علمی پژوهشی

کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی هدایت الکتریکی شیر بازساخته

حیدر ناصری[۱]، عیسی حزباوی[۲*]، فیض‌اله شهبازی[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه مکانیک بیو سیستم، دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان

۲- استادیار گروه مکانیک بیو سیستم، دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان

۳- دانشیار گروه مکانیک بیو سیستم، دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان

(تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۰/۱۷)

چکیده

در این تحقیق هدایت الکتریکی شیر بازساخته با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی مدل‌سازی و پیش‌بینی گردید. پروتئین (۱، ۲، ۳و ٤٪)، لاکتوز (٤، ٦، ۸ و ۱۰٪)، چربی (۳ و ٦٪) و دما (۵۰، ۵۵، ٦۰ و ٦۵ درجه سلسیوس) به عنوان پارامترهای مستقل ورودی و هدایت الکتریکی شیر بازساخته به عنوان متغیر وابسته خروجی تعریف شدند. داده‌های به دست آمده از دستگاه سنجش هدایت الکتریکی به منظور آموزش و آزمون شبکه استفاده گردید. به منظور توسعه مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی ابتدا داده ها به سه بخش آموزشی (۷۰٪)، اعتبارسنجی (۱۵٪) و آزمون (۱۵٪) تقسیم شدند. شبکه‌ها با ساختار پرسپترون چند لایه به صورت دو، سه و چهار لایه آموزش داده شدند. تعداد لایه‌های مخفی و تعداد نرون‌ها در هر لایه به روش سعی و خطا به دست آمد. بهترین الگوریتم آموزشی، لونبرگ -مارکوارت با کمترین میزان میانگین مربعات خطا بود. معیار انتخاب بهترین شبکه، بیشترین ضریب تبیین (R^2) و کمترین مقدار متوسط مربع خطا (MSE) بود. در پیش بینی هدایت الکتریکی شیر بازساخته شبکه با ساختار ۱-٤-٤ بهترین نتیجه را داد. این شبکه در لایه پنهان ٤ نرون دارد. مقادیر ضریب تبیین و خطای آن به ترتیب ۰/۹۹۲ و ۰/۰۱۱ بود. از این نتایج در کارخانجات فراوری شیر می‌توان بهره گرفت. همبستگی میان مقادیر آزمایشی و پیش بینی شده در ساختارهای مطلوب بیشتر از ۹۹٪ به دست آمد.

کلید واژگان: شیر بازساخته، هدایت الکتریکی، مدل‌سازی، شبکه عصبی مصنوعی

* مسئول مکاتبات: hazbavi.i@lu.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/fsct.16.96.65]

۱- مقدمه

شیر یک منبع مهم مواد مغذی مورد نیاز برای رشد در نوزادان و کودکان و همچنین برای حفظ سلامتی و نگهداری بافت در بزرگسالان است. همچنین شیر یک غذای کامل است و به آسانی قابل هضم و جذب می‌باشد [۱]. شیر بازساخته یک محصول جایگزین شیر مایع است. اجزای شیر بازساخته به راحتی قابل تنظیم‌تر از شیرهای مایع است. نسبت اجزای شیر به طور مستقیم بر کیفیت محصول تاثیر می‌گذارد. بنابراین شیر بازساخته به طور گسترده‌ای در تولید برخی از محصولات لبنی مانند پنیر، شیر پاستوریزه، بستنی و غیره استفاده می‌شود [۲ و ۳]. به رسانایی یک ماده خالص در برابر جریان الکتریکی، هدایت الکتریکی گفته می‌شود که با واحد میکروزیمنس بر سانتی متر (ms/cm) بیان می‌شود. هدایت الکتریکی یک ویژگی است که شامل حرکت آنیون به آند و کاتدی به کاتد و انتقال الکترون برای تکمیل مسیر است. هدایت الکتریکی شیر عمدتا مربوط به املاح موجود در آن به ویژه یون‌های سدیم ،پتاسیم و کلر است [٤]. عوامل موثر بر حرکت یون‌ها عبارتند از: غلظت، ولتاژ، دما و بهم زدن مکانیکی [۵]. ساختار شیمیایی یک ماده نیز بر هدایت الکتریکی آن تاثیر می‌گذارد. پروتئین اثر مثبت بر هدایت الکتریکی دارد [٦] در حالی که چربی و لاکتوز نمی‌توانند جریان را کنترل کنند. هدایت الکتریکی شیر با افزایش لاکتوز و چربی، کاهش می یابد [۷]. با افزایش میزان آب شیر، هدایت الکتریکی کاهش خطی و با کاهش چربی شیر، هدایت الکتریکی افزایش پیدا می‌کند [۸]. در مایعاتی مانند شیر، هدایت الکتریکی را بر مبنای جابجایی یونها و حرکت الکترونها در مسیرهای خاص محاسبه می‌کنند، به این ترتیب که با فرو بردن دو الکترود در محلول و اعمال یک ولتاژ خاص، میزان مقاومت محلول اندازه‌گیری می‌گردد. به دلیل آنکه استفاده از جریان مستقیم ممکن است منجر به پلاریزاسیون الکترودها شود، معمو لا از یک ولتاژ متناوب استفاده می‌شود و در پالسی از زمان جریان عبورکننده به مدار صفر می‌رسد و در محدوده فرکانس اعمال شده میزان مقاومت محاسبه می‌گردد، در اینجا نمک موجود در یک محلول می‌تواند روی پلاریزاسیون الکترودها موثر باشد و بدیهی است به کارگیری فرکانسی که در آن پلاریزاسیون الکترودها انجام نشود و حساسیت به حداکثر برسد مدنظر است [۹]. به طور معمول هدایت الکتریکی شیر در دمای ۲۵ درجه سلسیوس در محدوده ٤ تا ms/cm ۵/۵ است [۱۰]. همچنین هدایت الکتریکی با درجه حرارت افزایش می‌یابد [۲]. در شرایط آزمایشگاه ارتباط خطی بین دما و هدایت الکتریکی وجود دارد بطوریکه در دمای بین ۱۵ تا ٤۰ درجه سلسیوس به ازاء افزایش هر درجه دما به میزان ms/cm ۰/۱۱۳ افزایش هدایت الکتریکی دیده می‌شود [۸]. هدایت الکتریکی به طور گسترده‌ای در صنایع لبنی مورد استفاده قرار گرفته است. اندازه‌گیری هدایت الکتریکی یکی از روشهای تست برای تعیین مقادیر از جمله نمکهای محلول [۵ و ۱۱]، تعیین میزان یون‌های آزاد در شیر [۸]، میزان پروتئین پودر آب پنیر [۱۲ و ۱۳]، تعیین میزان کازئین در فرآیند رسیدن پنیر [١٤ و ۱۵]، برآورد تولید روزانه شیر و میزان چربی آن [۷ و ۱۵] می‌باشد. ازآنجا که برای پیش بینی شاخص‌های کیفی محصولات کشاورزی چندین متغیر ورودی وخروجی مؤثرند، تحلیل آماری این نوع مسائل مستلزم ارائه تعدادی روابط ریاضی است که اغلب استفاده و تفسیر آنها مشکل است [١٦]. امروزه با توجه به مزایای فناوری هوش مصنوعی استفاده ازشبکه های عصبی مصنوعی برای شبیه سازی و پیش بینی پارامترهای مورد نیاز در فرآیندهای مختلف کشاورزی درحال توسعه است. شبکه عصبی مصنوعی، یکی از روش‌های محاسباتی است که به کمک فرآیند یادگیری و با استفاده از پردازش گره‌هایی به نام نرون تلاش می‌کند با شناخت روابط ذاتی بین داده‌ها، نگاشتی میان فضای ورودی (لایه ورودی) و فضای مطلوب (لایه خروجی) ارائه دهد [۱۷]. با توجه به اهمیت شیر و فراوری آن، مدل‌سازی و پیش‌بینی هدایت الکتریکی شیر بازساخته با کمک شبکه عصبی مصنوعی در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

به دلیل اینکه نژاد گاوهای شیرده و نوع تغذیه این گاوها متفاوت است و همچنین تغییر و کنترل درصد ترکیبات شیر، دقیق و یا راحت نیست (مقدار آب و مواد افزودنی موجود در شیر مشخص نیست)، بنابراین از پودر شیر خشک که خالص و بدون مکمل غذایی می‌باشد، در این تحقیق استفاده شد [۱۸]. پودر شیر خشک با درصد ترکیبات مشخص (درصد لاکتوز، درصد چربی و

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/fsct.16.96.65]

درصد پروتئین) از کارخانه شیر پگاه خرم آباد در سال ۱۳۹۶ تهیه شد (جدول ۱). برای رساندن درصد ترکیبات شیر به مقادیر مورد نیاز در این پژوهش از مواد شیمیایی مناسب این کار استفاده شد. تیمارهای مورد استفاده در این تحقیق شامل درصد پروتئین (۲،۱، ۳ و ٤ درصد)، درصد لاکتوز یا قند (٤، ٦، ۸ و ۱۰ درصد) و درصد چربی (۳ و ٦ درصد) می‌باشد. برای افزایش درصد لاکتوز پودر شیر خشک از پودر لاکتوز، برای افزایش پروتئین از پودر کازئینات سدیم، برای افزایش درصد چربی پودر شیر خشک از کره حیوانی (شامل ۸۳/۵ درصد چربی و حدود ۱٦ درصد رطوبت) و برای به حجم رساندن نمونه‌ها از آب مقطر استفاده شد [۱۹]. در تمامی آزمایشات، جرم نمونه شیر بازساخته برابر با ۱۰۰ گرم در نظر گرفته شد. مواد آزمایشگاهی از شرکت مرک آلمان تهیه شده است. با توجه به اینکه برای تهیه شیر بازساخته معمولا از آب نسبتا داغ استفاده می‌شد، برای تاثیر فاکتور دما، کل آزمایشات در ٤ سطح دمایی (۵۰، ۵۵، ٦۰ و ٦۵ درجه سلسیوس) صورت گرفت.

Table 1 Percentage of essential components of dried milk powder

Protein	33
Fat	0.1
Moisture	3.6
Lactose	55

به منظور اندازه‌گیری میزان مواد آزمایشگاهی مورد نیاز برای تهیه نمونه‌های شیر بازساخته و همچنین جرم نهایی نمونه‌ها، از یک ترازوی دیجیتال مدل AND GF-6000 ساخت کشور ژاپن با دقت ۰/۱ گرم استفاده شد. برای رساندن دمای نمونه‌ها به دمای مورد نظر، ظرف نمونه‌ها در دستگاه بن ماری (Memmert ساخت آلمان) قرار داده شد [۱۸]. این دستگاه برای گرم کردن تدریجی و یکنواخت به محلول‌ها در یک بازه زمانی خاص استفاده می‌شود. محدوده دمایی دستگاه بن‌ماری که به طور معمول و بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد از دمای اتاق تا ۱۰۰ درجه سانتی گراد است. همچنین برای مخلوط نمودن ترکیبات مختلف شیر از مخلوط‌کن دور بالا (همگن ساز) استفاده شد.

برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی شیر بازساخته از دستگاه هدایت الکتریکی سنج مدل DC14 با الکترودهایی از جنس پلاتین و ساخت شرکت هاریبای ژاپن استفاده گردید.

هر شبکه عصبی از لایه‌های ورودی، میانی یا مخفی و خروجی تشکیل شده است. در لایه ورودی، تعداد نرون به تعداد عوامل اولیه و در لایه خروجی به تعداد عوامل نهایی مورد نظر بستگی دارد. لایه مخفی می‌تواند از یک یا چندین لایه تشکیل شود که تعداد نرون‌های هر لایه آن متغیر است و به طور معمول به روش سعی و خطا تعیین می‌شود [۲۰]. در این پژوهش چهار عامل دما، درصد پروتئین، درصد لاکتوز و درصد چربی به عنوان چهار نرون در لایه ورودی و مقدار هدایت الکتریکی شیر بازساخته به عنوان تنها نرون در لایه خروجی مدل در نظر گرفته شد. با توجه به اینکه در مدل سازی شبکه عصبی تعیین ماتریس ورودی و خروجی بسیار مهم است، ابتدا داده‌ها فراخوانده شده و سپس برای هر تیمار عمل میانگین‌گیری انجام شد [۲۱] در ادامه ماتریس‌های ورودی و خروجی بر اساس شکل ۱ در نرم افزار، شبکه مورد استفاده گسترش یافتند.

در این پژوهش، شبکه‌های چندلایه پرسپترون (MLP) استفاده گردید به دلیل سادگی و در عین حال دقت بالا و کاربرد زیاد آن در شبیه‌سازی تحقیقات کشاورزی [۲۲]. از توابع آستانه مختلفی شامل تابع سیگموئیدی (logsig)، لگاریتمی (tansig) و خطی (purelin) و الگوریتم‌های آموزش همراه با نظارت، مانند الگوریتم لونبرگ -مارکوارت (trainlm) استفاده و نتایج آن‌ها مقایسه شد. در ابتدا داده های ورودی شبکه نرمال‌سازی شده و به صورت تصادفی به سه گروه آموزش (۷۰٪)، ارزیابی (۱۵٪) و آزمون (۱۵٪) تقسیم شدند.

نرخ آموزش (Lr) برای تمامی حالت‌ها ۰/۲ و میزان مومنتوم برابر با ۰/۱ در نظر گرفته شد. برای اجرای شبیه سازی شبکه عصبی از نرم افزار NeuroSolutions 5 استفاده شد. بهترین توپولوژی شبکه عصبی بر اساس دو معیار MSE و R^2 مشخص شد. بهترین برازشی که می‌تواند هدایت الکتریکی شیر بازساخته را توصیف کند، توپولوژیی که دارای بیشترین R^2 و کمترین مقدار MSE باشد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/fsct.16.96.65]

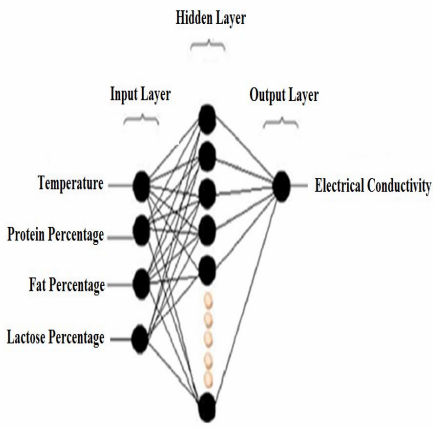

Fig 1 Artificial neural network structure

نحوه محاسبه MSE و R^2 در سایر پژوهش‌ها ارائه شده است [۲۳]. برای بهینه‌سازی از روش سطح پاسخ (RSM) و نرم‌افزار Design Expert7 استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی اثر فاکتورهای مستقل بر هدایت الکتریکی شیر بازساخته

در بررسی نتایج تجزیه واریانس هدایت الکتریکی شیر بازساخته تحت تاثیر فاکتورهای مستقل (درصد چربی، درصد لاکتوز، دما و درصد پروتئین) مشاهده شد که اثر درصد چربی، درصد پروتئین، دما و درصد لاکتوز بر هدایت الکتریکی شیر بازساخته در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود ($P<0.01$). هدایت الکتریکی شیر بازساخته متاثر از فاکتورهای مستقل در جدول ۲ آمده است. همانطور که در این جدول مشاهده می‌شود مقادیر هد ایت الکتریکی شیر بازساخته تقریبا از ۲ تا ms/cm ٦ متغیر بوده است.

Table 2 Electrical conductivity of the recombined milk is influenced by independent factors

Fat 6% Temperature (ºC)				Fat 3% Temperature (ºC)				Lactose (%)	Protein (%)
65	60	55	50	65	60	55	50		
2.71±0.2	2.54±0.2	2.47±0.2	2.37±0.2	2.91±0.1	2.83±0.2	2.52±0.2	2.44±0.1	4	1
2.61±0.1	2.53±0.1	2.42±0.1	2.31±0.2	2.81±0.1	2.72±0.1	2.44±0.1	2.38±0.1	6	
2.54±0.1	2.45±0.2	2.33±0.1	2.29±0.1	2.75±0.1	2.54±0.1	2.38±0.1	2.32±0.2	8	
2.42±0.1	2.25±0.1	2.21±0.1	2.15±0.1	2.61±0.1	2.42±0.1	2.36±0.1	2.18±0.1	10	
4.73±0.2	4.69±0.1	4.45±0.1	4.25±0.1	4.82±0.1	4.77±0.2	4.54±0.2	4.31±0.2	4	2
4.44±0.2	4.22±0.2	4.09±0.1	4.04±0.2	4.73±0.1	4.68±0.1	4.55±0.1	4.08±0.1	6	
4.33±0.1	4.24±0.1	4.17±0.2	3.81±0.1	4.61±0.2	4.53±0.1	4.47±0.1	4.02±0.2	8	
4.11±0.1	3.93±0.1	3.84±0.1	3.55±0.1	4.51±0.1	4.32±0.1	4.31±0.1	4.02±0.1	10	
5.32±0.2	5.21±0.1	4.91±0.2	4.62±0.2	5.72±0.2	5.71±0.2	5.01±0.1	4.98±0.2	4	3
5.11±0.2	4.91±0.2	4.81±0.1	4.59±0.1	5.65±0.2	5.21±0.1	5.01±0.2	4.81±0.1	6	
4.91±0.1	4.75±0.1	4.67±0.1	4.48±0.1	5.31±0.1	4.96±0.1	4.85±0.1	4.67±0.1	8	
4.78±0.1	4.61±0.1	4.55±0.1	4.41±0.1	4.87±0.1	4.81±0.1	4.78±0.1	4.61±0.1	10	
5.94±0.2	5.52±0.1	5.26±0.2	5.17±0.2	5.99±0.1	5.82±0.2	5.73±0.1	5.26±0.2	4	4
5.65±0.2	5.54±0.2	5.25±0.1	5.01±0.1	5.82±0.2	5.77±0.1	5.62±0.1	5.11±0.1	6	
5.55±0.1	5.37±0.1	4.99±0.1	4.72±0.1	5.78±0.1	5.62±0.1	5.55±0.2	4.92±0.1	8	
5.19±0.1	4.93±0.1	4.83±0.1	4.48±0.1	5.26±0.1	5.21±0.1	4.88±0.1	4.81±0.1	10	

۳-۲- مدل‌سازی و پیش‌بینی هدایت الکتریکی

برای مدل‌سازی و پیش‌بینی هدایت الکتریکی شیر بازساخته از شبکه پرسپترون چند لایه (MLP) به دلیل افزایش سرعت آموزش، فراگیری الگو به الگوی آن و همچنین داشتن ساختار استاتیکی استفاده شد. برای بررسی عملکرد شبکه MLP، از دو تابع آستانه تانژانت هیپربولیک (Tanh) و سیگموئید (Sig) و همچنین از دو الگوریتم یادگیری مومنتوم (Mom) و لونبرگ-مارکوارت (LM) استفاده شد. توپولوژی‌های مختلف با تعداد نرون‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گرفتند. این

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/fsct.16.96.65]

توپولوژی‌ها کاملا به صورت سعی و خطا انتخاب و شبیه‌سازی شدند. برخی از بهترین نتایج مدل‌سازی شبکه عصبی در جدول ۳ نشان داده شده است.

Table 3 Some results from different structures of artificial neural network have been used

Network Arrangement	Epoch	Training Algorithm	Actuator function	Network Learning		Network test	
				MSE	R^2	MSE	R^2
4-2-1	33	Mom	Tanh	0.019	0.936	0.11	0.944
4-2-1	18	LM	Tanh	0.006	0.99	0.014	0.99
4-2-1	805	Mom	Sig	0.02	0.87	0.41	0.92
4-2-1	19	LM	Sig	0.001	0.99	0.032	0.96
4-3-1	25	Mom	Tanh	0.018	0.937	0.1	0.944
4-3-1	21	LM	Tanh	0.004	0.986	0.014	0.99
4-3-1	600	Mom	Sig	0.02	0.897	0.41	0.931
4-3-1	16	LM	Sig	0.001	0.99	0.027	0.968
4-4-1	77	Mom	Tanh	0.02	0.933	0.069	0.963
4-4-1	**19**	**LM**	**Tanh**	**0.003**	**0.996**	**0.011**	**0.992**
4-4-1	488	Mom	Sig	0.02	0.865	0.41	0.91
4-4-1	15	LM	Sig	0.004	0.986	0.021	0.98
4-5-1	47	Mom	Tanh	0.019	0.93	0.086	0.954
4-5-1	22	LM	Tanh	0.004	0.988	0.025	0.984
4-5-1	391	Mom	Sig	0.02	0.86	0.43	0.893
4-5-1	14	LM	Sig	0.001	0.99	0.015	0.984
4-2-2-1	115	Mom	Tanh	0.019	0.96	0.18	0.918
4-2-2-1	19	LM	Tanh	0.005	0.986	0.023	0.966
4-2-2-1	1000	Mom	Sig	0.083	0.46	1.23	0.55
4-2-2-1	16	LM	Sig	0.001	0.988	0.026	0.97
4-3-3-1	109	Mom	Tanh	0.019	0.954	0.16	0.935
4-3-3-1	24	LM	Tanh	0.006	0.986	0.036	0.96
4-3-3-1	1000	Mom	Sig	0.078	0.902	1.17	0.865
4-3-3-1	18	LM	Sig	0.002	0.974	0.065	0.91
4-4-4-1	123	Mom	Tanh	0.019	0.94	0.11	0.958
4-4-4-1	14	LM	Tanh	0.002	0.992	0.018	0.98
4-4-4-1	1000	Mom	Sig	0.081	0.81	1.19	0.76
4-4-4-1	16	LM	Sig	0.001	0.98	0.026	0.968
4-5-5-1	34	Mom	Tanh	0.017	0.958	0.12	0.937
4-5-5-1	19	LM	Tanh	0.003	0.992	0.019	0.978
4-5-5-1	1000	Mom	Sig	0.078	0.884	1.16	0.96
4-5-5-1	14	LM	Sig	0.001	0.99	0.026	0.97

همچنین نتایج الگوریتم یادگیری لونبرگ-مارکوارت نسبت به الگوریتم یادگیری مومنتوم بهتر بود. روند آموزش در صورتی که خطای مجموعه ارزیابی در ٦ تکرار متوالی تغییر نیابد یا تعداد تکرار به مقدار مورد نظر (مثلا ۱۰۰۰) برسد متوقف می‌شد. نتایج حاصل از به‌کارگیری شبکه عصبی با توپولوژی‌های مختلف نشان داد که بهترین توپولوژی دارای ساختاری با معماری ٤ نرون در لایه ورودی، ٤ نرون در لایه پنهان و یک نرون در لایه خروجی بود. این توپولوژی یا شبکه منتخب، تغییرات هدایت الکتریکی

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/fsct.16.96.65]

شیر بازساخته را با ضریب تبیین ۰/۹۹۲ و خطای ۰/۰۱۱ در آزمون شبکه و ۰/۹۹۶ و ۰/۰۰۳ در آموزش شبکه، مدل را آموزش داده و هدایت الکتریکی شیر بازساخته را با دقت خوبی پیش‌بینی نمود (جدول ۳).

این شبکه بهینه برای همگرا شدن فقط به ۱۹ چرخه آموزشی (تکرار) نیاز داشته است که نشان از قابلیت بالای شبکه عصبی به عنوان ابزاری برای پیش‌بینی تغییرات هدایت الکتریکی شیر بازساخته است و می‌تواند در سامانه‌های کنترل فرایندهای لبنی استفاده شود [۱۶]. روند کاهش خطای شبکه در حین آموزش و ارزیابی در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود بعد از ۱۹ چرخه یادگیری (تکرار) مقدار خطا ثابت بوده و شبکه همگرا شده است.

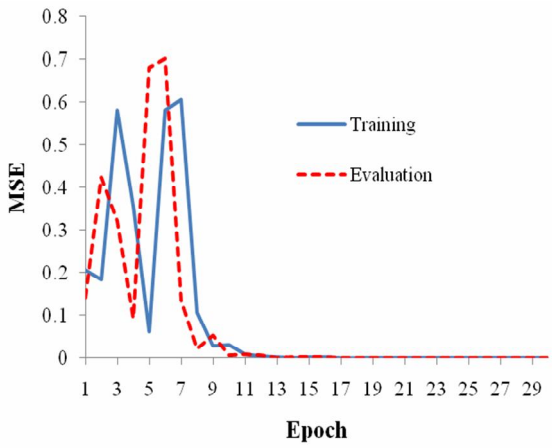

Fig 2 Selected neural network performance

مقایسه بین مقادیر هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده (واقعی) و مقادیر مدل‌شده (پیش‌بینی شده) برای شیر بازساخته در شکل‌های ۳ و ٤ آمده است. همانطور که مشاهده می‌شود اختلاف ناچیزی بین مقادیر واقعی و مدل‌شده وجود دارد که نشان می‌دهد شبکه عصبی منتخب (با توپولوژی ۱-٤-٤) با دقت خوبی هدایت الکتریکی شیر بازساخته را مدل‌سازی و پیش‌بینی نموده است.

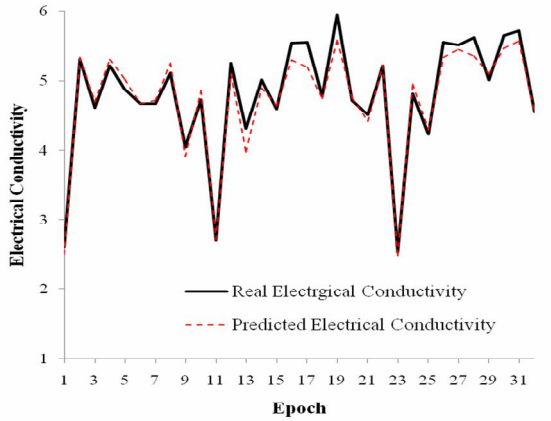

Fig 3 Difference between the actual and predicted data of selected neural network

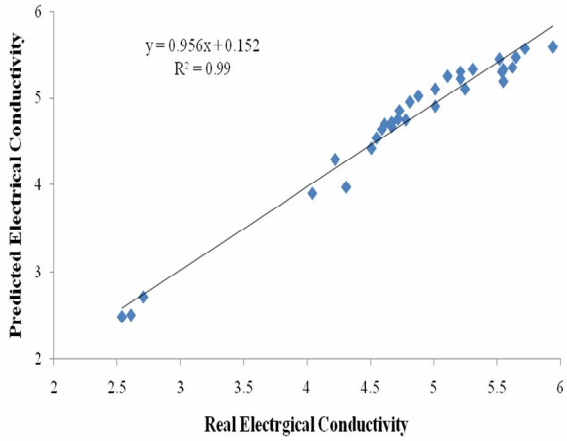

Fig 4 Correlation between actual and predicted data of selected neural network

برای تایید نتایج به دست آمده و مقایسه با نتایج محققان دیگر در زمینه استفاده از شبکه عصبی در علوم کشاورزی می‌توان گفت که از بین مدل‌های بررسی شده، شبکه عصبی پس‌انتشار پیشخور با الگوریتم آموزش لونبرگ- مارکوارت با توپولوژی‌های دارای یک لایه پنهان را بهترین مدل شبکه عصبی حرارت دهی پرتقال معرفی شده است [۲٤]. در پژوهشی با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون چندلایه با الگوریتم پس انتشار خطا مشخص شد که شبکه‌های عصبی به طور موثر قادر به پیش‌بینی خواص فیزیکی و شیمیایی خشک‌کردن آب اسپری شده توت سیاه و سفید بودند [۲۵].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/fsct.16.96.65]

در پژوهشی دیگر که روی پیش‌بینی محتوای رطوبتی خشک‌شدن لایه نازک قارچ خوراکی به کمک شبکه‌های عصبی مصنوعی پس انتشار انجام شد، نتایج نشان داد که شبکه MLP با الگوریتم یادگیری لونبرگ-مارکوارت دارای دقت خوبی در تخمین رطوبت در هنگام خشک شدن بود [۲۱]. همچنین بیان شده است که توپولوژی‌های دارای یک لایه پنهان بهترین برازش را در فرایند حرارت دهی ورقه‌های گوجه فرنگی نشان دادند [۲۶]. شبکه پس انتشار پیشخور و الگوریتم آموزش لونبرگ-مارکوارت، بهترین شبکه عصبی در حرارت‌دهی بستر شلتوک برنج در نظر گرفته شد [۲۷].

۳-۳- آنالیز حساسیت شبکه عصبی مصنوعی

نتایج آنالیز مدل شبکه عصبی مصنوعی نسبت به هر یک از متغیرهای مستقل (درصد پروتئین، درصد چربی، درصد لاکتوز و دما) در شکل‌های ۵ تا ۷ آمده است. همانطور که مشاهده می‌شود برای مدل‌های آموزش، ارزیابی و آزمون، وزن (حساسیت) فاکتور مستقل درصد پروتئین نسبت به دیگر فاکتورها بیشتر بوده است و برای فاکتور درصد چربی کمترین بوده است. این نتایج نشان می‌دهند که شبکه عصبی مصنوعی برای شبیه‌سازی خروجی مدل (هدایت الکتریکی شیر بازساخته) از بین ورودی‌های مدل، بیشتر به متغیر درصد پروتئین وابسته است. این نتایج بدان معنی نیست که هدایت الکتریکی شیر بازساخته نسبت به مثلا تغییرات چربی وابسته نیست بلکه بدان معنی است که حساسیت هدایت الکتریکی نسبت به دیگر عوامل بیشتر است.

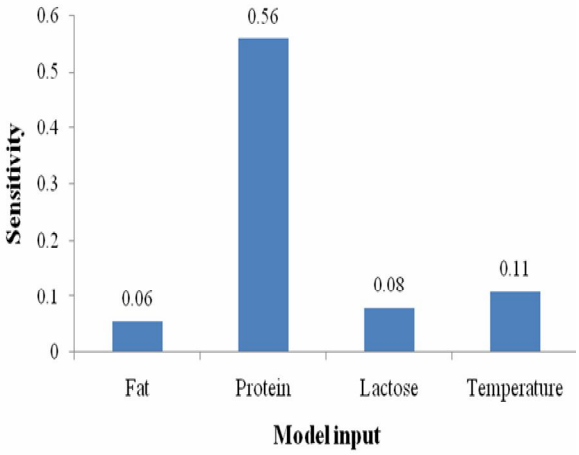

Fig 5 Sensitivity of neural network training to each independent variable

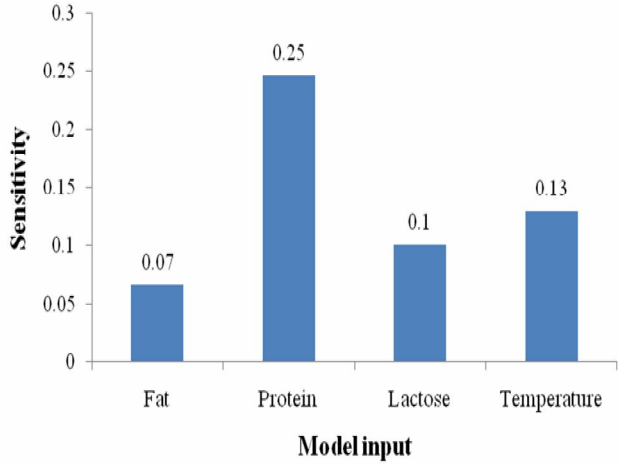

Fig 6 Sensitivity of neural network test to each independent variables

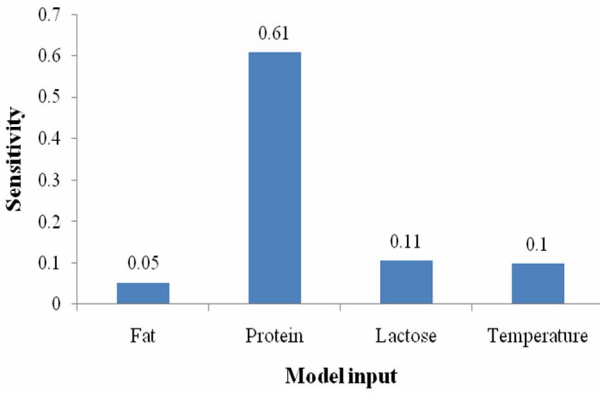

Fig 7 Sensitivity of neural network evaluation to each independent variables

۳-٤- بهینه‌سازی هدایت الکتریکی شیر بازساخته به روش سطح پاسخ

برای مدل‌سازی و بهینه‌سازی هدایت الکتریکی شیر بازساخته از روش سطح پاسخ و نرم افزار Design Expert7 استفاده شد. مدل پیشنهادی روش سطح پاسخ برای هدایت الکتریکی شیر بازساخته، مدل درجه دوم با ضریب تبیین ۰/۹۳ بود. در رابطه (۱) مدل رگرسیونی درجه دوم روش سطح پاسخ برای شبیه‌سازی هدایت الکتریکی شیر بازساخته با توجه به متغیرهای مستقل مورد نظر ارائه شده است. همانطور که در این رابطه مشخص است بیشترین تاثیر در شبیه‌سازی هدایت الکتریکی شیر مربوط به عبارات خطی متغیرهای مستقل است. در بین عبارات خطی متغیرهای مستقل، متغیر درصد پروتئین دارای بیشترین تاثیر بر

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]
[DOI: 10.29252/fsct.16.96.65]

شبیه‌سازی هدایت الکتریکی شیر بازساخته بوده است. بعد از متغیر درصد پروتئین، بیشترین تاثیر در مدل شبیه‌سازی هدایت الکتریکی شیر بازساخته به ترتیب مربوط به درصد لاکتوز و دما بوده است. این نتایج با نتایج آنالیز حساسیت شبکه عصبی ارائه شده همخوانی دارند (شکل‌های ۵ تا ۷).

(۱)

$$EC=4.87 + 0.69\,P - 0.21\,L + 0.17\,T - 0.14\,F - 0.08\,P\times L + 0.03\,P\times T + 0.02\,P\times F + 0.01\,L\times T + 0.03\,L\times F - 0.018\,T\times F - 0.15\,P^2 + 0.04\,L^2 + 0.02\,T^2$$

که در این رابطه، P درصد پروتئین، L درصد لاکتوز، T دما و F درصد چربی می‌باشد.

اگر هدف به حداکثر رساندن هدایت الکتریکی شیر بازساخته باشد مدل ارائه شده با مطلوبیت ۱۰۰ درصد به این هدف می‌رسد. در این حالت هدایت الکتریکی شیر بازساخته برابر با ٦/٣ mS/cm و مقادیر درصد چربی، دما، درصد پروتئین و درصد لاکتوز به ترتیب برابر با ۳٪، ٦٤/٨٩ درجه سلسیوس، ۳/۹۷٪ و ۵/۱۲٪ خواهد بود. اگر هدف رساندن هدایت الکتریکی به مقدار معمول آن (٤ تا ۵/۵ mS/cm) باشد مدل ارائه شده با مطلوبیت ۱۰۰ درصد نیز به این هدف می‌رسد. در این حالت هدایت الکتریکی شیر بازساخته برابر با ۵/۲ mS/cm و مقادیر درصد چربی، دما، درصد پروتئین و درصد لاکتوز به ترتیب برابر با ۳٪، ٦١/١٣ درجه سلسیوس، ۲/۷۳٪ و ۵/۷۷٪ خواهد بود.

٤- نتیجه گیری

استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، روش جدیدی در حل بسیاری از مسائل مهندسی می‌باشد. این روش مبتنی بر یافتن روابط ذاتی میان پارامترهای مختلف مؤثر بر هر مسئله، یادگیری آن و سپس تعمیم به نمونه‌های مشابه می‌باشد. در این تحقیق هدایت الکتریکی شیر بازساخته توسط شبکه عصبی مصنوعی با ساختار پرسپترون چند لایه ارائه شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که در مدل شبکه عصبی مصنوعی و همچنین مدل رگرسیونی روش سطح پاسخ، بیشترین تاثیر در مدل‌سازی هدایت الکتریکی شیر بازساخته به ترتیب مربوط به درصد پروتئین، درصد لاکتوز، دما و درصد چربی بود. از مقایسه داده‌های تجربی با اطلاعات به دست آمده از مدل شبکه عصبی، مشخص شد که شبکه عصبی ابزاری توانمند در مدل کردن هدایت الکتریکی شیر بازساخته می‌باشد. بهترین شبکه عصبی مصنوعی برای تخمین هدایت الکتریکی شیر بازساخته، شبکه MLP با الگوریتم یادگیری لونبرگ-مارکوارت، تابع آستانه Tanh، توپولوژی ۱-٤-٤، با ضریب تبیین ۰/۹۹۲ و خطای آزمون ۰/۰۱۱ بود. اگر هدف رساندن هدایت الکتریکی به مقدار معمول آن (٤ تا ۵/۵ mS/cm) باشد مدل ارائه شده به روش سطح پاسخ با مطلوبیت ۱۰۰ درصد به این هدف می‌رسد. در این حالت هدایت الکتریکی شیر بازساخته برابر با ۵/۲ mS/cm و مقادیر درصد چربی، دما، درصد پروتئین و درصد لاکتوز به ترتیب برابر با ۳٪، ٦١/١٣ درجه سلسیوس، ۲/۷۳٪ و ۵/۷۷٪ خواهد بود.

۵- منابع

[1] Luck, H., Screed. D. 2002. The use of hydrojenpeoxide in milk and Dairy products. German research institute for food chemistry, 423-452.

[2] Loveland, J.W. 1986. Conductance and oscillometry. 2nd ed., USA: Allyn and Bacon, p. 122-43.

[3] Mabrook, M. F., Petty, M. C. 2002. Application of electrical admittance measurements to the quality control of milk. Sensors and Actuators B, 84: 136–141.

[4] Maatje, K., Huijsmans, P. J. M., Rossing, W., Hogewerf, P. H. 2002. The efficacy of in-line measurement of quarter milk electrical conductivity, milk yield and milk temperature for the detection of clinical and subclinical mastitis. Livest Prod Sci, 30: 239-249.

[5] Crow, D. R. 1994. Principles and application of electro chemistry. 4th ed. Glasgow: Blackie Academic and Professional. Glasgow, UK.

[6] Gelais, D., Champagne, C. P., Erepmoc, F., Audet, P. 1995. The use of electrical conductivity to follow acidifcation of dairy blends. Int Dairy J, 5: 427 438.

[7] Prentice, J.H. 1962. The conductivity of milk the effect of the volume and degree of dispersion of the fat. J Dairy Res, 2: 131 139.

[8] Mabrook, M., Petty, M. 2003. Effect of composition on the electrical conductivity of milk. J Food Eng, 69 (3): 321-325.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/fsct.16.96.65]

[9] Lampert, I.M. 1978. Modern Dairy Products. 3th ed. CRC.USA, p. 92- 132.

[10] Nielen, M., Deluyker, H., Schukken, Y. H., Brand, A. 1992. Electrical conductivity of milk: measurement, modifers, and meta analysis of mastitis detection performance. J Dairy Sci, 75 (2): 606 614.

[11] Petzer, I. M., Donkin, E. F., Du Preez, E., Karzis, J., Van der Schans, T. J., Watermeyer, J.C., Reenen, R. 2008. Value of tests for evaluating udder health in dairy goats: somatic cell counts, California Milk Cell Test and electrical conductivity. Onderstepoort. J Vet Res, 75: 279– 287.

[12] Norberg, E., Hogeveen, H., Korsgaard, I.R., Friggens, N.C., Lbvendahl, P. 2004. Electrical conductivity of milk: ability to predict mastitis status. J. Dairy Sci, 87: 1099–1107.

[13] Zhuang, W., Zhou, W., Nguyen, M.H., Hourigan, J.A. 1997. Determination of protein content of whey powder using electrical conductivity measurement. Int Dairy J, 7(10): 647 653.

[14] Dejmek, P. 1989. Precision conductometry in milk renneting. J Dairy Res, 56 (1): 69-78.

[15] Paqurt, Y. 2000. Electrical conductivity as a tool for analyzing fermentation processes for production of cheese starters. Int Dairy J, 10: 391-399.

[16] Farkas,I., Remenyi, P. & Biro, A. 2000. Modeling aspects of grain drying with a neural network. Computers and Electronics in Agriculture, 29, 99-113.

[17] Menhaj, M. B. 2005. Fundamentals of Artificial Neural Networks. 3th ed. Amirkabir University of Technology Publishers. 718 p. (In Farsi).

[18] Therdthai, N., Zhou, W. 2001. Artificial neural network modeling of the electrical conductivity property of recombined milk, 15(6 8): 1743 1752.

[19] Shin, J.,Yang, D., Gan, L., Hong, S., Lee, E., Park, S., Lee, K. 2012. Preparation of recombined milk using modified butterfats containing α-linolenic acid. Journal of Food Science, 78(1): 17-24.

[20] Schalkoff, R. J. 1997. Artificial neural networks, McGraw-Hill. 422 p.

[21] Khoshtaghaza, M. H., Hosseinzadeh, B., Fayyazi, E., Amirnejat, H. 2016. Prediction of thin layer drying of edible mushroom moisture content by feed forward artificial neural networks method. Journal of Food Science and Technology, 13 (50), 171-182. (In Farsi).

[22] Dayhoff J. E. 1990. Neural Network Principles. Prentice-Hall International, U.S.A.

[23] Nazghelichi, T., Kianmehr, M. H., Aghbashlo, M. 2011. Prediction of carrot cubes drying kinetics during fluidized bed drying by artificial neural network. Journal of food science and technology. 48(5): 542-550.

[24] Sharifi, M., Rafiee, Sh., Kayhani, A., Omid, M. 2010. Kinetic model simulation of thin-layer drying of orange fruit (var. Thompson) using artificial neural network. Journal of Food Science and Technology, 7 (24): 39-49. (In Farsi).

[25] Fazaeli, M., Emam, Z., Omid, M., Kalbasi, A. 2013. Prediction of the Physicochemical Properties of Spray-Dried Black Mulberry (Morus nigra) Juice using Artificial Neural Networks. Food Bioprocess Technol. 6(2): 585-590.

[26] Islam, M. R., Sablani, S. S., Mujumdar. A. S. 2003. An artificial neural network model for prediction of drying rates. Drying Technology, 21, 9: 1867-1884.

[27] Amiri Chayjan, R. 2006. Smart prediction of paddy drying process for optimization of process. doctorate dissertation. Biosystem Engineering. Tarbiat Modares University. Tehran. (In Farsi).

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/fsct.16.96.65]

Application of Artificial Neural Network in Predicting the Electrical Conductivity of Recombined Milk

Naseri, H. [1], Hazbavi, I. [2*], Shahbazi, F. [3]

1. Graduate Master student of biosystem engineering, faculty of agriculture, Lorestan University
2. Assistant professor of biosystem engineering, faculty of agriculture, Lorestan University
3. Associate professor of biosystem engineering, faculty of agriculture, Lorestan University

(Received: 2019/02/07 Accepted:2020/01/07)

In this study, the electrical conductivity of recombined milk was modeled and predicted using artificial neural networks (ANN) method. The protein (1, 2, 3 and 4%), lactose (4, 6, 8 and 10%), fat (3 and 6%) and temperature (50, 55, 60 and 65ºC) were considered as the independent input parameters and electrical conductivity of recombined milk as the dependent parameter. Experimental data obtained from electrical conductivity meter, were used for training and testing the network. In order to develop neural network firstly experimental data were randomly divided into three sets of training (70%), validating (15%) and testing model (15%). In order to develop ANN models. Multilayer perceptron networks (MLP) models were trained in two, three and four layers. The number of hidden layers and the number of neurons in each layer were obtained by trial and error. The best training algorithm was LM with the least MSE value. The highest coefficient of determination (R^2) and lowest mean squared error (MSE) were considered as the criterion for selecting the best network. The network having three layers with a topology of 4-4-1 had the best results in predicting the electrical conductivity of recombined milk. This network has four neurons in the hidden layer. For this network, R^2 and MSE were 0.992 and 0.011, respectively. These results can be used in milk processing factories. The correlation between the predicted and experimental values in the optimal topologies was higher than 99%.

Keywords: Recombined milk, Electrical conductivity, Modeling, Artificial neural network

* Corresponding Author E-Mail Address: hazbavi@lu.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/fsct.16.96.65]