



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی  
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون  
پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران  
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



## طراحی و ساخت یک سامانه به منظور بررسی عیوب جعبه دنده با کمک صدا

مهدی زمانی<sup>۱</sup>، محمد ابونجمی<sup>۲\*</sup>، سید رضا حسن بیگی<sup>۳</sup>، رمضان روحی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

\*۲- استادیار گروه فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران پردیس ابوریحان

۳- دانشیار گروه فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

۴- کارشناس ارشد گروه فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

\* نویسنده مسئول:

([abonajmi@ut.ac.ir](mailto:abonajmi@ut.ac.ir))

### چکیده

در این تحقیق جهت بررسی روند تشخیص عیب و پایش وضعیت جعبه دنده ابتدا سامانه‌ای به این منظور طراحی و سپس ساخته شد. صدای حاصل از چرخنده‌های سالم و معیوب به وسیله صدا سنج اخذ و در رایانه جهت پردازش ذخیره گردید. سیگنالهای صوتی بعد از پردازش بوسیله نرم افزار در دو طیف زمانی و فرکانسی مقایسه شدند. با مقایسه طیف فرکانسی، مشاهده شد که عیوب مورد بررسی در این پژوهش که شامل شکستگی و سائیدگی چرخنده می‌باشد با توجه به فرکانس درگیری چرخنده و هارمونیک های آن و نیز باندهای جانبی قابل شناسائی می‌باشد. بنابراین با بررسی طیف فرکانسی سیگنال صوتی حاصل از چرخنده می‌توان پایش وضعیت جعبه دنده‌ها را انجام داد.

**واژه‌های کلیدی:** پایش وضعیت، تبدیل فوریه، جعبه‌دنده، سیگنال‌های صوتی.

### مقدمه

هر سامانه دینامیکی، الکتریکی، هیدرولیکی، یا حرارتی داری علائم مشخصه‌ای است که وضعیت عادی آن دستگاه را در حین کار نشان می‌دهد. تغییر این علائم مشخصه، هر چند به اندازه کم، می‌تواند نشانه‌ای از بروز اشکال و خرابی در سیستم باشد. منظور از پایش وضعیت، تعیین وضعیت سیستم، با اندازه گیری علائم مشخصه آن و بهره‌گیری از این اطلاعات برای پیش بینی خرابی سیستم است (بهزاد و همکاران، ۱۳۸۶). به طور معمول هزینه نگهداری تعمیرات ۵ تا ۶ درصد سرمایه های ثابت است که در صنایع بزرگ و سنگین به ۱۲ درصد هم می‌رسد (حیدریگی و همکاران، ۱۳۸۶). جهت انجام پایش



وضعیت سیستم‌های گوناگون روش‌های مختلفی وجود دارد که آنالیز صوت به عنوان یکی از روش‌های پایش وضعیت ماشین‌های دوار، مورد پذیرش قرار گرفته و بکار می‌رود. جعبه دنده‌ها به‌طور وسیعی در بخش‌های مختلف صنایع و وسائل نقلیه مورد استفاده قرار می‌گیرند. گیربکس‌ها به‌طور کلی از سه جزء اصلی تشکیل می‌شوند: چرخ‌دنده، بلبرینگ و شفت، که حدود ۶۰٪ از عیوب آنها در چرخ‌دنده‌ها اتفاق می‌افتد (وکسینگ و همکاران، ۲۰۰۴). ابراهیمی و همکاران (۲۰۱۳) روش هوشمند تشخیص عیب چرخ‌دنده‌های تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک و سیگنال‌های ارتعاشی حاصله از جعبه‌دنده را توسعه دادند. در این بررسی یک سیستم تشخیص عیب مربوط به چرخ‌دنده‌های تراکتور MF285 به‌صورت تجربی مورد مطالعه قرار گرفت. داده‌های ارتعاشی مربوط به دوره‌های مختلف محور اخذ و پس از تحلیل به کمک تبدیل فوریه جهت طبقه‌بندی داده‌ها از شبکه‌های عصبی مصنوعی و روش الگوریتم ژنتیک استفاده شد. این آزمایش نشان داد که به‌طور کلی میانگین ضریب همبستگی شبکه برای تطابق مکانیزیم تشخیص عیب و سیستم طبقه‌بند مساوی ۹۹/۹٪ می‌باشد (ابراهیمی و همکاران، ۲۰۱۳).

آمارنات و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از درخت تصمیم‌گیری به تحلیل داده‌های صوتی جهت تشخیص عیب یاتاقان پرداختند. در این بررسی دلیل استفاده از تحلیل صوتی بجای تحلیل ارتعاشی ارزان بودن تجهیزات صوتی در مقایسه با مبدل سیگنال‌های ارتعاشی (شتاب سنج‌ها) عنوان شده است و نیز این نکته که به همین دلیل استفاده از عیب‌یابی به کمک تحلیل سیگنال‌های ارتعاشی در صنایع کوچک مقرون‌به‌صرفه نیست. این مقاله درباره تأثیر ویژگی‌ها و تأثیر پارامترهای طبقه‌بندی کننده مختلف در دقت طبقه‌بندی نیز بحث می‌کند (آمارنات و همکاران، ۲۰۱۳).

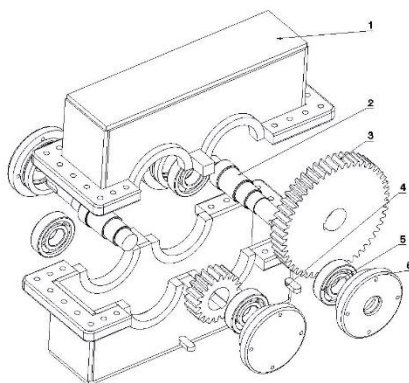
صفری و همایی (۱۳۹۳) به‌منظور عیب‌یابی یک جعبه‌دنده هلیکال با یاتاقان‌های لغزشی از تحلیل صوت به کمک تبدیل فوریه استفاده کردند. در این بررسی طیف زمانی و طیف فرکانسی صدای یاتاقان‌های جعبه‌دنده در حالت پایدار، استخراج و با طیف‌های به دست آمده از تحلیل ارتعاشات مقایسه گردید. به همین منظور صداهای حاصله توسط یک میکروفن و دستگاه ضبط صدا اخذ و پس از پردازش شدت صدا و بعد از آن سرعت متناظر صدای حاصله محاسبه گردید. با مقایسه طیف فرکانس ارتعاشی با طیف فرکانس صدای مربوطه مشاهده می‌شود که هر دو طیف شکل یکسان دارند. بنابراین با استفاده از میکروفن و پردازش سیگنال صوتی، مانند دستگاه شتاب سنج و آنالایزر ارتعاشی، می‌توان پایش وضعیت جعبه‌دنده‌ها را با هزینه کمتر انجام داد (صفری و همایی، ۱۳۹۳). تاکئو و فوجی‌وارا (۱۹۸۲) نشان دادند که آنالیز صدا قادر است عیوب یاتاقان‌ها را زودتر از آنالیز ارتعاشات و قبل از ظاهر شدن آثار قابل اندازه‌گیری با پراب شتاب سنج مشخص کند.

در این تحقیق پس از طراحی و ساخت جعبه‌دنده مورد نظر داده‌های اخذ شده در طیف زمان و فرکانس برای آنالیز صدا و عیب‌یابی مورد بررسی قرار می‌گیرد.



طراحی و ساخت جعبه دنده

جهت جمع آوری داده‌های صوتی ابتدا جعبه دنده‌ای جهت انجام تست‌های مختلف طراحی شد. سپس طرح مذکور در نرم افزار CATIA V5 R20 مدل گردید. نقشه انفجاری مدل مذکور در شکل (۱) نشان داده شده است. اجزاء قابل مشاهده در



شکل ۱- نقشه انفجاری جعبه دنده

به ترتیب شامل: ۱- پوسته جعبه دنده ۲- محور ۳- چرخ‌دنده ۴- خار ۵- بلبرینگ ۶- درپوش می‌باشند. پس از مدل کردن جعبه‌دنده در نرم‌افزار و تهیه نقشه‌های مربوطه مدل مذکور ساخته شد. سامانه ساخته شده در شکل (۲) قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۲- سامانه اخذ داده‌های صوتی

مشخصات الکتروموتور به کار رفته در این سامانه ساخت شرکت موتوژن تبریز می‌باشد که مشخصات آن در جدول (۱) مشخص شده است.

جدول ۱- مشخصات الکتروموتور به کار رفته در سامانه

فرکانس کاری	توان نامی	دور نامی	زاویه فاز
50 Hz	3 KW	1415 RPM	Cosφ: 0.79



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی  
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون  
پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران  
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



جهت جلوگیری از تداخل صدای الکتروموتور با صدای حاصل از جعبه دنده اتاقک آکوستیکی طراحی و ساخته شد که میزان صدا توسط این اتاقک به صورت تجربی اندازه گیری و معادل 20dB برآورد شد. اتاقک ساخته شده از جنس MDF بوده و جهت عایق نمودن این جعبه از سه لایه مواد جاذب استفاده شد که به ترتیب: نمد معمولی، فوم پلی اتیلن و فوم شانه تخم مرغی می باشند. فوم پلی اتیلن به دلیل داشتن خواص ویژه یکی از بهترین ایزولاسیون‌ها و عالی ترین عایق برودت، حرارت، رطوبت و صدا می باشد. فوم شانه تخم مرغی محصولی است از جنس فوم پلی یورتان. این محصول معمولاً برای صداگیری استفاده می شود و می توان از آن به عنوان پوشش آکوستیکی داخلی دیوار، سقف و یا پشت درب مکان‌های مختلف بهره برد.

کالیبره کردن دور الکتروموتور

جهت کالیبره کردن دور الکتروموتور از یک عدد دورسنج نوری- تماسی مدل Lutron DT-1236L که در شکل (۳) قابل مشاهده می باشد، به صورت تماسی استفاده گردید.



شکل ۳- کالیبره کردن دور الکترو موتور به وسیله دورسنج

### جمع آوری و ذخیره داده های صوتی

در این پژوهش از دستگاه صدا سنج مدل HT-157 ساخت کشور ایتالیا استفاده شد. این صدا سنج دارای حساسیتی معادل ۵۰ میلی ولت بر پاسکال می باشد.



شکل ۴- دستگاه صداسنج مدل HT-157



در این پژوهش از یک دستگاه لب‌تاب مدل Lenovo G-550 جهت ذخیره و پردازش داده‌های صوتی استفاده شده است. داده‌های صوتی با نرم‌افزار Cool Edit Pro2.0 در قالب PCM ذخیره شد. دلیل استفاده از این قالب عدم فشردگی سیگنال‌های صوتی می‌باشد. داده‌های صوتی با نرخ داده‌برداری ۴۸۰۰۰ پالس در ثانیه نمونه‌برداری شده و جهت پردازش سیگنال‌های صوتی از نرم‌افزار MATLAB R2014a استفاده شده است.

### پردازش داده‌ها

سامانه‌های پایش وضعیت در حالت کلی دارای سه بخش: کسب داده، پردازش و استخراج ویژگی‌ها از سیگنال و تشخیص عیب می‌باشند. کسب داده، دریافت سیگنال‌های ناشی از ارتعاش، صوت، تغییرات جریان الکتریکی یا سیگنالی که به نحوی بیانگر مشخصه‌ای از سیستم باشد، می‌باشد. پردازش سیگنال و بخش استخراج ویژگی، از مهم‌ترین بخش‌ها در روند پایش وضعیت می‌باشند، که بر اساس آن ویژگی سیستم، اعم از سالم یا معیوب بودن و نوع آن مشخص می‌گردد. هدف اصلی روش‌های استخراج ویژگی، ارائه تبدیل، روش یا ترتیبی است که مؤلفه‌های عیب پنهان شده در یک سیگنال را نمایان سازد. با توجه به اینکه در سیگنال‌ها، دو ویژگی مهم فرکانس و زمان حائز اهمیت است، روش‌های پردازش سیگنال بر اساس این دو ویژگی به سه دسته تقسیم می‌گردند. روش‌های حوزه زمان، روش‌های حوزه فرکانس و روش‌های حوزه زمان-فرکانس. که در این پژوهش از روش پردازش سیگنال در حوزه فرکانس جهت آشکار ساختن عیب استفاده شده است.

### تشخیص نوع عیب جعبه‌دنده با استفاده از تحلیل طیف فرکانسی

در جعبه دنده مذکور خطاها بصورت مصنوعی ایجاد گردید. به جهت بررسی دقیق و تشخیص هر چه بهتر نوع عیب این خطاها در چرخ دنده‌های مجزا ایجاد گردید و یک چرخ‌دنده به‌عنوان چرخ‌دنده شاهد در نظر گرفته شد. علاوه بر این صدای تمامی چرخ‌دنده‌ها در حالت سالم نیز ذخیره گردید که این امر خود موجب تشخیص هر چه بهتر عیب گردید. با توجه به توضیحات گفته شده چهار چرخ‌دنده یکسان در قسمت پینیون جعبه‌دنده استفاده گردید. که چرخ‌دنده اول حالت همواره سالم و شاهد را نشان می‌دهد، چرخ‌دنده دوم دارای عیب سائیدگی می‌باشد که این عیب به‌صورت مصنوعی و سائیدگی یک دندان به اندازه ۱ میلی‌متر ایجاد گردید. چرخ‌دنده سوم با شکستن یک دندان عیب شکستگی چرخ‌دنده را نشان می‌دهد و در چرخ‌دنده سوم هر دو عیب را به‌طور توأم دارد. شرایط فوق بخشی از عیوب چرخ‌دنده‌ها را نشان می‌دهد.

### فرکانس درگیری چرخ‌دنده‌ها و هارمونیک‌های آن

فرکانس درگیری چرخ‌دنده از حاصل ضرب تعداد دندان‌های یک چرخ‌دنده در سرعت دوارن محور آن بدست می‌آید. فرکانس درگیری چرخ‌دنده فقط مربوط به چرخ دنده‌های معیوب نمی‌باشد بلکه در چرخ‌دنده‌های سالم نیز این فرکانس قابل مشاهده است. اما این فرکانس در صورت وجود بعضی عیوب دچار تشدید می‌شود که در صورت عدم وجود سیگنال حالت سالم چرخ دنده ممکن است نوع عیب به سادگی قابل تشخیص نباشد. در این پژوهش فرکانس درگیری چرخ‌دنده با توجه به اینکه سرعت دوران محور حامل پینیون ۱۴۹۶ دور بر دقیقه اندازه‌گیری شد و نیز تعداد دندان‌های پینیون ۲۰ عدد بود برابر ۴۹۸ هرتز می‌باشد.



## باندهای جانبی در طیف فرکانس

باندهای جانبی به مجموعه فرکانس‌های که با فاصله یکسان از فرکانس درگیری چرخنده و هارمونیک‌های آن وجود دارد گفته می‌شود. مانند فرکانس درگیری باندهای جانبی نیز همواره وجود دارند اما در زمان عدم وجود عیب در چرخنده اندازه این باندها بسیار کوچک و در حد نویز می‌باشد. عواملی موجب تشدید این باندها می‌گردد که با توجه به وجود تغییرات در طیف فرکانسی میتوان عیوب را شناسایی کرد.

## امواج صوتی

### شدت صوت

شدت صوت را می‌توان با کمیت فشار<sup>۱</sup>، توسط میکروفن و یا با کمیت سرعت ذره<sup>۲</sup> توسط میکروفلاون اندازه‌گیری کرد. شدت صوت از طریق روابط ۲ تا ۴ محاسبه می‌گردد (گلمحمدی، ۱۳۸۹).

$$SPL(dB) = 20 \log_{10} \frac{P}{P_0}, P_0 = 2 \times 10^{-5} Pa \quad (2)$$

$$PVL(dB) = 20 \log_{10} \frac{U}{U_0}, U_0 = 2 \times 10^{-8} \frac{m}{s} \quad (3)$$

$$SPL = PVL \rightarrow U \left( \frac{m}{s} \right) 10^{20} \times 5 \times 10^{-8} \quad (4)$$

## نتایج و بحث

همان‌طور که گفته شد جهت بهتر مشخص شدن حالت معیوب و سالم از هر چرخ دنده قبل از اعمال عیب یک سیگنال صوتی اخذ گردید. این امر موجب مقایسه هر چه بهتر سیگنال‌های اخذ شده می‌شود و می‌توان بخوبی تغییرات بوجود آمده در سیگنال‌های اخذ شده را مشاهده نمود. در ادامه به بررسی و توضیح سیگنال مربوط به هر چرخ دنده می‌پردازیم. برای سهولت در بررسی اشکال چرخنده‌ها را مطابق جدول (۲) نام‌گذاری می‌کنیم.

<sup>۱</sup>. Sound Pressure Level

<sup>۲</sup>. Particle Velocity Level



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی  
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون  
پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران  
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج

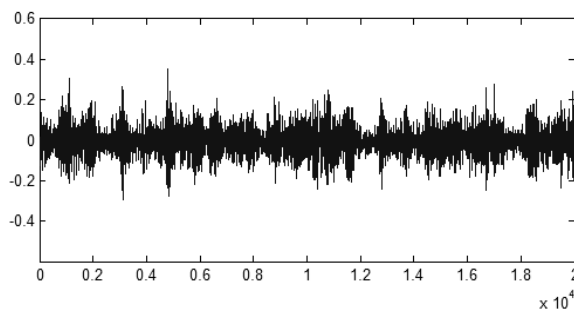


جدول ۲- جدول نام‌گذاری چرخنده‌ها

شماره	نوع عیب
یک	چرخنده با دندان شکسته شده
دو	چرخنده با دندان سائیده شده
سه	چرخنده دارای هر دو عیب

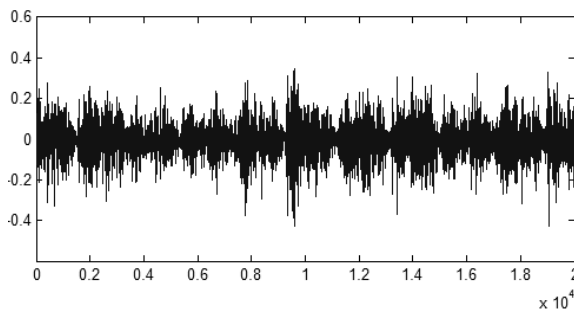
بررسی سیگنال‌های چرخ دنده با دندان شکسته شده

شکل (۵) سیگنال به دست آمده از چرخنده شماره یک را در حالت سالم نشان می‌دهد. این شکل اطلاعات طیف زمانی سیگنال را نشان می‌دهد.



شکل ۵- نمایش طیف زمانی سیگنال حالت سالم چرخنده شماره یک

در شکل (۶) نمایش طیف زمانی سیگنال بدست آمده از چرخنده شماره یک نمایش داده شده است. و همان‌طور که مشاهده می‌کنید تشخیص روند تغییرات در نمایش طیف زمانی سیگنال کار بسیار دشواری می‌باشد.



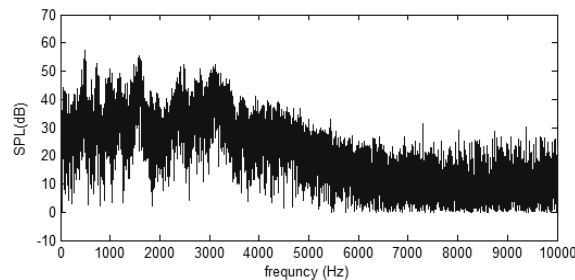
شکل ۶- نمایش طیف زمانی سیگنال حالت معیوب چرخنده یک



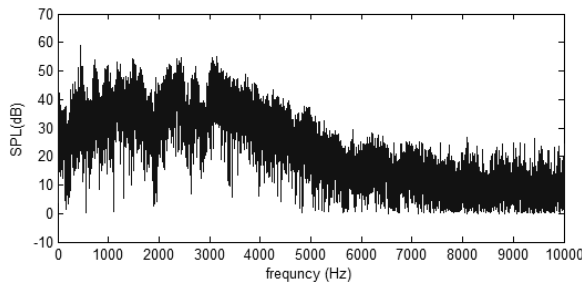
نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی  
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون  
پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران  
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



در شکل ۷ و ۸ طیف فرکانسی سیگنال بدست آمده از چرخنده شماره یک نشان داده شده است. این شکل‌ها شدت سطح فشار صوت را نشان می‌دهند. همان‌طور که مشخص است از روی شکل سطح فشار صوت نیز عیوب قابل شناسایی نمی‌باشد. از رابطه سطح فشار صوت جهت بدست آوردن سطح سرعت ذره استفاده می‌شود که در ادامه اشکال مربوط آن آورده می‌شود. با توجه به اینکه تشخیص عیب از روی اشکال مربوط به حوزه زمان و نیز سطح فشار صوت که در حوزه فرکانس می‌باشد کار بسیار دشواری است در بررسی چرخنده‌های شماره دو و سه از آوردن اشکال مربوطه صرف نظر کرده و فقط شکل‌های سطح سرعت ذره بررسی خواهد شد.



شکل ۷- نمایش طیف فرکانسی شدت سطح فشار صوت در حالت سالم چرخنده شماره یک



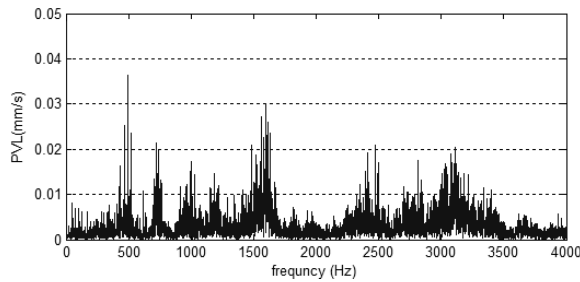
شکل ۸- نمایش طیف فرکانسی شدت سطح فشار صوت در حالت یک دندان شکسته شده در چرخنده شماره یک

در \* طیف فرکانسی سطح سرعت ذره مربوط به چرخنده شماره یک در حالت سالم و معیوب بررسی شده است. با توجه به اینکه نوع عیب در چرخنده شماره یک، شکستگی یک دندان می‌باشد دامنه فرکانس درگیری به طور قابل ملاحظه- ای افزایش یافته است. فرکانس درگیری در این پژوهش ۴۹۸ هرتز می‌باشد که پیش‌تر نیز توضیح داده شد. که این امر به خوبی در شکل‌ها مشخص است.

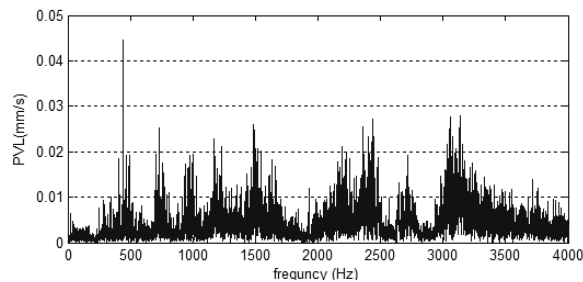




نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی  
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون  
پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران  
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



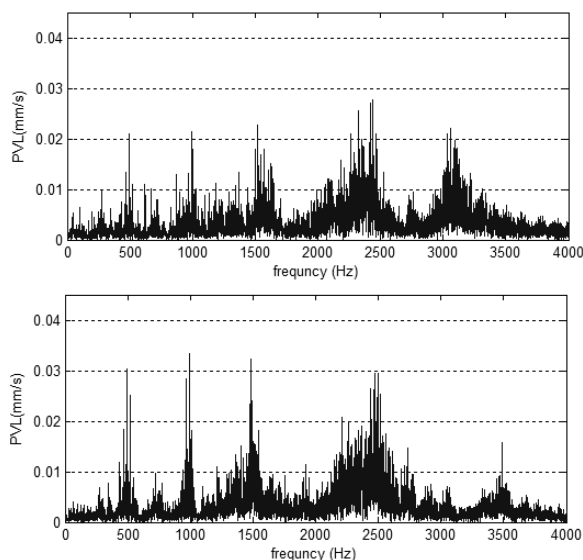
شکل ۹- مایش طیف فرکانسی سطح سرعت ذره چرخنده شماره یک قبل از اعمال عیب



شکل ۱۰- نمایش طیف فرکانسی سطح سرعت ذره چرخنده شماره یک بعد از شکستگی یک دندانه

### بررسی سیگنال‌های چرخنده با دندانه سائیده شده

با توجه به شکل (۱۱) به خوبی می‌توان افزایش دامنه باندهای جانبی در اطراف فرکانس درگیری چرخنده را تشخیص داد. افزایش دامنه باندهای جانبی در اطراف فرکانس درگیری چرخنده و هارمونیک‌های آن در این شکل نشان‌دهنده سائیدگی یکی از دندانه‌های این چرخنده می‌باشد.

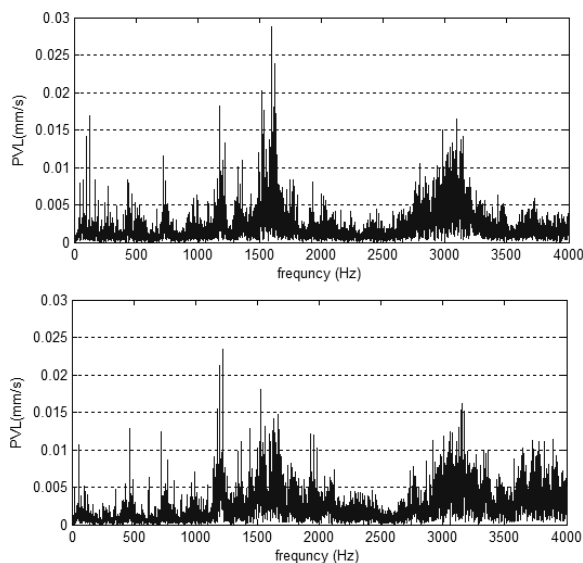


شکل ۱۱- نمایش طیف فرکانس سطح سرعت ذره در چرخنده شماره دو، شکل بالا مرتبط به قبل و شکل پایین مربوط به بعد از اعمال سائیدگی یک دندانه



### بررسی سیگنال‌های چرخنده دارای هر دو عیب شکستگی و سائیدگی دندان به صورت همزمان

در شکل (۱۲) نمایش طیف فرکانسی سطح سرعت ذره مربوط به چرخنده شماره سه که هر دو عیب شکستگی یک دندان و سائیدگی دندان دیگر را همزمان بر آن اعمال شده بود بررسی می‌گردد. همان‌طور که در بخش‌ها قبل توضیح داده شد هر کدام از عیوب فوق‌علایم خاص خود را بر روی طیف فرکانسی سیگنال صدا اعمال می‌کنند و در این مورد هر دو مشخصه مربوط به سائیدگی و شکستگی دندان قابل مشاهده می‌باشد. تنها نکته حائز اهمیت این می‌باشد که افزایش دامنه در مورد فرکانس درگیری و نیز باندهای جانبی کمتر از زمانی می‌باشد که هر عیب به تنهایی اعمال شده بود.



شکل ۱۲- نمایش طیف فرکانسی سطح سرعت ذره چرخنده شماره سه، شکل بالا قبل و شکل پایین بعد از اعمال عیوب

### نتیجه‌گیری

در این پژوهش سامانه‌ای طراحی و ساخته شد تا به وسیله آن بتوان عیوب مشخصی را در یک جعبه‌دنده اعمال و آثار آن را بر روی سیگنال صدای حاصل از جعبه‌دنده مشاهده نمود. با توجه به در دسترس بودن هر دو حالت سالم و معیوب هر چرخنده نتایج دقت بالایی را نشان دادند. عیوب قابل بررسی این پژوهش شامل عیب شکستگی دندان بود که این عیوب در طیف فرکانسی و در فرکانس درگیری چرخنده به صورت افزایش دامنه فرکانس درگیری و ایجاد باندهای جانبی در اطراف فرکانس درگیری به‌طور کاملاً مشخص قابل مشاهده بودند.

### منابع و مآخذ

۱. اوپنهایم، آ. ویلستکی، آ. نواب، ح. ۱۳۹۲. سیگنال‌ها و سیستم‌ها. انتشارات مؤسسه علمی و فرهنگی نصر. ۹۸۵ ص.
۲. بهزاد، م. سپانلو، م. روحانی، آ. روحانی، ع. ۱۳۸۶. اصول و مبانی ارتعاشات در نگهداری، تعمیرات و عیب‌یابی ماشین‌های دوار. انتشارات شرکت ملی صنایع پتروشیمی-تهران. ۱۸۴ ص.



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی  
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون  
پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران  
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



۳. حیدریگی، ک. احمدی، ح. طباطبایی‌فر، س.ا. امید، م. ۱۳۸۶. پایش وضعیت ارتعاشی گیربکس تراکتور مسی فرگوسن. دومین کنفرانس تخصصی پایش وضعیت و عیب‌یابی ماشین‌آلات دوار-دانشگاه صنعتی شریف. اسفندماه.
۴. صفری، خ. همایی، ه. ۱۳۹۳. امکان سنجی استفاده از آنالیز صوت به منظور عیب‌یابی یک جعبه دنده هلیکال با یاتاقان‌های لغزشی. چهارمین کنفرانس بین‌المللی آکوستیک و ارتعاشات تهران.
۵. گل‌محمدی، ر. ۱۳۸۹. مهندسی صدا و ارتعاش. انتشارات دانشجو. ۵۴۱ ص.
6. Amarnath, M. Sugumaran, V. & Kumar, H. 2013. Exploiting sound signals for fault diagnosis of bearings using decision tree. Measurement. vol 46, 1250-1256.
7. Ebrahimi, E. Javadikia, P. Astan, N. Heydari, M. Bavandpour, M. & Jalili, M.H. 2013. Developing an Intelligent Fault Diagnosis of MF285 Tractor Gearbox Using Genetic Algorithm and Vibration Signals. Modern Mechanical Engineering. Vol 3, 152-160.
8. Takeo, Y. & Fujiwara, T. 1982. A new acoustic emission source locating system for the study of rolling contact fatigue. Vol 81(1): 183-186.
9. Wuxing, L. Tse Peter, w. Guicai, Z. & Tielin, S. 2004. Classification of gear faults using cumulants and the radial basis function network. Mechanical Systems and Signal Processing. Vol 18(2): 381-389.



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی  
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون  
پرديس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران  
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



## **Design and development a setup for condition monitoring the faulty gear box by sound analyzing**

### **Abstract**

In this research first designed and developed a setup for investigating condition monitoring of gearbox. Acoustic emission of faulty and healthy gear using sound analyzer acquired and saved on laptop for processing. The sound signals after processing were compared in time and frequency domain. Comparing the frequency spectrum revealed diagnosed fault such as abrasion and cracking in gear is easily found using gear mesh frequency, its harmony and sideband effects. Therefore analyzing frequency spectrum is capable for gear fault monitoring.

**Keywords:** Condition monitoring, Fourier transform, gearbox, Sound signals.