

## ارزیابی سامانه اندازه گیری کننده عملکرد موضعی محصول یونجه خشک روی ماشین بسته بند

ایمان احمدی<sup>1\*</sup>، سعید مینایی، محمدعلی قضاوی و علی محمد برقی

## چکیده

اندازه‌گیری موضعی عملکرد محصول (پایش عملکرد محصول) یکی از ضروری‌ترین مراحل در کشاورزی دقیق می‌باشد که کاربرد آن به تهیه نقشه عملکرد محصول می‌انجامد. در این پژوهش به ارزیابی یک سامانه نیمه خودکار پایش‌گر عملکرد محصول یونجه خشک روی ماشین بسته‌بند مکعبی کوچک پرداخته شده است. در این سامانه، اندازه‌گیری مقدار محصول بر مبنای روش حجمی و با اتصال یک دورسنج به محور چرخ ستاره‌ای بسته‌بند صورت پذیرفت و محاسبه مختصات به روش محلی و با اندازه‌گیری زاویه چرخش زمین گرد انجام شد. نمونه‌برداری داده‌های عملکردی و مختصاتی به صورت هم‌زمان و با بسامد 1Hz به کمک بردهای الکترونیکی مجهز به میکروکنترلر صورت گرفت. بر مبنای نتایج به دست آمده: 1- فیلتر SMF قادر به تشخیص و تصحیح داده‌های ناشی از پدیده بیش‌باری بود، 2- دقت سامانه محاسبه مختصات در اندازه‌گیری طول بالاتر از دریافت‌گر GPS بود. و 3- استفاده از چگالی هر بسته باعث بهبود دقت تبدیل داده‌های حجمی به جرمی شد. در نتیجه برای تمام خودکار شدن سامانه، نصب واحد اندازه‌گیری چگالی بسته‌ها روی ماشین بسته‌بند لازم شد.

واژه‌های کلیدی: یونجه، پایش‌گر عملکرد، بسته بند مکعبی، بیش‌باری

1، 2، 3 و 4. به ترتیب دانشجوی دکتری ماشین‌های کشاورزی، دانشیار، استادیار و استاد گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی - واحد علوم و تحقیقات تهران  
\* نویسنده مسوول

ارزیابی سامانه اندازه گیری کننده عملکرد موضعی محصول یونجه خشک ...

سامانه DGPS اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که چون مقادیر متوسط عملکرد محصول اندازه گیری شده توسط پایش گر از مقادیر اندازه گیری شده توسط برداشت توده- ای دارای اختلاف کمی (کمتر از 6 درصد) بود، اصل پایش عملکرد محصول با اندازه گیری آهنگ تجمع جرم محصول، منطقی و قابل اجرا تشخیص داده شد (گادوین و همکاران، 1999). برای پایش عملکرد محصولات علوفه ای روی ماشین بسته بند با روش جرمی، یک بسته- بند استوانه ای به یک نیرو سنج روی مال بند و کرنش سنج هائی روی محور انتقال قدرت بسته بند مجهز شد. در حالت استاتیکی خطای پایش عملکرد کم تر از 1٪ بود. همچنین با روش-های هموار سازی سیگنال که به حذف تغییرات سوزنی شکل در فایل داده ای منجر می- شود، نوسان-های بزرگ در سیگنال های خروجی حذف شدند (واید و آرنهمر، 1999).

در بررسی منابع انجام شده پژوهشی که راجع به پایش عملکرد محصول روی بسته بندهای مکعبی کوچک باشد، به دست نیامد، بر این اساس در پژوهش حاضر سامانه ای برای پایش عملکرد محصول یونجه خشک روی ماشین بسته بند مکعبی کوچک ساخته و ارزیابی شده است.

### مواد و روش ها

اجزاء سامانه پایش گر عملکرد محصول به صورت خاص مکانی

سامانه اندازه گیری عملکرد محصول یونجه خشک از دو دورسنج<sup>3</sup> و بردهای الکترونیکی مجهز به میکروکنترلر تشکیل شده است که داده های عملکردی و مختصاتی را خوانده و برای ذخیره سازی به کامپیوتر قابل حمل می فرستد. دورسنج های مورد استفاده، از نوع نوری، ساخت شرکت Autonics کره، سری E30S و با ریزنگاری<sup>4</sup> 400 پالس به ازاء هر دور چرخش محور می- باشد.

پایش گر عملکرد محصول<sup>1</sup> به عنوان یک ابزار ضروری در اجرای کشاورزی دقیق شناخته می شود. پایش گرهای عملکرد محصول دو نوع داده را اندازه گیری می کنند: مقدار محصول و موقعیت ماشین برداشت در مزرعه. معمولاً داده های مقدار محصول با داده های طول و عرض جغرافیائی به دست آمده از دریافت گر GPS تفاضلی<sup>2</sup> ترکیب می شوند تا به نقشه عملکرد محصول تبدیل شوند (دورنس و همکاران، 1999). از اواخر دهه 1980 میلادی ساخت و استفاده از پایش گرهای عملکرد محصولات دانه ای قابل نصب روی کمباین های غلات در پژوهش های کشاورزی متداول شد (واگنر و اسپروک، 1987؛ سیرسی و همکاران، 1989؛ آرنهمر و همکاران، 1993؛ ارسلان و کلوین، 1998؛ رینز و همکاران، 2002). به علت این که در کمباین جریان ورودی تقریباً ثابتی از دانه ها وجود دارد، اندازه گیری مقدار محصول تسهیل می شود. از طرف دیگر به علت همگنی بیشتر محصولات دانه ای از نظر شکل، جرم و چگالی نسبت به سایر محصولات، توسعه پایش گرهای عملکرد محصولات دانه ای پیش از سایر محصولات انجام شد و در حال حاضر این سامانه ها به صورت تجاری موجودند. از اواخر دهه 1990 میلادی، توسعه پایش گرهای عملکرد محصولات غیر دانه ای نیز مورد توجه قرار گرفت. به- عنوان مثال در پژوهشی، نمونه اولیه پایش گر عملکرد محصول بادام زمینی که بر مبنای مبدل های نیروئی کار می کرد، ارزیابی شد. آزمایش ها نشان داد که دقت سامانه بر مبنای ظرفیت تریلر 97 تا 98 درصد و بر مبنای عملکرد کل مزرعه 99 درصد بود، در نتیجه استفاده از نقشه های حاصل از این سامانه برای ارزیابی طرح های مدیریتی جاری و توسعه طرح های مدیریتی جدید مناسب تشخیص داده شد (توماس و همکاران، 1999). در پژوهشی دیگر، سامانه پایش گری برای محصولات غیر دانه ای با استفاده از اندازه گیری آهنگ تجمع جرم محصول توسعه یافت. اندازه گیری جرم با تجهیز تریلر ماشین برداشت به نیروسنج تحقق یافت. موقعیت تریلر با

3. shaft encoder

4. resolution

1. yield monitor

2. differential GPS or DGPS

اندازه‌گیری داده‌های مربوط به عملکرد محصول

یکی از روش‌های اندازه‌گیری مقدار محصول، روش حجمی است که در آن حجم اضافه شده به محصول موجود در ماشین، مبنای اندازه‌گیری مقدار محصول واقع می‌شود. این روش به‌خوبی روی بسته‌بند قابل اجراست. چون سطح مقطع کانال بسته‌بندی و شعاع چرخ ستاره‌ای ثابت می‌باشند (شعاع چرخ ستاره‌ای  $10 \text{ cm} = 1 \text{ dm}$  و سطح مقطع آن  $15/75 \text{ dm}^2 = 1575 \text{ cm}^2$ )، اگر مقدار زاویه چرخیده شده به‌وسیله چرخ ستاره‌ای در واحد زمان اندازه‌گیری و ذخیره شود، می‌توان مقدار زاویه اندازه‌گیری شده را به حجم محصول اضافه شده به بسته‌بند نسبت داد:

$$\begin{aligned} & (\text{dm}^2) \text{ سطح مقطع کانال بسته‌بندی} \times (\text{dm}) \text{ شعاع چرخ} \times (\text{rad}) \text{ زاویه چرخش چرخ ستاره‌ای} = (\text{dm}^3) \text{ حجم محصول اضافه شده} \\ & (\text{تعداد پالس دور سنچ}) \text{ زاویه چرخش چرخ ستاره‌ای} \times \frac{2\pi}{400} (\text{rad}) \\ & \text{زاویه چرخش چرخ ستاره‌ای} \\ & (\text{تعداد پالس دور سنچ}) \text{ زاویه چرخش چرخ ستاره‌ای} \times \\ & (\text{تعداد پالس دور سنچ}) \text{ زاویه چرخش چرخ ستاره‌ای} \times \frac{2\pi}{400} \times 1 \times 15/75 \\ & (\text{تعداد پالس دور سنچ}) \text{ زاویه چرخش چرخ ستاره‌ای} \times 0/2475 \\ & (\text{dm}^3) \text{ حجم محصول اضافه شده} \end{aligned}$$

برای این منظور یک واحد اندازه‌گیری مقدار زاویه (دورسنج) به محور چرخ ستاره‌ای متصل شد. در روابط فوق دلیل استفاده از ضریب  $\frac{2\pi}{400}$  این است که خروجی دور سنج به ازاء یک دور چرخش (زاویه چرخش  $2\pi$  رادیان)، عدد 400 می‌باشد.

اندازه‌گیری داده‌های مربوط به مختصات

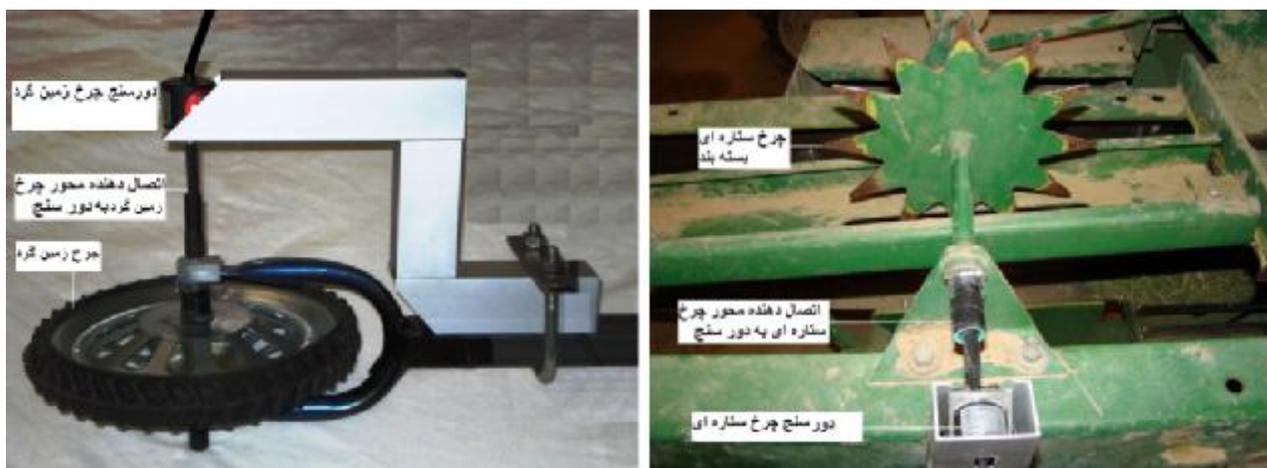
قبل از بسته بندی محصول توسط بسته‌بند، یونجه خشک به‌صورت ردیف‌های موازی با هم روی زمین قرار داده می‌شود. در این‌صورت با فرض مختصات محلی (0,0) برای نقطه شروع عملیات بسته بندی و منطبق کردن مختصات X بر ردیف محصول در حال بسته بندی، می‌توان مختصات مربوط به سایر نقاط را به دست آورد. پس از اتمام بسته بندی یک ردیف، فاصله بین دو

ردیف که با متر اندازه‌گیری شده، به‌صورت دستی به مختص Y افزوده می‌شود تا داده‌های مختصاتی ردیف دوم به دست آید و این کار تا پایان داده‌برداری مربوط به تمام سطح مزرعه ادامه می‌یابد. پس تنها متغیر مورد اندازه‌گیری در محاسبه مختصات، فاصله طی شده توسط ماشین بسته‌بند بین دو نمونه برداری پشت سر هم می‌باشد. برای انجام این کار در این پژوهش از یک چرخ زمین‌گرد استفاده شد. اگر زاویه چرخیده شده توسط چرخ زمین‌گرد بین دو نمونه‌برداری پشت سر هم ثبت شود، به‌علت این‌که فاصله بین دو نقطه ضریبی از زاویه چرخیده شده توسط چرخ زمین‌گرد است، می‌توان زاویه ثبت شده را به فاصله بین دو نقطه مرتبط کرد:

$$\begin{aligned} & (\text{cm}) \text{ شعاع ثابت چرخ} \times (\text{rad}) \text{ زاویه چرخش چرخ زمین گرد} = \\ & (\text{cm}) \text{ مسافت پیموده شده توسط چرخ زمین گرد} \\ & (\text{تعداد پالس دور سنچ}) \text{ زاویه چرخش چرخ زمین گرد} \times \frac{2\pi}{400} \\ & (\text{rad}) \text{ زاویه چرخش چرخ زمین گرد} \\ & (\text{تعداد پالس دور سنچ}) \text{ زاویه چرخش چرخ زمین گرد} \times 10 \times \frac{2\pi}{400} \\ & (\text{cm}) \text{ مسافت پیموده شده توسط چرخ زمین گرد} \\ & (\text{تعداد پالس دور سنچ}) \text{ زاویه چرخش چرخ زمین گرد} \times 0/157 \\ & (\text{cm}) \text{ مسافت پیموده شده توسط چرخ زمین گرد} \end{aligned}$$

برای اندازه‌گیری و ثبت زاویه چرخیده شده توسط چرخ زمین‌گرد نیز یک دورسنج به محور چرخ زمین‌گرد متصل شد. چرخ زمین‌گرد به‌صورت لولایی به شاسی ماشین بسته‌بند متصل شده و برای افزایش درگیری آن با خاک از وزنه استفاده شد. سخت افزار سامانه توسعه یافته در شکل 1 نشان داده شده است.

داده‌ها پس از اندازه‌گیری، توسط درگاه سریال RS 232 برای ذخیره سازی به رایانه منتقل شدند. ارتباط کاربر با نرم‌افزار ذخیره سازی داده‌ها در رایانه از طریق پنجره نرم‌افزار صورت گرفت. برای طراحی این پنجره و برنامه ریزی میکروکنترلرها از زبان‌های برنامه نویسی دلفی و C استفاده شد. پنجره نرم‌افزار ذخیره سازی داده‌ها در شکل 2 نشان داده شده است.



شکل 1: چرخ ستاره‌ای و دورسنج آن (تصویر سمت راست) و چرخ زمین‌گرد و دورسنج آن (تصویر سمت چپ)

فیلتر شوند. فیلتر مورد استفاده در این‌جا با توجه به شرایط کاری ماشین بسته‌بند انتخاب شده است. اگر سکوی بردارنده ردیف محصول در ماشین بسته‌بند نقص مکانیکی داشته باشد، تجمع تدریجی محصول در سکوی بردارنده و سپس هجوم ناگهانی آن به درون کانال بسته بندی اتفاق می‌افتد که می‌توان به اختصار این حالت را با واژه بیش‌باری (Surge) بیان کرد. از دید دورسنج چرخ ستاره‌ای، بیش‌باری با تغییرات "کاهش" - افزایش و برگشت به حالت طبیعی "چرخش زاویه‌ای چرخ ستاره‌ای همراه است. تاثیری که بیش‌باری بر اندازه گیری حجم می‌گذارد ایجاد خطای بارز در مقدار محصول اندازه‌گیری شده نسبت به مقدار محصول واقعی می‌باشد. بنابراین، باید به گونه‌ای خطاهای ناشی از حالت بیش‌باری اصلاح شوند. در این پژوهش برای اصلاح خطاهای ناشی از بیش‌باری برنامه‌ای به زبان C نوشته شد و این برنامه فیلتر اصلاح کننده بیش‌باری<sup>4</sup> نامیده شد. تصویر شماتیک پدیده بیش‌باری و اصلاح آن توسط SMF در شکل 3 نشان داده شده است.

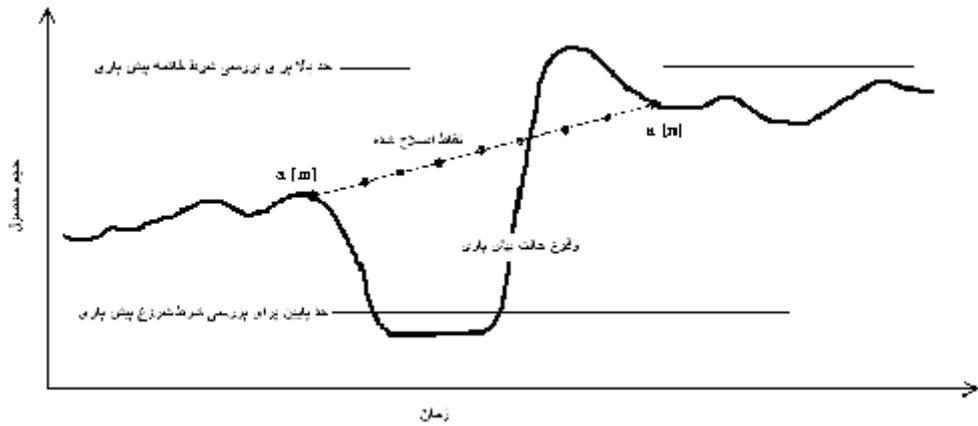


شکل 2: پنجره ارتباط با کاربر نرم‌افزار ذخیره سازی داده های سامانه پایش گر عملکرد محصول

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، داده‌ها در سه ستون (دورسنج چرخ ستاره‌ای<sup>1</sup>، دورسنج چرخ زمین گرد<sup>2</sup> و زمان) ذخیره می‌شوند. تنظیمات مورد نیاز توسط کاربر و از طریق دکمه‌های سمت راست پنجره نرم‌افزار صورت گرفت. پس از ذخیره سازی داده‌ها در رایانه، مختصات (X,Y) از داده‌های دورسنج چرخ زمین‌گرد و حجم محصول (Z) از داده‌های دورسنج چرخ ستاره‌ای به دست آورده شد. پس از به دست آمدن داده‌های حجمی زمین مرجع شده<sup>3</sup> عملکرد محصول، باید ابتدا این داده‌ها

1. star wheel shaft encoder (SWSE)
2. ground rotated wheel shaft encoder (GWSE)
3. geo-referenced

4. surge modifying filter (SMF)



شکل 3: تصویر شماتیک پدیده بیش‌باری و اصلاح آن

نسبت به آن‌ها بررسی شد. این داده‌ها طوری در نظر گرفته شدند که در بعضی از قسمت‌های فایل داده‌ای، حالت بیش‌باری به‌صورت عمدی وجود داشته باشد و در سایر قسمت‌ها وجود نداشته باشد. پس از پردازش داده‌ها توسط SMF، اگر قسمتهایی که توسط فیلتر به‌عنوان بیش‌باری معرفی می‌شوند با آن قسمتهایی که حالت بیش‌باری به‌صورت عمدی در فایل داده‌ای قرار داده شده است، منطبق باشند، فیلتر محل وقوع بیش‌باری را به خوبی تشخیص داده است و در غیر این‌صورت برنامه فیلتر نیاز به اصلاح دارد. تشخیص محل بروز بیش‌باری به‌وسیله مقایسه داده‌های حجمی با دو حد بالا و پایین امکان‌پذیر شد و فقط تغییرات "کاهشی-افزایشی-کاهشی" که در آن حداقل‌های نسبی از حد پایین محلی کوچک‌تر و حداکثرهای نسبی از حد بالای محلی بزرگ‌تر بودند، به‌عنوان بیش‌باری در نظر گرفته شدند. حدود بالا و پایین در فیلتر به‌صورت موضعی و به شکل ضربی از متوسط 5 داده قبلی در نظر گرفته شدند. ضریب به‌کار رفته در محاسبه حد بالا  $1/8$  و در مورد حد پایین  $0/2$  بود، یعنی اگر مقدار متوسط 5 داده‌ای را به  $Ave$  نشان دهیم حد پایین محلی برابر با  $0/2 \times Ave$  و حد بالای محلی برابر با  $1/8 \times Ave$  در نظر گرفته شدند. حدود بالا و پایین محلی به این دلیل به‌ترتیب به‌صورت  $1/8$  و  $0/2$  متوسط 5 داده قبلی در نظر گرفته شده‌اند که با بروز بیش‌باری مقدار علوفه ورودی به کانال بسته‌بندی صفر می‌شود و این صفر شدگی حداقل به مدت یک‌بار حرکت چنگال‌های تغذیه به داخل کانال بسته‌بندی ادامه می‌یابد. پس طبیعی است که علوفه تغذیه شده در مرحله

اگر تعداد داده‌ای که دچار بیش‌باری شده اند  $N$  و اندیس آخرین داده قبل و اولین داده بعد از بیش‌باری  $m$  و  $n$  و اندیس داده‌های اصلاح شده  $k$  باشد، فرمول به کار برده شده برای اصلاح داده‌هایی که دچار بیش‌باری شده اند، رابطه خطی زیر می‌باشد:

$$a[k] = -a[m] + \left( \frac{a[n] - a[m]}{N} \right) \times k, \quad k \in [0, N]$$

پس از اصلاح شدن داده‌ها، با استفاده از دو نوع چگالی یعنی چگالی هر بسته (که از تقسیم جرم هر بسته به حجم به‌دست آمده با حاصل ضرب طول، عرض و ارتفاع آن بسته محاسبه شد) و چگالی کل بسته‌ها (که از تقسیم جرم کل به حجم کل بسته‌ها به‌دست آمد)، داده‌های حجمی به داده‌های جرمی زمین مرجع شده تبدیل شدند و در نهایت سه تایی‌های مرتب به شکل  $(x, y, w)$ ، که  $(x, y)$  مختصات و  $w$  مقدار محصول مربوط به آن مختصات بود، با استفاده از نرم افزار Surfer به نقشه عملکرد محصول تبدیل شدند.

### آزمایش‌های مربوط به ارزیابی سامانه پایش‌گر عملکرد محصول

#### ارزیابی کارکرد فیلتر SMF

فیلتر SMF دو وظیفه دارد: 1- مشخص کردن محل‌هایی در فایل داده‌ای اولیه که در آن محل‌ها حالت بیش‌باری اتفاق افتاده است و 2- اصلاح داده‌هایی که دچار حالت بیش‌باری شده‌اند. بنابراین در ارزیابی فیلتر چگونگی انجام این دو وظیفه باید مورد تحقیق قرار گیرد. بدین منظور داده‌هایی به‌صورت دو تایی‌های مرتب (حجم محصول، زمان) به فیلتر داده شدند و واکنش فیلتر

به عرض تقریبی 3 متر و ردیف پر پشت از جمع آوری علوفه موجود در نوار به عرض تقریبی 6 متر به شکل یک ردیف حاصل شد) و نوع چگالی مورد استفاده (در دو سطح چگالی هر بسته و چگالی کل بسته‌ها) و سرعت پیش‌روی (در دو سطح استفاده از دنده‌های 1 و 2 سنگین و برابر با سرعت‌های 3 و 6 کیلومتر در ساعت در دور مشخصه موتور که در تراکتور مورد آزمایش 2000 دور در دقیقه بود) در نظر گرفته شد و متغیر وابسته میانگین خطای اندازه‌گیری مقدار محصول مربوط به بسته‌های هر ردیف بود. این بررسی به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی و در سه تکرار صورت گرفت. برای محاسبه خطا در اندازه‌گیری مقدار محصول مربوط به هر بسته، جرم هر بسته با استفاده از هر یک از دو چگالی به‌دست آمد و قدرمطلق تفاضل جرم به‌دست آمده بسته و جرم واقعی به‌عنوان خطا در نظر گرفته شد.

#### ارزیابی دقت بخش محاسبه مختصات

در ارزیابی دقت بخش محاسبه مختصات سامانه پایش‌گر، فاصله بین نقاط معلومی با دو روش اندازه‌گیری و خطای هر کدام از این روش‌ها برآورد شد. روش نخست استفاده از سامانه محاسبه مختصات طراحی شده در این پژوهش و روش دوم استفاده از سامانه GPS بود. دریافت‌گر GPS مورد استفاده در این پژوهش eTrex Summit personal navigator-GARMIN corporation بود. چندین نقطه با فاصله مشخص در مزرعه علامت‌گذاری شد و با هر یک از دو روش بالا و با استفاده از دو سرعت مختلف (در دو سطح استفاده از دنده 1 و دنده 2 سنگین و برابر با سرعت‌های 3 و 6 کیلومتر در ساعت در دور مشخصه موتور) فاصله بین آن‌ها اندازه‌گیری شد. متغیر وابسته خطای هر روش اندازه‌گیری مختصات بود که با محاسبه اختلاف طول واقعی از طول به‌دست آمده از هر روش در نظر گرفته شد. این بررسی به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام شد.

بعد حداقل 2 برابر مقدار متوسط علوفه در حال تغذیه به بسته‌بند باشد. برای ارزیابی اثر عدم عبور اکستریم‌های نسبی از حدود بالا و پایین محلی بر تشخیص بروز بیش-باری به‌ترتیب حداقل‌های نسبی 4 برابر و حداکثرهای نسبی 0/75 برابر شدند. با این کار با توجه به این که متوسط 5 داده قبلی و حداقل و حداکثر نسبی در حالت نرمال به‌ترتیب 1، 0/1 و 2 در نظر گرفته شدند، حداقل-های نسبی جدید (0/4) از حد پایین محلی (0/2) تجاوز نمی‌کردند و حداکثرهای نسبی جدید (1/5) از حد بالای محلی (1/8) تجاوز نمی‌کردند. بنابراین به غیر از داده‌ها در حالت نرمال، سه حالت دیگر نیز مورد آزمایش قرار گرفت که حالات دیگر عبارت بودند از:

حالت دوم: وقتی داده‌های حداقل نسبی، نسبت به حالت نرمال چهار برابر شدند

حالت سوم: وقتی داده‌های حداکثر نسبی، نسبت به حالت نرمال 0/75 برابر شدند

حالت چهارم: وقتی داده‌های حداقل نسبی، نسبت به حالت نرمال چهار برابر و داده‌های حداکثر نسبی نسبت به حالت نرمال 0/75 برابر شدند. از سوی دیگر فیلتر برای اصلاح بیش‌باری سری داده‌ای تولید می‌کند که داده قبل از حالت بیش‌باری را به‌صورت خطی به داده بعد از حالت بیش‌باری ارتباط می‌دهد. در نتیجه اگر در داده‌های اصلاح شده خطی بودن داده‌ها وجود داشته باشد فیلتر وظیفه دومش را نیز به‌خوبی انجام داده است.

#### تعیین نقش چگالی محصول بر دقت بخش اندازه‌گیری مقدار محصول

در تبدیل داده‌های حجمی به داده‌های جرمی از چگالی استفاده می‌شود. در این پژوهش در مورد تبدیل داده‌های حجمی به داده‌های جرمی، امکان استفاده از دو چگالی وجود دارد: 1- استفاده از چگالی هر بسته برای تبدیل داده‌های حجمی آن بسته به داده‌های جرمی و 2- استفاده از چگالی کل بسته‌ها برای تبدیل تمام داده‌های حجمی به داده‌های جرمی. بنابراین برای تعیین نقش چگالی محصول بر دقت بخش اندازه‌گیری مقدار محصول آزمایشی انجام شد که متغیرهای مستقل این آزمایش نوع ردیف (در دو سطح ردیف کم پشت و پر پشت که ردیف کم پشت از جمع‌آوری علوفه واقع در نوار

نتایج و بحث

ارزیابی کارکرد فیلتر SMF

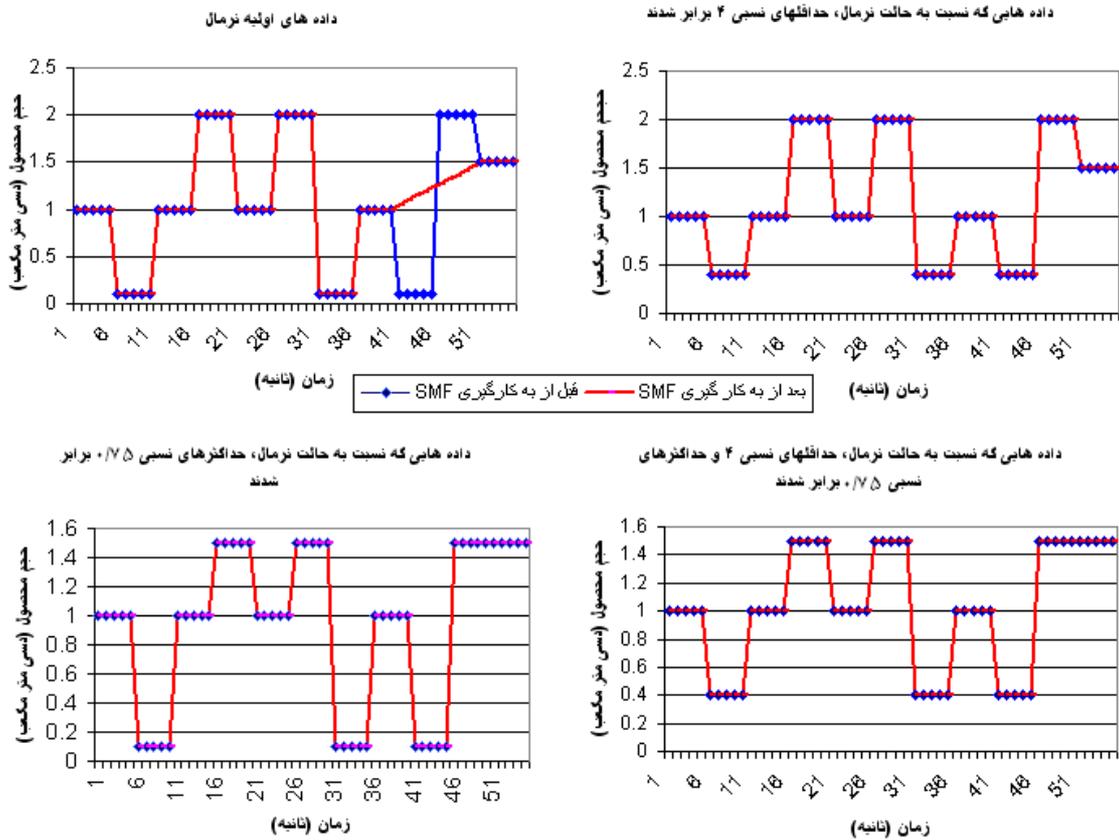
در شکل 4 داده‌های اولیه و فیلتر شده در حالت نرمال و در حالتی که داده‌های حداقل نسبی نسبت به حالت نرمال 4 برابر شدند، نشان داده شده است. همان‌طور که در حالت نرمال (تصویر بالا-سمت چپ) مشاهده می‌شود، در داده‌ها تمام حالات تغییرات (کاهشی-افزایشی، افزایشی-کاهشی، افزایشی-کاهشی-افزایشی و کاهشی-افزایشی-کاهشی) وجود دارد و تنها در حالت "کاهشی-افزایشی-کاهشی" است که فیلتر روی داده‌های اولیه عمل کرده و به‌صورت خطی داده قبل از حالت بیش‌باری را به بعد از حالت بیش‌باری ارتباط داده است. این نتیجه با آنچه از فیلتر اصلاح کننده پدیده بیش‌باری انتظار داشتیم، تطابق دارد.

نمودار مربوط به حالت دوم در شکل 4 (تصویر بالا-سمت راست) آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در این حالت هیچ موقعیت بیش‌باری تشخیص داده نشده و داده‌های اولیه و فیلتر شده کاملاً

بر هم منطبق می‌باشند. دلیل این امر عدم تجاوز داده‌های اولیه از حدود تعریف شده است. در حالت‌های سوم و چهارم (تصاویر پایین شکل 4) نیز به دلیل عدم تجاوز داده‌های اولیه از حدود تعریف شده، حالت بیش‌باری تشخیص داده نشد. از آن‌جا که فیلتر SMF به‌طور مطلوب وظیفه خود را انجام داد، استفاده از این برنامه پس از به‌دست آوردن داده‌های نهائی و قبل از ورود داده‌ها به نرم‌افزار Surfer، برای رفع حالت "تجمع تدریجی و هجوم ناگهانی محصول به کانال بسته‌بندی" پیشنهاد می‌گردد.

تأثیر چگالی بسته‌ها بر دقت قسمت اندازه‌گیری مقدار محصول

اثر تیمارهای مورد بررسی بر خطای اندازه‌گیری جرم بسته‌های علوفه در جدول‌های 1 و 2 نشان داده شده‌اند:



شکل 4: نمودارهای داده‌های اولیه و فیلتر شده در حالت نرمال و سه حالت دیگر

جدول 1: خلاصه تجزیه واریانس خطای اندازه گیری جرم بسته های علوفه در اثر تیمارهای نوع چگالی، سرعت

پیشروی و حجم ردیف

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات خطا در اندازه گیری جرم بسته های علوفه
بلوک	2	9/921 <sup>ns</sup>
نوع چگالی	1	2493
سرعت پیشروی	1	1/64 <sup>ns</sup>
حجم ردیف	1	3/03 <sup>ns</sup>
نوع چگالی × سرعت پیشروی	1	0/928 <sup>ns</sup>
نوع چگالی × حجم ردیف	1	0/1 <sup>ns</sup>
سرعت پیشروی × حجم ردیف	1	23/2 <sup>ns</sup>
نوع چگالی × سرعت پیشروی × حجم ردیف	1	20/535 <sup>ns</sup>
خطا	14	5/974
C.V.	0/9	

ns: غیر معنی دار (p>0/05). \*\*: معنی دار در سطح 1 درصد، C.V. ضریب تغییرات

جدول 2: میانگین خطای اندازه گیری جرم بسته های علوفه برای دو نوع چگالی، دو سرعت پیشروی و دو حجم ردیف علوفه

عامل آزمایش	خطا در اندازه گیری جرم بسته های علوفه (%)
نوع چگالی مورد استفاده	
استفاده از چگالی هر بسته	1/74 b
استفاده از چگالی کل بسته ها	22/12a
سرعت پیشروی	
استفاده از دنده 1 سنگین	12/19a
استفاده از دنده 2 سنگین	11/67a
حجم ردیف	
کم	11/57a
زیاد	12/28a

میانگین ها در هر ستون برای هر عامل آزمایشی که دارای حروف مشابه هستند در سطح احتمال 1٪، اختلاف معنی داری ندارند.

تأثیر روش به کار رفته در اندازه گیری طول بر دقت قسمت محاسبه مختصات

اثر تیمارهای سرعت پیشروی، مترژ و روش مورد استفاده در اندازه گیری طول بر خطای اندازه گیری در جدول های 3 و 4 نشان داده شده است. با توجه به جدول 3 اثر تیمارهای روش مورد استفاده در اندازه گیری طول، مترژ و برهمکنش روش × مترژ معنی دار شده است. با توجه به جدول 4، سامانه به کار رفته در این پژوهش نسبت به استفاده از سامانه GPS باعث کاهش میانگین خطا از 14/27٪ به 4/01٪ شده است. بنابراین می توان از این سامانه در محاسبه مختصات استفاده کرد. در نتیجه روش محاسبه مختصات مورد استفاده در این پژوهش در جاهائی که امکان استفاده از سامانه DGPS وجود ندارد، پیشنهاد می شود. افزایش طول باعث کاهش درصد خطای بخش اندازه گیری طول شد. این پدیده احتمالاً به این صورت قابل توجیه است که در مترژهای بالاتر خطای ثابت سامانه ها بر طول بیشتر تقسیم شده و این امر باعث کاهش درصد خطا شده است. مقایسه میانگین های سطوح حاصل از برهمکنش روش × مترژ در جدول 5 آورده شده است.

همان طور که در جدول 1 مشاهده می شود، نوع چگالی مورد استفاده بر خطای اندازه گیری جرم علوفه به صورت بسیار معنی داری موثر است. با توجه به جدول 2 استفاده از چگالی هر بسته برای تبدیل داده های حجمی به جرمی آن بسته نسبت به استفاده از چگالی کل بسته ها برای تبدیل تمام داده های حجمی به جرمی، خطای اندازه گیری جرم علوفه را از 22/12٪ به 1/74٪ رسانده است. بنابراین برای تکمیل سامانه پایش گر عملکرد محصول و خودکار شدن کامل آن باید سامانه اندازه گیری چگالی روی ماشین بسته بند در نظر گرفته شود.

جدول 3: خلاصه تجزیه واریانس خطا در اندازه گیری طول

منبع تغییر	در جه آزادی	میانگین مربعات خطا در اندازه گیری طول
بلوک	2	19/7 <sup>ns</sup>
روش مورد استفاده در اندازه گیری طول	1	948/1
سرعت پیشروی	1	63/3 <sup>ns</sup>
مترآژ	2	72/7
روش × سرعت	1	1/6 <sup>ns</sup>
روش × مترآژ	2	77/8
سرعت × مترآژ	2	21/56 <sup>ns</sup>
روش × سرعت × مترآژ	2	13/9 <sup>ns</sup>
خطا	22	10/5
C.V.	0/75	

جدول 5: برهمکنش + اثر روش اندازه گیری طول و مترآژ بر خطای اندازه گیری طول

مترآژ (m)			روش اندازه گیری طول
100	50	10	
8/9 b	15 c	18/8d	GPS
4/1a	3/8 a	4 a	استفاده از سامانه طراحی شده

جدول 4: میانگین خطا در اندازه گیری طول برای دو روش مورد استفاده در اندازه گیری طول، دو سرعت پیشروی و سه طول مورد استفاده

عامل آزمایش	خطا در اندازه-گیری طول (%)
روش مورد استفاده در اندازه گیری طول	GPS
سامانه به کار رفته در این پژوهش	14/27 a 4/01b
سرعت پیشروی	7/8a 10/4a
استفاده از دنده 1 سنگین	11/4a
استفاده از دنده 2 سنگین	9/4ab 6/5b
مترآژ	10 متر 50 متر 100 متر

همان گونه که مشاهده می-شود افزایش مترآژ باعث افزایش دقت سامانه GPS در اندازه گیری طول شد اما تاثیری بر دقت سامانه طراحی شده در این پژوهش نداشت. در نتیجه عامل کاهش خطای ناشی از افزایش مترآژ که در جدول 4 به صورت کلی نشان-داده شده است، افزایش دقت سامانه GPS در مترآژهای بالاتر می-باشد و سامانه طراحی شده نقشی در این باره بازی نمی-کند.

## منابع

- Arslan, S. and Colvin, T. S. 1998. Laboratory test stand for combine grain yield monitors. *Applied engineering in agriculture*. 14(4): 369-371.
- Auernhammer, H., Demmel, M., Muhr, K., Rottmeier, J. and Wild, K. 1993. Yield measurements on combine harvesters. ASAE paper 93-1506.
- Durrence, J. S., Hamrita, T. K. and Vellidis, G. 1999. A Load-Cell-Based Yield Monitor for Peanut Feasibility Study. *Precision Agriculture* 1: 301-317.
- Godwin, R. J., Wheeler, P. N., O'Dogherty, M. J., Watt, C. D. and Richards, T. 1999. Cumulative mass determination for yield maps of non-grain crops. *Computers and Electronics in Agriculture* 23: 85-101.
- Reyns, P., Missotten, B., Ramon, H. and De Baerdemaeker, J. 2002. A review of combine sensors for precision farming. *Precision Agriculture*. 3: 169-182.
- Searcy, S. W., Schueller, J. K., Bae, Y. H., Borgelt, S. C. and Stout, B. A. 1989. Mapping of spatially variable yield during grain combining. *Transactions of the ASAE*. 32(3): 826-829.
- Thomas, D. L., Perry, C. D., Vellidis, G., Durrence, J. S., Kutz, L. J., Kvien, C. K., Boydell, B. and Hamrita, T. K. 1999. Development and implementation of a load cell yield monitor for peanut. *Applied Engineering in Agriculture* 15: 211-216.
- Wagner, E. and Schrock, M. D. 1987. Grain flow measurement with a pivoted auger. *Transactions of the ASAE*. 30(6): 1583-1586.
- Wild, K. and Auernhammer, H. 1999. A weighing system for local yield monitoring of forage crops in round balers. *Computers and Electronics in Agriculture* 23: 119-132.

## Evaluation of the Site-Specific Alfalfa Hay Yield Measuring System on the Baler

Ahmadi<sup>1\*</sup>, E., Minaei<sup>2</sup>, S., Ghazavi<sup>3</sup>, M. A. and Borghei<sup>4</sup>, A. M.

### Abstract

Site-specific crop measurement (yield monitoring) is one of the essential stages to apply precision farming practices. Yield monitor is used to develop crop yield map. In this research, a semi automatic alfalfa hay yield monitoring system on small square baler was evaluated. In this system the crop yield data were measured based on a volumetric method and by connecting an encoder shaft to the baler star wheel and the coordinate was calculated locally and by measuring the fifth wheel angular rotation. The crop yield and coordinate data were sampled synchronously with 1 Hz frequency using micro-controller instrumented boards. The results showed that: 1-the SMF filter was able to recognize and modify the volumetric data which were surged. 2- the accuracy of the used coordinate determination system was higher than the GPS receiver. and 3- using each bale bulk density improved the accuracy of volume to mass data conversion, For the system to be fully automated, bale bulk density measuring system on baler was therefor necessary.

**Keywords:** Alfafa, Yield monitor, Square baler, Surge

---

1, 2, 3 and 4. Ph.D Student of Agricultural Machinery, Associate Professor, Assistant Professor and Professor respectively, Department of Mechanical Engineering of Agricultural Machinery, Faculty of Agriculture, Science and Research Branch- Islamic Azad University, Tehran

\*: Corresponding Author

-----

