



استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی در پیش بینی عدد کیفی فارینوگراف خمیر نان حجیم

هاجر عباسی*^۱، سید مهدی سیدین^۲، زهرا امام جمعه^۳

۱- عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خوراسگان (اصفهان)، گروه علوم و صنایع غذایی، اصفهان، ایران.

۲- عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات (تهران) گروه علوم و صنایع غذایی، تهران، ایران.

۳- عضو هیأت علمی دانشگاه تهران، گروه علوم و صنایع غذایی، تهران، ایران.

*نویسنده مسئول: هاجر عباسی H.Abbasi@khuisf.ac.ir; Abbasihajar@yahoo.com

چکیده

علیرغم اهمیت رئولوژی خمیر در ویژگیهای کیفی نان، عموماً انجام ارزیابی های رئولوژیکی به دلیل نیازمندی به تجهیزات، تخصص، زمان و هزینه زیاد در صنعت امکان پذیر نمی باشد. از این رو طراحی مدل های با صحت و عمومیت بالا می تواند نیازمندیهای آزمایشگاهی صنایع تولید را تا حدود قابل قبولی مرتفع سازد. طبیعت متغیر خمیر و وابستگی آن به تعداد زیادی از پارامترهای مستقل، توسعه یک مدل مناسب با روش های مدلسازی رگرسیونی را غیر ممکن می سازد. لذا در این تحقیق توانایی شبکه های عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه در پیش بینی عدد کیفی فارینوگراف به عنوان معیاری از شاخصهای موجود در منحنی فارینوگرام مورد بررسی قرار گرفت است. ۱۰۰ نمونه آرد ستاره مناسب برای تولید نانهای حجیم از واحدهای آردسازی استانهای مختلف کشور جمع آوری شد. هفت فاکتور از خصوصیات فیزیکوشیمیایی آرد به عنوان پارامترهای ورودی و عدد کیفی فارینوگراف به عنوان خروجی شبکه در نظر گرفته شد. شبکه فوق با دو روش آزمون و خطا و الگوریتم ژنتیک و با به کارگیری روش آموزش پس انتشار خطا به منظور تعیین بهترین ویژگیهای شبکه (تعداد لایه های پنهان و نورونهای هر لایه، کمیتهای مومتم و استپ سایز و فاکتورهای ورودی) تحت آموزش قرار گرفتند. نتایج نشان داد که شبکه عصبی طراحی شده با استفاده از الگوریتم بهینه ساز ژنتیک در پیش بینی عدد کیفی فارینوگرافی بسیار توانمند عمل می کند و می تواند این فاکتور را با $R^2=0.97$ پیش بینی کند. حساسیت فاکتورخروجی نسبت به تغییرات هر یک از فاکتورهای ورودی مورد ارزیابی قرار گرفت. واژگان کلیدی: الگوریتم ژنتیک، شبکه های عصبی مصنوعی، عدد کیفی فارینوگراف، ویژگی های فیزیکوشیمیایی آرد

مقدمه

خمیر آرد گندم ترکیبی ویسوالاستیک با قابلیت حفظ گاز و خصوصیات منحصر به فرد است که ویژگیهای کیفی محصول را تحت تأثیر قرار می دهد. تغییرات فصلی، منطقه ای، ژنتیکی یا تولیدی آرد موجب می شود که تولید کنندگان مرتباً با تغییر کیفیت خمیر و محصولات حاصل از آن مواجه باشند. در اکثر صنایع پخت بررسی فاکتورهای اولیه آرد انجام می شود در حالی که ارزیابی ویژگی های رئولوژیکی خمیر به دلیل هزینه بر بودن، نیازمندی به دستگاه های پیشرفته و یا نداشتن تخصص لازم صورت نمی گیرد. فارینوگراف یکی از کاربردی ترین دستگاه هایی است که ویژگی های خمیر در حین اختلاط را مورد بررسی قرار می دهد. در میان فاکتورهای به دست آمده از فارینوگرافی، عدد کیفی فارینوگراف به تنهایی تا حدود قابل قبولی توصیف کننده کیفیت کلی آرد است (Sietz and Schoggl, 1996). در این تحقیق پیش بینی این فاکتور به عنوان معیار مناسبی برای ارزیابی کیفیت آرد مورد نظر است. شبکه های عصبی مصنوعی که حاصل قسمتی از تحقیقات دانشمندان بر علوم هوش مصنوعی هستند تلاش بر درک رفتار و مدل سازی عملکرد مغز انسان دارند. در علوم غذایی شبکه های عصبی ابزارهای توانمندی برای مدل سازی و پیش بینی کیفیت و سلامتی مواد غذایی در حین فرآوری و توزیع را فراهم می آورند. با توجه به کارایی شبکه های عصبی در پردازش اطلاعات و مدل سازی سیستمهای پیچیده ای که فاکتورهای غیرخطی بسیاری در تغییر ویژگی های آنها مؤثر هستند و همین طور با توجه به تأثیر



خصوصیات خمیر در تغییر ویژگی های کیفی نان به عنوان قوت غالب مردم، هدف از این پژوهش استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی و بهینه سازی آن با الگوریتم ژنتیک (نوعی از الگوریتم های تکامل که از اصول داروین برای یافتن فرمول بهینه جهت پیش بینی یا تطبیق الگو استفاده می کند و می تواند در حل مسائل مختلف با کاهش احتمال همگرایی به یک بیشینه محلی در مقایسه با روش های دیگر به کار برده شود) به منظور تهیه مدل مناسب بین عدد کیفی فارینوگراف و پارامترهای فیزیکی شیمیایی آرد مورد استفاده است. نتایج این تحقیق می تواند نیازمندی به انجام آزمون های پیچیده و همچنین ضررهای اقتصادی ناشی از کاهش کیفیت محصول در حین تولید را تا حدودی مرتفع سازد و به این صورت نقش چشمگیری در صنعت پخت ایفا کند.

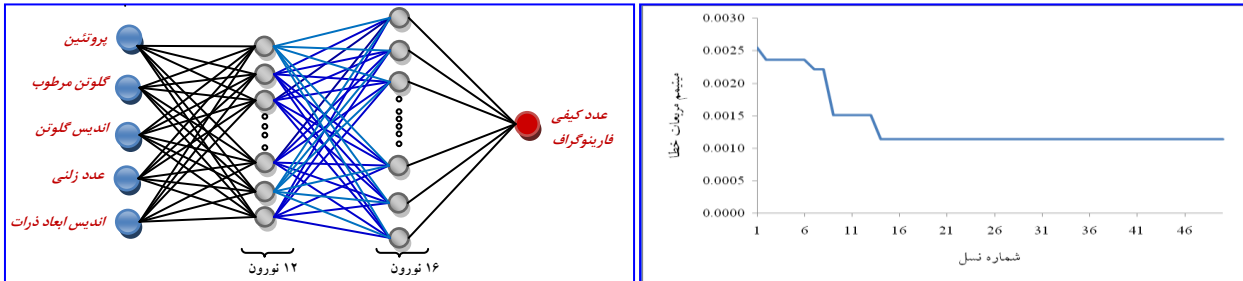
مواد و روشها

۱۰۰ نمونه آرد ستاره (مناسب جهت تولید نان حجیم) از استان های مناطق مختلف کشور جمع آوری گردید. هفت فاکتور از ویژگی های فیزیکی شیمیایی آرد (پروتئین، خاکستر، گلوتن مرطوب، اندیس گلوتن، عدد زلنی، عدد فالینگ و ابعاد ذرات) به عنوان ورودی های شبکه و همچنین ویژگی های فارینوگرافی خمیر آنها با استفاده از روشهای AACC در سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت. عدد کیفی فارینوگراف به دلیل دارا بودن خصوصیات منحصر به فرد، جهت پیش بینی با شبکه های عصبی برگزیده شد (AACC., 1995). به منظور بهینه سازی پارامترهای مؤثر بر عملکرد شبکه در مرحله اول شبکه های سه لایه با یک لایه پنهان و تعداد نورون متغیر (۵۰-۱ نورون با فواصل ۱) و در مرحله دوم شبکه های چهار لایه با تعداد نورون لایه اول ثابت و تعداد نورون لایه پنهان دوم متغیر (۲۱-۱ با فواصل ۱ نورون) طراحی و بررسی شدند. در شبکه های چهار لایه این فرایند از ۱ نورون در لایه پنهان اول آغاز و تا ۲۱ نورون در همین لایه ادامه یافت. تأثیر تغییرات مومنتم از ۰/۱ تا ۱ با فواصل ۰/۱ و تغییرات استپ سائز از ۰/۵ تا ۱ با فواصل ۰/۱ بر عملکرد شبکه بررسی شد. با توجه به نواقص روش آزمون و خطا، در مرحله بعد از الگوریتم ژنتیک برای تعیین پارامترهای شبکه استفاده شد. محدوده تعداد نورون های لایه های پنهان، استپ سائز و مومنتم به ترتیب بین ۲۱-۳، ۱-۰ و ۰-۱، جمعیت کروموزومی و تعداد نسل به ترتیب ۲۰۰ و ۵۰ عدد و شانس عملگرهای تبادل تک نقطه ای و جهش یکنواخت به ترتیب معادل ۰/۹۰ و ۰/۰۱ در نظر گرفته شد. به علاوه از الگوریتم ژنتیک به منظور بررسی هر یک از ورودی های شبکه نیز استفاده شد. در این پژوهش از شبکه های عصبی پیشخور به همراه الگوریتم یادگیری پس انتشار استفاده شد. آموزش هر شبکه در هر یک از مراحل ذکر شده تا رسیدن به ۳۰۰۰۰ چرخه آموزشی و یا عدم بهبود میانگین مجذور خطا داده های اعتبارسنجی پس از ۱۰۰ چرخه آموزشی انجام گرفت. هر شبکه با تعداد نورون مورد نظر ۱۰ مرتبه تحت آموزش قرار گرفت و میانگین نتایج آن ها با یکدیگر مقایسه شد تا بهترین شبکه برگزیده شود. عملکرد بهترین شبکه هر مرحله در پیش بینی داده های تست آزموده شد. به منظور دریافت اهمیت نسبی هر یک از ورودی های شبکه در تغییر فاکتورهای خروجی، بررسی حساسیت نسبی فاکتور خروجی به پارامترهای ورودی شبکه انجام گرفت. در این بخش هر یک از ورودی ها به ترتیب مابین میانگین و انحراف معیار تعریف شده تغییر داده شدند، درحالی که کمیت سایر ورودی ها ثابت و معادل مقدار میانگین خود باقی ماند. خروجی شبکه با تغییر این پارامترها به تعداد دفعاتی که برایشان تعریف شده است محاسبه شد.

نتایج و بحث

نتایج مدل سازی شبکه با آزمون و خطا نشان داد که شبکه عصبی چهار لایه با ۹ و ۸ نورون در لایه پنهان اول و دوم بهترین شبکه مدل سازی شده در این مرحله است. این شبکه توانست عدد کیفی فارینوگراف با همبستگی ۰/۸۵ در برابر داده های واقعی پیش بینی کند. با توجه به بهبود نتایج مدل سازی شبکه با استفاده از الگوریتم ژنتیک در مقایسه با نتایج فوق، از ذکر مفصل آنها خودداری می کنیم. بهترین تطابق هر نسل در حین بهینه سازی پارامترهای شبکه با الگوریتم ژنتیک در شکل ۱ نشان داده شده است. بهترین شبکه با بیشترین تطابق پس از ۱۱ نسل با میانگین مربعات خطای اعتبارسنجی ۰/۰۱۱ به دست آمد. تمام ویژگیهای این شبکه ذخیره و برای

ارزیابی در فاز تست مورد استفاده قرار گرفت. علاوه بر تنظیم سایر پارامترها، الگوریتم ژنتیک دو فاکتور از ورودی ها را به عنوان کم تأثیرترین عوامل بر عدد کیفی فارینوگراف حذف نمود. توپولوژی این شبکه عصبی و مشخصات کامل آن به ترتیب در شکل ۲ و جدول ۱ نشان داده شده است.



شکل ۲: توپولوژی بهترین شبکه عصبی خلق شده با استفاده از الگوریتم بهینه ساز ژنتیک

شکل ۱: کمترین میانگین مربعات خطای حاصل شده در هر نسل در مرحله آموزش شبکه با استفاده از الگوریتم ژنتیک

جدول ۱: ویژگی های بهترین شبکه عصبی چهار لایه طراحی شده با استفاده از الگوریتم ژنتیک

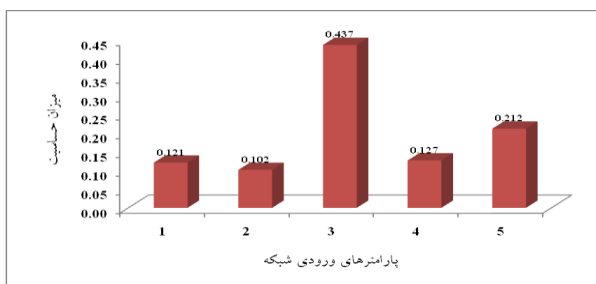
لایه های شبکه	تعداد نورون	استپ سایز (آکسون)	مومتم (آکسون)	استپ سایز (سیناپس)	مومتم (سیناپس)
لایه ورودی	۵	-	-	-	-
اولین لایه پنهان	۱۲	۰/۶۰۰	۰/۰۳۷	۰/۷۱۸	۰/۲۱۱
دومین لایه پنهان	۱۶	۰/۲۰۹	۰/۲۵۳	۰/۴۸۶	۰/۹۸۷
لایه خروجی	۱	۰/۳۷۸	۰/۷۸۳	۰/۱۵۴	۰/۳۱۷

چگونگی عملکرد این شبکه در پیش بینی داده های فاز تست در جدول ۲ نمایش داده شده است. در شکل ۳ داده های فاز تست پیش بینی شده با استفاده از شبکه اخیر در مقابل داده های واقعی فاز ترسیم شده است.

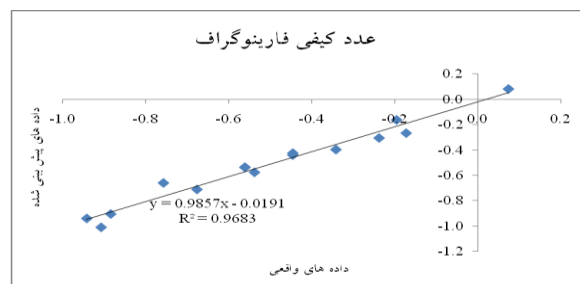
جدول ۲: عملکرد بهترین شبکه عصبی مدل سازی شده با استفاده از الگوریتم ژنتیک بر داده های مرحله تست

پارامترهای ارزیابی شبکه	پارامترهای ارزیابی شبکه
میانگین مربعات خطا	۰/۰۰۲۸
میانگین مربعات خطای نرمالیزه	۰/۰۳۳۷
میانگین خطای مطلق	۰/۰۴۲۰
مینیمم خطای مطلق	۰/۰۰۴۶
ماکسیمم خطای مطلق	۰/۱۰۰۱
همبستگی	۰/۹۸۴۰

نتیجه بررسی حساسیت فاکتور خروجی به پارامترهای ورودی شبکه در شکل ۴ نشان داده شده است. از بین متغیرهای مورد بررسی، تغییرات اندیس گلوتن بیشترین تأثیر را در پیش بینی عدد کیفی فارینوگراف دارد.



شکل ۴: حساسیت عدد کیفی فارینوگرافی به پارامترهای ورودی شبکه



شکل ۳: مشاهده نتایج واقعی و پیش بینی شده توسط شبکه عصبی مدل سازی شده با الگوریتم ژنتیک



محققان پیشین کلیه خصوصیات فارینوگرافی خمیر را با میانگین خطای مطلق ۸/۶۳۸ و ضریب تشخیص ۰/۸۲۵ و در پژوهشی دیگر با میانگین خطای مطلق ۲۳/۶ پیش بینی کردند. نتایج نشان می دهند که شبکه حاصل از این تحقیق به دلیل به کارگیری همزمان الگوریتم ژنتیک و شبکه عصبی در پیش بینی این فاکتور بسیار توانمندتر است (Razmi-Rad et al., 2007; Ruan et al., 1995).

نتیجه گیری کلی

تلفیق شبکه های عصبی مصنوعی و الگوریتم بهینه ساز ژنتیک راهکار بسیار مناسبی در پیش بینی توابع پیچیده متأثر از تعداد زیادی متغیر مستقل از جمله عدد کیفی فارینوگرافی به عنوان یک پارامتر رئولوژیکی با اهمیت در صنایع نانوائی است.

منابع

1. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists, 1995. Method 46- 19, 08-01, 56-81B, 38-12A, 56-60, 50-10 and 54-21 (9th ed). St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists, Inc.
2. Razmi-Rad, E, Ghanbarzadeh, B, Mousavi, SM., Emam-Djomeh, Z., Khazaei, J. 2007. Prediction of rheological properties of Iranian bread dough from chemical composition of wheat flour by using artificial neural networks. Journal of Food Engineering. 81, 728-734.
3. Ruan R, Almaer S & Zhang J (1995) Prediction of dough rheological properties using neural networks. Cereal Chemistry 72, 308-311.
4. Sietz W, Schoggl, G. The farinograph quality number and its applicability for testing the quality of Austrian wheat. Muhle Mischfuttertechnik, 1996. 133: 785-788.

Application of artificial neural networks in estimating farinograph quality number of dough

Hajar abbasi^{1*}, Seyyed mahdi Seyedain², Zahra Emam-Djomeh³

¹Department of Food Science & Technology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Khorasan (Isfahan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

*Corresponding E-mail address: H.Abbasi@khuisf.ac.ir; Abbasihajar@yahoo.com

Abstract

In spite of dough rheology importance on qualitative properties of bread, in baking industries, the assessment of rheological properties of dough are usually not performed because the requirements to expensive and sophisticated equipments or lack of knowledge and experience. Therefore, providing suitable models for predicting the rheological properties of dough can supply rheological requirements of baking industries. In present research, abilities of multi layer perceptron artificial neural networks in predicting farinograph quality number as a main criterion of farinography was investigated. 100 samples of flour (Setareh) from factories of the various regions and provinces of the country were collected. Seven parameters of the physicochemical properties of flours and farinograph quality number were selected as inputs and output respectively. Networks learning were performed by trial and error and genetic algorithm methods with back propagation training in order to determine optimal topology of network (numbers of hidden layer and neuron numbers of them, quantities of momentum and step size and also inputs). Results showed that developed network with genetic algorithm is very effective in predicting farinograph quality number ($R^2=0.97$). The sensitivities of output to input parameters were also investigated.

Keywords: Artificial neural network, Genetic algorithm, Farinograph quality number, Physicochemical properties of flour