

## کاربرد شبکه های عصبی مصنوعی در شناسایی عیوب قطعات صنعتی

عباس کریمی ۱

سعید سید طبائی ۲

### چکیده

در بسیاری از سامانه ها و خصوصاً غیر خطی که مدل سازی و به دنبال آن پیش بینی و کنترل و شناسایی آنها از طریق روشهای کلاسیک و تحلیلی امری دشوار و زمان بر می باشد، می توان از روشهای غیر کلاسیک که از ویژگی هایی همچون هوشمندی، مبتنی بر معرفت و خبرگی برخوردار می باشند، استفاده نمود. شبکه های عصبی یکی از این روشهای بدیع و در حال تحول است که در موضوعات متنوعی از قبیل الگوسازی، شناخت الگو، خوشه بندی (دسته بندی) و پیش بینی بکار رفته و نتایج مفیدی داشته است. در این مقاله، از شبکه های عصبی برای تشخیص الگوی سیگنال های فراصوتی که با استفاده از روش Pulse-Echo در منطقه جوش خورده بدست آمده اند جهت ارزیابی استفاده شده است. شبکه مورد نظر از نوع سپترون چند لایه (MLP) با روش یادگیری پس از انتشار است که در محیط MATLAB اجرا می شود. در این تحقیق نقص های گوناگون مانند:

- Non-defect (ND)
- Slag Inclusion (SL)
- Excessive Penetration (Exp)
- Lack of Fusion (LOF)
- Lack of Penetration (LOP)

مورد بررسی قرار گرفته اند. سیگنالهای فراصوتی بدست آمده از Pulse-Echo برای عیوب را بدون پیش پردازش و با پیش پردازش توسط (Wavelet) به شبکه عصبی مصنوعی اعمال شده اند. نتایج بدست آمده نشان دهنده کارآمدی روشهای فوق با بیش از ۹۱٪ موفقیت در حالت بدون پیش پردازش و بیش از ۹۸٪ موفقیت در حالت با پیش پردازش برای شناسایی و دسته بندی عیوب در مواد جوشکاری شده می باشد.

### کلید واژه

شبکه های عصبی مصنوعی، نرم افزار Matlab، آزمایش ها غیرمخرب، تکنیک فراصوتی، تشخیص الگو

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد برق، دانشگاه شاهد Ab.karimi2010@gmail.com

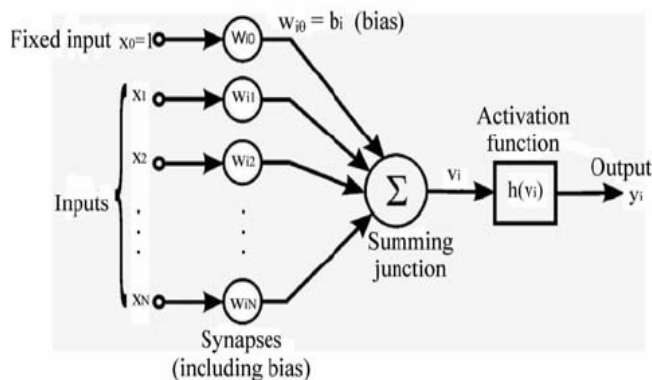
۲. استادیار گروه کنترل، دانشگاه شاهد

تاریخ دریافت: ۸۹/۷/۲ تاریخ پذیرش: ۸۹/۸/۱۲

### مقدمه

آزمون فراصوتی یکی از آزمایش‌های نسبتاً پیشرفته می‌باشد که در رده آزمایش‌های غیر مخرب به شمار می‌رود. این روش سریع است و قادر به تشخیص معایب داخلی مواد بدون نیاز به تخریب قطعه جوش شده می‌باشد [1] چون این روش از نزدیک کنترل می‌شود، قابلیت ارائه اطلاعات دقیق و مورد نیاز قطعه جوش شده بدون نیاز به یک سری عملیات پر کار را دارا می‌باشد. این روش هم معایب سطحی و هم نواقص داخلی فلز جوش و فلز پایه را مشخص، مکان یابی و اندازه‌گیری می‌کند [2]-[3] در بین تکنیک‌های فراصوتی روش Pulse-Echo بیشترین مورد استفاده را در صنعت دارد که عمدتاً بدلیل سادگی و بازدهی بالا و قیمت مناسب دستگاه آن می‌باشد [4].

توانایی طبقه‌بندی نقایص جوشکاری بر اساس سیگنال‌های فراصوتی هنوز به طور عمده مورد سوال است و در باره آن اتفاق نظر وجود ندارد. از طرفی آنالیز و تشخیص نوع نقص نیز به طور خاص به تجربه و اطلاعات کاربر وابسته است. معذالک پیشرفت‌های صورت پذیرفته در روش‌های محاسباتی، بطور خاص پیشرفت شبکه‌های عصبی انگیزه‌های زیادی را در جهت پیشرفت و تحقیق درباره سامانه‌های بازرسی خودکار و طبقه‌بندی الگوهای نقایص ایجاد کرده است [5,6,7]. شبکه‌های عصبی تشکیل شده‌اند از الگوریتم‌هایی که الگوها را یاد می‌گیرند و از آن برای تشخیص نمونه‌های جدید استفاده می‌کنند. این الگوریتم‌ها بعضی از قابلیت‌های مغز مانند تشخیص الگو، تشکیل متدها، پردازش سیگنال و یادگیری توسط تجربه و با آموزش را در بر دارند [8]. استفاده از این امکان برای طبقه‌بندی نقایص توسط تفکیک سیگنال‌های فراصوتی اینک مد نظر محققان قرار گرفته است [10].



شکل ۱- مدل یک نرون عصبی

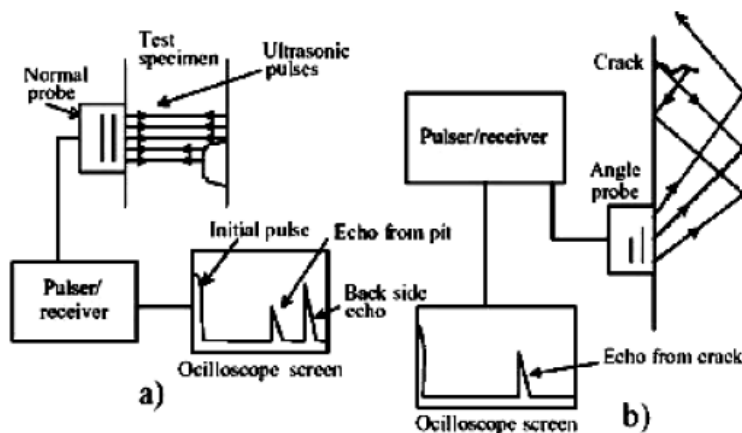
## شبکه عصبی مصنوعی

شبکه عصبی در کاربرد از جهاتی همانند یک ذهن زنده عمل می کند. به این معنی که از مشاهدات انتزاعی خود به قضاوت می پردازد. لذا، شبکه عصبی مدتی را صرف آموزش می کند و سپس به صورت عملیاتی به کار گرفته می شود. در آموزش شبکه عصبی هر چه مشاهدات کامل تر باشد، آنچه که انتزاع شده است صحیح تر خواهد بود. آموزش شبکه عصبی می تواند همراه با ناظر یا بدون ناظر باشد. در آموزش با ناظر آنچه به شبکه به عنوان مجموعه آموزشی، آموزش داده می شود، همراه با قضاوتی است که ناظر انتظار دارد، لذا نمونه ها همراه با قضاوت از پیش تعیین شده آموزش داده می شود تا در آینده شبکه در صورت برخورد با نمونه های جدید با توجه به روالی که آموزش دیده است، عمل کند. در مواردی نیز، نمونه ها بدون قضاوت اولیه در اختیار شبکه عصبی قرار می گیرد تا خود با مشاهدات پیاپی به دسته بندی و نهایتاً انتزاع کلی از آنها اقدام کند. شبکه های عصبی از جنبه توپولوژی، ساختاری و روش های یادگیری به انواع مختلفی تقسیم می شوند و هر یک در کاربردهای خاصی عملکرد مناسبی از خود نشان می دهند. شبکه عصبی چند لایه پرسپترون (MLP) با روش یادگیری پس از انتشار یکی از متداول ترین شبکه های کاربردی است که در این مقاله، صرفاً بررسی و مطالعه این شبکه مد نظر می باشد. ساختار شبکه عصبی شامل تعدادی پرسپترون یا تابع عملگرای مشخص است که در لایه های مجزا قرار دارند. شکل ۱ یک پرسپترون را نشان می دهد. هر پرسپترون، به واسطه ضرایب وزنی خود خروجی تمامی پرسپترون های لایه قبلی را جمع و از طریق تابع عملکردی به لایه بعدی ارسال می کند.

$$v_i = b_i + \sum_{j=1}^N w_j . x_j$$

$$y_i = h(v_i)$$

در این رابطه  $x$  ها ورودی،  $w$  وزنه های ارتباط،  $b$  بایاس و  $h$  تابع غیر خطی نرون است. شبکه عصبی MLP دارای یک لایه ورودی، یک لایه خروجی و حداقل یک لایه پنهان است. تعداد پرسپترون در هر لایه متفاوت و بستگی به ساختار شبکه و مسئله دارد. الگوریتم های محاسباتی یادگیری پس از انتشار بسیار متنوع و با نتایج عملکردهای متفاوت می باشند [13,12].



شکل ۲- بازرسی فراصوتی با استفاده از روش: (a) Pulse-Echo: پروب نرمال (b) پروب زاویه ای

### روش Pulse - Echo

روش Pulse-Echo پر کاربردترین روش فراصوتی برای بررسی مواد است. در این روش با ارسال یک سیگنال فراصوتی به داخل یک جسم مورد آزمون در صورت برخورد سیگنال فراصوتی به یک عیب موجب بازگشت سیگنال می گردد [۱۱]. در روش Pulse-Echo از یک Transducer برای تابش موجهای فراصوتی و گرفتن سیگنالهای برگشت استفاده می شود. این روش برای شناسایی، مکان یابی و اندازه گیری هر گونه نقص موجود در مواد استفاده می گردد.

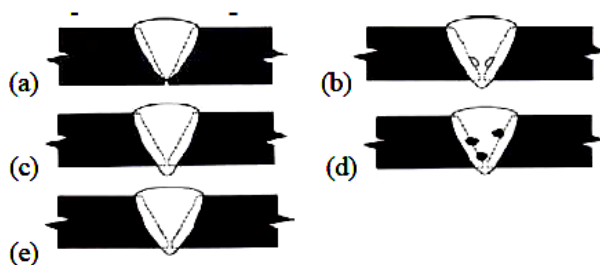
اندازه نقص بطور مستقیم با شکل دامنه سیگنال بازتاب یافته ارتباط دارد زیرا وقتی سیگنال فراصوتی به یک سطح بازتاب کننده برخورد می کند قسمتی یا همه انرژی آن بازتاب می یابد. درصد انرژی بازتاب یافته بطور مستقیم بستگی به سایز و اندازه سطح بازتاب کننده در ارتباط با اندازه پرتوی فراصوتی برخورد کرده، دارد.

### روند آزمایش

این تحقیق توسط آزمون فراصوتی با روش Pulse-Echo با تکنیک زاویه ای با فرکانس مرکزی ۴MHz و زاویه پروب  $60^\circ$  بر روی قطعات مورد نظر برای آزمایش انجام شده است. آزمونها بر روی ۲۵ نمونه ساخته شده از صفحات فولادی AISI ۱۰۲۰، با ضخامت 20mm و طول 300mm، سطح اریب V شکل با شیب  $60^\circ$  فاصله ریشه 2mm و جوش شده با پروسه SMAW انجام گرفته است [14]. در این تحقیق نقص های گوناگون مانند:

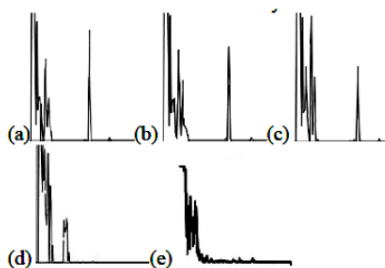
- Non-Defect(ND)
- Slag Inclusion (SL)
- Excessive Penetration (Exp)
- Lack of Fusion (LOF)
- Lack of Penetration (LOP)

بطور عمده در بخشهای جوشکاری ایجاد شده و مورد بررسی قرار گرفته اند (شکل ۳). برای دسته بندی نقایص، سیگنالهای دریافتی Pluse-Echo به یک شبکه عصبی از نوع چند لایه پرسپترون (MLP) با روش یادگیری پس از انتشار با دو لایه مخفی اعمال می شود. اجرای آزمایش با استفاده از نرم افزار Matlab صورت می گیرد. این شبکه با سیگنالهای فراصوتی که ۵ حالت منطقه جوش خورده (LOP, LOF, SL, EXP, ND) را ارائه کرده اند، تغذیه می شود.



شکل ۳ - نماد عیوب (a) lack of penetration, (b) lack of fusion, (c) excess penetration, (d) slag inclusion, (e) non-defect

چنانکه می دانیم هر سیگنال خاصیت های خودش را دارد و این اطلاعاتی است که شبکه عصبی MLP از آنها برای کلاس بندی عیوب استفاده می کند که در شکل ۴ با مثال نشان داده شده اند.



شکل ۴ - خاصیت سیگنال Pulse-Echo

- (a) lack of penetration,  
 (b) lack of fusion, (c) excess penetration,  
 (d) slag inclusion, (e) non-defect

از دیتاهای جمع آوری شده، ۱۵ سیگنال برای آزمون و ۲۵ سیگنال برای آموزش استفاده می شود. با تغییر در تعداد عصب ها بر روی لایه های مخفی و مشاهده کارآمدی طبقه بندی کننده و خطاهای موجود، این امکان فراهم خواهد شد که از یک تعداد مناسب از عصب های لایه های پنهان برای این تحقیق استفاده گردد که در شبکه MLP مورد استفاده، لایه مخفی اول ۱۳ عصب و لایه دوم مخفی ۱۱ عصب استفاده شده است.

بعد از تغذیه شبکه عصبی به وسیله سیگنال های Pulse-Echo، کارایی شبکه عصبی در حالت MLP ارزیابی شد و Configuration بهینه و نتایج آن ثبت گردید (جدول ۱). در تلاش برای دستیابی به نتایج بهتر، در آزمونی دیگر، سیگنالهای جمع آوری شده با استفاده از Wavelet پیش پردازش شده و هموار گردیدند [۹]. سپس سیگنالهای پیش پردازش شده به عنوان ورودی دوباره توسط شبکه عصبی MLP ارزیابی و نتایج آن مجدداً ثبت گردید (جدول ۲)

### نتایج و بحث ها

جداول ۱ و ۲ نتایج کلی را برای سیگنالهای pulse-Echo بدون پیش پردازش و پیش پردازش شده را در حالت استفاده از شبکه عصبی MLP نشان می دهند. نتایج، درصد موفقیت در طبقه بندی کردن عیوب می باشد. طبقه تعیین شده، طبقه ای است که برای آن خروجی مربوطه بیش از 0.5 شود.

بر اساس نتایج جداول، میانگین توفیق روش Pulse-Echo در شبکه MLP برای آموزش حدود ۹۱٪ و برای تست حدود ۸۶٪ است. این اختلاف بین توفیق در سیگنالهای آموزشی و سیگنالهای آزمایش همچنین در آزمون Pulse-Echo با سیگنالهای پیش پردازش شده نیز، با نرخ ۹۸٪ برای آموزش و ۸۶٪ برای تست مشاهده می شود. کارایی خوب در تشخیص ND (قطعه سالم) می تواند به دلیل حضور اکوهایی با دامنه یکسان باشد. آنچه جدول ۱ نشان می دهد، توفیق در تشخیص قطعه سالم ۱۰۰٪ است. در جدول نتایج با پیش پردازش (جدول ۲) طبقات ND، LOP، LOF بهترین جداشدگی با ۱۰۰٪ نرخ موفقیت را دارند. یک دلیل برای نرخ کم موفقیت برای SL و EXP این می تواند باشد که در طول پردازش بعضی اطلاعات مربوطه، ممکن است از سیگنال حذف یا تضعیف شده باشند تا مشخصات ضروری برای شناسایی توسط شبکه عصبی MLP غیر برجسته باشند.

	Training		Test	
	Success Rate	Error Rate	Success Rate	Error Rate
LOF	82.64	17.36	68.75	31.25
LOP	86.33	13.67	81.08	18.92
EXP	91.42	8.58	87.5	12.5
SL	94.73	5.27	62.5	37.5
ND	100	0	94.28	5.72
TOTAL	91.02	8.98	78.82	21.18

جدول ۱- نتایج کلی برای سیگنالهای pulse-Echo بدون پیش پردازش

	Training		Test	
	Success Rate	Error Rate	Success Rate	Error Rate
LOF	100	0	81.25	24.33
LOP	100	0	88.23	11.77
EXP	96.96	0.04	94.73	8.57
SL	97.14	0.86	72.22	29.42
ND	100	0	98	2
TOTAL	98.82	1.18	86.88	13.12

جدول ۲- نتایج کلی برای سیگنالهای pulse-Echo با پیش پردازش

## نتیجه گیری

ساختار انتخابی برای ANN نرخ معقولی از موفقیت برای طبقه بندی الگوهای سیگنال های فراصوتی از جوش ها در صفحات فولادی ساخته شده از AISI 2010 توسط روش Pulse-Echo را نشان می دهد. بر اساس آنالیز نتایج بدست آمده می توان این نتیجه را گرفت که نرخ موفقیت سیگنالهای ارزیابی شده در Pulse- Echo با و بدون پیش پردازش مناسب است. البته با پیش پردازش اعمال

شده به سیگنالها با هدف کاهش نویز، یک بهبود قابل توجه ای در عملکرد طبقه بندی سیگنالهای بدست می آید.

## مراجع

- 1.C.Hayes, "The ABCs of nondestructive weld examination," The E-J. of Nondestruct. Testing, www.NDT.net, vol. 3, no. 6, June 1998.
- 2.Carvalho A A, Sagrilo L V S, Silva I C, Rebello, J M A, The PoD Curve for the Detection of Planar Defects Using a Multi-channel Ultrasonic System, Insight, Vol. 44, N 11, pp. 689-693, November 2002.
- 3.Ogilvy J. A., Model for Predicting Ultrasonic Pulse-echo Probability of Detection, NDT & E International, Vol. 26, N 1, pp. 19-29, 1993.
- 4.J. Blitz, Fundamentals of Ultrasonics, 2nd ed. London, U.K.: Butterworth, 1967.
- 5.Margrave, F. W., Rigas, K., Bradley, D. A., Barrowcliffe, P., "The Use of Neural Networks in Ultrasonic Flaw Detection", Measurement, 25, pp. 143-154, 1999.
- 6.Masnata, A., Sunseri, M., "Neural Network Classification of Flaws Detected by Ultrasonic Means", NDT & E International, Vol. 29, N 2, pp. 87-93, 1996.
- 7.Siquiera, M. H. S., "Long Distances Inspection Using Ultrasonic Guided Waves and Artificial Intelligence", DSc. Thesis, Department of Metallurgical and Materials Engineering, COPPE/UFRJ, Brazil, 2002.
- 8.S. Mallat, A Wavelet Tour of Signal Processing. New York: Academic, 1998.
- 9.S. Legendre, D. Massicotte, J. Goyette, and T. K. Bose, "Wavelet-transform-based method of analysis for Lamb-wave ultrasonic NDE

signals,” IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. 49, pp. 524–530, June 2000.

10.S. Haykin, Neural Networks: A Comprehensive Foundation. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1999.

11.Sylvie Legendre, Daniel Massicotte, Jacques Goyette, and Tapan K. Bose Neural Classification of Lamb Wave Ultrasonic Weld Testing Signals Using Wavelet Coefficients IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, VOL. 50, NO. 3, JUNE 2001

12.Haykin S., Neural Networks, “A Comprehensive Foundation”, Macmillan College Publishing. Inc., 1994.

13.Wasserman, P. D., “Neural Computing Theory and Practice”, New York, Van Nostrand Reinhold, 1989.

14.Educational Resources,ndt,USA,2007

