



## شناسایی سوزن شکسته در ماشین گردباف یکروسیلندر با استفاده از شبکه عصبی بر روی سیگنال‌های نوسانی جریان حرکتی نخ

محسن پژوهیانی<sup>1</sup>، مجید معاونیان<sup>2\*</sup>، محمد احسان مومنی هروی<sup>3</sup>

1- کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد

2- دانشیار، مهندسی مکانیک، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد

3- مربی، مهندسی نساجی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، مشهد

\* مشهد، صندوق پستی 48974-91779 moaven@um.ac.ir

### چکیده

### اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی کامل

دریافت: 23 مرداد 1393

پذیرش: 10 مهر 1393

ارائه در سایت: 24 آبان 1393

کلیدواژه‌ها:

عیب‌یابی

ماشین گردباف یکروسیلندر

شبکه عصبی

تبدیل موجک

کیفیت پارچه بافته شده در ماشین‌آلات گردباف نسبت به هرگونه تغییرات ناخواسته در مکانیزم بافت و اجزای آن متحمل بروز پدیده سوزن - شکسته که سبب پیدایش عیب خطوط عمودی در سطح پارچه می‌شود، حساس است. پایش وضعیت ماشین‌آلات گردباف به منظور افزایش کیفیت و کاهش هزینه‌های تولید، امری اساسی و ضروری به نظر می‌رسد. در فرایند بافتندگی زمانی که نخ توسط سوزن جهت تشکیل حلقه بافت به سمت پایین کشیده می‌شود، نیروی کششی ایجاد شده درون نخ سبب بروز نوسانات جریان حرکتی نخ در حال تغذیه می‌گردد. هدف از تحقیق حاضر شناسایی عیب شکستگی سوزن و تعداد آن‌ها در ماشین گردباف یکروسیلندر با استفاده از شبکه عصبی بر روی سیگنال‌های نوسانی جریان حرکتی نخ است. روند اجرایی آزمایشات به گونه‌ای طراحی شد که سه وضعیت معیوب سوزن شکسته در شرایط تولید صنعتی به ماشین گردباف اعمال گردید. سیگنال نوسانی جریان تغذیه نخ توسط سامانه ثبت نوسانات، ذخیره و آغستگی نویز آن با استفاده از تکنیک موجک حذف و سپس به کمک روش‌های آماری و استفاده از جزئیات بدست آمده از آنالیز موجک، استخراج ویژگی‌ها صورت گرفت. در نهایت قابلیت شبکه عصبی در تفکیک سیگنال‌ها به چهار دسته سالم، یک، دو و چهار سوزن شکسته محک خورد. بررسی نتایج نشان می‌دهند که دقت تشخیص تعداد سوزن‌های شکسته در این روش با پنجاه مرتبه تکرار 99/43 درصد است.

## Identification of broken needle in single jersey circular knitting machine using neural network on yarn fluctuations signals

Mohsen Pazhoohiyani<sup>1</sup>, Majid Moavenian<sup>1\*</sup>, Mohammad Ehsan Momeni Heravi<sup>2</sup>

1- Department of Mechanical Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

2- Department of Mathematics, Islamic Azad University of Mashhad Branch, Mashhad, Iran

\* P.O.B. 91779-48974 Mashhad, Iran, moaven@um.ac.ir

### ARTICLE INFORMATION

Original Research Paper  
Received 14 August 2014  
Accepted 02 October 2014  
Available Online 15 November 2014

### Keywords:

Fault detection  
Single jersey circular knitting machine  
Neural network  
Wavelet

### ABSTRACT

The quality of knitted fabric in circular knitting machines is highly sensitive to any undesired changes in the mechanism and components involved. For instance, a broken needle causes defects on the surface of knitted fabric. Consequently, in order to increase the quality and reduce production cost, rapid detection and diagnosis of defected needles on industrial circular weft knitting machines is a crucial need. In these machines when the yarn is pulled down by the needles to knit a loop, the created yarn tension causes fluctuations in the feeding yarn flow. The aim of the present research is to identify broken needle defects and their numbers during yarn feeding in a circular knitting machine, employing neural network analysis on yarn fluctuation signals. The experimental procedures were designed so that three needle defected conditions were implemented on an industrial circular knitting machine. The yarn fluctuation signals were captured and saved, then, using wavelet the contaminated signal noise was removed. Statistical and wavelet analysis are implemented to produce the required features. Finally the capability of neuro network for classification of four groups of data including healthy, one, two and four broken needles were examined. The results show that 99.43 % accurate distinction of broken needles is achieved in 50 iterations.

### 1- مقدمه

عیوب پارچه هستند. نظر به این‌که برای تشخیص عیوب در صنایع بافتندگی اغلب از نیروی انسانی استفاده می‌شود لذا جایگزینی روش معمول با سامانه‌های هوشمند، جهت افزایش راندمان و کاهش هزینه‌های ناشی از ضایعات تولید امری ضروری است.

ماشین‌آلات گردباف دسته‌ای از ماشین‌های بافتندگی حلقوی پودی محسوب می‌شوند که از رایج‌ترین ماشین‌آلات تولید پارچه، پوشاک و جوراب هستند. نزدیک به 85 درصد عیوبی که در صنعت پوشاک پدیدار می‌شوند مربوط به

Please cite this article using:

M. Pazhoohiyani, M. Moavenian, M. E. Momeni Heravi, Identification of broken needle in single jersey circular knitting machine using neural network on yarn fluctuations signals, *Modares Mechanical Engineering*, Vol. 14, No. 16, pp. 339-348, 2015 (In Persian)

برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:

M. Pazhoohiyani, M. Moavenian, M. E. Momeni Heravi, Identification of broken needle in single jersey circular knitting machine using neural network on yarn fluctuations signals, *Modares Mechanical Engineering*, Vol. 14, No. 16, pp. 339-348, 2015 (In Persian)

است. در این تحقیق برای تشخیص عیوب بافت، از یک سامانه بازرسی بر مبنای بینایی ماشین برای بازرسی پارچه‌های گردباف در حین تولید استفاده شده است که از پارچه در حال بافت بر روی ماشین گردباف تصویر برداری شده و سپس با کمک یک شبکه عصبی پیش‌خور پس انتشار خطا، نوع عیب محتوی در آن شناسایی می‌گردد [3-5].

در تحقیقات دیگری که بروی ماشین‌آلات گردباف توسط کاترینو و همکارانش در دانشگاه مینهو<sup>2</sup> انجام شده است، از نیروی کششی نخ به عنوان منبع اطلاعاتی جهت کنترل پروسه بافندگی حلقوی استفاده شده است. تغییر در فرایند بافندگی سبب افزایش و یا کاهش نیروی کششی نخ خواهد شد که از طریق شکل موج نیروی کششی نخ قابل تشخیص است. در این روش از طریق پایش نیروی کشش نخ ورودی عیوب مربوط به سوزن‌های معیوب بررسی شده است [6,7].

در جدیدترین تحقیقی که در این زمینه صورت گرفته است مومنی هروی و همکارانش پایش نوسانات حرکتی جریان نخ در حال تغذیه را برای وضعیت‌سنجی ماشین‌آلات گردباف پیشنهاد نموده‌اند [8]. در تحقیق فوق جهت ثبت رفتار نوسانی نخ، سامانه‌ای طراحی و ساخته شده است که قابلیت داده‌برداری، انتقال و ذخیره‌سازی نوسانات جریان نخ را، با دقت بالا، خطای کم و عدم تماس مستقیم، دارا می‌باشد.

هدف تحقیق حاضر شناسایی عیب سوزن شکسته و تعداد آن‌ها در ماشین گردباف یکروسپیندر با استفاده از شبکه عصبی بر روی سیگنال‌های نوسانی جریان حرکتی نخ است که تاکنون به‌کارگیری تکنیک فوق در تحقیقات قبلی انجام نگردیده و روش پیشنهادی می‌تواند به توسعه ابزاری جهت نگهداری و تعمیرات پیش‌بینانه در سیستم‌های عیب‌یابی ماشین‌آلات گردباف منجر گردد.

شبکه‌های عصبی مصنوعی یک ابزار ریاضی توسعه و الهام گرفته شده از سیستم بیولوژیکی و عصبی انسان می‌باشند [9]. انتخاب بردار ویژگی<sup>3</sup> مهم‌ترین پارامتر مؤثر در طراحی یک شبکه عصبی کارآمد به شمار می‌آید. بردار ویژگی که به‌عنوان ورودی به شبکه تزریق می‌گردد، نمایانگر خلاصه‌ای از مهم‌ترین ویژگی‌های مسئله برای شناسایی و طبقه‌بندی الگوهاست. یکی از ساده‌ترین روش‌های دستیابی به یک ورودی مناسب به شبکه عصبی، استفاده از سیگنال‌های نوسانی است که به‌طور گسترده در پایش و عیب‌یابی ماشین‌آلات صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند [10].

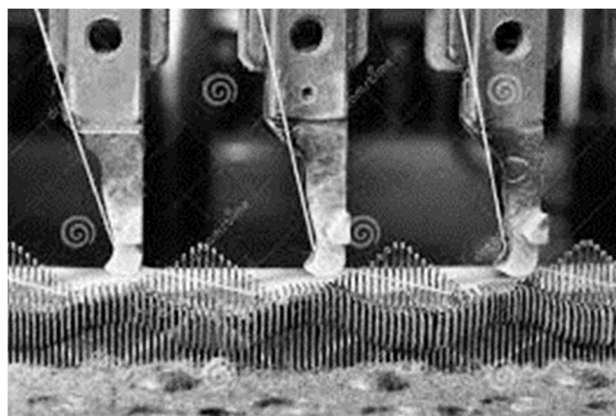
سیگنال‌های نوسانی معمولاً آغشته به نویز می‌باشند. لذا برای فراهم آوردن بردار ویژگی مناسب، از روش‌های متفاوت پردازش سیگنال برای پیش‌پردازش<sup>4</sup> سیگنال‌های نوسانی استفاده می‌شود. در این میان آنالیز موجک<sup>5</sup> که یکی از روش‌های مبتنی بر آنالیز زمان-فرکانس می‌باشد از مهم‌ترین و کارآمدترین آن‌ها در عیب‌یابی برای سیگنال‌های ایستا و غیرایستا<sup>6</sup> به شمار می‌رود، توانایی فراهم آوردن اطلاعات در هر دو حوزه زمان و فرکانس را به صورت هم‌زمان دارا می‌باشد.

در اوایل 1990 لدوک برای آنالیز نویزهای یک سیستم پمپ سانتریفیوژ از آنالیز موجک استفاده کرد [11]. مامو و دیاس [12] دو تبدیل فوریه و موجک را برای استخراج ویژگی، به منظور عیب‌یابی یک سیستم توزیع قدرت استفاده کردند و دریافتند که نتایج موجک بسیار بهتر از فوریه است. تسه و

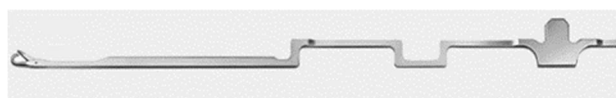
پیچیدگی و ظرافت مکانیزم بافت، کثرت تعداد سوزن‌های به‌کار گرفته شده (شکل 1)، همچنین ویژگی‌های تخصصی طراحی و تولید سوزن‌ها که نمونه‌ای از آن در شکل 2 نشان داده شده است، ساختار بافت پارچه‌های حلقوی پودی را نسبت به بروز پدیده سوزن شکسته بسیار حساس نموده است (شکل 3). این آسیب سبب پیدایش عیب خطوط عمودی در سطح پارچه تولیدی خواهد شد که تنها پس از بافت مقدار قابل توجهی از پارچه قابل تشخیص است [1].

روش‌های تشخیص و طبقه‌بندی عیوب در صنایع نساجی و بخصوص در بخش بافندگی، در سال‌های اخیر موضوع تحقیقات متعددی بوده است. بیشتر این تحقیقات بر روی پارچه‌های تار-پودی و غالباً از تکنیک پردازش تصویر جهت ارائه سیستم‌های عیب‌یاب استفاده شده است. روش‌های مختلفی که از میانگین و انحراف معیار تقسیمات کوچکی از تصویر اصلی<sup>1</sup>، ماتریس پیشامد سطوح خاکستری و بعد فراکتال تصاویر استفاده می‌کنند جهت توصیف عیوب پارچه بهره گرفته شده است [1].

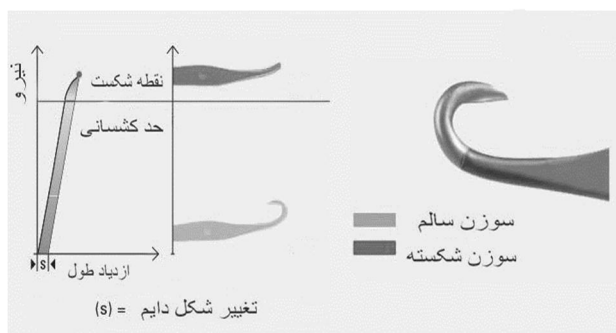
در تحقیقات مربوط به تشخیص عیوب، بخش بافندگی گردباف نسبت به بافندگی تار-پودی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در تحقیقی که توسط قاضی سعیدی و همکارانش صورت گرفته از روش سامانه‌های هوشمند مبتنی بر بینایی رایانه‌ای برای درجه‌بندی پارچه‌های گردباف استفاده شده



شکل 1 نمایی از سوزن‌ها در ماشین گردباف [2]



شکل 2 نمایی از سوزن بافت [2]



شکل 3 نمایی شماتیک از رفتار مکانیکی سوزن سالم و سوزن شکسته [2]

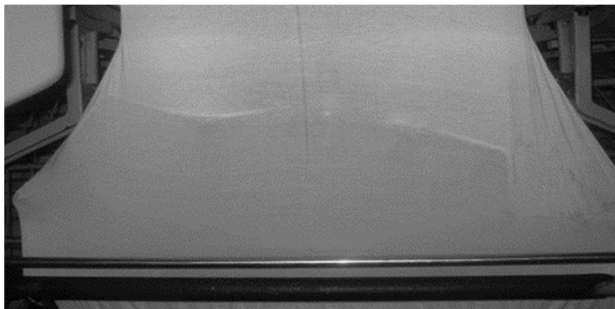
2- Minho  
3- Feature vector  
4- Preprocessing  
5- Wavelet analysis  
6- Nonstationary

نظر گرفته شد که توسط برنامه نوشته شده برحسب نیاز قابل تنظیم است. ضمناً جمع‌آوری و پردازش اطلاعات نیز با نرم‌افزار متلب<sup>5</sup> انجام شده

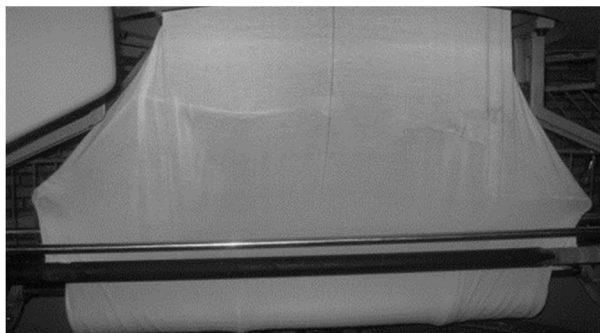
### 2-3- تجربیات

آزمایش‌ها به‌گونه‌ای طرح‌ریزی شدند که در ابتدا پارچه با نخ پلی‌استر فیلامنت نمره 150 دنیر تحت عنوان وضعیت سالم بافته شد. سرعت ماشین گردباف یکروسپیندر 15 دور بر دقیقه تنظیم شد و از نوسانات جریان تغذیه نخ در این وضعیت 30 نمونه‌برداری توسط سامانه ثبت گردید. به منظور شبیه‌سازی وضعیت معیوب، در سه نوبت بر روی ماشین گردباف تعداد یک، دو و چهار سوزن شکسته قرار داده شد و از نوسانات حرکتی نخ در این سه وضعیت نیز 30 نمونه ثبت گردید. لازم به ذکر است که کلیه تنظیمات در ماشین گردباف از جمله نرخ تغذیه نخ و طول حلقه بافت و دیگر تنظیمات در هر چهار وضعیت آزمایشی یکسان بوده و تغییری در آن‌ها داده نشده است. شکل‌های 4 تا 6 عیوب عمودی ایجاد شده در سطح پارچه‌های تولیدی ناشی از وجود سوزن‌های شکسته را نشان می‌دهند.

شکل‌های 4 تا 6 نشان می‌دهند که عیوب شکستگی سوزن گرچه پس از بافت مقدار نسبتاً زیاد پارچه به صورت تجربی، قابل شناسایی وضعیت



شکل 4 اعمال عیب یک سوزن شکسته در پارچه



شکل 5 اعمال عیب دو سوزن شکسته در پارچه



شکل 6 اعمال عیب چهار سوزن شکسته در پارچه

پنگ [13] برای عیب‌یابی رولربیرینگ از موجک و تشخیص پوش<sup>1</sup> استفاده کردند و نشان دادند که موجک از لحاظ زمان محاسبات سریع‌تر عمل می‌کند. مقالات منتشر شده در این زمینه کارایی بالای آنالیز موجک را در شناسایی عیوب تایید می‌کند و نشان می‌دهد که این روش بر بسیاری از روش‌های دیگر برتری دارد.

از طرف دیگر، کازلاس و همکارانش [14] عیوب چرخ‌دنده و بیرینگ گیربکس یک هلیکوپتر را با استفاده از یک شبکه پرسپترون دولایه تقریباً پیچیده با 60 نرون در لایه ورودی، 60 نرون در لایه مخفی و 9 نرون در لایه خروجی طبقه‌بندی کردند. در این تحقیق، تبدیل فوریه سریع<sup>2</sup> برای استخراج بردار ویژگی شبکه عصبی به کار گرفته شد.

سامانتا [15] یک روش جدید برای مقایسه کارایی سیستم عیب‌یابی چرخ‌دنده، با استفاده از شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان<sup>3</sup> که انتخاب مشخصه‌های ورودی توسط الگوریتم ژنتیک بهینه شده بود، ارائه داد. او از سیگنال‌های نوسانی یک گیربکس در حوزه زمان با چرخ‌دنده‌های نرمال و معیوب برای پیش‌پردازش به منظور استخراج بردار ویژگی شبکه استفاده کرد. مشخصه‌های استخراج‌شده از سیگنال‌های اصلی و پیش‌پردازش شده به عنوان ورودی برای هر دو طبقه‌بندی‌کننده بکار برده شدند. استفاده از الگوریتم ژنتیک فقط با 6 عضو در بردار مشخصه برای هر دو طبقه‌بندی‌کننده ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی کارایی 100 درصد را نشان داد و این نشان‌دهنده کارایی بالای هوش مصنوعی در مانیتورینگ ماشین‌آلات دوار است.

در نهایت تحقیقات بر پایه شبکه‌های عصبی را می‌توان به دو دسته تقسیم‌بندی کرد:

الف- سامانه‌های تشخیص وجود یا عدم وجود عیب با کارایی بالا و میزان خطای کم.

ب- سامانه‌های طبقه‌بندی انواع عیوب با کارایی کمتر و میزان خطای بیشتر. به عنوان نمونه شبکه‌های عصبی ایجاد شده با روشی که سامانتا ارائه داد، از نوع الف و شبکه پرمحاسبه و پیچیده‌ای که کازلاس و همکارانش ارائه دادند، از نوع ب هستند. از این رو، برای طراحی یک سیستم طبقه‌بندی‌کننده عیب با کارایی بالا انتخاب بردار ویژگی مناسب به عنوان مهم‌ترین پارامتر در طراحی شبکه عصبی محسوب می‌شود.

## 2- کسب داده‌های تجربی

### 2-1- مشخصات ماشین گردباف

ماشین گردباف مورد استفاده در این تحقیق از نوع یکروسپیندر مدل 2002، ساخت شرکت ولنیت<sup>4</sup>، دارای سیلندری با قطر دهانه 34 اینچ، گیج 26، 4 محل پایه سوزن و تعداد 108 ابزار بافت و 2734 سوزن می‌باشد.

### 2-2- سامانه اندازه‌گیری نوسانات نخ

به‌منظور اندازه‌گیری نوسانات نخ در هنگام تغذیه به ماشین گردباف، از سامانه ثبت نوسانات که در نزدیکی آخرین میله کنترل نخ پارگی و بروی تغذیه‌کننده مثبت نخ، نصب گردیده استفاده شد. از آن‌جا که پدیده نوسان نخ در جریان تغذیه حلقه بافت کاملاً شناخته شده نیست، در طراحی سیستم کسب داده فرکانس نمونه‌برداری سامانه به طور پیش‌فرض 10000 هرتز در

1- Envelope detection  
2- Fast Fourier transform  
3- Support vector machine  
4- WellKnitt

## 3-1- تبدیل موجک

تبدیل موجک یک روش آنالیز در حوزه زمان-فرکانس است با قابلیت آشکار کردن اطلاعاتی از سیگنال فراتر از سایر روش‌ها. در حقیقت با ابداع موجک، تحلیل سیگنال‌های غیرایستا که سایر تبدیلات مانند فوریه قابلیت آنالیز آن‌ها را نداشتند، امکان‌پذیر گردید. آنالیز موجک سیگنال را تجزیه کرده و همبستگی میان تابع موجک و سیگنال را به صورت ضرایب موجک ارائه می‌دهد [16].

آنالیز موجک با دو مفهوم میزان انتقال<sup>2</sup> و مقیاس<sup>3</sup> در ارتباط می‌باشد. انتقال، تابع موجک را در طول محور متغیر انتقال می‌دهد که به صورت ریاضی برای تابع  $f$  در رابطه 1 بیان شده است.

$$f_k(t) = f(t - k) \quad (1)$$

انتقال به نوع و شکل تابع هیچ ارتباطی ندارد و فقط موقعیت تابع را در طول محور متغیر تغییر می‌دهد. مقیاس نیز یک تابع یک-بعده است، برای تابع  $f$  به صورت  $f_a$  بیان می‌شود که در رابطه 2 نشان داده شده است.

$$f_a(t) = f(at) \quad (2)$$

به ازای  $a < 1$  عرض تابع افزایش می‌یابد و در غیر این صورت کاهش می‌یابد.

در تبدیل موجک پیوسته مقیاس و انتقال به صورت پیوسته و در تبدیل موجک گسسته به صورت گسسته تغییر می‌کنند. از این رو، حجم محاسبات در تبدیل موجک پیوسته بالا می‌باشد. به همین منظور در این تحقیق از تبدیل موجک گسسته که بسیار مؤثرتر است استفاده شده است. در این روش،  $a$  و  $b$  که به ترتیب مقیاس و انتقال می‌باشند، در رابطه 3 نشان داده شده است.

$$a = 2^i, b = n2^i \quad (3)$$

تابع موجک در رابطه 4 به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$\psi_{i,j}(t) = 2^{-i/2} \psi(2^i t - n) \quad (4)$$

که  $i$  و  $j$  عدد صحیح و  $\psi(t)$  هم تابع موجک می‌باشند.

تجزیه سیگنال توسط آنالیز موجک با استفاده از دو فیلتر بالاگذر و پایین‌گذر صورت می‌گیرد. به این ترتیب که سیگنال از این دو فیلتر عبور کرده و به دو سیگنال که یکی حاوی فرکانس‌های بالا (جزئیات) و دیگری حاوی فرکانس‌های پایین (تقریب) سیگنال اصلی می‌باشد، تجزیه می‌شود. عمل فیلتر کردن با پیچیدگی<sup>4</sup> سیگنال و فیلتر صورت می‌پذیرد. سپس داده‌های موجود در سیگنال‌های تجزیه شده نمونه‌کاهی<sup>5</sup> می‌شوند. همان‌طور که در رابطه 5 مشاهده می‌شود:

$$f(t) = \sum_{i=1}^{i=j} D_i(t) + A_j(t) \quad (5)$$

$D_i(t)$  جزئیات و  $A_j(t)$  تقریب‌ها در تجزیه سیگنال توسط آنالیز گسسته موجک می‌باشند [16].

انتخاب نوع تابع موجک بر اساس داده‌ها و برای مسائل گوناگون متفاوت می‌باشد. در عیب‌یابی و مانیتورینگ سیستم‌ها، توابع دبوچی<sup>6</sup> که در آن  $N$  مرتبه تابع دبوچی می‌باشد، در مقالات زیادی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. لذا، در این تحقیق از تابع دبوچی مرتبه پنجم<sup>7</sup> برای تجزیه سیگنال‌های نوسانی نخ

می‌باشند لیکن در تعیین تعداد سوزن شکسته و جلوگیری از اتلاف پارچه موفقیتی ندارد.

کل داده‌های مورد استفاده در این تحقیق 87 سیگنال بوده و مدت زمان نمونه‌برداری در هر سیگنال 12/28 ثانیه است. طول هر سیگنال 122880 نمونه داده بوده که 19 سیگنال از وضعیت سالم، 25 سیگنال از وضعیت یک سوزن شکسته، 17 سیگنال از وضعیت دو سوزن شکسته و 26 سیگنال از وضعیت چهار سوزن شکسته مورد استفاده قرار گرفته است.

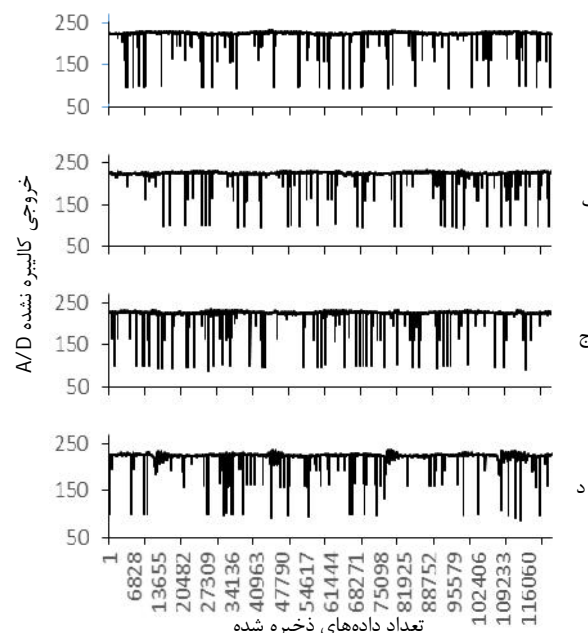
لازم به ذکر است در کلیه مراحل آنالیز سیگنال‌ها عملیات بروی داده‌های عددی خام خروجی  $A/D^1$  بدون اعمال کالیبراسیون صورت پذیرفته است، لهذا از انتصاب واحد برای آن در نمودارهای مربوطه خودداری شده است.

یکسری از سیگنال‌هایی که توسط سامانه از نوسانات حرکتی جریان تغذیه نخ در وضعیت‌های سالم و معیوب ثبت شده‌اند به طور نمونه در شکل 7 آورده شده است. این سیگنال‌ها از ماشین در حال کار گرفته شده‌اند.

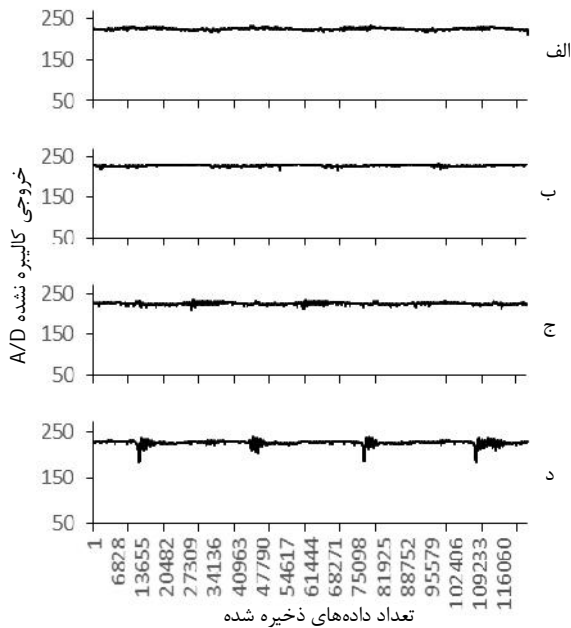
همان‌طور که در شکل 7 مشاهده می‌شود، تشخیص سیگنال‌ها از یکدیگر در چهار وضعیت آزمایشی، به دلیل نویزهایی با فرکانس بالا که بصورت خطوط عمودی نمایانگر شده‌اند، تقریباً غیرممکن است. بدین ترتیب فرآیند حذف نویزهای موجود در سیگنال‌ها به منظور دستیابی به سیگنال‌های مناسب جهت پردازش الزامی می‌نماید.

## 3- پیش پردازش

سیگنال‌های بدست‌آمده از نوسانات حرکتی جریان نخ، به دلیل ساختار حس‌گر مورد استفاده و حجم بالای نمونه برداری در ثانیه حاوی نویز نسبتاً زیادی است. به منظور حذف نویز سیگنال‌ها روش‌های متعددی وجود دارند. با توجه به قابلیت‌های روش آنالیز موجک و اثبات کارایی آن که در مقدمه به آن‌ها اشاره شد، در این پژوهش از تبدیل موجک جهت پیش‌پردازش سیگنال‌ها بهره گرفته شده است.



شکل 7 سیگنال‌های ثبت شده توسط سامانه ثبت نوسانات جریان تغذیه نخ (الف سالم ب) یک سوزن شکسته ج) دو سوزن شکسته د) چهار سوزن شکسته



شکل 9 سیگنال‌های بدست آمده از حذف نویز سیگنال‌های شکل 7 (الف سالم ب) یک سوزن شکسته ج) دو سوزن شکسته د) چهار سوزن شکسته

#### 4- استخراج ویژگی

در مرحله استخراج ویژگی، داده‌ها به وسیله تبدیل‌های خطی یا غیرخطی به فضای ویژگی با ابعاد کمتر انتقال می‌یابند. سیستم تشخیص عیب برای تعیین تعداد سوزن‌های شکسته به اطلاعاتی در مورد ویژگی‌های سیگنال نوسانات نخ نیازمند است. بنابراین برای تفکیک و تشخیص تعداد سوزن‌های شکسته لازم است بردار ویژگی انتخاب شده، هم ویژگی‌های زمانی و هم فرکانسی را دارا باشد.

روش‌های مختلفی برای استخراج ویژگی از سیگنال‌ها وجود دارد که یکی از آن‌ها استفاده از تبدیل‌های آماری می‌باشد [17, 18]. این روش با توجه به نوع و حجم زیاد داده‌های موجود، دقت و سرعت عمل مناسبی دارد. با بررسی ویژگی آماری مختلف و مقایسه میزان توانایی هر ویژگی برای دسته‌بندی سیگنال‌ها نهایتاً 6 ویژگی برای ضریب مرتبه هشتم موجک و 9 ویژگی برای سیگنال بدون نویز در نظر گرفته شده است.

#### 4-1- ویژگی‌های موجک

با توجه به این که ضرایب موجک قادرند اطلاعات زمان-فرکانس سیگنال را به طور توأم توصیف کنند، انتخاب بسیار مناسبی برای استخراج ویژگی از سیگنال نوسان نخ خواهد بود. در این راستا باید تعداد سطوح تجزیه و نوع موجک مشخص شوند. تعداد سطوح تجزیه براساس مؤلفه فرکانسی غالب سیگنال به گونه‌ای انتخاب می‌شود که اطلاعات بخش‌هایی از سیگنال که با فرکانس مورد نیاز برای طبقه‌بندی سیگنال به خوبی مطابقت دارند، در ضرایب موجک حفظ شوند.

با بررسی‌های انجام شده بر روی ضرایب موجک و مقایسه ویژگی‌های استخراج شده از جزئیات مختلف، مشاهده گردید که تنها جزئیات مرتبه 8 حاوی اطلاعات مفیدی برای دسته‌بندی سوزن‌های شکسته در این سیگنال‌ها هستند. بنابراین با در نظر گرفتن جزئیات مرتبه 8 تمامی سیگنال‌ها، عملیات استخراج ویژگی بر روی آن‌ها انجام شده است.

پس از بررسی تبدیل‌ها و عملیات آماری مختلف بر روی جزئیات انتخاب

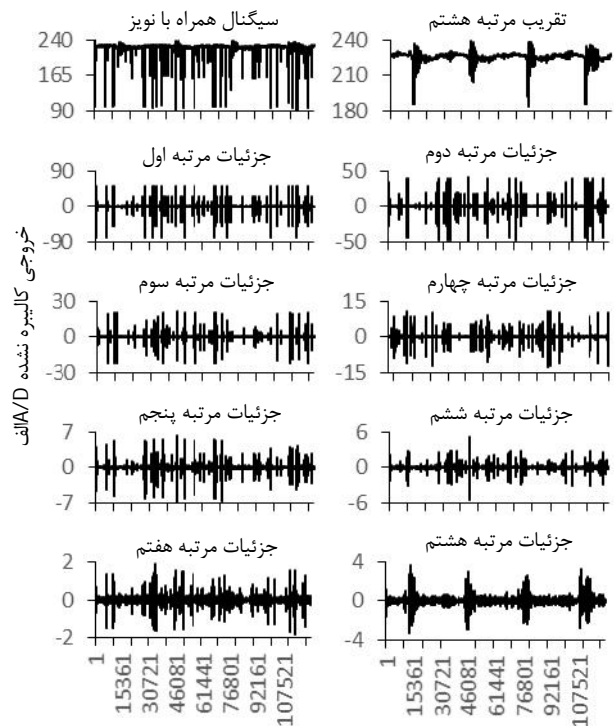
در 8 سطح استفاده شده، و از جزئیات سطح هشتم<sup>1</sup> بردار ویژگی استخراج شده است [16].

#### 3-2- حذف نویز با استفاده از تبدیل موجک

نویزهای موجود به صورت خطوطی با ارتفاع زیاد در زیر سیگنال‌ها مشاهده می‌شوند که به معنای تغییرات زیاد در فاصله‌ی زمانی کم و بیانگر زیاد بودن فرکانس است که نویز با فرکانس بالا محسوب می‌شوند. وجود این نویزها تحلیل سیگنال و همچنین استخراج ویژگی‌های زمانی از آن‌ها را با مشکل مواجه می‌کند، در نتیجه میزان خطا در فرآیند عیب‌یابی و دسته‌بندی تعداد سوزن‌های شکسته افزایش می‌یابد.

بررسی سیگنال‌ها نشان می‌دهد در فرکانس‌های بالا حاوی اطلاعات مفیدی برای طبقه‌بندی کردن داده‌ها نیستند، با حذف این فرکانس‌ها تفاوت چهار دسته سیگنال واضح‌تر شده و قسمت مفید و برجسته‌ای از سیگنال حذف نمی‌شود. بدین ترتیب برای حذف نویزها می‌بایست مشخصات با فرکانس بالا از سیگنال حذف شوند.

جزئیات مراحل اول موجک شامل فرکانس‌های بالا است. فرآیند حذف فرکانس‌های بالا با اعمال تبدیل موجک دبوچی مرتبه پنجم در 8 سطح و حذف جزئیات مراحل اولیه انجام می‌شود. با حذف جزئیات مرحله اول، دوم و سوم<sup>2</sup> و بازسازی مجدد سیگنال، نویز موجود در سیگنال‌ها حذف خواهند شد. نمونه‌ای از سیگنال نوسان نخ (آغشته به نویز) همراه با ضرایب موجک آن تا 8 سطح تجزیه با استفاده از موجک دبوچی مرتبه پنج در شکل 8 نشان داده شده است. در این شکل سیگنال همراه با نویز، تقریب مرتبه 8 و جزئیات نشان داده شده است. همچنین شکل 9 چهار نمونه از سیگنال‌هایی که با استفاده از آنالیز موجک، نویز آن‌ها حذف شده‌اند را نشان می‌دهد.



شکل 8 نمونه‌ای از سیگنال نوسان نخ (آغشته به نویز) به همراه ضرایب موجک آن تا 8 سطح

1- cD8  
2- cD1, cD2, cD3

یک فاصله مشخص کمتر از بقیه حالت‌ها است). به این ترتیب با تمام این ویژگی‌ها تا حدود زیادی می‌توان دسته‌های مختلف را از یکدیگر تشخیص داد.

#### 4-2- ویژگی‌های زمانی

ویژگی‌های زمانی می‌توانند حاوی اطلاعاتی باشد که در ویژگی‌های موجک موجود نیستند. برای توصیف کامل‌تر سیگنال‌های نوسانی نخ، علاوه بر ویژگی‌های موجک از ویژگی‌های زمانی نیز استفاده شده است. در این تحقیق 9 ویژگی زمانی برای تشخیص مؤلفه‌های شناختی از سیگنال نوسانی نخ مورد استفاده قرار گرفتند که در جدول 2 معرفی شده‌اند.

ویژگی‌های زمانی استخراج شده برای سیگنال‌ها در چهار وضعیت آزمایشات در شکل 11 نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود تمام سیگنال‌ها حداقل در یک یا چند ویژگی از بقیه کاملاً متمایز هستند.

#### 5- ترکیب و کاهش ابعاد ویژگی

در بسیاری از موارد، برای یافتن دانش نهفته در داده‌ها، تمامی ویژگی‌های استخراج شده از داده‌ها مورد نیاز نیستند. به عبارتی با ادغام ویژگی‌ها و یا حذف برخی از آن‌ها اطلاعات قابل ملاحظه‌ای از داده‌ها از بین نمی‌رود. ضمن اینکه زیاد بودن تعداد ویژگی‌ها باعث بالا رفتن حجم محاسبات می‌شود و در بسیاری از موارد لازم است از بین ویژگی‌های زیاد، به صورت انتخابی عمل کرد و یا اینکه ویژگی‌های زیاد را با هم ادغام نموده و ویژگی‌های مناسب‌تر و با ابعاد کمتر استخراج شوند. از جمله روش‌های انتخاب و ادغام ویژگی‌ها به ترتیب استفاده از الگوریتم ژنتیک و استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی<sup>1</sup> است. در تحقیق حاضر برای کاهش ابعاد ویژگی از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی استفاده شده است.

#### 5-1 روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی

در روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی، محورهای مختصات جدیدی برای داده‌ها تعریف می‌شود، به گونه‌ای که نخستین محور در جهتی قرار می‌گیرد که واریانس داده‌ها بیشینه است و دومین محور نیز عمود بر محور اول در نظر گرفته می‌شود و به همین ترتیب، محورهای بعدی عمود بر تمامی محورهای قبلی به گونه‌ای قرار می‌گیرند که واریانس داده‌ها در آن جهت بیشینه باشد [19].

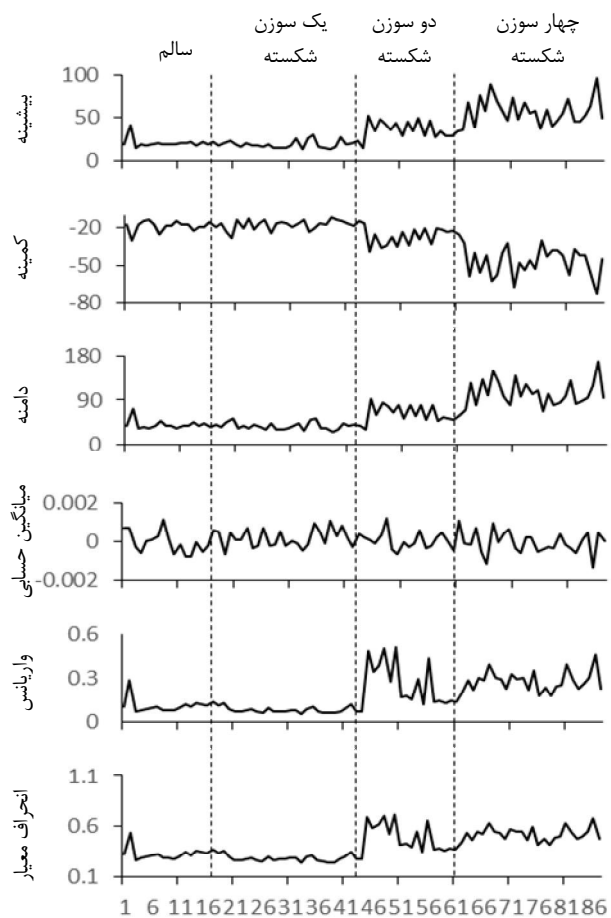
جدول 2 ویژگی‌های زمانی

| عنوان اختصاری | ویژگی               |
|---------------|---------------------|
| Max           | دامنه بیشینه سیگنال |
| Min           | دامنه کمینه سیگنال  |
| Range         | دامنه               |
| Mean          | میانگین حسابی       |
| Geomean       | میانگین هندسی       |
| Hammean       | میانگین هارمونیک    |
| Median        | میانه               |
| Var           | واریانس             |
| Std           | انحراف معیار        |

شده، در نهایت 6 ویژگی کمینه، بیشینه، دامنه، میانگین حسابی، واریانس و انحراف معیار برای دسته‌بندی سیگنال‌ها مناسب تشخیص داده شدند که در جدول 1 آمده است. در شکل 10 ویژگی‌های موجک استخراج شده از سیگنال‌ها در چهار وضعیت آزمایشات نشان داده شده است. خط‌های عمودی مشخص‌کننده‌ی مرز دسته‌بندی‌های مختلف است که به ترتیب از سمت چپ (روی محور افقی)، سیگنال‌های 1 تا 19 سالم، سیگنال‌های 20 تا 44 یک سوزن شکسته، سیگنال‌های 45 تا 61 دو سوزن شکسته و سیگنال‌های 62 تا 87 چهار سوزن شکسته است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، هر کدام از دسته‌ها در یک ویژگی کاملاً قابل تمایز و تشخیص هستند. به عنوان مثال، سه ویژگی مینیمم، ماکزیمم و دامنه در حالت چهار سوزن شکسته از دسته‌های دیگر کاملاً متمایز است (در برخی ویژگی‌ها با یک فاصله مشخص، بیشتر از حالت سالم و عیب‌های دیگر است و در برخی ویژگی‌ها با

جدول 1 ویژگی‌های ضرایب موجک

| عنوان اختصاری | ویژگی               |
|---------------|---------------------|
| Min           | دامنه کمینه سیگنال  |
| Max           | دامنه بیشینه سیگنال |
| Range         | دامنه               |
| mean          | میانگین حسابی       |
| Var           | واریانس             |
| Std           | انحراف معیار        |



شکل 10 ویژگی‌های استخراج شده از ضرایب موجک سیگنال

1- PCA (Principal Component Analysis)

تحلیل مولفه‌های اصلی باعث می‌شود بخش‌های حائز اهمیت از بین ویژگی‌های استخراج شده (بخش‌هایی که باعث تمایز دسته‌های مختلف می‌شود) باقی بمانند و بخش‌های کم‌اهمیت آن حذف شوند. بنابراین با اعمال روش تحلیل مولفه‌های اصلی علاوه بر کاهش زمان طبقه‌بندی داده‌ها، به علت حذف بخش‌های غیرمفید از ویژگی‌ها، دقت طبقه‌بندی کننده افزایش خواهد یافت [20].

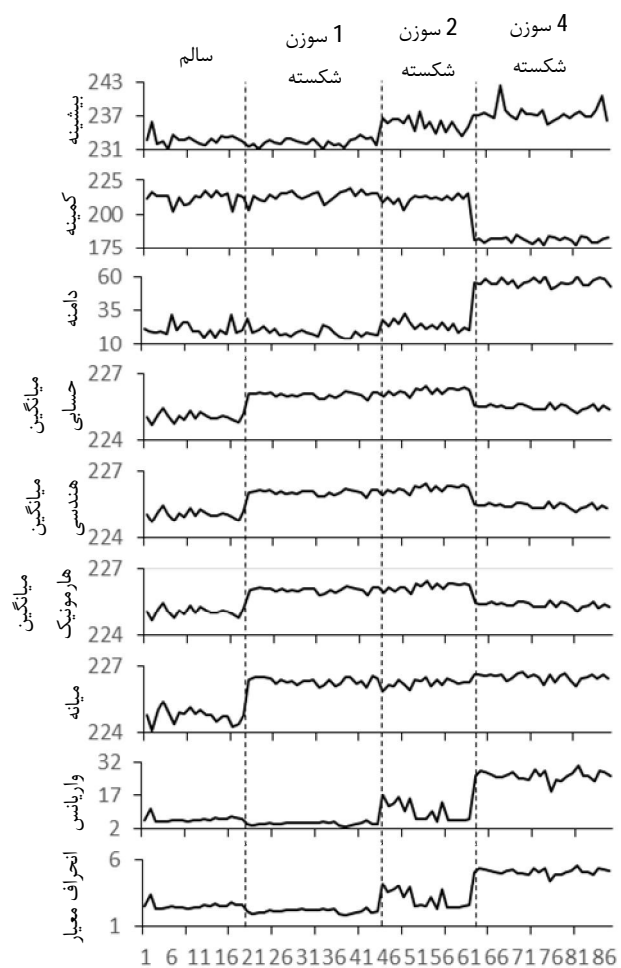
### 6- ساختار پیشنهادی برای طبقه‌بندی

از مرسوم‌ترین انواع شبکه‌های عصبی، شبکه عصبی پرسپترون چندلایه<sup>1</sup> است که به طور موفقیت‌آمیزی در بازه وسیعی از کاربردها از جمله طبقه‌بندی داده‌ها مورد استفاده قرار گرفته است [21]. در به‌کارگیری شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه دو پارامتر انتخاب معماری و انتخاب الگوریتم آموزشی مناسب از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردارند. معماری مناسب مبتنی بر انتخاب بهینه تعداد لایه‌ها، تعداد نرون‌ها در هر لایه و نوع تابع تحریک هر نرون می‌باشد و معماری بهینه شبکه‌های عصبی بر پایه مجموعه داده‌ها و ویژگی‌های آن استوار است. از متداول‌ترین الگوریتم‌های آموزشی، الگوریتم پس انتشار خطا<sup>2</sup> است که در این الگوریتم در هر مرحله مقدار خروجی محاسبه شده جدید، با مقدار واقعی مقایسه شده و با توجه به خطای بدست‌آمده به اصلاح وزن‌های شبکه پرداخته می‌شود. اساس کمینه‌سازی خطا، حرکت بر روی بردار گرادیان تابع مربعات خطای شبکه می‌باشد. مشکل الگوریتم پس انتشار خطا، همگرایی دیر و توقف در نقاط بهینه محلی می‌باشد [22]. الگوریتم‌های مختلفی برای پس انتشار خطا وجود دارد. با توجه به اینکه الگوریتم شیب توأم مقیاس<sup>3</sup> شده برای دسته‌بندی داده‌ها تا حد خوبی دقیق و سریع می‌باشد. بنابراین معماری شبکه از نوع الگوریتم شیب توأم مقیاس شده انتخاب گردید [23].

### 6-1- طبقه‌بندی کننده پرسپترون چندلایه

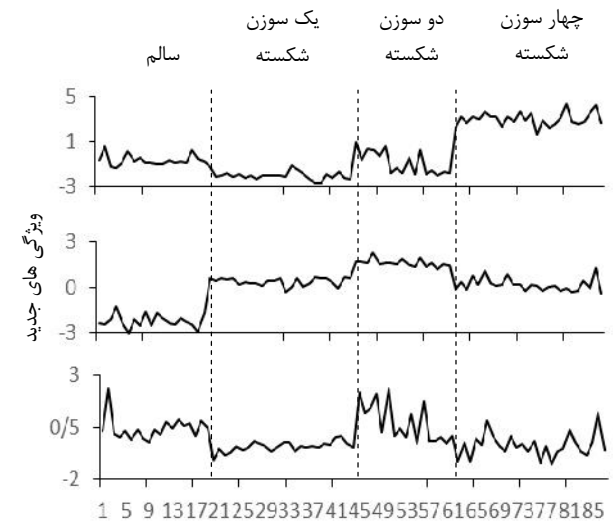
افزایش تعداد لایه‌های میانی، شبکه را قادر به درک پیچیدگی‌های بیشتری خواهد کرد. از نظر ریاضی در نظر گرفتن تعداد لایه میانی بیشتر به معنی افزایش توان کدگذاری و کدبرداری بین ورودی‌ها و خروجی‌هاست. از طرف دیگر، افزایش بیش از حد لایه‌های میانی باعث پایین آمدن کارایی آموزشی شبکه می‌شود. در این تحقیق از شبکه عصبی پرسپترون سه‌لایه (یک لایه پنهان) استفاده شده است [17].

افزایش بیش از حد تعداد گره‌ها سرعت همگرایی را پایین می‌آورد. این در حالی است که کاهش بیش از حد تعداد گره‌ها باعث کم شدن توان تجزیه و تحلیل شبکه و پیرو آن کم شدن قدرت پیش‌گویی نهایی شبکه می‌شود [24]. بدین ترتیب در این تحقیق از یک شبکه عصبی پرسپترون با یک لایه میانی استفاده شده است. در لایه ورودی به تعداد ویژگی‌های استخراج شده (3 ویژگی) و در لایه خارجی به اندازه تعداد دسته‌ها (4 دسته) نرون در نظر گرفته شده است. اندازه یک لایه مخفی عموماً به طور تجربی بدست می‌آید. به طور معمول، تعداد نرون‌های لایه‌های مجاور به هم ارتباط دارد. تعداد نرون‌های لایه‌های بعدی می‌تواند نصف و یا چند برابر تعداد نرون‌های لایه قبلی باشد. برای یافتن تعداد نرون‌های مناسب برای لایه میانی نتیجه شبکه عصبی برای تعداد نرون‌های مختلف از 3 تا 30 در شکل 13 نشان داده شده است.



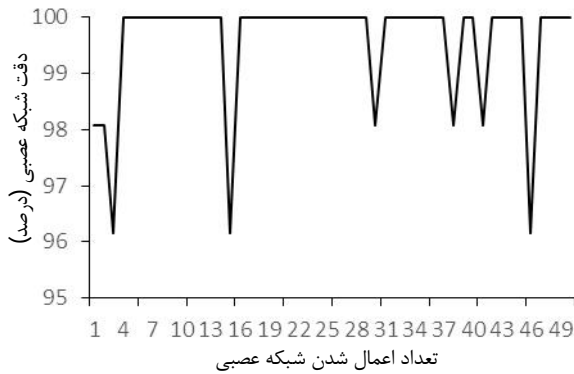
شکل 11 نمایش ویژگی‌های استخراج شده از سیگنال

این روش برای تمام 87 سیگنال نوسان نخ استفاده شد. با توجه به معرفی 6 ویژگی موجک و 9 ویژگی زمانی در هر سیگنال، بردار ویژگی استخراج شده دارای 15 مؤلفه است که با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی به 3 مؤلفه کاهش پیدا می‌کند که در شکل 12 نشان داده شده است. برای طبقه‌بندی داده‌ها از این ویژگی‌ها استفاده می‌شود.

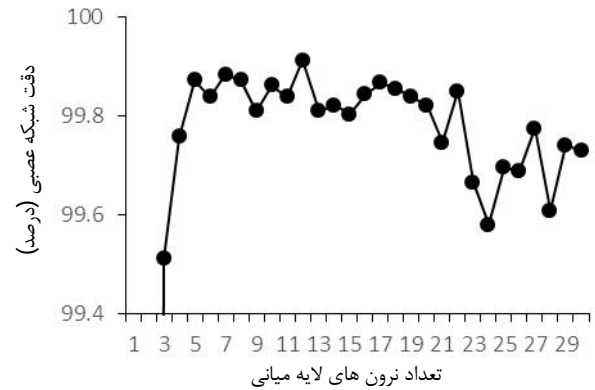


شکل 12 سه ویژگی بدست آمده از اعمال تحلیل مولفه‌های اصلی

1- MLP  
2- Error Back Propagation  
3- Trainscg (Scaled Conjugate Gradient)



شکل 15 کارایی شبکه برای داده‌های تست در 50 مرتبه تکرار

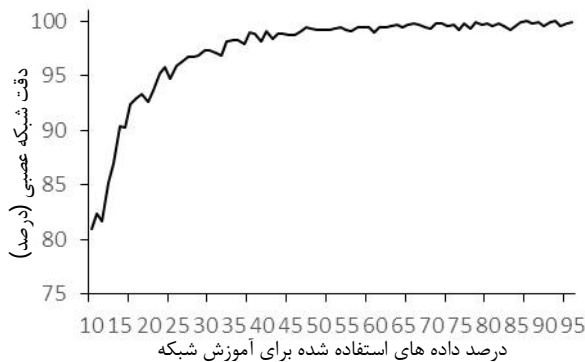


شکل 13 نتیجه شبکه عصبی با 50 مرتبه تکرار برای تعداد نرون‌های مختلف از 3 تا 30

## 2-6- سنجش حساسیت

روش‌های مختلفی تحت نام سنجش حساسیت برای استخراج قوانین حاکم بر مدل هدف به کار برده می‌شوند. مطالعه حاضر به بررسی تاثیر درصد داده‌های مورد استفاده برای آموزش شبکه، میزان تاثیر هر دسته عیب بر میزان دقت شبکه و هر ویژگی ورودی به شبکه، بر دقت طبقه‌بندی می‌پردازد. در شکل 16 تاثیر آموزش شبکه با استفاده از 10 تا 95 درصد کل داده‌ها نشان داده شده است.

مطابق شکل 16 مشاهده می‌شود که به ازای استفاده از 50 درصد (44 داده آموزشی) و بیش از 50 درصد داده‌ها برای آموزش شبکه، دقت شبکه تغییرات زیادی نخواهد کرد و بین 99 تا 99/95 درصد تغییر خواهد کرد. برای بررسی تاثیر هر دسته از داده‌ها بر میزان دقت و خطای شبکه، تاثیر حذف کردن هر دسته داده بر دقت شبکه در جدول 4 نمایش داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با حذف دسته سالم، یک سوزن شکسته و دو سوزن شکسته دقت شبکه افزایش می‌یابد. بنابراین تشخیص این سه دسته از یکدیگر مشکل می‌باشد و شبکه در تشخیص این سه دسته دچار خطای بیشتری خواهد شد.



شکل 16 دقت شبکه برای داده‌های تست به ازای استفاده از درصد داده‌ها مختلف برای آموزش شبکه

### جدول 4 دقت طبقه‌بندی کننده در غیاب هر دسته از داده‌ها

| دسته‌های حذف شده از طبقه‌بندی | دقت طبقه‌بندی (درصد) |
|-------------------------------|----------------------|
| -                             | 99/58                |
| سالم                          | 99/8                 |
| یک سوزن شکسته                 | 99/89                |
| دو سوزن شکسته                 | 99/81                |
| چهار سوزن شکسته               | 99/3                 |

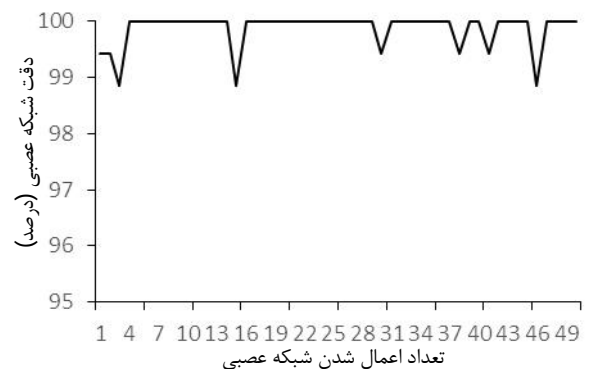
در شکل 13 مشاهده می‌شود بهترین نتیجه برای شبکه عصبی انتخابی زمانی است که 12 نرون در لایه میانی باشد.

بنابراین پارامترهای شبکه عصبی انتخابی به شرح جدول 3 می‌باشد. کارایی این شبکه در طبقه‌بندی دسته‌های مختلف برای کل داده‌های آموزشی در شکل 14 نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که صحت عملکرد این طبقه‌بندی کننده برای تمام داده‌ها در پنجاه مرتبه تکرار حدود 99/87 درصد است.

همچنین کارایی این شبکه در طبقه‌بندی دسته‌های مختلف برای داده‌های تست در شکل 15 نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که صحت عملکرد این طبقه‌بندی کننده برای داده‌های تست حدود 99/58 درصد است.

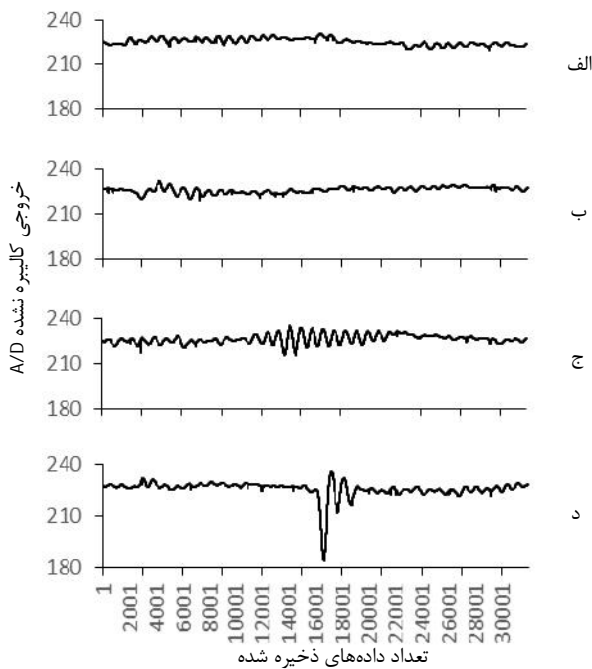
### جدول 3 پارامترهای به کار رفته در شبکه عصبی

| نوع پارامتر                                | مقدار              |
|--|--------------------|
| نوع شبکه                                   | پرسپترون چند لایه  |
| تابع آموزشی                                | شیب توأم مقیاس شده |
| تعداد نرون ورودی                           | 3                  |
| تعداد نرون لایه پنهان                      | 12                 |
| تعداد نرون خروجی                           | 4                  |
| درصد داده‌های مورد استفاده برای آموزش شبکه | 70                 |
| تعداد تکرار شبکه                           | 50                 |



شکل 14 کارایی شبکه برای کل داده‌ها در 50 مرتبه تکرار





شکل 17 سیگنال‌های بدون نویز استخراج شده از یک دور چرخش ماشین گردباف (الف) سالم (ب) یک سوزن شکسته (ج) دو سوزن شکسته (د) چهار سوزن شکسته

## 7-2- کاهش فرکانس داده‌ها

سرعت عمل در جریان پایش وضعیت و شناسایی ظهور عیب همواره مورد توجه متخصصین امر بوده است. از آنجا که روش مطرح شده در این پژوهش وابستگی قابل توجهی به زمان صرف شده در مراحل ثبت، ذخیره و پردازش سیگنال‌های نوسانی جریان نخ دارد، لذا کاهش حداکثری میزان ذخیره و زمان صرف شده در آنالیز آن‌ها برای دستیابی به سیستمی با بازده مناسب از اهداف مهم است. بدین منظور با حذف یک در میان داده‌ها، فرکانس داده-برداری از 10000 هرتز به 5000 هرتز کاهش و تا رسیدن به کمترین فرکانس مناسب برای تشخیص شکستگی سوزن ادامه پیدا کرده است. در جدول 6 فرکانس‌های کاهش داده شده و میزان صحت عملکرد آن‌ها برای کل سیگنال‌ها و نیز سیگنال‌های تست نشان داده شده است. در شکل 18 به‌طور نمونه، سیگنال با فرکانس داده‌برداری 312 هرتز پس از حذف نویز نمایش داده شده است. ستون سمت چپ زمان مورد نیاز برای تمام مراحل پردازش سیگنال در فرکانس‌های مختلف را نشان می‌دهد. این آزمون‌ها در یک لپ‌تاپ با پردازشگر دوهسته‌ای انجام شده است.

جدول 6 صحت عملکرد کل سیگنال‌ها و سیگنال‌های تست در فرکانس‌های مختلف

| فرکانس داده‌برداری | صحت عملکرد برای کل سیگنال‌ها | صحت عملکرد برای سیگنال‌های تست | مدت‌زمان (ثانیه) |
|--------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------|
| 10000              | 98/90                        | 96/33                          | 9/945            |
| 5000               | 98/14                        | 93/82                          | 8/079            |
| 2500               | 97/60                        | 93/64                          | 6/617            |
| 1250               | 97/06                        | 92                             | 6/819            |
| 625                | 96/21                        | 90/49                          | 6/525            |
| 312                | 95/79                        | 89/21                          | 6/307            |

با حذف دسته چهار سوزن شکسته دقت شبکه کاهش می‌یابد. این نشان می‌دهد شبکه در تشخیص این دسته خطای کمتری نسبت به تشخیص دسته‌های دیگر دارد.

در مجموع با توجه به اینکه دقت شبکه در غیاب هر یک از دسته‌ها تفاوت بسیار کمی با حضور تمامی دسته‌ها دارد (دقت تمام حالت‌ها بالای 99/3 درصد می‌باشد) می‌توان نتیجه گرفت که حساسیت شبکه برای دسته‌های مختلف تفاوت زیادی ندارد.

برای طبقه‌بندی داده‌ها، سه ویژگی از هر داده به شبکه عصبی وارد می‌شود (ویژگی‌های اول، دوم و سوم حاصل از تحلیل مولفه‌های اصلی). به‌منظور بررسی تاثیر هر ویژگی در طبقه‌بندی داده‌ها، عملکرد شبکه به ازای هر ویژگی به تنهایی بررسی شده است که در جدول 5 نمایش داده شده است. با توجه به نتایج جدول 5 مشاهده می‌شود که ویژگی دوم حاصل از تحلیل مولفه‌های اصلی بیشترین اهمیت و نقش را در طبقه‌بندی داده‌ها دارد. ویژگی اول و سوم به ترتیب در مراتب بعدی اهمیت قرار دارند.

## 7- کاهش حجم داده‌ها

فرکانس داده‌برداری برای تشخیص شکستگی سوزن در این تحقیق 10000 هرتز بوده است. ذخیره سیگنال‌ها با فرکانس بالا گرچه با دربرداشتن جزئیات فرکانسی زیاد موجب افزایش دقت تشخیص می‌شود، لیکن دو اشکال عمده به همراه دارد. اول نویز بیشتر هنگام داده‌برداری، دوم حجم بالای محاسبات در پردازش سیگنال‌ها. لذا بررسی اثر کاهش حجم ضروری به نظر می‌رسد.

## 7-1- بررسی شکستگی سوزن در یک دور

سیگنال‌های موجود از چرخش کمتر از 4 دور ماشین گردباف بدست آمده است. با انتخاب داده‌هایی به طول 3/2 ثانیه که زمان یک دور چرخیدن دستگاه می‌باشد، سه سیگنال با یک دور چرخش استخراج و در نهایت 261 سیگنال به دست می‌آید. شکل 17 چهار دسته سیگنال بدون نویز در یک دور چرخش ماشین گردباف را نشان می‌دهد.

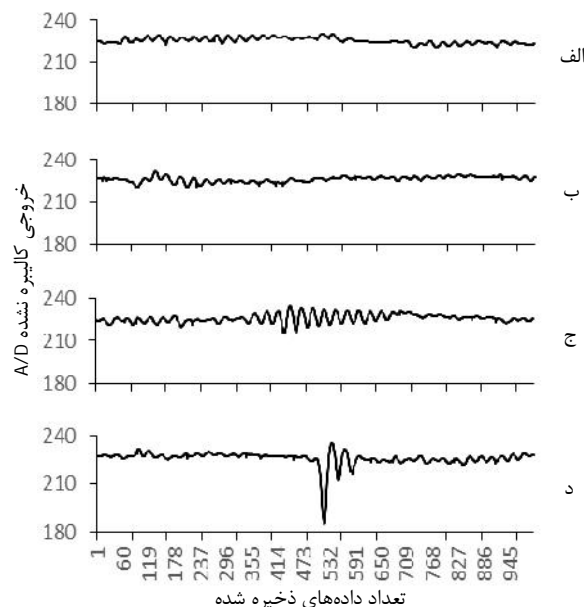
با تکرار مراحل قبل بر روی داده‌های یک دور چرخش ماشین، مشاهده می‌شود که صحت عملکرد این طبقه‌بندی کننده برای تمام داده‌های آموزش و تست در یک دور، در پنجاه مرتبه تکرار حدود 98/9 درصد است. همچنین صحت عملکرد برای داده‌های تست در یک دور، در پنجاه مرتبه تکرار حدود 96/33 درصد است. همانطور که مشاهده می‌شود دقت عملکرد الگوریتم مورد استفاده در عین کاهش زیاد بار محاسباتی و کاهش زمان یافتن عیب، به اندازه کافی بالا می‌باشد.

پی بردن به شکستگی سوزن در طول یک دور گردش ماشین گردباف، حجم پردازش‌ها را به یک‌چهارم کاهش خواهد داد. ضمن آنکه یافتن عیب در یک دور گردش ماشین، از بافته شدن پارچه معیوب جلوگیری کرده و هزینه‌های اتلاف پارچه کاهش خواهد یافت.

جدول 5 تاثیر هر ویژگی ورودی به شبکه بر دقت طبقه‌بندی

| ویژگی مورد استفاده در شبکه             | دقت طبقه‌بندی (درصد) |
|--|----------------------|
| تمام ویژگی‌ها                          | 99/58                |
| ویژگی اول حاصل از تحلیل مولفه‌های اصلی | 88/71                |
| ویژگی دوم حاصل از تحلیل مولفه‌های اصلی | 94/21                |
| ویژگی سوم حاصل از تحلیل مولفه‌های اصلی | 76/86                |

- [3] R. Ghazi Saeidi, *Circular knitted fabric grading using on-line defect detection and classification*, PhD Thesis, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Iran, 2004. (in persian)
- [4] R. Ghazi Saeidi, M. Latifi, S. Shaikhzadeh Najar, A. Ghazi Saeidi, Computer vision aided fabric inspection system for on-circular knitting machine, *Textile Research Journal*, Vol. 75, No. 2, pp. 492-497, 2005.
- [5] S. Shaikhzadeh Najar, R. Ghazi Saeidi, M. Latifi, A. Ghazi Saeidi, A.H. Rezaei, Detecting Defects in Weft-knitted Fabrics Using Texture-Recognition Methods, *Research Journal of Textile and Apparel*, Vol.8, No.2, 2004.
- [6] A. Catrino, A. Rocha, L. M. Joao, *Monitoring Knitting Process through Yarn Input Tension: New Developments*, Proceedings of IECON, ISBN 0-7803-7475-4, 2002.
- [7] M. D. Araújo, A. Catarino, H. Hong, Process Control for Total Quality in Circular Knitting, *AUTEX Research Journal*, Vol. 1, No 1, pp. 21-29, 1999.
- [8] M. E. Momeni Heravi, S. Shaikhzadeh Najar, M. Moavenian, M. E. Yazdandshenas, Effect of Knitted Loop Length on the Fluctuation Amplitude of Yarn Fed into a Circular Weft-Knitting Machine using a New Opto-Electro Device, *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, Vol. 22, 4(106), pp. 81-86, 2014.
- [9] A. D. Shinde, *A Wavelet packet based sifting process and its application for structural health monitoring*, MSc Thesis, Mechanical Dept. of Worcester polytechnic institute, 2004.
- [10] S. Vafaei, H. Rahnejat, Indicated repeatable runout with wavelet decomposition (IRR-WD) for effective determination of bearing-induced vibration, *Journal of sound and vibration*, Vol. 260, pp. 67-82, 2003.
- [11] Z. K. Peng, F. L. Chu, Application of the wavelet transform in machine condition monitoring and fault diagnostics: a review with bibliography, *Mechanical systems and signal processing*, Vol. 18, pp. 199-221, 2004.
- [12] J. A. Momoh, L. G. Dias, Solar dynamic power system fault diagnostics, in *NASA Conference Publication 10189*, pp. 19, 1996.
- [13] P. W. Tse, Y. H. Peng, R. Yam, Wavelet analysis and envelope detection for rolling element bearing fault diagnosis-their effectiveness and flexibilities, *Journal of vibration and acoustics*, Vol. 123, pp. 303-310, 2001.
- [14] P. T. Kazlas, P. T. Monsen, M. J. LeBlanc, Neural network-based helicopter gearbox health monitoring system, in *Proceeding of*, 431-440.
- [15] B. Samanta, K. R. Al-Balushi, S. A. Al-Araimi, Artificial neural networks and support vector machines with genetic algorithm for bearing fault detection, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Vol. 16, No. 7-8, pp. 657-665, 2003.
- [16] S. Mallat, *A Wavelet Tour of Signal Processing*, Third Edition: The Sparse Way: Academic Press, 2008.
- [17] O. Mokhlesi, N. Mehrshad, S. M. Razavi, Structures using a combination of neural networks to detect cardiac arrhythmias using wavelet features and temporal integration, *Intelligent Systems in Electrical Engineering*, Vol. 2, No. 1, pp. 1-16, 2011. (in persian)
- [18] A. K. Jain, M. N. Murty, P. J. Flynn, Data clustering: a review, *ACM Comput. Surv.*, Vol. 31, No. 3, pp. 264-323, 1999.
- [19] M. Tafarroj, H. Kalani, M. Moavenian, A. Ghanbarzadeh, An application of principal component analysis method in wood defects identification, *Journal of the Indian Academy of Wood Science*, Vol. 11, No. 1, pp. 33-38, 2014.
- [20] M. Z. Susac, N. Sarlija, S. Pfeifer, Combining PCA analysis and artificial neural networks in modelling entrepreneurial intentions of students, *Croatian Operational Research Review (CRORR)*, Vol. 4, pp. 306-317, 2013.
- [21] L. M. Silva, J. M. d. Sa, L. A. Alexandre, Data classification with multilayer perceptrons using a generalized error function, *Neural Netw.*, Vol. 21, No. 9, pp. 1302-1310, 2008.
- [22] A. Kaashefi Kaaviani, S. A. Poormusavi Kaani, A. Jahan bani ardakani, Training multilayer neural networks using PSO algorithm, in *Eighth International Conference on Intelligent systems, Ferdowsi university of mashhad*, mashhad, 2005. (in persian)
- [23] M. Kia, Neural network in MATLAB, *Kian Rayane*, Vol. 1, No. 1, pp. 88-105, 2006.
- [24] M. Moavenian, H. Khorrami, A qualitative comparison of Artificial Neural Networks and Support Vector Machines in ECG arrhythmias classification, *Expert Systems with Applications*, Vol. 37, No. 4, pp. 3088-3093, 2010.



شکل 18 سیگنال‌های بدون نویز که از یک دور چرخش دستگاه با فرکانس 312 هرتز به دست آمده است (الف) سالم (ب) یک سوزن شکسته (ج) دو سوزن شکسته (د) چهار سوزن شکسته

## 8- نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که استفاده از سامانه ثبت نوسانات نخ همراه با اجرای الگوریتم کم‌حجم و سریع می‌تواند عیب شکستگی سوزن را در ماشین گردباف یکروسپیندر با دقت بالا و در زمان کوتاه تشخیص و تا حدود زیادی هزینه‌های ناشی از ضایعات پارچه را حذف نماید. الگوریتم جدید پیشنهادی در این تحقیق با استفاده از آنالیز موجک برای حذف نویز، استخراج ویژگی از جزئیات به‌دست‌آمده از تبدیل موجک و همچنین استخراج ویژگی‌های زمانی از سیگنال‌های نوسانی نخ، کاهش تعداد مؤلفه‌های بردار ویژگی استخراج شده با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی و در نهایت استفاده از یک شبکه عصبی پرسپترون چندلایه کم‌حجم با ساختار گرادیان مزدوج مقیاس شده، از دقت بالا و جواب‌های مطلوب برخوردار است. نتایج حاصل نشان دادند کاهش فرکانس داده‌برداری سیگنال‌های نوسانی نخ تا حد 312 هرتز و پوشش طول سیگنال در حد یک دور بدون تاثیر قابل توجه در صحت عملکرد، باعث افزایش سرعت شناسایی شکستگی سوزن‌ها همراه با دقت مطلوب می‌گردد.

## 9- مراجع

- [1] M. E. Momeni Heravi, *Fault detection of circular weft-knitted fabrics in knitting zone by vibration detection of yarn movement*, PhD Thesis, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Iran, 2012. (in persian)
- [2] *Higher product quality*, Accessed: 20Aug 2014; [https://www.grozbeckert.com/cms/en/products\\_services/knitting/kn\\_products/kn\\_needles/kn\\_g00\\_technology](https://www.grozbeckert.com/cms/en/products_services/knitting/kn_products/kn_needles/kn_g00_technology).