

## ساخت و ارزیابی یک سامانه تقویت کننده نیروی پدال کلاچ تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵

سجاد رستمی<sup>۱\*</sup>، بهرام حسین زاده<sup>۱</sup> و امید بهرامی<sup>۲</sup>

۱- دانشیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

۲- فارغ التحصیل دوره کارشناسی گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

تاریخچه مقاله	چکیده
دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۲۸	<p>کلاچ تراکتورها به علت گشتاور بالای موتور در مقایسه با خودروهای سواری سفت تر بوده و لذا فشار دادن پدال آن‌ها به نیروی بیشتری از طرف راننده نیاز دارد. نیروی مورد نیاز جهت فشار دادن پدال کلاچ تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ حدود ۳۳/۶ کیلوگرم می‌باشد. در این پژوهش به منظور کاهش نیروی مورد نیاز جهت فشار دادن پدال کلاچ این تراکتور یک سامانه تقویت کننده نیروی پدال کلاچ ساخته شد. به این منظور یک بوستر ترمز به نحوی روی بدنه تراکتور و بین پدال کلاچ و اهرم دو شاخه کلاچ نصب گردید که هیچ گونه تغییری در بدنه تراکتور ایجاد نشود. به منظور ارزیابی این سامانه، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد که نیروی لازم جهت فشردن پدال کلاچ و میزان مکش ایجاد شده در لوله لاستیکی رابط و سرعت هوا در مجرای ورودی هواکش تراکتور مورد آزمایش قرار گرفتند. آزمایش‌های انجام شده در ۵ دور موتور (۸۰۰، ۱۱۰۰، ۱۴۰۰، ۱۷۰۰ و ۲۰۰۰ دور بر دقیقه) و با هشت مجرای متفاوت ورودی هواکش تراکتور (قطرهای مختلف ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰، ۴۵ و ۵۰ میلی‌متر) یعنی در مجموع در ۴۰ حالت مختلف و هر کدام از آنها در سه تکرار انجام شدند. نتایج به دست آمده نشان داد که با استفاده از تقویت کننده نیروی پدال کلاچ، نیروی مورد نیاز جهت فشردن پدال با دقت ۹۸ درصد تا حداکثر ۱۶/۱ کیلوگرم کاهش یافته است.</p>
پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۱۰/۰۱	
<b>کلمات کلیدی:</b>	
بوستر ترمز، دور موتور، مانیفولد ورودی، مکش	

\* عهده دار مکاتبات

Email: rostami.sajad@yahoo.com

## مقدمه

انتقال توان امری لازم و ضروری برای استفاده از توان تولید شده در موتور می‌باشد که ساده‌ترین راه برای کنترل آن استفاده از کلاچ است. در واقع این وسیله به واسطه‌ی قطع و وصل کردن ارتباط بین محور محرک ورودی و محور متحرک خروجی، حرکت چرخشی را انتقال و در صورت نیاز آن را قطع می‌کند. کلاچی که در تراکتورها استفاده شده است، یک کلاچ دو مرحله‌ای است که با فشار دادن آن تا نیمه انتقال توان به جعبه

دنده و با فشار دادن آن به طور کامل انتقال توان به جعبه دنده و

محور توان‌دهی قطع می‌شود.

تغییر شرایط جاده و سرعت حرکت ماشین لازمه‌ی تغییر دنده مورد استفاده در جعبه دنده ماشین می‌باشد. در این حالت راننده برای مدت کوتاهی پدال کلاچ را نگه می‌دارد و چون در این حالت جعبه دنده تحت هیچ گشتاور خاصی از طرف موتور قرار ندارد، دنده مناسب را انتخاب کرده و جعبه دنده را در آن دنده قرار می‌دهد و سپس پدال کلاچ را رها می‌کند. با این کار

نیرو، موقعیت پدال‌ها در تراکتورهای مورد استفاده در هند، باید نسبت به وضعیت کنونی تغییر یابند (۱۵) که با جابجایی افقی و عمودی صندلی در طراحی تراکتورهای فعلی این امر امکان‌پذیر نمی‌باشد (۱۱).

نتایج تحقیق دیگری نشان داد که یک راننده تراکتور، پدال کلاچ را به طور متوسط ۲۳۰ بار در ساعت مورد استفاده قرار می‌دهد (۶) و به طور متوسط قادر است در هر مرحله با پای چپ خود ۳۰۰/۴ نیوتن نیرو اعمال کند. بنابراین، از آنجایی که پدال کلاچ با نیروی یک پا کار می‌کند و در سمت چپ راننده تراکتور قرار دارد، برای طراحی پدال کلاچ نیروی ۳۰۰/۴ نیوتن را پیشنهاد کردند (۵). همچنین در تحقیقی دیگر مطالعه‌ی بر روی نیروی پای راست رانندگان تراکتور انجام شد که نتیجه آن این بود که نیروی اعمالی توسط پای راست رانندگان از پای چپ آن‌ها بیشتر است. در این تحقیق پیشنهاد شد که حداکثر نیروی مورد نیاز جهت فشار دادن پدال‌های ترمز و کلاچ به ترتیب ۳۳۰ و ۲۸۰ نیوتن در نظر گرفته شود (۱۳). در تحقیق مشابهی دیگر مقدار نیروی وارد بر سه عضله گاستروکینیموس، تراپزیوس، کوادراتوس لومباروم پای راننده تراکتورمسی فرگوسن ۲۸۵ در هنگام کلاچ‌گیری اندازه‌گیری شد که در نتیجه آن مقدار نیروی مورد نیاز برای کلاچ‌گیری ۳۴۰ نیوتن تعیین شد (۸). همچنین فلاحی و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیق دیگری بیان کردند که کاهش آستانه درد بعد ۳۰ و ۶۰ ثانیه فشار دادن پدال کلاچ در تراکتورمسی فرگوسن ۲۸۵ بیشتر از تراکتور MF399 بوده است. آن‌ها پیشنهاد کردند که به منظور کاهش نیروی لازم جهت فشار دادن پدال کلاچ تراکتورمسی فرگوسن ۲۸۵ پین پدال کلاچ از جنس چدن انتخاب شود (۷). در تحقیق دیگری اشاره شد که فاصله پدال‌ها در هر دو تراکتورمسی فرگوسن ۲۸۵ و مسی فرگوسن ۳۹۹ زیادتر از حد مطلوب است (۱۶).

همان‌طور که از نتایج محققان قبلی (۸) پیداست نیروی مورد نیاز برای فشردن پدال کلاچ تراکتورمسی فرگوسن ۲۸۵ در حدود ۳۴ کیلوگرم (معادل ۳۴۰ نیوتن) بوده و فشار دادن پدال کلاچ برای رانندگان امری خسته‌کننده می‌باشد. از طرفی از آنجایی که منشا این نیرو فشردهنده کلاچ می‌باشند، جابجایی صندلی و یا پدال در کاهش این نیرو تأثیری ندارد.

انتقال توان از موتور به جعبه دنده دوباره از سر گرفته خواهد شد (۴).

از نظر سهولت در عملکرد کلاچ نزد راننده، کلاچ باید به گونه‌ای باشد که عمل کلاچ‌گیری و تعویض دنده برای راننده خسته‌کننده و طاقت فرسا نباشد. اما معمولاً به دلیل استفاده زیاد از کلاچ و یا ننگه داشتن پدال کلاچ در طول توقف‌های طولانی خصوصاً در ترافیک‌های شهری سنگین، خستگی شدیدی به راننده منتقل می‌شود (۹). از آنجا که این عمل یعنی استفاده از کلاچ در ماشین‌های کشاورزی و تراکتورها نسبت به خودروهای سواری بیشتر انجام می‌گیرد و با توجه به اینکه کلاچ تراکتورها به علت گشتاور بالای موتور تراکتورها نسبت به خودروهای سواری سفت‌تر می‌باشد، فشار دادن پدال آن‌ها به نیروی بیشتری نیاز دارد (۱۳). این امر از نظر ارگونومی برای راننده مشکل‌ساز بوده و سبب تأثیرات منفی ناشی از گرفتن کلاچ از جمله خستگی و گرفتگی عضلات پا برای راننده تراکتور می‌شود. نیروی وارده به پدال کلاچ عموماً بیشتر از میزان نیروی مورد نیاز برای فشار دادن آن می‌باشد (۱۲). همچنین در صورتی که نیروی اعمالی به پدال کلاچ زیاد باشد، راننده نمی‌تواند لحظه‌ای را که کلاچ دقیقاً آزاد شده، تشخیص دهد (۵).

امروزه ارگونومی ماشین‌ها و ادوات کشاورزی به یکی از مباحث مهم تحقیقاتی تبدیل شده است و باید بر روی اصولی که می‌توانند نقایص موجود در این زمینه را کاهش دهند، توجه بیشتری شود (۱۰). یکی از موارد مهم و مرتبط در امر انتقال توان و ارگونومی ماشین‌ها پدال‌ها می‌باشند که به عنوان مهم‌ترین کنترل‌کننده‌ها در ماشین‌های غیر اتوماتیک استفاده می‌شوند (۱۴). وانگ<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۱) بیان کرده‌اند که کاهش نیروی مورد نیاز برای فشردن پدال‌ها و موقعیت آن‌ها تأثیر زیادی بر وضعیت ارگونومیک و راحتی راننده دارند (۱۷). تاکنون کنترل‌کننده‌های توان، زمینه‌ی تحقیق بسیاری از محققان بوده است. در یکی از این مطالعات که در هند انجام شد، موقعیت پدال‌های تراکتور نسبت به نقطه مرجع صندلی و وضعیت مناسب بدن راننده مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که برای داشتن یک وضعیت مناسب بدن و کاربرد بهینه

مانیفولد ورودی و با استفاده از یک شیلنگ مقاوم در برابر مکش، محفظه خلاء بوستر به مانیفولد ورودی موتور که در طرف دیگر تراکتور قرار دارد، متصل گردید. به منظور تغییر مکش در مجرای ورودی، از تعدادی مجرا با قطرهای مختلف در ورودی مانیفولد هوای تراکتور استفاده گردید. پس از ساخت قطعات و نصب سامانه بر روی بدنه تراکتور، به منظور آزمایش سامانه و همچنین اطمینان از عدم ایجاد اختلال در عملکرد کلاچ تراکتور، عمل کلاچ گرفتن و تعویض دنده در حالت‌های خاموش و روشن بودن تراکتور انجام گرفت و اصلاحات لازم بر روی سامانه ایجاد گردید. به منظور جلوگیری از فعال بودن سیستم در همه حالات کار تراکتور از یک فنر در پشت کلاچ استفاده شد تا در مواقعی که نیازی به کلاچ گرفتن نیست، فنر عمل کرده و کلاچ را بالا بکشد تا از کار کردن تراکتور در حالت به اصطلاح نیم کلاچ جلوگیری شود. پس از اطمینان از صحت عملکرد سامانه ساخته شده در دوره‌های مختلف موتور، با استفاده از مجراهایی با قطر مختلف بر روی دهانه ورودی هواکش، آزمایش‌های مختلفی بر روی تراکتور انجام شد. در طول انجام این آزمایش‌ها نیروی لازم جهت فشردن پدال کلاچ و میزان مکش ایجاد شده در مانیفولد ورودی موتور و سرعت هوا در مانیفولد ورودی اندازه‌گیری شد.

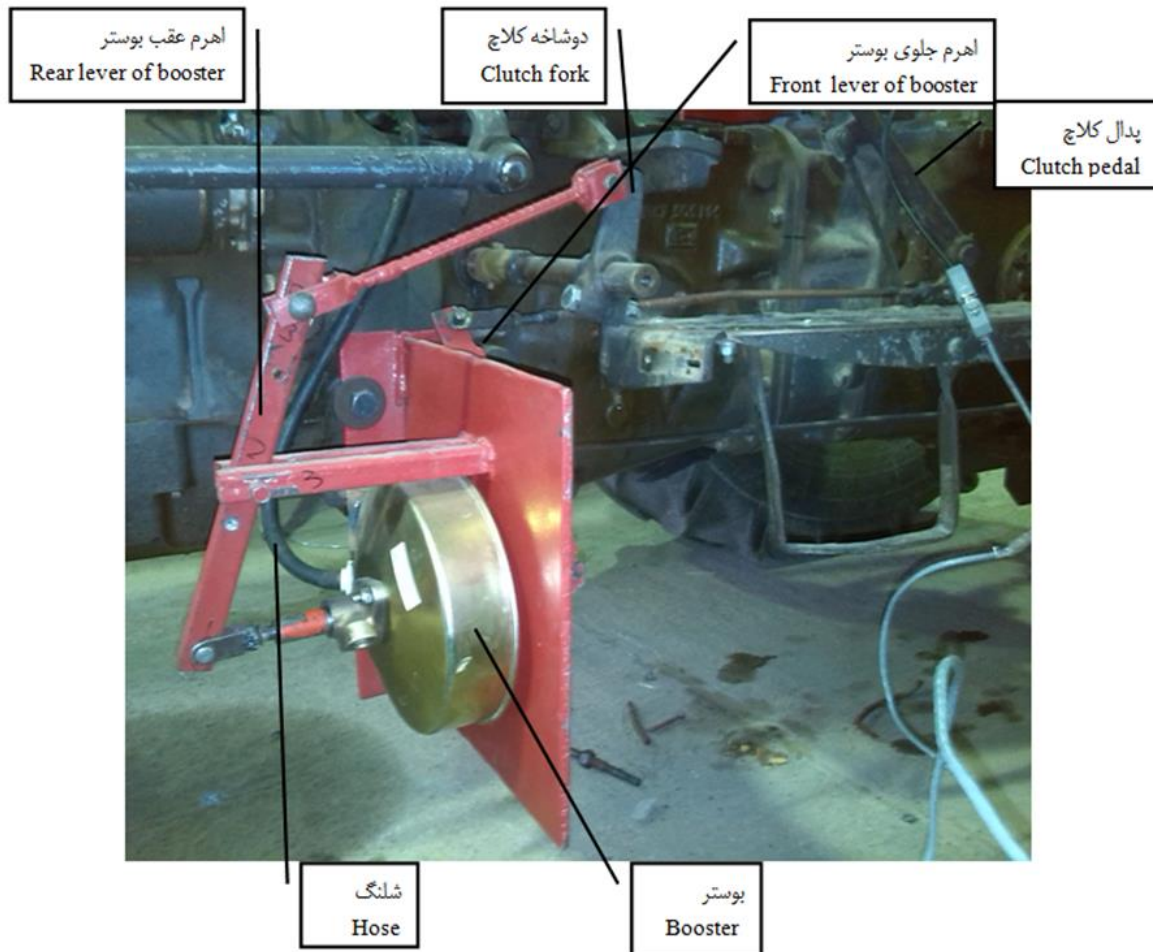
یکی از راه‌های مناسب کاهش این نیرو استفاده از بوستر یا تقویت کننده می‌باشد (۳). تا به امروز استفاده از بوستر به طور عمده در سیستم ترمز بوده است. بوستر ترمز در انواع مختلفی ساخته می‌شود که یکی از آن‌ها بوستر خلاء می‌باشد به این صورت که از خلاء تولید شده توسط موتور استفاده کرده و نیروی وارد شده به سیلندر اصلی ترمز توسط پا را چند برابر می‌کند (۳). با توجه به اهمیت موضوع در این پژوهش، مطالعه تجربی یک سامانه تقویت کننده نیروی پدال کلاچ تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ که طبق آمارنامه کشاورزی<sup>۲</sup> بیشترین تعداد تراکتورهای موجود در کشور از این نوع است، انجام شده است.

### مواد و روش‌ها

پروژه تجربی راه اندازی دستگاه: در این تحقیق یک سامانه تقویت کننده نیروی پدال کلاچ ساخته و بر روی یک دستگاه تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ موجود در کارگاه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه شهرکرد نصب گردید. شکل ۱ سامانه ساخته و نصب شده بر روی بدنه تراکتور را نشان می‌دهد. به این منظور ابتدا نیروی مورد نیاز جهت فشار دادن پدال کلاچ تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ و کورس آن اندازه‌گیری شد. سپس بوستر ترمز یک خودرو پیکان انتخاب و با رعایت این نکته که هیچگونه تغییری در بدنه تراکتور انجام نشود و همچنین با حفظ موقعیت پدال و اهرم دو شاخه کلاچ، بوستر مورد نظر مطابق شکل ۱ بر روی بدنه تراکتور و بین پدال کلاچ و اهرم دو شاخه کلاچ نصب گردید. از آنجایی که در تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ نیروی اعمالی از طرف پدال کلاچ به دو شاخه به صورت کششی است و ورودی بوستر باید به صورت یک نیروی فشاری باشد، به وسیله‌ی یک اهرم که در جلوی بوستر نصب شده بود، جهت حرکت میله متصل به پدال تغییر داده شد. نیروی ورودی به بوستر بعد از تقویت شدن به شکل یک نیروی فشاری بزرگتر قابل دریافت بود. بعد از بوستر به وسیله‌ی یک اهرم دیگر که در عقب بوستر قرار داده شد، جهت نیروی خروجی از بوستر تغییر داده و به دو شاخه کلاچ اعمال گردید. جهت انتقال مکش مانیفولد ورودی موتور به محفظه بوستر، با حداقل تغییرات در

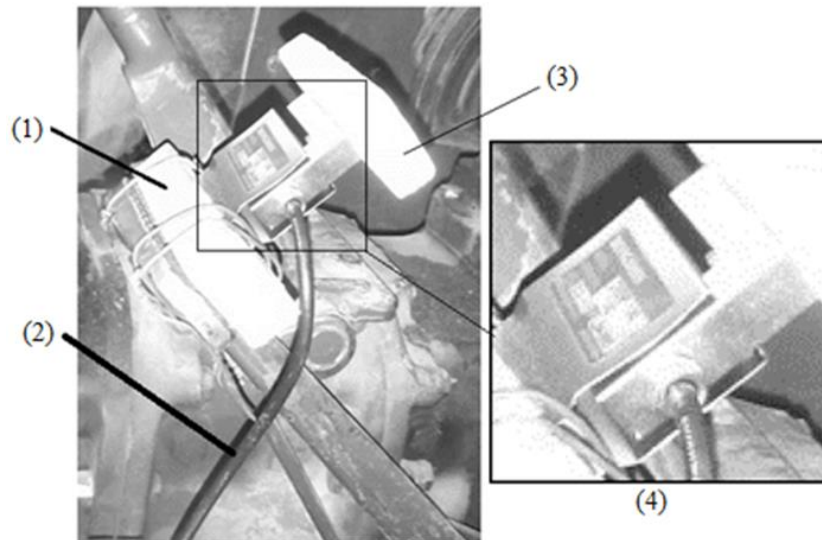
دقت C4 (خطای ترکیبی کمتر از ۱۸ هزارم) استفاده گردید. روش کار به این صورت بود که لودسل ابتدا مطابق شرایطی که قرار بود در تحقیق مورد استفاده قرار گیرد بین دو فک یک دستگاه اینسترون قرار داده و تحت بارگذاری‌های مختلف قرار گرفته و کالیبره شد. سپس لودسل مورد نظر در حد فاصل پای راننده و صفحه پدال قرار گرفت به طوری که کل نیروی پای راننده به صفحه بالایی لودسل وارد و از طریق لودسل به پدال اعمال می‌شد. سپس نیروی مورد نیاز برای فشردن پدال توسط پا و از طریق این لودسل به پدال منتقل و اندازه‌گیری و بر روی یک رایانه ذخیره گردید (شکل ۲).

به منظور ایجاد مکش‌های متفاوت و در نتیجه ایجاد نیروهای متفاوت توسط تقویت‌کننده، این آزمایش‌ها در پنج دور موتور (۸۰۰، ۱۱۰۰، ۱۴۰۰، ۱۷۰۰ و ۲۰۰۰ دور بر دقیقه) و با هشت مجرای متفاوت (قطرهای مختلف ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰، ۴۵ میلی‌متر و حالت عادی لوله ورودی هواکش (۵۰ mm)) یعنی در مجموع در ۴۰ حالت مختلف و هر کدام از آن‌ها در سه تکرار به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شدند. میانگین نتایج سه تکرار هر آزمایش به عنوان نتیجه نهایی مورد بررسی قرار گرفت. به منظور اندازه‌گیری نیروی لازم جهت فشردن کلاچ از یک لودسل آلومینیومی زمیک (H3) از سری لودسل‌های S شکل با ظرفیت ۱۰۰ کیلوگرم و کلاس



شکل (۱) سامانه نصب شده بر روی تراکتور.

Figure (1) Mounted system on tractor.

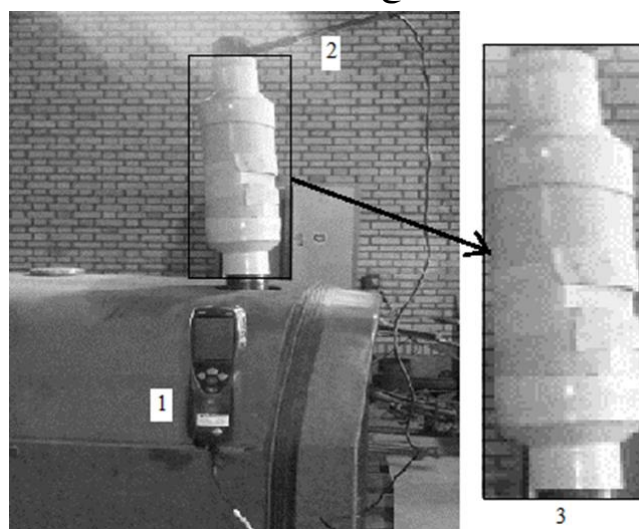


شکل (۲) لودسل مورد استفاده برای اندازه‌گیری نیروی وارد بر پدال کلاچ، (۱) صفحه پایین لودسل (۲) سیم اتصال لودسل به مبدل الکتریکی (۳) صفحه بالای لودسل (۴) لودسل.

Figure (2) Used load cell to measure the exerted force on the clutch pedal, (1) The Lower surface of the load cell (2) Connecting wire of the load-cell to the adapter (3) Upper surface of the load cell (4) Load-cell.

دیجیتالی اندازه‌گیری گردید. از آنجایی که در یک موتور چهارسیلندر چهارزمانه در هر دور میل‌لنگ دو سیلندر عمل مکش را انجام می‌دهند، سرعت هوای ورودی یکنواخت نمی‌باشد. به منظور یکنواخت کردن سرعت هوای ورودی، یک مخزن آرامش در بالای ورودی هوا نصب گردید (شکل ۳). وجود یک لایه انعطاف‌پذیر در قسمتی از بدنه این مخزن باعث می‌شود تا در اثر انبساط و انقباض این لایه سرعت هوای ورودی یکنواخت شود.

برای اندازه‌گیری میزان مکش ایجاد شده در لوله‌ی رابط بین بوستر و مانیفولد هوا از روش بالا آمدن ستون آب استفاده شد (۲). به این صورت که از یک استوانه مدرج که بصورت کاملاً عمودی در یک ظرف آب قرار داده شده است، استفاده گردید. سر دیگر این استوانه به لوله رابط بین بوستر و مانیفولد هوا متصل شده و تحت مکش قرار گرفت. در اثر مکش ایجاد شده ارتفاع آب متناسب با میزان مکش در استوانه بالا می‌آمد. در طول انجام آزمایش‌ها ذکر شده سرعت هوا توسط یک سرعت‌سنج



شکل (۳) مخزن آرامش و سرعت‌سنج مورد استفاده برای اندازه‌گیری سرعت هوای ورودی، (۱) نمایشگر دیجیتال بادسنج (۲) بادسنج (۳) مخزن آرامش.

Figure (3) Surge tank and anemometer used to measure the velocity of intake air, (1) Anemometer digital display (2) Anemometer (3) Surge tank.



## نتایج و بحث

به منظور بررسی کارایی سامانه ساخته شده، پس از انجام آزمایش‌های بیان شده در قسمت مواد و روش‌ها، نتایج حاصل مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه نتایج بدست آمده برای هر آزمایش بیان می‌گردد. جدول (۱) نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار را نشان می‌دهد.

جدول (۱) تجزیه و تحلیل آماری با ۳ تکرار  
Tabel (1) Statistical analysis with three replications

منابع تغییرات (Sources of variation)	درجه آزادی (Degree of Freedom)	میانگین مربعات (Sum of Squares)		
		نیرو (Force)	مکش (Suction)	هوا (Air speed)
قطر ورودی هواکش (Inlet diameter)	7	259.42**	10361.14**	3995.93**
دور موتور (Engine speed)	4	25.5**	11624.27**	6390.01**
قطر*دور موتور (Engine speed*Diameter)	28	794**	686.52**	292.99 <sup>ns</sup>
خطا (Error)	80	0.34	5.06	659.09
ضریب تغییرات (Coefficient of variation)	-	2.27	4.7	68.195

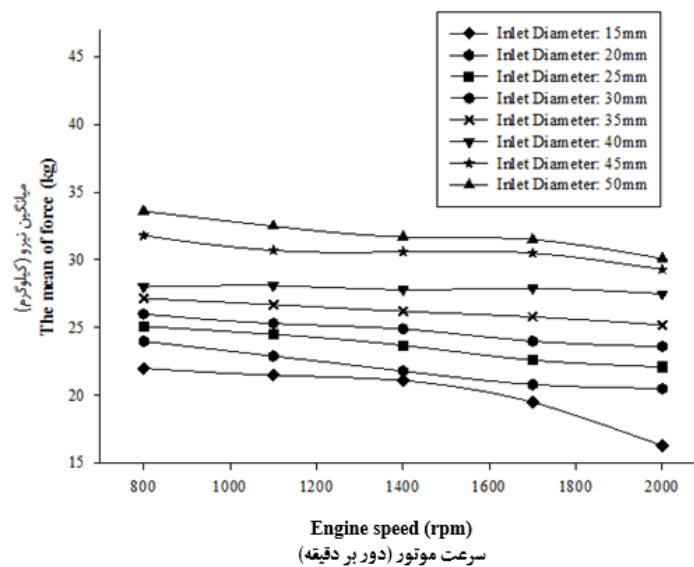
\*\* اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ns عدم اختلاف معنی‌دار  
\*\* Significant at the 0.01 probability level, <sup>ns</sup> no significant effect

با توجه به نتایج بدست آمده از جدول تجزیه واریانس، اثر متقابل قطر × دور موتور و نیرو در سطح ۱٪ معنی‌دار شده است. همچنین اثر متقابل قطر × دور موتور و مکش نیز در سطح ۱٪ معنی‌دار شده است. این بدان معناست که با افزایش دور موتور و کاهش قطر دهانه ورودی هواکش، هوای بیشتری مکش شده و در نتیجه فشار درون مانیفولد ورودی کاهش می‌یابد (۲). این کاهش فشار باعث افزایش اختلاف فشار در دو طرف دیافراگم بوستر بکار گرفته شده می‌شود و در نتیجه نیروی کمکی از طرف بوستر افزایش می‌یابد، بنابراین نیروی لازم برای فشردن پدال کلاچ کاهش می‌یابد که از شکل ۴ هم این نتایج استنباط می‌گردد.

اثر متقابل قطر × دور موتور و سرعت هوا در مجرای ورودی هواکش در سطح ۱ درصد معنی‌دار نشده است ولی اثر تک

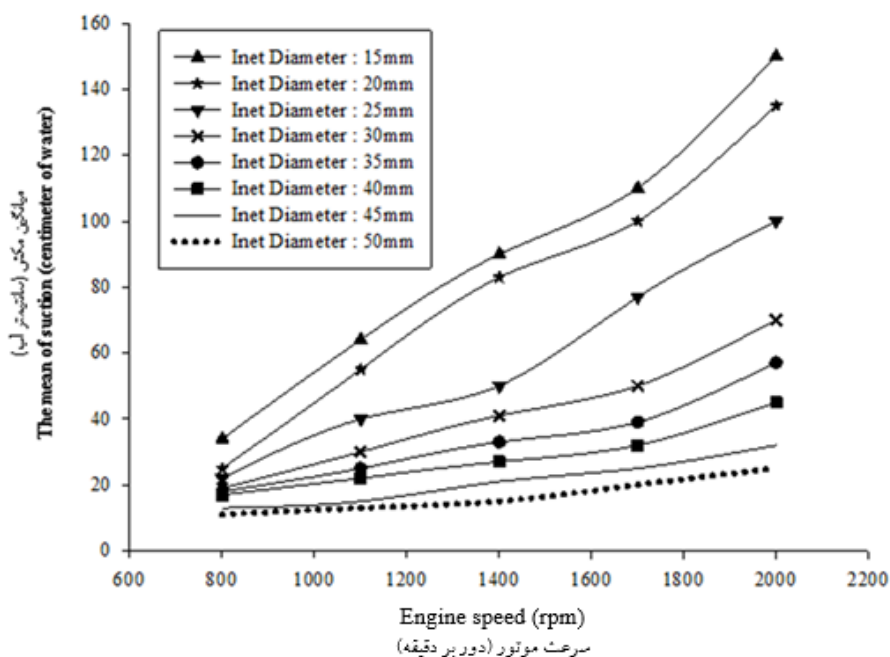
تک هر یک از عوامل بر سرعت هوا در مجرای ورودی هواکش در سطح ۱٪ معنی‌دار شده است. این بدین معناست که افزایش دور موتور، سبب افزایش سرعت هوای ورودی به موتور می‌گردد. همچنین با کاهش قطر مجرای ورودی، به دلیل اختلاف فشار ایجاد شده، سرعت مکش هوا به درون موتور افزایش می‌یابد.

به طور کلی می‌توان گفت با افزایش مکش در مانیفولد ورودی، فشار هوای موجود در جلوی دیافراگم بوستر کاهش یافته در حالی که فشار موجود در پشت دیافراگم ثابت است (فشار اتمسفر)، این امر باعث افزایش نیروی کمکی از طرف بوستر (۲) جهت حرکت میله‌بندی کلاچ و راحت آزاد شدن پدال می‌گردد. همچنین از شکل ۵ می‌توان دریافت که با کاهش قطر مجرای ورودی، اختلاف فشار ایجاد شده در مانیفولد هوا بیشتر شده و در نتیجه مکش افزایش می‌یابد (۲). این افزایش مکش باعث می‌گردد که نیروی لازم جهت فشار دادن پدال کلاچ کاهش یابد. محاسبات اولیه نشان داد که نیروی لازم جهت گرفتن کلاچ در حالتی که از سامانه ساخته شده استفاده نمی‌شد در تراکتور مورد استفاده به طور میانگین در حدود ۳۳۰ نیوتن (۳۳/۶ کیلوگرم) بود. با در نظر گرفتن این مقدار و با توجه به شکل ۵ می‌توان گفت که با استفاده از این سامانه در مکانیزم کلاچ تراکتور، در حالتی که قطر مجرای ورودی مانیفولد ۱۵ میلیمتر و دور موتور ۲۰۰۰ rpm است نیروی مورد نیاز برای گرفتن کلاچ نسبت به قطر مجرای ورودی ۵۰ میلیمتر (حالت عادی) و دور ۸۰۰ rpm، بیش از ۵۰٪ کاهش یافته و از ۳۳/۶ به ۱۶/۱ کیلوگرم رسیده است. حداکثر کاهش نیرو با استفاده از این سامانه در حدود ۱۷۰ نیوتن و در قطر مجرای ورودی ۱۵ میلیمتر و دور موتور ۲۰۰۰ rpm می‌باشد. به طوری که در این شرایط راننده برای فشار دادن کامل پدال کلاچ حدود ۱۶۰ نیوتن (۱۶/۱ کیلوگرم) نیرو وارد می‌کند. با توجه به اینکه از نظر ارگونومی حداکثر نیروی مورد نیاز برای عملکرد پدال پارامتر مهمی است (۱۸) و در ضمن از آنجایی که نیروی مورد نیاز جهت فشار دادن پدال کلاچ باید کمتر از ۲۸۰ نیوتن در نظر گرفته شود (۱۳)، به نظر می‌رسد این کاهش نیرو اثر مطلوبی در کاهش خستگی رانندگان تراکتور دارد.



شکل (۴) میانگین نیروی مورد نیاز برای فشردن پدال بر حسب دور موتور برای قطرهای مختلف مجرای ورودی.

Figure (4) The means of required force to press the clutch pedal versus engine speed for different inlet duct diameters.

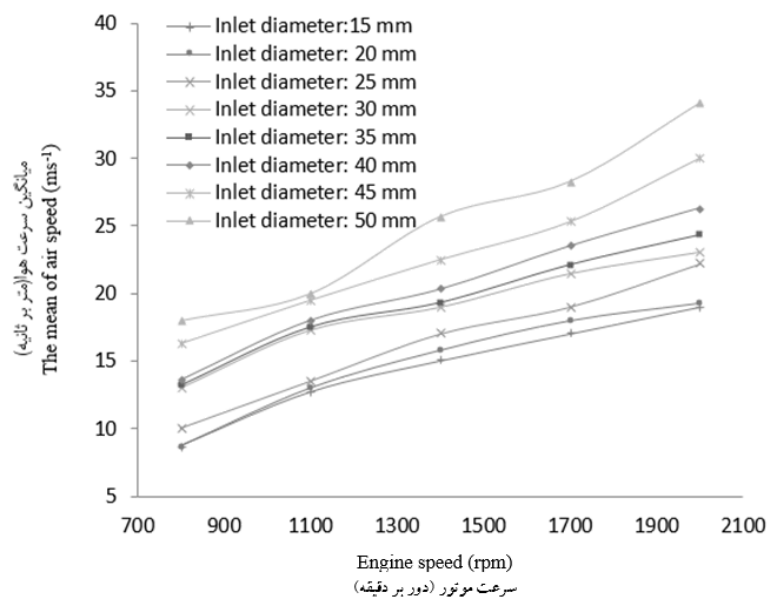


شکل (۵) میانگین مکش ایجاد شده بر حسب دور موتور و برای قطرهای مختلف مجرای ورودی.

Figure (5) The mean of created suction versus engine speed for different inlet duct diameters.

است. از شکل ۶ می‌توان دریافت که با افزایش دور موتور و کاهش قطر مجرای ورودی سرعت هوای مکش شده افزایش می‌یابد. با کاهش قطر مجرای ورودی سرعت هوای مکش شده از مجرای ورودی کاهش و در عوض میزان مکش ایجاد شده در بوستر کلاچ افزایش یافته و نیروی مورد نیاز جهت فشردن پدال کلاچ کاهش می‌یابد. از آنجایی که کاهش نیروی مورد نیاز برای فشردن پدال‌ها و موقعیت آن‌ها تاثیر زیادی بر وضعیت ارگونومیک و راحتی راننده دارند (۱۱) و همچنین نیروی لازم جهت فشردن پدال کلاچ باعث کاهش آستانه درد پای رانندگان در هنگام فشار دادن پدال کلاچ می‌شود (۷)، به نظر می‌رسد استفاده از این سامانه می‌تواند باعث راحتی رانندگان تراکتور در هنگام استفاده از کلاچ شود.

تاثیر دور موتور و قطر مجرای ورودی بر میزان مکش و سرعت هوای ورودی: نتایج آزمایش اندازه‌گیری میزان مکش لوله متصل به مانیفولد ورودی با استفاده از روش ستون آب در شکل ۶ نشان داده شده است. در این شکل میزان مکش موتور برای پنج دور مختلف موتور و هشت قطر مختلف ورودی ارائه شده است. نتایج به دست آمده از شکل ۶ نشان می‌دهند که افزایش دور و کاهش قطر مجرای ورودی باعث افزایش میزان مکش ایجاد شده توسط لوله متصل به بوستر شده و نقش بوستر را در کاهش نیروی لازم جهت فشردن پدال کلاچ افزایش می‌دهند و در نتیجه راننده راحت‌تر می‌تواند از کلاچ استفاده کند (۱۷). نتایج مربوط به سرعت هوای ورودی بر حسب دور موتور و برای قطرهای متفاوت مجرای ورودی در شکل ۶ نشان داده شده



شکل (۶) میانگین سرعت هوای ورودی بر حسب دور موتور و قطر مجرای ورودی.

Figure (6) The means of air intake velocity based on engine speed and inlet duct diameter.

عملکرد سامانه را بهتر می‌کنند. در این تحقیق مشاهده گردید که نیروی مورد نیاز جهت فشردن پدال کلاچ در حالت عادی در حدود ۳۳/۶ کیلوگرم-نیرو می‌باشد، این در حالی است که با استفاده از سامانه بکار گرفته شده درحالتی که قطر مجرای ورودی متوسط (30 mm) و دور موتور (800 rpm) بود، نیروی مورد نیاز به ۲۶ کیلوگرم کاهش یافت. یعنی در حالت متوسط نیروی مورد نیاز برای فشردن پدال کلاچ تراکتور در حدود ۲۲٪ کاهش یافته است. بیشترین کاهش نیرو در دور موتور (2000

### نتیجه‌گیری

در این تحقیق به منظور کاهش نیروی لازم جهت پدال گرفتن، یک بوستر ترمز بر روی میله‌بندی کلاچ تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ نصب شد. نتایج آزمایش‌های انجام شده با این سامانه نشان داد استفاده از این سامانه در میله‌بندی کلاچ تراکتور باعث کاهش نیروی لازم جهت فشار دادن پدال کلاچ می‌شود. افزایش سرعت موتور تراکتور و تنگ‌تر کردن مجرای مانیفولد هوای ورودی به موتور موجب افزایش مکش در بوستر شده و



rpm) و قطر مجرای ورودی (15 mm) اتفاق افتاد. در این حالت نیروی مورد نیاز حدود ۱۶/۱ کیلوگرم بود.

**منابع:**

- 1- Anonymous. 2016. Agriculture Jihad Mechanization Development Center (AJMDC). Available from <http://www.ajmdc.ir>. (accessed July 2018).
- 2- Azimian, D.A.R., and Toghraee, D. 2010. Fluid mechanics: fundamentals and applications. Isfahan University of Technology Publication. Isfahan. Iran. (in persian).
- 3- Bosari, M. 2011. Chassis and Body technology. Monadi Tarbiyat Publications. Tehran. Iran. Pages: 244. (in persian).
- 4- Childs, P.R. 2013. Mechanical design engineering handbook. Butterworth-Heinemann.
- 5- Dewangan, K., Gogoi, G., Owary, C., and Gorate, D. 2010. Isometric muscle strength of male agricultural workers of India and the design of tractor controls. International Journal of Industrial Ergonomics, 40: 484-491.
- 6- Dupuis, H. 1959. Effect of tractor operation on human stresses. Agricultural Engineering, 40: 510-519.
- 7- Fallahi, H., Abbaspour, F.M., Azhari, A., Khojastehpour, M., and Nikkhah, A. 2016. Ergonomic assessment of drivers in MF285 and MF399 tractors during clutching using algometer. Journal of Information Processing in Agriculture, 3(1): 54-60.
- 8- Fallahi, H., Abbaspour, F.M., Azhari, A., Khojastehpour, M., and Nikkhah, A. 2015. Comparison of Applied Forces on Selective Joints and Muscles of Drivers during Clutching of MF285 and MF399 Tractors. Journal of Agricultural Machinery, 5(1): 163-171. (in Persian with English abstract).
- 9- Garrett, T.K., Newton, K., and Steeds, W. 2000. Motor vehicle. (13th Ed), Published by Butterworth-Heinemann.
- 10- Jain, K., Shrivastava, A., and Mehta, C. 2008. Analysis of selected tractor seats for seating dimensions in laboratory. Agricultural Engineering International: The CIGR Ejournal.
- 11- Kumar, A., Bhaskar, G., and Singh, J. 2009. Assessment of controls layout of Indian tractors. Applied Ergonomics, 40: 91-102.
- 12- Lehmann, G. 1958. Physiological basis of tractor design. Ergonomics, 1(3): 197-206.
- 13- Mehta, C., Tewari, P., Rokade, S., Pandey, M., Pharade, S., Gite, L., and Yadav, S. 2007. Leg strength of Indian operators in the operation of tractor pedals. International Journal of Industrial Ergonomics, 37: 283-289.
- 14- Pannetier, R., and Wang, X. 2014. A comparison of clutching movements of freely adjusted and imposed pedal configurations for identifying discomfort assessment criteria. Applied Ergonomics, 45: 1010-1018.
- 15- Pheasant, S. and Harris, C. 1982. Human strength in the operation of tractor pedals. Ergonomics, 25(1): 53-63.
- 16- Rostami, M.A., Javadi, A., Heidari Soltanabadi, M., Mehdinia, A., and Shaker, M. 2015. Ergonomic assessment of some commonly used tractors in Iran. Journal of Agricultural Machinery, 5(2): 163-171. (in Persian with English abstract).

- 17- Wang, X., Pannetier, R., Burra, N., and Numa, J. 2011. A biomechanical approach for evaluating motion related discomfort: Illustration by an Application to Pedal Clutching Movement. International Conference on Digital Human Modeling. pp: 210-219.
- 18- Yadav, R., Budhrani B.P., Balani P.C., and Pund, S. 2017. Anthropometric and Ergonomic Compatibility of Tractor Workplace Design. Journal of Ergonomics, 6: 1-7.