

## طراحی، ساخت و ارزیابی سامانه کنترل و تنظیم فشار باد تایلر تراکتور

حدیث مهرگان<sup>۱</sup>، شعبان قوامی جولندان<sup>۲\*</sup> و محمد اسماعیل خراسانی فردوانی<sup>۳</sup>

- ۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران  
۲- استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران  
۳- استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران

### تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۲۵

پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۰۴/۱۲

### کلمات کلیدی:

برد آردوینو،

حسگر فشار،

مفصل دوار،

کنترل الکترونیکی،

تایلر،

تراکتور

### چکیده

یکی از مهمترین مسائل موجود در کاربرد ماشین‌های کشاورزی، تنظیم دقیق فشار باد تایلر، متناسب با شرایط کاری و محیطی است که در آن بکار گرفته می‌شوند. عدم این تناسب می‌تواند بر طول عمر مفید تایلر، میزان سوخت مصرفی، تلفات زمان کاشت، داشت، برداشت و غیره تاثیر منفی داشته باشد. لذا لزوم طراحی و ساخت سامانه اندازه‌گیری و کنترل خودکار فشار باد تایلر ضروری خواهد بود که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است. جهت ارزیابی سامانه کنترلی دو سری آزمون در آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. آزمون اول برای ارزیابی سرعت پاسخ سامانه جهت افزایش فشار باد تایلر در دو سطح ۸ تا ۱۲ و ۱۲ تا ۱۶ psi در فشارهای باد خروجی مخزن کمپرسور ۴۳/۵، ۶۵/۲ و ۸۷ در دو تابع زمان‌بندی درجه یک و دو انجام شد. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر فشار باد خروجی مخزن، تابع زمان‌بندی و سطح فشار باد تایلر در سطح ۱٪ معنی دار است، همچنین نتایج بدست آمده نشانگر افزایش سرعت پاسخ سامانه در فشار باد خروجی مخزن ۸۷ psi بود. در آزمون دوم، سرعت پاسخ سامانه در کاهش فشار باد تایلر در دو سطح ۲۰ تا ۱۶ و ۱۶ تا ۱۲ psi، و دو تابع زمان‌بندی درجه یک و دو آزمون شد. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر تابع زمان‌بندی و سطح فشار تایلر بر سرعت پاسخ سامانه در سطح ۱٪ معنی دار بود، همچنین نتایج بیانگر افزایش سرعت پاسخ سامانه در تابع زمان‌بندی درجه ۲ بود. طبق نتایج با استفاده از تابع تخمین درجه دو تعداد مراحل تا رسیدن به فشار مطلوب به طور معنی داری کاهش یافت.

\* عهده دار مکاتبات

Email: s.glavami@scu.ac.ir

### مقدمه

تراکتور بر خاک بر عهده دارد. کاهش فشار داخلی تایرها در عین حال که باعث استهلاک بیش‌تر و کاهش عمر تایلر می‌شود، عملاً مصرف سوخت را افزایش می-

تایلر آخرین عضو سامانه انتقال قدرت می‌باشد که نقش مهمی را در کنترل تراکتور و انتقال واکنش

فشار باد تایر با استفاده از رابط<sup>۱</sup> SPI، اجزای مورد نیاز برای توسعه این سامانه را کاهش می‌دهد، لیکن استفاده از بلوتوث امکان مشاهده پارامترها را روی گوشی اندروید فراهم می‌کند (۷). در سامانه نمایش و کنترل فشار باد تایرهای خودرو که از حسگر فشار SPD100GA و کمپرسور ۱۲ ولت استفاده شده است، نه تنها اندازه‌گیری دقیق فشار باد تایر را ممکن می‌سازد، بلکه به صورت خودکار، فشار باد تایر را متناسب با وضعیت رانندگی تنظیم می‌کند. در پژوهشی بر همین اساس نتایج نشان داد که طراحی سامانه تامین هوا برای همه تایرها از طریق مفصل دوار و کمپرسور، بر مشکل تایرهای کم فشار غلبه کرده و به نتایج خوبی رسیدند (۶). سامانه تشخیص فشار باد تایرهای وسیله نقلیه و هشدار دادن آن‌ها، با استفاده از سیگنال حسگر سرعت تایر طراحی شد. با تمرکز به رابطه فشار باد تایر و سفتی پیچشی تایر، سامانه‌ای طراحی شد که از روش جدیدی، با تغییر سفتی تایر، فشار باد تایر را تخمین می‌زند. این روش می‌تواند با هزینه کمتر تحقق پیدا کند زیرا از حسگرهای سرعت تایر فراهم شده برای سامانه ترمز ABS استفاده می‌کند و می‌تواند هر گونه کاهش فشار باد در تایر مانند سوراخ و نشت طبیعی را تشخیص دهد (۴). بوراس و همکاران نیز به بررسی سامانه اتوماتیک کنترل هوای فشرده برای لاستیک خودرو پرداختند. آنها دریافتند که فشار مناسب برای تایر موجب کاهش مصرف سوخت و سایش تایر و افزایش کارایی و عملکرد آن در شرایط مختلف می‌شود (۳). با توجه به این نکته که اغلب کشاورزان میزان فشار باد تایر ماشین‌های کشاورزی را نادیده می‌گیرند، در صورتی که توجه به این عامل و تنظیم آن امری ضروری است، از این رو در این پژوهش سعی شده است تا با طراحی و ساخت سامانه الکترونیکی اندازه‌گیری و کنترل فشار باد تایر تراکتور، فشار باد تایرها در حد مطلوب نگه داشته شوند و سرعت پاسخ دهی سامانه ارزیابی شود. به دلیل صرفه

دهد و تاثیر مستقیمی بر روی فرمانپذیری خودرو، نیز دارد (۱). عوامل متعدد دیگری نیز بر این توانایی‌ها تاثیرگذار است که از آن جمله می‌توان به قطر و پهنای تایر، شکل آج تایر، مدول الاستیک تایر، میزان فشار باد تایر و بار روی تایر اشاره کرد که دو پارامتر آخر یعنی فشار باد تایر و بار روی تایر، دو عامل بسیار مهمی هستند که بر نحوه تماس تایر و سطح، نیروی تماسی بین تایر و سطح زمین، درگیری تایر با مسیر حرکت و همچنین کشش و میزان مصرف سوخت ماشین‌ها و ادوات موتوری موثر می‌باشند (۵). این واقعیت غیر قابل انکاری است که فشار باد تایر ماشین‌های کشاورزی و همچنین میزان بار اعمالی روی تایرها کمتر مورد توجه کاربران این وسایل واقع می‌شود. سامانه‌های الکترونیکی به راننده کمک می‌کنند تا به آسانی تنظیمات را به راحتی از روی صندلی انجام دهند و به طور همزمان می‌تواند خستگی اپراتور را کاهش دهد (۲). اثر فشار باد تایر بر فشار تماسی با زمین، فشار در زیر تایر و همچنین بازده کششی به تازگی توسط پژوهشگران بسیاری مورد تحقیق قرار گرفته است. به طور مختصر بعضی از این تحقیقات در زیر شرح داده شده است:

سامانه نظارت بر فشار و دمای تایر خودرو با استفاده از میکروکنترلر ATmega 16 دارای یک فرستنده برای هر تایر و یک گیرنده مرکزی است. ماژول فرستنده شامل حسگر فشار MPX2202، حسگر دما LM35، میکروکنترلر ATmega 16 و ماژول بلوتوث HS-05 است. مهمترین بخش فرستنده، میکروکنترلر است که فشار و دما را از حسگرها دریافت می‌کند و سیگنال‌هایی را به ماژول بلوتوث HS-05 ارسال می‌کند. ماژول گیرنده این سامانه شامل میکروکنترلر ATmega 16، ال-سی‌دی، ماژول بلوتوث HS-05، گوشی اندروید و واحد هشدار است. میکروکنترلر پیغام‌هایی را به ماژول بلوتوث ارسال می‌کند، ماژول بلوتوث پیغام‌های دریافتی را به گوشی اندروید ارسال می‌کند و گوشی اندروید این پیغام‌ها را نمایش می‌دهد. پیاده سازی سامانه نظارت بر

1- Serial Peripheral Interface

فرآیند قبل عمل کرده و فشار ایده‌آل تعریف شده را فراهم می‌نماید. سامانه طراحی شده مطابق شکل ۲ در جعبه محافظ قرار داده شد، حسگر فشار موجود در مقابل تغییرات فشار ۶-۰ bar که معادل ۸۷-۰ psi است، دارای خروجی ۲۰-۴ mA است. با قرار دادن مقاومت ۲۵۰ اهم در خروجی سیگنال حسگر، جریان خروجی به ولتاژ تبدیل شد و حسگر کالیبره گردید. آزمایشات به صورت دو آزمون مستقل برای سطوح کاهش فشار (۲۰ psi به ۱۶ psi و ۱۶ psi به ۱۲ psi) و افزایش فشار (۸ psi به ۱۲ psi و ۱۲ psi به ۱۶ psi) و هر کدام به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه سطح فشار باد خروجی مخزن کمپرسور (۴۳/۵، ۶۵/۲ و ۸۷ psi) و دو سطح تابع تخمین درجه یک و دو با دو تکرار بر روی تایلر عقب تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ مطابق شکل ۳ انجام شد و نتایج آن ثبت گردید.

### نتایج و بحث

بسته به تنظیم فشار خروجی مخزن به وسیله رگولاتور و تغییر تابع زمانبندی از طریق کدنویسی، فشار باد تایلر طی مدت زمان تقریباً کوتاهی به مقدار تعیین شده توسط راننده رسید.

### ارزیابی تاثیر فشار خروجی مخزن، تابع زمانبندی و سطح فشار تایلر بر مدت زمان افزایش فشار تایلر

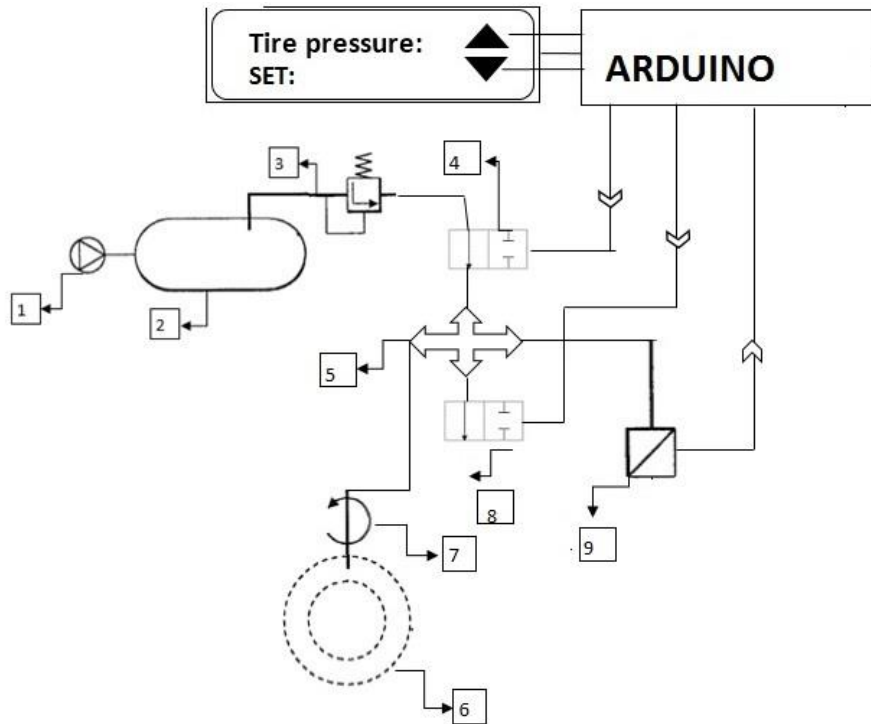
نتایج آنالیز واریانس مطابق با جدول ۱ نشان داد که اثر فشار خروجی مخزن، تابع زمانبندی و سطح فشار باد تایلر در سطح یک درصد معنی دار است، اما اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه فاکتورها معنی دار نیستند.

جویی در هزینه‌های ساخت مدل اولیه، این سامانه فقط برای یک تایلر تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ اجرا شد.

### مواد و روش‌ها

در این پژوهش هدف طراحی و ساخت سامانه‌ای است تا فشار باد تایلر تراکتور را به صورت الکترونیکی و با استفاده از حسگر فشار BD، سنسور مدل 30.600G، برد آردوینو UNO، رگولاتور ولتاژ، ماژول رله ۵ ولت دو کاناله، ال سی دی (LCD)، صفحه کلید، شیر برقی، رگولاتور فشار، مفصل دوار، کمپرسور و مخزن کنترل کند. برای این منظور طرحواره سامانه مطابق شکل ۱ برای کنترل الکترونیکی فشار باد تایلر طراحی شد. عملکرد سامانه کنترلی در شکل ۱ به این گونه است که فشار تایلر (P0)، به وسیله حسگر فشار (شماره ۹)، حس می‌شود و در ال سی دی موجود در کابین راننده نشان داده می‌شود، برای این سامانه کنترلی دو حالت دستی و خودکار در نظر گرفته شده است، در حالت خودکار، یک فشار ایده‌آل (P1) برای سامانه تعریف می‌شود. اگر فشار باد تایلر (P0)، از فشار تعریف شده (P1)، متفاوت باشد، آنگاه واحد الکترونیکی یک مدت زمانی (TI) را برای فرایند تخلیه یا افزایش فشار باد، تعیین می‌کند. پس از اتمام مدت زمان فوق، فشار باد تایلر به فشار جدیدی (Pm) می‌رسد و این فشار نیز حس می‌شود. اگر فشار حس شده جدید (Pm) هنوز با فشار انتخاب شده (P1) برابر نباشد، آنگاه فرآیند تکرار می‌شود. این روند آنقدر ادامه می‌یابد تا فشار ایده‌آل تعریف شده حاصل شود. در صورتی که راننده بخواهد فشار انتخابی تایلر را تغییر دهد، با فشردن دکمه تعریف شده موجود بر روی صفحه کلید می‌تواند، وارد حالت دستی شده و میزان فشار ایده‌آل خود را انتخاب کند. سامانه همانند

مهرگان و همکاران: طراحی، ساخت و ارزیابی سامانه کنترل ...



شکل (۱) طرحواره سامانه طراحی شده برای کنترل الکترونیکی فشار باد تایر  
 ۱. کمپرسور، ۲. مخزن، ۳. رگولاتور فشار، ۴. شیر برقی، ۵. رابط، ۶. تایر، ۷. مفصل دوار، ۸. شیر برقی، ۹. حسگر فشار  
 Figure (1) Schematic system designed for electronic control of tire pressure  
 1. Compressor, 2. tank, 3. Pressure regulator, 4. Solenoid valve, 5. Connector, 6. Tire, 7. Rotary joint, 8. Solenoid valve, 9. Pressure sensor



شکل (۲) سامانه الکترونیکی، حسگر فشار و شیرهای کنترل نیوماتیک سامانه کنترل  
 Figure (2) Electronic circuits, pressure sensor and pneumatic valves of controlling system



شکل (۳) مفصل دوار و محل نصب آن روی تایر تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵  
 Figure (3) Rotary joint and its installation position on the tractor tire of Massey Ferguson 285

جدول (۱) تجزیه واریانس تاثیر فشار خروجی مخزن، تابع زمانبندی و سطح فشار تایر بر مدت زمان افزایش فشار باد تایر  
 Table (1) Analysis of variance the effect of tank outlet pressure, time estimation function and tire pressure on the time of the tire pressure increase

F	میانگین مربعات (Mean Squares)	مجموع مربعات (Sum of Squares)	درجه آزادی (Degree of Freedom)	منابع تغییرات (Sources of variation)
82.5**	560.66	560.66	1	سطوح فشار تایر (Tire Pressure Levels)
87.8**	600	600	1	تابع زمانبندی (time estimation function)
407.31**	2783.291	5566.583	2	فشار خروجی مخزن (Tank Outlet Pressure)
2.44 <sup>n.s</sup>	16.66	16.66	1	سطوح فشار تایر × تابع زمانبندی (time estimation function × Tire Pressure Levels)
2.86 <sup>n.s</sup>	19.541	39.083	2	سطوح فشار تایر × فشار خروجی مخزن (Tank Outlet Pressure × Tire Pressure Levels)
1.66 <sup>n.s</sup>	11.375	22.75	2	تابع زمانبندی × فشار خروجی مخزن (Tank Outlet Pressure × time estimation function)
2.31 <sup>n.s</sup>	15.791	31.583	2	سطوح فشار تایر × تابع زمانبندی × فشار خروجی مخزن (Tank Outlet Pressure × time estimation function × Tire Pressure Levels)
	6.83	82	12	خطا (Error)
		6919.33	23	کل (Total)

\*\* اختلاف معنی دار در سطح ۱٪، <sup>n.s</sup> عدم وجود اختلاف معنی دار

\*\* Significant at the 0.01 probability level, <sup>n.s</sup> no significant effect

سطوح فشار خروجی مخزن دارای اختلاف معناداری در سطح یک درصد می‌باشند. در فشار خروجی مخزن ۸۷ psi، تایر در مدت زمان کمتری به فشار تنظیمی راننده می‌رسد.

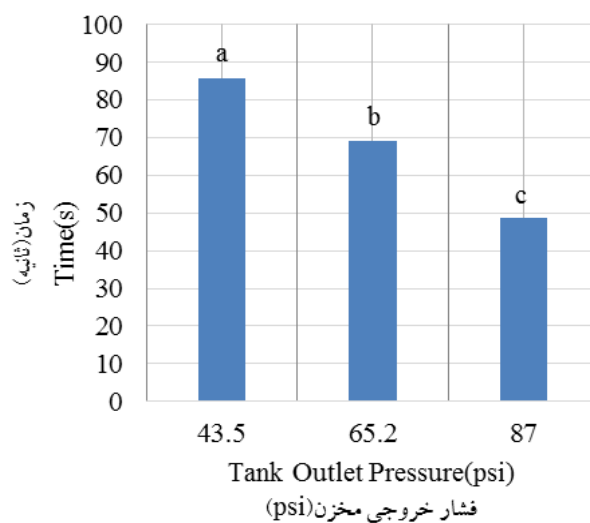
### اثر فشار خروجی مخزن بر مدت زمان افزایش فشار تایر

با رسم نمودار فشار خروجی مخزن در مقابل زمان که در شکل ۴ نشان داده شده است، مشخص شد که

هر دو سطح مختلف فشار باد تایر به یک میزان تغییر می-کنند ولی مدت زمان افزایش فشار تایر دو سطح با هم متفاوت است و این نشان می‌دهد که هرچه میزان فشار باد تایر کمتر باشد، تایر سریعتر باد می‌شود.

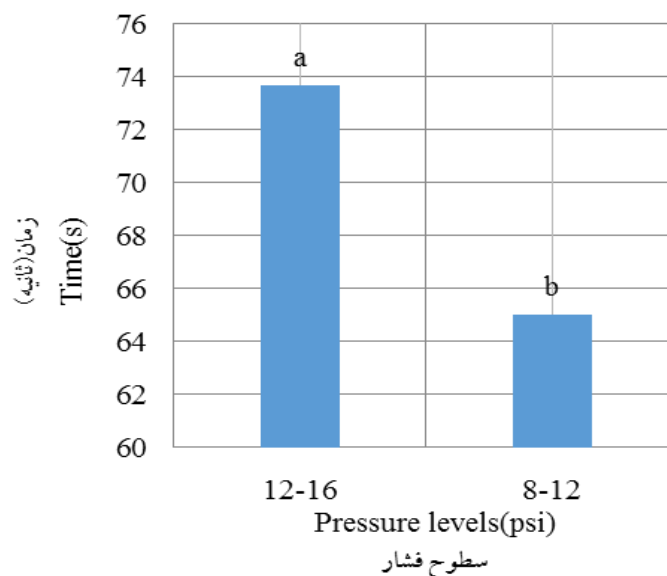
#### اثر دو سطح مختلف فشار تایر از ۸ تا ۱۲ و ۱۲ تا ۱۶ psi بر مدت زمان افزایش فشار تایر

با رسم نمودار سطح فشار باد تایر در مقابل مدت زمان افزایش آن که در شکل ۵ نشان داده شده است، مشخص شد که دو سطح مختلف فشار باد تایر دارای اختلاف معناداری در سطح یک درصد می‌باشد. هر چند



شکل (۴) نمودار مقایسه مدت زمان افزایش فشار تایر در سطوح مختلف فشار خروجی مخزن

Figure (4) Comparison diagram of the tire pressure increase at different levels of tank outlet pressure



شکل (۵) نمودار مقایسه مدت زمان عملکرد سامانه کنترلی در دو سطح مختلف فشار

Figure (5) Comparison diagram of the control system operating time at two different level pressures

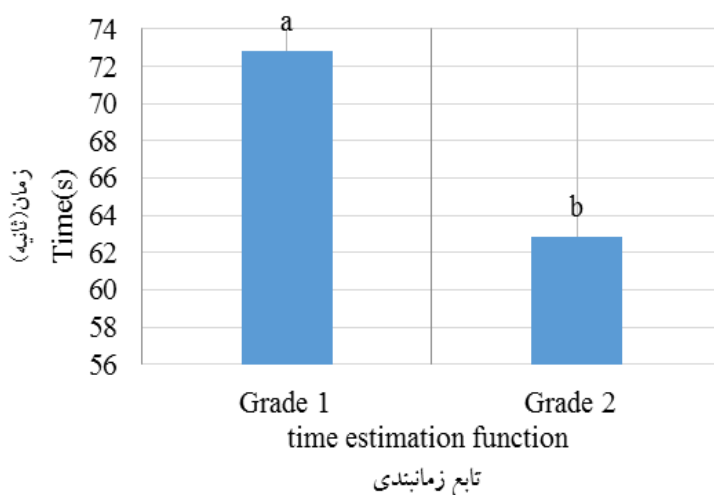
زمانی کم باز و بسته می‌شوند و در انتها به مراتب این فاصله زمانی باز بودن رله‌ها بیشتر می‌شود، در فاصله زمانی بسته بودن رله‌ها، سامانه کنترلی، فشار فعلی تایر را مرتب چک می‌کند و در صورت نرسیدن فشار تایر به مقدار تنظیم شده توسط راننده، این سیکل ادامه پیدا می‌کند تا در نهایت فشار باد تایر به مقدار مطلوب برسد. از معایی که تابع زمانبندی درجه یک داشت این بود که به علت زیاد باز و بسته شدن رله‌ها و شیرهای برقی، آسیب زیادی به آن‌ها می‌رساند و این امر موجب کاهش طول عمر آن‌ها می‌شود. با تغییر تابع زمانبندی به درجه دو، همانطور که در شکل ۸ نشان داده شده است، در ابتدا که میزان اختلاف فشار باد تایر و فشار تنظیمی توسط راننده زیاد است، رله‌ها و شیرهای برقی مدت زمان بیشتری باز نگه‌داشته می‌شوند و هر چقدر که اختلاف فشار باد تایر و فشار انتخابی به مراتب کمتر شود، مدت زمان باز شدن رله‌ها و شیرهای برقی کمتر شده تا در نهایت تایر به فشار تنظیم شده توسط راننده برسد. در این صورت آسیب کمتری به رله‌ها و شیرهای برقی می‌رسد و همچنین مدت زمان عملکرد سامانه کنترلی نسبت به تابع زمانبندی درجه یک، کاهش پیدا می‌کند.

### اثر نوع تابع زمانبندی بر مدت زمان افزایش فشار تایر

با رسم نمودار مدت زمان افزایش فشار تایر در دو نوع تابع زمانبندی مختلف که در شکل ۶ نشان داده شده است، مشخص شد که دو تابع زمانبندی مختلف دارای اختلاف معناداری در سطح یک درصد می‌باشند. تابع زمانبندی در واقع مدت زمان باز نگه داشتن شیرهای برقی را تعیین می‌کند. از آنجا که تابع زمانبندی درجه دو نسبت به درجه یک، شیرهای برقی کمتر باز و بسته می‌شوند، به همین دلیل مدت زمان افزایش فشار تایر نیز کمتر است. پس می‌توان نتیجه گرفت که تابع زمانبندی درجه دو بهتر از تابع زمانبندی درجه یک بوده و در عمل باید از این تابع استفاده نمود.

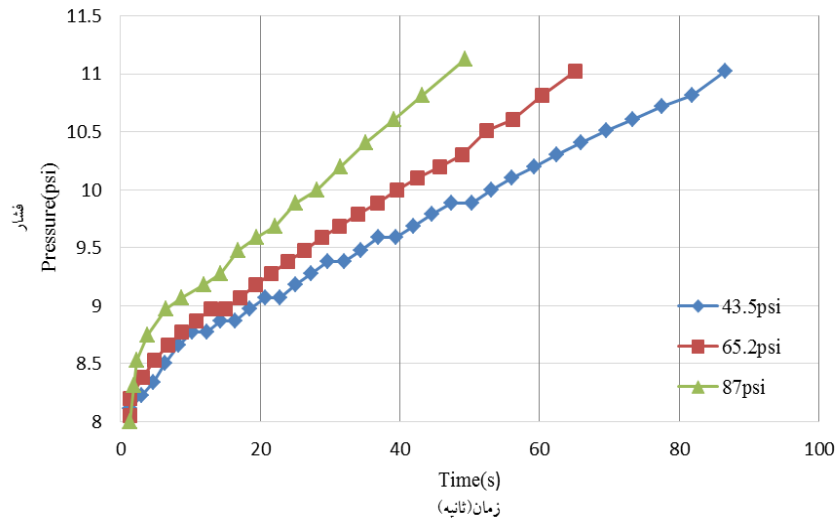
### نحوه عملکرد سامانه کنترل الکترونیکی جهت افزایش فشار باد تایر

نحوه عملکرد سامانه کنترل الکترونیکی فشار باد تایر در دو تابع زمانبندی مختلف با هم متفاوت است. چگونگی عملکرد سامانه کنترل الکترونیکی فشار باد تایر در تابع درجه یک و دو به ترتیب در شکل‌های ۷ و ۸ نشان داده شده است. همانطور که در شکل ۷ دیده می‌شود از همان ابتدا رله‌ها و شیرهای برقی با فواصل

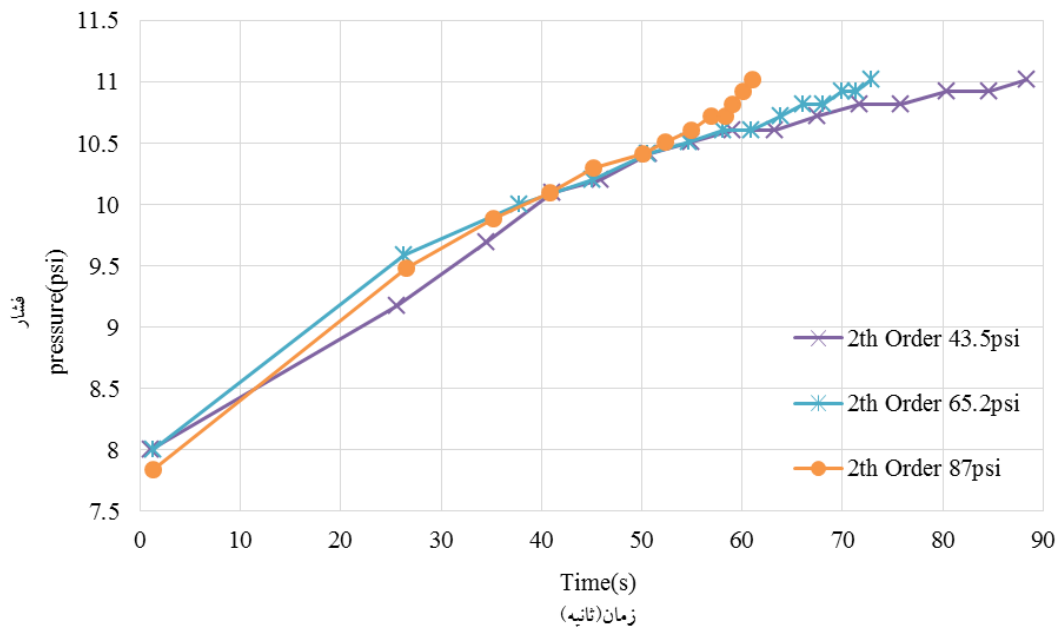


شکل (۶) نمودار مقایسه مدت زمان افزایش فشار تایر در دو نوع تابع زمانبندی مختلف

Figure (6) Comparison diagram of the tire pressure increase at two different types of time estimation function



شکل (۷) عملکرد سامانه کنترل فشار الکترونیکی برای افزایش فشار تایر در تابع تخمین زمان درجه یک  
 Figure (7) Performance of the electronic pressure control system to increase tire pressure in the first-order time estimation function



شکل (۸) عملکرد سامانه الکترونیکی کنترل فشار برای افزایش فشار تایر در تابع تخمین زمان درجه دو  
 Figure (8) Performance of the electronic pressure control system to increase tire pressure in the Second-order time estimation function

وجود اینکه زمان کلی افزایش فشار در همه سطوح فشار باد تایر برای تابع تخمین زمان درجه یک با وجود معنی دار نبودن، کمتر از درجه دو بود ولی با استفاده از تابع تخمین درجه ۲ استهلاک شیرهای نیوماتیکی به شدت کاهش یافت.

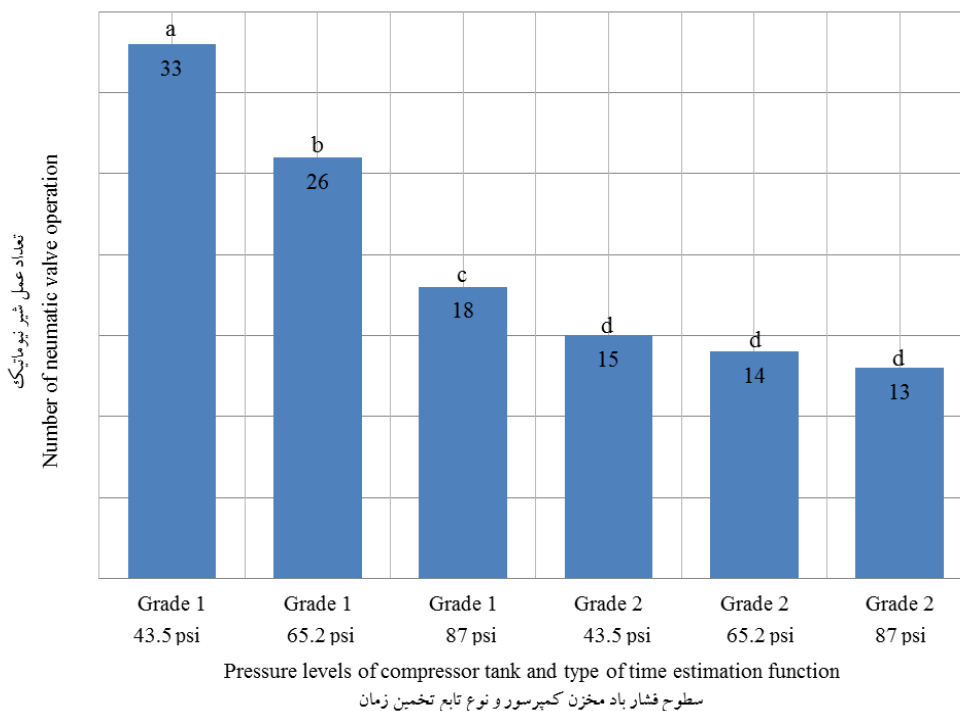
مقایسه عملکرد سامانه با توابع تخمین زمان درجه یک و دو در فشارهای مختلف مخزن مطابق شکل ۹ نشان داد که استفاده از تابع تخمین درجه دو در همه موارد تعداد مراحل تا حصول فشار مورد نظر را به طور معنی داری کاهش داده است. این بدان معنی است که با



۲ نشان داد که اثر متقابل بین تابع زمانبندی و سطح فشار تایر در سطح یک درصد معنی دار نیست. طبق نتایج بدست آمده، تاثیر نوع تابع زمانبندی و سطح فشار بر مدت زمان کاهش فشار تایر، دارای اختلاف معنی داری در سطح اطمینان یک درصد می باشد.

### نتایج ارزیابی تاثیر تابع زمانبندی و سطح فشار باد تایر بر مدت زمان کاهش فشار تایر

این آزمایش در دو تابع زمانبندی مختلف و دو سطح کاهش فشار تایر ۲۰ به ۱۶ و ۱۶ به ۱۲ psi در دو تکرار انجام شد. نتایج آزمون های ارزیابی مطابق جدول



شکل (۹) نمودار مقایسه تعداد عمل شیرهای نیوماتیک جهت افزایش فشار تایر در سه سطح مختلف فشار مخزن و تابع تخمین زمان درجه یک و دو

Figure (9) comparison of the number of valves action to increase the tire pressure in three levels of tank pressure and two time estimation function

جدول (۲) تجزیه واریانس تاثیر سطح فشار تایر و تابع زمانبندی بر مدت زمان کاهش فشار تایر

Table (2) Analysis of variance the effect of tire pressure level and Scheduling Function on the duration of tire pressure reduction

F	میانگین مربعات (Mean Squares)	مجموع مربعات (Sum of Squares)	درجه آزادی (Degree of Freedom)	منابع تغییرات (Sources of variation)
23.49**	496.125	496.125	1	تابع زمانبندی (time estimation functions)
28.17**	595.125	595.125	1	سطوح فشار تایر (Tire Pressure Levels)
1.33 <sup>n.s</sup>	28.125	28.125	1	تابع زمانبندی × سطوح فشار تایر (Tire Pressure Levels × time estimation functions)
	21.125	84.5	4	خطا (Error)
		1203.875	7	کل (Total)

\*\* اختلاف معنی دار در سطح ۱٪، <sup>n.s</sup> عدم وجود اختلاف معنی دار

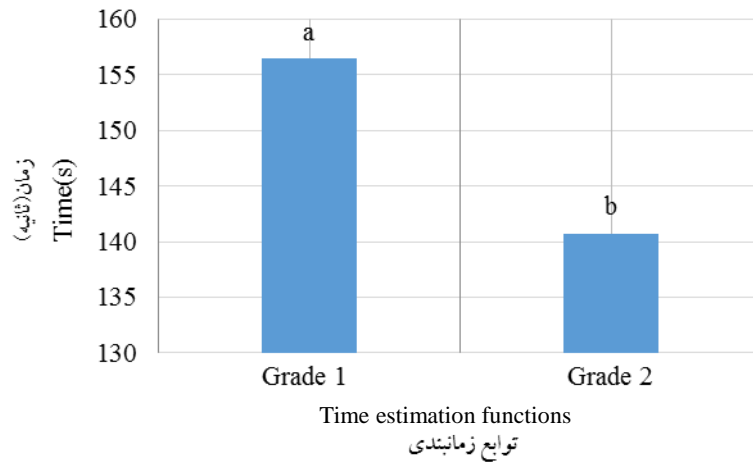
\*\* Significant at the 0.01 probability level, <sup>n.s</sup> no significant effect

### اثر نوع تابع زمانبندی بر مدت زمان کاهش فشار تایر

با رسم نمودار مدت زمان کاهش فشار تایر در دو نوع تابع زمانبندی مختلف که در شکل ۱۰ نشان داده شده است، مشخص شد که با تغییر تابع زمانبندی از درجه یک به دو، از طریق کدنویسی در آردوینو، مدت زمان کاهش فشار تایر به فشار تنظیمی توسط راننده، به دلیل کمتر باز و بسته شده رله‌ها و شیرهای برقی، به طور معنی‌دار کاهش پیدا می‌کند.

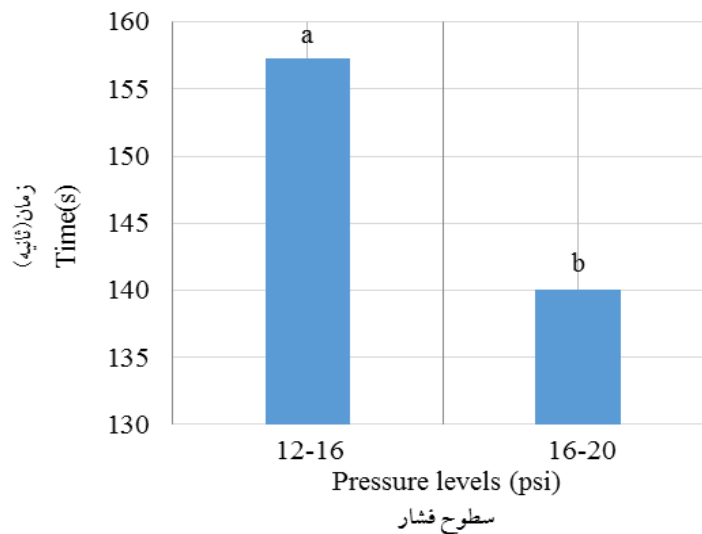
### اثر دو سطح فشار باد تایر از ۲۰ به ۱۶ و ۱۶ به ۱۲ psi بر مدت زمان کاهش فشار باد تایر

با رسم نمودار مدت زمان کاهش فشار تایر در دو سطح مختلف فشار تایر که در شکل ۱۱ نشان داده شده است، مشخص شد که هر چند هر دو سطح مختلف به یک میزان فشار باد تایر را کم می‌کنند ولی مدت زمان عملکردی دو سطح با هم متفاوت است. هرچه میزان فشار باد تایر بیشتر باشد، به دلیل تراکم فشار بیشتر، تایر سریعتر تا میزان فشار باد مورد نظر تخلیه می‌شود.



شکل (۱۰) نمودار مقایسه مدت زمان کاهش فشار تایر در دو تابع زمانبندی مختلف

Figure (10) Comparison diagram of the tire pressure reduction time at two time estimation functions



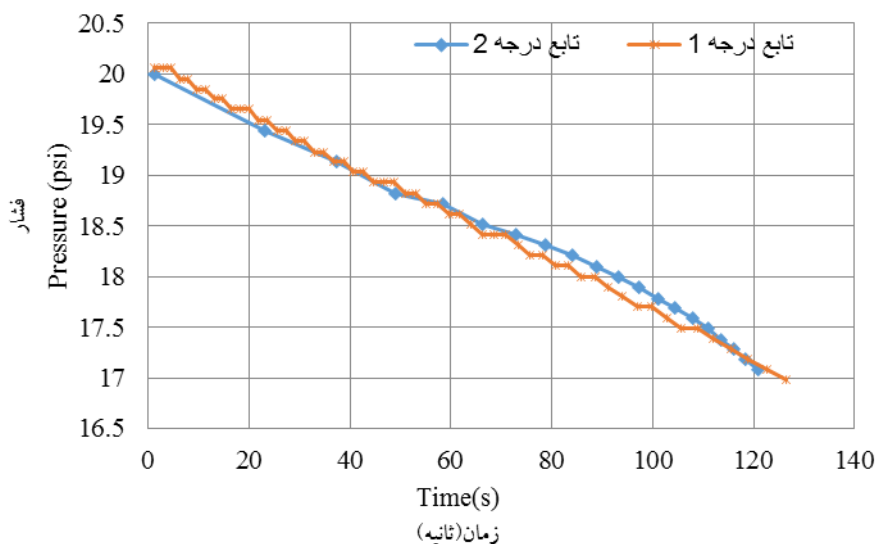
شکل (۱۱) نمودار مقایسه مدت زمان کاهش فشار تایر در دو سطح مختلف فشار تایر

Figure (11) Comparison diagram of tire pressure reduction time at two time estimation functions

سیکل تکرار می‌شود. با تغییر تابع زمانبندی به درجه دو از طریق کدنویسی، در ابتدا که میزان اختلاف فشار فعلی تایر و فشار تنظیمی توسط راننده زیاد است، مدت زمان باز بودن رله‌ها و شیرهای برقی بیشتر بوده و به مراتب با کم شدن اختلاف فشار، مدت زمان باز بودن رله‌ها و شیرهای برقی کمتر می‌شود تا در نهایت تایر به مقدار فشار ایده‌آل برسد. در این صورت آسیب کمتری به شیرهای برقی و رله‌ها رسانده می‌شود و طول عمر آنها افزایش پیدا می‌کند و همچنین مدت زمان عملکرد آنها نیز کاهش پیدا می‌کند.

### نحوه عملکرد سامانه کنترل الکترونیکی جهت کاهش فشار باد تایر

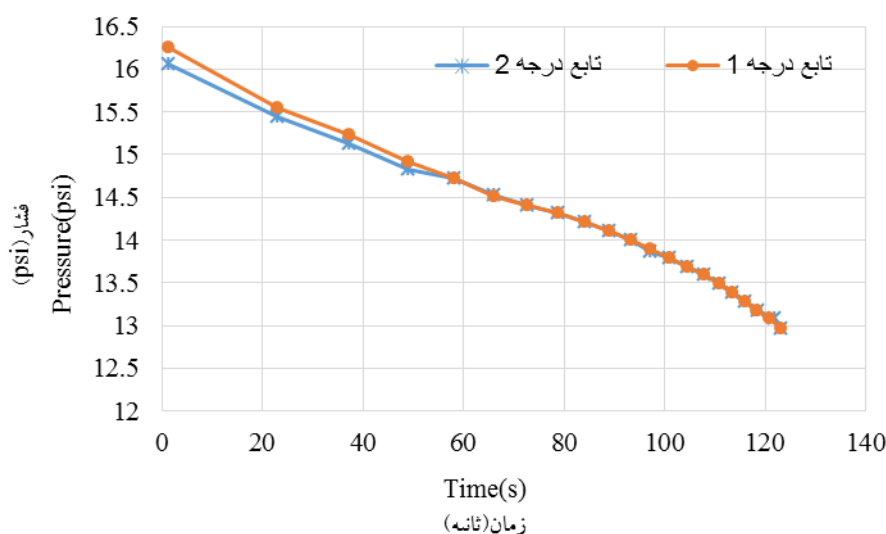
چگونگی عملکرد سامانه کنترل الکترونیکی فشار باد تایر در دو تابع زمانبندی مختلف درجه یک و درجه دو و همچنین دو سطح فشار تایر در شکل‌های ۱۲ و ۱۳ نشان داده شده است. در تابع درجه یک در ابتدا رله‌ها و شیرهای برقی سریع و با فاصله زمانی کم باز و بسته می‌شوند و به مراتب این فاصله زمانی زیاد می‌شود تا در نهایت به فشار تنظیمی توسط راننده برسد. در زمان بسته بودن شیرهای برقی فشار فعلی تایر توسط حسگر فشار چک می‌شود در صورت نرسیدن به فشار مطلوب این



شکل (۱۲) نمودار مقایسه عملکرد سامانه کنترلی جهت کاهش فشار باد تایر از ۲۰ تا ۱۶ psi در دو نوع تابع زمانبندی

Figure (12) Comparison of the performance of the control system to reduce tire pressure from 20 to 16 psi at two time estimation functions

مهرگان و همکاران: طراحی، ساخت و ارزیابی سامانه کنترل ...



شکل (۱۳) نمودار مقایسه عملکرد سامانه کنترلی جهت کاهش فشار باد تایر از ۱۶ تا ۱۲ psi در دو نوع تابع زمانبندی

Figure (13) Comparison of the performance of the control system to reduce tire pressure (16 - 12 psi) at two time estimation functions

### نتیجه گیری

طریق کدنویسی آردوینو در پیاده‌سازی سامانه کنترل باعث بهبود عملکرد سامانه و کاهش تعداد عمل شیر نیوماتیک و افزایش عمر سامانه گردید. سامانه طراحی شده قادر بود به طور مداوم ضمن پایش دائمی فشار باد تایر، مطابق تنظیم کاربر به سرعت و سهولت فشار را به سطح تنظیمی جدید تغییر دهد.

با بررسی تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده از پژوهش می‌توان بیان نمود با افزایش فشار مخزن هوای فشرده سرعت پاسخ سامانه کنترل فشار باد تایر بهبود یافت. البته محدودیت ایمنی مخزن هوا و فشار کاری کمپرسور موجود روی تراکتور محدود کننده سطح فشار مخزن خواهد بود. جایگزینی تابع زمانبندی درجه دو از

### منابع

1. Ajas, M.A, Aiswarya,T.G, Vinayak, A, Balakrishnan, S., and Janahanlal, P.S. 2014. Tire Pressure Monitoring and Automatic Air Filling System. International Journal of Research in Engineering and Advanced Technology, 2(2): 1-6.
2. Benson, E.R. 2000. Automatic navigation control of an agricultural combine. PhD Thesis in Agricultural Engineering, pp. 1-45.
3. Burase, I., Kamble, S., Patil, A., and Kharat, A. 2016. A Survey on automatic air inflating system for automobile. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 5(10): 18517-18523.
4. Kojima, H., Ohashi, H. and Kubota, K. 1998. Analysis of drivers behavior before and after crashes in simulated expressway to predict sleepiness for doze alarm. Japan Society of Automotive Engineers, 19(1): 89-109.
5. Kulli, B., Gysi, M. and Flühler, H. 2003. Visualizing soil compaction based on flow pattern analysis. Soil and Tillage Research, 70: 29-40.

6. Mane, V.S., Bachulkar, N., Bargale, B. and Kole, S. 2016. Run time tire pressure monitoring and controlling system. International Research Journal of Engineering and Technology, 3: 1191-1194.
7. Patil, A.J., Patil, P.R. and Patil, C.S., 2016. Tire temperature and pressure monitoring system based on atmega16 microcontroller. International Journal of Electrical and Electronics Research, 4: 172-175.