

توسعه و ارزیابی آزمایشگاهی مکانیزم کاهنده نويز سکوی توزین سامانه سنجش عملکرد

نیشکر با استفاده از لودسل جرم آزاد (۲۳۷)

محمد اسماعیل خراسانی فردوانی^۱، رضا علیهم دانی^۲، محمود امید^۳، پائولو گرازیانو ماکلازیز^۴

چکیده

موضوع تحقیق حاضر توسعه روشی برای سامانه‌های سنجش عملکرد مبتنی بر وزن به منظور تصحیح نویز مربوط به اثر ارتعاشات و تکان‌های ماشین حین حرکت در مزرعه می‌باشد. این روش بر همانند سازی ارتعاشی سامانه معادل جرم و فنر سکوی توزین با یک لودسل اضافه مجهز به وزنه آزاد استوار است. یکسان سازی بسامد طبیعی و فاز ارتعاش این دو سامانه با محاسبه وزنه آزاد و در نهایت تصحیح سیگنال‌های سکوی با تفاضل ضربی از سیگنال‌های حاصل از لودسل آزاد از مجموع سیگنال‌های سکوی توزین به طور پیوسته انجام گرفت. طی دو سری آزمون در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کامل تصادفی اثر ۶ سطح بسامدی ارتعاشات ۳ تا ۸ هرتر روی میز ارتعاشی و سه سطح سرعت پره‌های شبیه ساز بالا بر ۲/۲، ۲/۴ و ۲/۷ متر بر ثانیه و ۵ سطح اضافه وزن محصول عبوری از روی سکوی از صفر تا ۶ کیلوگرم بر انحراف معیار سیگنال‌های خروجی از سکوی توزین قبل و بعد از تصحیح نشان داد که در محدوده وسیعی از بسامدهای ارتعاشی، سرعت‌های مختلف بالا بر و حتی در محدوده‌ای از اضافه بارهای متفاوت روی سکوی و همچنین برای تکان‌های گذرا بعد از تصحیح در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی داری با قبل از تصحیح داشته و بعد از تصحیح از ۰/۴ فراتر نرفته و پایداری خوبی داشت. همچنین بهترین ضریب تصحیح برای حالت بدون بار ۲/۱ و برای حالت عبور محصول ۲/۴ به دست آمد. استفاده از این تکنیک به دلیل ساختار ساده و دقت بالا کاملاً کاربردی است و مزیت مهم دیگر آن این است که در محدوده بسامدهای پایین که نمی‌توان از فیلترهای آنالوگ یا دیجیتال به دلیل امکان حذف سیگنال‌های مفید استفاده نمود، این تکنیک به خوبی جواب گو است.

کلیدواژه: سنجش عملکرد، کاهنده نويز، نیشکر، فیلتر، لودسل با جرم آزاد

^۱ - دانشجوی دکتری مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشکده مهندسی بیوسیستم دانشگاه تهران
پست الکترونیک: khorasani_e@yahoo.com
^۲ - دانشیار گروه مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشکده مهندسی بیوسیستم دانشگاه تهران
^۳ - دانشیار گروه مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشکده مهندسی بیوسیستم دانشگاه تهران
^۴ - استاد گروه مهندسی کشاورزی دانشگاه پونیکمپ برزیل

مقدمه

کشاورزی دقیق نیازمند استفاده از سامانه های سنجش عملکرد است چرا که وجود تغییرات در عملکرد محصول در سطح مزرعه امری پذیرفته شده است. مانده های سنجش عملکرد، ابزاری سریع و جدید هستند که ماشین های برداشت را قادر می سازد عملکرد محصول را به طور پیاپی اندازه گیری کنند. از این اطلاعات جهت تهیه نقشه تغییرات عملکرد استفاده خواهد شد. با کمک این نقشه ها اندازه گیری عملکرد محصول در هر نقطه ای از مزرعه و مدیریت مستقل بخش های کوچک در آن ممکن می شود. اطلاعات حاصل از سامانه سنجش عملکرد پایه و اساس توصیه ها و کمک هایی به تولید کننده جهت مدیریت موثرتر نهاده هایی چون کود و دیگر مکمل های محصول و همچنین بهینه سازی سود آوری بخش های منتخب مزرعه می باشد. سامانه های سنجش عملکرد ابزار مستقیمی را برای محقق یا کشاورز فراهم می کند تا بازخورد حقیقی مدیریت مزرعه را دریافت کند. این اطلاعات همچنین می تواند جهت ارزیابی لزوم عملیات با نرخ متغیر برای چندین نهاده چون کودها، حشره کش ها و مکمل های دیگر استفاده شود. سامانه های سنجش عملکرد تا کنون برای محصولاتی چون غلات، کتان، سیب زمینی، گوجه فرنگی، انگور و بادام به طور محدود تجاری شده اند. این سامانه ها به طور معمول دارای دقت بین ۵ تا ۱۰ درصد می باشند و با فاصله ۲۰ تا ۱۰۰ متر یک خروجی تولید می کنند. هر نوع لودسلی که بر روی کمباین در حال حرکت نصب شده باشد، در معرض ارتعاشات با بسامد مختلف ناشی از کار موتور، بالابر، موتورهای هیدرولیک، دیگر اجزاء متحرک و تکان های تصادفی ناشی از حرکت کمباین بر سطح ناصاف زمین خواهد بود. در سامانه سنجش عملکرد باید قادر به حذف اثر این نویز از سیگنالها بود تا دستیابی به جریان جرمی دقیق محصول تحقق یابد. جهت اندازه گیری جریان وزنی محصول روی یک وسیله نقلیه که درون مزرعه در حرکت است احتیاج به یک فیلتر پایین گذر موثر یا الگوریتم تصحیح جهت کاهش اثر نویز حاصل از کار ماشین روی حسگر می باشد تا سیگنال عملکرد بهبود یابد. البته استفاده از این نوع فیلترها باعث حذف بعضی تغییرات عملکردی در فاصله های کوتاه می شود که مطلوب نیست [۴].

ارتعاشات ماشین، تاخیر در انتقال مواد و تکان های مربوط به سطح ناصاف مزرعه معمول ترین منابع تولید نویز در ارتعاشات عملکرد می باشند. در این تحقیق تمرکز بیشتر بر نویز حاصل از ارتعاشات ماشین و تکان های ناگهانی است. ارتعاشات ماشین یکی از پارامترهای مهم و غیر قابل اجتناب در همه تجهیزات برداشت است. هر حسگری که روی کمباین نصب می شود باید دارای قابلیت تحمل و پایداری در مقابل ارتعاشات باشد. همچنین سامانه تحصیل داده هم باید قادر به ارائه داده های قابل استفاده از خروجی حسگر باشد. اثر ارتعاشات بسته به نوع حسگر متفاوت است. لودسلها با توجه به ماهیت اندازه گیری نیرو خصوصا به ارتعاش حساس اند. بنابراین حرکت هارمونیک ماشین که در اثر ارتعاشات ایجاد می شود و یا تکان های تصادفی باعث ایجاد تغییرات متناظر در خروجی حسگر می شود. کاربرد تکنیک های فیلترینگ در بر طرف کردن نویز حاصل از ارتعاشات احتیاج به داشتن اطلاعاتی از پارامترهای ارتعاشی ماشین شامل محدوده و بزرگی ارتعاش دارد. استفاده از آنالیز طیفی تبدیل فوریه روش مفیدی جهت سنجش ارتعاش ماشین می باشد. از این روش الیوت و واگنر (۱۹۸۹) به منظور تعیین نرخ داده برداری و پارامترهای طراحی از فیلتر استفاده کرده اند [۲] و [۹]. از فیلترهای آنالوگ هم به منظور حذف نویز حاصل از ارتعاشات و دیگر منابع الکتریکی در سامانه های سنجش عملکرد استفاده شده است [۱]، [۷] و [۸].

سه حالت اساسی در برخورد با نویز سیگنال باید در نظر گرفته شود:

- اولین و ساده ترین از نظر امکان حذف، نویزی است که در خارج از محدوده بسامدی عملکرد سامانه قرار می گیرد که با استفاده از یک فیلتر آنالوگ یا دیجیتال مناسب (پایین گذر، بالا گذر یا باند گذر) قابل حذف است [۳]، [۵] و [۶].
- دوم نویزی است که در محدوده بسامدی مطلوب اتفاق می افتد. در این حالت با فیلتر نمودن ساده، اطلاعات مفید هم حذف شده که این مطلوب نیست. بنابراین لازم است به منظور حذف اثر این نویز از حسگری که همبستگی بالایی با نویز و همبستگی پایینی با سیگنال مطلوب دارد استفاده شود. اگر بتوان یک مبدل نویز با این خصوصیات توسعه داد، بطور موثری نویز مربوطه قابل حذف می باشد. در مجموع در این حالت کانالی که از طریق آن نویز به سیگنال های مطلوب اضافه می شود از حساسیت بالایی برخوردار است. اگر کانالی که نویز از طریق آن منتقل می شود در طول زمان ثابت بماند (یعنی تابع تبدیل به طور معنی داری تغییر نکند) می توان با استفاده از یک فیلتر تطابقی وینر^۱ نویز را حذف نمود [۴].

¹ Matched Weiner Filter

□ حالت سوم وقتی است که کانال نویز دارای تابع تبدیل متغیر باشد. در این حالت تنها فیلتر سازگار حذف نویز^۱ قادر به حذف اثر آن خواهد بود [۱۰]. پلتیر و همکارانش در سال ۲۰۰۱ با استفاده از یک حسگر شتاب سنج روشی را برای حذف اثر تکان های تصادفی ناشی از حرکت ماشین از سیگنال های مطلوب با استفاده از فیلتر سازگار حذف نویز ارائه دادند [۴].

هدف این تحقیق طراحی و ارزیابی آزمایشگاهی مکانیزم کاهنده نویز سکوی توزین سامانه سنجش عملکرد نیشکر با استفاده از لودسل با جرم آزاد جهت بهبود دقت سیگنال های سکوی توزین با اضافه کردن یک لودسل اضافه با جرم آزاد به عنوان حسگر تشخیص نویز، دارای بسامد طبیعی یکسان با سکوی توزین و ارزیابی سامانه روی میز ارتعاشی و شبیه ساز بالا بر بود.

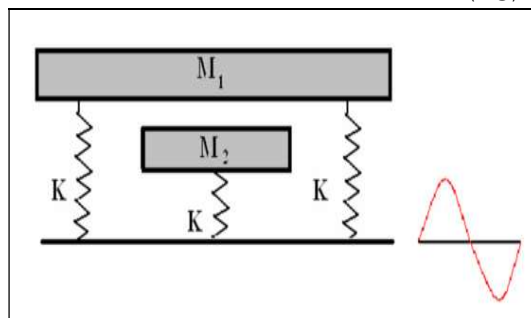
مواد و روشها

تئوری، اجزاء و خصوصیات سامانه سنجش عملکرد استفاده شده در این تحقیق بشرح زیر می باشد.

پایه تئوری تکنیک پیشنهادی: هر سامانه ارتعاشی را می توان بطور ساده به عنوان یک سامانه جرم و فنر در نظر گرفت. در حالتی که از دو لودسل بر روی سکو استفاده شود با استفاده از یک لودسل مشابه و وزنه ای آزاد با جرم نصف وزن ثابت روی دو لودسل اصلی (قاب و صفحه توزین) با مدل کردن سکوی توزین به عنوان دو سامانه ارتعاشی جرم و فنر یکی با دو فنر (لودسل) با ضریب K و جرم M_1 و دیگری با یک فنر (لودسل سوم) با ضریب K و جرم M_2 مشخص است که برای یکسان نمودن بسامد طبیعی F_n این دو سامانه باید M_2 نصف M_1 باشد (شکل ۱).

$$F_n = \left[\sqrt{\frac{2K}{M_1}} \right]_1 \equiv \left[\sqrt{\frac{K}{M_2}} \right]_2 \Leftrightarrow M_2 = \frac{1}{2} M_1 \quad (۱)$$

که در آن F_n بسامد طبیعی، K ضریب فنریت لودسل ها بر حسب (N/m)، M_1 جرم چهارچوب و صفحه توزین و M_2 جرم وزنه آزاد روی لوسل سوم بر حسب (Kg) است.



شکل ۱- مدل ارتعاشی سکوی توزین

حال پس از تنظیم جرم لودسل آزاد اگر کل سامانه ارتعاش کند، این دو سامانه با بسامد یکسانی مرتعش خواهند شد بطوری که نمودارهای زمان- مکان هر دو سامانه هم فاز می گردد ولی دامنه سیگنال های لودسل سوم نصف خروجی سکوی توزین خواهد بود. در زمان برداشت، سکوی توزین در معرض تغییرات متناوب جرم محصول عبوری است. به دلیل اثر این عامل بسامد طبیعی یا به عبارتی پهنای باند تابع تبدیل متناسب با ریشه دوم $1/(M + \Delta m)$ تغییر می کند و در نتیجه مقدار انرژی اضافه شده به سیگنال به دلیل ارتعاشات یا ضربه تغییر خواهد کرد. در نتیجه بسامد طبیعی طبق رابطه (۲) تغییر خواهد کرد. در این حالت به ضریب تصحیح بزرگتری نیاز است.

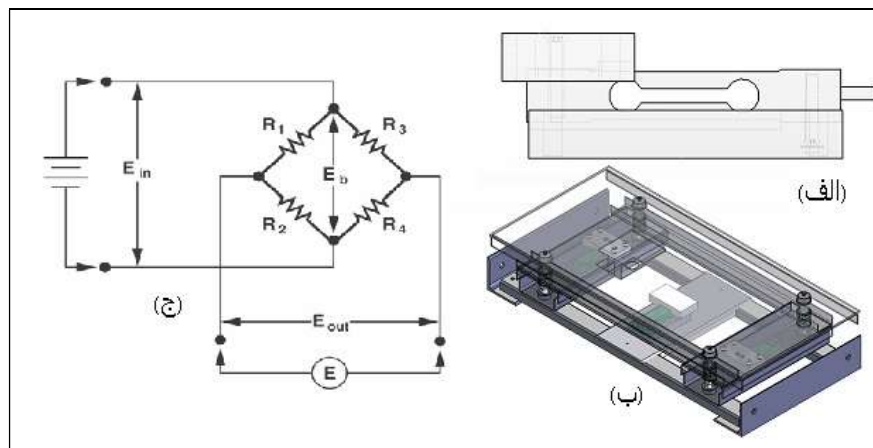
$$F_n = \sqrt{\left(\frac{K}{M_1 + \Delta m} \right)} \quad (۲)$$

که در آن Δm تغییرات جرم محصول عبوری از روی سکوی توزین را نشان می دهد.

سکوی توزین: بالا بر کمباین نیشکر از یکسری پره های فلزی تشکیل شده که با سرعتی در حدود ۲/۷ متر بر ثانیه از روی یک صفحه فلزی ثابت عبور می کند. این پرها قلمه ها را به سمت واگن حمل می کنند. در شکل ۲ نمایی از سکوی توزین

¹ Adaptive Noise Cancellation Filter

که بر روی شبیه ساز بالابر روی میز ارتعاشی نصب شده نشان داده شده است. طرح سکوی توزین از دو لودسل جهت وزن نمودن قلمه های نیشکر و یک لودسل مشابه با وزنه آزاد جهت تصحیح نویز تشکیل شده است. هر یک از لودسل ها از چهار کرنش سنج با آرایش پل وتسون جهت تقویت خروجی و تصحیح اثر دما تشکیل شده که روی یک عنصر ارتجاعی از نوع یکسرگردار و از جنس آلیاژ آلومینیم نصب شده اند. هر یک از لودسل ها دارای ظرفیت ۳۵ کیلوگرم است که بر روی یک شاسی ناودانی شکل آهنی نصب شده و بر روی آنها هم یک قاب و صفحه توزین قرار می گیرند. شاسی سکوی توزین از طریق یکسری پیچ به بدنه بالابر ثابت می شود. ظرفیت لودسل ها بر اساس حداکثر وزن عبوری از روی سکوی توزین تعیین شده است. خروجی هر یک از لودسل ها بطور جداگانه اندازه گیری می شود، جمع، میانگین گیری و دیگر عملیات پردازشی سپس روی آنها انجام می گردد.



شکل ۲- (الف) لودسل، (ب) سکوی توزین و (ج) مدار پل وتسون

میز ارتعاشی: به منظور اعمال ارتعاش با بس مدهای مختلف به سامانه سکوی توزین و شبیه ساز بالابر از میز ارتعاشی موجود در آزمایشگاه دانشگاه یونیکمپ (سائوپائولو، برزیل) استفاده شد (شکل ۳). دامنه ارتعاشی این میز ۵ میلی متر و بسامد آن با تغییر دور موتور محرک و با استفاده از یک دستگاه اینورتر^۱ بین صفر تا ۱۰ هرتز قابل تنظیم است.



شکل ۳- (الف) میز ارتعاشی و (ب) شبیه ساز بالابر

شبیه ساز مکانیسم بالابر: بدلیل عدم امکان نصب بالابر اصلی روی میز ارتعاشی، مدلی نمونه از بالابر در آزمایشگاه تحقیقاتی گروه مهندسی کشاورزی دانشگاه یونیکمپ طبق شکل ۳ روی میز ارتعاشی نصب و استفاده شد. حرکت پره های بالابر توسط چرخ زنجیر و با استفاده از یک کاهنده تسمه و پولی از یک موتور DC تامین می شود. قبل از شروع آزمایش ها تغییراتی از جمله استفاده

^۱ Vectrue Technology TM(CFW 09 - variable frequency driver,

از یک موتور با توان بیشتر و اصلاح سامانه چرخ زنجیر روی شبیه ساز انجام شد تا برای آزمون آماده شود. دور موتور و در نتیجه سرعت حرکت پره ها توسط یک دستگاه اینورتر قابل تنظیم می باشد.

اندازه گیری سرعت پره ها و بسامد میز ارتعاشی: در آزمایش های انجام شده دو پارامتر سرعت حرکت پره های شبیه ساز بالابر و بسامد میز ارتعاشی متغیرهای مستقل هستند. به منظور تعیین و اندازه گیری این پارامترها از حسگرهای شتاب سنج و القایی استفاده شد.

۱- حسگر شتاب سنج: به منظور تعیین طیف بسامدی میز ارتعاشی و سکوی توزین در دوره های مختلف موتور محرک، دو حسگر شتاب سنج^۱، یکی در مرکز میز ارتعاشی و دیگری در محل سکوی توزین بطور ثابت نصب شد. این دو حسگر ارتعاش در دو محور X و Y را در گستره $g \pm 10$ با حساسیت $mV \times V/g \times 20$ اندازه گیری می کنند.

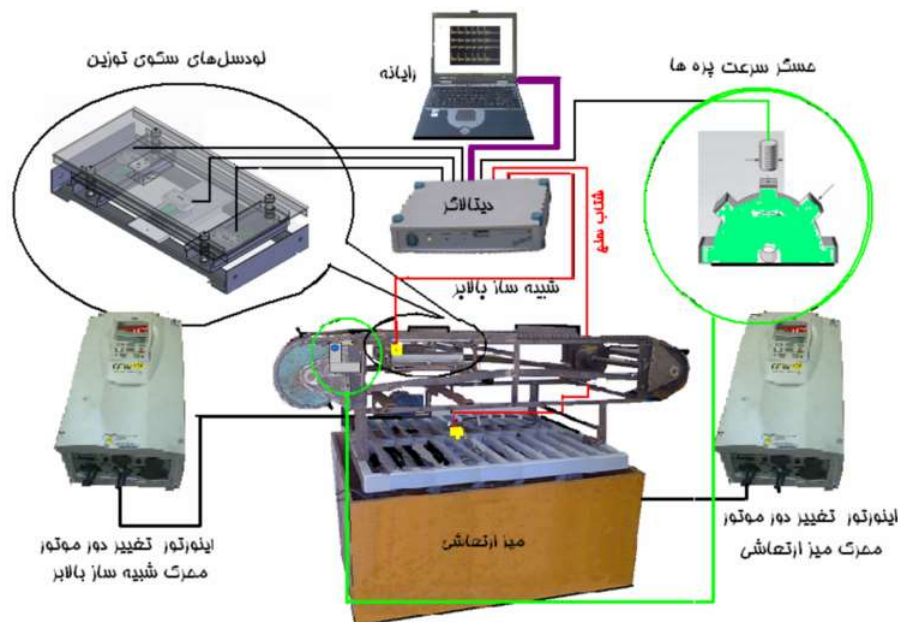
۲- حسگر تشخیص سرعت پره: به منظور اندازه گیری سرعت پره های شبیه ساز بالابر از یک حسگر القایی NPN با قطر $2/5$ cm و حداکثر فاصله تشخیص $1/5$ cm در محل چرخ محرک زنجیر استفاده شد.

سامانه جمع آوری داده ها: برای انجام آزمایش ها از دیتالاگر^۲ با امکان گسترش تا حداکثر ۲۵۶ کانال ورودی استفاده شد. در این دستگاه از یک کارت مبدل آنالوگ به دیجیتال (ADC) ۱۶ بیتی با حداکثر سرعت نمونه گیری ۱۰۰ kHz استفاده شده است. حسگرها شامل دو حسگر شتاب، سه لودسل، حسگر القایی (سرعت سنج) و همچنین حسگر القایی تشخیص پره ها طبق کاتالوگ به ورودی های دیتالاگر متصل شدند (شکل ۴). از درگاه LPT1 جهت ارتباط رایانه نوت بوک با دیتالاگر استفاده شد. برنامه دیتالاگر^۳ در نوت بوک اجرا و تنظیمات اولیه برای کانال های ورودی و نحوه نمایش و ثبت داده ها انجام شد. کلیه کانال ها با اعمال فیلتر پایین گذر ۱۰ Hz داده برداری شدند. در همه آزمون ها پس از اتمام، داده های ثبت شده توسط سامانه تحصیل داده به صورت فایل با فرمت ASCII ذخیره و در نرم افزار Excel فراخوانی شدند. در شکل ۴ شماتیک اجزا و نحوه اتصال سامانه آزمون آزمایشگاهی نشان داده شده است.

¹ ADXL210

² Spider 8 - HBM (Hottinger-Baldwin Measurement) Company

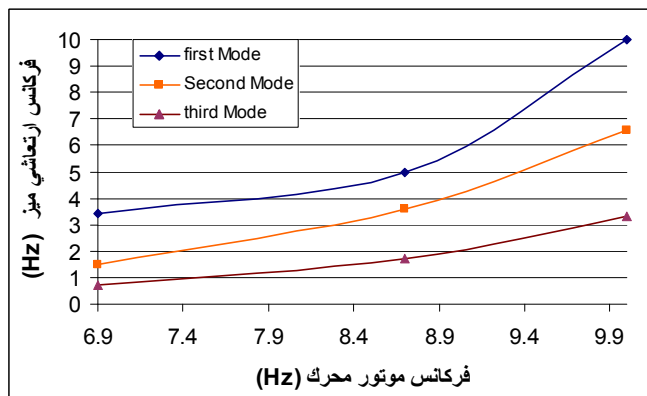
³ Catman (Computer Aided Testing, Measurement and Analysis)



شکل ۴- شماتیک اجزا و نحوه اتصال سامانه آزمون در آزمایشگاه

کالیبراسیون میز ارتعاشی

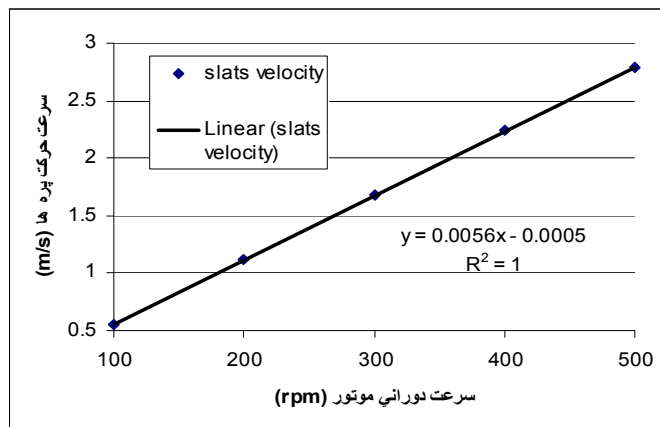
برای کالیبره کردن میز ارتعاشی در دورهای مختلف موتور، داده های خروجی شتاب سنجها برای ۳۰ ثانیه اندازه گیری و ثبت شدند و با انجام آنالیز تبدیل فوریه، طیف بسامدی میز و سکو برای هر دور تعیین و میز ارتعاشی کالیبره شد. شکل ۵ نمودار کالیبراسیون میز ارتعاشی را نشان می دهد.



شکل ۵- نمودار کالیبراسیون میز ارتعاشی بر اساس اولین بسامد هر طیف

کالیبراسیون حسگر سرعت پره

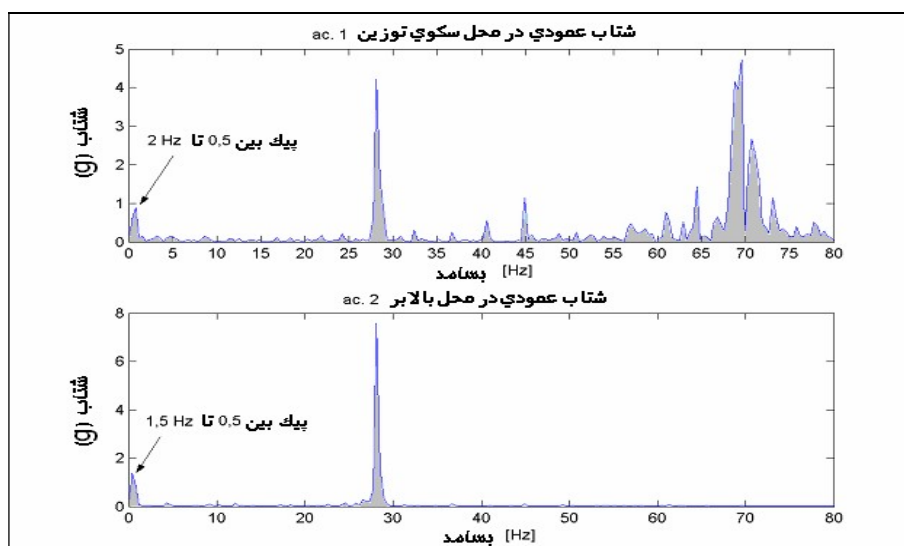
به منظور کالیبره کردن داده های حسگر فوق با استفاده از یک دستگاه تاکومتر نوری ابتدا با راه اندازی موتور محرك شبیه ساز در دورهای مختلف، سرعت حرکت پره ها اندازه گیری و نمودار کالیبراسیون آن بدست آمد. در شکل ۶ نمودار کالیبراسیون سرعت پره ها نسبت به دور موتور نشان داده شده است. با ضریب تبیین $R^2=1$ نشان دهنده دقت خوب حسگر در تعیین سرعت است.



شکل ۶- نمودار کالیبراسیون سرعت پره ها نسبت به دور موتور

نتایج و بحث:

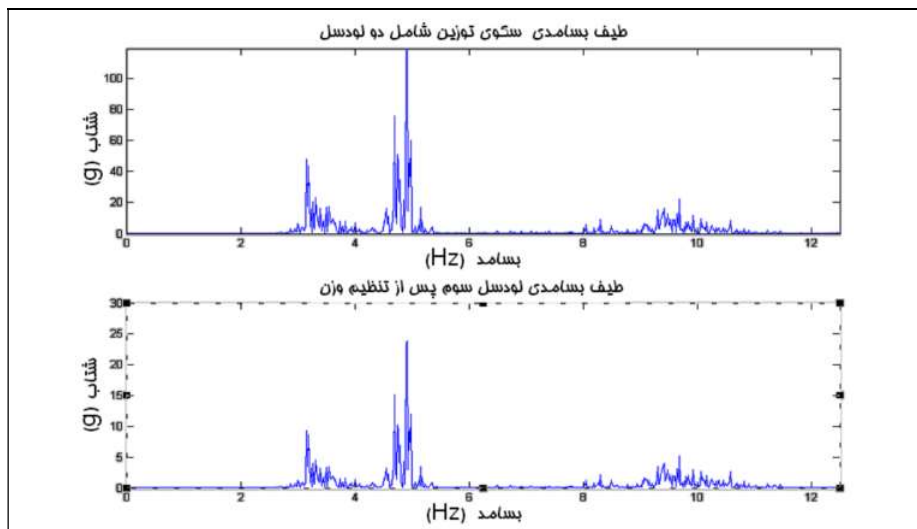
با اندازه گیری ارتعاشات روی بالابر کمباین در حین برداشت و اجرای آنالیز تبدیل فوریه در نرم افزار متلب^۱ طیف بسامدی ارتعاشات ماشین بدست آمد. محدوده بسامدی ارتعاشات بالابر بین ۲ تا ۲۰۰ هرتز می باشد. با محدود کردن طیف، بسامدهای کمتر از ۸۰ هرتز در شکل ۷ نشان داده شده است. همانطور که از نمودارها مشخص است تنها نویز ناشی از بسامدها در محدوده ۰/۵ تا ۲ هرتز مشکل ساز است چون بسامدهای بالاتر از ۱۰ هرتز را می توان با فیلتر پایین گذر آنالوگ یا دیجیتال حذف نمود.



شکل ۷- طیف بسامدی ارتعاشات در دو محل یکی بر روی سکوی توزین و دیگری بر روی چارچوب بالابر

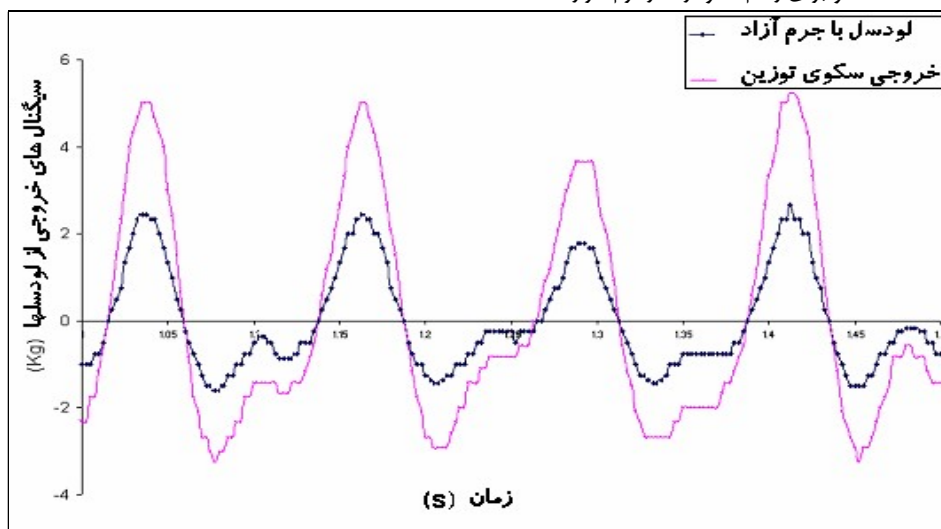
نتایج آزمون محدوده بسامدهای غالب روی سکو و لودسل جرم آزاد نیز با نرم افزار متلب^۱ ی شد. طیف بسامدی سکوی توزین و لودسل آزاد در شکل ۸ نشان داده شده است. از نتایج مشخص است که بسامدهای غالب سکو و لودسل سوم با محاسبه دقیق وزنه آزاد هماهنگ شده است و سیگنالها را می توان از هم به منظور تصحیح کم کرد. در کلیه سرعتها و بسامدهای مختلف میز ارتعاشی این آزمون ها انجام شد و نتایج یکسانی بدست آمد.

^۱ MATLAB



شکل ۸- مقایسه طیف بسامدی سکوی توزین و لودسل آزاد

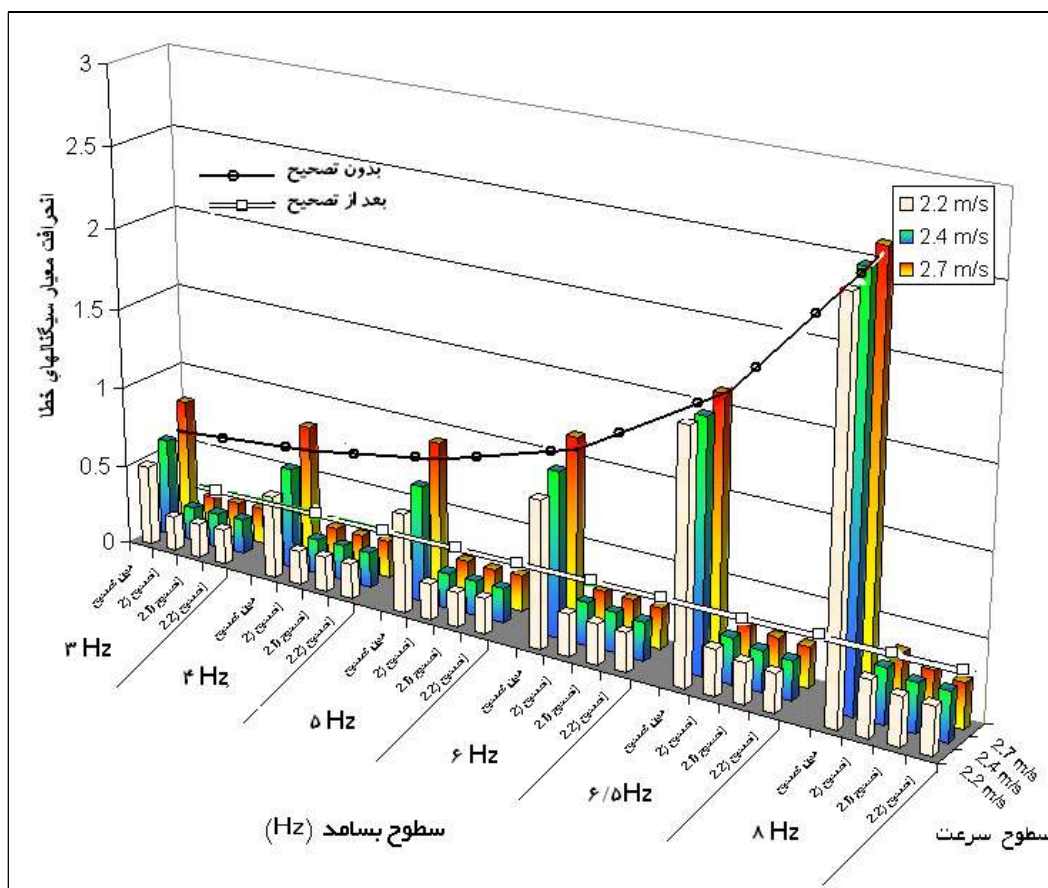
همان طور که از شکل ۹ مشخص است، سیگنال های سکو و لودسل با جرم آزاد پس از ضرب در ضریب تصحیح $2/1$ هم فاز و بر هم منطبق شدند. با تفریق این دو سیگنال، اثر نویز سامانه تا حد زیادی حذف شد. از نظر تئوری مقدار ضریب تصحیح 2 می شود (معادله ۱) ولی طبق نتایج آزمونها، بهترین تصحیح در حالت بدون بار با ضریب $2/1$ و در حالت عبور محصول با ضریب $2/4$ حاصل شد. همانگونه که از شکل ۹ مشخص است هر چه نویز سیگنالها بیشتر می شود، دامنه تغییرات سیگنال خروجی از لودسلها بیشتر می شود. هدف کاهش این تغییرات است، بنابراین بهترین معیار جهت برآورد و مقایسه این تغییرات، انحراف معیار سیگنالها است. در کلیه آزمونها انحراف معیار داده های خروجی لودسلها به عنوان پارامتر وابسته محاسبه شد. برای محاسبات آماری از نرم افزار MSTATC و برای رسم نمودارها از نرم افزار Ms Excel استفاده شد.



شکل ۹- خروجی نیم ثانیه سکوی توزین در سرعت $2/4$ متر بر ثانیه و بسامد ۸ هرتز میز ارتعاشی

به منظور بررسی اثر سطوح سرعت پره های شبیه ساز بالا بر در بسامدهای مختلف روی مقدار انحراف معیار سیگنال های نویز، اثر سه سطح سرعت $2/2$ ، $2/4$ و $2/7$ و شش سطح بسامد ارتعاشی 3 ، 4 ، 5 ، 6 ، $6/5$ و 8 هرتز بر روی 4 تیمار شامل یک شاهد بدون تصحیح و سه سطح تصحیح شده با ضرایب 2 ، $2/1$ و $2/2$ و در سه تکرار در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کامل تصادفی بر روی سکوی توزین انجام گرفت. نتایج نشان داد که بدون تصحیح با افزایش بسامد ارتعاشات و سرعت کت

چرخ زنجیر، انحراف معیار سیگنال های خروجی سکو نیز افزایش قابل ملاحظه ای می یابد ولی بعد از تصحیح، انحراف معیار در کلیه آزمون ها زیر ۰/۴ باقی ماند. نتایج تجزیه واریانس و آزمون F با توجه به کوچک بودن میانگین مربعات خطا ($MS_{error} = 0.000075$) نشان داد که کلیه فاکتورها و اثرات متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بسیار معنی دار است. مقایسه میانگین ها در جدول ۱ و شکل ۱۰ نشان داده شده است. همانطور که از جدول ۱ مشخص است بین سطوح تصحیح، قبل و بعد از تصحیح اختلاف معنی داری وجود دارد و بین ضرایب مختلف تصحیح هم ضرایب ۲/۱ و ۲/۲ اختلاف معنی داری با ضریب ۲ دارند و تصحیح بهتری را نتیجه می دهند. همچنین مشخص است که بین سطوح مختلف بسامد هم اختلاف معنی داری دارد و اثر افزایش بسامد بر افزایش نویز حاصل از ارتعاشات به دلیل بسامد طبیعی مجموعه شبیه ساز و سکو بطور متناوب متغیر است. سطوح مختلف سرعت هم اختلاف معنی داری با هم داشته و با افزایش سرعت نویز خروجی هم افزایش یافته است.

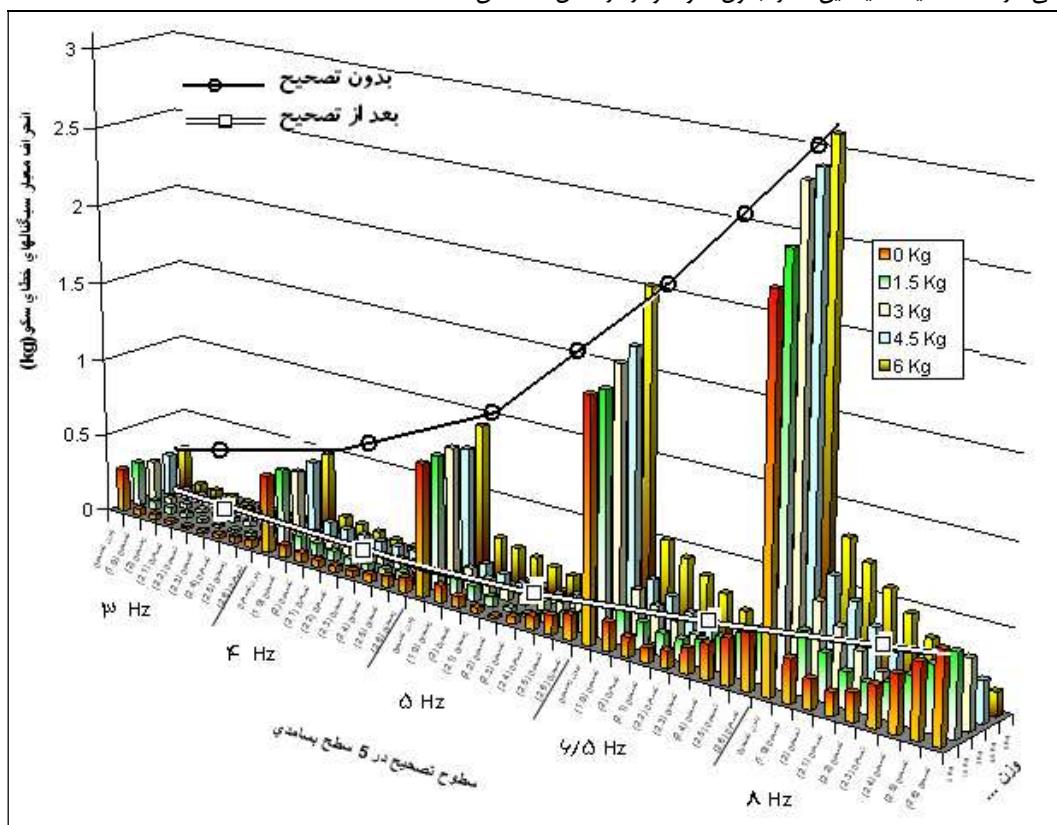


شکل ۱۰ - اثر شش سطح بسامد و سه سطح سرعت های مختلف شبیه ساز بر افزایش نویز قبل و بعد از تصحیح

جدول ۱- نتایج مقایسه میانگین انحراف معیار سیگنال‌های خطا با روش دانکن در سطح احتمال ۱٪ برای اثرات سرعت، بسامد و سطوح تصحیح

		۳		۲		۱		تکرار
		-۰/۴۸۰۹ a		-۰/۴۸۰۴ a		-۰/۴۸۰۵ a		
		تصحیح (۲/۲)		تصحیح (۲)		بدون تصحیح		سطوح تصحیح
		-۰/۲۴۰۸ c		-۰/۲۴۳۵ c		۱/۱۷۹ a		
۸ Hz	۶/۵ Hz	۶ Hz	۵ Hz	۴ Hz	۳ Hz			بسامد میز ارتعاشی
-۰/۶۲۹۹ a	-۰/۳۸۰۹ c	-۰/۶۳۰۸ a	-۰/۳۲۶۵ D	-۰/۶۱۷۷ b	-۰/۲۹۷۹ e			
		۲/۷ m/s		۲/۴ m/s		۲/۲ m/s		سرعت شبیه ساز بالابر
		-۰/۵۹۹۳ a		-۰/۴۵۷۹ b		-۰/۳۸۴۶ c		

در آزمون دیگری اثر ۵ بسامد ارتعاشی مختلف شامل ۳، ۴، ۵، ۶، و ۸ هرتز و ۵ وزن متفاوت محصول روی سکوی توزین شامل صفر، ۱/۵، ۳، ۴/۵ و ۶ کیلوگرم بر مقدار انحراف معیار سیگنال‌های نویز سکوی توزین بررسی شد. این آزمون‌ها در قالب آزمون فاکتوریل بر پایه طرح کامل تصادفی و در ۴ تکرار انجام گرفت. نتایج تجزیه واریانس و آزمون F با توجه به کوچک بودن میانگین مربعات خطا ($MS_{error} = 0.0005$) نشان داد که کلیه فاکتورها و اثرات متقابل آنها در سطح احتمال ۱٪ بسیار معنی دار است. مقایسه میانگین‌ها در جدول ۲ و نمودار در شکل ۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۱۱- نمودار اثر بسامد ارتعاشی مختلف و ۵ وزن مختلف محصول روی سکوی توزین بر افزایش نویز قبل و بعد از تصحیح

جدول ۲- نتایج مقایسه میانگین انحراف معیار سیگنال های خطا با روش دانکن در سطح احتمال ۱٪ برای اثرات بسامد، وزن و سطوح تصحیح مختلف

تکرار	۱	۲	۳	۴				
بدون تصحیح	-۰/۲۸۰۵ a	-۰/۲۸۲۹ a	-۰/۲۷۹۴ a	-۰/۲۸۰۱ a	تصحیح (۲/۳)	تصحیح (۲/۲)	تصحیح (۲/۱)	تصحیح (۲/۰)
سطوح تصحیح	۱/۲۱۶ a	-۰/۲۳۶۸ b	-۰/۱۹۱۴ c	-۰/۱۵۲۴ d	-۰/۱۲۶۸ ef	-۰/۱۲۰۳ f	-۰/۱۳۱۷ e	-۰/۱۵۷۵ d
بسامد میز ارتعاشی	۳ Hz	۴ Hz	۵ Hz	۶/۵ Hz	۸ Hz			
وزن روی سکوی توزین	۰ Kg	۱/۵ Kg	۳ Kg	۴/۵ Kg	۶ Kg			
	-۰/۲۴۲۲ e	-۰/۲۵۵۵ d	-۰/۲۷۲۹ c	-۰/۲۸۵۶ b	-۰/۳۴۷۴ a	-۰/۱۹۳۷ e	-۰/۱۹۴۱ c	-۰/۱۹۴۱ c

همانطور که از جدول ۲ مشخص است بین سطوح تصحیح، قبل و بعد از تصحیح اختلاف معنی داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد و انحراف معیار سیگنال های خطای سکوی بعد از تصحیح بطور میانگین ۱۲٪ انحراف معیار قبل از تصحیح شد. در این آزمون ملاحظه شد که به منظور دستیابی به بهترین تصحیح با بالارفتن وزن محصول عبوری از روی سکوی توزین بایستی ضریب تصحیح از ۲/۱ به ۲/۴ افزایش یابد و با ضریب ۲/۴ بهترین تصحیح حاصل شد.

نتیجه گیری و پیشنهاد

در این تحقیق حسگری توسعه یافته حاصل شد که تنها به نوبت سامانه حساس بوده و با دقت نوبز را حس کرده و از سیگنال اصلی حذف می کند. نتایج آزمون ها در آزمایشگاه روی میز ارتعاشی و شبیه ساز بالابر نشان داد که در محدوده وسیعی از بسامدهای ارتعاشی، سرعت های مختلف بالابر و حتی در محدوده ای از اضافه بارهای متفاوت روی سکوی و همچنین برای تکان های گذرا انحراف معیار سیگنال های سکوی بعد از تصحیح از ۰/۴ فراتر نرفته و پایداری خوبی دارد. همچنین بهترین ضریب تصحیح برای حالت بدون بار ۲/۱ و در حالت عبور محصول ۲/۴ بدست آمد. استفاده از این تکنیک به دلیل ساختار ساده و دقت بالا کاملاً کاربردی بوده و دیگر مزیت مهم آن این است که در محدوده بسامدهای پایین که نمی توان از فیلترهای آنالوگ یا دیجیتال به دلیل امکان حذف سیگنال های مفید استفاده نمود، این تکنیک به خوبی جواب گو است. می توان در کنار این تکنیک از فیلترهای پایین گذر هم برای حذف نوبز با بسامد بالا استفاده نمود. استفاده از این تکنیک به طور معنی داری باعث کاهش اثر اغتشاشات می شود. پیشنهاد می شود در کنار این تکنیک از فیلترهای پایین گذر برای حذف نوبزهای با بسامد بالا استفاده شود.

سپاسگزاری

از شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی و دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه یونیکمپ که در همه مراحل مشوق و کارگشا بودند تشکر و قدر دانی می شود.



منابع

1. De Baerdemaeker J., Delcroix R., and Lindemans P. "Monitoring the grain flow on combines," Agri-Mation 1. 329-338. St. Joseph, MI:ASAE. 1985.
2. Elliot F.W.H, oghighi K., Krutz G.W., Morgan M.T., and Bernhard, R.J. "Evaluation of dynamic noise sources in a real-time soil sensor. ASAE Paper #94-1579. St. Joseph, MI:ASAE.
3. Pelletier, M.G. 1998. Development of a tomato load/yield monitor. Ph.D. diss. Univ. of California, Davis, CA (Diss. Abstr. Int. No. pending).
4. Pelletier, M.G. 2001. Adaptive signal processing for removal of impulse noise from yield monitor signals. Journal of Cotton Science 5:224-233
5. Pelletier, M.G., and S.K. Upadhyaya. 1999. Development of a tomato load/yield monitor. Comput. Electron. Agric. 32:103-117.
6. Porat, B. 1997. A course in digital signal processing. John Wiley & Sons, New York, NY.
7. Pringle J. L., Schrock M.D., Hinnen R. T., Howard K.D., and Oard, D.L. "Yield variation in grain crops," ASAE paper ## 93-1505. St Joseph MI: ASAE.
8. Schrock M.D., Kuhlman D. K. Hinnen, R.T., Oard D.L. and Pringle J.L. " Sensing grain yield with a triangular elevator" Site Specific Management for Agricultural Systems. 637-650. Madison, WI:ASA-CSSA-SSSA. 1995.
9. Wagner L.E. and Schrock " Yield determination using a pivoted auger flow sensor," Transactions of the ASAE. 32(2):409-13, 1989.
10. Widrow, B., and S.D. Stearns. 1985. Adaptive signal processing. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.



Development and Laboratory Evaluation of a Noise Reduction Technique Based On a Free Mass Load Cell for Sugarcane Yield Monitoring Scale Platform

Esmail Khorasani F. , Reza Alimardani , Mahmood Omid, Paulo Sérgio Graziano Magalhães

Abstract:

This study involved development and examination of a new filtering technique based on adaptive free mass load cell and its application in reduction or removal of vibration and impulse noise commonly added to yield signals when the sugar cane harvester is working in the field. This technique is based on assimilate spring- mass vibration system of weighing scale with a free mass load cell in natural frequency and phase. This is achieved through the calculation of free mass. Finally, the scale signals corrected online through subtracting the free mass load cell signals. Experiments were conducted in 3 Factor randomized complete block design. In first test, in 3 replications the effects of 6 frequency levels from 3 to 8 Hz on vibration table and 3 speed levels 2.2, 2.4 and 2.7 m/s on elevator simulator was tested on standard division of scale output signals before and after corrections in 4 levels. In second test, with 4 replications, the effect of 5 different crops weights 0 -6 Kg was tested. The results show that in a wide range of vibration frequencies, different elevator chain speeds and different excess weight on the scale and also for impulse strokes, the difference at 1% after and before correction was significant and the standard deviation of scale signals didn't go above 0.4. Also the best correction coefficient before loading, 2.1 and through passing crops, 2.4 was obtained. An important benefit of this technique is that at low frequencies in which due to possibility of removing main signals, analog or digital filters can't be used, it has a good response.

Keywords: yield monitoring, sugarcane, noise reduction, filter, free mass load cell