

## ارزیابی مصرف سوخت موتور ماشین برداشت نیشکر سری ۷۰۰۰ در دو حالت کنترل مکانیکی مرسوم و الکترونیکی هوشمند

رحیم صیدی<sup>۱</sup>، محمد اسماعیل خراسانی فردوانی<sup>۲\*</sup>، محمد جواد شیخ‌داودی<sup>۳</sup> و حسن مسعودی<sup>۴</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران  
۲، ۳ و ۴- به ترتیب: استادیار؛ استاد؛ و استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران  
تاریخ دریافت: ۹۷/۳/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱/۱۸

### چکیده

یکی از چالش‌های پیش روی مکانیزاسیون، کنترل مصرف سوخت است. در این راستا، بررسی و اعمال روش‌های کارآمد در جهت کاهش مصرف سوخت که منجر به کاهش هزینه‌ها و آلاینده‌گی شود اقدامی ضروری به شمار می‌رود. این مقاله به پیاده‌سازی یک سامانه کنترل هوشمند سرعت دورانی موتور و به کارگیری سامانه کنترل الکترونیکی به جای مکانیزم محرک مکانیکی می‌پردازد. برای ارزیابی سامانه کنترلی جدید، با استفاده از آزمون t مستقل، میزان مصرف سوخت در مرحله برداشت بررسی شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سامانه مکانیکی کنترل سرعت دورانی موتور با مصرف ۳۶/۷ لیتر بر ساعت دارای بیشترین مصرف سوخت و سامانه الکترونیکی در حالت خودکار دارای مصرف سوخت ۳۴/۳۱ لیتر بر ساعت است. این نتیجه نشان‌دهنده کاهش مصرف سوخت به میزان ۶/۳ درصد نسبت به حالت مکانیکی است که علت این امر کنترل سرعت دورانی موتور به صورت خودکار و هوشمند است. طبق محاسبات انجام شده با نصب این سامانه روی هاروسترهای نیشکر موجود سالانه در حدود ۵۰۵ هزار لیتر سوخت صرفه جویی خواهد شد. الگوریتم کنترلی برنامه‌ریزی شده روی میکروکنترلر بهترین حالت را با توجه به وضعیت عملکرد ماشین برداشت ایجاد می‌کند. زمانی که راننده وضعیت رانندگی را تغییر می‌دهد این سامانه زمینه تغییر سریع سرعت دورانی موتور را مهیا می‌کند که بیان‌کننده عملکرد سریع عملگر الکترونیکی است.

### واژه‌های کلیدی

الگوریتم خودکار، جوی استیک، سامانه کنترل الکترونیکی، موتور پله‌ای، میکروکنترلر

### مقدمه

می‌توان کنترل‌های پیچیده‌تر را با هزینه کمتر و در عین حال با افزایش بازده، یک جا تامین نمود. علاوه بر این، با پیشرفت‌های اخیر در حوزه فناوری محرک‌های الکترونیکی، پیچیدگی‌های کنترل‌های مکانیکی و هیدرولیکی دیگر محدودکننده نیست. بنابراین، در آینده تمرکز بر محرک‌های الکترونیکی خواهد بود (Akyeampong *et al.*, 2014). در حال حاضر فناوری کنترل الکترونیکی در صنعت اتومبیل برای کنترل محدوده وسیعی از عملگرها،

سوخت مصرفی در عملیات برداشت با سهمی بالغ بر حدود ۴۳٪ از کل سوخت مصرفی عملیات زراعی، بیشترین مصرف انرژی را به خود اختصاص داده است (Rezazadeh & Zamani Behbahani, 2017). پیشرفت‌های چند دهه اخیر در زمینه الکترونیک، کنترل و استفاده از سامانه‌های هوشمند، افق‌های جدیدی را برای طراحان ماشین‌های کشاورزی گشوده است به نحوی که

آید. بدین منظور شناخت و طراحی راهکارها و وسایل جدید اجتناب‌ناپذیر است. از جمله این پیشرفت‌ها، ساخت نوع جدید و پیشرفته‌تری از موتورهای الکتریکی به نام استپ موتور یا موتورهای پله‌ای است که با کاهش انواع هزینه‌ها به تدریج جای مکانیزم‌های پیچیده مکانیکی را در صنایع مختلف خواهد گرفت (Khodadadi & Rashidi, 2014).

صیدی و همکاران (Seidi *et al.*, 2017) یک ماشین برداشت نیشکر سری ۷۰۰۰ را به سامانه کنترل الکترونیکی سرعت پیشروی مجهز نمودند، در این تحقیق از یک جوی استیک و مکانیزم اهرمی به همراه استپ موتور جهت کنترل موقعیت اسپول شیر کنترل هیدرو موتورهای پیشران استفاده شد. نتایج نشان داد که سهولت کاربری و مانور پذیری ماشین برداشت به نسبت کنترل مکانیکی مرسوم افزایش داشت.

سامانه هوشمند تعیین سرعت دورانی موتور، سامانه‌ای است که سرعت بهینه را ایجاد می‌کند و تأثیر مثبتی بر کاهش مصرف سوخت دارد. عملکرد اجزا، پارامتری مهم برای تعیین میزان سوخت مصرفی موتور و در نتیجه تنظیم سرعت دورانی موتور است. تحقیقات میدانی در کشت و صنعت‌های شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی استان خوزستان، بررسی نظر کارشناسان مربوط و مقایسه عملکرد ماشین‌های جدید و قدیم برداشت نیشکر بیانگر این موضوع است که پیاده‌سازی سامانه‌های کنترل الکترونیکی ماشین‌های برداشت نیشکر شامل مزایای بسیار زیادی است که لزوم حرکت به سمت این فناوری را یادآور می‌شود.

کیان‌مهر و همکاران (Kianmehr *et al.*, 2010) نمونه‌ای از یک شیر کنترل دبی سوخت برای کنترل دبی سوخت یک موتور توربین گاز را طراحی کردند.

به جای سامانه‌های مرسوم کنترل مکانیکی و هیدرولیکی به کار گرفته می‌شوند. از جمله سامانه کنترل الکترونیکی دریچه گاز، سامانه کنترل الکترونیکی ترمز، سامانه کنترل الکترونیکی فرمان و... در تمام این سامانه‌ها از حسگرها و عملگرهای الکترونیکی و الکتریکی به جای عملگرهای مکانیکی و هیدرولیکی معادل استفاده شده است (Winck *et al.*, 2015). تبدیل سامانه‌های کنترل مکانیکی و هیدرولیکی به نوآوری کنترل الکترونیکی یک افق جدید برای صنعت اتومبیل است که کارایی بهتر، ایمنی، قابلیت اطمینان بالاتر و تعمیر و نگهداری کمتر را در پی دارد (Gullberg, 2003).

گذر از سامانه‌های کنترل مکانیکی به سامانه‌های کنترل الکترونیکی از دهه ۱۹۸۰ میلادی شروع شد، که IC‌هایی با اندازه‌های بزرگ در دسترس بودند و نیاز برای رسیدن به عملکردی بهینه، این IC‌ها را در مسیر تکامل و افزایش کارایی قرار داد. این کنترل‌کننده‌های الکترونیکی با تعداد حلقه‌های بیشتر موجب بالا رفتن عملکرد و راندمان موتورها می‌شوند و کاربرد الگوریتم‌های کنترلی پیچیده‌تر را که با سامانه‌های مکانیکی قابل پیاده‌سازی نیستند، امکان‌پذیر می‌کند (Adachi *et al.*, 2006). سامانه‌های الکترونیکی بسیار انعطاف‌پذیرتر از اهرم‌بندی‌های مکانیکی هستند بنابراین عملگرها می‌توانند با دکمه‌های متحرک و قابل انعطاف کنترل شوند و در هر جایی قرار بگیرند، زیرا این سامانه‌ها قابلیت جابه‌جایی خیلی بیشتری را نسبت به اهرم‌بندی‌های مکانیکی دارند. این حالت می‌تواند نسبت به اهرم‌بندی‌های مرسوم بسیار ارگونومیکی‌تر باشد (Balakrishnan, 2013). با پیشرفت روزافزون علم و فناوری، همواره نیاز به وسایل و دستگاه‌های جدیدتر خواهد بود تا بین همه بخش‌های صنعت با این پیشرفت هماهنگی به وجود

بسته شدن را به عملگر الکتریکی ارسال می‌کرد و عملگر سوپاپ را در حالت باز یا بسته قرار می‌داد.

با توجه به تحقیقات میدانی در کشت و صنعت‌های شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی استان خوزستان و دیدگاه‌های کارشناسان مشخص شد که میزان مصرف سوخت و فرسایش موتور در ماشین‌های برداشت نیشکر ۷۰۰۰ در مقایسه با ماشین‌های جدید برداشت نیشکر بالاست و دلیل این موضوع تنظیم نکردن صحیح سرعت دورانی موتور توسط راننده یا خراب بودن دورسنج موتور است که در بسیاری از موارد سرعت دورانی موتور بیشتر از حد استاندارد تنظیم می‌شود. برای محدودسازی اعمال سلیقه راننده در تنظیم سرعت دورانی موتور، سامانه هوشمند تعیین سرعت دورانی موتور ماشین برداشت نیشکر طراحی و ساخته شد تا ضمن کنترل بهینه سرعت موتور، تأثیری مثبت بر کاهش مصرف سوخت بگذارد.

### مواد و روش‌ها

#### اجزای تشکیل‌دهنده سامانه جدید

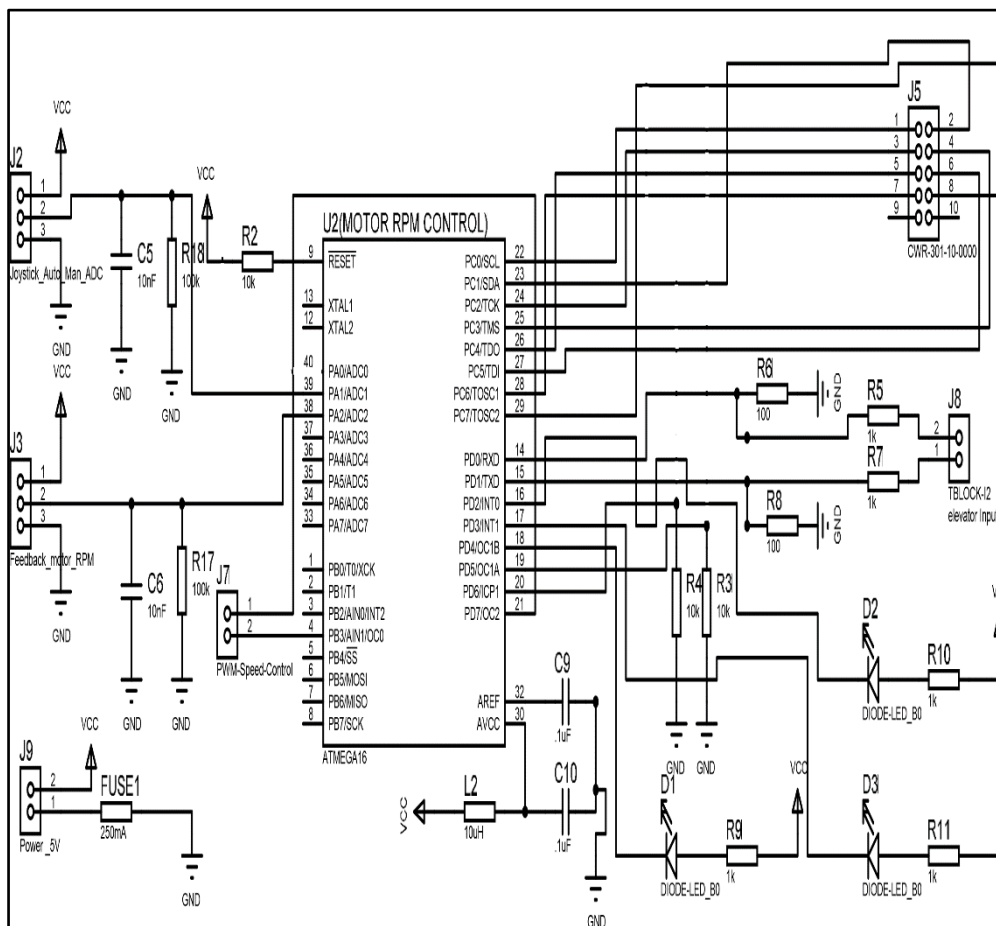
#### میکروکنترلر

طراحی و ساخت میکروکنترلرها جهش بزرگی در کیفیت، دقت و سرعت دستگاه‌های کنترل شونده با وسایل الکترونیکی ایجاد کرده است (Mirmohammadian, 2012). برای مدیریت و تصمیم‌سازی لحظه‌ای از نتایج و ارسال پالس‌های مربعی با فرکانس‌های مشخص به موتور پله‌ای و کنترل زاویه چرخش آن، از میکروکنترلر استفاده شد. شکل ۱ میکروکنترلر را به همراه مدار الکترونیکی و برد ساخته شده نشان می‌دهد.

طراحی و ساخت درایو الکتریکی سیستم کنترل دبی سوخت با استفاده از موتور پله‌ای ۵ فاز ارائه شده است. به این منظور ابتدا عملکرد مکانیکی سیستم کنترل دبی سوخت بررسی و با توجه به آن نیازمندی‌های الکتریکی و الکترونیکی سیستم تنظیم سوخت تعریف شده است. پس از آن، سخت‌افزار و الگوریتم کنترلی بر مبنای نیازمندی‌های تعریف شده طراحی و الگوریتم کنترلی روی میکروکنترلر AVR پیاده شده است. برای ذخیره‌سازی داده‌ها به منظور تحلیل‌های بعدی مانیتورینگ و داده‌برداری در رایانه انجام گرفته است. در نهایت، تست عملی واحد کنترل سوخت روی دستگاه تست سنجش عملکرد سیستم کنترل سوخت برای سرعت‌های چرخشی مختلف پمپ و برای موقعیت‌های مختلف اسپول دنبال شده است. تطابق آزمایش‌های میدانی و شبیه‌سازی‌ها و عملکرد مطلوب راه‌اندازی الکتریکی سیستم کنترل دبی سوخت در نتایج به دست آمده مشهود بود.

خدادادی و رشیدی (Khodadadi & Rashidi,

2014) پروژه‌ای تحت عنوان طراحی و ساخت یک موتور احتراق داخلی بدون میل بادامک با سوپاپ هوشمند اجرا کردند که به جایگزینی یک سامانه الکتریکی به جای مکانیزم محرک مکانیکی سوپاپ‌ها و کاهش ضریب اصطکاک موتور می‌پرداخت. نحوه کنترل این سامانه الکتریکی به گونه‌ای بود که با کویل کردن یک انکودر دورانی بر انتهای میل‌لنگ و مشخص کردن یک نقطه به عنوان مبدأ زاویه چرخش میل‌لنگ و موقعیت کنترل‌کننده با توجه به سیکل ترمودینامیکی و با استفاده از برنامه‌ای که از قبل برای آن نوشته شده بود فرمان باز یا



شکل ۱- میکروکنترلر به همراه مدار الکترونیکی سامانه کنترل

Fig. 1- Microcontroller and electronic circuit of control system

روتور نیز یک آهن‌ربای دائم است. تمام کموتاسیون باید به صورت خارجی توسط کنترل‌کننده موتور به کار گرفته شود و به‌طور معمول موتورها و کنترلرها طوری طراحی شده‌اند که موتور می‌تواند در هر موقعیتی ثابت نگاه‌داشته شود. چرخش پله‌پله موتورهای پله‌ای چرخش سریع و بی‌صدا را فراهم می‌کند (Melin & Castillo, 2005).

**نحوه عملکرد سامانه کنترل مکانیکی سرعت دورانی موتور**

در حال حاضر برای کنترل سرعت دورانی موتور و تغییر میزان سوخت ارسالی به سمت موتور، از یک اهرم‌بندی مکانیکی استفاده می‌شود. در ابتدا سوخت توسط پمپ آسیایی که از خانواده پمپ‌های

## درایور

به منظور راه‌اندازی موتور پله‌ای نیاز به درایور است. با اتصال صحیح سیم‌های درایور به موتور و منبع تغذیه می‌توان موتور پله‌ای را آماده به کار کرد. برای حرکت محور به صورت مداوم نیاز به عبور جریان الکتریکی از پیچ‌های استاتور با ترتیب مشخصی است. درایو با توجه به پالس کنترلی و جهت حرکت چرخشی محور، جریان را از پیچ‌ها عبور می‌دهد.

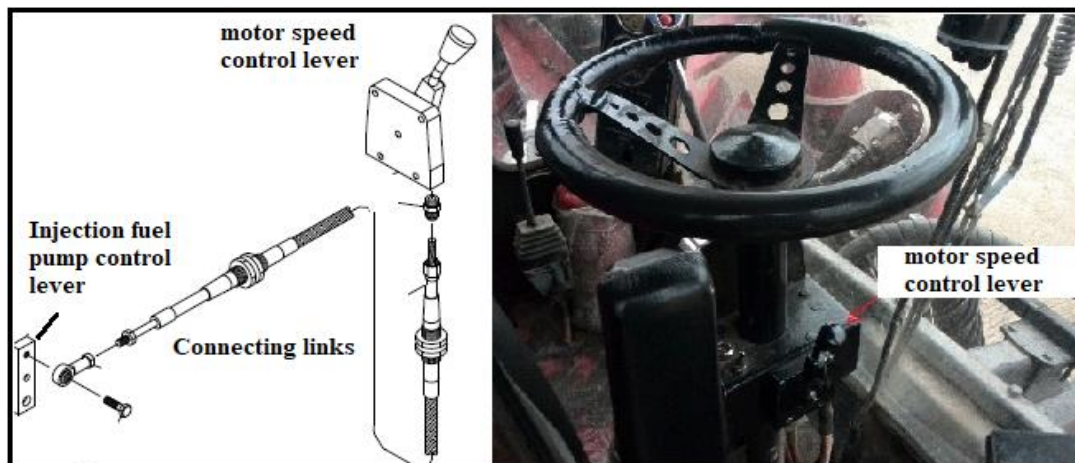
## موتور پله‌ای

موتورهای پله‌ای به عنوان موتورهای الکتریکی بدون جاروبک تلقی می‌شوند. به‌طور معمول تمام سیم‌پیچی‌ها در موتور جزئی از استاتور هستند و

ارزیابی مصرف سوخت موتور ماشین برداشت نیشکر ...

ایجاد می‌شود و با توجه به میزان چرخش اهرم تنظیم مقدار سوخت.

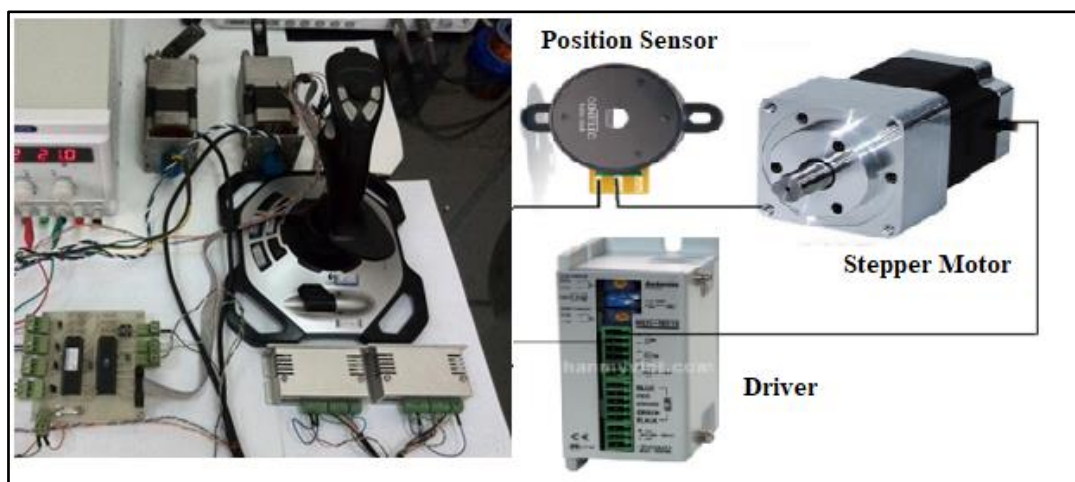
جابه‌جایی مثبت است از سمت باک کشیده و پس از عبور از فیلترهای سوخت توسط این پمپ فشارسازی



شکل ۲- اجزای مکانیکی سامانه کنترل سرعت موتور  
Fig. 2- Mechanical parts of motor speed control system

اهرم‌بندی مکانیکی است که راننده از داخل اتاقک با جابه‌جایی اهرم، سرعت موتور را تنظیم می‌کند.

میزان سوخت ارسالی به سمت موتور تغییر می‌کند. در حال حاضر مطابق شکل ۲ این تنظیمات به صورت دستی با یک



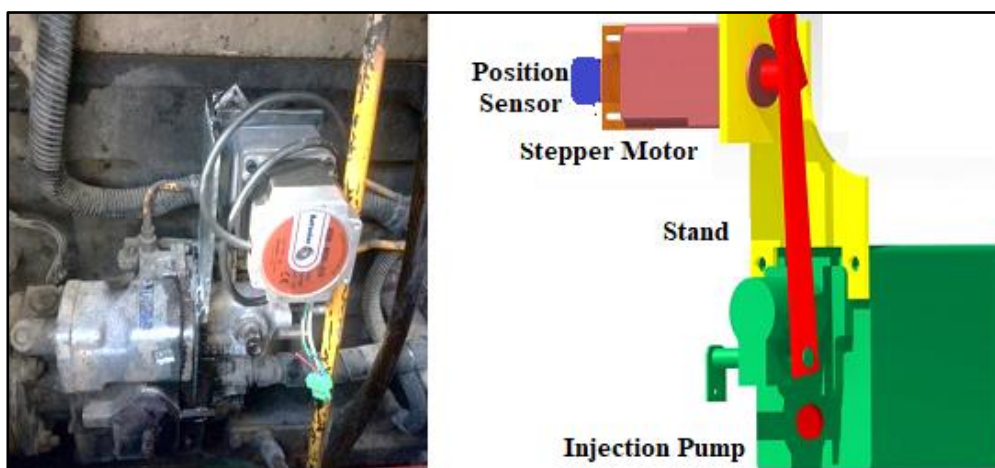
شکل ۳- اجزای سامانه کنترل الکترونیکی سرعت دورانی موتور  
Fig. 3- Motor speed controller electronic system parts

هر یک از کلیدهای مربوط به افزایش یا کاهش سرعت دورانی موتور، دستورهایی را به سمت میکروکنترلر ارسال می‌کند و میکروکنترلر نیز با توجه به محدوده چرخش تعیین شده و بازخورد دریافتی از موقعیت موتور پله‌ای،

عملکرد الگوریتم سامانه کنترل الکترونیکی سرعت دورانی موتور نحوه عملکرد الگوریتم کنترل الکترونیکی سرعت دورانی موتور به این صورت است که راننده با فعال کردن

نتیجه بروز خسارت در موتور می‌گردد و همچنین در فصل سرما بالا بودن سرعت دورانی موتور در لحظه استارت سبب ترکیدن فیلتر روغن می‌شود. در این سامانه از پتانسیومتر متصل به موتور پله‌ای به‌عنوان بازخورد موقعیت موتور پله‌ای به منظور محدود کردن چرخش موتور پله‌ای استفاده شده است. مطابق شکل ۴، موتور پله‌ای با یک اهم‌بندی به شفت تنظیم سوخت ارسالی موجود روی پمپ سوخت متصل شد. در این راستا الگوریتم کنترلی مورد نظر در محیط کدویژن و به زبان C نوشته و روی میکروکنترلر پیاده‌سازی شده‌است. در شکل ۵، الگوریتم کنترلی سامانه نشان داده شده است.

میزان چرخش موتور پله‌ای را تعیین می‌کند. در حالت کنترل خودکار، الگوریتم کنترلی با توجه به شرایط عملکرد ماشین برداشت، فعال یا غیر فعال بودن ادوات و سیگنال بازخورد از موقعیت زاویه موتور پله‌ای، دستور لازم را برای تولید پالس‌های مربعی برای به چرخش درآمدن موتور پله‌ای در جهت درست ارسال می‌کند. در حقیقت، راننده در وضعیت کنترل خودکار دیگر نقشی در انتخاب سرعت دورانی موتور ندارد و کنترل این سرعت به‌صورت الکترونیکی است. این امر سبب کاهش مصرف سوخت و پایین آمدن زیان‌های ناشی از افزایش بیش از حد سرعت دورانی موتور می‌گردد. افزایش سرعت دورانی موتور در لحظه استارت ماشین برداشت باعث افت فشار روغن و در



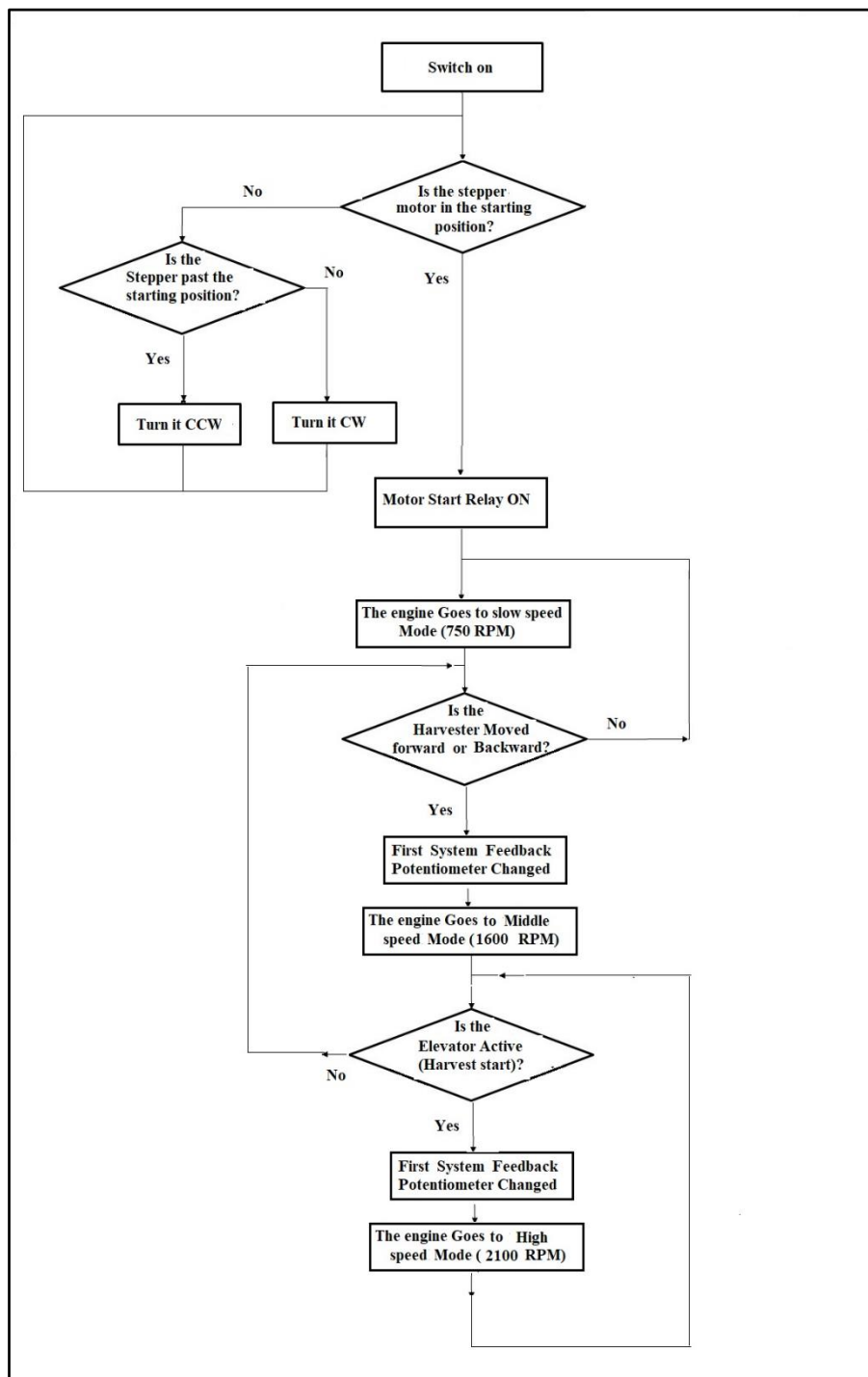
شکل ۴- مکانیزم اتصال موتور پله‌ای به اهم تنظیم سوخت  
Fig. 4- Stepper motor- fuel lever connecting mechanisms

یکسان با سامانه‌های کنترل مکانیکی و الکترونیکی اندازه‌گیری شد. پنج ردیف با سامانه کنترل مکانیکی سرعت دورانی موتور و پنج ردیف دیگر با سامانه کنترل الکترونیکی سرعت دورانی موتور برداشت شد. در انتهای برداشت هر ردیف میزان سوخت مصرفی اندازه‌گیری شد. در هر تکرار ابتدا مخزن سوخت به طور کامل از سوخت پر می‌شد و در پایان آزمایش با یک ظرف مدرج مجدد پر می‌گردید و بدین صورت سوخت مصرفی مشخص شد.

#### روش‌های ارزیابی سامانه

برای مقایسه دو نوع سامانه کنترل مکانیکی و کنترل الکترونیکی هوشمند سرعت دورانی موتور از لحاظ میزان سوخت مصرف شده در واحد زمان از آزمون t با پنج تکرار و برای تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS 9.1.3 و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نحوه ارزیابی مصرف سوخت به این صورت بود که سوخت مصرفی طی برداشت نیشکر از ۱۰ ردیف



شکل ۵- الگوریتم کنترلی سامانه  
 Fig. 5- Algorithm of the control system

### نتایج و بحث

می‌دهد. نتایج به دست آمده بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۱ درصد است.

جدول ۱ نتایج آزمون t اثر نوع سامانه را بر مصرف سوخت ماشین برداشت نشان



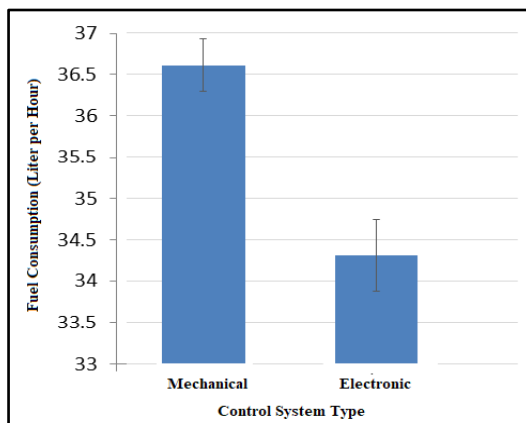
جدول ۱- آزمون t اثر نوع سامانه کنترلی بر مصرف سوخت

t	Mean	N	Sources of changes
5.74**	36.65	5	کنترل دستی Manual control
	34.31	5	کنترل خودکار Automate control

\*\* Significant at 0.01 level of confidence

ایجاد می‌کند. زمانی که راننده وضعیت رانندگی را تغییر می‌دهد این سامانه زمینه تغییر سریع سرعت دورانی موتور را مهیا می‌کند و این بدان معناست که الگوریتم کنترلی همانند عملگر الکتریکی دارای عملکرد سریع است. میزان اختلاف مصرف سوخت در حالت کنترل مکانیکی سرعت دورانی موتور نسبت به حالت کنترل خودکار ۲/۲۹ لیتر در ساعت در زمان برداشت اندازه گیری شد که رقم قابل توجهی است. این نتیجه نشان‌دهنده کاهش ۶/۳ درصد در مصرف سوخت نسبت به حالت مکانیکی است.

مقایسه میانگین مصرف سوخت در دو سامانه مکانیکی و کنترل الکترونیکی هوشمند مطابق نمودار شکل ۶ نشان داد که سامانه مکانیکی کنترل سرعت دورانی موتور با مصرف ۳۶/۷ لیتر بر ساعت دارای بیشترین مصرف سوخت و سامانه الکترونیکی در حالت خودکار دارای مصرف سوخت ۳۴/۳۱ لیتر بر ساعت است. علت این امر کنترل سرعت دورانی موتور به صورت خودکار و هوشمند است. الگوریتم کنترلی برنامه‌ریزی شده روی میکروکنترلر بهترین حالت را با توجه به وضعیت عملکرد ماشین برداشت



شکل ۶- مقایسه اثر نوع سامانه کنترل بر مصرف سوخت

Fig. 6- Compare effect of Control system on fuel consumption

هزار هکتار برآورد شده است، می‌توان نتیجه گرفت که در صورت تجهیز هاروسترهای نیشکر موجود به سامانه هوشمند الکترونیکی سالانه حدود ۵۰۵ هزار لیتر گازوئیل صرفه‌جویی خواهد شد که معادل ریالی آن با توجه به قیمت دولتی ۳۵۰۰ ریالی گازوئیل حدود ۱/۸ میلیارد ریال در سال خواهد شد. الگوریتم کنترلی طراحی شده روی میکروکنترلر

### نتیجه‌گیری

مطابق نتایج تحقیق رضازاده و زمانی بهبهانی (Rezazadeh & Zamani Behbahani, 2017) در کشت و صنعت امیرکبیر، مصرف سوخت هاروسترهای نیشکر به طور میانگین ۸۹ لیتر در هکتار محاسبه شد. بنابراین با توجه به سطح برداشت نیشکر در سال ۱۳۹۹ که برابر با حدود ۹۰



پیاپی سازی شد. نتایج دریافتی قابل قبول از پیاپی سازی سامانه نشان دهنده طراحی و عملکرد صحیح این سامانه است. طراحی و استفاده از چنین سامانه هوشمندی برای اولین بار روی ماشین های برداشت نیشکر گزارش می شود در حالی که این سامانه قابلیت نصب روی تراکتورها و ماشین های سنگین کششی تسطیح و زیرشکن زنی را نیز دارد.

## قدردانی

نویسندگان مقاله از معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه شهید چمران اهواز بابت حمایت مالی از این پژوهش در قالب اعتبار ویژه پژوهشی به شماره ۹۴/۳/۰۲/۳۱۵۸۰، گروه مهندسی بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز و همچنین مدیریت و پرسنل محترم بخش تجهیزات مکانیکی شرکت کشت و صنعت نیشکر امام خمینی (ره) و معاونت پژوهشی و دفتر ارتباط با صنعت دانشگاه شهید چمران اهواز که در قالب طرح ارتباط با صنعت به شماره ۹۴/۳/۲/۶۰۴۹ در به ثمر رسیدن این پژوهش همکاری نمودند، قدردانی می نمایند.

## مراجع

- Adachi, K., Ochi, Y. & Kanai, K. (2006). Development Of CVT control system and its use for fuel-efficient operation of engine. *Asian Journal of Control*, 8(3), 219-226.
- Akyeampong, J., Udoka, S., Caruso, G. & Bordegoni, M (2014). Evaluation of hydraulic excavator Humane Machine Interface concepts using NASA TLX. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 44, 374-382.
- Balakrishnan, J. (2013). Steer by wire in agricultural tractors. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 4(7), 1303-1311.
- Gullberg, D. (2003) Development of a motor control algorithm used in a shift-by-wire system (M. Sc. Thesis), Linkopings University.
- Khodadadi, H., & Rashidi, A. A. (2014). *Design, construction of an internal combustion engine without mechanical camshaft*. 8<sup>th</sup> International Conference on Internal Combustion Engins. Feb. 17. Tehran, Iran. (in Persian)
- Kianmehr, M., Montazeri, M., & Jafari, S. (2010). *Design and construction of electrical drive control system with 5 phase stepper motor*, 10<sup>th</sup> Conference of Manufacturing Engineering. March 1. Babol, Iran. (in Persian)
- Melin, P., & Castillo, O. (2005). Intelligent control of a stepping motor drive using an adaptive neuro-fuzzy inference system. *Information Sciences* 170, 133-151.
- Mirmohammadian, S. N. (2012). *Evaluation of control methods of mobile equipment*. 4<sup>th</sup> Iranian Conference on Electrical and Electronics Engineering. Aug. 29. Gonabad, Iran. (in Persian)
- Rezazadeh, M., & Zamani Behbahani, S. (2017). Fuel and energy consumption of harvest operations in sugarcane production in Amir Kabir sugarcane cultivation Ind. 2<sup>nd</sup> National Conference on Harvest and Postharvest Novel Technologies of Agricultural Products. Oct. 11-12. Mashhad. Iran. (in Persian)
- Seidi, R., Khorasani-Ferdavani, M. E., Sheikh-Davoodi, M. J., & Masoudi, H. (2017). Evaluating reaction time and maneuverability of forward speed control system in sugarcane harvester series 7000 under mechanical and electronical controls conditions. *Agricultural Mechanization and Systems Research*. 18(68), 107-118. doi: 10.22092/erams.2017.106721.1106. (in Persian)
- Winck, R. C., Elton, M., & Wayne, J. B. (2015). A practical interface for coordinated position control of an excavator arm. *Automation in Construction*, 51, 46-58.



**Research Paper**

## **Evaluation of Engine Fuel Consumption with Mechanical and Intelligent Electronic Control System in Sugarcane 7000 Harvester**

**R. Seidi, M. E. Khorasani Ferdavani\*, M. J. Sheikh Davoodi and H. Masoudi**

\* Corresponding Author: Assistant Professor, Department of Biosystem Engineering, College of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. Email: e.khorasani@scu.ac.ir

Received: 12 June 2018, Accepted: 28 January 2019

### **Abstract**

Today, one of the main challenges is to control fuel consumption, which has an effective role on other sectors of the economy. In this situation, efficient practices are necessary to reduce fuel consumption leading to lower costs. This paper shows how an intelligent control system has been designed and how an electronic engine speed control system was replaced with the mechanical system. The aim of construction and evaluation of an electronic system was to control engine speed in harvesting machines. The conventional control of engine speed in 7000 series sugarcane harvesters is mechanical. Stepper motor, drivers, micro-controller, joystick and potentiometer were used, as well as the C programming in code-vision to program the microcontrollers. A t test was conducted to compare fuel consumption between the systems. The statistical analysis showed significant difference between the control systems in 1% probability level. Results from the implementation of this system represented the design and proper functioning of the system. The results showed a reduction of about 6.3% in fuel consumption when electronic control system was used, comparing to mechanical control and this was due to the use of intelligent and automatically control of engine speed. Installation of this system on existing sugarcane harvesters will save about 505,000 liters of fuel annually.

**Keywords:** Automation Algorithm, Electronic Control System, Joystick, Microcontroller, Stepper Motor