

سنجش عملکرد کمی محصول چغندر قند با استفاده از پایشگر جرمی در بیرون از شاسی

ماشین برداشت

- حسین باقرپور^{۱*}، سعید مینایی^۲، محمد عبداللهیان نوقابی^۳، محمد اسماعیل خراسانی^۴
- ۱- دانشجوی دکتری مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
- ۲- دانشیار مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
- ۳- دانشیار موسسه تحقیقات چغندر قند- کرج
- ۴- استادیار مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

چکیده

اولویت‌های اصلی در کشاورزی، افزایش میزان عملکرد و کاهش هزینه‌های تولید است. بکارگیری کشاورزی دقیق از مهم‌ترین راه‌های دستیابی به این اهداف می‌باشد. هدف این پژوهش، ساخت سامانه‌ای بود که به صورت لحظه‌ای میزان عملکرد وزنی چغندر قند را اندازه‌گیری کند. تفاوت این سیستم با سامانه‌های مشابه این است که کل قطعات کاملاً در بیرون شاسی بالابر قرار گرفته‌اند که امکان مسدود شدن آن با محصول یا مواد خارجی به حداقل می‌رسد. در این سامانه از دو حسگر بارسنج در دو طرف نوار نقاله استفاده گردید. برای سنجش سرعت نوار نقاله و سرعت خطی ماشین از حسگرهای مغناطیسی استفاده شد. با توجه به ارتعاشات مکانیکی ماشین برداشت در ابتدا محدوده بسامدی مربوط به ثبت وزن‌ها بدست آمد و نوبت حاصل از ارتعاشات با بهره‌گیری از یک فیلتر پایین‌گذر باترورت با بسامد قطع ۰/۸ هرتز حذف شدند. پس از واسنجی حسگرها، ارزیابی نهایی پایشگر عملکرد در مزرعه انجام شد. با تحلیل نتایج، میانگین و انحراف معیار خطا به ترتیب ۶/۴۸ درصد و ۱/۵۲ بدست آمد. با توجه به اینکه سامانه در همه آزمایشات بیش‌برآوردی را در اندازه‌گیری وزن نشان می‌داد، تصحیح خطا به صورت نرم افزاری انجام شد. بر اساس داده‌های دستگاه، بعد از تصحیح خطا، متوسط عملکرد مزرعه ۴۲/۷ تن در هکتار بدست آمد. در مقایسه با متوسط عملکرد واقعی مزرعه که حدود ۴۱/۸ تن در هکتار شد، مقدار خطای کلی این سامانه حدود ۰/۲٪ بیشتر از مقدار واقعی بدست آمد. این مقدار خطا نشان می‌دهد که سامانه بسیار مطلوب کار می‌کند و از دقت خوبی برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: چغندر قند، عیار قند ریشه، نقشه عملکرد مزرعه، مدلسازی خطی.

مقدمه

یکی از اهداف اصلی در کشاورزی دقیق افزایش میزان عملکرد و کاهش هزینه‌های تولید است. بکارگیری کشاورزی دقیق و تهیه نقشه عملکرد کمی از مهم‌ترین راه‌های دستیابی به این اهداف می‌باشد. سنجش محصولات ریشه‌ای عموماً به دو روش مستقیم و غیر مستقیم انجام می‌شود. در روش مستقیم جرم و یا حجم محصول مستقیماً اندازه‌گیری می‌گردد در حالیکه در روش غیر مستقیم با اندازه‌گیری یک پارامتر دیگر، همچون توان لازم برای حرکت نوار نقاله با استفاده از موتور DC، اندازه‌گیری میزان مومنتوم صفحه واقع در محل تخلیه محصول، سنجش مقدار تابش نور عبوری از بین محصولات غله‌ای و همچنین بکارگیری صفحات خازنی انجام می‌شود. در مورد محصولات ریشه‌ای همچون سیب زمینی، چغندر قند، هویج، پیاز، گوجه فرنگی و خیار، روش‌های مختلفی برای سنجش وزن محصول و تهیه نقشه عملکرد آن ارائه شده است (Compbell et al., 1994; Hofman et al., 1996; Hall, 1998). گادوین و ویلر (Godwin et al., 1999) سامانه‌ای را معرفی کردند که توانایی اندازه‌گیری جریان اضافه شده به داخل یک واگن را داشت. در این سامانه بارسنج‌هایی در کف مخزن جمع آوری محصول استفاده شد که به وسیله آنها وزن اضافه شده به مخزن قابل اندازه‌گیری بود. در پژوهش دیگر که با استفاده از روش توزین حجمی انجام شد، بین وزن واقعی و مقدار تخمین زده شده حدود ۵ درصد اختلاف نشان داده شد (Demmel and Auernhammer, 1998). والتر و همکاران (Walter and Backer, 2003) دو سامانه برای اندازه‌گیری جریان جرمی چغندر قند معرفی کردند که در یکی از آنها از چرخ‌های هرزگرد مجهز به بارسنج و در نوع دیگر نیز دو هرزگرد به کار برده شد که در قسمت خروجی نقاله نصب و دارای میله‌های لغزشی است که با یک صفحه پلاستیکی پوشیده شده بود. میزان خطای اندازه‌گیری وزن در حد ۲ تا ۳ درصد و خطای متوسط نیز ۲/۳ درصد گزارش شده بود. در تحقیقی که توسط اشمیتمن و کرومر (Schmittmann and Kromer, 2002) انجام شد سعی بر آن بود که تا حد ممکن وزن محصول تمیز شده را اندازه‌گیری کنند. در این روش آنها تلاش کردند که با شمارش تعداد ریشه‌های عبوری از روی نقاله و ضرب تعداد آنها در وزن متوسط ریشه‌ها، عملکرد را محاسبه کنند. در پژوهش دیگر که توسط مستوفی و همکاران انجام شد، میزان جریان جرمی سیب زمینی اندازه‌گیری گردید (Mostofi et al., 2007). در این تحقیق مقایسه دو مبدل اندازه‌گیری جریان جرمی مورد آزمایش قرار گرفت. در یکی از آنها از یک تیر یک سر درگیر و در مبدل دیگر نیز از چهار بارسنج استفاده شد. در این پژوهش اثر تعداد غلتک‌های هرزگرد فعال، بر دقت آزمایش مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که با استفاده از دو غلتک، کمترین مقدار خطا و انحراف استاندارد به ترتیب ۱/۰۳ درصد و ۰/۵۴ کیلوگرم گزارش شد. در پژوهش دیگر که بر



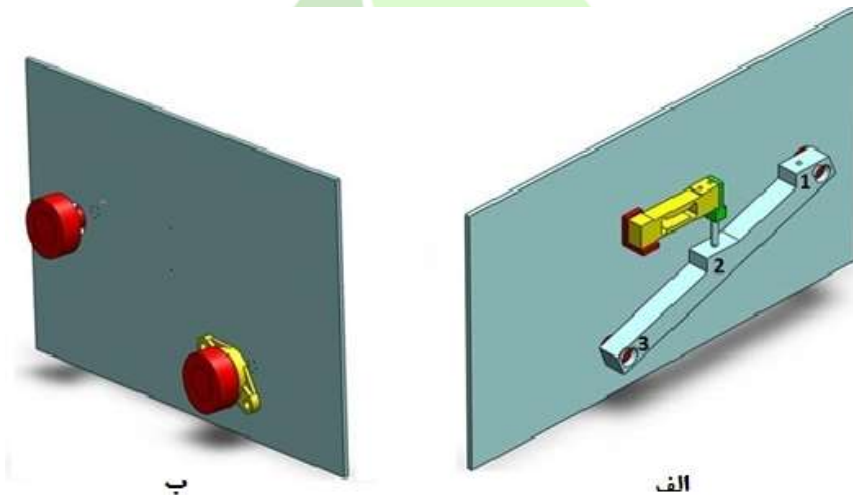
روی محصول گوجه فرنگی (Pelletier and Upadhyaya, 1999)، انجام گرفت مقدار ضریب همبستگی میان وزن واقعی و مقدار پیش بینی شده حدود ۰/۹۹۷ به دست آمد. هنینس و همکاران (Hennens et al., 1999) نوعی مبدل سنجش وزنی را معرفی کردند که از یک صفحه ضربه منحنی وار تشکیل شده بود و می‌توانست اندازه حرکت را بسنجد. این مبدل بر اساس مدل ریاضی حرکت ریشه‌ها طراحی و در واحد تمیز کننده ریشه‌ها نصب می‌شود. زمانی که تنها از اندازه حرکت استفاده گردید میزان خطا تا ۲۰٪ هم افزایش پیدا کرد ولی در هنگام استفاده از سرعت تصحیح شده مومنتوم، میزان خطا به ۳٪ کاهش پیدا کرد. کاربرد سامانه پردازش تصویر به منظور جداسازی سیب زمینی شیرین از مواد اضافی نیز انجام شده است (Gogineni et al., 2002). ضعف این سامانه، مشکل تشخیص صحیح سیب زمینی‌ها از کلوخ‌های مجاور و همچنین گل و لای چسبیده بود. سنجش عملکرد چغندر قند با بهره‌گیری از امواج رادار با باند پهن نیز مورد بررسی قرار گرفت (Konstantinovic et al., 2008). هدف پژوهش، تشخیص مکان ریشه‌ها و اندازه ریشه‌ها بود که البته نتایج نهایی زیاد قابل قبول نبود و میزان همبستگی میان قله‌های انرژی و مکان ریشه‌ها کمتر از ۹۰٪ گزارش شده است. استفاده از خروجی حسگر خازنی روش دیگری است که برای سنجش وزن سیب زمینی و چغندر قند بکار گرفته شد (Kumhála et al., 2009). در این روش از دو صفحه فلزی هر کدام به ضخامت ۲ mm و طول و عرض ۸۳۰ × ۲۶۰ mm، در بالا و زیر تمسه نقاله استفاده گردید. در این روش با تغییر شکل مواد عبوری، خروجی خازن نیز تغییر می‌کرد. بنابراین لازم است که شکل مواد همیشه ثابت باشد. استفاده از جرم معلق برای حذف اثر ارتعاشات نیز مورد بررسی قرار گرفت. به منظور کاهش اثر ارتعاشات ماشین برداشت بر خروجی سامانه از یک وزنه که توسط یک فنر در وسط سکوی توزین معلق شده بود، استفاد شد. (خراسانی و همکاران، ۱۳۸۸).

هدف این پژوهش ساخت سامانه‌ای است که بتوان جریان لحظه‌ای محصول چغندر قند برداشت شده را با استفاده از سکوی توزین در بیرون شاسی اندازه‌گیری کرد. کاهش احتمال مسدود شدن سکو توسط گل و لای و خاشاک و همچنین نبود فضای کافی زیر نوار نقاله از دلایل اصلی طراحی سکو در قست بیرونی نوار نقاله بود. در این پژوهش با استفاده از روش جدید و عملی، فرکانس مربوط به ثبت وزن عبوری بدست آمد.



مواد و روش‌ها

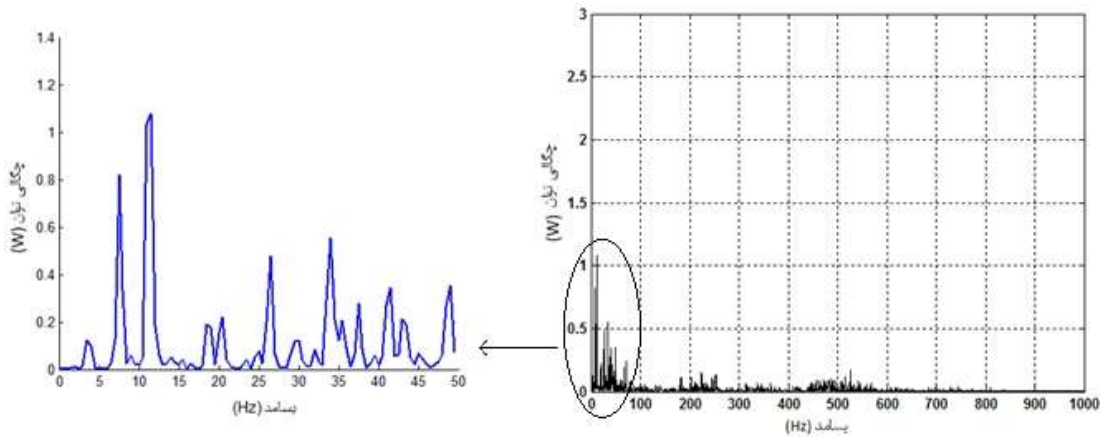
ماشین برداشت مورد استفاده در این پژوهش از نوع کششی با توان تراکتوری مورد نیاز ۹۰ اسب بخار و ساخت شرکت گارفورد^۱ (BATITCO, Garford, England) می‌باشد. این ماشین متعلق به کارخانه قند قزوین می‌باشد و ارزیابی نهایی سامانه نیز در مزرعه متعلق به کارخانه انجام شد. این ماشین دارای دو نوار نقاله است که زنجیر نقاله پایینی به عرض ۹۰ سانتی‌متر برای نصب سکوی توزین در نظر گرفته شد. سکوی توزین همانند شکل ۱ در بیرون محفظه نوار نقاله و در دو طرف آن نصب گردید. سکوی توزین شامل تیری است که دوغلتک به دو سر آن متصل شده است. غلتک ۳ کاملاً معلق بوده و غلتک ۱ توسط یاتاقان دیواری ثابت شده و با یک درجه آزادی دوران می‌کند. نیروسنج بکار رفته در این پژوهش از نوع خمشی با ظرفیت ۱۰۰ kg می‌باشد.



شکل ۱: طرحواره سکوی توزین و نحوه قرارگیری غلتک‌ها: الف) نمای جلو ب) نمای پشت.

سرعت نوار نقاله با بهره‌گیری از یک حسگر القایی (Autonics, RDL30-25DP, Korea) و دو تیغه فلزی متصل به محور محرک آن بدست آمد. همچنین سرعت پیشروی ماشین برداشت با نصب یک حسگر القایی در داخل رینگ و اتصال ۶ تیغه در محیط آن، اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری داده‌های وزنی حاصل از بارسنج‌ها لازم بود که در ابتدا پهنای باند حاصل از ارتعاشات بدنه بدست آید. برای این کار یک شتاب سنج (AC192, CTC, USA) در محل نصب بارسنج‌ها قرار داده شد و محدوده فرکانس‌های ارتعاشی در راستای محور عمودی بدست آمد (شکل ۲).

^۱ Garford



شکل ۲: مولفه‌های فرکانسی حاصل از ارتعاش در راستای عمودی در محل نصب نیروسنج.

با توجه به شکل، فرکانس‌های ارتعاشی در محل نصب سکو در فرکانس‌های پایین وجود دارند که ممکن است بر داده وزنی که معمولاً در فرکانس‌های پایین وجود دارند تاثیر بگذارند. برای تعیین اینکه چه فرکانسی مرتبط به وزن عبوری است و چه بازه‌ای را باید فیلتر کرد از یک روش عملی استفاده شد. در این روش سه وزنه مختلف در سرعت معمول نوار نقاله از روی آن عبور داده شد. انتظار داریم در یک فرکانس خاص، سه پیک مختلف با دامنه‌های متناسب با وزن عبوری حاصل شود. با رسم شکل طیف فرکانسی، فرکانس مربوط به ثبت داده‌های وزنی حاصل شد. در این پژوهش برای حذف نوفه حاصل از ارتعاشات، فیلتر پایین‌گذر باترورث بکار گرفته شد. برای کسب داده‌ها از کارت کسب داده (DAQ) با سرعت ۱۰ kHz استفاده شد. ثبت و ذخیره و تحلیل داده‌ها با نرم افزار Labview انجام شد. در هر ثانیه ۴۰۰۰ داده دریافت و پس از عبور از فیلتر مناسب، میانگین آنها به عنوان یک داده وزنی ثبت گردید. در این نرم افزار امکان نمایش عملکرد لحظه‌ای، عملکرد کل مزرعه و سایر متغیرهای مهم همچون سرعت نوار نقاله و سرعت ماشین وجود دارد.

برای سنجش جریان جرمی محصول بر حسب kg/s، سه پارامتر اصلی نیاز است که عبارتند از: مقدار خروجی نیروسنج (بر حسب کیلوگرم)، سرعت زنجیر نقاله (بر حسب متر بر ثانیه) و عرض سکوی توزین. با اینکه سکوی توزین در راستای شیب قرار دارد ولی به دلیل اینکه نیروسنج به صورت افقی نصب شده است پس تنها نیروهای عمودی را حس کرده و دیگر لازم نیست که اثر شیب بر مقدار وزن لحاظ شود. مقدار جریان جرمی محصول (FR) بر حسب kg/s و عملکرد مزرعه‌ای (Y) بر حسب ton/ha مطابق رابطه‌های ۱ و ۲ محاسبه گردید.

$$FR = \frac{F \times V}{D}$$

(۱)

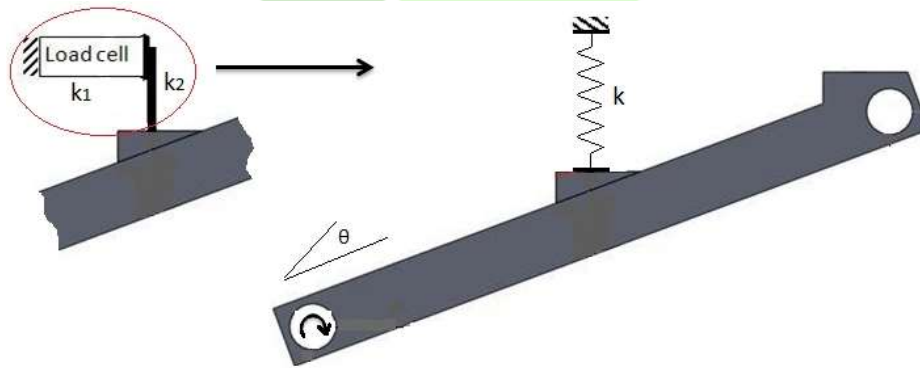
$$Y = \frac{36 \times FR}{GS \times W} \quad (2)$$

در این روابط، F میانگین خروجی نیروسنج‌ها بر حسب kg ، V سرعت نوار نقاله (m/s) ، D عرض سکوی توزین (m) ، GS سرعت ماشین برداشت (km/h) و W عرض دماغه ماشین برداشت (m) می‌باشند.

بعد از کالیبراسیون اولیه حسگرها، ارزیابی نهایی سامانه در مزرعه انجام گردید. برای ارزیابی سامانه، محصول چغندر قند به اندازه ۵ کامیون توسط ماشین از مزرعه برداشت شد. با اندازه‌گیری وزن کامیون‌ها و مقایسه وزن خالص درون آنها با وزن سنجش شده توسط سامانه، دقت سامانه تعیین شد.

تحلیل دینامیکی سکوی توزین

برای اطمینان از اینکه، در سکوی توزین پدیده تشدید اتفاق نمی‌افتد، لازم است که تحلیل دینامیکی سازه نیز انجام گیرد. برای مدلسازی، ابتدا سکوی توزین مانند شکل ۳ مدل گردید.



شکل ۳: مدل سکوی توزین برای انجام تحلیل ارتعاشی.

تحلیل دینامیکی سازه با استفاده از نرم‌افزار ANSYS انجام شد، طبق شکل ۴ اولین بسامد طبیعی سازه Hz ۷۰۸ بدست آمد. در این تحلیل از المان‌های Beam3 و Combin14 به ترتیب برای تیر و فنر استفاده شد. با توجه به اینکه حداکثر بسامد ثبت شده توسط شتاب سنج در محل نصب سکوی توزین، Hz ۵۰۰ می‌باشد، بنابراین به دلیل پایین‌تر بودن آن از اولین بسامد طبیعی سازه، سکوی توزین دچار تشدید نخواهد شد.

SET,LIST Command

File

```

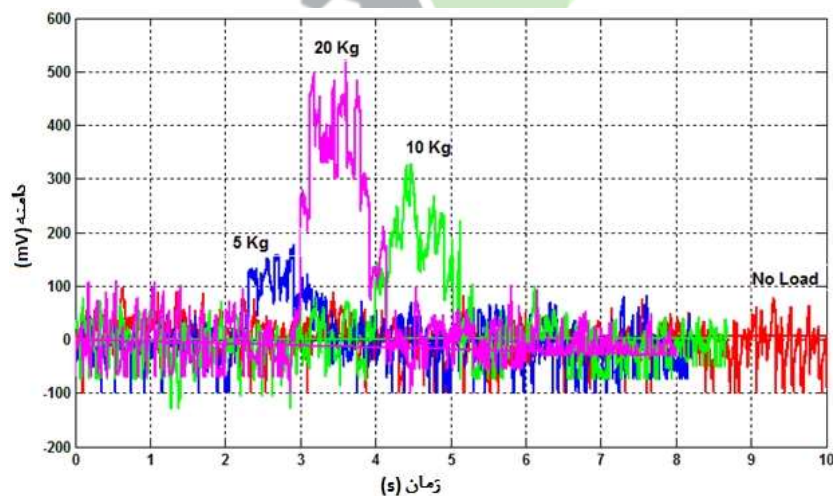
***** INDEX OF DATA SETS ON RESULTS FILE *****
SET      TIME/FREQ      LOAD STEP      SUBSTEP      CUMULATIVE
  1      708.86          1             1             1
  2      3126.8          1             2             2
  3      4325.3          1             3             3
    
```

شکل ۴: نتایج حاصل از تحلیل مودال سکوی توزین.

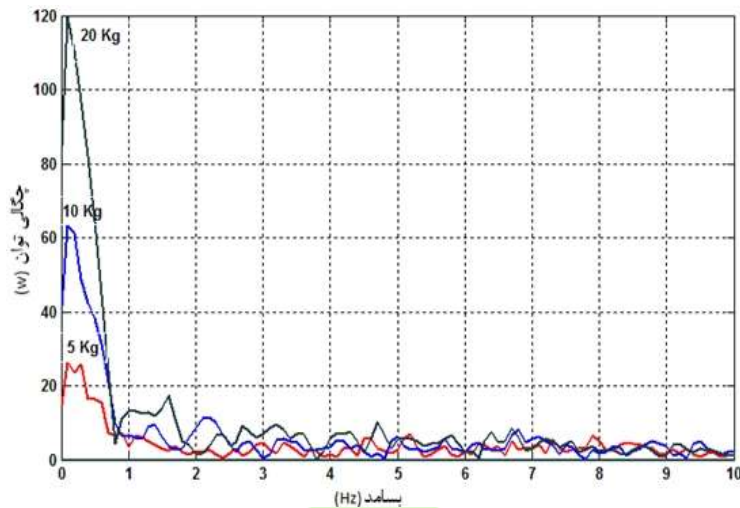
نتایج و بحث

مشکل اصلی در پردازش سیگنال، حذف فرکانس‌های ارتعاشی حاصل از ارتعاش بدنه ماشین برداشت می‌باشد. برای تشخیص اینکه وزن‌های عبوری در چه فرکانسی ثبت می‌شوند، سه وزنه مختلف از روی نوار نقاله عبور داده شد (شکل ۵).

با انجام تحلیل فرکانسی در محدوده ۰/۳ هرتز سه قله مختلف با دامنه‌های متناسب با وزن‌ها بدست آمد (شکل ۶). به دلیل تغییر سرعت نوار نقاله امکان جابجایی فرکانس ثبت وزن در محدوده ۰/۳ هرتز وجود دارد. بنابراین فرکانس ۰/۸ هرتز به عنوان فرکانس قطع برای طراحی فیلتر در نظر گرفته شد. برای حذف نوفه، فیلتر پایین‌گذر نوع باترورث استفاده گردید. البته در محل نصب نیروسنج‌ها تا فرکانس ۲ هرتز هیچ مولفه فرکانس ارتعاشی وجود ندارد و افزایش فرکانس قطع تا ۱ هرتز نیز مشکلی ایجاد نخواهد کرد.

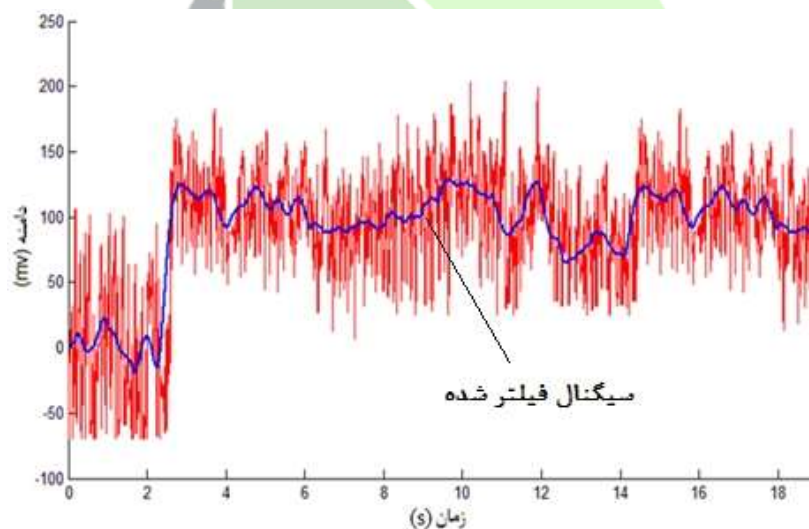


شکل ۲: سیگنال اصلی حاصل از سه وزن مختلف عبوری از روی نوار نقاله.



شکل ۳: نتایج حاصل از تبدیل فوری به (FFT) سیگنال‌های بدست آمده از سه وزن عبوری.

در شکل ۴ بخشی از سیگنال‌های خام و فیلتر شده نشان داده شده است. با توجه به شکل، ۲/۵ ثانیه طول می‌کشد تا محصول از محل تیغه‌ها به محل سکوی توزین برسد و این زمان در نرم افزار به عنوان زمان تاخیر در نظر گرفته شد.



شکل ۴: بخشی از سیگنال خروجی نیروسنج‌ها در هنگام عمل برداشت محصول.

پس از طراحی فیلتر، دقت سامانه با انجام ارزیابی نهایی در مزرعه تعیین شد. در جدول ۱ نتایج نهایی برای ۵ کامیون نشان داده شده است. با توجه به مقادیر حاصل از خطا می‌توان نتیجه گرفت که سامانه همیشه بیش برآوردی را در سنجش وزن‌ها نشان می‌دهد. البته مقدار انحراف میانگین خطاها کم بوده و نشان دهنده عملکرد مناسب سکوی توزین است. علت بیش برآورد سامانه به این است که در هنگام حرکت ریشه‌ها از روی نوار نقاله، بعضی از ریشه‌ها که شکل

کروی مانند داشتند روی آن به عقب بر می‌گشتند و ممکن بود وزن آنها بیش از یکبار ثبت شود. با اضافه کردن پله‌هایی بر روی نوار نقاله و یا به روش نرم افزاری امکان کاهش خطای سامانه وجود دارد. در این مطالعه، تصحیح خطا به روش نرم افزاری انجام شد.

جدول ۱: نتایج حاصل از ارزیابی دستگاه سنجش عملکرد.

| شماره کامیون | وزن خالص چغندر قند (kg) | وزن خروجی سکوی توزین (kg) | درصد خطا |
|--------------|-------------------------|---------------------------|----------|
| ۱ | ۶۸۰۰ | ۷۲۵۴ | -۶/۶۷ |
| ۲ | ۶۳۲۰ | ۶۶۴۰ | -۵/۰۶ |
| ۳ | ۵۴۰۰ | ۵۷۵۰ | -۶/۴۸ |
| ۴ | ۶۴۰۵ | ۶۷۴۵ | -۵/۳۰ |
| ۵ | ۵۹۵۰ | ۶۴۸۰ | -۸/۹۰ |
| میانگین | | | -۶/۴۸ |
| انحراف معیار | | | -۱/۵۲ |

برای کاهش خطای سامانه، میانگین خطا یعنی ۶/۴۸- درصد به عنوان خطای تصحیح در نرم افزار استفاده گردید. سپس عملیات برداشت برای یک مزرعه به مساحت ۲/۸ هکتار انجام شد. مقدار متوسط عملکرد محاسبه شده توسط سامانه، ۴۲/۷ تن در هکتار بدست آمد. در مقایسه با متوسط عملکرد مزرعه که حدود ۴۱/۸ تن در هکتار گزارش گردید، مقدار خطای کلی این سامانه حدود ۰/۲٪ (بیشتر از مقدار واقعی) بدست آمد. این مقدار خطا نشان می‌دهد که سامانه بسیار مطلوب کار می‌کند و از دقت خوبی برخوردار است.

نتیجه‌گیری

در مقایسه با سامانه‌های مشابه در دنیا، در این سامانه به دلیل قرارگیری تجهیزات اندازه‌گیری در بیرون از شاسی نوارنقاله، امکان گرفتگی حسگرها به وسیله مواد اضافی همچون گل و لای و خاشاک به حداقل رسید و با اطمینان بیشتری کار می‌کند. چون محدوده بسامدی مربوط به ثبت وزن به خوبی و دقیق تعیین گردید بنابراین بسامدهای



ارتعاشی که به صورت نوفه عمل می‌کنند، با فیلتر مناسب حذف گردیدند. نتایج ارزیابی نشان داد که منبع خطا بیشتر به دلیل چرخش بعضی از ریشه‌های کروی مانند می‌باشد. خطای اولیه سامانه حدود ۶/۴۸- درصد بود ولی با تصحیح خطا به صورت نرم‌افزاری این مقدار به طور قابل توجهی کاهش پیدا کرد و بیانگر آن است که سامانه به خوبی عمل می‌کند. بعد از تصحیح، خطای سامانه به حدود ۲ درصد کاهش پیدا کرد که این میزان خطا برای سنجش عملکرد چغندر قند مناسب می‌باشد.

منابع

- ۱- خراسانی فردوانی، م.ا.، علیمردانی، ر. و امید، م. ۱۳۸۸. ساخت و ارزیابی آزمایشگاهی مکانیزم کاهنده نوفه سکوی توزین با استفاده از مبدل نیروی جرم آزاد در سامانه سنجش عملکرد نیشکر. مجله مهندسی بیوسیستم ایران، ۴۰(۱): ۶۲-۵۳.
- 2- Campbell, R. H., Rawlins, S. L. and Han, S. 1994. Monitoring methods for potato yield mapping. American Society of Agricultural Engineers, 94: 1576-1587.
- 3- Demmel, M. and Auernhammer, H. 1998. Georeferenced data collection and yield measurement on a self propelled six row sugar beet harvester. ASAE Meeting Presentation, Paper NO: 911149.
- 4- Godwin, R., Wheeler, P., O'Dogherty, M., Watt, C. and Richards, T. 1999. Cumulative mass determination for yield maps of non-grain crops. Computers and Electronics in Agriculture, 23: 85-101.
- 5- Gogineni, S., Thomasson, J., Wooten, J., White, J., Thompson, P. and Shankle, M. 2002. Image-based sweetpotato yield and grade monitor. In ASAE Annual International Meeting/CIGR XVth World Congress, Chicago, Illinois, July, pp. 28-31.
- 6- Hall, T. L. R. 1998. Real-time monitoring of site-specific sugarbeet yield, Doctoral dissertation, North Dakota State University.
- 7- Hennens, D., Baert, J., Broos, B., Ramon, H. and De Baerdemaeker, J. 2003. Development of a flow model for the design of a momentum type beet mass flow sensor. Biosystems engineering, 85: 425-436.
- 8- Hofman, V., Panigrahi, S., Gregor, B. and Walter, J. 1996. In field yield monitoring of sugarbeets. SAE transactions, 104: 237-239.
- 9- Konstantinovic, M., Wöckel, S., LAMMERS, P. S. and Sachs, J. 2008. UWB radar system for yield monitoring of sugar beet. Transactions of the ASABE, 51: 753-761.
- 10- Kumhála, F., Prošek, V. and Blahovec, J. 2009. Capacitive throughput sensor for sugar beets and potatoes. Biosystems engineering, 102: 36-43.



- 11- Mostofi, M., Godwin, R., O'Dogherty, M. and Minaei, S. 2007. Investigations on Performance of a Continuous Mass Flow Rate Measurement System for Potato Harvesting. Agricultural Engineering International: CIGR EJournal., 9: xx-xx.
- 12- Pelletier, G. and Upadhyaya, S. K. 1999. Development of a tomato load/yield monitor. Computers and electronics in agriculture, 23: 103-117.
- 13- Schmittmann, O. and Kromer, K. H. 2002. Site-Specific Yield Measurement of Sugar Beet. VDI BERICHTE, 1716: 259-264.
- 14- Walter, J. and Backer, L. 2003. Sugarbeet Yield Monitoring for Site-Specific Farming Part I- Laboratory Tests and Preliminary Field Tests. Precision Agriculture, 4: 421-431.





Development of a Real Time Sugar Beet Yield Monitoring System and Mapping Product Quality and Quantity

Abstract

The main priorities in crop production are increasing the yield and decreasing the cost of production. Using of precision farming is the best way to approach these goals. This study has two main goals, the first one is development of a sugar beet yield monitoring system and the second entails the determination of spatial variability in quality (sugar content). For real time measurement of quantitative yield, first a system was designed and fabricated, and then it was installed on the exterior side of the harvester's chassis. The advantage of this arrangement over similar systems is the location of the load cell and system's frame which prevents blockage by trash, mud or plant roots. For measurement of weight, one load cell on each side of the harvester chassis was used. By using two proximity sensors conveyor and ground speeds were measured. Because vibrations of the harvester can affect the output signals, it is necessary to find the main bandwidth associated with the weights moving on the conveyor. For this purpose, three different masses were placed on the moving conveyor and using signal processing this bandwidth was determined. Then, a suitable filter was designed and other frequencies acting as noise were attenuated. After calibrating all the sensors, final evaluation of the system was done in the field and the mean and standard deviation of error were obtained as - 6.48% and 1.52, respectively. These negative errors indicate that the weight is always overestimated by the system. Accordingly, the error can be reduced by minor changes in conveyor shape or modified by software. Using the parameters including: mass flow rate, conveyor speed, ground speed and position information, The mean farm yield was obtained about 46 t/ha, so by considering the median system error (6.48%) and software modification, it was adjusted to 42.7 t/ha. Comparing with the actual yield (41.8), it differs by only about 2%. This result indicate that the system works well.

Keywords: sugar beet, sugar content, yield map, linear modeling.