# کاربرد مکاترونیک در طراحی سیستم اتصال سه نقطه تراکتور

جلال برادران ملیح[1]، محسن ذاکری[2]، رسول خدابخشیان[3]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- عضو هیأت علمی گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

سیستم های مکاترونیک در زمینه های عملی متنوعی از جمله، کالاهای مصرفی، محصولات مصرفی و تجهیزات اتوماتیک به کار می‌روند. علم مکاترونیک را می توان پیش نیاز اتوماسیون و هوشمند سازی تجهیزات دانست. طراحی سیستم های هیدرولیکی خودکار به روشهای مکانیکی بسیار مشکل و پر هزینه است. از طرفی به منظور اجرای برنامه های کشاورزی دقیق[1] و کاهش خسارات نیاز به دقت بیشتر در سیستم های کنترل کشش و کنترل موقعیت در تراکتور ها احساس می شود. کاربرد مکاترونیک در طراحی سیستم های هیدرولیک سبب ساده سازی مدارات هیدرولیک و شیر های کنترل می شود همچنین دقت آن در نتیجه استفاده از حسگر های الکترونیکی به جای حسگر های مکانیکی به مقدار چشمگیری افزایش می یابد. در این مقاله به معرفی و بررسی چند نمونه های مختلف کاربرد مکاترونیک در سیستم هیدرولیک و سیستم اتصال سه نقطه تراکتور می پردازیم. سپس دقت دو سیستم را در کنترل عمق کار کشیوتور مقایسه می کنیم.

واژگان کلیدی: الکترونیک، هیدرولیک، کشاورزی دقیق، مکاترونیک

## مقدمه

امروزه کمتر محصول صنعتی را می توان یافت که ترکیبی از حوزه های مختلف مهندسی نباشد. اگر بیشتر به محیط زندگی خود و محصولاتی که در زندگی روزمره از آنها استفاده می شود دقت کنیم، از ساعت مچی دیجیتالی تا ماشین لباسشویی در آشپزخانه، خودروی شخصی یا عمومی که با آن به محل کار می رویم، چاپگرها و اسکنرها در محیط اداری و غیره، همگی نمونه هایی از ترکیب حوزه های مختلف مهندسی و به خصوص مکانیک و الکترونیک می باشند. این فناوری که مجموعه ای از مهندسی مکانیک، الکترونیک، کامپیوتر و سیستم های کنترل می باشد، مکاترونیک نامیده می شود. این واژه ترکیبی از دو بخش «مکا» مخفف مکانیسم و «ترونیک» مخفف الکترونیک است.

واژه مکاترونیک برای اولین بار در اواخر دهه ۶۰ میلادی توسط یک مهندس ژاپنی، که در زمینه کنترل کامپیوتری موتورهای الکتریکی در شرکت یاسکاوا الکتریک[2] تحقیق می کرد مصرف شد. تاکنون تعریف های گوناگونی از مکاترونیک ارائه شده است که بهترین آن عبارت است از: «یک ترکیب هم افزاینده از مهندسی مکانیک، الکترونیک، کامپیوتر، سیستم های کنترل و فناوری اطلاعات در طراحی و ساخت محصولات و فرآیندهای صنعتی با دقت بالا». در واقع مکاترونیک یک تفکر جدید در طراحی و تولید محصولات صنعتی است که به مهندسان اجازه می دهد تا با عملیات هم آهنگ حوزه های تخصصی یاد شده، از اولین مراحل طراحی و تولید، به خلق محصولاتی با کیفیت بهتر، قابلیت اعتماد بالاتر، هزینه کمتر و در زمان کوتاه تر، بیاندیشند. شکل ۱ دامنه علوم تحت پوشش توسط علم مکاترونیک را نشان می دهد. در این نمودار علوم مکانیک، الکترونیک، کنترل و کامپیوتر شاخه های اصلی مکاترونیک می باشند که خود به زیر رشته هایی تقسیم می شوند. دانش مکاترونیک بسیار گسترده است و جنبه های مختلفی از زندگی را تحت تاثیر قرار داده است.

---

[1] Precision Farming
[2] Yaskawa-electric

شکل (1): مکاترونیک و شاخه های دانش تحت پوشش آن

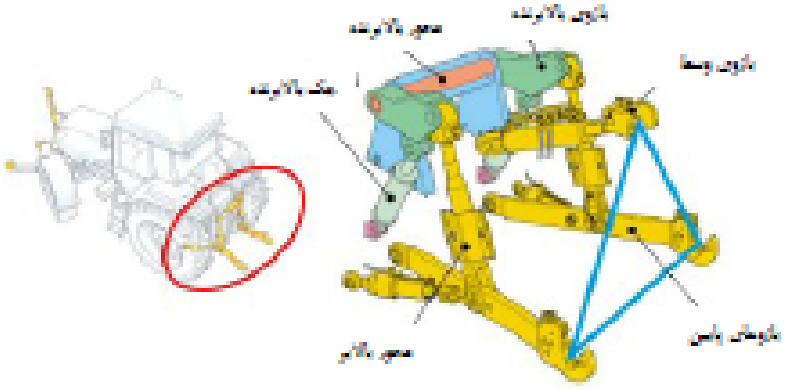
سیستم های مکاترونیکی توسط تکنولوژی های کاربردی متفاوتی مشخص می شوند. به طور مثال: هیدرولیک، مکانیک، الکترومکانیک، هوافضا، الکترونیک و نرم افزار. نکته مهم در اینجا تفاوت مهندسی الکترومکانیک با مکاترونیک است. در مهندسی مکاترونیک، با آن که عموماً با سیستم های الکترومکانیکی سروکار داریم، نکته اساسی در حاکمیت همزمان بودن طراحی، یکپارچه سازی و حتی بهینه سازی است، در حالی که مهندسی الکترومکانیک لزوماً این معنا را نمی دهد. به عنوان مثال، در تفکر مکاترونیکی جایز نیست یک سیستم را از ابتدا طراحی کنید بدون آنکه به استراتژی کنترلی آن اندیشیده باشید. همچنین، مکاترونیک نقش مهم تری را در بخش های مختلف صنعت از قبیل : سیستم های خودکار ، محصولات صنعتی و کالاهای مصرفی بازی می کند. در این مقاله پس از معرفی علم مکاترونیک به بررسی جنبه های مختلف آن در سیستم هیدرولیک و اتصال سه نقطه تراکتور ها می پردازیم.

## مواد و روش‌ها

یک سیستم مکاترونیکی تلفیقی از اجزا تشکیل دهنده سیستم با سخت افزار و اطلاعات حرکتی آن با نرم افزار می باشد. در سیستم های مکاترونیکی از تعدادی حسگر استفاده می شود که اطلاعات ضروری و حرکتی اجزا اصلی سیستم را به اطلاع یک واحد کنترل مرکزی می رساند و آن واحد با کنترل عملگرهایی که نقش بازوهای اجرایی سیستم را دارند، سیستم را کنترل می کند. ارتقا سیستم های مکاترونیکی بستگی به دریافت اطلاعات تازه در زمینه ساختمان مکانیکی اولیه، حسگرها، عملگرهای اجرایی، پردازش اتوماتیک اطلاعات و سیستم های کنترل کننده دارد. از سیستم های مکاترونیک به طور گسترده در خودروها، تراکتور ها، کمباین ها، ادوات هوشمند کشاورزی، تجهیزات راهسازی و از این قبیل استفاده می گردد.

سیستم هیدرولیک و اتصال سه نقطه تراکتور یکی از مهمترین اجزاء عامل است که به نازگی بهره گیری از دانش مکاترونیک را تجربه می کند. اتصال سه نقطه تراکتور پانسیل استفاده از مکاترونیک را دارد. شکل ۲ یک اتصال سه نقطه معمولی

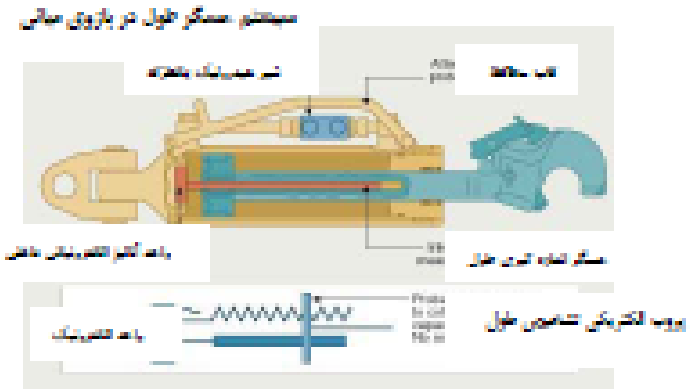
را نشان می دهد. شیرهای هیدرولیک و جک ها را می توان با بکارگیری مکاترونیک به سمت اتوماسیون سوق داد. در نتیجه طراحی به کمک علم مکاترونیک می توان سیستم هایی نظیر سیستم کنترل موقعیت الکترونیکی، سیستم کنترل کشش و سیستم کنترل لغزش الکترونیکی را ابداع و بکارگرفت.




شکل (۲): اجزاء سیستم اتصال سه نقطه معمولی

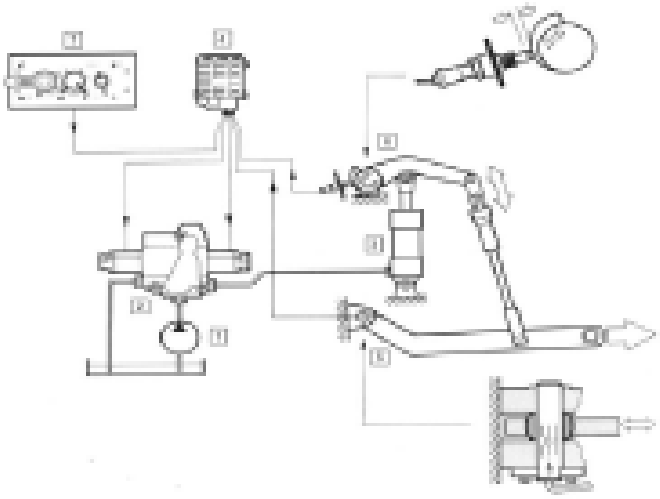
## سیستم کنترل کشش الکترونیکی

در این سیستم به منظور افزایش دقت سیستم های کنترل موقعیت، کنترل کشش و کنترل لغزش چرخ های محرک و همچنین افزایش ثبات تراکتور در حین حرکت در مزرعه و جاده های روستایی، حسگر هایی روی بازوهای اتصال سه نقطه نصب می شوند. بازوی میانی که پیش از این یک میله صلب یا یک میله با قابلیت تنظیم طول بود، در اینجا مجهز به یک جک هیدرولیکی داخلیمی باشد که یک حسگر تعیین موقعیت پیستون روی آن نصب شده است. با استفاده از این حسگر پاسخ سریع طول بازو یا به بیان دیگر نیروی وارده از طرف دنباله بند، دائماً کنترل شده و اطلاعات مربوطه به واحد کنترل الکترونیکی ارسال می شود.




شکل (۳): اجزای داخلی بازوی میانی مجهز به حسگر و جک تنظیم طول

در شرایط عادی بازوی میانی تراز طولی ادوات دنباله بند( گاو آهن، دیسک، کودپاش) را عملی می کند. با افزایش مقاومت خاک و اعمال نیرو به بازوی میانی، جک هیدرولیکی تغییر طول می دهد. این تغییر طول توسط حسگر اندازه گیری شده و به واحد کنترل ارسال می شود. واحد کنترل با ارسال سیگنالی به شیر کنترل الکتریکی سبب می شود بازوهای پایین، بالا آمده و در نتیجه از عمق کار و فشار روی تراکتور کاسته شود. این عمل تا جایی ادامه می یابد که مقدار جابجایی پیستون در جک بازوی وسط از مقدار از پیش تعیین شده فراتر نرود. با کاهش مقاومت خاک دستگاه دنباله بند دوباره به عمق مورد نظر باز می گردد.



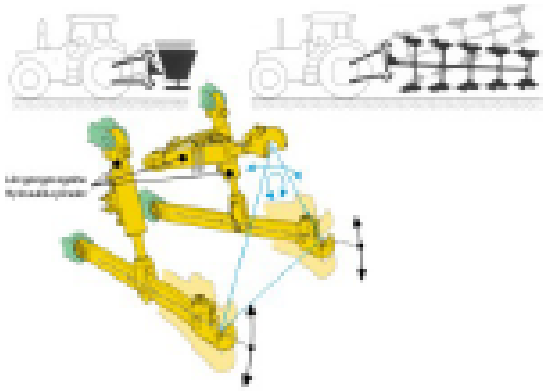
شکل (٤): اجزاء سیستم هیدرولیک اتصال سه نقطه تراکتور با کنترل الکترونیکی ( ١- پمپ

٢-شیر برقی ٣- جک هیدرولیکی ٤- سیستم کنترل مرکزی ٥- حسگر نیرو ٦- حسگر موقعیت ٧- کنسول کنترل )

## سیستم کنترل دینامیکی[٢] ادوات سوار شونده

این سیستم بازو های متصل به ادوات سوار شونده را در حین حمل ونقل بطور خودکار بالا و پایین می دهد تا از جهش های ناخواسته ادوات حین حرکت با سرعت روی جاده جلوگیری شود. این سیستم موجب می شود تراکتور بتواند در حین حمل و نقل به سرعت های بالاتری دست یابد. با استفاده از حسگر های نصب شده روی بازوها، واحد کنترل اطلاعات لازم را بدست آورده، سپس طول بازوی وسط را آنقدر تغییر دهد تا ادوات دائماً حالت تراز را حفظ کنند. همچنین بازوهای پایین متناسب با تکان های تراکتور سعی در حفظ تعادل و ثابت نگه داشتن ادوات دارد.

[٢] Dynamic ride control

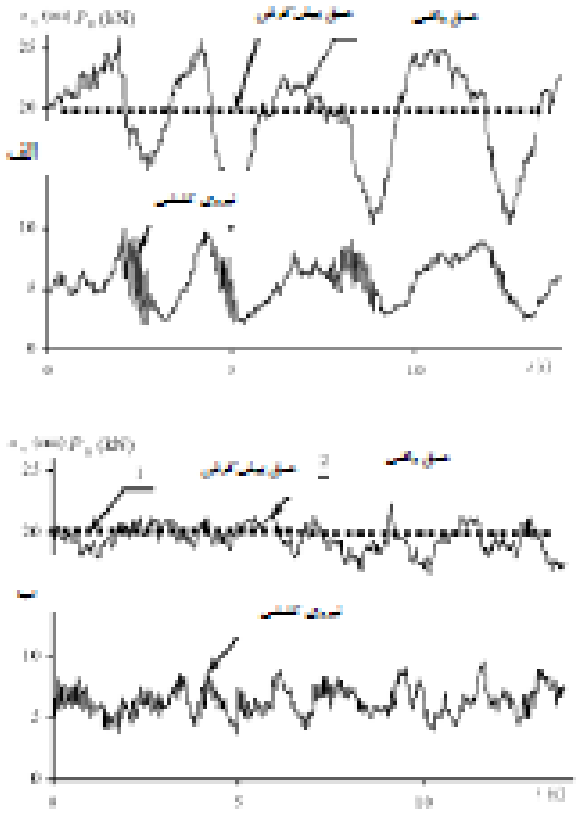


شکل (۵): عملکرد سیستم کنترل دینامیک ادوات سوار شونده

## نتایج و بحث

همانطور که در مطالب پیشین مشاهده شد، در تمامی موارد علم مکاترونیک و هیدرولیک با هم تعامل یافته اند. درمجموع به منظور تبدیل اجزاء سیستم هیدرولیکی به یک سیستم مکاترونیکی به تجهیزاتی مانند حسگر های موقعیت سنج و زاویه سنج، واحد کنترل الکترونیکی، عملگر ها، جک های هیدرولیک و حسگر شرایط محیطی نیاز می باشد. بکار گیری سیستم مکاترونیک موجب شده است تا سیستم های کنترل کشش و کنترل موقعیت بسیار دقیق تر عمل کند. برای این منظور کلاتور[4] (۲۰۰۶) در یک طرح تحقیقاتی مقایسه ای بین دقت سیستم کنترل کشش در تراکتور های با کنترل هیدرولیکی و سیستم با کنترل الکترونیکی انجام داده است. او با استفاده از یک تراکتور به قدرت ۲۸ Kw، کلتیواتور با تیغه پنجه غازی را در عمق ۲۰ Cm در یک مزرعه با خاک شنی – لومی به حرکت در آورد. در این آزمایش که با هر دو سیستم کنترل انجام شد، تغییرات عمق کار و نیروی کششی اندازه گیری گردید (شکل ٦ ). نتایج حاصل (جدول ۱) نشان داد که استفاده از سیستم کنترل الکترونیکی حدود ۷۵ درصد دقت کنترل عمق کار، و ۵۰ درصد یکنواختی نیروی کششی را افزایش می دهد.

[4] Kolator

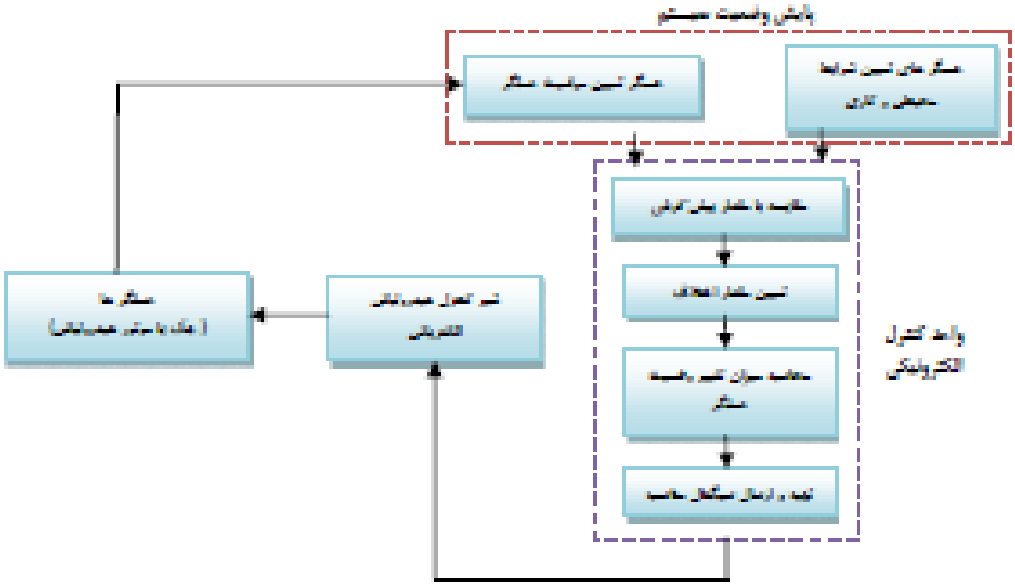


شکل (٦): تغییرات عمق کار و نیروی کششی کلتیواتور پنجه خازی در اتصال سه نقطه ای با الف) سیستم کنترل هیدرولیکی ب) سیستم کنترل مکاترونیکی

جدول (١): مقایسه عملکرد کنترل مکاترونیک و کنترل هیدرولیک اتصال سه نقطه

| نوع سیستم کنترل اتصال سه نقطه | تغییرات عمق کار ٪ | تغییرات نیروی کششی ٪ |
|---|---|---|
| کنترل هیدرولیکی | ٢٠/٧٨ | ٣٣/٧١ |
| کنترل مکاترونیکی | ٥/٤٥ | ١٨/٠١ |

سیستم های مکاترونیکی که در تراکتور ها و دنباله بند ها جهت اتوماسیون تنظیمات طراحی می شوند از الگوریتمی همانند شکل ٧ پیروی می کنند. این الگوریتم مراحل تصمیم گیری سیستم در مورد نحوه و میزان تغییرات عملگر ها را نشان می دهد.



شکل (۷): الگوریتم تصمیم گیری سیستم کنترل مکاترونیکی مدارات و جک های هیدرولیک

## نتیجه گیری

با پیشرفت تکنولوژی و روند پیشروی به سوی افزایش دقت و کارایی دستگاهها بکارگیری علم مکاترونیک ضروری می باشد.در این بررسی مزایای طراحی مکاترونیکی تجهیزات هیدرولیکی در تراکتور ها و سیستم اتصال سه نقطه مورد بحث قرار گرفت. با توجه به نتایج مشاهده شد که کنترل مکاترونیک اتصال سه نقطه، دقت کنترل عمق کار را تا ۷۵ درصد در کلیواتور با تیغه پنجه غازی افزایش می دهد.

## پیشنهادات

استفاده از سیستم کنترل مکاترونیک اتصال سه نقطه روز به روز در بین سازندگان تراکتور ها در حال گسترش می باشد. با توجه به مزایای سیستم بکارگیری از آن به تولید کنندگان داخلی توصیه می شود.

## منابع


1. Kolator, B. (2006). Mechatronic control of the implement linkage of agricultural tractors, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland.
2. Dieterle, W. (2005). Mechatronic systems: Automotive applications and modern design methodologies, Annual Reviews in Control 29. 273–277.
3. Isermann, R. (2007). Mechatronic systems—Innovative products with embedded control, Control Engineering Practice 16.14–29.
4. Scheidl, R. (2007). Mechatronic Design of Machine Systems- Circumstances, Purposes, Necessities, Institute of Machine Design and Hydraulic Drives Johannes Kepler University Linz, Austria.
5. www.WikiPedia.com, Mechatronic.
6. http://www.designnews.com/article/print/1470-Displacement_sensor_lifts_tractor_performance.php
7. http://www.tu-braunschweig.de/ilf/forschung/projekte/promob03?lang=en