مجله مهندسی مکانیک و ارتعاشات، تابستان ۱۳۹۹، دوره ۱۱، شماره ۲، ص‌ص ۷-۱۱

فصلنامه

مهندسی مکانیک و ارتعاشات

jvibme.semnaniau.ac.ir

پیش بینی اثر لقی سیستم دوار در حضور و غیاب عیوب مکانیکی با استفاده از شبکه عصبی و الگوریتم ازدحام ذرات

مجتبی حسنلو

آزمایشگاه پایش وضعیت و سلامت، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)

* پست الکترونیکی HasanluMojtaba@gmail.com

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی کامل

دریافت: ۱۸ فروردین ۱۳۹۹

پذیرش: ۳۱ مرداد ۱۳۹۹

ارائه در سایت: ۳۱ مرداد ۱۳۹۹

کلیدواژگان

عیوب مکانیکی

لقی

شبکه عصبی مصنوعی

الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات

چکیده

بررسی اثر لقی سیستم دوار در حضور و غیاب عیوب مکانیکی با استفاده از شبکه عصبی و الگوریتم ازدحام ذرات موضوع مورد بحث در این مقاله می باشد. عیوب متعددی در سیستم های مکانیکی در صنایع مختلف موجب کاهش راندمان و عملکرد سیستم ها می گردد که پیش بینی و ارائه راه حل به موقع جهت رفع عیوب سیستم میتواند سیستم را فعال نگه دارد و از خسارت های جبران ناپذیر به مجموعه جلوگیری نماید. حال سیستم دوار که متشکل از شفت، پروانه، یاتاقان و موتور بعنوان اجزای اصلی سیستم های دوار بوده که معمولا عیوب میتواند از یکی از اجزاء سازنده بروز نماید. به همین دلیل در این مقاله یک سیستم دوار دارای چندین دیسک که در انتها و اواسط شفت نصب گردیده است در یک دور مشخص شروع به گردش می نماید. حال عیوب وارد بر سیستم را اعم از خرابی یاتاقان، نابالانسی دیسک ها و نامیزانی شفت(آفست – زاویه ای) از قبل درنظر گرفته و حال با اضافه کردن عیب دیگری تحت عنوان لقی تکیه گاه های موتور و یاتاقان ها سیستم را با کوپلینگ ۴ نوع مختلف عیب ابتدا با استفاده از روش تبدیل سریع فوریه فرکانس ها و جابجایی های عمودی شفت در محل دو یاتاقان استخراج نموده و سپس اثر لقی تکیه گاه ها را در حالت حضور و عدم حضور عیوب دیگر مورد بررسی قرار میگیرد. حال برای دستیابی به یک مدل بهینه از شبکه عصبی بهمراه الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات تک هدفه استفاده می کنیم بدین صورت که یکبار فرکانس های سیستم معیوب و بدون بعنوان ورودی شبکه عصبی معرفی میگردند و خروجی مطلوب آن فرکانس سیستم در حالتی که سیستم هیچ گونه عیبی ندارد مدلسازی می شود و سپس در مرحله بعد فرآیند قبل جهت مدل سازی بیهنه با شبکه عصبی را با استفاده از جابجایی های معیوب(وروی شبکه عصبی) و جابجایی سیستم (ورودی مطلوب) مورد ارزیابی قرار میگیرد.

Clearance Prediction of Rotary System with and without Mechanical Diagnosis by Using Artificial Neural Networks and Particle Swarm Optimization

M.Hasanlu

Health and Condition Monitoring Laboratory, Engineering Faculty, Imam Khomeini International University

*P.O.B: HasanluMojtaba@gmail.com

Article Information

Original Research Paper

Received 6 April 2020

ABSTRACT

Considering Clearance Prediction of Rotary System with and without Mechanical Diagnosis by Using Artificial Neural Networks and Particle Swarm

Please cite this article using:

برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:

Mojtaba hasanlu Clearance Prediction of Rotary System with and without Mechanical Diagnosis by Using Artificial Neural Networks and Particle Swarm Optimization, *Journal of Mechanical Engineering and Vibration*, Vol. 11, No. 2, pp. 7-11, 2020 (In Persian)

Accepted 21 August 2020
Available Online 21 August 2020

Keywords
Mechanical Faults
Clearance
Artificial Neural Network
Particle Swarm Optimization Algorithm

Optimization, is the main aim of this paper. In mechanical systems in various industries, are causing to reduce efficiency and performance of systems. So, prediction and problem-solving for mechanical faults that cannot be harmful on systems, as well, and were dealing to prevent from so many problems and negative impact on them. Now, rotary system is including shaft, propeller, bearing and motor which are main components and also mechanical faults always occur and show on these components. Due to in this paper, we are discussing about one rotary shaft and multidisc were fixed on middle and end of the shaft and rotary system worked in static and constant rotation. Now we want to analysis multi-diagnoses such as unhealthy bearing, unbalancing disc, and misalignments (offset and angular) bedsides clearance on bolts which located on bearing and electrical motor supports. In the other hand, these faults were coupled each other at the same time. Firstly, by using Fast Fourier Transform (FFT), it was monitored and secondly, artificial neural networks (ANN) besides particle swarm optimization (PSO) were used to condition monitoring, simultaneously. According to ANN-PSO, there were explained data as input and output (target) which were considered shaft displacements in mechanical degradation and health conditions, respectively.

۱- مقدمه

ارزیابی و نگهداری دقیق و به موقع سیستم های مکانیکی در صنایع میتواند از بروز بسیاری از عیوب، خرابی و مشکلات جلوگیری نماید. از اینرو، پالایش و سلامت سنجی اجزاء سازنده سیستم ها میتواند از حیث راندمان و عملکرد مناسب حیاتی باشد. زیدآبادی[۱] به کمک آنالیز ارتعاشات، نابالانسی جرمی موجود در پروانه پمپ آب برگشتی کارخانه تغلیظ میدوک را مورد ارزیابی قرارداده است و در پایان با مقایسه وضعیت ارتعاشی تجهیز، قبل از تشخیص عیب و بعد از رفع آن اهمیت پایش وضعیت مشخص گردید. گلهبان و همکاران[۲] , ضمن معرفی روش آنالیز کارایی (PCM) و قابلیتهای آن، چند نمونه از کاربردهای آن در نیروگاه برقابی مارون و ترکیب آن با سایر روشهای پایش وضعیت مورد بررسی قرار گرفته است. کندی و هاشمی[۳] تعیین میزان اثربخشی فعالیتهای تعمیراتی بعنوان حلقه مفقوده برنا مه های پایش وضعیت را مورد بررسی قرار داده و نمونه هایی از بازرسی، قبل و پس از انجام فعالیتهای تعمیراتی بهمراه محاسبات تلفات ناشی از عدم اجرای صحیح برنامه ها داده اند. فاطمه افشارنیا و همکاران با استفاده از عکسهای فروگرافی حاصل از نمونه های روغن آماده شده دستی نشان دادن که ذرات فرسایشی از سه فلز معمول بخوبی مطابق با رنگ آنها از طریق عکسهای فروگراف قابل تشخیص هستنند. این روش یک تشخیص اولیه با استفاده از توصیف رنگ ذرات فرسایشی بوسیله عکسهای فروگراف می باشد. طهرانی و همکاران[۴] ارتعاشی موتور فن بخار CCM شرکت ذوب و نورد کرمان مورد بررسی قرار داده اند که طی بررسی های شرایط تجهیز از قبیل دما و ارتعاش متوجه رشد فرسایش در یاتاقان های که افزایش ارتعاشات را به نتیجه بر این شد که به واحد بهره CM دنبال داشته است. که پس از تحت نظر گرفتن تجهیز و استفاده از تکنیک های بردار برای تمیز کاری فن و سرویس تجهیز اعلام گردد. حسین طهرانی و همکاران[۵]ارتعاشی موتورگیربکس استند یک شرکت ذوب و نورد کرمان را مورد بررسی دادند که طی بررسی های شرایط تجهیز از قبیل دما و ارتعاش متوجه افزایش فرسایش در چرخ دنده ها که خرابی بیرینگ ها و ایجاد ناهنجاری در سطح درگیری دندانه ها را در پی دارد که پس از اعلام به واحد بهره بردار پس از دمونتاژ خرابی گیربکس اثبات شد و گیربکس دمونتاژ و به کارگاه تعمیرات منتقل گردید .داودآبادی[۶] با ارائه نتایج آزمایشهای عمر پرشتاب یاتاقانهای غلتشی، روند خرابی و تشخیص زود هنگام عیب با استفاده از خصیصه های ارتعاشات و شاکپالس ارائه داده است. نتایج گزارش شده حاکی از موفقیت خصیصه شاکپالس در تشخیص زود هنگام وقوع خرابی و نوع آن نسبت به ارتعاشات است. مهدوی فر و همکاران[۷] تشخیص عیب خرابی یاتاقان در موتور الکتریکی با استفاده آنالیز مشخصه جریان الکتریکی استاتور را مورد بررسی قرار داده اند. در این روش شناسایی از طریق تبدیل فوریه و تبدیل موجک گسسته توسط نرم افزار متلب انجام شده برای این منظور در یک یاتاقان دو سطح از خرابی ایجاد شده و نتایج برای این خرابی ها مورد بررسی قرار گرفته است. داموغ و همکاران[۸] به کمک آنالیز ارتعاشات عیب لقی را مورد بررسی قرار داده است. اقبالی دهکردی و همکاران[۹]تاثیر لقی و فرسودگی در گیربکس را با استفاده از طیف فرکانسی مورد بررسی قرار داده اند. سلمانیان و همکاران[۱۰]شناخت و تشخیص لقّی خارجی بیرینگ و بررسی

اقدام اصلاحی مورد بررسی قرار داده اند و نشان دادند که می توان با روشی مطمئن و مقرون به صرفه از نظر زمان و هزینه، این مشکل را حل کرد. جنیدی پور و اسدی[۱۲]در مقاله خود, پیشبینی عمر باقیمانده بیرینگهای پینیون آسیای تر کارخانه هماتیت به کمک روش شبکه عصبی را مورد بررسی قرار داده اند. و به این نتیجه رسیدند که بررسی نتایج بدست آمده از حل شبکه عصبی نشان میدهد که مقادیر پیشبینی شده همخوانی خوبی با مقادیر واقعی دارند. از سوی دیگر، با توجه به کارایی مطلوب شبکه عصبی میتوان با دقت خوبی از نتایج مذکور در خصوص پیشبینی عمر باقیمانده بیرینگ پینیون آسیاهای مشابه نیز استفاده نمود. در این مقاله با استفاده از ترکیب شبکه عصبی و الگوریتم ازدحام ذرات یک مدل بهینه جهت پیش بینی فرکانس های سیستم در حالتی که عیبی در سیستم رخ دهد ارائه می شود که میتواند بعنوان یک مدل پایه ای برای ارزیابی های دوره ای بعد مورد استفاده قرار گیرید.

۲- تست آزمایشگاهی

سیستم موردبررسی همانند شکل ۱ یک سیستم دوار چند دیسکه که در میانه و انتهای شفت می باشد که فرض بر این شده است که دیسک انتهایی نقش پروانه و دیسک های میانی نقش پولی بعنوان عامل انتقال قدرت باشند. دو سنسور در نقطه بالای یاتاقان ها بصورت عمودی نصب گردیده است و هدف ارزیابی دقیق جابجایی عرضی شفت می باشد.

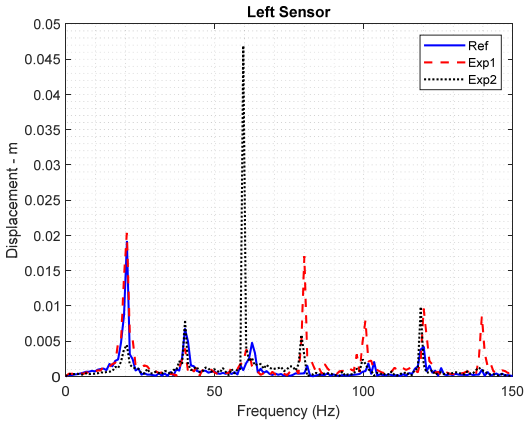
شکل ۱: مدل سیستم دوار ساخته شده برای آزمایش

حال علاوه برعیوب نابالانسی در دیسک ها و ناهمراستایی، براساس شکل ۲، یک یاتاقان خراب جایگزین یاتاقان سالم در سیستم نموده و سپس با شل کردن پیچ های یاتاقان ها و پایه موتور عیب چهارمی تحت عنوان لقی بر سیستم افزوده شده است. عیب سوم که همان خرابی یاتاقان می باشد براساس شکل ۲ بدین صورت است که با ایجاد شیارهای ناهمگون در قطر داخلی یاتاقان فرض براین شده است که یاتاقان در این حالت از عملکرد استاندارد خود برخوردار نیست.

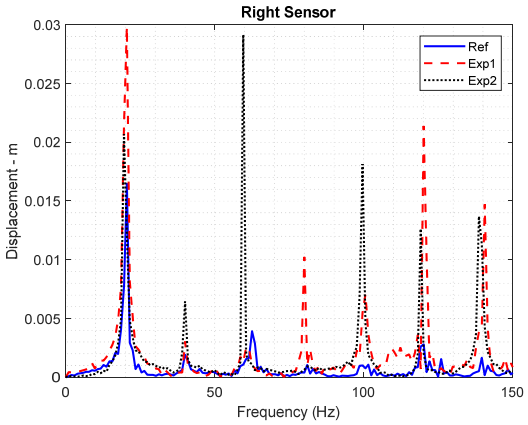
شکل ۲: شیارهای ناهمگون ایجاد شده در یاتاقان بعنوان یک عیب مکانیکی

۳- شبیه سازی

در حالت زمان واقعی، سنسورهای نصب شده بر روی یاتاقان ها براساس روش تبدیل سریع فوریه نسبت تغییرات جابجایی عمودی شفت به فرکانس های هر دوره نوسانی را میتوان مشاهده کرد.

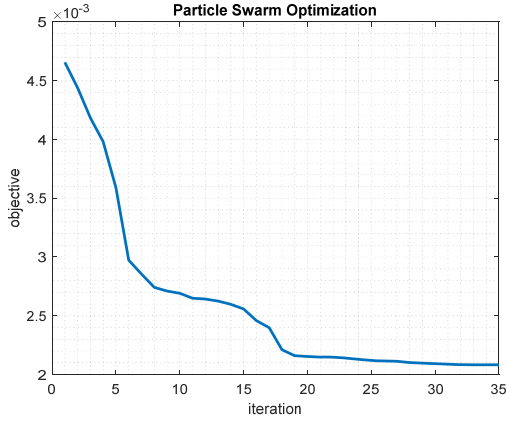


شکل ۳: طیف فرکانس ارتعاشی برای یاتاقان سمت چپ



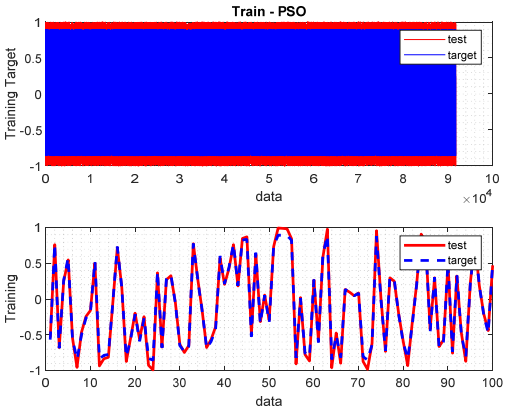
شکل ۴: طیف فرکانس ارتعاشی برای یاتاقان سمت راست

حال جهت انجام فرآیند مدلسازی شبکه عصبی و بهینه سازی با استفاده از الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات بدین صورت می باشد که فرکانس های سیستم بدون عیب بعنوان فرکانس های مرجع (خروجی مطلوب) به شبکه عصبی معرفی گردیده است و سپس فرکانس هایی که در حالت ایجاد عیوب مکانیکی بعنوان فرکانس های کاری (ورودی) به شبکه عصبی معرفی شده است. در شکل ۵ فرآیند بهینه سازی برای ۳۵ بار تکرار گردیده است.

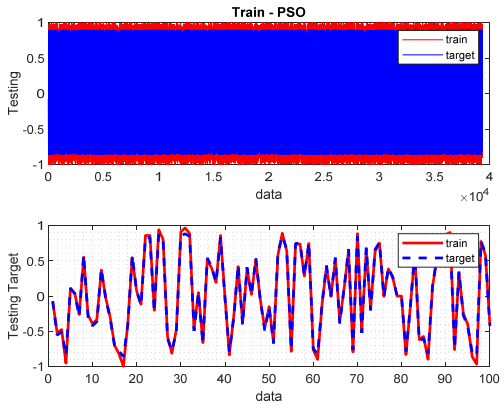


شکل ۵: فرآیند بهینه سازی شبکه عصبی به منظور دستیابی به مدل بهینه فرکانس مطلوب سیستم

نتایج برآمده از شبکه عصبی بهینه شده براساس تصاویر ۶ تا ۸ گویای این مطلب می باشند. ابتدا ۷۰ درصد داده های فرکانسی(شکل۶) استخراج شده از تست آزمایشگاهی بعنوان داده های آموزشی و ۳۰ درصد باقی مانده (شکل۷)بعنوان داده های تست و ارزیابی مدل بهینه شبکه عصبی در نظرگرفته ایم. همچنین برای واضح بودن قدرت عملکرد شبکه عصبی بهینه شده در تصاویر ۶ و ۷ زیرنمودارهایی هم ارائه شده اند که ۱۰۰ داده اول را بوضوح نمایش می دهند که شبکه عصبی توانسته بطورقابل ملاحظه ای فرکانس سیستم سالم و بدون نقص را دنبال نماید.

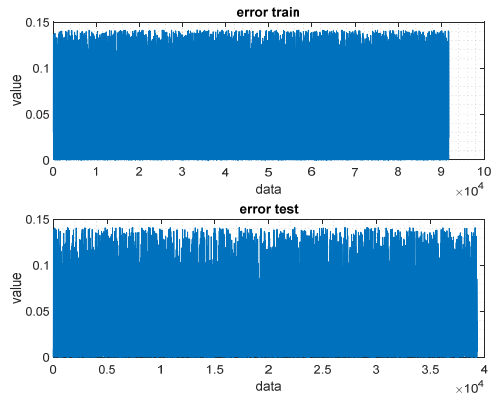


شکل ۶: داده های آموزش داده شده توسط شبکه عصبی بهینه شده



شکل ۷: داده های تست شده توسط شبکه عصبی بهینه شده

براساس زیرنمودارهای تصاویر ۶ و ۷ میتواند میزان خطای مدل عصبی را در نمودار ۸ در طول کل بازه ارزیابی تست آزمایشگاهی مشاهده کرد.



شکل ۸: خطا مراحل آموزش و تست مدل عصبی بهینه شده

۴- نتیجه گیری

در این مقاله با اعمال ۴ عیوب رایج در سیستم های مکانیکی در صنایع اعم از خرابی یاتاقان، نابالانسی، ناهمراستایی و لقی تکیه گاه ها، به ارائه یک مدل بهینه شبکه عصبی پرداخته شده است. از آنجایی که شبکه عصبی وظیفه پیش بینی آینده یک مدل براساس داده های گذشته دارد به تنهایی نمیتواند مدل قابل توجه ای را ارائه نماید به این دلیل که در شبکه عصبی ضرایب وزن دهی موجود هستند که در گذشته بصورت سعی و خطا به آنها دست می یافتند حال برای حل این مشکل (روش سعی و خطا) از یک الگوریتم بهینه سازی هوشمند بهره گرفته شده است که این الگوریتم موظف است که ضرایب وزن دهی مدل عصبی را در کمترین زمان و با بیشترین دقت به مدل عصبی معرفی نماید. هدف اصلی این است که براساس فرکانس سیستم سالم را بعنوان یک مرجع درنظر بگیریم و حال با اعمال عیوب متعدد (کوپلینگ عیوب) فرکانس هایی استخراج شده را به مدل عصبی معرفی نماییم حال شبکه عصبی بهمراه الگوریتم بهینه ساز، با استفاده از فرکانس های سیستم معیوب و ردیابی فرکانس های سیستم سالم، یک مدل بهینه شده را ارائه میکند که این مدل میتواند سلامت سنجی سیستم را برای آینده پیش بینی نماید.

۵- مراجع

[۱] زیدآبادی، سعید، ۱۳۹۷، تشخیص نابالانسی جرمی در پروانه پمپ سانتریفیوژ با آنالیز ارتعاشات، سیزدهمین کنفرانس تخصصی پایش وضعیت و عیب یابی ماشین آلات ایران، تهران، دانشگاه صنعتی شریف،۱۳۹۷.

[۲] گله بان، محمد، رضایی، هادی، درویش پسند، مهدی، بکارگیری آنالیزکارایی (PCM) به عنوان یک روش پایش وضعیت در نیروگاه های برقابی و ترکیب آن با سایر روش های پایش وضعیت، سیزدهمین کنفرانس تخصصی پایش وضعیت و عیب یابی ماشین آلات ایران، تهران، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۹۷.

[۳] کندی، احمد، هاشمی، هما، بررسی و تحلیل میزان اثر بخشی فعالیت های تعمیراتی در برنامه های پایش وضعیت ترموگرافی، سیزدهمین کنفرانس تخصصی پایش وضعیت و عیب یابی ماشین آلات ایران، تهران، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۹۷.

[۴] طهرانی، حسین، شهبازی، کامران، ابدانی، امین، حاج غنی، میثم، دشمیر، حمیدرضا، نیکوزر، امید، کاظم زاده، میثم، بررسی رفتار ارتعاشی موتور فن بخار CCM شرکت ذوب آهن و نورد کرمان، سیزدهمین کنفرانس تخصصی پایش وضعیت و عیب یابی ماشین آلات ایران، تهران، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۹۷.

[۵] طهرانی، حسین، شهبازی، کامران، ابدانی، امین، حاج غنی، میثم، بهرامی، ارسلان، نیکورز، امید، کاظم زاده، میثم، بررسی رفتار ارتعاشی موتور گیربکس استند ۱ شرکت ذوب آهن و نورد کرمان، سیزدهمین کنفرانس تخصصی پایش وضعیت و عیب یابی ماشین آلات ایران، تهران، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۹۷.

[۶] داودآبادی، علی، ارغند، حسام الدین، سماواتیان ، محمد، بهزاد، مهدی، مقایسه روش SPMبا آنالیز ارتعاشات در تشخیص زودهنگام عیب یاتاقان غلتشی، سیزدهمین کنفرانس تخصصی پایش وضعیت و عیب یابی ماشین آلات ایران، تهران، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۹۷.

[۷] مهدوی فر، سعید، بهزاد، مهدی، فیض آبادی، محمدقربان، ورمزیار، محمدرضا، شاهمرادی، ارشد، هنرفر، بابک، مدنیان، رضا، تشخیص عیب خرابی یاتاقان در موتور الکتریکی با استفاده آنالیز مشخصه جریان الکتریکی استاتور و مقایسه آن با ارتعاشات، سیزدهمین کنفرانس تخصصی پایش وضعیت و عیب یابی ماشین آلات ایران، تهران، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۹۷.

[۸] داموغ، احمد، تاج پور، محسن، الهی فر، صمد، عیب یابی باکت B2061 واحد گندله سازی شرکت فولاد خوزستان به کمک آنالیز ارتعاشات، سیزدهمین کنفرانس تخصصی پایش وضعیت و عیب یابی ماشین آلات ایران، تهران، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۹۷.

[۹] اقبالی دهکردی، رضا، حوالاتی، عبدالزهرا، سلمانیان طبسی، مسعود، تاثیر لقی و فرسودگی در گیربکس بر طیف فرکانسی، سیزدهمین کنفرانس تخصصی پایش وضعیت و عیب یابی ماشین آلات ایران، تهران، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۹۷.

[۱۰] سلمانیان، مسعود، حوالاتی، عبدالزهرا، اقبالی دهکردی، رضا، شناخت و تشخیص لقی های بیرینگ و بررسی اقدام اصلاحی، سیزدهمین کنفرانس تخصصی پایش وضعیت و عیب یابی ماشین آلات ایران، تهران، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۹۷.

[۱۱] جنیدی پور، محمد مهدی، اسدی، امیرعباس، پیش بینی عمر باقی مانده بیرینگ های صنعتی به کمک شبکه عصبی(مطالعه موردی: شرکت گل گهر سیرجان)، سیزدهمین کنفرانس تخصصی پایش وضعیت و عیب یابی ماشین آلات ایران، تهران، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۹۷.