

تعیین چروکیدگی خرمالوی خشک شده به روش ترکیبی اسمز-ماکروویو با استفاده از روش پردازش تصویر و مدلسازی آن به کمک هوش مصنوعی

الناز پارسایی^{۱*}، ابوالفضل فدوی^۲، سعیده عربشاهی^۲

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۱۰

^۱ کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، گلستان، ایران

^۲ استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، گلستان، ایران

*مسئول مکاتبه: Email: elnazparsaei65@gmail.com

چکیده

در این پژوهش از روش پردازش تصویر (بعد فراکتالی) به منظور پیشگویی میزان چروکیدگی خرمالو طی فرآیند خشک کردن ترکیبی اسمز-ماکروویو استفاده گردید. جهت پردازش تصویر از نرم افزار *image j* استفاده گردید. خشک کردن ترکیبی اسمز-ماکروویو خرمالو در محلول های ساکارز با غلظت ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درصد (w/w)، زمان ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه و دمای ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه سانتی گراد و شدت های ۳۰۰ و ۴۵۰ وات ماکروویو انجام شد. برای پیشگویی درصد چروکیدگی از شبکه عصبی مصنوعی چند لایه پرسپترون پیشخور با ۴ ورودی (شرایط فرآیند) توسط نرم افزار نوروسولوشن نسخه ۶ استفاده شد. شبکه های دارای ۹ نورون در لایه پنهان کمترین میزان میانگین مربعات خطا، میانگین مربعات خطای نرمالیزه شده و میانگین خطای مطلق را برای پیشگویی بعد فراکتالی خط فصل مشترک بین خرمالو خشک شده و پس زمینه داشت (به ترتیب ۱،۳۳، ۰،۴۹ و ۰،۰۲). همچنین این مدل قادر به پیشگویی درصد چروکیدگی با ضریب همبستگی ۰،۸۵ درصد می باشد.

واژگان کلیدی: پردازش تصویر، شبکه عصبی مصنوعی، چروکیدگی، خرمالو

مقدمه

مقادیر قابل توجهی ویتامین های B_1 ، B_2 ، B_3 و C است، در ضمن این میوه دارای مواد معدنی ضروری برای بدن مانند کلسیم، گوگرد، آهن، فسفر، پتاسیم و مقداری نیز سلولز می باشد. امروزه با توسعه فناوری های پردازش رایانه ای، به طور گسترده از مزایای فناوری هوش مصنوعی مانند شبکه های عصبی

خرمالو^۱ از خانواده (ایبی ناسیا^۲) بوده و نام علمی آن (دیوسپیروس کاکي^۳) است. این درخت به سرما حساس و در مناطق گرمسیر رشد می کند. میوه خرمالو دارای

1- persimmon

2- Ebenaceae

3- Diospyros kaki

فراکتالی بر حسب زمان خشک کردن دارای دو پیک می‌باشد، که پیک اول احتمالاً مربوط به آبگیری از درون حفرات و لوله‌های موئین است ولی پیک دوم مربوط به فروریختن دیواره سلولی می‌باشد.

کردپیون و دواستین (۲۰۰۷) تغییرات درصد چروکیدگی و نسبت آبگیری مجدد هویج و سیب زمینی را با توجه به ریز ساختار و بعد فراکتالی آنها طی خشک کردن توسط جریان هوای داغ بررسی نمودند. در این تحقیق در ابتدا تصاویر میکروسکوپی از ریز ساختار محصولات خشک شده تهیه شد. سپس با استفاده از روش آستانه‌دهی، خطوط دیواره سلولی جدا گردید و بعد فراکتالی خطوط دیواره سلولی توسط روش شمارش جعبه محاسبه شد. نتایج نشان داد که تغییرات بعد فراکتالی به خوبی توصیف کننده تغییرات ریز ساختار بوده، همبستگی زیادی نیز با چروکیدگی دارد. این پژوهشگران بیان نمودند که اگرچه تغییرات ریز ساختار نمونه‌ها تحت شرایط مختلف خشک کردن توسط جریان هوای داغ نسبتاً متفاوت است ولی تغییرات بعد فراکتالی نرمالیزه شده نمونه‌ها طی خشک کردن روند مشابهی دارد.

وزکوئز و همکاران (۲۰۰۷) گزارش نمودند بعد فراکتالی حفرات موجود در تصاویر گرفته شده توسط میکروسکوپ الکترونی از سیب خشک شده همبستگی بالایی با میزان چروکیدگی آن دارد و با افزایش چروکیدگی بعد فراکتالی نیز افزایش می‌یابد.

مواد و روش‌ها

خرمالو از خانواده *Ebenaceae* از باغات شناسنامه‌دار شاهرود تهیه و قبل از شروع در یخچال دردمای 1°C نگهداری گردیدند و ۲ ساعت قبل از شروع آزمایش از یخچال خارج شدند. خرمالوها پس از شستشو به سرعت توسط پارچه پنبه ای خشک شدند و توسط کاتر به قطعاتی مشابه با ضخامت ۵ میلی متر برش داده شدند. نمونه‌های خرمالوی برش داده شده توسط

مصنوعی به منظور مدل سازی فرآیندها استفاده می‌شود. یک شبکه عصبی مصنوعی مجموعه‌ای از عناصر محاسباتی (نورون) است که عملکردی مشابه نورون‌های زیستی دارند. این مجموعه قادر است بدون هیچ دانش قبلی از فرآیند مورد بررسی، ارتباط ذاتی بین داده‌ها را کشف نماید (هایکین، ۱۹۹۴: وینودوویکرانت، ۲۰۰۲).

پژوهشگران متعددی از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای مدل سازی سینتیک آبگیری اسمزی استفاده کرده اند. به عنوان مثال امیریوسفی و محبی (۲۰۰۸) به منظور پیشگویی درصد جذب مواد جامد، کاهش آب و محتوای رطوبتی سیب زمینی آبگیری شده توسط محلول اسمزی نمک، از شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده نمودند. نتایج این محققان نشان داد که بهترین مدل برای پیشگویی پارامترهای فوق دارای ۲ لایه پنهان و ۱۰ نورون در هر لایه می‌باشد. همچنین اوکوآ-مارتینز و آیالا-آپاوانت (۲۰۰۷) از شبکه‌های عصبی مصنوعی به منظور مدل سازی سینتیک آبگیری اسمزی سیب استفاده نمودند. این محققان بیان نمودند مدل شبکه عصبی مصنوعی دارای ۱ لایه پنهان و ۴ نورون در لایه پنهان نسبت به مدل‌های رگرسیونی کارایی بهتری برای پیشگویی درصد جذب مواد جامد و کاهش آب دارد. با توجه به اینکه بسیاری از ویژگی‌های فراورده‌های خشک شده مانند چروکیدگی را می‌توان توسط محاسبه بعد فراکتالی (محاسبه سطح) به صورت کمی توصیف نمود، پژوهش‌هایی نیز در این رابطه صورت گرفته است.

کامپوس مندیولا و همکاران (۲۰۰۷) چروکیدگی غیر ایزوتروپی و بعد فراکتالی خط فصل مشترک بین سیب زمینی خشک شده و پس زمینه تصویر را طی خشک کردن توسط جریان هوای داغ بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که تغییرات چروکیدگی و بعد فراکتالی خط فصل مشترک، طی خشک کردن روند مشابهی دارد. این محققان بیان نمودند منحنی تغییرات بعد

$$FD = - \frac{\log(N_r)}{\log(r)} \quad \text{رابطه ۱:}$$

در این رابطه FD ، بعد فراکتالی، N_r تعداد جعبه های شمارش شده و r اندازه جعبه ها می باشد. بعد فراکتالی برابر منفی شیب نمودار لگاریتمی تعداد جعبه های شمارش شده، بر حسب اندازه جعبه ها می باشد. اندازه طول جعبه ها ۳۲، ۱۶، ۸، ۴، ۲، و ۱ پیکسل انتخاب شد.

طراحی شبکه مصنوعی عصبی: در این پژوهش به منظور مدل سازی درصد چروکیدگی خرمالو از شبکه عصبی مصنوعی چند لایه پرسپترون که یکی از پرکاربردترین شبکه های پیشخور می باشد، استفاده گردید. این نوع شبکه های عصبی مصنوعی متشکل از سه جزء ذیل باشد:

(۱) لایه ورودی، که شامل نورون های متناظر با پارامترهای مستقل باشد.

(۲) یک یا چند لایه پنهان، که بنا به پیچیدگی مدل هر لایه مخفی دارای چند نورون پنهان می باشد.

(۳) لایه خروجی، که شامل نورون های متناظر با پارامترهای وابسته می باشد.

در درون هر نورون برای تولید خروجی (Y) محاسبات به صورت زیر انجام می شود (به جز نورون های لایه ورودی، که اطلاعات را بدون هیچ گونه پردازش به لایه پنهان انتقال می دهند):

$$Y_j = \sum_{i=1}^n f(w_{ij}x_i) + b_j \quad \text{رابطه ۲:}$$

در معادله فوق w_{ij} ضریب وزنی نورون (i مشابه وزن سیناپسی در نورون های طبیعی) شماره i که به نورون شماره j متصل است، می باشد. n تعداد ورودی های هر نورون و b_j بردار بایاس نورون j است. بردار بایاس با افزودن یک مقدار ثابت به مجموع حاصل ضرب اوزان در بردارهای ورودی، باعث تسریع فرایند یادگیری شبکه عصبی مصنوعی می شود. f در این معادله بیانگر تابع فعال سازی^۴ می باشد (فتحی و همکاران، ۱۳۸۸). به منظور مدل سازی توسط شبکه عصبی مصنوعی به

ترازوی دیجیتالی (مدل $ek-300i$) ساخت شرکت AND ژاپن با دقت 0.01 گرم، توزین شدند. محلول اسمزی شکر با غلظت های 40 ، 50 و 60 درصد (W/W) تهیه گردید و دمای آن توسط گرمکن مجهز به همزن مغناطیسی (مدل $KS Basic$) ساخت شرکت IKA آلمان، به 30 ، 45 و 60 درجه سانتی گراد رسانده شد. نمونه های خرمالو درون محلول اسمزی به مدت 10 ، 20 و 30 دقیقه غوطه ور شدند. برای حفظ دما و غلظت یکسان درون محلول طی انجام آزمایش، محلول های اسمزی توسط همزن مغناطیسی با سرعت یکسان بهم می خوردند. خرمالوهای آگیری شده پس از طی زمان مورد نظر از درون محلول اسمزی خارج گردیدند و به منظور حذف شربت شکر از سطح آن توسط آب مقطر شسته و بلافاصله با کاغذ صافی خشک و مجدداً توزین شدند. خشک کردن نمونه ها توسط سولاردام ساخت شرکت ال جی کره مدل $SD-3853SCR$ در دو شدت 300 و 450 وات در زمان 5 دقیقه انجام پذیرفت. در این پژوهش تصویرگیری پیش از آگیری اسمزی و پس از خشک کردن توسط ماکروویو صورت می پذیرفت. این عمل در یک اتاقک چوبی که دیواره های آن با رنگ سیاه تیره شده بودند، انجام می شد و نورپردازی توسط سه لامپ فلوراسنت به طول 60 سانتی متر ($MX396-Y82$)، $8 W$ ($OPPLE$) صورت می گرفت. لامپ ها در فاصله 45 سانتی متری بالای نمونه و برای جلوگیری از بازتابش نور با زاویه 45 درجه نسبت به آن نصب شده بودند.

مراحل پردازش تصویر توسط نرم افزار $ImageJ$ (نسخه $1.48g$) انجام شد. برای این منظور تصویر RGB توسط ابزار $Make binary$ به تصویر دوتایی تبدیل شد. در مرحله بعد توسط دستور لبه یاب لبه های تصویر جدا گردید. سپس با استفاده از ابزار $Fractal Box Counter$ بعد فراکتالی خط فصل مشترک بین خرمالو و پس زمینه توسط روش شمارش جعبه بر طبق رابطه ۱ محاسبه شد.

نظم‌تر شده، در نتیجه بعد فراکتالی نیز افزایش نشان داد. نتایج حاصل با گزارش کردپیون و دواهاستین (۲۰۰۷) که تغییرات ریز ساختار سیب زمینی خشک شده را با استفاده از تئوری فراکتال به صورت کمی توصیف کردند تطابق دارد. این محققان بیان نمودند تغییرات بعد فراکتالی به خوبی توصیف کننده تغییرات ریز ساختار بوده، دارای همبستگی زیادی با تغییرات چروکیدگی است.

ترتیب ۲۵، ۱۵، ۶۰ درصد داده‌ها برای آموزش، ارزیابی و آزمون شبکه استفاده گردید. تعداد سیکل‌های یادگیری برابر ۱۰۰۰ انتخاب شد و برای جلوگیری از یادگیری بیش از حد، فرایند یادگیری در صورتی که میانگین مربعات خطای یادگیری پس از ۱۰۰ سیکل یادگیری تغییری نمی‌کرد، متوقف می‌شد. به منظور مقایسه کارایی شبکه‌های عصبی مختلف برای پیشگویی پارامترهای مورد بررسی، از شاخص‌های میانگین مربعات خطا^۴ (رابطه ۳)، میانگین مربعات خطای نرمالیزه شده^۶ (رابطه ۴)، میانگین خطای مطلق^۵ (رابطه ۵) و ضریب همبستگی^۸ (رابطه ۶) استفاده شد (روابط ۳ تا ۶).

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - T_i)^2}{N} \quad \text{رابطه ۳:}$$

$$NMSE = \frac{1}{\sigma^2} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (O_i - T_i)^2 \quad \text{رابطه ۴:}$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |O_i - T_i| \quad \text{رابطه ۵:}$$

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - T_i)^2}{\sum_{i=1}^N (O_i - T_m)^2}} \quad \text{رابطه ۶:}$$

در معادلات فوق O و T به ترتیب مقادیر پیشگویی شده توسط شبکه عصبی مصنوعی و واقعی داده i ام، N تعداد داده‌ها و σ^2 واریانس داده‌ها می‌باشد. برای مدلسازی هوش مصنوعی از نرم افزار نورو سولوشن نسخه ۶ استفاده گردید.

نتایج و بحث

مقادیر میانگین بعد فراکتالی خط فصل مشترک خرمالو و پس زمینه در جدول ۱ آورده شده است. با افزایش دمای محلول اسمزی و شدت ماکروویو طی خشک کردن، چروکیدگی خرمالو افزایش یافته، شکل آن بی-

5 - Mean-squared error (MSE)

6 - Normalized Mean-squared error (NMSE)

7 - Mean Absolute error (MAE)

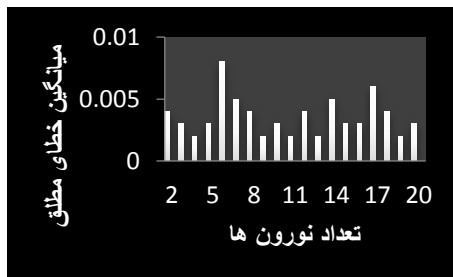
8 - correlation coefficient

جدول ۱ - مقادیر بعد فراکتالی فصل مشترک خرمالو خشک شده در شرایط مختلف به روش ترکیبی اسمز - ماکروویو و پس زمینه

بعد فراکتالی	شدت ماکروویو	متابجی سولفیت سدیم	زمان	دما	غلظت
۱/۱۴۶۶	۴۵۰	۰/۵	۲۰	۳۰	۴۰
۱/۱۴۰۵۵	۳۰۰	۰/۵	۲۰	۳۰	۴۰
۱/۱۵۲۸	۴۵۰	۰/۵	۱۰	۴۵	۶۰
۱/۱۵۲۳	۳۰۰	۰/۵	۱۰	۴۵	۶۰
۱/۱۵۳۲	۴۵۰	۰/۲۵	۲۰	۴۵	۶۰
۱/۱۵۲۸	۳۰۰	۰/۲۵	۲۰	۴۵	۶۰
۱/۱۵۰۴	۴۵۰	۰/۲۵	۲۰	۳۰	۵۰
۱/۱۳۹۷	۳۰۰	۰/۲۵	۲۰	۳۰	۵۰
۱/۱۵۰۳	۴۵۰	۰/۷۵	۲۰	۳۰	۵۰
۱/۱۳۹۶	۳۰۰	۰/۷۵	۲۰	۳۰	۵۰
۱/۱۵۱۴	۴۵۰	۰/۵	۳۰	۳۰	۵۰
۱/۱۱۴	۳۰۰	۰/۵	۳۰	۳۰	۵۰
۱/۱۵	۴۵۰	۰/۵	۱۰	۳۰	۵۰
۱/۱۳۹	۳۰۰	۰/۵	۱۰	۳۰	۵۰
۱/۱۵۸۶۸	۴۵۰	۰/۵	۱۰	۶۰	۵۰
۱/۱۵۱۲۵	۳۰۰	۰/۵	۱۰	۶۰	۵۰
۱/۱۵۸۷۳	۴۵۰	۰/۲۵	۲۰	۶۰	۵۰
۱/۱۵۱۲۵۵	۳۰۰	۰/۲۵	۲۰	۶۰	۵۰
۱/۱۵۵۰۵	۴۵۰	۰/۵	۲۰	۳۰	۶۰
۱/۱۴۵۵۷۵	۳۰۰	۰/۵	۲۰	۳۰	۶۰
۱/۱۴۹۹۱	۴۵۰	۰/۷۵	۱۰	۴۵	۵۰
۱/۱۴۴۴۸	۳۰۰	۰/۷۵	۱۰	۴۵	۵۰

۴۰	۶۰	۲۰	۰/۵	۴۵۰	۱/۱۴۹۳۷۵
۴۰	۶۰	۲۰	۰/۵	۳۰۰	۱/۱۴۶۲
۶۰	۶۰	۲۰	۰/۵	۴۵۰	۱/۱۵۲۸
۶۰	۶۰	۲۰	۰/۵	۳۰۰	۱/۱۴۹۷
۵۰	۶۰	۳۰	۰/۵	۴۵۰	۱/۱۵۸۸۱
۵۰	۶۰	۳۰	۰/۵	۳۰۰	۱/۱۵۱۲۶۲
۴۰	۴۵	۲۰	۰/۲۵	۴۵۰	۱/۱۵۵۰۵
۴۰	۴۵	۲۰	۰/۲۵	۳۰۰	۱/۱۵۰۰۲۵
۴۰	۴۵	۲۰	۰/۷۵	۴۵۰	۱/۱۵۵۰۳
۴۰	۴۵	۲۰	۰/۷۵	۳۰۰	۱/۱۵۰۰۲۳
۶۰	۴۵	۲۰	۰/۷۵	۴۵۰	۱/۱۵۳
۶۰	۴۵	۲۰	۰/۷۵	۳۰۰	۱/۱۵۲۶
۵۰	۴۵	۳۰	۰/۷۵	۴۵۰	۱/۱۵۰۸
۵۰	۴۵	۳۰	۰/۷۵	۳۰۰	۱/۱۴۶۲
۵۰	۴۵	۱۰	۰/۲۵	۴۵۰	۱/۱۴۹۹
۵۰	۴۵	۱۰	۰/۲۵	۳۰۰	۱/۱۴۴۴۷
۴۰	۴۵	۳۰	۰/۵	۴۵۰	۱/۱۵۵۱۵
۴۰	۴۵	۳۰	۰/۵	۳۰۰	۱/۱۵۰۰۳
۴۰	۴۵	۱۰	۰/۵	۴۵۰	۱/۱۵۵
۴۰	۴۵	۱۰	۰/۵	۳۰۰	۱/۱۵۰۰۱۵
۶۰	۴۵	۳۰	۰/۵	۴۵۰	۱/۱۵۳۷
۶۰	۴۵	۳۰	۰/۵	۳۰۰	۱/۱۵۲۳
۵۰	۴۵	۲۰	۰/۵	۴۵۰	۱/۱۵۱
۵۰	۴۵	۲۰	۰/۵	۳۰۰	۱/۱۴۴۵۵

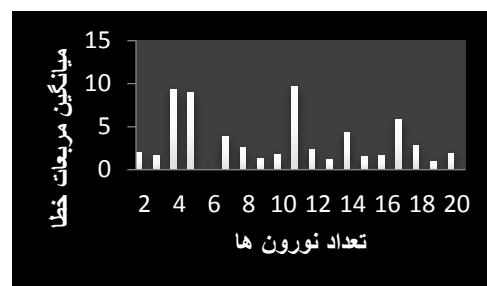
۵۰	۴۵	۳۰	۰/۲۵	۴۵۰	۱/۱۵۰۶
۵۰	۴۵	۳۰	۰/۲۵	۳۰۰	۱/۱۴۶



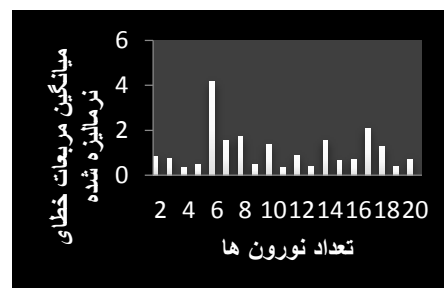
شکل ۳- مقدار میانگین خطای مطلق برای پیشگویی بعد فراکتالی توسط شبکه های عصبی مختلف دارای ۲ تا ۲۰ نورون در لایه پنهان

شبکه های دارای ۹ نورون در لایه پنهان کمترین میزان میانگین مربعات خطا، میانگین مربعات خطای نرمالیزه شده و میانگین خطای مطلق را برای پیشگویی بعد فراکتالی خط فصل مشترک بین خرمالو خشک شده و پس زمینه داشت (به ترتیب ۱,۳۳، ۰,۴۹ و ۰,۰۰۲). بنابراین، این پیکر بندی به عنوان شبکه عصبی بهینه انتخاب گردید. در شکل ۴ نمودار تغییرات میانگین مربعات خطای شبکه عصبی مصنوعی بهینه (۹ نورون در لایه پنهان) در برابر تعداد سیکل های یادگیری نشان داده شده است. مقادیر واقعی و پیشگویی شده بعد فراکتالی توسط شبکه عصبی مصنوعی دارای ۹ نورون در لایه پنهان در شکل ۵، آورده شده است. میزان کارایی شبکه عصبی مصنوعی بهینه (۹ نورون در لایه پنهان) در پیشگویی بعد فراکتالی در مورد داده های آزمون که حین آموزش شبکه به آن نشان داده نشده است، در شکل ۶، آورده شده است. در این شکل مقادیر واقعی بعد فراکتالی خط فصل مشترک بین خرمالو خشک شده و پس زمینه در مقابل مقادیر پیشگویی شده توسط شبکه عصبی رسم شده است. این نمودار نشان دهنده قابلیت بالای شبکه عصبی مصنوعی بهینه برای پیشگویی بعد فراکتالی (ضریب همبستگی ۰,۸۵) و

مدلسازی این پیکر بندی شبکه عصبی برای پیشگویی بعد فراکتالی توسط چهار ورودی (دما، زمان و بریکس محلول اسمزی و شدت ماکروویو) انجام گردید. شبکه های عصبی مصنوعی مختلف با ۲ تا ۲۰ نورون در لایه پنهان به منظور یافتن شبکه عصبی بهینه ساخته شد. میزان خطای محاسبه شده برای پیشگویی داده های آزمون که طی فرایند آموزش مورد استفاده قرار نگرفته اند در شکل های ۱ تا ۳ آورده شده است.



شکل ۱- مقدار میانگین مربعات خطا برای پیشگویی بعد فراکتالی توسط شبکه های عصبی مصنوعی مختلف دارای ۲ تا ۲۰ نورون در لایه پنهان



شکل ۲- مقدار میانگین مربعات خطای نرمالیزه شده برای پیشگویی بعد فراکتالی توسط شبکه های عصبی مصنوعی مختلف دارای ۲ تا ۲۰ نورون در لایه پنهان

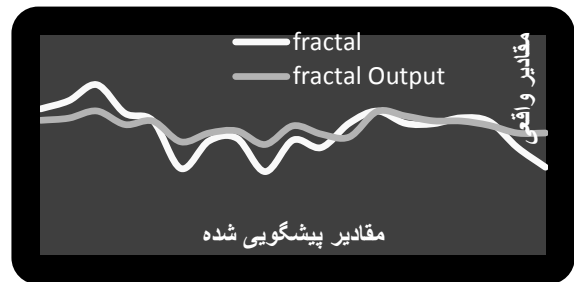
امکان استفاده از تئوری فراکتال برای تعیین غیر مستقیم چروکیدگی می باشد.

نتیجه گیری

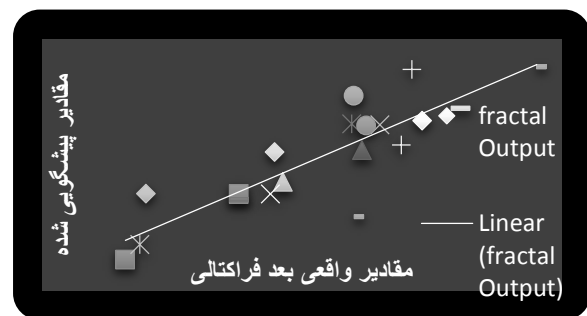
در این مطالعه مقادیر درصد چروکیدگی خرمالوی آبدگی شده طی فرآیندهای مختلف آبدگی آسز و خشک کردن آن توسط ماکروویو به روش پردازش تصویر تعیین و میزان درصد چروکیدگی آن توسط شبکه‌های عصبی مصنوعی مدل‌سازی گردید . بعد فراکتال خط فصل مشترک بین تصویر خرمالو خشک شده و پس زمینه با افزایش دما و غلظت محلول آسز افزایش یافته، همبستگی فوق العاده‌ای با درصد چروکیدگی نشان داد. این نتایج بیان کننده امکان استفاده از تئوری فراکتال برای تعیین غیر مستقیم میزان چروکیدگی خرمالوی خشک شده است. همچنین مقادیر پیشگویی شده بعد فراکتالی توسط شبکه عصبی دارای ۹ نورون در لایه پنهان بیشترین همبستگی را با داده های آزمایشی نشان داد (ضریب همبستگی ۰.۸۵). بنابر این به جای استفاده از روش های وقت گیر و دارای هزینه نظیر استفاده از روش جابجایی مایع برای تعیین چروکیدگی می توان به روش غیر مستقیم از طریق مدل‌سازی به کمک هوش مصنوعی میزان چروکیدگی را تعیین نمود.



شکل ۴- مقادیر میانگین مربعات خطا در برابر تعداد سیکل های یادگیری طی فرایند آموزش و ارزیابی شبکه عصبی مصنوعی دارای ۹ نورون در لایه پنهان



شکل ۵- مقادیر واقعی و پیشگویی شده بعد فراکتالی (داده های آزمون) توسط شبکه عصبی مصنوعی دارای ۹ نورون در لایه پنهان



شکل ۶- مقادیر واقعی بعد فراکتالی در مقابل مقادیر پیشگویی شده توسط شبکه عصبی مصنوعی بهینه (ضریب همبستگی برابر ۰.۸۵)

فهرست منابع

- امیریوسفی م، محبی م، ۱۳۸۷، مدل سازی انتقال جرم طی فرایند خشک کردن اسمزی سیب زمینی با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی، هجدهمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی، ۲۴ و ۲۴ مهر، مشهد.
- فتحی م، محبی م، رضوی ع، ۱۳۸۸، مدل سازی سینتیک انتقال جرم طی فرایند آبیگری اسمزی کیوی توسط شبکه های عصبی مصنوعی، مجله علمی پژوهشی فرآوری و نگهداری مواد غذایی.
- Campos-Mendiola R, Hermindez-Sanchez H, Chanona-Perez JJ, Alamilla-Beltran , Jimenez-Aparicio A, Fito P, Gutierrez Lopez GF, 2007. Non isotropic shrinkage and interfaces during convective drying of potato slabs within the frame of the systematic approach to food engineering systems (SAFES) methodology. *Journal of Food Engineering* 83: 285-292.
- Haykin S, 1994. *Neural network: a comprehensive foundation*. Prentice Hall. Canada. Hintze J L, 2007. NCSS help system. NCSS. Kaysville.
- Kerdpi boon S, Devahastin S, 2007. Fractal characterization of some physical properties of a food product under various drying condition. *Drying Technology* 25(1): 135-146.
- Ochoa MR, Kessler AG, Pirone BN, Ma'rquez CA, Michelis AD, 2007. Analysis of shrinkage phenomenon of whole sweet cherry fruits (*Prunus avium*) during convective dehydration with very simple models. *Journal of Food Engineering* 79: 657-661.
- Vazquez CS, Vazquez VS, Perez JC, Jaramillo-Flores ME, Chanes JW, Lopez GG, 2007. Fractal theory applied to food science. *Encyclopedia. Agricultural, Food, and Biological Engineering* 1(1): 1 - 13.
- Vinod KJ, Vikrant C, 2002. Neural networks approach to modeling food processing operations. In: Irudayaraj J (ed). *Food processing operations modeling: design and analysis*. Marcel Dekker. New York.

Determination of the wrinkles in persimmon dried by osmosis-microwave combination method using image processing and modeling with artificial intelligence

E Parsaei¹, A Fadavi² and S Arabshahi²

Received: January 17, 2015 Accepted: March 01, 2015

¹MSc Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University Azadshahr Branch, Golestan, Iran

²Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University Azadshahr Branch, Golestan, Iran

*Corresponding author: E mail: elnazparsaei65@gmail.com

Abstract

In this method, image processing (fractal dimension) to predict the amount of wrinkles persimmon mixture osmosis-microwave drying process was used. Image processing software used for image j. Drying combination osmos- microwave persimmon was solutions of sucrose at a concentration of 40, 50 and 60%(w/w),10,20 and 30 minutes and at 30,45 and 60 ° C and the 300and 450 watt microwave. For prediction of wrinkles feedforward artificial neural network MLP with 4 inputs (the process) by neuro solution 6 was used. 9 neurons in the hidden layer network with the lowest mean square error, mean square error and mean absolute error for the predicted normalized fractal dimension of the intersection between the line and the background was dried persimmon (respectively 1/33, 0/49 and 0/002). Also, this model is able to predict the percentage of wrinkles with a correlation coefficient of 0/85 percent.

Key words: Image processing, Neural networks, Wrinkles, Persimmon