

تخمین پارامترهای خشک کردن گوجه فرنگی با کمک شبکه های عصبی مصنوعی

محسن مختاریان^{۱*}، فاطمه کوشکی^۲

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار

* نویسنده مسئول (mokhtarian.mo@gmail.com)

۲- دانش‌آموخته کارشناسی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار

چکیده

در این پژوهش خشک کردن لایه ای نازک گوجه فرنگی به روش جابجایی هوای داغ شبیه سازی گردید. اسلایس های گوجه فرنگی در دو دمای (۶۰ و ۷۰ درجه سانتیگراد) خشک شدند. شبکه عصبی پرسپترون برای پیش بینی نسبت رطوبت و سرعت خشک کردن نمونه ها در طی خشک کردن بکار گرفته شد. بهترین چیدمان شبکه عصبی برای شبکه اول بر اساس یک لایه پنهان، ۲ و ۸ نرون در لایه پنهان به ترتیب برای نسبت رطوبت و آهنگ خشک کردن بود. همچنین بهترین چیدمان شبکه عصبی دوم بر اساس یک لایه پنهان، ۱۱ نرون برای نسبت رطوبت و آهنگ خشک کردن بود. به طور کلی نتایج نشان داد که شبکه عصبی با آرایش دوم نتایج بهتری را در پیش بینی پارامترهای خشک کردن گوجه فرنگی ارائه نمود.

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۰/۱۴

تاریخ پذیرش: ۹۱/۲/۲۵

واژه های کلیدی

پیش بینی

خشک کردن

شبکه عصبی مصنوعی

مقدمه

که در طی دوره برداشت دچار صدمات زیادی می شود. پیشگیری از این خسارات یکی از مسائل مهم است، بخصوص زمانی که به دلایل شرایط فصلی بین عرضه و تقاضا حالت عدم تعادل برقرار باشد. فرآیند خشک کردن یکی از راه حل هایی است که جهت افزایش ماندگاری گوجه فرنگی پیشنهاد می گردد (Taiwo et al., 2006). خشک کردن میوه ها و سبزیجات در کشورهای مدیترانه، با استفاده از روش های سنتی توسط خورشید انجام می شود. این روش خشک کردن دارای مزایایی مانند سادگی و سرمایه گذاری اندک می باشد، البته روش مذکور به زمان طولانی نیاز داشته که سبب ایجاد اثرات نامطلوبی بر کیفیت محصول می شود، که در این میان می توان به آلودگی فرآورده های خشک شده به گرد و

گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill) یکی از سبزیجات تجاری می باشد که به مقدار زیادی در جهان تولید می شود. میزان تولید جهانی گوجه فرنگی در سال ۲۰۱۰ به ۱۴۵۷۵۱۵۰۷ میلیون تن رسید (FAO, 2010). بیشترین میزان استفاده از گوجه فرنگی به صورت تازه می باشد، همچنین در برخی فرآورده ها نظیر عصاره، پوره، سس و کنسروهای گوناگون مورد استفاده قرار می گیرد (Akanbi et al., 2006). علاوه بر این فرآورده های خشک شده ی گوجه فرنگی به عنوان یک جزء ترکیبی در پیتزا و سبزیجات متنوع و ظروف ادویه مورد استفاده قرار می گیرند (Doymaz, 2007). با این وجود گوجه فرنگی محصولی بسیار فاسد شدنی است

داد که مدل شبکه عصبی بر اساس دو لایه پنهان و ۲۵ نرون در هر لایه به عنوان بهترین چیدمان در پیش بینی محتوی رطوبت و دما انتخاب گردید. مقادیر میانگین خطای نسبی و میانگین خطای مطلق برای دما به ترتیب ۱/۵۳ درصد و ۰/۷۷ بود. جامبک و همکاران (۲۰۰۷) خشک کردن قارچ دکمه‌ای، کلم بروکسل و گل کلم را از طریق به کارگیری اولتراسوند تسریع بخشیدند. نتایج نشان داد که پیش تیمار اولتراسوند سبب کاهش زمان خشک کردن در تمام نمونه‌ها گردید. همچنین ویژگی‌های آب‌گیری مجدد برای نمونه‌های تیمار شده با اولتراسوند بالاتر از نمونه‌های بدون تیمار بود.

هدف از این تحقیق پیش‌بینی نسبت رطوبت و آهنگ خشک کردن گوجه فرنگی خشک شده و تعیین بهترین آرایش شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش بینی پارامترهای موثر در خشک کردن می‌باشد. در این پژوهش دو نوع آرایش شبکه عصبی برای پیش‌بینی پارامترهای موثر در خشک کردن گوجه فرنگی مورد استفاده قرار گرفت و در نهایت بهترین آرایش شبکه تعیین گردید. این پژوهش برای اولین بار در خصوص گوجه فرنگی انجام گرفته و تاکنون کار تحقیقاتی در زمینه کاربرد دو نوع آرایش شبکه در پیش بینی پارامترهای خشک کردن این محصول مشاهده نشده است.

مواد و روش‌ها

آماده سازی نمونه

گیاه گوجه فرنگی از دسته گیاهان عالی و گلدار و از راسته دو لپه‌ای هاست و از تیره سیب زمینی *Solanacea* جنس *Lycopersicum* و از گونه *Esculentum* می‌باشد. خاستگاه اصلی آن آمریکای جنوبی بوده و از آنجا به سایر نواحی گسترش یافته است (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۰). برای انجام این طرح گوجه فرنگی‌های تازه از مزارع اطراف سبزوار تهیه گردید. سپس گوجه فرنگی‌ها از لحاظ رنگ، قطر و وزن درجه‌بندی شدند (وزن 135 ± 5 گرم، قطر ۴-۵ سانتی‌متر). کلیه نمونه‌ها جهت کاهش میزان شدت تنفس و تغییرات فیزیولوژی و شیمیایی در یخچال با دمای ۴ تا ۵°C نگهداری شدند.

غبار و حشرات اشاره نمود (Andritsos et al., 2006). اخیراً تمایل به خشک کردن سریع و با کیفیت بالا در مواد غذایی ایجاد شده است (Orikasa et al., 2006). فرآیند خشک شدن بایستی به آرامی و بصورت کاملاً یکنواخت انجام شود، لذا استفاده از خشک‌کن‌های یک شرایط فرایند خشک شدن در آنها قابل مهار باشد امری ضروری به نظر می‌رسد. بطور کلی برای مدل کردن پدیده‌های فیزیکی نظیر نسبت رطوبت محصولات کشاورزی دو روش وجود دارد، یک روش استنتاجی است، یعنی با استفاده از نظریه‌ها و فرمول‌های ریاضی نظیر قانون دوم فیک یا نوع ساده شده آن موسوم به قانون سرد شدن نیوتن، رطوبت محصول، می‌شود به عبارتی به صورت غیر مستقیم با استفاده از روابط و ضرایب ثابت مدل سازی انجام می‌شود (Broyart & Trystram, 2003). به عنوان مثال استفاده از مدل‌های خشک کردن محصولات کشاورزی مانند مدل نیوتن، پیچ، دو جمله‌ای، تقریب پخش و غیره که هر کدام دارای ثابت‌ها و ضرایب خاص خود می‌باشند. این روش نسبتاً ساده است اما همواره با تقریب همراه بوده و از دقت پایینی برخوردار است. رهیافت دوم در مدل کردن پدیده‌های فیزیکی استفاده از روش‌های استقرایی است. در این روش مدل‌سازی به صورت مستقیم انجام می‌شود بدون اینکه از رابطه یا فرمولی در مدل‌سازی استفاده شود. مدل‌سازی رطوبت توسط شبکه‌های عصبی مصنوعی جزء روش‌های استقرایی (مستقیم) می‌باشد چون بدون استفاده از رابطه یا فرمولی، فرآیند را مدل‌سازی می‌کنیم (بهارلوئی و همکاران، ۱۳۸۶). از مزایای این روش کشف روابط نهفته و اغلب غیر خطی بین متغیرهای وابسته و مستقل فرآیند تحت بررسی و قابلیت تعمیم آن است (بهارلوئی و همکاران، ۱۳۸۶). تاکنون محققین زیادی از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی پارامترهای مورد نظر در خشک‌کن‌ها استفاده کرده‌اند که در زیر به برخی از آنها اشاره می‌کنیم. پونوی و همکاران (۲۰۰۶) مدل‌سازی به وسیله شبکه عصبی مصنوعی را برای پیش‌بینی محتوی رطوبتی و دما، در برش‌های گوجه فرنگی با کمک خشک‌کن میکروویو- خلا، مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان

تعداد نرون‌های لایه ورودی برابر با تعداد عناصر بردار ورودی و تعداد نرون‌های لایه خروجی برابر با تعداد عناصر بردار خروجی می‌باشد. آنالیز دقیق و واقعی برای پیدا کردن تعداد نرون‌های لایه میانی در کل بسیار پیچیده است اما می‌توان گفت که تعداد نرون‌های لایه میانی تابعی از عناصر برداری ورودی می‌باشد. از این رو تعداد نرون‌های لایه مخفی عموماً بطور تجربی بدست می‌آید. هر نرون توسط خروجی خود به نرون‌های لایه بعد متصل می‌گردد، ولی با نرون‌های لایه خودش ارتباط ندارد. خروجی هر نرون توسط رابطه ۱ تعریف می‌گردد:

$$a = f\left(\sum_{i=1}^n p_i w_{j,i} + b_j\right) \quad (1)$$

در این رابطه $w_{j,i}$ مقدار وزن اتصال بین نرون i لایه مذکور با نرون j لایه قبل است که بیانگر اهمیت ارتباط بین دو نرون در دو لایه متوالی می‌باشد، b_j وزن مربوط به بایاس برای نرون j ، p_i مقدار خروجی از نرون i لایه قبل، a مقدار خروجی از نرون j ، f تابع آستانه نرون j (امیری چایجان و همکاران، ۱۳۸۸).

توابع زیادی در انتقال اعداد از لایه قبل به لایه بعد ممکن است مورد استفاده قرار گیرند. از جمله می‌توان توابع زیگموئید، گوس، تانژانت هیپربولیک و سکانت هیپربولیک را نام برد. ولی تابع زیگموئیدی بیشترین استفاده را در مسائل مهندسی دارد. این تابع به صورت زیر می‌باشد (امیری چایجان و همکاران، ۱۳۸۸):

$$f(z) = \frac{1}{1+\exp(-z)} \quad (2)$$

در این پژوهش، دو آرایش شبکه عصبی با نام های شبکه عصبی اول^۴ و شبکه عصبی دوم^۵ جهت پیش‌بینی پارامترهای خشک کردن گوجه‌فرنگی مورد استفاده قرار گرفت. در شبکه اول، ورودی‌های شبکه شامل زمان خشک کردن و دمای هوای خشک کردن و

خصوصیات فیزیکی شیمیایی گوجه‌فرنگی تازه (قطر میانگین، رطوبت، اسیدیته (مختاریان و همکاران، ۱۳۸۷) و pH (مختاریان و همکاران، ۱۳۸۷) مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۱). رطوبت اولیه نمونه‌ها از طریق قرار دادن نمونه‌ها در آون اتمسفریک و در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت تا دستیابی به وزن ثابت اندازه گیری شد (AOAC, 1990).

تجهیزات خشک کردن

برای آزمایشات خشک کردن از یک خشک کن آزمایشگاهی جابجایی هوای داغ قابل برنامه ریزی استفاده گردید (جیو تک^۱، مدل Of-02G، ساخت کره). برای این منظور گوجه‌فرنگی‌ها ابتدا شسته شده و سپس توسط چاقو به صورت حلقه ای شکل در آمد، ضخامت کلیه برش‌ها ثابت و در حد ۵ میلی متر بود و بعد از آن نمونه‌ها در دمای ۶۰°C و ۷۰°C خشک گردید. فرآیند خشک کردن تا رطوبت حدود ۹ درصد بر مبنای خشک ادامه یافت. این رطوبت، رطوبت تعادلی گوجه‌فرنگی بوده، و بعد از رسیدن به این رطوبت برش‌های گوجه فرنگی به تعادل رطوبتی می‌رسد.

مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی

شبکه عصبی پرسپترون^۲

شبکه عصبی مصنوعی متشکل از مجموعه‌ای از نرون‌ها با ارتباطات داخلی بین یکدیگر می‌باشد که قادر است بر اساس اطلاعات و داده‌های ورودی، جواب‌های خروجی را تخمین بزند. شبکه‌های عصبی معمولاً به صورت لایه لایه و منظم ایجاد می‌گردند. اولین لایه که اطلاعات و داده‌های ورودی به آن وارد می‌گردد لایه ورودی نامیده می‌شود. لایه‌های میانی لایه‌های مخفی و آخرین لایه که جواب‌های خروجی از مدل را فراهم می‌نماید لایه خروجی نام دارد (اسفندیاری درآباد، ۱۳۸۹). ساده‌ترین و معمول‌ترین نوع شبکه عصبی که در بسیاری از علوم مهندسی از جمله تحقیق حاضر بکار گرفته شده است، شبکه عصبی پرسپترون چند لایه می‌باشد. در این شبکه

3- Bias

4- ANN-I

5- ANN-II

1- JEIO TECH

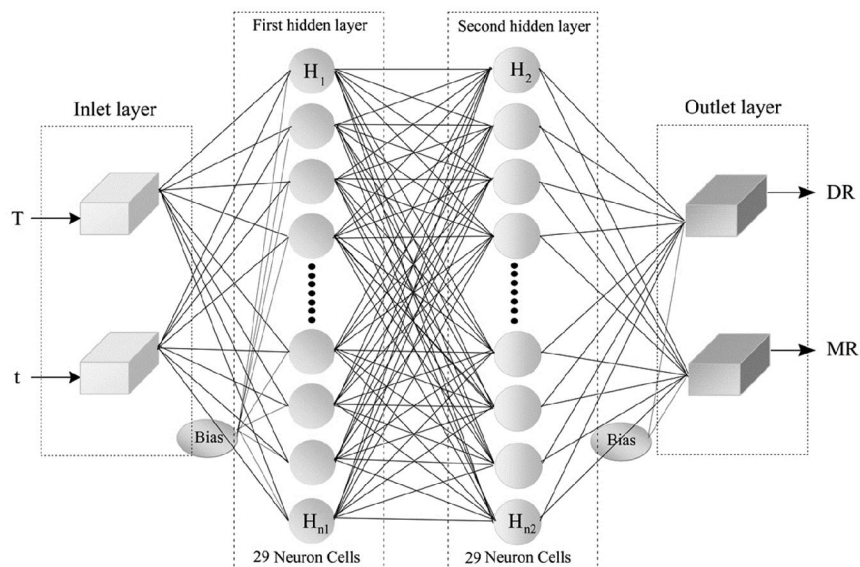
2-Perceptron neural network

سرعت خشک شدن پیش‌بینی گردید. چیدمان هر دو آرایش شبکه در شکل‌های (۱) و (۲) نشان داده شده است.

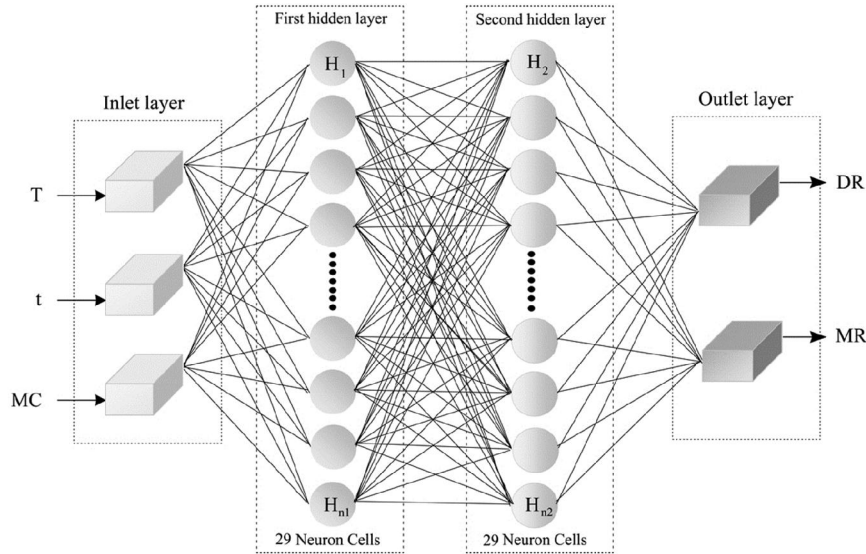
در شبکه دوم، ورودی‌های شبکه شامل زمان خشک‌کردن، دمای هوای خشک‌کردن و محتوای رطوبت در نظر گرفته شد. با کمک این دو نوع آرایش پارامترهای خروجی شبکه یعنی نسبت رطوبت و

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی گوجه فرنگی تازه

مقدار	خواص فیزیکی و شیمیایی
۵-۴	قطر میانگین (cm)
۰/۹۲۷۸	رطوبت (بر حسب وزن خشک)
۰/۴۸	اسیدیته (گرم/۱۰۰ میلی‌لیتر)
۳/۳۸	pH



شکل ۱- ساختار شبکه عصبی اول، T ، دمای هوای خشک‌کردن، t ، زمان خشک‌کردن، DR ، آهنگ خشک‌کردن و MR ، نسبت رطوبت



شکل ۲- ساختار شبکه عصبی دوم، T، دمای هوای خشک کردن، t، زمان خشک کردن، MC، محتوی رطوبت، DR، آهنگ خشک کردن و MR، نسبت رطوبت

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta P_A \quad (4)$$

$$STD_R = \sqrt{\left(\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\Delta P_R - \overline{\Delta P_R})^2 \right)} \quad (5)$$

$$\%MRE = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta P_R \right) \times 100 \quad (6)$$

در این معادلات $\Delta P_R = \Delta P_A = |P_{ANN} - P_E|$ مقادیر خروجی پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی، P_E مقادیر تجربی ورودی به شبکه می‌باشد (مختاریان و شفافی زنونیان، ۱۳۹۰؛ Kerdpiiboon et al., 2006).

نتایج و بحث

در این پژوهش ترکیب مختلفی از لایه‌ها و نرون‌های همراه با تابع فعال‌سازی سیگموئید لگاریتمی (در لایه‌های پنهان و خروجی) برای بهینه‌سازی شبکه‌ها مورد استفاده قرار گرفت. در مرحله اول شبکه عصبی با یک لایه پنهان، تعداد ۲ تا ۲۹ نرون به طور تصادفی انتخاب و شبکه بهینه تعیین گردید و در مرحله دوم با همان تعداد نرون در دو لایه پنهان قدرت شبکه در پیش‌بینی پارامترهای خشک

فرآیند یادگیری و انتخاب بهترین تابع عملکرد شبکه

برای بهینه‌سازی مدل‌ها (در هر دو شبکه بکار رفته) ابتدا داده‌ها به دو زیر مجموعه تقسیم شدند: ۷۰ درصد داده‌ها برای آموزش و ۳۰ درصد باقیمانده هم برای آزمایش شبکه در نظر گرفته شدند. داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۷ مدل سازی شد. ارزیابی بهترین برازش شبکه برای یافتن بهترین چیدمان شبکه مناسب، از طریق معیارهای ضریب تبیین (R^2)، خطای مطلق میانگین^۱، انحراف معیار خطای مطلق میانگین^۲، درصد خطای نسبی میانگین^۳ و انحراف معیار خطای نسبی میانگین^۴ انجام گرفت که هدف بیشینه نمودن ضریب تبیین و کمینه نمودن سایر پارامترهای می باشد. این معیارها توسط معادلات ۳ تا ۶ محاسبه می‌شوند.

$$STD_A = \sqrt{\left(\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\Delta P_A - \overline{\Delta P_A})^2 \right)} \quad (3)$$

- 1- Mean Absolute Error (MAE)
- 2- Standard Deviation in the Absolute Error (STDA)
- 3- Percentage of Mean Relative Error (%MRE)
- 4- Standard Deviation in the Relative Error (STD_R)

را برای پیش‌بینی نسبت رطوبت برش گوجه‌فرنگی و چیدمان ۲-۲۶-۳-۲۶-۳ بهترین نتیجه را برای پیش‌بینی آهنگ خشک شدن برش گوجه‌فرنگی داد. نتایج مشابه توسط پونوی و همکاران (۲۰۰۶) مشاهده گردید. پونوی و همکاران فرآیند خشک کردن مایکروویو- خلاء گوجه‌فرنگی را بررسی نمودند و به کمک شبکه عصبی مصنوعی پارامترهای محتوای رطوبت و دما در این فرآیند تخمین زده شد. نتایج نشان داد که مدل شبکه عصبی با دو لایه پنهان و در هر لایه ۲۵ نرون به عنوان بهترین شبکه تعیین گردید. مقادیر میانگین خطای نسبی و میانگین خطای مطلق برای دما به ترتیب ۱/۵۳ درصد و ۰/۷۷ بود.

جدول ۴ دامنه تغییرات متغیرهای ورودی و خروجی یعنی متغیرهای مستقل و وابسته را در فرآیند خشک کردن برش گوجه‌فرنگی نشان می‌دهد. نمودار آنالیز حساسیت مقادیر پیش‌بینی شده توسط شبکه در برابر مقادیر تجربی برای بهترین چیدمان دو نوع آرایش شبکه نشان داد که داده‌ها به طور کاملاً تصادفی در اطراف خط رگرسیون با ضریب تبیین بالاتر از ۰/۹۸۴ قرار گرفته‌اند که این خود دلیلی بر ارزیابی دقیق شبکه در پیش‌بینی شاخص نسبت رطوبت و آهنگ خشک شدن برش گوجه‌فرنگی بود (شکل ۳ و ۴).

مقایسه نتایج دو آرایش مختلف شبکه برای تعیین بهترین چیدمان در جدول ۵ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد، شبکه ANN-II نتایج بهتری را در پیش‌بینی پارامترهای خشک کردن برش گوجه‌فرنگی نشان می‌دهد. به طوری که این شبکه با یک لایه پنهان و ۱۱ نرون توانست بهترین نتیجه را در پیش‌بینی نسبت رطوبت و آهنگ خشک کردن برش‌های گوجه‌فرنگی داشته باشد. مقادیر ضریب تبیین برای شبکه فوق در خصوص پارامترهای نسبت رطوبت و آهنگ خشک کردن به ترتیب ۰/۹۹۹ و ۰/۹۹۹ محاسبه شد.

کردن برش گوجه‌فرنگی تخمین زده شد. برای آموزش شبکه از الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا همراه با مومنتم^۱ استفاده گردید که در آن ضریب مومنتم برای تمام شبکه‌ها ۰/۷ و نرخ یادگیری ۰/۴ در گرفته شد. برای بدست آوردن تعداد چرخه‌های^۲ آموزش مناسب یک شبکه آزمایشی دو لایه با تعداد نرون‌های لایه پنهان متغیر از (۲ تا ۲۹ نرون) با تعداد چرخه‌های متفاوت آموزش داده شد. نتایج حاصله حاکی است که تعداد چرخه‌های آموزش ۱۰۰۰ بهترین دقت را دارد و همچنین از آموزش بیش از حد شبکه نیز جلوگیری به عمل می‌آید (مختاریان، ۱۳۹۰). نتایج حاصل از بهینه‌سازی دو آرایش شبکه عصبی مصنوعی به همراه بهترین چیدمان بدست آمده در حالت‌های مختلف فرآیند خشک کردن لایه‌ای نازک برش گوجه‌فرنگی در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است.

نتایج شبکه ANN-I نشان داد (جدول ۲) که از بین شبکه‌های تک لایه، چیدمان ۲-۲-۲، یعنی شبکه‌ای با ۲ ورودی، ۲ عنصر پردازشی (نرون) در لایه پنهان و ۲ خروجی، بهترین نتیجه را برای پیش‌بینی نسبت رطوبت برش گوجه‌فرنگی و چیدمان ۲-۸-۲ بهترین نتیجه را برای پیش‌بینی آهنگ خشک شدن برش گوجه‌فرنگی داد. به طور مشابه، برای شبکه‌های دولایه، چیدمان ۲-۲۰-۲۰-۲، یعنی شبکه‌ای با ۲ ورودی، ۲۰ نرون در لایه پنهان اول و ۲۰ نرون در لایه پنهان دوم و ۲ خروجی، بهترین نتیجه را برای پیش‌بینی نسبت رطوبت برش گوجه‌فرنگی و چیدمان ۲-۸-۸-۲ بهترین نتیجه را برای پیش‌بینی آهنگ خشک شدن برش گوجه‌فرنگی داد. بررسی نتایج بدست آمده در خصوص شبکه ANN-II نشان داد (جدول ۳) که از بین شبکه‌های تک لایه، چیدمان ۲-۱۱-۳، یعنی شبکه‌ای با ۳ ورودی، ۱۱ گره (نرون) در لایه پنهان و ۲ خروجی، بهترین نتیجه را برای پیش‌بینی نسبت رطوبت و آهنگ خشک شدن برش گوجه‌فرنگی داد. به طور مشابه، در بین شبکه‌های دو لایه، چیدمان ۲-۸-۳، یعنی شبکه‌ای با ۳ ورودی، ۸ نرون در لایه پنهان اول و ۸ نرون در لایه پنهان دوم و ۲ خروجی، بهترین نتیجه

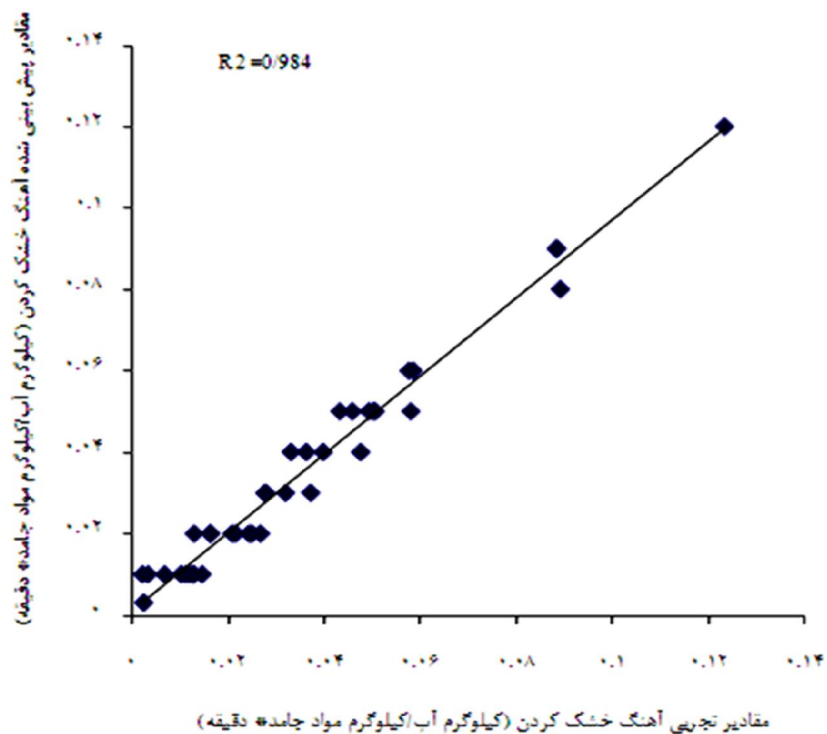
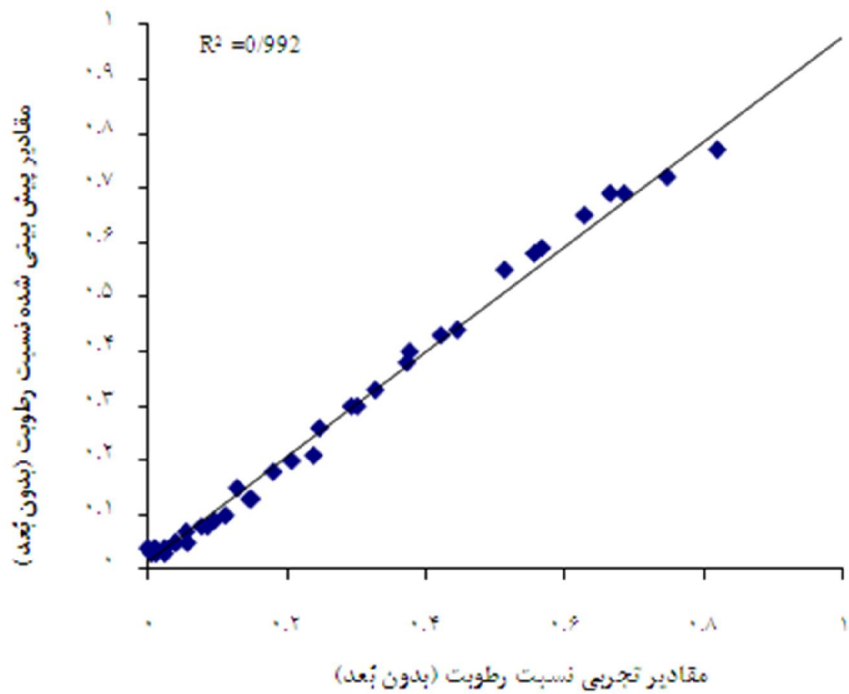
1- Momentum
2- Epochs

جدول ۲- نتایج آنالیز شبکه عصبی پرسپترون برای شبکه ANN-I

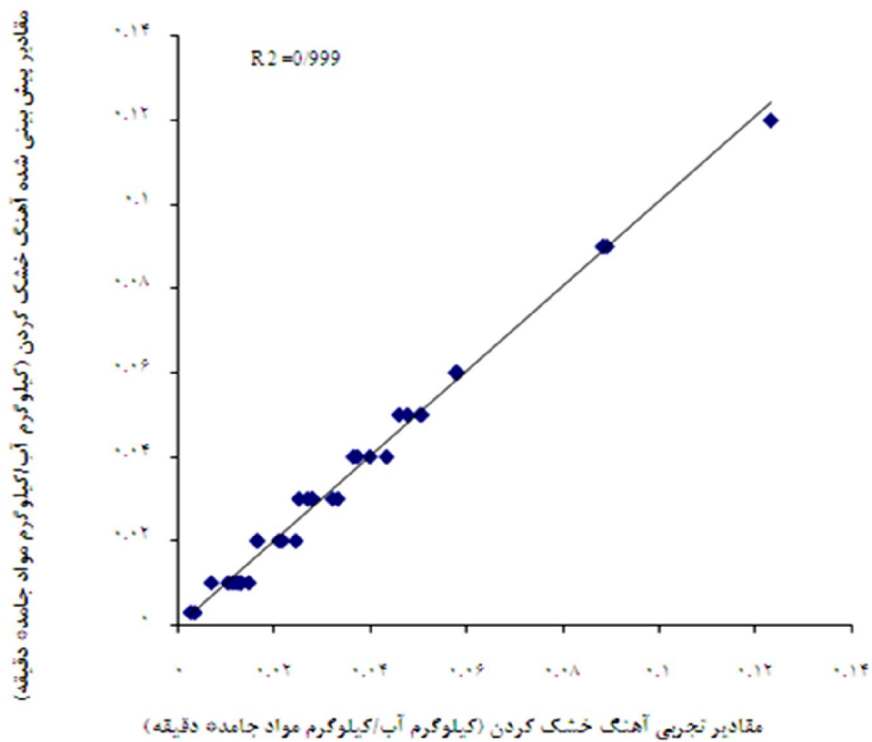
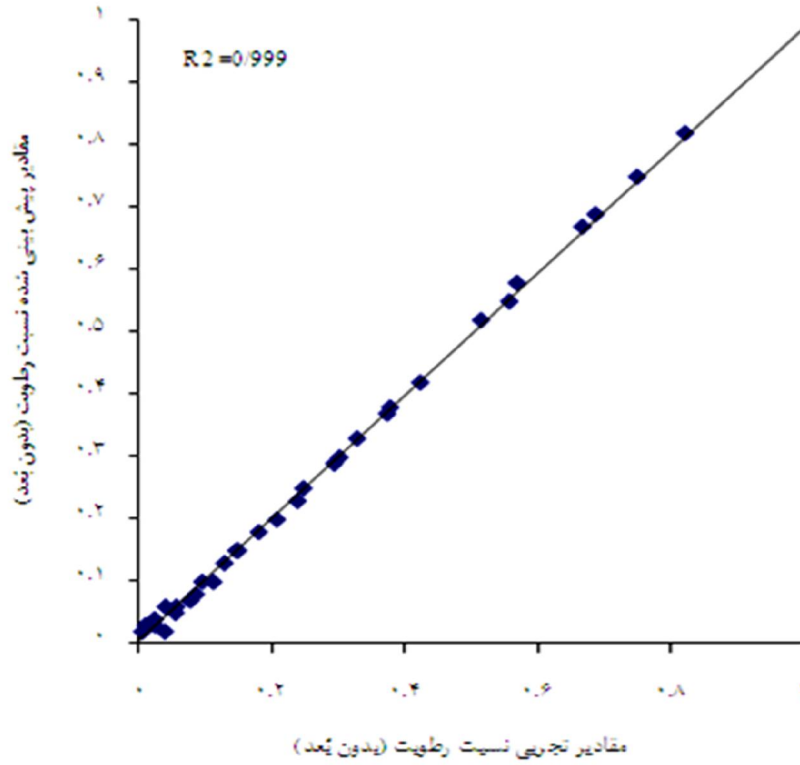
نسبت رطوبت									
%MRE	MAE	STD _a	R ²	%MRE	MAE	STD _a	R ²	تعداد نرون	تعداد پنهان
۴۲/۳۹	-/۰.۰۰	۰/۸۰۰۸	۰/۰۲۵۲	۳۶/۴۱	-/۰.۷۱۴	۰/۸۵۱۵	-/۰.۹۹۲	۲	۲
۵۱/۱۳	-/۰.۱۳۵	۰/۸۲۸۴	۰/۰.۲۶۵	۷۹/۶۱	-/۰.۹۷۳	۱/۶۷۱۱	-/۰.۹۴۹	۵	۵
۳۵/۰۶	-/۰.۰۹۵	۰/۶۷۶۵	۰/۰.۲۵۱	۴۹/۳۹	-/۰.۷۲۸	۱/۳۵۰۸	-/۰.۹۹۰	۸	۸
۶/۸۲	-/۰.۱۳۸	۱/۳۱۱۰	۰/۰.۲۶۷	۶۸/۹۵	-/۰.۸۷۶	۱/۵۳۵۷	-/۰.۹۶۹	۱۱	۱۱
۶/۱۵۲	-/۰.۱۳۶	۱/۳۱۲۶	۰/۰.۲۶۴	۷۱/۴۲	-/۰.۸۸۴	۱/۴۹۸۲	-/۰.۹۶۷	۱۴	۱۴
۶۶/۹۳	-/۰.۱۴۲	۱/۳۶۵۵	۰/۰.۲۶۹	۷۵/۹۱	-/۰.۹۰۳	۱/۶۷۵۸	-/۰.۹۶۰	۱۷	۱۷
۴۴/۳۳	-/۰.۱۳۲	۰/۷۱۱۲	۰/۰.۲۶۵	۸۶/۸۹	-/۰.۹۵۹	۲/۰۸۳۸	-/۰.۹۳۸	۲۰	۲۰
۶/۱۱۷	-/۰.۱۳۴	۱/۳۱۲۷	۰/۰.۲۶۴	۷۹/۸۸	-/۰.۸۷۵	۱/۶۹۰۵	-/۰.۹۶۸	۲۳	۲۳
۴۶/۹۸	-/۰.۱۴۱	۰/۷۲۸۲	۰/۰.۲۷۰	۸۸/۷۳	-/۰.۹۱۳	۱/۸۷۶۹	-/۰.۹۴۱	۲۶	۲۶
۶/۱۱۱	-/۰.۱۴۰	۱/۳۰۹۵	۰/۰.۲۶۶	۷۱/۸۷	-/۰.۸۷۲	۱/۵۲۴۰	-/۰.۹۷۳	۲۹	۲۹
۳۲/۳	-/۰.۲۹۳	۴/۸۵۶۸	۰/۰.۳۷۹	۵۸۵/۰.۳	-/۰.۳۲۴	۱۶/۳۷۳	-/۰.۴۹۱	۳۰	۳۰
۱۸۱/۴	-/۰.۲۵۹	۳/۸۱۰۰	۰/۰.۳۵۶	۵۷۵/۱۶	-/۰.۳۹۹۳	۱۶/۳۲۶	-/۰.۵۲۶	۵۰	۵۰
۴۰/۳۷	-/۰.۱۳۱	۰/۷۰۰۷	۰/۰.۲۵۶	۵۷/۰.۲	-/۰.۸۹۹	۱/۳۳۰.۱	-/۰.۹۷۰	۸۰	۸۰
۵۲/۳۶	-/۰.۱۴۰	۰/۸۳۶۶	۰/۰.۲۶۸	۸۴/۱۱	-/۰.۹۵۴	۱/۷۴۰.۸	-/۰.۹۵۱	۱۳۰	۱۳۰
۵۸/۴۳	-/۰.۱۳۳	۱/۳۰۷۲	۰/۰.۲۶۰	۸۷/۱۳	-/۰.۹۴۴	۱/۵۶۷۳	-/۰.۹۵۲	۱۴۰	۱۴۰
۴۹/۸۰	-/۰.۱۴۳	۰/۸۳۳۲	۰/۰.۲۷۳	۹۱/۳۱	-/۰.۹۳۵	۱/۹۹۳۰	-/۰.۹۵۱	۱۷۰	۱۷۰
۵۹/۹۴	-/۰.۱۳۱	۱/۳۰۸۸	۰/۰.۲۶۲	۵۳/۱۲	-/۰.۸۳۸	۱/۰.۴۸۹	-/۰.۹۸۲	۲۰۰	۲۰۰
۴۵/۹۴	-/۰.۱۳۶	۰/۷۲۰۰	۰/۰.۲۶۸	۵۸/۳۹	-/۰.۸۹۳	۱/۳۰۱۱	-/۰.۹۶۷	۲۳۰	۲۳۰
۵۰/۴۷	-/۰.۱۳۸	۰/۷۴۹۹	۰/۰.۲۶۵	۴۷/۴۶	-/۰.۹۲۶	-/۰.۹۳۳	-/۰.۹۶۱	۲۶۰	۲۶۰
۵۶/۰.۳	-/۰.۱۳۵	۰/۸۸۱۲	۰/۰.۲۶۵	۵۸/۳۰	-/۰.۸۹۰	۱/۱۷۴۴	-/۰.۹۷۱	۲۹۰	۲۹۰

جدول ۳ - نتایج آنالیز شبکه عصبی پرسپترون برای شبکه ANN-II

نسبت رطوبت									
آهنگ خشک کردن					تعداد لایه پنهان				
%MRE	MAE	STD _k	STD _A	R ²	%MRE	MAE	STD _k	STD _A	R ²
۴۵/۸۲	-/۰-۱۴۵	۰/۷۰۰۸	-/۰-۲۸۷	-/۸۸۶	۸۶/۶۵	-/۱۱۳۵	۱/۸۲۶۵	-/۱۳۵۴	-/۹۵۳
۵۵/۹۱	-/۰-۱۳۳	۱/۱۴۹۳	-/۰-۲۸۳	-/۹۰۷	۶۷/۹۱	-/۱۰۰۷	۱/۶۹۹۵	-/۳۳۲۸	-/۹۸۷
۴۵/۳۲	-/۰-۱۴۰	۰/۷۰۱۳	-/۰-۲۸۵	-/۸۸۰	۸۸/۸۲	-/۱۱۲۶۳	۱/۷۰۱۶	-/۳۳۸۳	-/۹۱۸
۳۷/۹۴	-/۰-۱۰۸	۰/۴۴۷۱	-/۰-۲۷۵	-/۹۹۹	۳۳/۴۳	-/۰-۸۷۰	۰/۶۴۹۶	-/۳۳۱۳	-/۹۹۹
۴۵/۴۷	-/۰-۱۳۸	۰/۷۰۳۱	-/۰-۲۸۱	-/۹۴۳	۶۵/۳۰	-/۱۱۱۱۲	۱/۲۷۲۲	-/۳۳۵۱	-/۹۷۲
۵۲/۳۲	-/۰-۱۳۹	۰/۹۶۰۷	-/۰-۲۸۲	-/۹۰۱	۷۷/۶۴	-/۱۱۶۰۸	۱/۵۵۳۴	-/۳۳۵۶	-/۹۵۲
۵۲/۴۰	-/۰-۱۴۹	۰/۷۶۰۵	-/۰-۲۸۴	-/۸۹۰	۱۰۹/۹	-/۱۱۲۵۱	۲/۱۱۲۰	-/۳۳۸۰	-/۹۱۱
۸۶/۴۹	-/۰-۱۹۵	۱/۴۳۴۴	-/۰-۳۰۵	-/۷۶۷	۷۱/۰۷	-/۱۳۷۹	۱/۴۷۵۹	-/۲۴۴۳	-/۹۲۷
۴۰/۶۴	-/۰-۱۳۳	۰/۵۶۰۲	-/۰-۲۸۳	-/۹۰۹	۸۸/۸۷	-/۱۱۸۰	۱/۸۵۰۱	-/۳۳۶۲	-/۹۵۴
۴۸/۶۷	-/۰-۱۴۶	۰/۷۱۴۱	-/۰-۲۸۴	-/۹۱۵	۱۰۲/۶	-/۱۱۴۴۹	۲/۱۰۸۶۱	-/۳۳۸۷	-/۸۹۰
۱۵۰/۱۱	-/۰-۲۶۹	۲/۹۶۶۲	-/۰-۳۶۹	-/۷۱۲	۵۷۹/۰	-/۳۰۹۴	۱۴/۳۲۷	-/۳۶۶۹	-/۵۳۳
۸۵/۹۱	-/۰-۱۹۵	۱/۴۷۴۵	-/۰-۳۰۸	-/۳۰۹	۸۹/۱۳	-/۱۱۲۴۱	۱/۹۵۶۷	-/۳۳۸۵	-/۹۴۰
۴۴/۱۱	-/۰-۱۵۹	۰/۶۴۹۵	-/۰-۲۹۳	-/۸۳۱	۵۹/۳۲	-/۱۱۰۴۹	۱/۱۲۰۳	-/۳۳۳۸	-/۹۸۳
۴۶/۷۶	-/۰-۱۵۳	۰/۶۹۸۸	-/۰-۲۹۰	-/۸۳۹	۱۰۳/۴	-/۱۱۲۶۹	۲/۲۶۶۴	-/۳۳۸۲	-/۹۳۸
۴۶/۱۹	-/۰-۱۳۶	۰/۷۰۷۸	-/۰-۲۸۱	-/۹۲۴	۷۷/۶۶	-/۱۰۹۷	۱/۵۵۲۷	-/۳۳۴۶	-/۹۶۱
۴۷/۰۵	-/۰-۱۴۵	۰/۷۰۸۳	-/۰-۲۸۷	-/۸۲۸	۵۵/۳۳	-/۱۱۱۳۶	۱/۰۲۵۷	-/۳۳۵۸	-/۹۶۴
۴۶/۶۰	-/۰-۱۴۱	۰/۷۱۲۶	-/۰-۲۸۳	-/۹۲۸	۷۱/۳۸	-/۱۱۱۱۶	۱/۵۲۸۱	-/۳۳۴۹	-/۹۶۸
۵۲/۷۹	-/۰-۱۴۸	۰/۹۶۲۲	-/۰-۲۸۵	-/۹۰۲	۹۸/۳۵	-/۱۱۲۶۵	۲/۰-۷۴۹	-/۳۳۸۷	-/۹۳۳
۴۴/۱۲	-/۰-۱۳۶	۰/۶۸۷۸	-/۰-۲۸۱	-/۹۳۵	۵۴/۷۰	-/۱۰۰۷۱	۰/۹۸۹۰	-/۳۳۴۶	-/۹۷۸
۶۳/۱۲	-/۰-۱۶۴	۱/۳۹۱۰	-/۰-۲۹۴	-/۸۱۷	۱۱۷/۷	-/۱۱۲۷۲	۳/۰۰۵۶	-/۲۴۱۰	-/۸۸۷



شکل ۳- مقادیر پیش‌بینی شده و تجربی پارامترهای خشک کردن جابجایی هوای داغ برش گوجه فرنگی با استفاده از شبکه اول



شکل ۴- مقادیر پیش‌بینی شده و تجربی پارامترهای خشک‌کردن جایجایی هوای داغ برش گوجه‌فرنگی با استفاده از شبکه دوم

جدول ۴- دامنه تغییر پارامترهای مؤثر بر خشک کردن برش گوجه فرنگی

پارامتر	دامنه تغییر
دمای هوا خشک کردن (°C)	۶۰-۷۰
زمان خشک کردن (دقیقه)	۰-۳۶۰
محتوی رطوبتی (مبنای خشک)	۰/۰۳۵-۱۲/۱۰
نسبت رطوبت (بدون بعد)	۰-۱
آهنگ خشک کردن (kg آب/kg مواد جامد در دقیقه)	۰/۰۲۳-۰/۱۴۶۷

جدول ۵- مقایسه آرایش شبکه I و II در پیش بینی پارامترهای خشک کردن برش گوجه فرنگی

آرایش شبکه			نسبت رطوبت (بدون بعد)			آهنگ خشک کردن (kg آب/kg مواد جامد در دقیقه)		
	MRE	R ²	چیدمان	MRE	R ²	چیدمان	MRE	R ²
شبکه ANN-I	۳۶/۴۱	۰/۹۹۲	۲-۲-۲	۳۵/۰۶	۰/۹۸۴	۲-۸-۲		
شبکه ANN-II	۳۳/۴۳	۰/۹۹۹	۳-۱۱-۲	۲۷/۹۴	۰/۹۹۹	۳-۱۱-۲		

نتیجه گیری

استفاده از شبکه عصبی مصنوعی روش نوینی در حل بسیاری از مسائل مهندسی می باشد. این روش مبتنی بر یافتن روابط ذاتی میان پارامترهای مختلف مؤثر بر هر مسئله، یادگیری آن و سپس تعمیم به نمونه های مشابه می باشد. در این تحقیق روند تغییرات نسبت رطوبت و آهنگ خشک کردن به عنوان دو پارامتر مهم در فرآیند سینتیک خشک کردن و مدلسازی جهت طراحی خشک کن های صنعتی به کمک شبکه های عصبی مصنوعی و مدل های دینامیکی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج این

بررسی نشان داد مدل شبکه عصبی مصنوعی به عنوان یک ابزار قدرتمند، می تواند پارامترهای اساسی فرآیند خشک کردن را با دقت بالایی تخمین بزند. بطوری که در این بررسی مشاهده نمودیم شبکه عصبی پرسپترون چند لایه ای با آرایش ANN-II با ضرایب رگرسیون ۰/۹۹۹ و ۰/۹۹۹ توانستند به ترتیب پارامتر نسبت رطوبت و آهنگ خشک کردن برش گوجه فرنگی را تخمین بزند که این ضرایب دقت بالای مدل شبکه عصبی را در تخمین این پارامتر مهم، در فرآیند مدل سازی را نشان داد. به طور کلی پیشنهاد می گردد که در بررسی های آتی از سایر ابزارهای تخمین زن

توابع فعال سازی مختلف جهت مقایسه با مدل‌های تجربی استفاده شود و قدرت این ابزارها جهت کنترل فرآیند خشک کردن مورد ارزیابی قرار گیرد.

نظیر منطق فازی، سیستم های فازی - عصبی، روش شناسی سطح پاسخ تعدیل شده با شبکه عصبی و همچنین سایر مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی و

منابع

- ۱- اسفندیاری درآباد، ف. ۱۳۸۹. پیش بینی میانگین دمای ماهانه ایستگاه سینوپتیک سنج با استفاده از مدل شبکه‌ی عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه (MLP). مجله جغرافیا (فصلنامه علمی-پژوهشی انجمن جغرافیای ایران)، ۲۷: ۴۵-۶۴.
- ۲- امیری چایجان، ر.، خوش تقاضا، م.ه.، منتظر، غ.ع.، مینایی، س. و علیزاده، م.ح. ۱۳۸۸. تخمین ضریب تبدیل شلتوک با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی در خشک کردن بستر سیال. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۸: ۲۹۸-۲۸۵.
- ۳- بهارلویی، الف.، امید، م.، احمدی، ح. و رفیعی، ش. ۱۳۸۶. پیش‌بینی محتوای رطوبتی پسته رقم اکبری با شبکه عصبی مصنوعی. مجله پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، ۳: ۴۵-۵۶.
- ۴- مختاریان، م.، نوبهار، ف.، توکلی پور، ح. و آرمین، م. ۱۳۸۷. بهینه‌سازی پارامترهای موثر در تولید پودر گوجه‌فرنگی. هجدهمین کنگره‌ی ملی علوم و صنایع غذایی. پارک علم و فناوری خراسان. پژوهشکده علوم و صنایع غذایی خراسان رضوی. (۲۲ تا ۲۵ مهر ماه ۱۳۸۷ - مشهد مقدس).
- ۵- مختاریان، م. و شفافی زنوزیان، م. ۱۳۹۰. پیش‌بینی سینتیک فرآیند آبیگری اسمزی کدوی حلواپی به کمک ابزار هوشمند شبکه‌ی عصبی مصنوعی در حالت استاتیک. مجله علوم و فناوری غذایی، ۱ (۷): ۶۱-۷۳.
- ۶- مختاریان، م. ۱۳۹۰. کاربرد ابزار هوشمند شبکه‌ی عصبی مصنوعی برای مدلسازی فرآیند انتقال جرم آبیگری اولتراسوند- اسمزی کدوی سبز. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی - واحد سبزوار.
- ۷- مؤسسه‌ی استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۸۰. گوجه‌فرنگی خشک شده- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون. ۵۶۳۹. چاپ اول.

- 8- Akanbi, C.T., Adeyemi, R.S. & Ojo, A. 2006. Drying characteristics and sorption isotherm of tomato slices. *Journal of Food Engineering*, 73: 141-146.
- 9- Andritsos, N., Dalampakis, P. & Kolios N. 2003. Use of geothermal energy for tomato energy. *GMC Bulletin (March)*, 9-13.
- 10- AOAC. 1990. Official Method of Analysis. 15th ed. vol.2. Association of Official Analytical Chemists, Inc., Arlington.
- 11- Broyart, B. & Trystram, G. 2003. Modeling of heat and mass transfer phenomena and quality changes during continuous biscuit baking using both deductive and inductive (neural network) modeling principles. *Institution of Chemical Eng. Trans, IChemE, Vol 81, Pt. C*.
- 12- Doymaz, I. 2007. Air-drying characteristics of tomatoes. *Journal of Food Engineering*, 78: 1291-1297.
- 13- <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.
- 14- Jambrak, A.R., Mason, T.J., Paniwnyk, L. & Lelas V. 2007. Accelerated drying of button mushrooms, Brussels sprouts and cauliflower by applying power ultrasound and its rehydration properties. *Journal of Food Engineering*, 81: 88-97.
- 15- Kerdpi boon, S., Kerr, W.L. & Devahastin, S. 2006. Neural network prediction of physical property changes of dried carrot as a function of fractal dimension and moisture content. *Journal of Food Research International*, 39: 1110-1118.
- 16- Orikasa, T., Wu, L., Shiina, T. & Tagawa, A. 2008. Drying characteristics of kiwifruit during hot air drying. *Journal of Food Engineering*, 85: 303-308.

- 17- Poonnoy, P., Tansakul, A. & Chinnan, M. 2006. Artificial neural network modeling for temperature and moisture content prediction in tomato slices undergoing microwave-vacuum drying. *Journal of Food Engineering & Physical properties*, 49: 185-191.
- 18-Taiwo, A.C., Sikiru, A.R. & Ojo, A. 2006. Drying characteristics and sorption isotherm of tomato slices. *Journal of Food Engineering*, 73: 157-163.

Estimation of tomato drying parameters using artificial neural networks

M. Mokhtarian*¹, F. Koushki²

1- MSc. Graduated Student, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Sabzevar Branch

*Corresponding author (mokhtarian.mo@gmail.com)

2- BSc. Student, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Sabzevar Branch

Abstract

In this research we have simulated drying tomato thin layer by hot air convection. Tomato slices were dried in two temperatures 60° and 70°C. Perceptron neural network was used to predict moisture ratio and drying rate of samples during the drying process. Best neural network topology for ANN-I based on one hidden layer 2 and 8 neuron per hidden layers for moisturizing ratio and the drying rate obtained respectively. Furthermore, best neural network topology for ANN-II based on one hidden layer 11 neuron for moisturizing ratio and the drying arte obtained. Generally, the results showed that ANN-II had preferable result to predict drying parameters of drying tomato.

Keywords: Artificial neural network; Drying; Predicted