شبیه سازی درصد شکستگی جو در کمباین جان دیر ۳۹۹ با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی

سید میثم مظلوم زاده[۱]، سید ناصر علوی[۲]، مجتبی نوری[۳]

چکیده

مدلهای زیر بنایی شبکه های عصبی مصنوعی (ANN) برای کاربردهای کشاورزی و صنعتی ایجاد و استفاده شده است. نوعی از کاربرد آن برپایه چندین ورودی و یک خروجی بنا شده است. ANN همچنین در شبیه سازی مدلهای خطی و غیر خطی نیز کاربرد دارد. مطالعه حاضر به معرفی و بررسی نحوه عملکرد مدل (ANN) در فرایند شبیه‌سازی درصد شکستگی جو در کمباین جاندیر ۳۹۹ مورد استفاده قرارگرفته است. مدل‌های فوق با استفاده از شرایط یکسان داده‌ها مورد آموزش قرار گرفته که به صورت تابعی از درجه حرارت هوا، سرعت کوبنده، فاصله کوبنده و ضد کوبنده در جلو و عقب واحد کوبنده و درصد رطوبت جو می‌باشند. پس از مقایسه نتایج مدل‌ها بر اساس تحلیلهای صورت گرفته بهترین مدل ساختار ۱-۷-۶- ۵ می باشد.

واژه‌های کلیدی: ANN، درصد شکستگی جو، کمباین جان دیر ۳۹۹

مقدمه

یکی از روشهایی که در سالهای اخیرا در ماشینهای کشاورزی مورد توجه قرار گرفته است، استفاده از روش شبکه های عصبی مصنوعی می‌باشد. استفاده از این روش در حال حاضر به نحو گسترده ای در کلیه شاخه های علوم مهندسی کاربرد زیادی دارد. شبکه عصبی مصنوعی نوعی پردازشگر اطلاعات است که در آن سعی می‌شود با معرفی درصدی از داده‌های ورودی به آن، مدل آموزش دیده و سپس نحوه عملکرد سیستم در حافظه آن ذخیره شده ودر نهایت از مابقی داده‌ها برای سنجش قدرت یادگیری مدل و یا به عبارت دیگر سنجش صحت کار مدل استفاده می‌گردد. پس از آموزش مدل و اطمینان از صحت کار آن، مدل برای مواردی که قبلاً با آن مواجه نشده است استفاده می‌گردد.

شبکه های عصبی مصنوعی، پردازش کننده های موازی می باشند که دانش گرفته شده را در حین یادگیری ذخیره و آنرا به ساختار شبکه منتقل می نمایند. این شبکه ها بر اساس محاسبات، روی داده های عددی یا مثالها قوانین کلی را یاد می گیرند (مهناج، ۱۳۸۱).ویژگی جذاب ANN توانایی آنها در استخراج روابط بین ورودیها و خروجیهای یک فرآیند بدون نیاز به شرایط پیچیده فیزیکی است. آنها قادرند یک فضای چند گانه را به دیگری تطبیق دهند حتی اگر اطلاعات ناقص و مملو از خطا باشند(Gorindaraju,

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد
۲- استادیار بخش مکانیک ماشینهای کشاورزی
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های آبی دانشگاه شهید باهنر کرمان

2000. این شرایط سبب شده که با مسائل مربوط به تخمین و پیش بینی در کشاورزی و صنعت وفق داشته باشند.

در مواردی که استفاده از مدلهای مرسوم ممکن نیست و روابط بین پارامترها غیر خطی است، ANN مدل کارامد و خوبی است. (Hall, 1992) مدلی از شبکه های عصبی مصنوعی را برای پیشگویی تلفات و کاهش کیفیت گندم در کمباین برداشت بکار برد. ساختار شبکه مورد استفاده توسط او شبکه (۱۵-٦-٤-۱، fully connected) و کارامدترین تابع فعال سازی Hyperbolic Tangent بوده است. او ۷۰ درصد دیتاها را برای تربیت شبکه و ۳۰ درصد آن را برای تست شبکه بکار برد. RMS بین ۰،۱ تا ۰،۲ بود. (Drummond et a., 1995) مدلی از شبکه های عصبی مصنوعی را برای پیشگویی میزان محصول گیاهان مورد استفاده قرار داد پس از آزمایش مدلهای گوناگون تابع فعال سازی Sigmoidو ساختار شبکه (۱-۱۰- ٦ fully connected,) بهترین انتخاب او بودند. (Stone, 1994) مدلی از شبکه های عصبی مصنوعی رابرای شناسایی گیاهان از علفهای هرز برای کاربرد سم پاشها مورد استفاده قرار داد. سنسورها توسط پردازش تصویر علف هرز را شناسایی می کردند تابع فعال سازی Hyperbolic Tangentو ساختار شبکه(۲-۳-۳-۳ fully connected,) بهترین گزینه ها از میان تکرارهای او بودند.

(Zheng et al., 1994) مدلی از شبکه های عصبی مصنوعی را برای تشخیص موقعیت گیاهان توسط پردازش سیگنال بکاربرد. (Zhang et al., 1994)شبکه های عصبی مصنوعی را برای طبقه بندی تصاویر علفهای هرز مورد استفاده قرارداد.

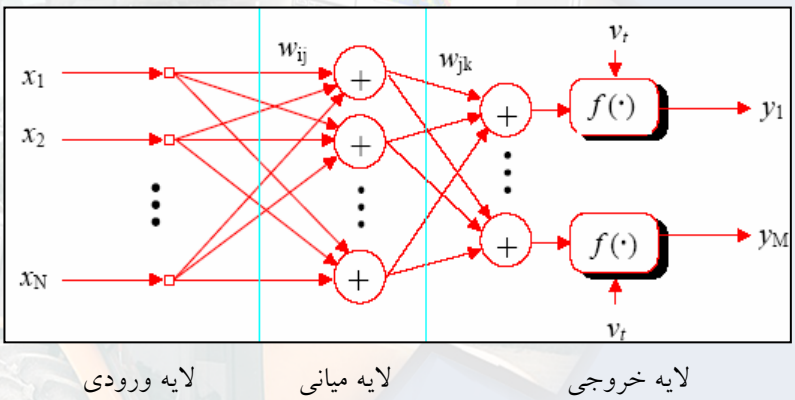
ساختار شبکه های عصبی

شبکه عصبی مصنوعی در حقیقت یک شبیه سازی از دستگاه عصبی انسان است که شامل مجموعه ای از واحدهای عصبی به نام نرون می‌باشد، که این نرون ها توسط ارتباطاتی موسوم به آکسون به هم متصل شده اند. در واقع شبکه عصبی مصنوعی مدل ساده شده ای از مغز انسان بوده که یک ساختار ریاضی غیرخطی برای نشان دادن فرآیندها و ترکیبات دلخواه غیرخطی بین ورودی ها و خروجی های هر سیستمی می‌باشد. در این شبکه ها هدف آن است که با معرفی تاریخچه عملکرد یک سیستم دینامیکی (اطلاعات ورودی)، مدل آموزش یافته و نحوه عملکرد سیستم در حافظه ذخیره شده و در مواردی که مدل قبلاً با آن مواجه نشده است، مورد استفاده قرار گیرد(البرزی، ۱۳۸۰). مدل پایه شبکه عصبی مصنوعی برای اولین بار توسط مک کولاچ و پیتس در سال ۱۹٤۳ میلادی ارائه گردید (نصیری و همکاران، ۱۳۸۰). بعد از آن، تحقیقات زیادی به منظور توسعه شبکه‌های عصبی‌مصنوعی صورت گرفته به طوریکه امروزه شبکه های عصبی مصنوعی با ساختارهای متفاوت به طور وسیعی در حوضه‌های مختلف علوم گسترش یافته‌اند. یک شبکه عصبی مصنوعی یا به اختصار شبکه عصبی یک سیستم پردازش اطلاعات می‌باشد که دارای کارایی و خواص شبکه مغز انسان می‌باشد (منهاج ۱۳۷۹).

در مدل مذکور نرون به صورت یک جمع کننده خطی وزن دار و خروجی به شکل یک تابع غیرخطی از این مجموع $f(z_1)$ در نظر گرفته شده که f تابع آستانه نرون j ام می‌باشد. شکل (۱) ساختار یک شبکه عصبی چند لایه پرسپترون را نمایش می‌دهد .

در شبکه های عصبی مصنوعی، هر نرون زمانی فعال می‌شود که مجموع سیگنالهای رسیده به آن از حد آستانه مشخصی تجاوز نماید. هر نرون تعدادی ورودی را از داده‌های اصلی و یا از خروجی‌های نرونهای دیگر دریافت می‌کند. هر اتصال دارای وزن خاصی میان دو نرون می‌باشد. عملکرد هر نرون بدین ترتیب است که هر سلول، مجموع وزندار سیگنالهای ورودی را یافته و سپس آن را با حد آستانه تابع تحریک مقایسه می کند و بدین ترتیب خروجی هر نرون محاسبه می‌شود. براساس ترکیب مختلف نرونها و اعمال قوانین مختلف یادگیری، شبکه های مختلفی تشکیل می‌شود که از کاربردی ترین آنها می توان به شبکه های پرسپترون چندلایه (MLP) و شبکه های توابع پایه شعاعی (RBF) اشاره نمود (Jam and Fanelli, 2000). شبکه های توابع پایه شعاعی از جمله شبکه های رو به جلو همراه با سه لایه می باشند، این شبکه ها برای اولین بار در سال ۱۹۸۸ میلادی توسط برو مهود و لاو عنوان شد(Broomhed and Low, 1988)

شبکه عصبی مصنوعی چند لایه پیشخور که عموما شبکه‌های عصبی چند لایه پرسپترون MLP (MULTI LAYER PERCEPTRON) نامیده می‌شوند، نوعی از شبکه های عصبی هستند که توپولوژی آنها با قانون پس انتشار خطا (BACK PROPAGATION) تکمیل می‌شود. هر نرون در شبکه MLP دو محاسبه انجام می‌دهد، در محاسبه اول سیگنال تابعی و در محاسبه دوم تخمین لحظه ای گرادیان منحنی خطا را نسبت به پارامترهایی که ورودی نرون را به خود نرون وصل می‌کند، در اختیار قرار می‌دهد. (منهاج ۱۳۷۹)



شکل ۱- ساختار شبکه عصبی مصنوعی

ارتباط درون ساختمان، شبکه توسط ماتریس وزن ها (Wi) بر قرار می‌شود. ورودی خالص هرنرون تابعی از ماتریس وزن‌ها و اطلاعات رسیده به آن نرون (Xi) می‌باشد و از رابطه (۱) بدست می‌آید.

$$nn = \sum_{i=1}^{n} w_i x_i + \theta \qquad (۱)$$

θ = وزن بایاس. و خروجی هر نرون با استفاده از تابع (sigmoid) توسط رابطه (۲) بدست می‌آید.

$$F(nn) = \frac{1}{1+\exp(-nn)} \qquad (۲)$$

در هر الگوریتم آموزشی هدف حد اقل کردن خطای شبکه است که به صورت رابطه (۳) تعریف می‌شود.

(۳)

$$E = \frac{1}{PN_{outout}} \sum_{p}^{b} \sum_{i=1}^{output} (t_i - o_i)^2 = \mathrm{P}$$

تعداد الگوی آموزشی، N = تعداد نرونهای خروجی، o_i مقدار مشاهداتی، t_i مقدار محاسباتی توسط شبکه

نرم افزار مطلب

نرم افزار (Matrix Laboratory) یک برنامه نرم افزاری قوی جهت دانشجویان و محققین رشته‌های ریاضی و مهندسی است که اولین نگارشهای آن در دانشگاه نیومکزیکو و استانفورد در سالهای ۱۹۷۰ میلادی در جهت حل مسائل تئوری ماتریسها، جبرخطی و آنالیز عددی به وجود آمده‌است. به علت ویژگیهای منحصر به فرد این نرم‌افزار از آن جهت طراحی شبکه‌های عصبی استفاده گردید. لازم به ذکر است که وجود TOOLBOX های ANN کاربرد این نرم افزار را در سطح دنیا جهت به کارگیری آن رونق بیشتری داده است. (Math works. 1999)

مواد و روشها

بدلیل اینکه مزارع دانشگاه باهنر کرمان فقط شامل جو بودند، برای پیش بینی درصد شکستگی جو توسط شبکه های عصبی مصنوعی دیتاهای برداشت شده از این مزارع جو برای استفاده در شبکه عصبی مورد استفاده قرار گرفتند. از تاریخ ۱۷ تیر تا ٤ مرداد برداشت جو مزارع توسط یک عدد کمباین جان دیر ۳۹۹ انجام پذیرفت، به سبب بارندگی شدید در اواخر تیر و خرابی کمباین برای چند روز مدت زمان برداشت افزایش یافت. پارامترهایی که در مدت برداشت جو اندازه گیری و ثبت شده اند عبارتند از: درجه حرارت متوسط هوا، سرعت کوبنده، فاصله کوبنده و ضد کوبنده در جلو، فاصله کوبنده و ضد کوبنده در عقب، درصد رطوبت جو، سرعت پیشروی، درصد شکستگی جو. پارامترهای فاصله کوبنده و ضد کوبنده در جلو، فاصله کوبنده و ضد کوبنده در عقب و سرعت پیشروی در طی دوران برداشت تغییر یافتند و نتایج بدست آمده ثبت شدند. برای تعیین درصد رطوبت جو نمونه های برداشت شده از مخزن کمباین وزن شدند و آنگاه در آون الکتریکی پس از تبخیر رطوبت وزنشان اندازه گیری شد و از تقسیم اختلاف وزن بر وزن اولیه در صد رطوبت تعیین گردید. نمونه هایی که در آون قرار گرفتند تقریبا ۳۰ گرم بودند. از استاندارد

ASAE S352.1 بـرای تعیـین درصـد رطوبـت استفاده گردید. جدول (۱).

ایجاد مدل شبکه عصبی مصنوعی

برای آموزش از الگوریتمهای آموزش مختلفی استفاده گردید. طی فرایند آموزش شبکه، وزن‌هـا و مقادیر ثابتی که بـا آنهـا جمـع مـی‌شـود کـه در اصطلاح بایاس (bias) نامیده می‌شوند، بـه طـور پی‌درپی تغییرکردند تا اینکه خطا به کمترین مقدار خود برسد. روشی که جهت درست کردن وزن‌هـا و بایس‌ها برای دستیابی بـه مقـدار معلـوم، اتخـاذ می‌گردد، قانون یادگیری نام دارد. قـانون یـادگیری در واقع یک الگوریتم ریاضی پیچیده می‌باشد. هر شبکه برای به وجود آمدن به دو سری داده نیازمند است: سری آموزش و سری آزمون.

آماده‌سازی داده‌ها

به منظور برآورد دقیق و آماده‌سـازی داده‌هـای مورد نیاز، جهت آموزش و تست شبکه از نرمالیزه کردن، با استفاده از فرمـول ذیـل و تقسـیم کـردن دادهـا بـه دو سـری (۰/۸۰)داده‌هـا و (۰/۲۰) بـه ترتیب جهت آموزش و تست شـبکه بهـره گرفتـه شد. لازم به ذکر است پس از طی فرایند آمـوزش و تست شبکه داده‌ها د- نرمـال شـده و سـپس مـــورد ارزیـــابی آمـــاری قـــرار گرفتـــه‌انـــد.

تاریخ	درجه حرارت متوسط هوا (سانتیگراد)	سرعت کوبنده (دور بر دقیقه)	فاصله کوبنده و ضد کوبنده در جلو (میلیمتر)	فاصله کوبنده و ضد کوبنده در عقب (میلیمتر)	رطوبت جو (درصد)	سرعت پیشروی (کیلومتر برساعت)	میانگین شکستگی جو (درصد)
۸٤/۳/۱۷	۲۹	۸۲۰	۱٤	۸	۲۱	۷	۷
۸٤/۳/۱۸	۳۰	۷۸۰	۱۳	۷	۲۲	۷/۵	٦
۸٤/۳/۱۹	۳۱	۸۵۰	۱۵	۹	۲۰	۸	۵
۸٤/۳/۲۰	۳۳	۸۹۰	۱۲	٦	۱۹	۸/۵	۹
۸٤/۳/۲۱	۳۱	۹۱۰	۱٦	۱۰	۱۹	۹	٤
۸٤/۳/۲۲	۳٤	۹۳۰	۱٤	۸	۱۸	۸/۵	٤
۸٤/۳/۲۳	۳۱	۹۲۰	۱۳	۷	۱۹	۸	٦
۸٤/۳/۲٤	۳۲	۹٤۰	۱۵	۹	۱۷	۷/۵	۵
۸٤/۳/۲۵	۳٤	۹۸۰	۱۲	٦	۱۵	۷	۱۲
۸٤/۳/۲٦	۳۵	۱۰۲۰	۱٦	۱۰	۱٦	٦/۵	٦
۸٤/۳/۲۷	۳۲	۱۰٦۰	۱٤	۸	۱٦	٦	۵
بارندگی							
۸٤/٤/۱	۳٤	۹٦۰	۱۳	۷	۱۸	۷	۷
۸٤/٤/۲	۳۲	۹۵۰	۱۵	۹	۱۷	۷/۵	٦
۸٤/٤/۳	۳٤	۹۳۰	۱۲	٦	۱۵	۸	۱۷
۸٤/٤/٤	۳٤	۸۸۰	۱٦	۱۰	۱۵	۹	۹

جدول ۱: اندازه گیریهای مربوط به عوامل موثر در شکستگی جو

(٤)

$$X_N = \frac{X_{MAX} - X_i}{X_{MAX} - X_{MIN}}$$

X_N = داده نرمال شده، X_{MAX} = داده حد اکثر، X_i = داده مورد نظر، X_{MIN} = حد اقل داده‌ه

در طی فرایند یادگیری میزان فراگیری توسط شبکه توسط توابع هدف مرتبا سنجیده می‌شود و در نهایت شبکه‌ای با کمترین میزان خطا مورد پذیرش قرار می‌گیرد. توابع هدف مورد استفاده در این مقاله عبارتند از میانگین مربعات خطا(rmse) و ضریب نکویی برازش (R) که به صورت ذیل تعریف می‌شوند:

(٥)

$$rmse = \sqrt{\frac{1}{n}\sum (A_i - \widetilde{A}_i)^2}$$

(٦)

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(A_i - \widetilde{A}_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(A_i - \overline{A}_i)^2}$$

میزان مشاهداتی A_i ،میانگین داده های مشاهداتی $\overline{A}_i$ ، میزان تخمینی $\widetilde{A}_i$

آموزش شبکه عصبی

هدف از آموزش شبکه دستیابی به شبکه ای است که بتواند روابط بین ورودیها و خروجیهای مدل را تعمیم نماید. به علت اینکه قوانین خاصی جهت طراحی شبکه های عصبی موجود نیست، چندین ساختار مورد بررسی قرار گرفت. داده های ورودی و خروجی به سه دسته تقسیم شدند:۸۰ درصد داده ها جهت آموزش شبکه و ۲۰ درصد داده ها جهت صحت تست شبکه. آنالیز حساسیت جهت بررسی تاثیر ورودیها بر خروجیها انجام گرفت. تعداد تکرارها(epochs) بطور ثابت ۱۵۰۰ در نظر گرفته شد و ساختارهای گوناگونی از ورودیها ارزیابی گردید. همچنین تعداد واحدهای پردازشگر، تعداد لایه های مخفی و نوع تابع تحریک نیز مورد بررسی قرار گرفتند.

نتایج

الگوریتمهای گوناگونی در آموزش شبکه مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج آنالیز حساسیت بیانگر این بود که تمام ورودیهای مدل تاثیر بر شکستگی داشتند. بیشترین تاثیر مربوط به سرعت کوبنده و ضد کوبنده و کمترین تاثیر مربوط به درجه حرارت هوا بود. بررسی ساختارهای گوناگون از ورودیها نشان داد که لایه ورودی متشکل از ۵ فاکتور دارای بهترین جواب می باشد. چنانچه تعداد لایه ها بیش تر از ٤ شود خطا بطور محسوس افزایش می یابد (جدول۲). تعدا لایه های مخفی از ۱ تا ۷ در ساختار آموزشی شبکه مورد ارزیابی قرار گرفت. با افزایش لایه های مخفی بر میزان خطا بدلیل پیچیدگی ساختار شبکه افزوده می شود

جدول ۲- میزان خطا برای شبکه با تعداد لایه های مختلف

تعداد لایه ها	RMSE
۱	۳۰/۸٤
۲	۹/۵٤
۳	۱/۲۱
٤	۰/۰٤
۵	۱/۰۱
٦	۱٤/۱۳
۷	۳٤/٤۵

جدول ۳: نتایج مشاهداتی و محاسباتی

محاسباتی	مشاهداتی
۲۲،۸۵۳	۲۱
۱۱،۲۴۹	۱۳
۹،۶۷۷۶	۱۱
۱۶،۱۸۱	۱۸

جدول شماره ٤- نتایج حاصل از شبکه عصبی

ساختار نرونی	R		RMSE	
	آموزش	تست	آموزش	تست
۵-٦-۷-۱	۰،۹۹۸٤	۰،۹٤۳	۰،۰۰۰٤	۰،۰۵۲
	۰،۹۹۸۵	۰،۹٤۱	۰،۰۰۰٤	۰،۰۷۲
	.۹۹۸۳	۰،۹٤۵	۰،۰۰۰٤	۰،۰۷۸

در ساختار شبکه عصبی میزان گشتاور از ۱/ ۰تا ۰/۹جهت آموزش شبکه تغییر داده شد.چنانچه میزان گشتاور ۸/ ۰در نظر گرفته شود، شبکه مناسبترین آموزش را می بیند. و در نهایت مناسبترین مدل با ساختار۱-۷-٦- ۵ انتخاب گردید (جدول ٤).

با افزایش میزان تکرار بجز در بخشی از تکرارهای اولیه که دارای نوسان است، میزان MSE کاهش می یابد. با توجه به بهترین ضرایب بدست آمده از مرحله آموزش شبکه، داده های آموزش و دسته داده های صحت در این مرحله تست شدند.

نتیجه گیری

در مواردی که فهم اجزای فیزیکی روابط در طبیعت پیچیده و مشکل است می توان از مدلهای شبکه های عصبی مصنوعی استفاده نمود. در واقع شبکه های عصبی مصنوعی از اطلاعات ورودی و خروجی آموزش می بینند تا بتوانند فرایندهای غیر خطی را تقلید نماید. اما در هنگام استفاده از آنها باید کلیه موارد لازم را رعایت نمود.در این تحقیق کارایی مدلی از شبکه های عصبی با نام پرسپترون چند لایه(MLPs) جهت تخمین درصد شکستگی گندم مورد بررسی قرار گرفت.اطلاعات درجه حرارت هوا، سرعت کوبنده، فاصله کوبنده و ضد کوبنده در جلو و عقب واحد کوبنده و درصد رطوبت جو و درجه حرارت بعنوان ورودی و درصد شکستگی گندم بعنوان خروجی مدل درنظر گرفته شدند. بر اساس تحلیلهای صورت گرفته بهترین مدل در ساختار ۱-۷-٦- ٥ می باشد. با افزایش لایه های مخفی بر میزان خطا افزوده می گردد و چنانچه تعداد لایه های مخفی از٤ عدد بیشتر گردد، میزان خطا افزایش قابل ملاحظه ای می یابد.

منابع

۱- البرزی، م. ۱۳۸۰. آشنایی با شبکه‌های عصبی، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف.

۲- عسگری، ا.، ۱۳۸٤، تجزیه و تحلیل سیگنال سیستم لیداری بر مبنای لیزر $TEA\text{-}CO_2$ با استفاده از روش دی‌کانولوشن، پایان‌نامه کارشناسی ارشد فیزیک، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان.

۳- منهاج، م. ب.۱۳۷۷. کاربرد هوش محاسباتی در کنترل، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، جلد دوم.

٤- نوری، م. رهنما، م.۱۳۸٤، مدل بارندگی رواناب با استفاده از مدل شبکه موجکی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان.

۵- منهاج، م. ب.۱۳۷۹. مبانی شبکه‌های عصبی مصنوعی. مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

6- Lekutai, G.1997. Adaptive self-tuning neuro wavelet network controllers. Phd thesis, Virginia.

7- Math works. 1999. MATLAB manual network toolbox user's guide.

8- Iyama, J and Kuwamura, H, "Application of wavelet to analysis and simulations of earthquake motions," Earth Eng. Struct Dyn. (28), 255-272, (1999).

9- Matlab Software, Wavelet Toolbox, Help

10- Govind, G. and P. A. Ramamoorthy. 1991. Multi-Layer Neural Networks for

11- Drummond, S. T., K. A. Suddeth, and S. J. Birrell. 1995. Analysis and Correlation Methods for Spatial Data. ASAE Paper 95-1335. ASAE, 2950 Niles Rd., St. Joseph, MI 49085-9659.

12- Hall, J. W. 1992. Emulating Human Process Control Functions with Neural Networks. Unpublished Ph.D. Dissertation. Department of Mechanical Engineering. University of Illinois, Urbana Illinois.

13- Stone, M. L. 1994a. Embedded Neural Networks in Real Time Controls. SAE Paper 941067. 45th Annual Earthmoving Industry Conference. SAE, Warrendale PA.

14- Stone, M. L. 1994b. High Speed Networking in Construction and Agricultural Equipment. SAE Paper 941662. 1994 Symposium on Future Transportation Electronics: Multiplexing and In-Vehicle Networking. SAE, Warrendale PA.

15- Zhang, N., Y. Yang, and M. El-Faki. 1994. Neural-Network Application in Weed Identification using Color Digital Images. ASAE Paper No. 94-3511. ASAE, 2950 Niles Rd., St. Joseph, MI 49085-9659.

16- Zheng, D. and R. P. Rohrbach. 1994. Neural Networks for Ultrasonic Position Control during Blueberry Pruning. ASAE Paper No. 94-1058. ASAE, 2950 Niles Rd., St. Joseph, MI 49085-9659.

Barley Breakage Percentage Simulation in John Deere Combine Harvester (399) Using Artificial Neural Network

Abstract

Artificial neural network (ANN) based models have been explored for use in various agricultural and industrial applications. The typical application has been based on Multiple Input / Single Output. ANN can also be used to model linear and non-linear surfaces. In this paper the usage of artificial neural network to simulate barley breakage percentage in John Deere combine harvester (399) were studied. Different models with the same data situation have been trained. They were functions of air temperature, thresher cylinder speed, distance between thresher cylinder and concave (back and forth) and the percentage of barely moisture. The evaluation result showed that the best model was in 5-6-7-1 structure.

Keyword: Simulation, ANN, combine harvester, barley breakage