

مقایسه‌ی توابع لگاریتم سیگموئید و تانژانت هیپربولیک در مدل‌سازی استخراج روغن از سیاه دانه به کمک پیش‌تیمار میدان الکتریکی متناوب (PEF)

حمید بخش آبادی^۱، حبیب‌الله میرزایی^{۲*}، علیرضا قدس ولی^۳، سید مهدی جعفری^۲، امان محمد ضیایی^۲

۱- دانشجوی دکتری مهندسی مواد و طراحی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- دانشیار گروه مهندسی مواد و طراحی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۳- دانشیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۵/۰۷

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۲/۲۶

چکیده

در این تحقیق به منظور مدل‌سازی فرایند استخراج روغن از دانه‌های سیاه‌دانه به کمک پیش‌تیمار میدان الکتریکی متناوب از سه سطح شدت میدان الکتریکی (۰/۲۵، ۳/۲۵ و ۶/۲۵ kV/cm) و سه سطح تعداد پالس (۱۰، ۳۰ و ۵۰) استفاده گردید و بعد از اعمال این پیش‌تیمارها، روغن دانه‌ها با پرس ماریچی و با سرعت‌های متفاوت (۱۱، ۳۴ و ۵۷ دور در دقیقه) استخراج گردید. میزان راندمان و کارایی فرایند استخراج روغن، مقدار رنگ، ضریب شکست و میزان پروتئین نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. جهت پیش‌بینی روند تغییرات از ابزار شبکه‌های عصبی مصنوعی در نرم‌افزار MATLAB R2013a استفاده شد. با بررسی شبکه‌های مختلف شبکه‌ی پس‌انتشار پیشخور با توپولوژی‌های ۳-۸-۵ با ضریب همبستگی بیشتر از ۰/۹۸۷ و میانگین مربعات خطای کمتر از ۰/۰۰۰۲ و با بکارگیری تابع فعال‌سازی تانژانت سیگموئید هیپربولیکی، الگوی یادگیری لونبرگ-مارکوات و چرخه یادگیری ۱۰۰۰ به عنوان بهترین مدل عصبی مشخص گردید. نتایج حاصل از مدل‌های بهینه‌ی انتخاب شده نیز ارزیابی گردید و این مدل‌ها با ضرایب همبستگی بالا (بیش از ۰/۹۸۰) قادر به پیش‌بینی روند تغییرات بودند.

واژه‌های کلیدی: استخراج روغن، سیاه دانه، مدل‌سازی، میدان الکتریکی متناوب

۱- مقدمه

یکی از منابع روغنی که غالباً به عنوان چاشنی در مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد و دارای خواص دارویی و تغذیه‌ای مناسب است، دانه‌های سیاه‌دانه می‌باشد (۱۱). سیاه‌دانه (*Nigella sativa* Linn) در مناطق مدیترانه‌ای هند و خاورمیانه رشد و در سایر نقاط جهان از قبیل جنوب غرب آسیا، اروپا، شمال آفریقا کشت می‌شود. در ایران نیز این گیاه در استان‌های اراک و اصفهان می‌روید (۳). سیاه‌دانه گیاهی خودروست با گل‌های آبی پررنگ و کمرنگ و سفید. فرم میوه آن کپسولی بوده و شامل تعداد زیادی دانه‌های مثلی سفید رنگ است. هنگامی که کپسول میوه‌ای آن می‌رسد، دانه‌های آن به داخل فضا ریخته و به رنگ سیاه در می‌آیند (۲۶). دانه‌های گیاه سیاه‌دانه در طب سنتی ایران از قدیم‌الایام استفاده می‌شده و برای این دانه‌ها، خواصی مانند شیرآور، ضد نفخ، مسهل و ضد انگل قید شده است (۲). تیموکوئینون ترکیب اصلی سیاه‌دانه است که دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، ضد سرطان و مهار استرس اکسیداتیو می‌باشد (۲ و ۲۶). روش‌های استخراج روغن از دانه‌های روغنی، استفاده از پرس و حلال می‌باشد که موثرترین روش استخراج روغن از دانه‌هایی با روغن زیاد، پرس مکانیکی و به دنبال آن استخراج با حلال می‌باشد (۲۵). به دلایل اقتصادی و کاربردی، هگزان عمده‌ترین حلال مورد استفاده در استخراج روغن از دانه‌های روغنی مختلف نظیر سویا، آفتابگردان و کتان به‌شمار می‌رود. هگزان بازده بسیار بالایی در استخراج روغن از دانه‌های روغنی دارد (۲۷)، اما در عین حال استفاده از حلال، معایبی همچون زمان طولانی فرایند، هزینه‌های بالا، مسائل ایمنی، انتشار ترکیبات آلی فرار به محیط و کیفیت پایین محصولاتی که از طریق دماهای بالای فراوری ایجاد می‌شوند را نیز به همراه دارد (۶). استخراج روغن با پرس، به‌صورت گرم یا سرد می‌باشد. روش پرس برای دانه‌های روغنی که حاوی مقادیر بالایی از روغن می‌باشند، به‌کار گرفته می‌شود. استفاده از این روش به‌تنهایی ناکافی بوده و میزان زیادی از روغن در خوراک

باقی می‌ماند که سپس از طریق حلال استخراج می‌گردد. روغن حاصله از پرس سرد خواص طبیعی خود را بهتر حفظ نموده و عاری از مواد شیمیایی می‌باشد، به‌همین منظور تقاضای مصرف روغن‌های حاصل از پرس سرد در حال افزایش می‌باشد (۲۷). روش‌های جدید استخراج فقط در زمینه‌های محدود مورد استفاده قرار می‌گیرند و تحقیقات بیشتری لازم است تا مکانیزم‌های استخراج بهبود یابد، طراحی آن‌ها کامل و موانع تکنیکی برطرف شوند و برای مقیاس‌های صنعتی آماده شوند (۱۳). فرایند میدان‌های الکتریکی متناوب (PEF)^۱ به تخلیه پالس‌های کوتاه با ولتاژ بالا به ماده غذایی قرار گرفته، بین دو الکترود گفته می‌شود (۳۰). از میدان‌های الکتریکی متناوب می‌توان در فراوری آب میوه‌جات از قبیل عصاره پرتقال و عصاره سیب استفاده نمود. دان (۲۰۰۱) تحقیقات متعددی را به‌منظور استفاده از این فرایند به‌هدف، دستیابی به ماده‌ایی با عطر و طعم بهتر و قابلیت انبارمانی بیشتر صورت داد (۱۵). طالع ماسوله و همکاران (۲۰۱۵) از میدان‌های الکتریکی متناوب به‌عنوان پیش‌تیمار برای استخراج روغن از دانه‌های کنجد استفاده کردند. یافته‌های آن‌ها حاکی از آن بود که میدان الکتریکی متناوب به روند استخراج روغن از دانه‌های کنجد با پرس سرد کمک می‌نماید (۲۹). تأثیر میدان‌های الکتریکی متناوب روی میزان ترکیبات زیست‌فعال استخراج شده و همچنین فعالیت آنتی‌اکسیدانی این ترکیبات، در سال ۲۰۱۵ به‌وسیله ویکتور و همکاران مورد بررسی قرار گرفت، در این مطالعه از میدان‌های الکتریکی متناوب با شدت‌های ۱/۸۵ kV/cm، ۳ و ۵ با تعداد ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ استفاده شد. نتایج این محققین نشان داد که در مقایسه با نمونه شاهد، تیمارهای فراوری شده با PEF، تا ولتاژ ۱/۸۵ kV/cm و تعداد ۱۰ پالس، از میزان ترکیبات فنولی بالاتری برخوردار بودند. اما با افزایش شدت میدان الکتریکی و تعداد پالس، میزان ترکیبات فنولی به خاطر تخریب ساختارشان در اثر امواج الکتریکی، کاهش یافت (۳۱). این فرایند در فراوری خشک‌کردن، اصلاح فعالیت

^۱ pulsed electric field

عبارتند از دستگاه اسپکتروفتومتر (Biochrom، انگلیس)، الک آزمایشگاهی، دسیکاتور، آون آزمایشگاهی (Memert، آلمان)، ترازوی دیجیتال (Gec Avery، ساخت انگلستان)، دستگاه کج‌دال (Auto Analyser 130 Tecator CO)، دستگاه میدان الکتریکی متناوب و خشک‌کن کابینتی (ساخته شده در پژوهشکده علوم و صنایع غذایی) و پرس مارپیچی آزمایشگاهی (Kern Kraft، آلمان).

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- آماده‌سازی نمونه و استخراج روغن

در این تحقیق، دانه‌های سیاه‌دانه (با ۴۰/۰۴ درصد روغن) پس از تهیه، بوجاری شده و در کیسه‌های پلاستیکی مقاوم نسبت به نفوذ هوا و رطوبت تا زمان آزمایشات نگهداری شدند. سپس، آنها تحت تأثیر پیش‌تیمارهای مختلف میدان الکتریکی متناوب با سه سطح شدت میدان الکتریکی (۰/۲۵، ۳/۲۵ و ۶/۲۵ kV/cm) و سه سطح تعداد پالس (۱۰، ۳۰ و ۵۰) قرار گرفتند (۱۷). بعد از اعمال این تیمارها، روغن دانه‌ها با پرس مارپیچی و با سه سطح سرعت مارپیچ (۱۱، ۳۴ و ۵۷ دور در دقیقه) استخراج گردید (۱۰) و روی این روغن‌ها، آزمایشات مختلف، صورت گرفت.

۲-۲-۲- راندمان استخراج و کارایی فرایند استخراج روغن

برای مشخص کردن راندمان استخراج روغن، ابتدا وزن دانه مصرف شده و وزن روغن حاصل از آن تعیین شد و با استفاده از رابطه ۱ میزان آن به‌دست آمد و از تقسیم آن بر میزان روغن اولیه دانه، کارایی فرایند استخراج محاسبه گردید (۸).

$$\text{رابطه (۱)} \quad 100 \times \frac{\text{وزن روغن حاصله}}{\text{وزن دانه‌های اولیه}} = \text{راندمان استخراج روغن (\%)}$$

۲-۲-۳- مقدار رنگ

برای سنجش رنگ که اغلب مخلوطی از رنگ‌های قرمز و زرد است از روش اسپکتروفتومتری استفاده شد. برای این منظور میزان جذب نور روغن را در طول موج‌های ۴۶۰،

آنزیمی، حفظ مواد مغذی در مواد غذایی جامد و نیمه جامد، تصفیه فاضلاب نیز کاربرد دارد (۷). به محصول باقیمانده از فرایند روغن‌کشی دانه‌های روغنی، کنجاله گویند، که این کنجاله معمولاً برای خوراک دام استفاده می‌گردد (۲۴). شبکه‌های عصبی مصنوعی نوعی مدل‌سازی ساده انگارانه از نظام‌های عصبی واقعی هستند که کاربرد فراوانی در حل مسائل مختلف علوم دارند. حوزه کاربرد این شبکه‌ها آنچنان گسترده است که کاربردهای طبقه‌بندی، درون‌یابی، برآورد، آشکارسازی و غیره را شامل می‌شود (۱۲). شبیه‌سازی هر سامانه غیرخطی بدون فرض قبلی از فرآیند، از مزیت‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌باشند. هم‌چنین وقتی که اطلاعات ورودی ناقص و یا مبهم باشند، روش بسیار خوبی برای پیش‌بینی می‌باشند (۵). برخی از محققین از این مدل‌ها برای پیش‌بینی راندمان استخراج روغن سیاه‌دانه با کمک حلال فوق بحرانی استفاده کرده بودند، که در این تحقیق لایه ورودی حاوی سه نوروں فشار، درجه حرارت و زمان فرایند و خروجی آن فقط راندمان استخراج روغن بود (۱۶). از دیگر کاربردهای مدل‌سازی با شبکه عصب می‌توان به مطالعه پریزیلیسکی و زامبیزی (۲۰۰۰) که در زمینه امکان استفاده از شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی ثبات اکسایشی روغن گیاهی بر اساس ویژگی‌های شیمیایی روغن گیاهی و تغییرات آن در طی نگهداری، اشاره کرد (۲۳). هدف از این مطالعه پیش‌بینی مقادیر راندمان و کارایی فرایند استخراج روغن و برخی از پارامترهای فیزیکوشیمیایی روغن به کمک میدان الکتریکی متناوب با کمک توابع مختلف شبکه‌ی عصبی مصنوعی و تعیین بهترین چیدمان نوروں در فرآیند استخراج روغن از سیاه دانه می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

دانه‌های سیاه‌دانه مورد استفاده در این تحقیق از بازار محلی شهرستان گنبد کاووس و مواد شیمیایی، هیدروکسید سدیم، فل فتالین، اسید سولفوریک و الکل اتیلیک از شرکت مرک آلمان تهیه شد. تجهیزات مورد استفاده در این تحقیق

از ۱ تا ۱۰ مورد را می توانست داشته باشد طراحی گردید. جهت اتصال لایه ی ورودی به لایه ی پنهان توابع فعال سازی تانژانت سیگموئید هیپربولیکی و لگاریتمی در مراحل مختلف آزمون و خطای شبکه ها استفاده گردید. همچنین جهت اتصال لایه ی پنهان به لایه ی خروجی تابع فعال سازی خطی به صورت ثابت استفاده شد. علاوه بر موارد ذکر شده دو الگوی یادگیری متفاوت شامل الگوی لونبرگ - مارکوات^۲ و جهنده^۳ در شبکه های مختلف مورد استفاده قرار گرفت و تاثیر آنها بر دقت شبکه ها ارزیابی گردید.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Y_{pi} - Y_{ei})^2}{\sum_{i=1}^N (Y_{pi} - \bar{Y})^2} \quad \text{رابطه (۳)}$$

رابطه (۴)

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Y_{pi} - Y_{ei})^2$$

در این معادلات Y_{pi} نسبت ویژگی های پیش بینی شده توسط شبکه، Y_{ei} نسبت ویژگی های حاصل از انجام آزمایشات و \bar{Y} میانگین نسبت های ویژگی های آزمایشگاهی و N تعداد کل مشاهدات است. وارد کردن داده ها به صورت خام باعث کاهش سرعت و دقت شبکه می شود. از این رو داده های ورودی به شبکه بایستی نرمال شوند. در صورتی که این مرحله انجام نشود، شبکه در طول فاز آموزش همگرا نخواهد شد و نتایج مطلوب تولید نخواهد شد. در این بررسی برای نرمالیزه کردن داده ها از رابطه (۵) استفاده شده است که ورودی ها و خروجی ها را بین ۰ و ۱ استاندارد می نماید.

$$V_N = \frac{V_R - V_{min}}{V_{max} - V_{min}} \quad \text{رابطه (۵)}$$

در رابطه ۵: V_R داده خام اولیه، V_N داده نرمالیزه شده، V_{min} و V_{max} به ترتیب مقادیر بیشینه و کمینه داده های اولیه می باشند.

۳- نتایج و بحث

جداول ۱ و ۲ مقایسه اثر تعداد نورون های لایه پنهان و نوع الگوی یادگیری را بر دقت پیش بینی شبکه های عصبی پس انتشار پیشخور به ترتیب با توابع انتقال تانژانت سیگموئید

۵۵۰، ۶۲۰ و ۶۷۰ نانومتر اندازه گیری و سپس از رابطه ۲ برحسب رنگ زرد لایواند مقدار رنگ اندازه گیری شد (۹).

$$\text{رابطه (۲)} \quad \lambda_{\text{max}} = 1/29.469 + 0.7/41 + 0.2/51.0 - 0.6/4.87$$

۲-۲-۴- تعیین میزان ضریب شکست

ضریب شکست روغن با دستگاه رفاکومتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و مطابق روش AOCS Cc 7-25 تعیین شد (۹).

۲-۲-۵- اندازه گیری پروتئین کنجاله

میزان ازت در کنجاله با استفاده از دستگاه کجلدال تمام اتوماتیک اندازه گیری شد که شامل سه مرحله هضم، تقطیر و تیتراسیون بود و با استفاده از ضریب تبدیل ۶/۲۵، میزان پروتئین محاسبه شد (۸).

۲-۳- مدل سازی با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی

جهت تعیین شبکه عصبی بهینه از ابزار شبکه عصب نرم افزار مطلب استفاده شد. جهت طراحی این شبکه سه ورودی شدت میدان الکتریکی و تعداد پالس های دستگاه میدان الکتریکی متناوب و سرعت دوران مارپیچ دستگاه پرس روغن کشی در یک ماتریس سه سطری و میزان راندمان و کارایی فرایند استخراج روغن، میزان رنگ، ضریب شکست روغن و مقدار پروتئین کنجاله در یک ماتریس ۵ سطری به عنوان هدف تعریف گردید. شبکه های عصبی مختلف شامل توابع فعال سازی و یادگیری متفاوت و همچنین تعداد نورون مختلف در لایه ی پنهان طراحی و میزان کارایی آنها با استفاده از دو معیار ارزیابی ضریب همبستگی (R^2) و میانگین مربعات خطا (MSE) که به ترتیب با رابطه های ۳ و ۴ تعیین شدند، مشخص گردید. ابتدا با آزمودن شبکه های عصبی مختلف، شبکه عصبی پیشخور با بالاترین کارایی انتخاب گردید و تعداد چرخه های یادگیری نیز ۱۰۰۰ در نظر گرفته شد. با در نظر گرفتن این موارد، شبکه های عصبی مختلف حاوی یک لایه پنهان که تعداد متفاوتی از نورون ها

²Levenberg-Marquardt learning algorithm

³ Resilient backpropagation (trainrp)

دقت بالا خصوصیات مدنظر را تعیین می‌کند، استفاده نمود و به‌دین طریق صرفه‌جویی قابل توجه‌ای در هزینه و زمان داشت (۱۴). لو و همکاران (۲۰۰۸) نیز استفاده از شبکه‌های عصبی مختلف را در صنعت روغن مورد بررسی قرار دادند و نتایج حاکی از دقت قابل قبول این روش در مدل‌سازی فرایندها در مقیاس صنعتی بود (۲۱). نوراویان و همکاران (۲۰۱۰) برای بهینه‌سازی فرایندهای صمغ‌گیری و رنگ‌بری روغن پالم از روش شبکه‌های عصبی استفاده کردند. در واقع این محققین از این روش برای بهینه‌سازی مقدار مصرفی فسفریک اسید (عامل صمغ‌گیری) و خاک رنگ‌بر (عامل رنگ‌بر) استفاده کردند. نتایج این پژوهش بیانگر این امر بود که استفاده از این روش می‌تواند با بهینه‌سازی مقدار استفاده از این مواد صرفه قابل توجهی را در زمان و هزینه‌های فرایند روغن باعث شود (۲۲). در تحقیقی بخش آبادی و همکاران (۱۳۹۶) به منظور مدل‌سازی فرایند استخراج روغن از دانه‌های آفتابگردان در مقیاس صنعتی از ۳ سطح دمای پخت (۷۰، ۸۰ و ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) و سه سطح رطوبت دانه‌های خروجی از دیگ پخت (۷، ۷/۵ و ۸ درصد) استفاده کردند و میزان روغن، رطوبت و پروتئین کنجاله و درصد مواد ریز نامحلول در روغن و اسیدیته روغن را مورد بررسی قرار دادند. آنها جهت پیش‌بینی روند تغییرات از ابزار شبکه‌های عصبی مصنوعی در نرم‌افزار MATLAB استفاده کردند. در این مطالعه با بررسی شبکه‌های مختلف شبکه‌ی پسانتشار پیش‌خور با توپولوژی‌های ۲-۵-۱۰ با ضریب همبستگی بیشتر از ۰/۹۹۹ و میانگین مربعات خطای کمتر از ۰/۰۰۳ و با به‌کارگیری تابع فعال‌سازی تانژانت سیگموئید هیپربولیکی، الگوی یادگیری لونبرگ-مارکوات و چرخه یادگیری ۱۰۰۰ به‌عنوان بهترین مدل عصبی مشخص گردید. نتایج حاصل از مدل‌های بهینه‌ی انتخاب شده نیز ارزیابی گردید و این مدل‌ها با ضرایب همبستگی بالا (بیش از ۰/۹۶) قادر به پیش‌بینی روند تغییرات بودند (۱).

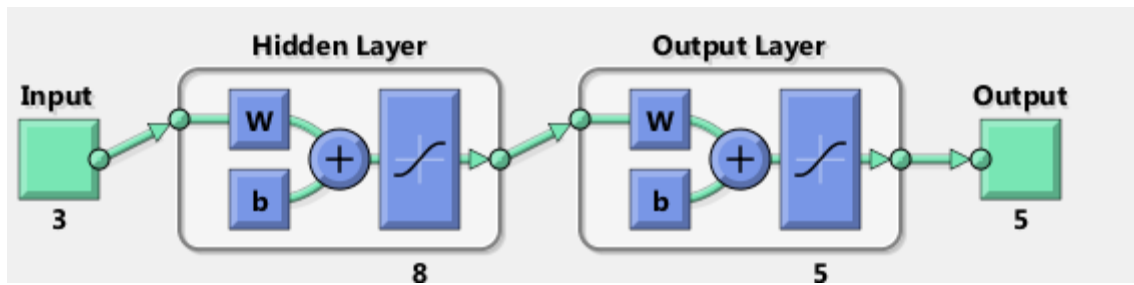
هیپربولیکی و لگاریتمی و چرخه یادگیری ۱۰۰۰، را نشان می‌دهد. با توجه به مقادیر میانگین مربعات خطا و ضریب همبستگی ارائه شده در این جداول، شبکه عصبی پیش‌خور با تابع انتقال تانژانت سیگموئیدی، تابع یادگیری لونبرگ - مارکوات و با توپولوژی ۵-۸-۳ (لایه ورودی با ۳ نورون - یک لایه پنهان با ۸ نورون - لایه خروجی با ۵ نورون) با ضریب همبستگی بیش از ۰/۹۸۷ و میانگین مربعات خطا برابر با ۰/۰۰۰۲ به عنوان شبکه عصبی بهینه انتخاب می‌شود. همچنین میزان بالای ضرایب همبستگی نمودارهای شکل ۲ که مقادیر پیش‌بینی شده توسط این شبکه بهینه در مقابل داده‌های آزمایشگاهی را برای ۵ متغیر خروجی مورد نظر نشان می‌دهد را می‌توان دلیلی دیگر بر دقت بالای این مدل دانست. خزایی و دانشمندی (۲۰۰۷)، خشک کردن لایه نازک یکی از دانه‌های روغنی را با استفاده از مدل‌های ریاضی و همچنین با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی مدل‌سازی کردند. مدل‌های ریاضی بررسی شده شامل مدل پیچ، هندرسون و پایس، لگاریتمیک و ویبول بود که با مدل شبکه عصبی مقایسه گردیدند. شبکه عصبی مصنوعی نسبت به مدل‌های ریاضی با قدرت بهتری قادر به پیش‌بینی پارامتر مورد نظر بود. شبکه بهینه‌ی انتخاب شده با توپولوژی ۲-۶-۳-۱ با تابع انتقال تانژانت هیپربولیک سیگموئیدی بود. این مدل قادر به پیش‌بینی نسبت رطوبت با ضریب همبستگی بیشتر از ۰/۹۹۸ و میانگین مربعات خطای کمتر از ۰/۰۱۹۲ بود (۲۰). دولت‌آبادی و همکاران (۲۰۱۶) به منظور استخراج لیکوپن از از ضایعات تفاله گوجه‌فرنگی از مدل‌سازی شبکه عصب استفاده نمودند و بیان داشتند که با توجه به دقت شبکه عصبی بدست آمده و قدرت بالای آن در تخمین و پیش‌بینی میزان استخراج لیکوپن و فعالیت رادیکال گیرندگی به روش DPPH، و عنایت به این امر که اندازه‌گیری این خصوصیات در آزمایشگاه، علاوه بر وقت گیر و هزینه‌بر بودن تحت تاثیر اشتباهات اپراتورها می‌باشد، می‌توان از این سیستم‌های هوشمند که با سرعت و

جدول ۱- مقایسه اثر تعداد نورون‌های لایه پنهان و نوع تابع یادگیری و تابع فعال‌سازی تانژانت هیپربولیک سیگموئیدی بر دقت پیش‌بینی خصوصیات مختلف روغن و کنجاله سیاه‌دانه حاصل از پیش‌تیمار میدان الکتریکی متناوب

الگوی لونیبرگ مارکوات		الگوی جهنده		تعداد نورون
R ²	MSE	R ²	MSE	
۰/۹۵۰	۰/۰۰۷۸	۰/۹۵۱	۰/۰۰۲۷	۲
۰/۹۵۸	۰/۰۰۴۳	۰/۹۶۱	۰/۰۰۳۵	۳
۰/۹۶۵	۰/۰۰۹۹	۰/۹۵۹	۰/۰۰۵۹	۴
۰/۹۵۷	۰/۰۰۶۹	۰/۸۸۸	۰/۰۳۲۹	۵
۰/۹۶۳	۰/۰۲۰۱	۰/۹۷۴	۰/۰۰۴۷	۶
۰/۹۶۱	۰/۰۲۴۸	۰/۹۷۳	۰/۰۰۱۰	۷
۰/۹۸۷	۰/۰۰۰۲	۰/۹۶۷	۰/۰۳۲۴	۸
۰/۹۷۳	۰/۰۰۲۸	۰/۹۷۸	۰/۰۲۰	۹
۰/۹۷۴	۰/۰۰۲۱	۰/۹۷۸	۰/۰۰۳۱	۱۰

جدول ۲- مقایسه اثر تعداد نورون‌های لایه پنهان و نوع تابع یادگیری و تابع فعال‌سازی لگاریتم سیگموئیدی بر دقت پیش‌بینی خصوصیات مختلف روغن و کنجاله سیاه‌دانه حاصل از پیش‌تیمار میدان الکتریکی متناوب

الگوی لونیبرگ مارکوات		الگوی جهنده		تعداد نورون
R ²	MSE	R ²	MSE	
۰/۹۱۰	۰/۰۰۷	۰/۹۵۱	۰/۰۰۷۱	۲
۰/۹۶۰	۰/۰۰۶۸	۰/۹۶۱	۰/۰۰۳۵	۳
۰/۹۶۲	۰/۰۰۳۴	۰/۷۴۶	۰/۰۴۶	۴
۰/۹۵۹	۰/۰۲۴۱	۰/۹۷۳	۰/۰۴۳۰	۵
۰/۹۷۳	۰/۰۰۵۷	۰/۹۷۱	۰/۰۰۲۵	۶
۰/۹۷۶	۰/۰۰۳۰	۰/۸۹۷	۰/۰۱۷۸	۷
۰/۹۰۵	۰/۰۰۷۸	۰/۹۶۹	۰/۰۰۶۸	۸
۰/۹۷۶	۰/۰۰۳۲	۰/۹۷۲	۰/۰۱۱۴	۹
۰/۹۷۹	۰/۰۰۴۱	۰/۹۷۰	۰/۰۲۲۴	۱۰



شکل ۱- شماتیکی از شبکه‌ی بهینه‌ی انتخاب شده حاوی سه نورون در لایه‌ی ورودی و ۸ نورون در لایه‌ی پنهان با تابع فعال‌سازی تانژانت هیپربولیکی و ۵ نورون در لایه‌ی پنهان با تابع تانژانت هیپربولیک سیگموئیدی

خروجی یک ماتریس 8×5 هسین (اتصال ۸ نورون لایه پنهان به ۵ نورون لایه خروجی) به ترتیب به صورت ماتریس‌های A و B خواهند بود:

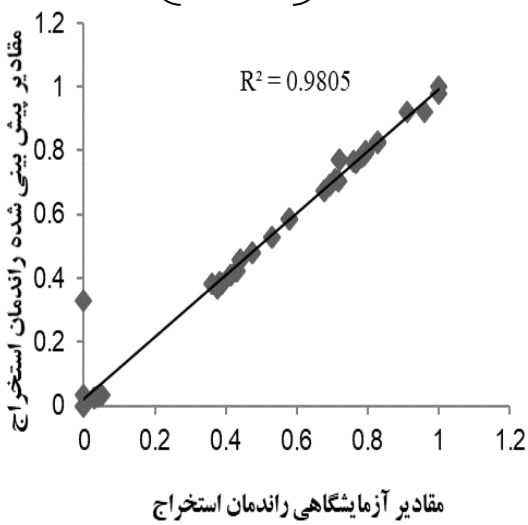
با توجه به توپولوژی شبکه عصبی انتخاب شده که به صورت ۳-۸-۵ می‌باشد، ماتریس وزن برای لایه ورودی به لایه پنهان یک ماتریس 8×3 (اتصال ۳ نورون لایه ورودی به ۸ نورون لایه پنهان) و برای لایه پنهان به لایه

$$A = \begin{pmatrix} -3/1397 & 3/2058 & -0/35488 \\ -2/5894 & 1/8572 & -0/49129 \\ -2/0814 & -2/0018 & -0/70527 \\ 0/44717 & -0/099183 & -0/27404 \\ -4/4928 & -4/4588 & -0/94934 \\ 3/1562 & -0/068657 & -0/1123 \\ -1/5977 & 4/1929 & -0/12857 \\ -4/0835 & -2/3962 & 0/43472 \end{pmatrix}$$

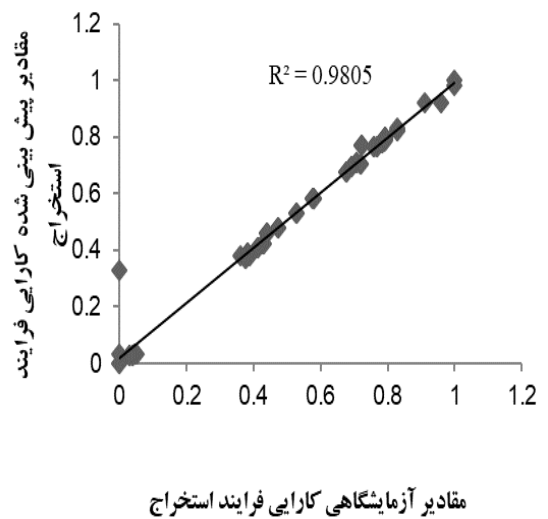
$$B = \begin{pmatrix} -1/7123 & 1/6353 & 1/6702 & -0/69767 & -1/7086 & 0/42461 & -0/34412 & -1/2659 \\ -1/7143 & 1/6377 & 1/6814 & -0/70085 & -1/7174 & 0/42806 & -0/34336 & -1/2724 \\ 1/5406 & -1/1337 & 0/437 & -1/9632 & 0/17444 & -1/9135 & 0/58927 & 0/27516 \\ 1/2523 & 0/24701 & -2/8613 & 1/7567 & 1/547 & 3/123 & 1/4846 & 2/1058 \\ 2/2188 & -1/9351 & -0/24014 & 0/18072 & 0/48778 & 1/0931 & 0/52196 & -0/82175 \end{pmatrix}$$

در ضمن ماتریس های بایاس برای لایه پنهان (ماتریس C) و لایه خروجی (ماتریس D) به ترتیب دو ماتریس 1×8 و 8×5 خواهد بود.

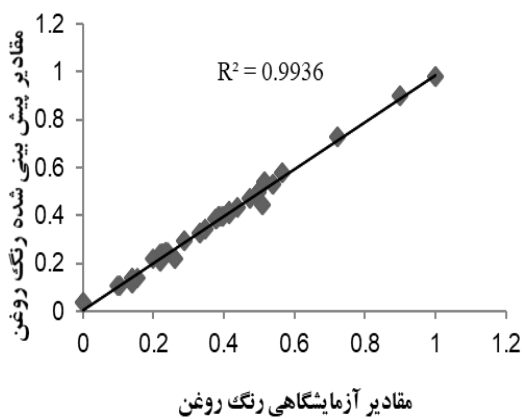
$$C = \begin{pmatrix} 3/1617 \\ 1/6718 \\ 1/0316 \\ -0/076777 \\ 1/6146 \\ 0/041836 \\ -1/2002 \\ -5/265 \end{pmatrix} \quad D = \begin{pmatrix} -0/79268 \\ -0/79971 \\ -0/62459 \\ -3/2929 \\ -1/0325 \end{pmatrix}$$



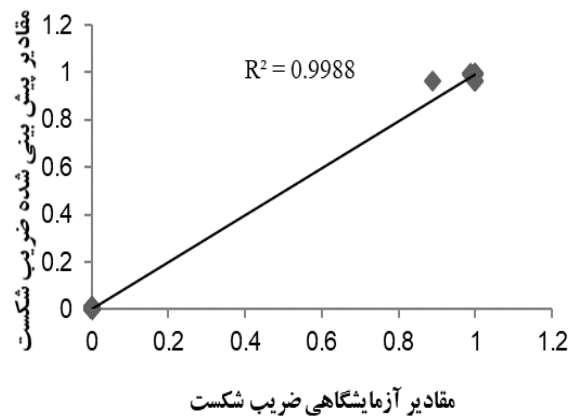
(الف)



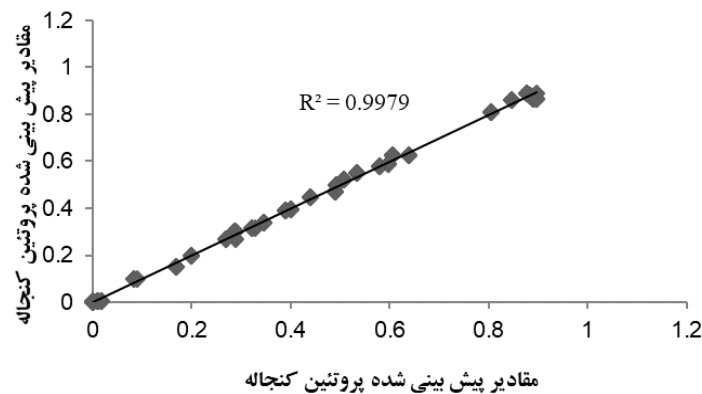
(ب)



(ج)



(د)



(و)

شکل ۲- تغییرات مقادیر پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی برای توپولوژی بهینه (۳-۸-۵) در مقابل مقادیر آزمایشگاهی برای میزان راندمان استخراج (الف)، کارایی فرایند استخراج (ب)، رنگ روغن (ج)، ضریب شکست روغن (د) و پروتئین کنجاله (و)

نشان داد که افزایش شدت میدان الکتریکی، تعداد پالس‌ها و همچنین سرعت دورانی پرس ماریچی باعث افزایش شاخص رنگ روغن شد در حالی که بر میزان ضریب شکست روغن تاثیر معنی‌داری نشان نداشتند. افزایش شاخص رنگ روغن را می‌توان به تخریب بیشتر دانه‌ها و ورود بیشتر ترکیبات رنگ‌زا مانند کلروفیل به درون روغن نسبت داد که نتایج گودرجان و همکاران (۲۰۰۷) نیز موید این مطلب بود (۱۸). تشکیل مواد قهوه‌ای در روغن فرایند

بررسی تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش و مقایسه میانگین‌های آنها که با روش آزمون دانکن صورت گرفته بود، نشان داد که با افزایش شدت میدان الکتریکی و تعداد پالس‌ها، راندمان و کارایی فرایند استخراج روغن به علت تجزیه‌شوندگی الکتریکی سلول‌ها و نفوذپذیری بیشتر آن‌ها افزایش یافت. در حالی که با افزایش سرعت دورانی پرس ماریچی از میزان راندمان و کارایی فرایند استخراج به علت کاهش فشار وارده بر دانه‌ها کاسته شد (۱۰). نتایج همچنین

۵- منابع

- ۱- بخش آبادی، ح.، وحدانی، م.، مقیمی، م.، بذرافشان، م.، رشیدزاده، ش. و بوژمهرانی، ا. ۱۳۹۶. مدل سازی فرایند پخت در حین استخراج روغن از دانه های آفتابگردان با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی در مقیاس صنعتی. *مجله علوم و صنایع غذایی ایران*. ۱۴(۱): ۱-۱۱.
- ۲- زرگری، ع. ۱۳۶۸. *گیاهان دارویی*. جلد اول، چاپ پنجم، موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه تهران. صص ۴۳-۴۴.
- ۳- شریعت زاده، س.م.ع.، ملکی راد، ع.ا.، هویدا، ر.، راهزانی، ک.، آقاجوهری، م. و فضلوی، د. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر سیاه دانه بر گروه های تام تیول و پراکسیداسیون لیپیدی سرم. *مجله دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد*. ۱۲(۴): ۲۶-۲۱.
- ۴- گرجی، ن.، گلمکانی، م.ت.، مصباحی، غ.ر.، نیاکوثری، م.، اسکندری، م.ه. و مزیدی، س. ۱۳۹۵. بررسی ویژگی های فیزیکوشیمیایی روغن دانه نارنج استخراج شده به روش های مختلف. *فصلنامه علوم و صنایع غذایی*. ۱۳(۱۳): ۱۲۱-۱۳۳.
- ۵- منهاج، م. ب. ۱۳۸۴. *مبانی شبکه های عصبی مصنوعی*. انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر. ۷۱۸ص.
- 6- Anderson, D. 1996. A primer on oils processing technology. In Y. H. Hui (Ed) *Bailey's industrial oil and fat products*. JohnWiley and Sons, Inc., New York. Vol. 4: pp 10-17.
- 7- Angersbach, A. and Knorr, D. 1997. High intensity electric field pulses as pretreatment for affecting dehydration characteristics and rehydration properties of potato cubes. *Die Nahrung*. 55: 143-146.
- 8- AOAC. 2008. *Official methods of analysis of the association of official analytical chemists*, Vol. II. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists.
- 9- AOCS. 1993. *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society*, AOCS Press, Champaign, IL. 762p.
- 10- Bakhshabadi, H., Mirzaei, H.O., Ghodsvali, A., Jafari, S.M., Ziaifar, A.M. and

شده ممکن است، نتیجه ی واکنش های قهوه ای شدن غیرآزیمی از نوع میلارد، کاراملیزاسیون و تخریب فسفولیپیدها باشد که می توان افزایش شاخص رنگ با افزایش سرعت دورانی پرس ماریچی را به آنها نسبت داد. گرجی و همکاران (۱۳۹۵) بیان داشته بودند که روش های نوین استخراج در مقایسه با روش های متداول نمی تواند برخی از ویژگی های فیزیکی روغن از جمله ضریب شکست را تغییر دهد (۴). میزان پروتئین کنجاله با افزایش شدت میدان الکتریکی در تعداد پالس های پایین افزایش ولی در تعداد پالس های بالا کاهش یافت. نتایج این بخش با نتایج گودرجان و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت داشت (۱۷).

۴- نتیجه گیری

در این پژوهش عملیات مدل سازی پارامترهای استخراج روغن از سیاه دانه به کمک پیش تیمار میدان الکتریکی متناوب توسط شبکه عصبی مصنوعی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. عملیات مدل سازی با ۱ لایه پنهان مورد ارزیابی قرار گرفت. شبکه ی مورد استفاده برای مدل سازی، شبکه پس انتشار پیشخور بود. از توابع فعال سازی مختلف برای تعیین بهترین نوع تابع در تخمین ویژگی های استخراج روغن از سیاه دانه با پیش تیمار میدان الکتریکی متناوب مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که بهترین عملکرد مدل سازی با تابع فعال سازی تانژانت هیپربولیک برای پارامترهای مورد بررسی با توپولوژی ۵-۸-۳ می باشد. بطور کلی مقایسه توابع نشان داد که تابع فعال سازی تانژانت هیپربولیک به دلیل داشتن کمترین خطای نسبی و بیشترین ضریب تبیین نسبت به تابع لگاریتم سیگموئیدی از دقت بالاتری در پیش بینی پارامترهای استخراج روغن از سیاه دانه برخوردار می باشد. با توجه به پیچیدگی و تعدد عوامل موثر در فرآیندهای صنعت غذا و نتایج این پژوهش می توان مدل عصبی ارائه شده را به عنوان مدلی قابل قبول برای مدل سازی این فرایندها معرفی نمود.

- networks modeling. *International Agrophysics*. 21: 335-348.
- 21- Lu, B., Zhang, Y., Wu, X. and Shi, J. 2007. Separation and determination of diversiform phytosterols in food materials using supercritical carbon dioxide extraction and ultraperformance liquid chromatography–atmospheric pressure chemical ionization–mass spectrometry, *Analytica Chimica Acta*. 588: 50–63.
- 22- Noor Azian, M., Rohani, M. Z., Khairiyah Mohd, Y. and Mustafa Kamal, A. 2010. Process Modelling of Combined Degumming and Bleaching in Palm Oil Refining Using Artificial Neural Network. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 87:1381–1388.
- 23- Przybylski, R. and Zambiasi, R. C. 2000. Predicting oxidative stability of vegetable oils using neural network system and endogenous oil components. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 77(9): 925-932.
- 24- Ramachandran, S., Singh, S.K., Larroche, C., Soccol, C.R. and A. Pandey. 2007. Oil cakes and their biotechnological applications – a review, *Bioresource Technology*. 98: 2000–2009.
- 25- Rostami, M., Farzaneh, V., Boujmehrani, A., Mohammadi, M. and Bakhshabadi, H. 2014. Optimizing the extraction process of sesame seeds oil using response surface method on the industrial scale. *Industrial Crops and Products*. 58, 160–165.
- 26- Schleicher, P. and Saleh, M. 1998. *Black seed cumin: the magical Egyptian herb for allergies, asthma, and immune disorders*, Healing Arts Press, Rochester, Vermont. P. 90.
- 27- Singer, A., Nogala-Kalucka, M. and Lampart-Szczap, E. 2008. The content and antioxidant activity of phenolic compounds in cold-pressed plants oil. *Journal of Food Lipids*. 15: 137-149.
- 28- Singh, P., Kumar, R., Sabapathy, S.N. and Bawa. S. 2008. Functional and edible uses of soy protein products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 7(1): 14-28.
- 29- Tale Masouleh, Z., Asadollahi, S. and Eshaghi, M.R. 2015. Effects of Pulsed Electric Fields as a Pre-Treatment on Yield Extraction and some Quality Properties of Sesame Oil. *International Journal of Review in Life Sciences*. 5(10): 1100-1104.
- 30- Toepfl, S., Mathys, A., Heinz, V. and Knorr, D. 2006. Review: Potential of high Farzaneh. V. 2017. The effect of microwave pretreatment on some physicochemical properties and bioactivity of Black cumin seeds' oil. *Industrial Crops and Products*. 97: 1–9.
- 11- Cheikh-Rouhou, S., Besbes, S., Hentati, B., Blecker, C., Deroanne, C. and Attia, H. 2007. *N. sativa L.* Chemical composition and physicochemical characteristics of lipid fraction. *Journal of Food Chemistry*. 101(2): 673-681.
- 12- Das, G. 2000. *Hydrology and soil conservation Engineering*. Asoke K. Ghosh, Prentice-Hall of India. 489pp.
- 13- Dobarganes Nodar, M., Molero Gómez, A. and Martínez de la Ossa, E. 2002. "Characterisation and process development of supercritical fluid extraction of soybean oil. *Food Science and Technology International*. 8(6): 337-342.
- 14- Dolatabadi, Z., Elhami Rad, A.H., Farzaneh, V., Akhlaghi Feizabad, S.H., Estiri, S.H and Bakhshabadi, H. 2016. Modeling of the lycopene extraction from tomato pulps. *Food Chemistry*. 190: 968-973.
- 15- Dunn, J. 2001. Pulsed electric field processing: An overview, In: *Pulsed Electric Fields in Food Processing, Fundamental Aspects and Applications*. Technomic Press, Lancaster, PA, pp. 1-30.
- 16- Fullana, M., Trabelsi, F. and Recasens, F. 2000. Use of neural net computing for statistical and kinetic modeling and simulation of supercritical fluid extractors. *Chemical Engineering Science*. 54 (24): 79–95.
- 17- Guderjan, M., Topfl, S., Angersbach, A. and Knorr, D. 2005. Impact of pulsed electric field treatment on the recovery and quality of plant oils. *Journal of Food Engineering*. 67 (3): 281–287.
- 18- Guderjan, M., Elez-Martínez, P. and Knorr, D. 2007. Application of pulsed electric fields at oil yield and content of functional food ingredients at the production of rapeseed oil. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 8: 55–62.
- 19- Khan, N. and Sharma, S. 2003. *Nigella sativa* (black cumin) ameliorates potassium bromate-induced early events of carcinogenesis: diminution of oxidative stress. *Hum Exp Toxicol*. 22(4): 193-203.
- 20- Khazaei, J. and Daneshmandi, S. 2007. Modeling of thin-layer drying kinetics of sesame seeds: mathematical and neural

hydrostatic pressure and pulsed electric fields for energy efficient and environmentally friendly food processing. *Food Reviews International*. 22(4): 405–423.

31- Wiktor, A., Sledz, M., Nowacka, M., Rybak, K., Chudoba, T., Lojkowski, W. and Witrowa-Rajchert, D. 2015. The impact of pulsed electric field treatment on selected bioactive compound content and color of plant tissue. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 30: 69–78.