



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی

(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



## مدل سازی سنتیک خشک شدن دانه های ذرت در یک خشک کن پیوسته مجهز به ذرات بی اثر با کمک شبکه عصبی مصنوعی

مهدی مرادی<sup>۱\*</sup> و مجید دهقانی<sup>۲</sup>

او ۲- به ترتیب استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد بخش مهندسی بیوسیستم دانشگاه شیراز

ایمیل مکاتبه کننده: [moradih@shirazu.ac.ir](mailto:moradih@shirazu.ac.ir)

### چکیده

در تحقیق حاضر، مدل سازی سنتیک فرایند خشک شدن دانه های ذرت در یک خشک کن پیوسته جریان مخالف مجهز به ذرات بی اثر با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی انجام پذیرفت. بدین منظور شش نرون در لایه ورودی که شامل پارامترهای نرخ جریان جرمی هوای خشک کننده، دمای هوا، نسبت کاربرد ذرات بی اثر، ارتفاع محل نمونه برداری، نرخ جریان جرمی دانه‌ی خروجی از مخزن و زمان می‌شود، تعریف شد و مقدار محتوای رطوبت دانه ذرت به عنوان تنها نرون در لایه خروجی مدل سازی شد. در این پژوهش از دو تابع آستانه لوگ-سیگموئید و تانژانت-سیگموئید استفاده گردید. نتایج حاصل از به کارگیری شبکه عصبی با توپولوژی‌های مختلف نشان داد که بهترین توپولوژی دارای ساختاری با معماری ۶-۱۰-۱۰-۱ است که دارای ۶ نرون در لایه ورودی، تعداد نرون در لایه های پنهان اول و دوم به ترتیب ۱۰ و ۱۰ و تعداد نرون در لایه خروجی ۱ عدد است. این توپولوژی دارای الگوریتم یادگیری LM و تابع آستانه TANSIG با ضریب تبیین ۰/۹۹ و خطای آموزش  $10^{-6} \times 8/49$  است.

واژه های کلیدی: شبکه عصبی، خشک شدن، ذرات بی اثر.

### مقدمه

غلات در تمام دنیا در رده مواد غذایی اصلی قرار می‌گیرند. به همین علت تولید، نگهداری و توزیع بهینه آنها دارای اهمیت فراوانی بوده زیرا غلات منبع اصلی غذای انسان و خوراک دام می باشد. ذرت با نام *Zea mays L.* از خانواده گرامینه است. این گیاه از نظر اهمیت و تولید جهانی در بین غلات پس از گندم و برنج در مکان سوم قرار دارد. تولید این محصول در سال ۲۰۱۲ در جهان ۶۹۱ میلیون تن و در سال ۱۳۹۱ در کشور ۲/۴۲۸ میلیون تن بوده است (FAOSTAT, 2013). رطوبت ذرت در هنگام برداشت (w.b) ۳۰-۳۵٪ است. در صورتیکه ذرت با همین رطوبت ذخیره شود دچار فساد خواهد شد. به همین علت



رطوبت ذرت را با استفاده از فرآیند خشک‌کردن تا حدود ۱۳-۱۴٪ بر مبنای تر کاهش می‌دهند. این عمل در گذشته به صورت سنتی (خشک‌کردن در هوای آزاد و در معرض نور مستقیم خورشید) انجام می‌گرفت، ولی بدلیل بروز تغییرات نامطلوب در کیفیت محصول به لحاظ طولانی بودن زمان خشک شدن، عدم اعمال کنترل کافی در مراحل مختلف خشک شدن، احتمال حمله آفات و پرنده‌گان، بروز تغییرات جوی، عدم وجود تشعشع کافی خورشید در بعضی مناطق جغرافیایی، غیریکنواختی در خشک شدن، آلودگی به گرد و غبار و غیره، محصول دچار ضایعات جبران‌ناپذیر می‌گشت. با استفاده از خشک‌کن‌های صنعتی معایب فوق تا حدود زیادی بر طرف شده است. البته هنگام خشک کردن محصولات کشاورزی میزان بسیار زیادی انرژی مصرف شده که در صورت عدم مدیریت صحیح می‌تواند موجب بالا رفتن بیش از اندازه قیمت محصول نهایی گردد. از این رو پی بردن به رفتار صحیح خشک شدن محصولات می‌تواند کمک شایانی به اعمال مدیریت مناسب این فرایند نماید. شبکه عصبی مصنوعی یکی از مهمترین ابتکارات بشر در زمینه هوش مصنوعی بوده که با مدل برداری از مغز انسان طراحی شده است (Dayhoff, 1990). مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی عموماً به طور موفقیت آمیزی در شبیه‌سازی فرایندهای مختلف در علوم مهندسی به کار رفته‌اند. در ادامه برخی از تحقیقاتی که در این مورد انجام گرفته است آورده می‌شود.

در تحقیقی مدلسازی سنتیک خشک شدن لایه نازک میوه زرشک با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی انجام گرفت. در تحقیق مذکور از یک شبکه پس انتشار خطا جهت تخمین میزان رطوبت میوه زرشک در طول فرایند خشک شدن استفاده گردید. در نهایت توپولوژی بهینه ۱-۵-۲۵-۴ با تابع آستانه لوگ-سیگموئید با خطای ۰/۰۰۰۱ به عنوان مناسب‌ترین توپولوژی در تحقیق مذکور معرفی گردید (گرجیان و همکاران، ۱۳۸۹). در تحقیقی دیگر که جهت مقایسه سازی مدل‌های پیش‌بینی خشک شدن و شبکه عصبی مصنوعی برای فرایند خشک کردن دانه‌های انار انجام گرفت، ده مدل نیمه تئوری و تجربی جهت برازش با داده‌های آزمایشگاهی استفاده شد. در تحقیق مذکور شبکه عصبی مصنوعی پیشرو برای تخمین رطوبت دانه انار به کار گرفته شد. مقایسه پارامترهای آماری در این مقایسه نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی با دقت بالاتری می‌تواند جهت پیش‌بینی محتوی رطوبت دانه انار مورد استفاده قرار گیرد (متولی و همکاران، ۱۳۸۹). شبکه‌ی عصبی مصنوعی در تحقیقات بسیار زیاد دیگری در زمینه خشک کردن به کار گرفته شد (شایگانی سلطان پور و همکاران، ۱۳۸۹؛ شریفی و همکاران، ۱۳۸۹؛ فیاضی و همکاران، ۱۳۸۹). در همه تحقیقات انجام گرفته، استفاده از این نوع مدل‌سازی با کمترین خطا انجام گرفت و از این رو آنها این روش را جهت شبیه‌سازی فرایند خشک شدن توصیه نموده‌اند. روش‌های مختلفی برای خشک کردن توده‌ای محصولات کشاورزی موجود است که هر کدام مزایا و معایب مخصوص به خود را دارند. در سال‌های اخیر استفاده از تکنیک بستر متحرک برای خشک شدن دانه‌ها که به سه طریق جریان موافق، جریان مخالف و جریان عرضی قابل انجام است، مورد استقبال محققین زیادی قرار گرفته است (Barrozo et al, 1998). در اکثر روش‌های مورد استفاده برای خشک کردن توده‌ای محصولات دانه‌ای از قبیل ذرت، مدت زمان زیادی صرف انجام این فرایند می‌شود. بنابراین امروزه محققین به دنبال تحقیق بر روی روش‌های ترکیبی خشک شدن هستند که موجب خشک شدن



سرریز دانه‌ها گردد. یکی از روشهایی که امروزه جهت انجام بهتر فرایند انتقال حرارت به داخل مواد خشک شونده انتخاب می‌شود، استفاده از ذرات حامل انرژی<sup>۱</sup> (بی اثر) می‌باشد. در این روش ذراتی با جنسی غیر از جنس مواد خشک شونده که دارای ظرفیت حرارتی پایین و رسانایی بالا هستند، در داخل محفظه‌ی خشک کن قرار داده می‌شوند. انتقال حرارت از هوای خشک کننده به ذرات بی اثر خیلی سریع انجام گرفته و آنها نیز حرارت را به دلیل داشتن ضریب رسانایی بالا و ظرفیت حرارتی پایین به مواد خشک شونده منتقل می‌کنند. بنابراین مواد خشک شونده خیلی سریع گرم شده و انتقال رطوبت از دانه‌ها به هوای خشک شونده سریع تر از حالت معمولی صورت می‌پذیرد و جسم با سرعت بیشتری خشک خواهد شد (Hatamipour and Mowla, 2006; Zhou et al, 1998). در یک تحقیق از خشک کن بستر سیالی در ابعاد آزمایشگاهی همراه با حامل‌های انرژی (فولاد و شیشه دارای قطرهای ۲/۷ تا ۶ میلی‌متر) جهت بررسی خشک شدن تکه‌های هویج استفاده شد. چنین نتیجه گرفته شد که وجود ذرات بی اثر (مستقل از قطرشان)، نرخ خشک شدن را بالا می‌برد (Hatamipour and Mowla, 2006).

بنابراین در پژوهش حاضر جهت پی بردن به رفتار دقیق خشک شدن دانه‌ها شبیه سازی این فرایند در یک خشک کن پیوسته جریان مخالف که مجهز به ذرات بی اثر بود با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی انجام گرفت.

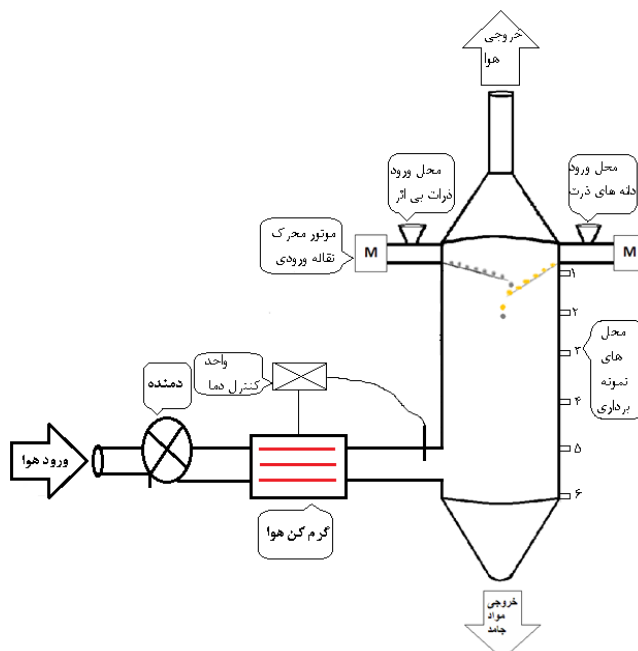
## مواد و روش‌ها

در این تحقیق یک دستگاه خشک کن پیوسته جریان مخالف ساخته شد که در آن جریان هوای خشک کننده به صورت جابجایی اجباری توسط یک دمنده سه فاز برقرار می‌گردید. خشک کن نیمه صنعتی آزمایشگاهی ساخته شده در این طرح دارای یک مخزن استوانه‌ای به ارتفاع یک متر و قطر داخلی ۲۵ سانتی متر و ظرفیت تقریبی ۳۰ کیلوگرم ذرت بوده که در قسمت بالا دو محل جهت ورود دانه‌های ذرت و ساچمه‌های فولادی با قطر ۴ میلی متر تعبیه شده بود (شکل ۱). هوای محیط با عبور از یک گرم کن الکتریکی ۶ کیلوواتی توسط دمنده به داخل مخزن که در آن دانه‌های ذرت در جریان (به سمت پایین) بودند، دمیده می‌شد. دانه‌های ذرت با رطوبت اولیه حدود ۳۰ درصد برمبنای تر برای خشک شدن در داخل دستگاه خشک کن پیوسته جریان مخالف ریخته می‌شدند. نحوه انجام آزمایش‌ها به این صورت بود که ابتدا دانه‌های ذرت از محل ورودی دانه با نرخ مشخص تغذیه می‌شد. پس از پر شدن مخزن، موتور محرک نقاله خروج مواد جامد که در قسمت پایین دستگاه قرار داشت، روشن می‌شد. نرخ جریان جرمی دانه‌های خروجی از مخزن توسط نقاله خروجی مواد کنترل می‌شد. آزمایش‌ها در چهار سطح نسبت دبی جرمی ورودی ذرات بی اثر به دبی جرمی دانه‌های ورودی (صفر، ۱، ۲ و ۳)، سه سطح دمای هوای خشک کننده (۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سلسیوس)، سه سطح نرخ جریان جرمی دانه‌های خروجی از مخزن (۰/۱۷، ۰/۲۵ و ۰/۵ کیلوگرم بر دقیقه)، سه سطح مختلف نرخ جریان جرمی هوای خشک کننده (۰/۵، ۱ و ۱/۵ کیلوگرم بر دقیقه) و در سه تکرار انجام گرفت. در حین انجام آزمایش‌ها، نمونه‌گیری از دانه‌های داخل مخزن با فواصل زمانی مشخص انجام می‌گرفت. به گونه‌ای که در طول هر آزمایش، در ۵ مرحله زمانی نمونه برداری از قسمت

<sup>۱</sup> Inert particles

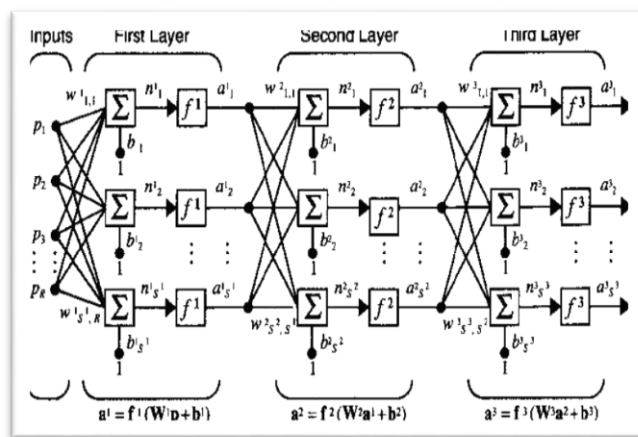


های مختلف مخزن انجام شد. نمونه های دانه ذرت از ۶ قسمت مختلف مخزن خشک کن (نشان داده شده در شکل ۱) بدست می آمد. رطوبت نمونه های با استفاده از آون الکتریکی به دست آورده شد.



شکل ۱- طرحواره ی دستگاه خشک کن مورد استفاده

در این تحقیق جهت مدل سازی فرایند خشک شدن دانه های ذرت در خشک کن مذکور از روش شبکه عصبی مصنوعی استفاده گردید. به طور کلی هر شبکه عصبی از سه لایه ورودی، میانی یا مخفی خروجی تشکیل شده است. تعداد نرون‌ها در لایه ورودی 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، تعداد نرون‌های هر لایه آن متغیر است و عموماً به روش سعی و خطا تعیین می‌شود. طرحواره شبکه عصبی مصنوعی با ساختار چند لایه در شکل ۲ آمده است (منهاج، ۱۳۷۹).



شکل ۲. طرحواره شبکه عصبی مصنوعی



شش نرون در لایه ورودی به تعداد پارامترهای ورودی دستگاه که شامل سرعت هوای خشک کننده، دمای هوا، نسبت کاربرد ذرات بی اثر، ارتفاع محل نمونه برداری، سرعت حرکت محصول و زمان می‌شود، تعریف شد و مقدار محتوای رطوبتی به عنوان تنها نرون در لایه خروجی مدل‌سازی شد. الگوریتم پس انتشار خطا<sup>۲</sup> با تابع آموزش Levenberg-Marquardt مورد استفاده قرار گرفت. این الگوریتم به دلیل همگرایی سریعتر در آموزش شبکه‌هایی با اندازه متوسط، مورد استفاده قرار گرفت. این الگوریتم شکل تغییر یافته‌ای از روش نیوتون است و برای حداقل کردن تابعی که مجموع چند تابع دیگر است، طراحی شده است. این الگوریتم زمانی که شاخص اجرایی شبکه، مجذور مربعات خطا است، برای آموزش بسیار مطلوب است (البرزی، ۱۳۸۳). تعداد کل الگوهای ورودی شبکه ۳۲۴۰ عدد است که به صورت تصادفی به سه گروه ۶۰ درصد آموزش، ۲۰ درصد ارزیابی و ۲۰ درصد تست تقسیم بندی شد. کد مورد نیاز برای مدل‌سازی شبکه عصبی با استفاده از نرم افزار MATLAB 2012 توسعه داده شد؛ بهترین توپولوژی شبکه عصبی بر اساس دو معیار ضریب تبیین  $R^2$  و MSE مشخص گردید. بهترین برازشی که می‌تواند خصوصیات خشک شدن دانه‌های ذرت را توصیف کند آن توپولوژی است که دارای بیشترین ضریب تبیین و کمترین خطا باشد. توابع آستانه مورد استفاده در این پژوهش توابع لوگ-سیگموئید (LOGSIG) و تانژانت-سیگموئید (TANSIG) است که در شکل ۳ نمایش داده شده‌اند. برای بررسی عملکرد شبکه ML چند لایه از توپولوژی‌های مختلف با تعداد نرون‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفت. این توپولوژی‌ها کاملاً به صورت سعی و خطا انتخاب و شبیه سازی می‌شوند. در مرحله اول بعد از آموزش شبکه، بهترین توپولوژی بر اساس  $R^2$  و MSE از میان توپولوژی‌های مختلف تعیین شد.



$$a = \frac{e^n - e^{-n}}{e^n + e^{-n}}$$

(tansig)



$$a = \frac{1}{1 + e^{-n}}$$

(logsig)

شکل ۳- توابع آستانه

## نتایج و بحث

جدول ۱ خلاصه‌ای از بهترین نتایج مدل‌سازی شبکه عصبی را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از به کارگیری شبکه عصبی با توپولوژی‌های مختلف نشان داد که بهترین توپولوژی دارای ساختاری با معماری ۶-۱۰-۱۰-۱ است که دارای ۶ نرون در لایه ورودی، تعداد نرون در لایه پنهان اول و دوم به ترتیب ۱۰ و ۱۰ و تعداد نرون در لایه خروجی ۱ عدد است. این توپولوژی دارای الگوریتم یادگیری LM و تابع آستانه TANSIG با ضریب تبیین ۰/۹۹ و خطای آموزش  $6 \times 10^{-4}$  است. نتایج بهترین شبیه سازی‌ها با توابع آستانه LOGSIG و TANSIG در جدول ۱ آمده است. در شکل‌های ۴ و ۵ نمودار بهترین

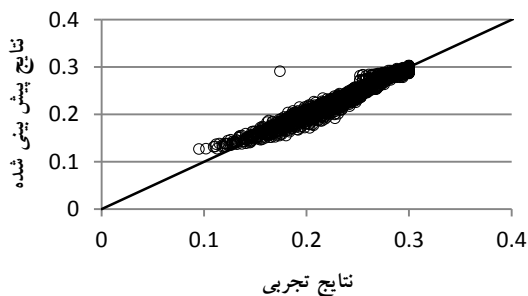
<sup>2</sup> Feed forward back propagation



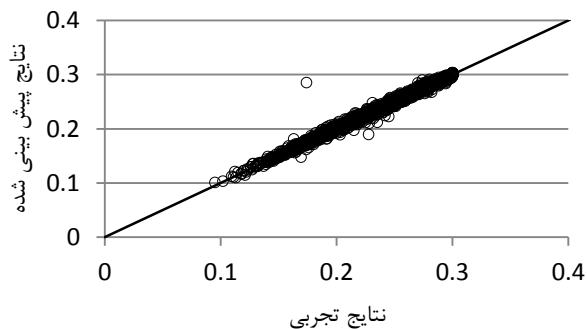
خط برازش شده نتایج شبیه‌سازی در مقایسه با مقادیر واقعی محتوای رطوبتی حاصله برای توابع آستانه LOGSIG و TANSIG نشان داده شده است.

جدول ۱- بهترین نتایج مدل سازی شبکه عصبی مصنوعی با دو تابع آستانه مختلف

| تابع انتقال | $N_1$ | $N_2$ | $R^2$ کل | MSE آموزش ( $\times 10^6$ ) | MSE ارزیابی ( $\times 10^6$ ) | MSE تست ( $\times 10^6$ ) | MSE کل ( $\times 10^6$ ) |
|-------------|-------|-------|----------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Logsig      | ۹     | ۱۰    | ۰/۹۸     | ۱۰                          | ۸/۵                           | ۱۲/۲۳                     | ۴/۷۷                     |
| Tansig      | ۱۰    | ۱۰    | ۰/۹۹     | ۰/۸۵                        | ۱/۱۲                          | ۳                         | ۱/۳۳                     |

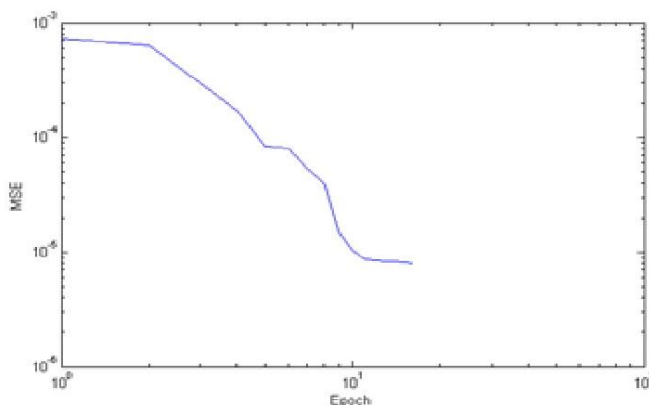


شکل ۴- نمودار مقایسه نتایج واقعی و پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی با تابع انتقال لوگ-سیگموئید و ترکیب نورون ۹-۱۰

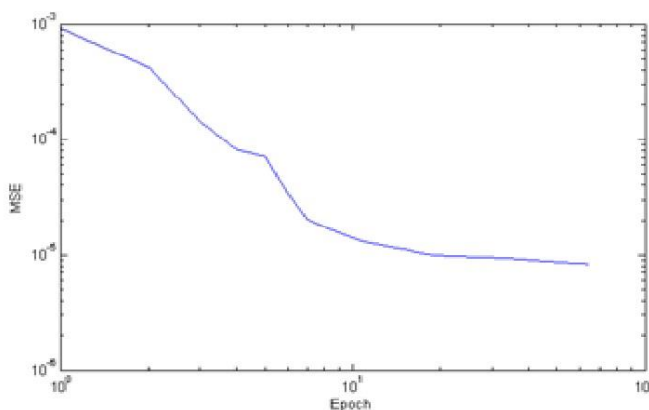


شکل ۵- نمودار مقایسه نتایج واقعی و پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی با تابع انتقال تانزانت-سیگموئید و ترکیب نورون ۱۰-۱۰

شکل های ۶ و ۷ نمودارهای عملکرد شبکه عصبی را در حین آموزش با توابع آستانه LOGSIG و TANSIG نشان می‌دهد.



شکل ۶- منحنی خطای شبکه عصبی در حین آموزش با تابع انتقال لوگ-سیگموئید و ترکیب نورون ۹-۱۰



شکل ۷- منحنی خطای شبکه عصبی در حین آموزش با تابع انتقال تانژانت-سیگموئید و ترکیب نورون ۱۰-۱۰

نتایج بدست آمده نشان از قابلیت شبکه‌های عصبی به عنوان ابزاری برای پیش بینی تغییرات محتوای رطوبتی با زمان است که می‌تواند در سیستم‌های کنترل خشک کن به کار رود.

### نتیجه گیری

در این تحقیق مدل‌سازی فرایند خشک شدن دانه های ذرت در یک خشک کن پیوسته جریان مخالف که مجهز به ذرات بی اثر بود، با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی انجام گرفت و نتیجه گرفته شد که با اطمینان می‌توان تابع levenberg-Marquardt را به عنوان تابعی مناسب جهت خشک کردن دانه های ذرت در خشک کن مذکور مورد استفاده قرار داد.

### مراجع

۱. البرزی، ۱۳۸۳. آشنایی با شبکه عصبی مصنوعی. چاپ دوم. انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف.





۲. شایگانی سلطان پور، ع.ر. گل محمدی، ع. فرهپور، ف. و عباسی کوکجه، ا. ۱۳۸۹. توسعه مدل پیش بینی محتوای رطوبتی موز در طی فرایند خشک کردن با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی. ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون دانشگاه تهران، شهریورماه ۱۳۸۹.
۳. شریفی، م. رفیعی، ش. و امید، م. ۱۳۸۹. شبیه سازی مدل سینتیک خشک شدن بستر نازک ترنج با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی. ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون دانشگاه تهران، شهریورماه ۱۳۸۹.
۴. فیاضی، ا. کاظمی، م. خوش تقاضا، م.ه. و امیر نجات، ح. ۱۳۸۹. پیش بینی محتوای رطوبتی خشک شدن لایه نازک قارچ خوراکی به کمک شبکه های عصبی مصنوعی پس انتشار. ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون دانشگاه تهران، شهریورماه ۱۳۸۹.
۵. گرجیان، ش. توکلی، ت. و خوش تقاضا، م.ه. ۱۳۸۹. مدل سازی سینتیک خشک شدن لایه نازک میوه زرشک به کمک شبکه عصبی مصنوعی. ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون دانشگاه تهران، شهریورماه ۱۳۸۹.
۶. متولی، ع. مینایی، س. خوش تقاضا، م.ه. کاظمی، م. و نیکبخت، ع.م. ۱۳۸۹. مقایسه پیش بینی مدل‌های ریاضی و شبکه های عصبی در خشک کردن دانه انار. ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون دانشگاه تهران، شهریورماه ۱۳۸۹.
۷. منہاج. ۱۳۷۹. مبانی شبکه‌های عصبی مصنوعی. انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر.
8. Barrozo, M.A.S., Sartori, D.J.M. & Freire, J. T. 2000. Quality analysis of soybean seeds dried in a cross flow moving bed. Seed Science and Technolog., Vol. 28, pp. 169–177.
9. Barrozo, M.A.S., Murata, V.V. & Costa, S.M. 1998. The drying of soybean seeds in countercurrent and concurrent moving bed dryers. Drying Technology, Vol. 16, pp. 2033–2047.
10. Brooker, D.B., Bakker-Arkema, F.W. & Hall, C.W. 1992. Drying and storage of grains and oilseeds. The AVI publishing company, Inc.
11. Bruce, D.M. & Giner, A. 1993. Mathematical modeling of grain drying in counter-flow beds: investigation of crossover of air and grain temperatures. Journal of Agricultural Engineering Research, Vol. 55, pp. 143–161.
12. Dayhoff, J.E. 1990. Neural network principles. Prentice-Hall International, U.S.A.
13. FAOSTAT. 2013. Food and agriculture organization of the united nations.
14. Fellow, P. 1988. Food Processing Technology”. Ellis Horwood, England.
15. Hatamipour, M.S. & Mowla, D. 2006. Drying behavior of maize and green peas immersed in fluidized bed of inert energy carrier particles. Food and Bioproducts Processing, Vol. 84, No. (C3), pp. 220–226.
16. Hatamipour, M.S. & Mowla, D. 2003. Experimental and theoretical investigation of drying of carrots in a fluidized bed with energy carrier. Drying Technology, Vol. 21, No.1, pp. 83–101.
17. Lacerda, A.F., Lisboa, M.H., Oliveira, M.S. & Barrozo, M.A.S. 2004. Two-phase modeling and the quality of soybean seeds dried in a countercurrent moving bed drier. Journal of Food Process Engineering. Vol. 27, pp. 432–448.
18. Torrez, N., Gustafsson, M., Schreil, A. & Martinez, J. 1998. Modeling and simulation of a cross flow moving bed grain dryers. Drying Technology. Vol. 16, pp. 1999–2015.





نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی

(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



19. Zhou, S.J., Mowla, D., Wang, F.Y. & Rudolph, V. 1998. Experimental investigation of food drying processes in dense phase fluidized bed with energy carrier” CHEMECA 98, Port Douglas, North Queensland, Australia, Sep 28, 1998.



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی

(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



## Modeling of drying kinetics of corn grains in a continuous dryer equipped to inert particles using artificial neural network

### Abstract

in this research, modeling of drying kinetics of corn grains in a continuous countercurrent dryer was performed using artificial neural network. To this end, six neurons including mass flow rate of drying air, air temperature, ratio of inert particles application, sampling location, mass flow rate of output grains and sampling time were applied at input layer. Moisture content of the grains was modeled as output neuron. Two LOGSIG and TANSIG functions are used as threshold functions. Results showed that the best topology has 10 neurons in first hidden layer and 10 neurons in second hidden layer. This topology has “LM” training algorithm and TANSIG threshold function.  $R^2$  and MSE for the topology were 0.99 and  $8.49e-6$  respectively.

**Keywords:** Neural network, drying, inert particles.