



بررسی زمان شکستن تخم کدو در اثر بارگذاری شبه استاتیکی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

فائزه حسینیان امیری^۱، محمدهاشم رحمتی^۲، محسن آزادبخت^۳

^۱ دانشجوی ارشد مکانیک بیوسیستم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان: faezehhosseinian001@gmail.com

^۲ دانشیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان: hmrahmati20@gmail.com

^۳ دانشیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان: azadbakht39@gmail.com

چکیده

در این تحقیق به بررسی تاثیر نیرو و جهت بارگذاری بر زمان شکسته شدن تخم کدو در اثر بارگذاری شبه استاتیکی پرداخته شده است. نمونه‌ها به وسیله دستگاه نیرو- تغییر شکل (اینسترون) در سه سرعت بارگذاری ۳، ۵ و ۷ میلی-متر بر دقیقه و در ۲ جهت بارگذاری طولی و عرضی تا لحظه شکستن تحت بارگذاری قرار گرفتند و مدت زمان بارگذاری تا لحظه شکست ثبت گردید. همچنین برای پیش بینی و ارزشیابی داده‌ها از شبکه عصبی مصنوعی استفاده گردید. نتایج نشان داد که کمترین زمان شکستن دانه‌ها در سرعت ۷ میلی-متر بر ثانیه و در جهت‌های طولی بوده است. همچنین نتایج حاصل از تحلیل شبکه عصبی میزان R^2 را برای زمان بارگذاری ۰/۶۱۱ به دست آورد که این مقدار در شبکه‌ای با ۷ نرون در لایه پنهان بوده است. برای جهت بارگذاری بیشترین ضریب حساسیت در تعداد ۳ نرون در لایه پنهان برای اعتبار سنجی و آموزش و در ۷ نرون برای آزمون مشاهده شد. برای سرعت بارگذاری نیز بیشترین میزان ضریب حساسیت در شبکه‌ای با تعداد ۵ نرون در لایه پنهان مشاهده شد.

کلمات کلیدی: تخم کدو، شبکه عصبی، زمان خشک شدن، سرعت هوای ورودی، دمای هوای ورودی

Investigating of pumpkin seed breaking time in effect of quasi-static loading with artificial neural network

Faezehhosseinian¹, Mohammad hashem rahmati², mohsen azadbakht³

¹Master student of Biochemistry Mechanics, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

² (Associate Professor) Department of Biological Mechanics Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

³ (Associate Professor) Department of Biological Mechanics Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Abstract

In this research, the effect of force and loading direction on the time of breaking the pumpkin seeds in effect of quasi-static loading has been investigated. Samples By the force-deformation device (Instron) At three speeds of loading 3, 5 and 7 mm / min and in 2 directions for longitudinal and transverse loading until the moment of breaking the pumpkin seeds put under loading. Artificial neural networks were also used to predict and evaluate data. The results indicated that the minimum breaking time of seeds was at 7 mm / s and in longitudinal directions. Besides, the results of the neural network analysis obtained the R^2 value for loading time of 611/0, which is hidden in a network with 7 neurons in the layer. For loading, the highest sensitivity coefficient in the number of 3 neurons in the hidden layer was found for validation and training, and in 7 neurons for the test. For loading speeds, the highest level of sensitivity in a grid with 5 neurons in the hidden layer is observed.

Keywords: pumpkin seeds, neural network, breaking time, loading speed, loading direction

۱- مقدمه

دانه کدو تنبل (*Cucurbita pepo convar. pepo var. styriaca* Greb) حاوی منابع غنی آنتی اکسیدان‌ها و سایر مواد شیمیایی کمیاب است که به طور عمده برای مصرف روزانه در غذا و برای دانه آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. دانه کدو شامل مواد اولیه تولید شده برای تولید محصولات دارویی *pepostrin* و *peponen* برای غلبه بر بزرگ شدن پروستات و تحریک دستگاه ادراری می‌باشد (Olfati et al., 2015). دانه کدو تنبل یک منبع غنی از اسیدهای چرب و پروتئین است. گزارش‌هایی وجود دارد که دانه کدو مخلوط زیادی از اسید آمینه ضروری است، بنابراین آن را پتانسیل



یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



بالایی برای استفاده در سیستم‌های غذایی، نه تنها به عنوان یک مکمل غذایی، بلکه به عنوان یک عامل کاربردی استفاده می‌شود (Hernández-Santos et al., 2016). با توجه به مزایای فراوان تخم کدو باید دستگاه‌هایی متناسب برای برداشت، فرآوری، حمل و نقل و ذخیره سازی آن طراحی شوند تا بتوانند راندمان کار را بالا ببرند و از خسارات که در حین کار صورت می‌گیرد جلوگیری کنند و برای طراحی دستگاه‌ها دانستن خواص فیزیکی و مقاومتی و مکانیکی و آترودینامیکی آن مهم است (Azadbakht et al., 2016). خواص مکانیکی نیز شامل هر نیروی مختلفی وارده به گیاه می‌باشد (Azadbakht et al., 2016). یکی از شاخص‌هایی که ارتباط با ترک‌های تنش در دانه مشخص شده است شاخص قابلیت شکستن دانه می‌باشد (Gunasekaran & Muthukumarappan., 1993). قابلیت شکستن دانه عبارت است از پتانسیل شکست یا ایجاد ترک در دانه‌ها هنگامی که طی جابجایی و فروردی در معرض بارهای خارجی قرار می‌گیرد (American Association of Cereal Chemists. Method., 1983). با توجه به توضیحات فوق قابلیت شکستن دانه را می‌توان یک شاخص کیفی در نظر گرفت که اندازه‌گیری آن را در تعیین کیفی در نظر گرفت که اندازه‌گیری آن در تعیین کیفیت محصول فرآوری شده اهمیت دارد در این صورت توسعه روش‌هایی اندازه‌گیری قابلیت شکستن دانه نیز لزوماً میبایست مد نظر قرار گیرد (American Association of Cereal Chemists. Method., 1983). روش‌های ارزیابی قابلیت شکست را می‌توان به دو دسته روش‌های مشاهده‌ای و ابزاری تقسیم بندی کرد. استفاده از روش‌های مشاهده‌ای بسیار زمان‌بر بوده به طوری که تنها در امور تحقیقاتی مورد استفاده قرار می‌گیرد و در روش ابزاری قابلیت آسیب در دانه‌ها با قرار دادن دانه‌ها در معرض بارهای ضربه‌ای یا سایشی به کمک وسایل مکانیکی تعیین می‌شود (Askeland., 1996). تحقیقات مختلفی در این زمینه وجود دارد که به چند مورد آنها اشاره می‌گردد.

تانگ و همکاران (۱۹۹۱) قابلیت شکست دانه عدس را با کمک Susceptibility Breakage Tester بررسی کردند. در این تحقیق نمونه‌های توده عدس با محتوای رطوبت ۱۲٫۲ درصد برای زمان‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ دقیقه توسط دستگاه مذکور مورد تست قرار گرفت. نتایج نشان داد که مدت زمان عملیات بیشترین اثر را بر روی یکنواختی نتایج دارد (Tang et al., 1991). سعیدی راد و همکاران (۲۰۰۸) بر روی سرعت و جهت بارگذاری زیر تا لحظه شکستن گزارش کردند که دانه‌ها در جهت افقی انعطاف پذیر تر هستند و میزان نیروی شکستن نیاز به انرژی کمتر در بارگذاری عمودی نسبت به بارگذاری افقی دارد (Saedirad et al., 2008). هدف از این تحقیق بررسی اثر سرعت و جهت بارگذاری تخم کدو بر زمان شکست آن است تا بتوان بهترین سرعت و حالت بارگذاری را به دست آورد. همچنین در این تحقیق داده‌ها برای ارزشیابی و شبیه‌سازی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی مورد بررسی قرار خواهند گرفت تا بتوان توانایی شبکه عصبی در پیش‌بینی زمان شکست را مورد بررسی قرار داد.

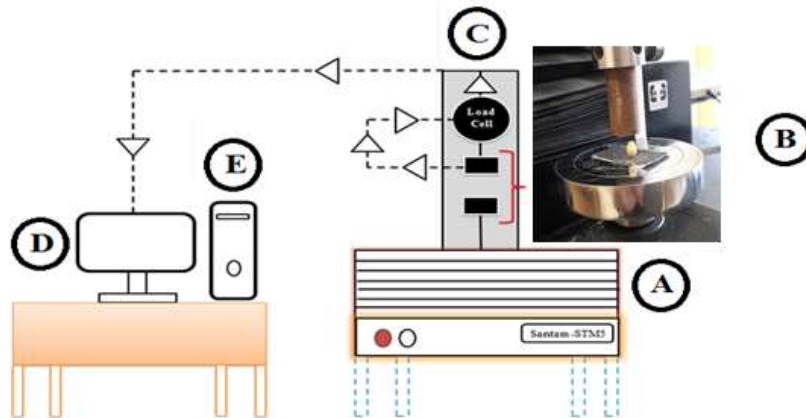
۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده‌سازی نمونه‌ها

کدوها که همه از رقم کدو تنبل بودند از بازار گرگان تهیه شد و پس از مرتب‌سازی و شست و شو، تخم کدوها از آن خارج گردید. تخم کدوهای خارج شد با استفاده از استانداردهای اندازه‌گیری رطوبت به وسیله آون رطوبتش اندازه‌گیری شد که رطوبت این تخم کدوها ۶۳/۲۶ درصد بر پایه خشک است.

۲-۲- بارگذاری شبه استاتیکی

برای انجام شکست دانه‌ها از دستگاه اینسترون در گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان که دارای لود سل ۵۰۰ نیوتنی و ساخت ایران است استفاده شد که نمونه‌های تخم کدو در ۳ سرعت بارگذاری (۳، ۵ و ۷ میلی‌متر بر دقیقه) و ۲ جهت بارگذاری طولی و عرضی (شکل ۲) قرار گرفته و مدت زمان بارگذاری تا لحظه شکست برای تخم کدوها ثبت گردید. این کار در سه تکرار برای تخم کدوها در هر جهت بارگذاری انجام شد. در شکل ۱ اینسترون و نحوه قرارگیری تخم کدوها نشان داده شده است.



شکل ۱- دیاگرام بارگذاری های شبه استاتیکی تخم کدو
A: دستگاه اینسترون B: فکهای بارگذاری C: نیرو و سنج D: کامپیوتر E: اطلاعات خارج شده

Figure 1. An image of pumpkin seeds loading in the machine tool

شکل ۱- تصویری از بارگذاری تخم کدو در دستگاه اینسترون

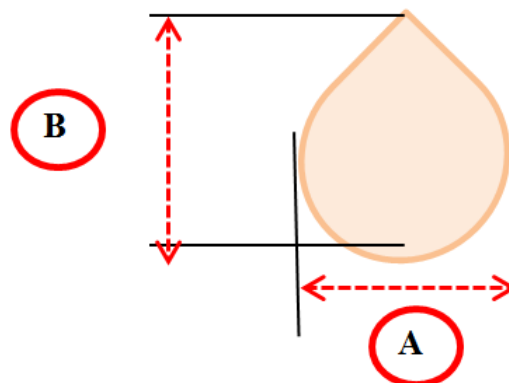


Figure 2. Length and width of pumpkin seeds
A: For loading crosswise B: For longitudinal loading

شکل ۲- ابعاد طولی و عرضی تخم کدو

A: جهت بار گذاری عرضی B: جهت بارگذاری طولی

۳-۲- آنالیز آماری

نمونه ها در ۳ سرعت بارگذاری در ۲ جهت تحت بارگذاری قرار گرفتند که تمامی آزمایش ها در سه تکرار انجام شد و نتایج با استفاده از آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی با استفاده از نرم افزار آماری SAS تحلیل شدند.

۴-۲- مدل سازی شبکه عصبی مصنوعی

در این پژوهش شبکه‌ی عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه (MLP) برای مدل سازی سرعت بارگذاری و جهت بارگذاری جهت پیشگویی میزان زمان شکست تخم کدو انتخاب گردید. شبکه عصبی چند لایه پرسپترون یک شبکه پیش خوربا با یک ورودی، یک یا چند لایه پنهان و یک لایه خروجی است. این شبکه توسط ۱ لایه پنهان برای آزمایش انتخاب شد که در هر لایه به ترتیب تعداد ۳، ۵ و ۷ نرون قرار داده شد که برای هر یک از تعداد نرون ها شبکه به صورت جداگانه شبیه سازی گردید و این شبیه سازی با استفاده از نرم افزار نروسولیشن ۵ انجام شد. همچنین از توابع فعال سازی^۱ Tanh و Axon در لایه پنهان ورودی و خروجی استفاده گردید. در این تحقیق روش بهینه سازی لوبنبرگ - مارکوت به منظور یادگیری شبکه مورد استفاده

^۱ Feed-Forward
^۲ Activation function
^۳ Levenberg-Marquardt (LM)



یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



قرار گرفت. همچنین ۷۵٪ از داده‌ها برای آموزش، ۱۰ درصد برای ارزیابی شبکه^۱ و ۱۵٪ از داده‌ها برای آزمون شبکه^۲ مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱). سرعت بارگذاری و جهت بارگذاری به عنوان ورودی‌های شبکه و زمان بارگذاری تا شکست خروجی شبکه مورد نظر بودند. تعداد ۳ تکرار برای رسیدن به حداقل میزان خطا و حداکثر پایداری شبکه به صورت میانگین برابر ۱۰۰۰ سیکل یادگیری برای شبکه منظور گردید. الگوریتم برآورد خطا با الگوریتم پس انتشار خطا صورت گرفت. برای ارزیابی شبکه دو معیار ضریب تبیین (R^2) و ریشه میانگین مربعات خطا^۳ استفاده گردید. ضریب تبیین میزان همبستگی بین داده‌های خروجی شبکه عصبی و داده‌های مشاهده شده را تعیین می‌کند و از رابطه ۲ محاسبه می‌شود که مقدار ایده آل آن برابر یک می‌باشد. میانگین مربعات خطا اختلاف بین داده‌های پیش بینی شده و داده‌های واقعی را تعیین می‌کند (رابطه ۴) و ریشه آن از رابطه ۵ محاسبه می‌شود. هدف یک شبکه خوب این است که میزان این خطا را به کمترین مقدار برساند و مقدار ایده آل آن برابر صفر است. پارامترهای آماری شامل میانگین مربعات خطا^۴، ریشه میانگین مربعات خطا^۵، ضریب تبیین و میانگین خطای مطلق^۶ برای ورودی‌ها محاسبه شد و روابط با استفاده از فرمول‌های جدول ۱ محاسبه گردید.

جدول ۱ - رابطه‌های شبکه عصبی
Table1. Neural network relations

فرمول	شماره فرمول	رفرنس
$\text{Tanh} = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$	1	(Azadbakht et al., 2017)
$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{(P_i - O)^2}$	2	(Azadbakht et al., 2017)
$R = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{(P_i - O)^2}}$	3	(Khoshnevisan et al., 2013)
$\text{MSE} = \sum_{i=1}^n \frac{(P_i - O_i)^2}{n}$	4	(Azadbakht et al., 2017)
$\text{RMSE} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(P_i - O_i)^2}{n}}$	5	(Khoshnevisan et al., 2013)
$\text{MAE} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i - O_i }{n}$	6	(Azadbakht et al., 2017)

در معادلات ۲ و ۳، ۴، ۵ و ۶ شامل مقادیر پیش بینی شده (P_i) و مقادیر واقعی (O_i) و مقدار متوسط داده (O) می‌باشد.

- ^۱ Validating data
- ^۲ Testing data
- ^۳ Epoch
- ^۴ Back propagation error
- ^۵ Root mean squared error (RMSE)
- ^۶ Mean Square Error (MSE)
- ^۷ Mean Absolute Error (MAE)

جدول ۲- مقادیر برای پارامترهای شبکه عصبی مصنوعی

Table 2. Amounts for Artificial Neural Network Parameters

تعداد لایه‌های مخفی	تابع آموزش	نوع تابع فعال سازی	تعداد نرون ها در هر لایه مخفی	آزمون داده‌ها	ارزشیابی داده‌ها	آموزش داده‌ها
1	Levenberg Marquardt	Hyperbolic tangent	3	15%	10%	75%
1	Levenberg Marquardt	Hyperbolic tangent	5	15%	10%	75%
1	Levenberg Marquardt	Hyperbolic tangent	7	15%	10%	75%

۳- نتایج و بحث

با توجه به جدول ۳ نتایج آنالیز واریانس زمان بارگذاری تا لحظه شکست در جهات مختلف بر تخم کدو نشان داده شده است. با توجه به جدول سرعت و جهت بارگذاری بر روی زمان بارگذاری تخم کدو در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شده است. همچنین اثر متقابل سرعت در جهت بارگذاری برای زمان بارگذاری معنی دار نشده است.

جدول ۳- جدول آنالیز واریانس زمان بارگذاری تخم کدو تا لحظه شکست در سرعت و جهت بارگذاری

Table 3. Analysis of the variance of the loading time of pumpkin seeds until the moment of failure in speed and loading direction

F Value	Mean Square	فاکتورها
۵,۴۶**	۹۲,۸۵	سرعت بارگذاری
۱۰,۲۱**	۱۷۳,۶۵	جهت بارگذاری
۲,۵۱Ns	۴۲,۶۱	سرعت بارگذاری * جهت بارگذاری
	۱۷	خطا

همچنین نتایج مقایسه میانگین برای سرعت بارگذاری برای تخم کدو تا لحظه شکست در شکل ۳ نشان داده شده است. با توجه به شکل بیشترین میزان زمان بارگذاری در سرعت ۳ میلیمتر بر ثانیه بوده است و با افزایش سرعت بارگذاری میزان زمان بارگذاری برای شکست کاهش یافته است.

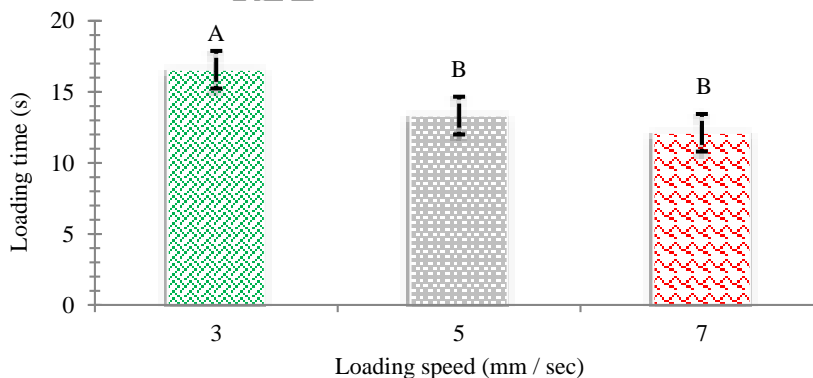


Figure 3. Loading Time to Failure of Pumpkin Seed at Different Loading Rates

شکل ۳ - زمان بارگذاری تا شکست تخم کدو در سرعت های بارگذاری مختلف

همچنین در شکل ۴ اثر جهت بارگذاری بر میزان زمان شکست نشان داده شده است که با توجه به نتایج به دست آمده در جهت عرضی بیشترین زمان شکست را داشته ایم و در جهت طولی کمترین زمان شکست مشاهده شده است. دلیل این امر را اینگونه می توان توجیه کرد که در جهت عرضی میزان سطح تماس بیشتر بوده از همین رو باید نیروی بیشتری را برای شکست به تخم کدو وارد کرد. اما در جهت طولی میزان سطح تماس برای تخم کدوها کاهش یافته و با کاهش سطح می توان فشار بیشتری را ایجاد کرد که این امر باعث ترک سریع تر در تخم کدو و شکست آن می شود که نتایج به دست آمده مشابه نتایج Zareiforoush و همکاران (۲۰۱۲) بر روی دانه برنج بوده است (Zareiforoush et al., 2012).

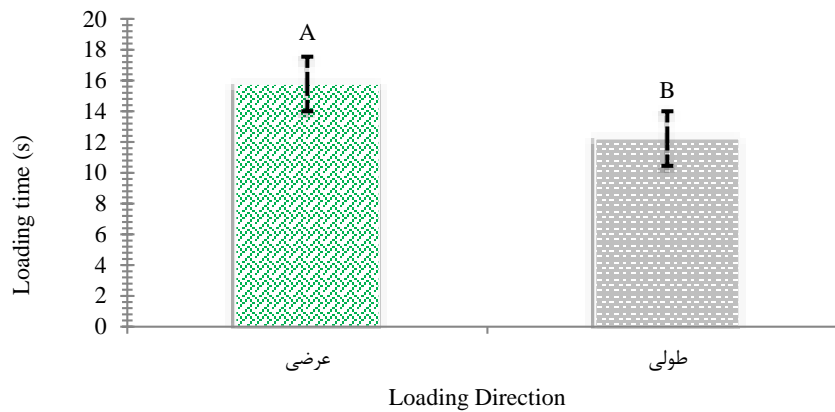


Figure 4. The effect of loading on the duration of pumpkin seed loss
شکل ۴. اثر جهت بارگذاری بر مدت زمان شکست تخم کدو

در جدول ۴ نتایج شبکه‌ها با نرون‌ها مختلف نشان داده شده است. در این جدول مقادیر بدست آمده برای MSE، RMSE، MAE و R2 برای آموزش و آزمون شبکه نشان داده شده است. با توجه به نتایج بدست آمده برای شبکه برای زمان بارگذاری شکست تخم کدو برای مقدار آموزش بهترین R2 در شبکه‌ای با ۷ نرون (R2=0.610) و برای آزمون در شبکه با ۵ نرون (R2=0.823) در لایه پنهان مشاهده شده است. همچنین بهترین میزان MAE و RMSE برای مقدار آزمون در شبکه‌ای با ۳ نرون (MAE=3.324540506- RMSE=3.950623) و برای آموزش در شبکه با ۷ نرون (MAE=4.073503062- RMSE=4.434896) در لایه پنهان بوده است که این مقدار نشان دهنده اختلاف کم بین داده‌های ورودی و خروجی شبکه را نشان می‌دهد. همچنین شبکه‌ای با تعداد ۳ نرون (R2=-0.058766142) در لایه پنهان برای آزمون و با ۵ نرون (R2=0.471209541) در لایه پنهان برای آموزش کمترین میزان R2 را نشان داده است و این امر دقت پایین‌تر این شبکه با تعداد نرون در لایه‌های پنهان را نشان می‌دهد و برای MAE و RMSE نیز ضعیف‌ترین شبکه برای آزمون شبکه با ۵ نرون (MAE=3.994642857- RMSE=5.653988) و برای آموزش نیز شبکه‌ای با ۵ نرون (MAE=3.507049487- RMSE=4.471605) در لایه پنهان بوده است.

جدول ۴- بعضی از بهترین توپولوژی‌های شبکه عصبی MLP برای پیش‌بینی آموزش و آزمون شبکه

Table 5. Some of the best MLP neural network topologies to predict network training and testing

	۳ نرون در لایه مخفی		۵ نرون در لایه مخفی		۷ نرون در لایه مخفی	
	آموزش	آزمون	آموزش	آزمون	آموزش	آزمون
MSE	15.60742595	25.14949582	19.99524948	31.96757652	16.87684863	19.66830192
RMSE	3.950623	5.014927	4.471605	5.653988	4.108144	4.434896
MAE	3.324540506	3.920505142	3.507049487	3.994642857	3.368718544	4.073503062
R ²	0.471209541	0.058766142	0.50874771	0.82384785	0.610905297	0.158718554

در جدول ۵ بهترین میزان اجرا و سیکل یادگیری برای هر یک از تعداد نرون‌ها در لایه‌های مخفی نشان داده شده است با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان مشاهده کرد که تمامی تعداد نرون‌ها در لایه‌های مخفی برای شبکه‌های برای زمان بارگذاری شکستن تخم کدو در اجرا ۱ به بهترین میزان آموزش برای داده‌ها دست پیدا کرده‌اند که این تعداد اجرا پایین نشان دهنده یادگیری سریع شبکه برای این پارامتر بوده است که کمترین میزان سیکل یادگیری برای زمان شکستن تخم کدو (=۵ تعداد نرون‌ها سیکل یادگیری=۱۲)، بدست آمده است. همچنین برای بهترین یادگیری برای داده‌های اعتبار سنجی برای زمان شکستن تخم کدو در اجرا ۱ (=۵ تعداد نرون‌ها - =۲ سیکل یادگیری)، و در بارگذاری شبه استاتیکی لایه پنهان در اجرا ۳ (=۷ تعداد نرون‌ها - =۴ سیکل یادگیری) و برای بارگذاری دینامیکی در اجرا ۳ (=۷ تعداد نرون‌ها - =۲۰ سیکل یادگیری)، مشاهده شده است.

جدول ۵- برخی از توپولوژی‌های شبکه عصبی MLP برای پیش بینی مقادیر آموزش و ارزشیابی مقادیر

Table6. Some of the MLP neural network topologies for predicting values of training and evaluation of values

اجرا	نرون در لایه مخفی 3		نرون در لایه مخفی 5		نرون در لایه مخفی 7	
	آموزش	اعتبار سنجی	آموزش	اعتبار سنجی	آموزش	اعتبار سنجی
سیکل یادگیری	1	2	1	1	1	3
	29	10	12	2	15	3

شکل ۵ ضریب حساسیت برای زمان بارگذاری شکسته شدن تخم کدو در بارگذاری شبه استاتیکی نشان داده است که با توجه به شکل برای جهت بارگذاری بیشترین ضریب حساسیت در تعداد ۳ نرون در لایه پنهان برای اعتبار سنجی و آموزش و در ۷ نرون برای آزمون مشاهده شده است. برای سرعت بارگذاری نیز بیشترین میزان ضریب حساسیت در شبکه‌ای با تعداد ۵ نرون در لایه پنهان مشاهده شده است.

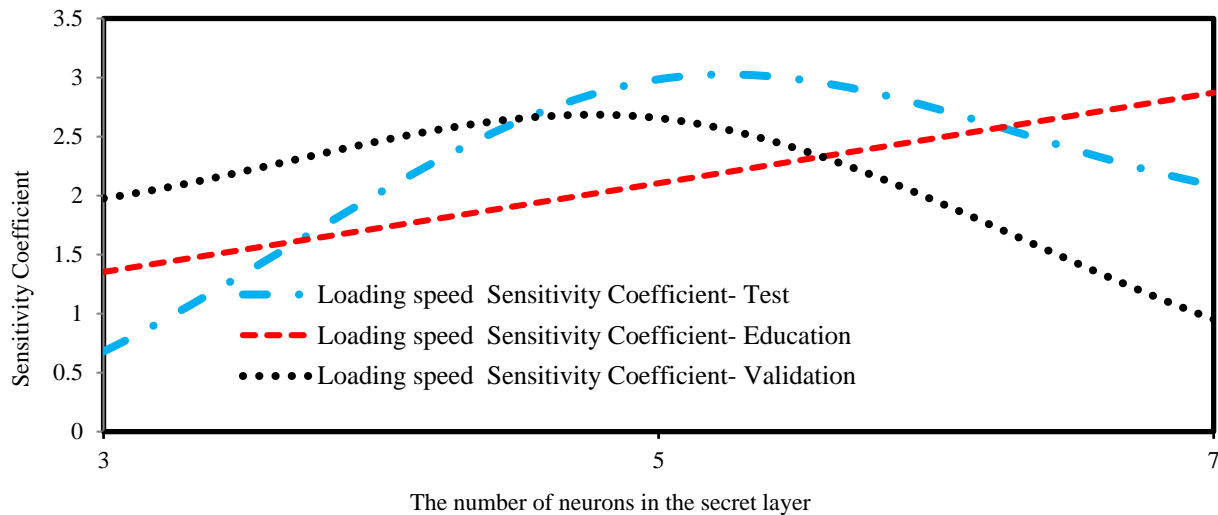
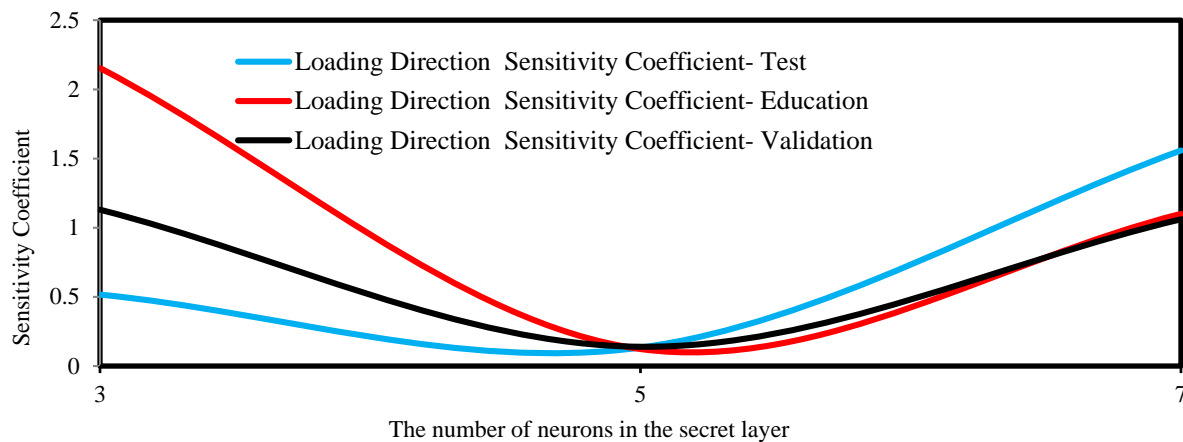


Figure5. The gravity breaking time of grains under load loading and loading direction

شکل ۵ - ضریب حساسیت زمان شکستن دانه تحت سرعت بارگذاری و جهت بارگذاری



یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



۴- نتیجه گیری

- با افزایش سرعت بارگذاری به طور معنی داری میزان زمان شکسته شدن تخم کدو کاهش یافته است و سرعت بارگذاری تاثیر زیادی بر روی میزان کاهش زمان شکستن تخم کدو دارد.
- بهترین جهت شکسته شدن تخم کدوها جهت بارگذاری طولی بوده است.
- بهترین نوع شبکه از لحاظ تعداد نرون در لایه مخفی، شبکه با ۷ نرون در لایه مخفی بوده است. زیرا توانسته بیشترین میزان R^2 را به دست آورد.
- شبکه ای با ۳ و ۵ نرون در لایه مخفی تفاوت چندانی در میزان R^2 با یکدیگر نداشته اند.
- بیشترین ضریب حساسیت برای زمان شکستن تخم کدو در حالت بارگذاری در شبکه ای با ۳ نرون در لایه پنهان مشاهده شده است. و برای سرعت بارگذاری نیز بیشترین ضریب حساسیت در شبکه ای با ۷ نرون در لایه پنهان بوده است.

۵-مراجع

- Olfati, J.A., Alaghemand, S., Hamidoghli, Y., & Ghasemnezhad, M.(2015). Pollination and Cooking on Antioxidant Capacity in Pumpkin Pulp and Seed. *International Journal of Vegetable Science*, 21(4), 5.
- Hernández-Santos, B., Rodríguez-Miranda, J., Herman-Lara, E., Torruco-Uco, J.G., Carmona-García, R., Juárez-Barrientos, J.M., Chávez-Zamudio, R., & Martínez-Sánchez, C.E. (2016). Effect of oil extraction assisted by ultrasound on the physicochemical properties and fatty acid profile of pumpkin seed oil (*Cucurbita pepo*). *Ultrasonics Sonochemistry*, 31, 7.
- Azadbakht, M., Vahedi Torshizi, M., Ziaratban, A., & Ghajarjazi, E. (2016). Application of Artificial Neural Network (ANN) in predicting mechanical properties of canola stem under shear loading. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 18(2), ۱۳.
- Azadbakht, M., Vahedi Torshizi, M., Ghajarjazi, E., & Ziaratban, A.(2016). Determination of some constant parameters during cutting of canola stem. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 18(2), 9.
- Gunasekaran, S., & Muthukumarappan, K. (1993). BREAKAGE SUSCEPTIBILITY OF CORN OF DIFFERENT STRESS-CRACK CATEGORIES. *American Society of Agricultural Engineers*, 36(5), 2.
- American Association of Cereal Chemists. Method., (1983). AACC.
- Askeland, D.R. (1996). *The Science and Engineering of Materials*, 3rd ed. Springer US.
- Tang, J., Sokhansanj, S., & Sosulski, F. (1991). Determination of the breakage susceptibility of lentil seeds. *Cereal Chemistry*, 68(6), 4.
- Saiedirad, M.H., Tabatabaeefar, A., Borghei, A., Mirsalehi, M., & Badii, F. (2008). Effects of moisture content, seed size, loading rate and seed orientation on force and energy required for fracturing cumin seed (*Cuminum cyminum* Linn.) under quasi-static loading. *Journal of Food Engineering*, 86, 8.
- Khoshnevisan, B., Rafiee, S.H., Omid, M., & Yousefi, M. (2013). Prediction of environmental indices of Iran wheat production using artificial neural networks. *International Journal of Energy and Environment*, 4(2), 10.
- Azadbakht, M., Aghili, H., Ziaratban, A., & Vahedi Torshizi, M. (2017). Application of artificial neural network method to exergy and energy analyses of fluidized bed dryer for potato cubes. *Energy*, 120, 12.
- Azadbakht, M., Vahedi Torshizi, M., Aghili, H., & Ziaratban, A.(2017). Application of Artificial Neural Network (ANN) in Drying Kinetics Analysis for Potato Cubes. *CARPATIAN JOURNAL OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY*, 120, 12.
- Zareiforush, H., Komarizadeh, M.H., Alizadeh, M.R., Tavakoli, H., & Masoumi, M. (2012). Effects of Moisture Content, Loading Rate, and Grain Orientation on Fracture Resistance of Paddy (*Oryza Sativa* L.) Grain. *International Journal of Food Properties*, 15(1), 10.