – Граф персептрона Молочные всего

Figure 8 – Count perceptron Dairy total

Нейросетевая модель содержит входной слой, выходной и два скрытых слоя. На входном слое имеется 11 параметров (количество голов): КРС, ВСЕГО голов, КРС в СХО, КРС в КФХ, ЛПХ, КОРОВ, всего, КОРОВ в СХО, КОРОВ в КФХ, КОРОВ в ЛПХ, МОЛОЧНЫЕ в СХО, МОЛОЧНЫЕ в КФХ, МОЛОЧНЫЕ в ЛПХ, МОЛ. И ПОМЕС. в СХО (МСХ). На выходном слое имеется единственный параметр - МОЛОЧНЫЕ всего.

Полученная Модель была обучена методом «backpropagation» - обратного распространения ошибки. Прогнозные значения по численности молочного поголовья коров можно получить при использовании функции «что-если» нейросети (рисунок 9).

Рисунок 9 – Использование функции «что-если» в нейросети для получения прогнозного значения параметра МОЛОЧНЫЕ всего

Figure 9 - Using the «what-if» function in the neural network to get the forecast value of the parameter DAIRY total

Так, при подаче на вход нейросетевой модели численных значений 2019 г., рас-

четное прогнозное значение для третьего года от последнего, то есть 2022 года, по параметру «МОЛОЧНЫЕ всего» составило (122 593,9931) 122 594 гол., тогда как фактическое значение в 2019 г. составляло 129 922 гол. То есть по прогнозу численность молочного поголовья может сократиться на 7328 гол., или на 5,6 %.

Устойчивость и достоверность модели может быть охарактеризована как высокая, поскольку все значения не выходят за доверительные интервалы диаграммы рассеяния (рисунок 10).

Рисунок 10 – Диаграмма рассеяния по параметрам общего молочного поголовья крупного рогатого скота

Figure 10 – Scattering diagram for the parameters of the total dairy livestock of cattle

Диаграмма прогнозных значений дает исчерпывающую информацию по прогнозным значениям рассматриваемых параметров (рисунок 11).

Рисунок 11 – Диаграмма прогнозных значений по молочному поголовью

Figure 11 – Diagram of forecast values for dairy livestock

Согласно представленному графику, значение ошибки – нулевое по среднему

интервалу прогнозных значений, что дает возможность судить о высокой достоверности прогноза.

Таблица 5 – Данные по производству молока для импорта в платформу Deductor

Table 5 – Milk production data for import into the Deductor platform

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
КОРОВ в СХО	КОРОВ в КФХ	КОРОВ в ЛПХ	МОЛОЧНЫЕ всего	МОЛОЧНЫЕ в СХО	МОЛОЧНЫЕ в КФХ	МОЛОЧНЫЕ в ЛПХ	МОЛ. И ПОМЕС. в СХО (МСХ)	Молоко СХО, т	Молоко КФХ, т	Молоко ЛПХ, т	Молоко всего, т
12766	44946	114562	129922	7237	10004	112681	9625	39482	34552	473410	547444
13091	39894	110227	124883	7170	8312	109401	10054	39456	32730	464949	537135
13320	34781	110343	123125	7252	6175	109698	10952	36744	29654	459639	526037
15700	33600	108700	121580	8011	5548	108021	12710	36700	28300	450600	515600
17400	32300	109000	121640	8664	4926	108050	13376	41800	27700	441800	511300
19300	33800	111700	122594	7387	4857	110350	12977	43900	29200	449900	523000

Таким образом, на основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

- применение нейросети в построение персептрона обеспечивает визуализацию обрабатываемых данных и прогнозных значений;
- прогнозное значение по параметру «МОЛОЧНЫЕ всего» составило (122593,9931) 122 594 гол., тогда как фактическое значение в 2019 г. составляло 129 922 гол. То есть по прогнозу численность молочного поголовья может сократиться на 7328 гол., или на 5,6 %;
- построенная модель устойчивая, поскольку ни один из рассматриваемых параметров не вышел за границы доверительных интервалов диаграммы рассеяния;
- значение ошибки – нулевое по всем интервалам прогнозных значений.

Второй персептрон был построен по параметру «МОЛОКО». Для его построения были использованы входные параметры, из которых сделали выборку по производству молока в хозяйствах Волгоградской области [5]. Исходные данные были обработаны для применения в датасет для нейросети (таблица 5).

В результате подготовки данных была получена обучающая выборка для нейросети «Персептрон» (таблица 6).

Таблица 6 – Обучающая выборка для нейросети «Персептрон»

Table 6 – Training sample for the neural network «Perceptron»

КОРОВ в СХО	КОРОВ в КФХ	КОРОВ в ЛПХ	МОЛОЧНЫЕ всего	МОЛОЧНЫЕ в СХО	МОЛОЧНЫЕ в КФХ	МОЛОЧНЫЕ в ЛПХ	МОЛ. И ПОМЕС. в СХО (МСХ)	Молоко СХО, т	Молоко КФХ, т	Молоко ЛПХ, т	Молоко всего, т
12766	44946	114562	129922	7237	10004	112681	9625	39482	34552	473410	547444
13091	39894	110227	124883	7170	8312	109401	10054	39456	32730	464949	537135
13320	34781	110343	123125	7252	6175	109698	10952	36744	29654	459639	526037
15700	33600	108700	121580	8011	5548	108021	12710	36700	28300	450600	515600
17400	32300	109000	121640	8664	4926	108050	13376	41800	27700	441800	511300
19300	33800	111700	122594	7387	4857	110350	12977	43900	29200	449900	523000

Программа на основе обучающей выборки строит нейросеть на основе 11 входных параметров и выдает 1 выходной параметр – «Молоко всего». Граф персептрона представлен на рисунке 12.

Рисунок 12 – Граф персептрона молоко всего

Figure 12 – Count perceptron milk total

Нейросетевая модель содержит входной слой, выходной и два скрытых слоя. На входном слое имеется 11 параметров (количество голов и надои по молочным хозяйствам): КОРОВ в СХО, КОРОВ в КФХ, КОРОВ в ЛПХ, МОЛОЧНЫЕ всего, МОЛОЧНЫЕ в СХО, МОЛОЧНЫЕ в КФХ, МОЛОЧНЫЕ в ЛПХ, МОЛ. И ПОМЕС. в СХО (МСХ), Молоко СХО, т, Молоко КФХ, т, Молоко ЛПХ, тонн. На выходном слое имеется единственный параметр – Молоко всего, тонн. Модель была обучена методом «backpropagation» – обратного распространения ошибки.

Прогнозные значения по объему производства молока можно получить при использовании функции «что-если» нейросети (рисунок 13).

Рисунок 13 – Использование функции «что-если» в нейросети для получения прогнозного значения параметра Молоко всего, тонн

Figure 13 – Using the «what-if» function in the neural network to get the forecast value of the parameter Milk total, tons

Так, при подаче на вход нейросетевой модели численных значений 2019 г., прогнозное значение для третьего года по параметру «Молоко всего, т» составило

522999,89 т, тогда как фактическое значение в 2019 г. производства молока было 547 444 т. То есть по прогнозу, производство молока может сократиться на 24 444,11 тонн, или на 4,46 % [2].

Устойчивость и достоверность модели может быть охарактеризована как высокая, поскольку все значения не выходят за доверительные интервалы диаграммы рассеяния (рисунок 14).

Рисунок 14 – Диаграмма рассеяния по параметрам производство молока

Figure 14 – Diagram of scattering on parameters of the milk production

Диаграмма прогнозных значений дает исчерпывающую информацию по прогнозным значениям рассматриваемых параметров (рисунок 15).

Рисунок 15 – Диаграмма прогнозных значений по производству молока

Figure 15 – Diagram of forecast values for milk production

Согласно представленному графику, значение ошибки – нулевое по среднему интервалу прогнозных значений.

Таким образом, на основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

- применение нейросети «Персептрон» обеспечивает расчет прогнозных значений [3];

- прогнозное значение для следующего года по параметру «Молоко всего, т» составило 522 999,89 т, тогда как фактическое значение в 2019 г. надоев было 547 444 т. То есть по прогнозу, надой молока у молочного поголовья могут сократиться на 24 444,11 тонн, или на 4,46 %;

- построенная модель устойчивая, поскольку ни один из рассматриваемых параметров не вышел за границы доверительных интервалов диаграммы рассеяния;

- значение ошибки – нулевое по всем интервалам прогнозных значений.

Построение 3 прогнозов развития молочного животноводства в Волгоградской области к 2022 году демонстрирует снижение производства молока, что требует коренного пересмотра существующей политики государственной поддержки молочной отрасли.

Выводы. Молочное животноводство Волгоградской области представляет собой важную часть сельского хозяйства и базу для перерабатывающих молочных заводов. Сегодня молочное животноводство не обеспечивает перерабатывающие предприятия региона молочным сырьем, поэтому 25 % молочного сырья завозится из других регионов [3].

Динамика развития поголовья крупного рогатого скота, поголовья коров молочной направленности демонстрирует небольшой рост. Проведенная оценка структурного состава динамики по категориям сельских хозяйств показала, что основной рост происходит в личных подсобных хозяйствах, которые не смогут обеспечить высокого потенциала для будущего роста отрасли ввиду органичности данных хозяйств в ресурсах. Основная доля произведенного молочного сырья, до 86 %, также приходится на личные подсобные хозяйства, что создаёт дополнительные сложности со сбором молока и его транспортирования на перерабатывающие предприятия. С этой целью необходимо пересмотреть структуру молочного животноводства в области, привлечь инвесторов в строительство и развитие молочных ферм на территории региона, выделить дополнительные субсидии на производство молока [8].

Оценка прогнозного развития молочного животноводства Волгоградской области по 11 входным параметрам с использованием инструмента «нейросетевое моделирование» позволила представить параметры отрасли на 2022 год. Итоги анализа включают в себя 3 направления прогноза: 1) прогнозное значение на 2022 год по параметру «Поголовье всего» составляло 320 460 гол., что полностью совпало с фактическим значением в 2019 г.; 2) прогнозное значение по параметру «Молочные всего» составило (122 593,9931) 122 594 гол., тогда как фактическое значение в 2019 г. составляло 129 922 гол. Итак, по прогнозу численность молочного поголовья может сократиться на 7328 гол., или на 5,6 %; 3) прогнозное значение для 2022 года по параметру «Молоко всего, т» составило 522 999,89 т, тогда как фактическое значение в 2019 г. надоев было 547 444 т. То есть по прогнозу, производства молока в регионе может сократиться на 24 444,11 тонн, или на 4,46 %.

Все построенные модели обладают высокой устойчивостью, поскольку все рассматриваемые параметры не выходят за границы доверительных интервалов диаграмм рассеяния, значения ошибок – нулевое по всем интервалам прогнозных значений.

Библиографический список

1. Агроцифра 4.0: новые решения в производстве молока / И. Ф. Горлов, Г. В. Федотова, Н. И. Мосолова, А. А. Кайдулина // Аграрно-пищевые инновации. 2019. № 2 (6). С. 20-27.
2. AI-система «Персептрон» для прогноза финансового результата деятельности предприятия нефтяной отрасли РФ / Н. И. Ломакин, О. Ч. Дженифер, О. А. Голодова, А. В. Сычева, В. В. Кабина // Фундаментальные исследования. 2019. № 12. С. 98-103.
3. Интеллектуальные тренды развития АПК / Г. В. Федотова, М. И. Сложенкина, Л. Ф. Григорян, Д. А. Куразова // Известия Юго-Западного государственного университета. Сер.

Экономика. Социология. Менеджмент. 2019. Т. 9, № 4. С. 84-95.

4. Итоги года 2019. Молоко и молочные продукты. Режим доступа: <https://sdelanounas.ru/blogs/129318/> (дата обращ.: 31.12.2019).

5. Ломакин Н. И., Петрухин А. В. Системы искусственного интеллекта в цифровой экономике // Развитие бизнеса и финансового рынка в условиях цифровизации экономики: материалы междунар. науч.-практ. конф. (г. Волгоград, 14-15 ноября 2018 г.) / под общ. ред. А. Н. Букова; Волгоградский филиал ФГБОУ ВО «Российский экономический ун-т им. Г. В. Плеханова». Волгоград, 2019. С. 38-42.

6. Оценка современного состояния молочного производства в России / И. Ф. Горлов, Г. В. Федотова, Н. И. Мосолова, В. Н. Сергеев, А. В. Глущенко, Е. С. Воронцова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2 (54). С. 189-197.

7. Рынок молока в России и за рубежом по итогам 3-го квартала 2018 // Агровестник. Аналитический центр при правительстве РФ. Режим доступа: <https://agrovesti.net> (дата обращ.: 31.12.2019).

8. Сельское хозяйство 4.0: цифровые тренды развития АПК: монография / Г. В. Федотова, И. Ф. Горлов, А. В. Глущенко, М. И. Сложенкина, Н. И. Мосолова, Д. А. Мосолова. Волгоград: ООО «СФЕРА», 2019.

9. Сырых Т. Е. К вопросу о фальсификации молочной продукции и способах ее выявления // Международный ст. научный вестник. 2018. №6. С. 82-86.

10. Development of a recurrent neural networks-based calving prediction model using activity and behavioral data / A. S. Keceli, C. Catal, A. Kaya, B. Tekinerdogan // Computers and Electronics in Agriculture. 2020. V. 170, art. No. 105285. DOI: 10.1016/j.compag.2020.105285.

11. Development of an artificial neural network based model for shelf-life prediction of Basundi mix -an Indian dairy product / A. P. Ruhil, R. R. B. Singh, D. K. Jain, A. A. Patel, G. R. Patil // Proceedings of the 3rd Indian International Conference on Artificial Intelligence. IICAI, 2007, P. 1517-1524.

12. Digital Technologies in the Development of the Agro-Industrial Complex / I. F. Gorlov, G. V. Fedotova, A. V. Glushchenko, M. I. Slozhenkina, N. I. Mosolova // Digital Economy: Complexity and Variety vs. Rationality : [proceedings of the 9th National Scientific and Practical Conference (Vladimir, Russia, April 17–18, 2019) / Institute of Scientific Communications (Volograd, Russia), Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs (Vladimir, Russia)] / ed. by Elena G. Popkova, Bruno S. Sergi. Cham (Switzerland): Springer Nature Switzerland AG, 2020. P. 220-229. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-29586-8>. – (Book ser. Lecture Notes in Networks and Systems (LNNs); vol. 87).

13. Goyal S., Sharma A. K., Sharma R. K. Development of efficient artificial neural network and statistical models for forecasting shelf life of cow milk khoa - A comparative study // Communications in Computer and Information Science. 2011. No. 169 CCIS, P. 145-149. DOI: 10.1007/978-3-642-22577-2_20.

Conclusions. Dairy farming in the Volgograd region is an important part of agriculture and a base for processing dairy plants. Today, dairy farming does not provide the processing enterprises of the region with dairy raw materials; therefore, 25% of dairy raw materials are imported from other regions [11].

The dynamics of the development of cattle and dairy cows shows a slight increase. The assessment of the structural composition of the dynamics in the categories of rural farms showed that the main growth occurs in personal subsidiary farms, which will not be able to provide a high potential for future growth of the industry due to the organic nature of these farms in resources. The main share of dairy raw materials produced, up to 86%, also falls on private farms, which creates additional difficulties with collecting milk and transporting it to processing plants. For this purpose, it is necessary to review the structure of dairy farming in the region, attract investors to the construction and development of dairy farms in the region, allocate additional subsidies for milk production [12].

Evaluation of the forecast development of dairy farming in the Volgograd region by 11 input parameters using the neural network modeling tool allowed us to present the parame-

ters of the industry for 2022. The results of the analysis include 3 directions of the forecast: 1) the forecast value for 2022 for the parameter "Livestock total" was 320,460 heads, which completely coincided with the actual value in 2019; 2) the forecast value for the parameter "Dairy total" was (122593,9931) 122594 heads, while the actual value in 2019 was 129922 heads. So, according to the forecast, the number of dairy livestock may decrease by 7328 heads, or by 5.6%; 3) the forecast value for 2022 for the parameter "Milk total, tons" was 522999.89 tons, while the actual value in 2019 was 547444 tons. That is, according to the forecast, milk production in the region may decrease by 24,444,11 tons, or by 4.46%.

All the constructed models are highly stable, since all the considered parameters do not exceed the confidence intervals of the scattering diagrams, and the error values are zero for all the forecast value intervals.

References

1. Agrotsifra 4.0: new solutions in milk production / I. F. Gorlov, G. V. Fedotova, N. I. Mosolova, A. A. Kajdulina // Agrarian and food innovations. 2019. No. 2 (6). P. 20-27.
2. AI-system "Perceptron" for predicting the financial results of the oil industry enterprises of the Russian Federation / N. I. Lomakin, O. Ch. Jenifer, O. A. Golodova, A. V. Sycheva, V. V. Kabina // Fundamental research. 2019. No.12. P. 98-103.
3. Intellectual trends in the development of the agro-industrial complex / G. V. Fedotova, M. I. Slozhenkina, L. F. Grigoryan, D. A. Kurazova // Bulletin of the Southwestern State University. Economy. Sociology. Management. 2019. Vol. 9, No. 4. P. 84-95.
4. Results of the year 2019. Milk and dairy products. Mode of access: <https://sdelanounas.ru/blogs/129318/> (date of service.: 31.12.2019).
5. Lomakin N. I., Petrukhin A. V. Artificial Intelligence Systems in the Digital Economy // Business and financial market development in the context of digitalization of the economy: materials of the international scientific and practical conf. (Volgograd, November 14-15, 2018) / edited by A. N. Burov; Volgograd branch of the "Russian Economic University named after G. V. Plekhanov". Volgograd, 2019. P. 38-42.
6. Assessment of the current state of dairy production in Russia / I. F. Gorlov, G. V. Fedotova, N. I. Mosolova, V. N. Sergeev, A. V. Glushchenko, E. S. Vorontsova // Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2019. № 2 (54). P. 189-197.
7. Milk market in Russia and abroad according to the results of the 3rd quarter of 2018. Agrovestnik. Analytical center under the government of the Russian Federation. Mode of access: <https://agrovesti.net> (date of service.: 31.12.2019).
8. Agriculture 4.0: digital trends in the development of the agro-industrial complex: monograph / G. V. Fedotova, I. F. Gorlov, A. V. Glushchenko, M. I. Slozhenkina, N. I. Mosolova, D. A. Mosolova. Volgograd: SFERA, 2019.
9. Syrykh T. E. To the question of falsification of dairy products and methods for its detection // International Student Scientific Bulletin. 2018. No. 6. P. 82-86.
10. Development of a recurrent neural networks-based calving prediction model using activity and behavioral data / A. S. Keceli, C. Catal, A. Kaya, B. Tekinerdogan // Computers and Electronics in Agriculture. 2020. V. 170, art. No. 105285. DOI: 10.1016/j.compag.2020.105285.
11. Development of an artificial neural network based model for shelf-life prediction of Basundi mix -an Indian dairy product / A. P. Ruhil, R. R. B. Singh, D. K. Jain, A. A. Patel, G. R. Patil // Proceedings of the 3rd Indian International Conference on Artificial Intelligence. IICAI, 2007, P. 1517-1524.
12. Digital Technologies in the Development of the Agro-Industrial Complex / I. F. Gorlov, G. V. Fedotova, A. V. Glushchenko, M. I. Slozhenkina, N. I. Mosolova // Digital Economy: Complexity and Variety vs. Rationality : [proceedings of the 9th National Scientific and Practical Conference (Vladimir, Russia, April 17–18, 2019) / Institute of Scientific Communications (Volgograd, Russia), Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs (Vladimir, Russia)] / ed. by Elena G. Popkova, Bruno S. Sergi. Cham (Switzerland): Springer Nature Switzerland AG, 2020. P. 220-229. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-29586-8>. – (Book ser. Lecture Notes in Networks and Systems (LNNS); vol. 87).
13. Goyal S., Sharma A. K., Sharma R. K. Development of efficient artificial neural network and statistical models for forecasting shelf life of cow milk khoa - A comparative study // Communica-

tions in Computer and Information Science. 2011. No. 169 CCIS, P. 145-149. DOI: 10.1007/978-3-642-22577-2_20.

Authors Information

Fedotova Gilian Vasilievna, Doctor of Economics. sciences, associate professor Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat- And-Milk Production (400131, Volgograd, Russian, Rokossovsky st., 6). E-mail: g_evgeeva@mail.ru

Gorlov Ivan Fedorovich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. S.-kh. sciences, professor, Scientific director Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat- And-Milk Production (400131, Volgograd, Russian, Rokossovsky st., 6), Head department food technology Volgograd State Technical University (400131, Volgograd, Russia, Av. Lenina, 28). E-mail: niimmp@mail.ru

Slozhenkina Marina Ivanovna, corresponding member RAS, Dr. b. sciences, professor, Director Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat- And-Milk Production (400131, Volgograd, Russian, Rokossovsky st., 6). E-mail: slozhenkina@mail.ru

Glushchenko Alexandra Vasilievna, Doctor of Economics sciences, associate professor Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat- And-Milk Production (400131, Volgograd, Russian, Rokossovsky st., 6). E-mail: aleksa-gl@yandex.ru

Vorontsova Elena Sergeevna, junior researcher of the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-And-Milk Production (400131, Volgograd, Russian, Rokossovsky st., 6), phone: +7 (937) 5430456. E-mail: esvoronts@mail.ru

Mosolova Darya Alexandrovna, junior researcher of the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-And-Milk Production (400131, Volgograd, Russian, Rokossovsky st., 6). E-mail: niimmp@mail.ru

Информация об авторах

Федотова Гилян Васильевна, доктор экономических наук, главный научный сотрудник Поволжского научно-исследовательского института производства и переработки мясомолочной продукции (400131, Волгоград, Россия, Рокоссовского, 6). E-mail: g_evgeeva@mail.ru

Горлов Иван Федорович, академик РАН, доктор с.-х. наук, профессор, научный руководитель Поволжского научно-исследовательского института производства и переработки мясомолочной продукции (400131, Волгоград, Россия, Рокоссовского, 6), заведующий кафедрой пищевых технологий Волгоградского государственного технического университета (400131, Волгоград, Россия, пр. Ленина, д. 28). E-mail: niimmp@mail.ru

Сложенкина Марина Ивановна, член-корр. РАН, доктор биологических наук, профессор, директор Поволжского научно-исследовательского института производства и переработки мясомолочной продукции (400131, Волгоград, Россия, Рокоссовского 6). E-mail: slozhenkina@mail.ru

Глущенко Александра Васильевна, доктор экономических наук, главный научный сотрудник Поволжского научно-исследовательского института производства и переработки мясомолочной продукции (400131, Волгоград, Россия, Рокоссовского, 6). E-mail: aleksa-gl@yandex.ru

Воронцова Елена Сергеевна, младший научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, Россия, г. Волгоград, Рокоссовского, 6), тел.: +7 (937) 5430456. E-mail: esvoronts@mail.ru

Мосолова Дарья Александровна, младший научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, Россия, г. Волгоград, Рокоссовского, 6). E-mail: niimmp@mail.ru