



ارائه مدل عصبی برای توان مصرفی دندانه‌های لاستیکی واحد کوبش آفتابگردان

پدرام قیاسی^۱، امین اله معصومی^۲، عباس همت^۳

^۱دانشجو، دانشگاه تربیت مدرس؛ p.ghiasi@modares.ac.ir

^۲دانشیار، دانشگاه صنعتی اصفهان؛ masoumi@ag.iut.ac.ir

^۳استاد، دانشگاه صنعتی اصفهان؛ a.hemmat@ag.iut.ac.ir

چکیده

با افزایش روزافزون مصرف نهاده‌های کشاورزی مقدار مصرف انرژی صنایع درگیر نیز افزایش می‌یابد، لذا شناخت و بهینه‌سازی مقدار انرژی مصرفی در فرآیندهای کشاورزی از اهمیت خاصی برخوردارند. در این پژوهش مدل عصبی برای مقدار توان مصرفی کوبش آفتابگردان توسط واحد کوبش دندانه لاستیکی ارائه شد. داده‌های آزمایشگاهی از طریق پارامترهای مستقل، سرعت سیلندر کوبنده، فضای کوبنده و رطوبت بدست آمد. برای انجام آزمون‌ها از رقم آفتابگردان آذرگل و از موتور محرک الکتریکی برای تامین توان استفاده شد. آزمایشات در ۳ تکرار، سرعت سیلندر کوبنده در ۳ سطح ۲۸۰، ۳۸۰ و ۴۸۰ rpm، فضای کوبنده در ۲ سطح ۸ و ۱۰ cm و رطوبت طبق آفتابگردان در ۲ سطح ۲۰ و ۴۵ درصد بر مبنای ماده تر انجام شد. ۷۰، ۱۵ و ۱۵ درصد از داده‌ها به ترتیب برای یادگیری، آزمون و اعتبار سنجی به کار برده شد. ارزیابی مدل عصبی نشان داد که روند تغییر نتایج تجربی را می‌تواند با ضریب رگرسیون ۰/۹۹ دنبال کند. با افزایش سرعت سیلندر کوبنده و کاهش فاصله بین کوبنده و ضد کوبنده توان مصرفی افزایش، و با کاهش رطوبت طبق آفتابگردان، طبق‌ها شکننده تر می‌شوند و مقدار توان مورد نیاز کوبش کاهش می‌یافت.

کلمات کلیدی: مدل عصبی، توان مصرفی، مدلسازی کوبش، واحد کوبش آفتابگردان.

Define ANN Model to Power Consumption of Sunflower Threshing Unit with Robber Tooth

Pedram Ghiasi, Aminolah masoumi, Abbas Hemmat

Student, Tarbiat Modares University, p.ghiasi@modares.ac.ir

Faculty Member, Isfahan University of Technology, masoumi@ag.iut.ac.ir

Faculty Member, Isfahan University of Technology, a.hemmat@ag.iut.ac.ir

ABSTRACT

With the increasing use of agricultural expense, the amount of energy consumption involved industries increased. Therefore, cognition and optimization of energy consumption in agricultural processes are important. In this study, the amount of power consumption was examined by a rubber tooth threshing cylinder and ANN model was presented. Independent parameters included the threshing cylinder speed (TCS), threshing space (TS) and moisture content (MC). Azargol variety was used to evaluate the threshing unit. The tests were performed at 3 TCS levels (280, 380 and 480 rpm), 2 TS levels (8 and 10 cm) and 2 MC levels (20 and 45% wet basis). ANN model developed based on 70,15 and 15 percent of data respectively for training, validation and test. The evaluation of the ANN model showed, model can follow experimental results with 0.99 regression coefficient. With increasing the MC and TCS the power consumption increased. This is because the rheological properties of the sunflower head change in high MC and the TCS have direct communication with power consumption. In lower TS, greater force is required



for material flow and high density of the sunflower head in this distance causes to increase power consumption.

Keywords: ANN model, power consumption, threshing model, sunflower threshing unit.

۱- مقدمه

گیاهان صنعتی یکی از تولیدات مهم بخش کشاورزی به شمار می‌آیند. به طور سنتی منظور از گیاهان صنعتی گیاهانی است که محصولات آنها به طور وسیعی پس از طی فرآیند صنعتی مورد استفاده بشر قرار می‌گیرد. این گیاهان را به طور سنتی در گروه های گیاهان روغنی، لیفی، قندی، نشاسته ای و تخدیری قرار داده اند (Khajeh Poor, 2012). دانه های روغنی دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل می‌دهند. بر اساس گزارش‌های سازمان خواربار جهانی میزان تولید روغن در طول سال های اخیر افزایش چشم گیری داشته است که بیشترین میزان افزایش روغن مربوط به روغن دانه آفتابگردان می‌باشد (Inna Punda, 2010). انواع بذر آفتابگردانی که کشت می‌شود به دو گونه آجیلی و روغنی می‌باشد که نوع آجیلی درشت تر و درصد روغن کمتری را نسبت به نوع روغنی دارد و برای مصارف مستقیم استفاده می‌شود. نوع روغنی، با هدف جدایش روغن از مغز تخمه آفتابگردان کشت می‌شود (Jahani et al., 2015). برداشت تخمه آفتابگردان به دو صورت دستی و ماشینی انجام می‌شود که در برداشت ماشینی، از کمباین غلات برای برداشت تخمه آفتابگردان‌های روغنی یا ریز استفاده می‌شود. در این روش علیرغم تغییر تنظیمات کوبنده و ضد کوبنده که شامل ازدیاد فاصله بین کوبنده و ضد کوبنده و کاستن سرعت دورانی کوبنده می‌باشد درصد تلفات حدود ۴۶ درصد می‌باشد (Farokhi et al., 2013)، که شامل شکستگی پوست دانه و شکستگی دانه می‌باشد. هر چند که در نوع روغنی شکستگی دانه، اهمیت کمتری نسبت به نوع آجیلی دارد لیکن صدمات مکانیکی شدید سبب ضعیف شدن جوانه زنی، کاهش قابلیت انبار کردن و کم شدن قابلیت عمل آوری دانه می‌گردد. برای انبار داری و نگهداری پس از برداشت دانه آفتابگردان دو نوع بیماری وجود دارد و سبب خسارت کیفی به مغز دانه آفتابگردان می‌شود که عبارت اند از بوتریتیس او ریزوپوس این دو بیماری قارچی در صورت وجود رطوبت کافی و آسیب مکانیکی دانه آفتابگردان به راحتی گسترش پیدا کرده و موجب خسارت به دانه آفتابگردان می‌شود در اکثر موارد به دلیل بالا بودن تلفات، کشاورزان رغبتی به برداشت آفتابگردان بوسیله کمباین نشان نمی‌دهند. برداشت نوع آجیلی بصورت دستی انجام می‌گیرد، به دلیل اینکه طبق و تخمه آفتابگردان درشت تر می‌باشد و کمباین غلات عمل برداشت را با تلفات خیلی بیشتری نسبت به نوع روغنی انجام می‌دهد (SharifNabi, 2016).

در عملیات برداشت توسط کمباین برای هر محصول، به طور کلی چهار عمل جمع آوری، کوبیدن، جدا کردن و تمیز کردن انجام می‌گیرد (Ajit et al., 2007). واحد کوبش در کمباین حساسترین و مهمترین عمل در کمباین می‌باشد. زیرا ایجاد اختلال در این قسمت موجب کاهش بازده برداشت، آسیب رسیدن به محصول و مختل کردن بخش‌های بعدی کمباین می‌شود و نیز بیشترین توان مصرفی را در بین واحدهای کمباین به خود اختصاص می‌دهد که بهینه سازی مصرف انرژی در این واحد می‌تواند نقش بسزایی را در کاهش مصرف سوخت موتور محرک کمباین داشته باشد (Baruah and Panesar, 2005). مدل ارائه شده توسط (Srison et al., 2016) برای مقدار توان مصرفی کوبش ذرت بیانگر این بود که با افزایش رطوبت محصول و سرعت کوبنده توان مصرفی واحد کوبش افزایش می‌یابد. (Steponavicius et al., 2013) دریافتند که با افزایش افزایش ممان اینرسی سیلندر کوبنده و نرخ تغذیه مقدار توان مصرفی واحد کوبش افزایش می‌یابد. در پژوهشی، اثر سرعت دورانی سیلندر کوبنده، نرخ تغذیه و رطوبت محصول بر آسیب مکانیکی محصول گندم بررسی شد. نتایج حاکی از آن بودند که اثر رطوبت گندم و سرعت دورانی بر آسیب مکانیکی معنی دار بوده و با افزایش سرعت کوبنده و کاهش رطوبت گندم مقدار آسیب دانه ای افزایش می‌یابد (Imanmehr 2015). (Baruah and Panesar, 2005) با ارائه مدلی برای مقدار انرژی مصرفی توسط واحد های مختلف کمباین به این نتیجه رسیدند که با افزایش مقدار مدول الاستیسیته و ضریب اصطکاک داخلی محصول مقدار انرژی مصرف شده توسط واحد کوبش افزایش می‌یابد. دانه های از دست رفته در دستگاه شالی کوب توسط (Hiregoudar et al., 2011) با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی شبیه سازی شد و مقدار کمینه دانه‌های از دست رفته برای شالی کوبی تعیین شد. (Mirzazadeh, Abdollahpour, Mahmoudi, & Ramazani, 2012) شبکه عصبی مصنوعی را برای مدل کردن رفتار محصول گندم در واحد کوبش استفاده کردند. نتایج نشان داد که شبکه عصبی با ۷ نرون می‌توان رفتار مواد را با ضریب رگرسیونی $R^2=0.81$ شبیه سازی کند.

1. *botrytis sp*
2. *rhizopus sp.*

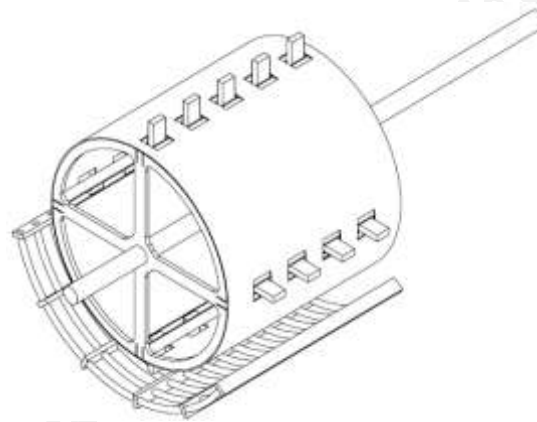
بررسی سوابق در زمینه مدلسازی رفتار مواد داخل واحد کوبش و نیز پارامترهای مصرفی واحد کوبش، بیانگر این است که رفتار کلی مواد و توان مصرفی واحد کوبش به نوع و خواص فیزیکی و رئولوژیکی محصول بستگی دارد و این رفتار کاملاً برای هر محصول می‌توان متفاوت باشد. در این مطالعه توان مصرفی واحد کوبش برای کوبش طبق‌های آفتابگردان با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی مدلسازی شد. بر این اساس هدف این پژوهش شناخت نحوه صرف توان در طول فرآیند کوبش آفتابگردان توسط کوبنده دندان‌ه لاستیکی می‌باشد.

۲- بخش مواد و روش‌ها

۲-۱- دستگاه مورد مطالعه

برای بررسی تأثیر پارامترهای متغیر کاری بر توان مصرفی واحد کوبش آفتابگردان، واحد آزمایشگاهی کوبنده و ضد کوبنده دندان‌ه لاستیکی بر روی شاسی در محل قرار گیری جهت اتصال به نوار نقاله قرار داده شد. طرحواره سیلندر کوبنده و ضد کوبنده در شکل ۱ نشان داده شده است.

استوانه کوبنده به قطر ۵۰ cm و عرض ۵۰ cm و دارای ۴ ردیف لاستیک که یک ردیف در میان شامل ۴ و ۵ عدد لاستیک می‌باشد و بر روی محوری به قطر ۳۰ mm قرار داده شده است. ضد کوبنده شامل ۶ پروفیل موازی با محور کوبنده و ۱۲ عدد میلگرد عمود بر پروفیل‌ها است که در کمان ۱۳۵ درجه به صورت قسمتی از استوانه در آمده است. کلیه قطعات کوبنده و ضد کوبنده به جز لاستیک‌ها از فولاد ASTM-A36، و لاستیک‌ها با مقاومت خمشی ۴۵ MPa انتخاب شدند.



شکل ۱- کوبنده دندان‌ه لاستیکی و ضد کوبنده

Fig.1. Rubber Tooth Threshing cylinder and concave

از رقم آجیلی آدرگل برای انجام ارزیابی استفاده شد. بوته‌های سالم و با طبق‌هایی بدون قارچ و کپک در سطح رطوبتی متوسط مزرعه که در زمان رسیدگی محصول بود، انتخاب شدند و به کارگاه ساخت و تولید گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه صنعتی اصفهان منتقل شدند. فاصله زمانی بین چیدن طبق‌ها و انجام اولین آزمون ارزیابی ۴۸ ساعت طول کشید و در این فاصله از رطوبت طبق‌ها کاسته شد و به حدود ۴۵٪ بر مبنای ماده تر رسید. رطوبت طبق‌ها در دو سطح ۴۵ و ۲۰ درصد بر مبنای ماده تر نمونه انتخاب شدند. برای اندازه‌گیری رطوبت، طبق‌ها آفتابگردان به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۴ درجه سانتی‌گراد با ۵ تکرار در آن قرار داده شد (Mohsenin, 1978). برای هر آزمون حدوداً ۱۲ عدد طبق که جرم طبق‌های تر حدوداً ۱۰ کیلوگرم و جرم طبق‌های خشک ۴ Kg، بصورت تصادفی بین طبق‌ها انتخاب می‌شد تا فرآیند کوبش بصورت پیوسته انجام شود یعنی کل سطح کوبنده در زمان کوبش، با طبق آفتابگردان پوشیده شود. پارامترهای متغیر دستگاه شامل سرعت کوبنده در سه سطح، فاصله بین کوبنده و ضد کوبنده در دو سطح و رطوبت طبق آفتابگردان در دو سطح محصول انتخاب شدند و نرخ تغذیه دستگاه ثابت، و مقدار 670 kg.h-1 در نظر گرفته شد. برای رسیدن به این نرخ تغذیه با توجه به تراکم کشت آفتابگردان و مقدار محصول در هکتار، سرعت پیشروی ثابت ۲/۵ km.h-1 در نظر گرفته شد. تنظیم سرعت نوار نقاله از طریق اینورتر 10 hp و با اندازه‌گیری طی مسافت



خاص در زمان معین میزان سرعت نوار نقاله نیز تنظیم شد. سرعت سیلندر کوبنده ادر سه سطح، (۲۸۰، ۳۸۰ و ۴۸۰) تعیین شد. مقدار توانی که در کمباین به واحد کوبش اختصاص داده می شود بستگی به ابعاد، نوع و دیگر شرایط کوبنده دارد. (Steponavicius et al., 2013) در پژوهشی مقدار توان مورد نیاز برای کوبنده ذرت را به دست آوردند. بر اساس این پژوهش مقدار توان مورد نیاز واحد کوبنده برای نرخ تغذیه های متفاوت بر حسب زمان فرآیند، برای نرخ های تغذیه ۴ Kg.min-1 تا ۱۴ بیسینه توان ۱۵ Kw گزارش شد. که در تحقیق حاضر نیز از موتور الکتریکی ۱۵ Kw برای انجام آزمون ها استفاده شد. برای تغییر دور کوبنده از اینورتور 20 hp که با تغییر فرکانس دور موتور را تغییر می داد، استفاده شد. دور خروجی کوبنده با دور سنج اندازه گیری شد. فاصله اولین قوطی عمود بر جهت حرکت کمباین تا استوانه کوبنده (فضای کوبنده) ۸ cm، ۱۰) تعیین شد. برای هر آزمایش جریان مصرفی موتور با استفاده از آمپر متر القایی اندازه گیری شد. ولتاژ ورودی به موتور و $\cos \theta$ موتور ثابت بود. حین کوبش جریان مصرفی از حالت ثابت به بیشینه و پس از کوبش دوباره به حالت ثابت می رسید با توجه به محدودیت زمان ثبت مقدار جریان مصرفی حین آزمون از نمایشگر آمپر متر فیلم ضبط شد و جریان برای هر ثانیه ثبت می شد. و با استفاده از رابطه ۱ توان مصرفی محاسبه شد (Lesani, 1992).

$$P_t = P_a + P_b + P_c = 3V_{rms}I_{rms} \cos \theta \quad (1)$$

از طرح آماری کاملا تصادفی در قالب فاکتوریل ۳ فاکتور ۲×۳×۲ به ترتیب با عامل های رطوبت طبق، سرعت کوبنده و فاصله کوبنده و ضد کوبنده برای تجزیه واریانس اجرا شد. که به ترتیب شامل دو سطح رطوبت طبق (۲۰ و ۴۵٪ بر مبنای ماده تر)، سه سطح سرعت کوبنده (۲۸۰، ۳۸۰، ۴۸۰ rpm) و دو سطح فاصله بین کوبنده و ضد کوبنده (۸ cm و ۱۰) و سه تکرار مورد بررسی آماری قرار گرفت.

۲-۲- شبکه عصبی

شبکه عصبی مصنوعی، یکی از روش های محاسباتی است که به کمک فرآیند یادگیری و با استفاده از پردازشگرهایی بنام نرون تلاش می کند با شناخت روابط ذاتی بین داده ها، نگاشتی میان فضای ورودی (لایه ورودی) و فضای مطلوب (لایه خروجی) ارائه دهد. این سیستم از شمار زیادی عناصر پردازشی فوق العاده به هم پیوسته به نام نرون تشکیل شده که برای حل یک مسأله با هم هماهنگ عمل می کند (Podstawczyk, 2015) Witek-Krowiak, Dawiec, & Bhatnagar, 2015 هر شبکه عصبی از سه لایه ورودی، مخفی و خروجی تشکیل شده است. در هر لایه تعدادی پردازشگر به نام نرون وجود دارد. لایه یا لایه های مخفی، اطلاعات دریافت شده از لایه ورودی را پردازش کرده و در اختیار لایه خروجی قرار می دهند. تابع انتقال بیان کننده پاسخ هر نرون به سیگنال ورودی آن نرون است. توابع انتقال معمول مورد استفاده در شبکه های عصبی مصنوعی تابع سیگموئید و تانژانت هیپربولیک می باشد. هر شبکه با دریافت مثال هایی آموزش می بیند. آموزش فرآیندی است که در نهایت منجر به یادگیری می شود. یادگیری شبکه، زمانی انجام می شود که وزن های ارتباطی بین لایه ها چنان تغییر کند که اختلاف بین مقادیر پیش بینی شده و محاسبه شده در حد قابل قبولی باشد. در این مدل سازی از شبکه عصبی پیش خور با دو لایه استفاده شد (Hagan, Networks, & Neural Network, 1994, n.d.). ورودی شبکه شامل رطوبت طبق آفتابگردان، سرعت کوبنده و فضای بین کوبنده و ضد کوبنده و خروجی توان مصرفی واحد کوبش تعیین شد. ۷۰٪ از داده ها صرف آموزش شبکه ۱۵٪ برای آزمون و ۱۵٪ برای اعتبار سنجی به کار رفت. در این مطالعه از Neural Network Toolbox نرم افزار R2013a Matlab برای پیش بینی درصد مواد در بخش های مختلف ضد کوبنده استفاده شد. تعداد نرون ها ۱۵ عدد در نظر گرفته شد. تعداد نرون ها در لایه خروجی به تعداد پارامترهای خروجی بستگی دارد. در این تحقیق خروجی مدل درصد مواد ریخته شده در بخش های مختلف ضد کوبنده است بنابراین تعداد نرون در لایه خارجی ۱ عدد است. عملکرد شبکه عصبی از طریق میانگین مربعات خطا MSE و ضریب همبستگی ارزیابی می شود که در روابط ۲ و ۳ ارائه شده است.

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{O,i} - y_{M,i})^2}{n} \quad (2)$$

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{O,i} - y_{O,mean})(y_{M,i} - y_{M,mean})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_{O,i} - y_{O,mean})^2 (y_{M,i} - y_{M,mean})^2}} \quad (3)$$

که در معادلات فوق n تعداد داده ها، $y_{O,i}$ و $y_{M,i}$ به ترتیب مقدار خروجی پیش بینی شده توسط مدل و مقدار خروجی اندازه گیری شده است و $y_{O,mean}$ و $y_{M,mean}$ متوسط مقادیر خروجی اندازه گیری شده و متوسط مقدار پیش بینی شده توسط مدل است. برای آموزش شبکه

1. Threshing Cylinder Speed (TCS)
2. Threshing Space (TS)



یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



انجمن مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران



Buah Sina University

از الگوریتم پس انتشار LMBP استفاده شد. عموماً در مسائل تخمین تابع با پارامتر شبکه کمتر از ۱۰۰ عدد این الگوریتم دارای سرعت بالا و دقت مناسب است (Shanmugaprakash & Sivakumar, 2013). در طول آموزش خروجی پیش بینی شده توسط مدل با خروجی مورد انتظار مقایسه می‌شود و میانگین مربعات خطا محاسبه می‌گردد در صورتی که MSE بیشتر از مقدار مقرر شده باشد میزان خطا از خروجی به ورودی باز پخش شده و وزن‌ها بر اساس آن اصلاح می‌گردند تا زمانی این کار تکرار می‌شود که یا خطا به محدوده مجاز برسد یا تعداد سعی و خطا به حداکثر تعداد سعی و خطای مشخص شده برسد. میانگین مربعات خطا در طول دوره آموزش پایش می‌شود. در فاز اول آموزش خطا رو به کاهش می‌گذارد تا شبکه به کمینه خطا می‌رسد و سپس با دادن داده‌های بیشتر مجدداً خطا رو به افزایش می‌گذارد در این مرحله آموزش شبکه متوقف شده و وزن‌ها در کمینه خطا بازگردانیده می‌شوند.

۳- نتایج و بحث

چرخش سیلندر کوبنده مقدار ضربه لازم را جهت بیرون راندن دانه از طبق آفتابگردان ایجاد می‌کند. مقاومت در برابر حرکت محصول ناشی از اصطکاک بین طبق‌های آفتابگردان و اصطکاک بین طبق آفتابگردان و سطح ضد کوبنده می‌باشد. از طرفی سیلندر کوبنده محصول محصور را مقداری نیز فشرده می‌سازد. بنابراین سیلندر کوبنده باید طوری باشد تا بر نیروی‌هایی غلبه کند که شامل: (۱) اعمال ضربه به محصول (۲) فشرده سازی محصول (۳) غلبه بر مقاومت در برابر حرکت توده محصول. با ورود مواد به داخل فضای واحد کوبش جذب ضربه و تبدیل شدن به قطعات کوچکتر و جریان مواد سبب افزایش توان مصرفی شده و با گذشت زمان محصول بیشتری تغذیه شده و حرکت مواد به قسمت‌هایی که فاصله بین کوبنده و ضد کوبنده کمتر است سبب افزایش توان مصرفی شده تا زمانی که کل مواد کوبیده شده و پس از آن منحنی، با شیب تندتر نسبت به ابتدا کاهش می‌یابد.

جدول ۱. نتیجه تجزیه واریانس اثر رطوبت طبق، سرعت سیلندر کوبنده و فضای کوبنده و آثار متقابل آنها بر توان مصرفی

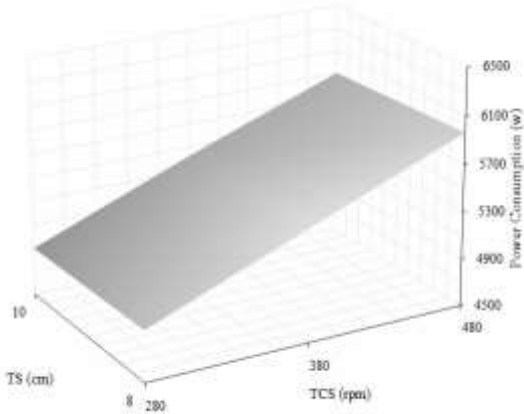
Table.1. Results of analysis of variance effects of the moisture content, threshing cylinder speed and threshing space and their interactions on the power consumption

C.V	df	F
		power consumption
Moisture Content (MC)	1	51.18**
Threshing Cylinder Speed (TCS)	2	1198.10**
Threshing Space (TS)	1	15.00*
MC×TCS	2	35.92**
MC×TS	1	1.18 ^{ns}
TCS×TS	2	0.01 ^{ns}
MC×TCS×TS	2	3.67*
Total	35	

**معنی دار بودن در سطح احتمال ۱٪. * معنی دار بودن در سطح احتمال ۵٪. ^{ns} معنی دار نبودن در سطح احتمال ۵٪.

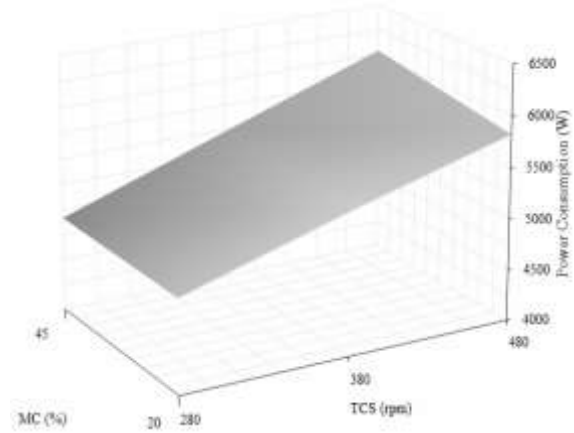
** Significant at 1% level. * Significant at 5% level. ^{ns} not significant at 5% level.

نتیجه تجزیه واریانس برای بررسی پارامترها بر توان مصرفی کوبنده و ضد کوبنده، در جدول ۱ آمده است که بیانگر آن است تأثیر رطوبت طبق و سرعت سیلندر کوبنده بر مقدار توان مصرفی در سطح احتمال ۱٪ معنی دار می‌باشد. تأثیر فضای کوبنده بر توان مصرفی در سطح احتمال ۵٪ معنی دار می‌باشد. تأثیر متقابل درجه اول رطوبت طبق × سرعت سیلندر کوبنده، در سطح احتمال ۱٪ و تأثیر متقابل درجه دوم رطوبت طبق × فضای کوبنده × سرعت سیلندر کوبنده نیز در سطح احتمال ۵٪ معنی دار می‌باشند اما اثرات متقابل درجه اول رطوبت طبق × فضای کوبنده و سرعت سیلندر کوبنده × فضای کوبنده بر توان مصرفی معنی دار نمی‌باشد. شکل‌های ۲ تا ۴ مقدار توان مصرفی کوبنده و ضد کوبنده را در حالت‌های مختلف نشان می‌دهد. با افزایش رطوبت طبق‌ها توان مورد نیاز کوبنده، افزایش می‌یابد.



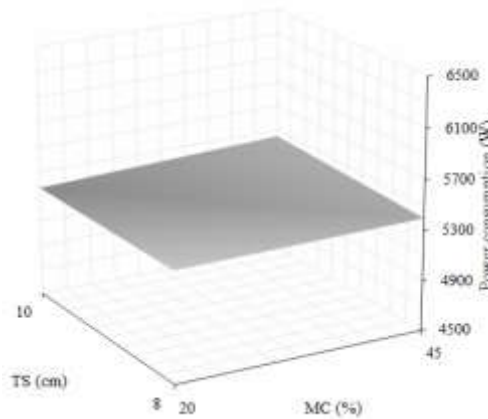
شکل ۳- تاثیر فضای کوبنده و سرعت سیلندر کوبنده بر توان مصرفی واحد کوبش

Fig.3. effect of threshing space and threshing cylinder speed on power consumption



شکل ۲- تاثیر رطوبت طبق و سرعت سیلندر کوبنده بر توان مصرفی واحد کوبش

Fig.2. effect of moisture content and threshing cylinder speed on power consumption

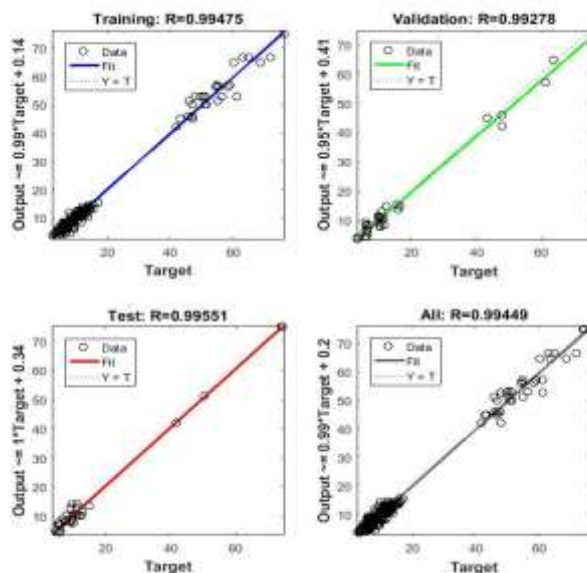


شکل ۴- تاثیر رطوبت طبق و فضای کوبنده بر توان مصرفی واحد کوبش

Fig.4. effect of moisture content and threshing space on power consumption

اصطکاک داخلی و مدول الاستیسیته طبق آفتابگردان به مقدار رطوبت محصول بستگی دارد از طرفی مقدار رطوبت تابعی است از رسیدگی محصول. بنابراین کوبش در زمان رسیدگی کامل محصول سبب کمینه شدن ضریب اصطکاک داخلی و مدول الاستیسیته محصول شده از طرفی سبب کاهش توان مصرف شده توسط واحد کوبش می شود. با توجه به رابطه توان مصرفی با گشتاور و سرعت دورانی با افزایش سرعت سیلندر کوبنده بصورت مستقیم توان مصرفی کوبنده افزایش می یابد. در اثر کاهش فاصله بین سیلندر کوبنده و ضد کوبنده تراکم محصول افزایش یافته و جریان پذیری آن کاهش می یابد در نتیجه کاهش فضای کوبنده سبب افزایش توان مصرفی کوبش می شوند.

پس از تشکیل ماتریس ورودی و خروجی برای شبکه عصبی اقدام به انتخاب مناسب ترین شبکه عصبی برای شبیه سازی مقدار مواد ریخته شده در بخش های ضد کوبنده شد. شکل ۵ ضرایب رگرسیون مدل شبکه عصبی ارائه شده برای شبیه سازی مقدار مواد ریخته شده در بخش های ضد کوبنده را در قسمت های آموزش، آزمون و اعتبار سنجی نشان می دهد. میانگین مربعات خطا برای شبکه مقدار ۰,۰۶ بدست آمد. که مقدار کمینه آن طی آزمون و خطا بدست آمد و نشان از توانایی شبکه عصبی برای مدل سازی مقدار توان مصرفی واحد کوبش دارد. با چرخش استوانه کوبنده طبق های آفتابگردان در فاصله حایل کوبنده و ضد کوبنده تحت دو عمل ضربه و سایش قرار گرفته، و دانه ها از طبق جدا می شوند و باقی مواد به پشت کوبنده منتقل می شوند.



شکل ۵. نتایج رگرسیون خطی بین مقادیر تجربی و مدل شبکه عصبی مصنوعی

Fig.5. Linear regression relationship between experimental data and predicted data by artificial neural network

۴- نتیجه‌گیری

واحد کوبش دندان لاستیکی در شرایط مختلف کاری مورد ارزیابی قرار گرفت. علامت و مقدار ضرایب پارامترهای متغیر در رابطه‌های ارائه شده بیانگر به ترتیب جهت و شدت تناسب هر کدام با توان مصرفی، انرژی مصرفی و انرژی مخصوص کوبش می‌باشد. مقدار افزایش توان مصرفی و انرژی مصرفی در افزایش رطوبت محصول ورودی و سرعت سیلندر کوبنده مشابه مدل ارائه شده توسط (Srison et al., 2016) و (Baruah and Panesar, 2005) می‌باشد. در رطوبت طبق ۲۰٪ علاوه بر اینکه انرژی مصرفی کوبش کاهش می‌یابد هزینه‌ها و تلفات ناشی از کاهش رطوبت پس از برداشت نیز کاهش می‌یابد از طرفی موجب رسیدگی بهتر محصول و جدا شدن راحت دانه‌ها از طبق شود.

۵- مراجع

- Ajit, S., Gorink, K., & Rorbak, R. (1386). *Design principles of agricultural machines*. (Behrozi Lar. M, Mobli. H). Tehran: Islamic Azad University Press. (Persian)
- Baruah, D. C., & Panesar, B. S. (2005). Energy requirement model for a combine harvester, part I: Development of component models. *Biosystems Engineering*, 90(1), 9–25.
- Farokhi, E., Nabipor, A., & Daneshian, J. (1392). *Guidelines sunflower production in different regions of the country*. agricultural and Natural resource research and education center. (Persian)
- Hagan, M., Networks, M. M.-I. transactions on N., & 1994, undefined. (n.d.). Training feedforward networks with the Marquardt algorithm. *Ieeexplore.ieee.org*.
- Hiregoudar, S., Udhaykumar, R., Ramappa, K. T., Shreshta, B., Meda, V., & Anantachar, M. (2011). Artificial Neural Network for Assessment of Grain Losses for Paddy Combine Harvester a Novel Approach (pp. 221–231). Springer, Berlin, Heidelberg.



- Inna Punda. (2010). Agribusiness handbook: Sunflower refined and crude oils. *FAO Investment Centre Division*, 40.
- Jahani, F., Nasiri, M., & Raofat, M. (1394). Design, development and evaluation of a sunflower grain detacher. In *The Ninth National Congress of Agricultural Machinery Engineering (Mechanical Biosystems) and Mechanization*. Tehran. (Persian)
- Khajepor, M. (1391). *Industrial plants*. Isfahan: Isfahan University of Technology Publication Center. (Persian)
- Lesani, H. (1371). *electric machines*. Tehran: Cultural and Scientific Publications. (Persian)
- Mirzazadeh, A., Abdollahpour, S., Mahmoudi, A., & Ramazani, A. (2012). Intelligent modeling of material separation in combine harvester ' s thresher by ANN.
- Podstawczyk, D., Witek-Krowiak, A., Dawiec, A., & Bhatnagar, A. (2015). Biosorption of copper(II) ions by flax meal: Empirical modeling and process optimization by response surface methodology (RSM) and artificial neural network (ANN) simulation. *Ecological Engineering*.
- Shanmugaprakash, M., & Sivakumar, V. (2013). Development of experimental design approach and ANN-based models for determination of Cr(VI) ions uptake rate from aqueous solution onto the solid biodiesel waste residue. *Bioresource Technology*.
- SharifNabi, B. (1395). *Disease of Field Crops in Iran*. Isfahan: Isfahan University of Technology Publication Center. (Persian)
- Srison, W., Chuan-Udom, S., & Saengprachatanarak, K. (2016). Effects of operating factors for an axial-flow corn shelling unit on losses and power consumption. *Agriculture and Natural Resources*, 50(5), 421–425.
- Steponavicius, D., Butkus, V., Kiniulis, V., & Karitonas, T. (2013). INFLUENCE OF INERTIA MOMENTUM OF CYLINDER ON POWER CONSUMPTION, 66–72.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران