

تعیین اندازه قطرات آفتکش با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی

لیلا پیمان¹، اصغر محمودی²، شمس‌اله عبدالله‌پور²، محمد مقدم³ و بهزاد رعنا‌بناب⁴

تاریخ دریافت: 90/2/4 تاریخ پذیرش: 90/10/4

- 1- دانشجوی کارشناسی ارشد، مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
 - 2- استادیار، گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
 - 3- استاد گروه به‌نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
 - 4- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی، رئیس تکنولوژی طراحی شرکت تراکتورسازی تبریز
- مسئول مکاتبه: E-mail: peyman_lb@yahoo.com

چکیده

امروزه توجه به مسائل ایمنی و زیست محیطی در تمام بخش‌های کشاورزی، صنعتی و خدماتی کشورهای مختلف از اهمیت بالایی برخوردار است. در بخش کشاورزی با وجود تلاش‌های فراوان برای یافتن روش‌های جایگزین، سالانه میلیون‌ها لیتر ماده‌ی سمی برای کنترل آفات مزارع مصرف می‌شود. در سمپاشی مؤثر اندازه قطرات آفتکش نقش مهمی دارد. اندازه‌ی قطرات تحت تاثیر عوامل متعددی از جمله فشار، قطر سوراخ نازل، گرانیروی مایع پاشیده شده و سرعت وزش باد در منطقه می‌باشد. در این پژوهش از شبکه پیشخور برای مدل‌سازی قطر حجمی متوسط استفاده شد. لایه‌های ورودی فشار سمپاشی و قطر خروجی نازل و لایه خروجی شبکه عصبی مصنوعی قطر حجمی متوسط بود. به منظور دستیابی به بهترین روش، پنج روش گرادیان نزولی، گرادیان نزولی با مونتوم، لونیبرگ مارکوآرت، دلتا بار دلتا و گرادیان مزدوج استفاده شد. با توجه به مقادیر میانگین مربعات خطا و ضریب تبیین روش گرادیان نزولی با مونتوم به عنوان بهترین روش انتخاب شد. پس از آموزش و اعتبارسنجی شبکه، میزان میانگین مربعات خطا و ضریب تبیین به ترتیب برابر 0/0176 و 0/90 به دست آمد. به منظور بررسی صحت پیش‌بینی شبکه، آزمایش‌هایی انجام شد و قطر ذرات در حالت واقعی با مقادیر حاصل از شبکه عصبی، با آزمون کای دو مقایسه گردید، تفاوت حاصل معنی‌دار نبود. این نتایج نشان می‌دهد که شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌توانند برآورد مناسبی در تخمین اندازه قطرات داشته باشند.

واژه‌های کلیدی: اندازه قطرات آفتکش، شبکه عصبی مصنوعی، فشار، قطر خروجی نازل

Controlling Spray Particle Size Using Artificial Neural Networks

L Peyman¹, A Mahmoudi², Sh Abdollahpor², M Moghaddam³ and B Ranabonab⁴

Received: 24 April 2011 Accepted: 25 December 2011

¹MSc Student of Mechanic Agric., Machinery, Univ. of Tabriz, Iran

² Assist Prof., of Mechanics Agric., Machinery, Univ. of Tabriz, Iran

³ Prof, Dept of Plant Breeding and Biotechnology, Univ. of Tabriz, Iran

⁴ Graduated Master of Mechanics Agricultural Machinery, Head of Design Technology, Tabriz Tractor Manufacturing Company, Iran

*Corresponding author: E-mail: peyman_lb@yahoo.com

Abstract

Considering safety and environmental issues are very important in all domains of agriculture, industry and services in different countries. In the agricultural domain despite of numerous efforts to find alternative methods, millions of liters of toxic chemicals are used by chemical methods to control plant pests every year. Certainly, the most important issue in spraying is the size of drops which is influenced by several factors including pressure, nozzle hole diameter, viscosity of the chemical solution and wind speed in the area. In this study, MLP network Feed Forward modeling was used. Input consisted of two layers including nozzle diameter (three sizes) and spraying pressure (three pressure levels). Output of the artificial neural network determined by volume median diameter. In order to choose the best procedure, five methods including gradient descending, descending gradient with momentum, Levenberg-Marquart, conjugate gradient and Delta Bar Delta were used. Considering both minimum mean square error and coefficient of determination, the descending gradient with momentum was chosen. After training and validation of the network, MSE and coefficient of determination were 0.0176 and 0.90, respectively. In order to verify the results from neural network several tests were carried out and observed particle diameters were compared with values obtained from neural networks by chi-square test. The difference was not significant. These results indicate that neural networks can estimate properly the size of the droplets.

Keywords: Artificial neural networks, Nozzle outlet diameter, Particle size, Pesticide, Pressure

مقدمه

با افزایش VMD، اندازه قطرات در سراسر طیف توزیع افزایش یافته و تعداد ذرات کوچک کاهش می‌یابد. در نتیجه پوشش یکنواختی ایجاد خواهد شد. در عوض قطرات بزرگ از نقطه‌نظر بادبردگی برتری پیدا می‌کنند وضعیت بهینه ایجاد قطرات هم‌اندازه یا دارای طیفی باریک می‌باشد (شفیعی 1371).

برای اهداف مختلف قطرات مایع با قطرهای متفاوت مورد نیاز است. هدف سمپاشی تعیین کننده‌ی میزان پوشش سمی لازم روی گیاهان می‌باشد. برای مثال کنترل حشرات، پوشش شاخ و برگ کمتری نسبت به کنترل قارچ‌های بیمارگر گیاهی نیاز دارد پوشش لازم را می‌توان با به‌کارگیری قطرات با اندازه‌های مناسب و تغییر ضخامت لایه‌هایی که روی سطح سمپاشی شده قرار می‌گیرد به‌دست آورد (علیزاده 1363). مساحت تحت پوشش و حجم مایع مورد استفاده نیز از نظر ایجاد یک پاشش مؤثر و مفید، مهم می‌باشد. در یک حجم برابر، قطرات ریز نسبت به قطرات درشت سطح بیشتری را پوشش می‌دهند. اما این امر احتمال بادبردگی را افزایش می‌دهد زیرا هر چه اندازه ذرات کوچکتر شود، زمان بیشتری طول می‌کشد تا نشست نمایند. بخار شدن قطرات در هوا نیز موجب هر چه کوچکتر شدن آن‌ها و بادبردگی بیشتر می‌شود.

نوع نازل در مقدار سم مورد استفاده، یکنواختی پاشش، پوشش روی هدف مورد نظر و مقدار سمی که از هدف دور می‌شود نقش دارد. در انتخاب نازل، دبی و فشار کاری، زاویه پاشش، مایعی که سمپاشی می‌شود، جنس نازل و کیفیت و مقدار ریز شدن قطرات مورد توجه قرار می‌گیرند.

ولف (2005) آزمایشهایی را در تونل باد با چهار نازل بادبزن یکنواخت گسترده $^{1}(XR)$ ، توربو $^{2}(TT)$ ، کومبو جت $^{3}(DR)$ و ونتوری $^{4}(AI)$ انجام داد. هر نازل در فشار کاری مختص به خود به کار

گرفته شد. فشار 173 کیلو پاسکال برای نوع گسترده، 242 کیلو پاسکال برای نوع توربو و کومبو جت و در نهایت 345 کیلو پاسکال برای ونتوری به کار رفت. برای تعیین میزان بادبردگی، قطرات روی کاغذهای حساس به رطوبت جمع‌آوری شدند. کاغذهای حساس در فواصل دو، سه و چهار متر از نازل‌ها در مسیر باد قرار گرفتند. کاغذهای حساس به آب جمع‌آوری شده و توسط نرم-افزار *Dropletscan* (سازنده: Whitney, R.W. 2003) درصد نواحی همپوشانی محاسبه شد. محدوده اندازه قطرات با هر ترکیبی از شکل نوک نازل، اندازه، عامل فشار و مایع پاشیده شده متفاوت بود. طبق یافته‌های آزمایش، استفاده از نازل‌هایی که به طور مشخص برای کاهش بادبردگی طراحی شده‌اند (TT , DR , AI) در مقایسه با نازل‌های استاندارد بادبزن یکنواخت (XR) اثر بادبردگی را کاهش دادند.

چن و همکاران (2006) یک سیستم سمپاش مبتنی بر کنترل فازی و ماشین بینایی طراحی کردند که سمپاشی را به صورت مکان ویژه⁵ انجام می‌داد. این سیستم از یک دوربین دیجیتال، کامپیوتر، کنترل کننده‌ی فازی، حسگر فاصله، مبدل (برای تنظیم سرعت چرخشی پمپ)، موتور، پمپ، شیر سولونوئید و نازل‌ها تشکیل یافته بود. سیستم می‌توانست اطلاعات مربوط به تاج درخت و فاصله بین درخت و نازل را برای تخمین اندازه درخت به دست آورد. سپس گروه نازل را برای کنترل دبی جریان و محدوده سمپاشی انتخاب می‌کرد. با این سیستم هوشمند، مقدار مصرف آفتکش مورد استفاده کاهش یافت که به نفع محیط زیست بود. دانشجو و همکاران (1387) نرم افزاری طراحی کردند که به کمک روش‌های پردازش تصویر، سطح هر لکه روی کاغذهای حساس به آب، قطر واقعی هر لکه، قطر متوسط عددی (NMD)⁶، قطر متوسط حجمی، انحراف معیار قطرات، چگالی پاشش و یکنواختی پاشش را اندازه می‌گیرد این نرم‌افزار به زبان ویژوال بیسیک نوشته شده است. به طور کلی فناوری پردازش تصویر شامل فرآیندهایی است که با

1- Extended Range Falt-Fan

2- Turbo flat-fan

3- Combo-Jet flat-fan

4- Venture Flat-Fan

5- Site specific

6 - Number median diameter

لایه¹ (MLP) از مهم‌ترین ابزار شبکه عصبی هستند که به‌طور گسترده، در شناسائی الگوها مورد استفاده قرار می‌گیرند. این شبکه‌ها عموماً به الگوریتم پس‌انتشارخطا² مشهورند زیرا خطای خروجی مدل به عقب و به داخل سیستم برگردانده می‌شود تا تجدید و تنظیم وزن‌های لایه‌های مخفی انجام گیرد. در این حالت با تصحیح پیوسته خطا، وزن‌های مناسب برای سیستم به‌دست می‌آید (فاست 1388).

هدف از تحقیق حاضر بررسی امکان کنترل قطر نازل با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و ارزیابی آن با داده‌های واقعی بود.

مواد و روش‌ها

برای انجام آزمایش‌ها مجموعه نازل متشکل از فیلتر، پخش‌کننده، نازل و درپوش نازل بود روی بومی که ارتفاع آن از سطح میز آزمایش قابل تنظیم می‌باشد، نصب گردید (شکل 1).



شکل 1- مجموعه نازل

بعد از آماده شدن میز تست، نازل در ارتفاع 75 سانتی-متری تنظیم گردید. برای ثبت قطرات پاشیده شده و تعیین اندازه آن‌ها از کاغذهای حساس به آب استفاده شد.

به منظور بررسی اثر قطر سوراخ خروجی نازل روی اندازه قطرات خروجی سه نوع نازل مورد استفاده قرار گرفت که مشخصات آن‌ها در جدول 2 آورده شده است.




ایجاد تصاویر رقومی و به کارگیری روش‌های رایانه‌ای به کمک یک زبان برنامه نویسی مناسب اقدام به پردازش و یا اصلاح داده‌های تصویری می‌نماید. پس از آن با انجام محاسبات مشخص روی داده‌های حاصل از پردازش تصاویر به ارائه نتایج نهایی مناسب و دلخواه مبادرت می‌شود. جهت ثبت قطرات پاشیده شده و تعیین اندازه آن‌ها روش‌ها و تئوری‌های مختلفی وجود دارد که یکی از عملی‌ترین و مقرون به صرفه‌ترین این روش‌ها در ایران استفاده از کاغذهای حساس به آب است. این کاغذها آغشته به محلول برموفنل آبی بوده که به محض برخورد قطرات حاوی آب با سطح کاغذ لکه‌هایی آبی رنگ در نتیجه یونیزه شدن رنگ اصلی بر سطح کاغذ پدیدار می‌گردد. این کاغذها درحال حاضر در ایران نیز تهیه می‌شوند (دانشجو و همکاران 1387). مارکال و کیون‌ها (2008) یک روش اتوماتیک کامل مبنی بر پردازش تصویر ارائه دادند تا کیفیت تشخیص قطرات آفت‌کش را روی کاغذهای حساس به آب بهبود دهند. این محققین چهار وضوح اسکن متفاوت یعنی dpi 200، 300، 600 و 1200 را به کار بردند و بیشترین تفکیک پذیری اسکن در 600 dpi به دست آمد.

شبکه‌های عصبی را می‌توان با اغماض زیاد، مدل‌های الکترونیکی از ساختار عصبی مغز انسان نامید. مکانیسم فراگیری و آموزش مغز اساساً بر تجربه استوار است. مدل‌های الکترونیکی شبکه‌های عصبی مصنوعی نیز براساس همین الگو بنا شده‌اند. شبکه عصبی ساختاری مانند شبکه عصبی بیولوژیکی انسان دارد و می‌تواند از روی مثال‌های موجود، آموزش دیده و مسائل ناشناخته را پیش‌بینی نماید (منهاج 1379). استخراج تعداد محدودی ویژگی‌های مهم و نادیده گرفتن بقیه ویژگی‌ها از ضروریات معمول مدل‌سازی است. ساختار یک شبکه عصبی مصنوعی توسط سه شاخص نرون، الگوی اتصالات سیناپسی و قانون یادگیری تعیین می‌گردد. فرانک روزن بلات با اتصال نرون‌ها به طریقی ساده پرسپترون را ایجاد و ابداع کرد و برای نخستین بار این مدل را در کامپیوترهای دیجیتال شبیه‌سازی و تحلیل نمود (البرزی 1386). شبکه‌های پیش‌خور چند

1- Multilayer perceptron

2- Back propagation neural network

جدول 2- مشخصات نازل‌های مورد استفاده

نوع نازل	شماره نازل	قطر خروجی نازل	تصویر
نازل سفید	30-DC- 08	3/2 میلی‌متر	
نازل زرد	30-DC- 06	2/4 میلی‌متر	
نازل قرمز	30-DC- 04	1/6 میلی‌متر	

در این مطالعه از شبکه پیشخور یا MLP برای مدل‌سازی قطر میانگین حجمی استفاده شد. لایه ورودی شامل دو لایه متشکل از فشار سمپاشی و قطر خروجی نازل و لایه خروجی شامل یک لایه (قطر میانگین حجمی) بود. در مورد تعیین تعداد واحدهای پردازش اطلاعات در لایه نهان به رغم آن که فرمول‌هایی بدین منظور در منابع مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی ارائه شده است ولی هنوز روش آزمون و خطا روش مؤثرتر و قابل قبول در تمامی منابع است. فرآیندها و عناصر درون مدل شامل ضریب یادگیری، ضریب مومنتوم، تعداد دفعات تکرار، مقدار خطای پیش‌بینی و همچنین نوع توابع تبدیل در لایه‌های میانی و خروجی می‌باشند (مصری 1388). کل داده‌های موجود به سه دسته تقسیم شدند که 70% داده‌ها جهت آموزش، 15% از داده‌ها جهت اعتبارسنجی تقاطعی یا متقابل¹ (CV)، و 15% باقیمانده داده‌ها نیز برای آزمون شبکه اختصاص داده شدند. روش‌های مختلفی برای اعتبارسنجی روش‌های درون‌یابی وجود دارد که یکی از مهم‌ترین آنها روش اعتبارسنجی تقاطعی می‌باشد. در این روش برای هر یک از نقاط مشاهده‌ای، که معمولاً تنها ابزار مقایسه می‌باشند، تخمین با به کارگیری روش درون‌یابی مورد نظر انجام می‌گیرد و سپس مقدار تخمین با مقدار مشاهده‌ای مقایسه می‌گردد. بدین ترتیب که در روش CV یک نقطه به طور موقت حذف و با استفاده از سایر نقاط و اعمال روش درون‌یابی مورد نظر برای این نقطه تخمین

جدول 3 سطوح مختلف انتخاب شده برای فشار را نشان می‌دهد.

جدول 3- سطوح مختلف فشارمورد استفاده

عامل	سطوح عامل‌ها
فشار	5 بار
	4 بار
	3 بار

آزمایش‌ها برای هر فشار و قطر خروجی نازل 25 بار تکرار گردید. کاغذهای حساس به آب با اسکنر HP Scanjet 3800 با قدرت تفکیک 300 dpi اسکن شدند. برای عملیات پردازش و به دست آوردن قطر متوسط حجمی از نرم‌افزار سیبا که بدین منظور طراحی شده است، استفاده شد. نتایج تجزیه شامل شماره‌بندی ذرات، تعداد پیکسل برای هر ذره، مساحت ذره بر حسب mm^2 ، مختصات مرکز و قطر ذرات بر حسب mm بود. به دلیل به هم پیوستگی برخی ذرات و ناتوانی نرم‌افزار در تفکیک آن‌ها اندازه‌هایی که برای قطر ذرات و تعداد ذرات به دست آمد واقعی نبوده و دارای خطا بودند. برای کاستن برخی از این خطاها، اندازه ذرات به دست آمده در هر کارت وارد نرم‌افزار Excel 2007 شد و با احتساب $\bar{X} \pm 3\sigma$ ذرات بزرگتر حذف گردیدند و VMD جدید به دست آمد. به طور متوسط در هر کارت نزدیک 1000 قطره وجود داشت که قطر همه قطرات موجود در یک کارت وارد نرم‌افزار شده و VMD برای هر کارت حساب شد.

نتایج و بحث

با در نظر گرفتن توأم مقادیر MSE و ضریب تبیین (r^2) روش گرادیان نزولی با مونتوم به عنوان بهترین روش انتخاب شد (جدول 4).

جدول 4- مقایسه روش‌های مختلف برای انتخاب شبکه

MSE	r^2	نوع روش شبکه
0/015	0/87	گرادیان نزولی
0/017	0/90	گرادیان نزولی با مونتوم
0/020	0/84	لونیبرگ مارکوآرت
.023	0/91	دلتا بار دلتا
0/020	0/89	گرادیان مزدوج

تعداد یک لایه برای لایه پنهان در نظر گرفته شد زیرا با اضافه کردن تعداد لایه‌های پنهان، تفاوت چندانی در مقادیر میانگین مربعات خطا و ضریب تبیین حاصل نشد. لایه پنهان معمولاً شامل چند نرون است که نشان-دهنده سیستم غیر خطی شبکه است. تابع فعال‌سازی تانژانت هیپربولیک برای لایه پنهان استفاده گردید. تعداد نرون‌ها در لایه پنهان از طریق آزمون و خطا مشخص شد.

با افزایش تعداد نرون‌های لایه میانی تا 23 عدد، میانگین مربعات خطا کاهش یافت. با افزایش تعداد نرون‌ها به 24 عدد، یک افزایش نسبی در میانگین مربعات خطا مشاهده شد ولی بعد از 24 نرون تغییر قابل ملاحظه‌ای در اندازه MSE اتفاق نیفتاد (شکل 3). در این حالت 23 نرون برای لایه مخفی انتخاب شد، چون با حداقل تعداد نرون کمترین MSE حاصل گشت. نرون‌های کمتر در لایه میانی، حجم شبکه را کاهش داده

صورت می‌گیرد. سپس این نقطه به محل خود برگردانده شده و نقطه بعدی حذف می‌گردد و به همین ترتیب برای تمام نقاط برآورد صورت می‌گیرد (نام 1389).

برای توسعه مدل‌های Artificial Neural Networks کلیه شبکه‌های مورد بررسی در محیط نرم-افزار NeuroSolutions نسخه 5/07 طراحی و اجرا شدند. بهترین روش برای ایجاد مدل‌های شبکه عصبی از طریق داده‌هایی که در محیط Excel قرار دارند کاربرد Artificial Neural Networks For Excel می‌باشد.

برای ارزیابی توان شبکه در مدل‌سازی از میانگین مربعات خطا (MSE) و ضریب تبیین (r^2) بین مقادیر پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی و مقادیر واقعی آنها استفاده شد. مقدار MSE از رابطه زیر به دست آمد (محمودی 1385):

$$MSE = \frac{\sum_{j=0}^P \sum_{i=0}^N (D_{ij} - Y_{ij})^2}{NP}$$

که در آن Y_{ij} خروجی شبکه (خروجی واقعی) برای نمونه i ام در نرون j ام، D_{ij} خروجی مطلوب برای نمونه i ام در نرون j ام، P تعداد نرون‌های لایه خروجی و N تعداد نمونه است.

رابطه‌ی زیر مورد استفاده برای محاسبه ضریب همبستگی در شبکه مورد استفاده قرار گرفت (محمودی 1385):

$$r = \frac{\sum_{i=0}^N (y_i - \bar{y})(D_i - \bar{D})}{\sqrt{\sum_{i=0}^N (D_i - \bar{D})^2 \sum_{i=0}^N (y_i - \bar{y})^2}}$$

که در آن y_i خروجی شبکه (خروجی واقعی) برای نمونه i ام و D_i خروجی مطلوب برای نمونه i ام است.

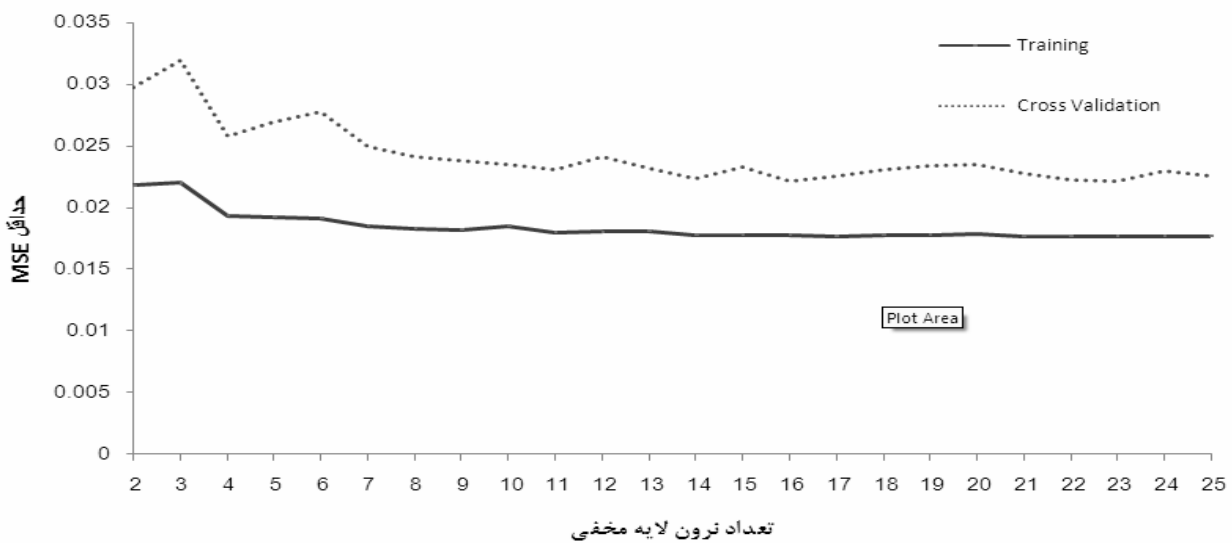
به منظور دستیابی به بهترین روش پنج روش گرادیان نزولی¹، گرادیان نزولی با مونتوم²، لونیبرگ مارکوآرت³، دلتا بار دلتا⁴ و گرادیان مزدوج⁵ آزمایش شدند

- 1- Gradient Descent
- 2- Gradient Descent Momentum
- 3- Levenberg Marquart
- 4 - Delta Bar Delta

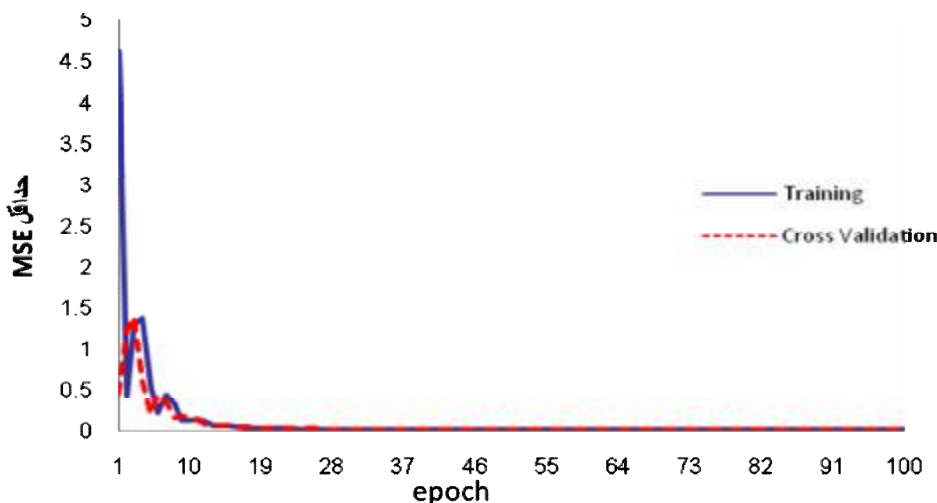
پس از آموزش و اعتبارسنجی شبکه، میزان MSE و ضریب تبیین به ترتیب 0/0176 و 0/90 به دست آمد (شکل 4). برای ارزیابی نتایج، قطر متوسط حجمی برآورده شده از شبکه با قطر واقعی ذرات مقایسه گردید. طبق آزمون کای دو تفاوت بین آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول 5).

و سرعت یادگیری شبکه را افزایش می‌دهد و برای حالت بلادرنگ شرایط مطلوب‌تری را بوجود می‌آورد (مصری 1388).

در آموزش شبکه مقادیر مختلف ضریب مومنتوم و نرخ یادگیری مورد ارزیابی قرار گرفتند. معیار انتخاب مقادیر بهینه کمینه‌ی MSE و بیشینه‌ی ضریب تبیین بود. بر این اساس برای ضریب مومنتوم، مقدار 0/7 و برای نرخ یادگیری مقدار 0/1 انتخاب شد.



شکل 3- تعیین تعداد بهینه نرون‌های لایه میانی شبکه



شکل 4- منحنی یادگیری شبکه با الگوی GDM

جدول 5- نتایج آزمون کای دو برای مقایسه میانگین قطر واقعی ذرات با برآورد حاصل از شبکه عصبی مصنوعی

میانگین قطر واقعی ذرات	نتیجه شبکه عصبی	سطح معنی داری
744	716/255	0/10
514	444/625	0/06
375	360/362	0/10
446	424/598	0/06
609	629/480	0/06
610	593/963	0/10
639	628/159	0/18

بنابراین متأثر شدن اندازه قطرات توسط قطر خروجی نازل ثابت می‌گردد که در این پژوهش نیز بدان استدلال گشت.

ریچارد و همکاران (1996) از سه ماده AgRH6 DR-2000 ، Nalco-Trol و Nalco- Trol II به عنوان مواد کاهش دهنده بادبردگی سموم¹ استفاده کردند. مواد کاهش دهنده بادبردگی سموم توسط استفاده کنندگان از آفت‌کش‌ها برای کاهش بادبردگی این ترکیبات به کار می‌روند. این محققین برای اندازه‌گیری قطر ذرات از یک تحلیل‌گر ذره² استفاده نمودند. نازل‌ها در ارتفاع نیم متری تحلیل‌گر قرار گرفتند. بعضی از کاهش‌دهنده‌ها در طی گردش درون پمپ اثر خود را از دست می‌دهند و هر چه دور گردش پمپ زیاد شود بازده کاهش‌دهنده‌ها نیز کاهش می‌یابد با افزایش دور پمپ ، قطر متوسط حجمی در نمونه‌های سمپاشی شده با DR تفاوت چندانی با مقادیر اولیه (دور اول پمپ) نداشت درحالی‌که در نمونه‌های سمپاشی شده با Trol و Trol II به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت که بهتر است در این حالت کنترل اندازه قطرات با در نظر گرفتن قطر سوراخ مناسب نازل انجام گیرد.

تاکنون از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی قطر متوسط حجمی قطرات سمپاشی استفاده نشده است. شاید بتوان گفت از بزرگ‌ترین مزیت‌های شبکه عصبی در آن باشد که بعد از آزمون شبکه می‌توان مقادیر بسیار زیاد داده‌های ورودی به آن وارد کرد و بدون صرف وقت زیاد خروجی‌های مورد نظر را از شبکه دریافت نمود. در این روش اثر هر کدام از عوامل به صورت جداگانه و واضح مشخص نمی‌گردد و پیش‌بینی به دست آمده با توجه به در نظر گرفتن کلیه عوامل ورودی می‌باشد.

کنترل قطر متوسط حجمی توسط پیمان و همکاران (1389) با استفاده از عوامل فشار و قطر خروجی نازل از روش معادله رگرسیونی مورد ارزیابی قرار گرفت. ضریب تبیین در روش رگرسیونی (0/834) نسبت به شبکه عصبی پایین‌تر بود.

در نتایج آزمایشات ولف (2005) راهبرد افزایش حجم با استفاده از نازل‌هایی با قطر سوراخ بزرگ‌تر در نازل‌های بادبزی یکنواخت برای کاستن اثر بادبردگی تأیید شد. در نازل بادبزی یکنواخت XR با افزایش دبی از 47 به 94 لیتر در هکتار که می‌تواند با انتخاب روزه نازل با قطر بزرگ‌تر صورت گیرد بادبردگی به صورت قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت. این امر در نازل‌های با TT، DR و AI بیشتر منجر به افزایش پوشش گشت.

1- Spray Drift Retardants

2- An Aeromatic Phase/Doppler Particle Analyzer

اهمیت است. در صورت عدم کنترل سمی که وارد محیط زیست می‌گردد، آسیب‌های جبران‌ناپذیری به محیط زیست وارد خواهد شد. می‌توان تأثیر عوامل دیگر از جمله چگالی سم، ارتفاع نازل و میزان باد روی قطر متوسط حجمی را با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی مورد ارزیابی قرار داد و در یک سمپاشی واقعی تمامی عوامل را به منظور کنترل متوسط حجمی ذرات به صورت on line کنترل نمود تا اثرات سوء سم تا حد ممکن کاسته شود و بدون صدمه زدن به محیط زیست بیشترین کارایی از مصرف سم حاصل گردد. در حالت online نرم‌افزار با توجه به قطرنازل و فشار کاری سمپاشی قطر حجمی متوسط را تخمین خواهد زد که با در نظر گرفتن شرایط جوی و هدف سمپاشی بهینه بودن اندازه قطرات مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

در سیستم ساخته شده توسط چن و همکاران (2006) هفت نازل در یک بوم عمودی با فاصله 30 سانتی‌متر بین آن‌ها تعبیه شده بود. برای سادگی آزمایشات دو شیر سولونوئیدی برای کنترل دو گروه از نازل‌ها به کار گرفته شده بود که یکی برای سه نازل بالایی و دیگری برای چهار نازل پایینی بود. همه هفت نازل برای یک درخت بزرگ و چهار نازل پایینی فقط برای درخت‌های کوچک به کار رفتند. نازل‌ها زمانی که دوربین تصویر می‌گرفت باز می‌شدند و زمانی که هیچ درختی نبود بسته می‌شدند. بدین صورت دبی جریان و محدوده سمپاشی به صورت خودکار کنترل شد.

نتایج این مطالعه حاکی از آن هستند که با توجه به هدف سمپاشی می‌توان اندازه ذرات را با انتخاب قطر نازل و فشار کاری مناسب کنترل نمود. کنترل اندازه ذرات از لحاظ بادبردگی و مقدار مصرف سم حائز

منابع مورد استفاده

- البرزی م، 1386. آشنایی با شبکه‌های عصبی. انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف، چاپ دوم.
- بی نام، 1389. راهنمای روش‌های توزیع مکانی عوامل اقلیمی با استفاده از داده‌های نقطه‌ای. شماره 368-الف
- پیمان ل، عبدالله پور ش، محمودی ا، مقدم م و رعنا بناب ب، 1389. مدل‌سازی اندازه ذرات سم در سمپاشی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تبریز.
- دانشجو م، عباسپور فرد م، آق‌خانی م ح و آرین م، 1387. طراحی و ارائه نرم افزار مناسب سنجش تراکم و اندازه قطرات سم. پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران، مشهد.
- شفیعی ف، 1371. اصول ماشین‌های کشاورزی (تألیف کپنر، بینر و بارکر). چاپ اول. انتشارات دانشگاه تهران.
- علیزاده ح، 1363. تئوری و ساختمان ماشین‌های کشاورزی (تألیف برناکی، هامان و کانافوجیسکی). انتشارات نوقی .
- فاست ل، 1388. مبانی شبکه‌های عصبی. چاپ اول. انتشارات نصر .
- محمودی ا، 1385 ارائه یک الگوریتم مناسب مبتنی بر شبکه های عصبی مصنوعی جهت جداسازی پسته‌های خندان به روش آکوستیکی به صورت زمان واقعی. پایان‌نامه دکتری مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تهران.

مصری گندشمین ت، قاسم‌زاده ح، عبدالله‌پور ش و نوید ح، 1388. بهینه‌سازی افت کمباین با استفاده از سیستم‌های هوشمند. رساله دکتری در رشته مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی. دانشگاه تبریز.

منهاج م، 1379. هوش محاسباتی. جلد اول، مبانی شبکه‌های عصبی. انتشارات دانشگاه امیرکبیر.

Chen Y, Zheng J, Xiang H and Huang S, 2006. Study on an intelligent system for precision pesticide application based on fuzzy control and machine vision. An ASABE Meeting Presentation. 9 - 12 July, Paper No: 06112

Marcal ARS and Cunha M, 2008. Image processing of artificial targets for automatic evaluation of spray quality. Transaction of the ASABE 51: 811-821.

Reichard DL, Zhu H, Downer RA, Fox RD, Brazee RD, Ozkan HE and Hall FR, 1996. A system to evaluate shear effects on spray drift retardation performance. Transactions of the ASAE 39: 1993-1999.

Wolf RE, 2005. Comparing downwind spray droplet deposits of four flat-fan nozzle types measured in a wind tunnel and analyzed using droplet scan software. Power & Machinery Division of ASAE 21: 173-177.