

## بررسی اثر نیرویی گاوآهن بشقابی بر اتصال سه نقطه تمام سوار و تحلیل آن به روش المان محدود

علی بهزادی<sup>1</sup>، پیام جوادی کیا<sup>2</sup>، رشید غلامی<sup>1</sup>، فرزاد جلیلیان تبار<sup>1</sup>، رضا علیمردانی<sup>3</sup>

1- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه  
رازی کرمانشاه

2- عضو هیئت علمی گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه  
رازی کرمانشاه

3- عضو هیئت علمی گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه  
تهران

Ali.behzadi1987@gmail.com

### چکیده

با توجه به گزارش های صورت گرفته در مورد آسیب های وارد شده به بازوهای اتصال سه نقطه تراکتور حین کار با گاوآهن ها، بررسی و تحلیل نیرویی این بازوها و ارائه یک الگوی نرم افزاری برای آنها حائز اهمیت می باشد. نیروهای وارد شده بر اتصال سه نقطه تراکتور MF285 حین شخم زدن با گاوآهن بشقابی در خاک لومی رسی منطقه ای در کرج توسط لودسلی با ظرفیت 20 کیلو نیوتن اندازه گیری شدند. گاوآهن به صورت کامل سوار و طی دو سرعت حداکثر و حداقل 2.4178m/s و 0.1099m/s زمین را شخم می زخ. سرعت پیشروی تراکتور با استفاده از یک حسگر نوری محاسبه شده است. پس از اندازه گیری ابعاد اجزای اتصال سه نقطه با دقت 0.1mm و مدل سازی آن توسط نرم افزار CATIA با اعمال بار و شرایط مرزی به روش المان محدود تحلیل نیرویی گردید. مقادیر تانسور اصلی تنش، تنش های وان میسز و مقدار تغییر شکل ها در بازوهای اتصال سه نقطه حین کار با گاوآهن بشقابی بدست آمد. نتایج حاصل از این شبیه سازی نشان داد که تنش وان میسز بازوی میانی در ناحیه گلوگاهی نزدیک به قسمت توپی زیاد و احتمال ایجاد خطا در آن بیشتر است که با گزارش هایی که در مورد شکست بازوی وسط انجام گرفته است همخوانی دارد و این ناحیه نیاز به تقویت و بهینه سازی دارد. همچنین با مقایسه سرعت ها و تاثیر نیرویی آنها مشخص شد که با افزایش سرعت کار گاوآهن، تنش و تغییر شکل بازوها نیز افزایش می یابد.

کلمات کلیدی: اتصال سه نقطه - المان محدود - گاوآهن - CATIA

### مقدمه

اتصال سه نقطه ترکیبی است از یک بازوی بالائی و دو بازی پائینی که هر سه در دو انتها با اتصالات مفصلی از یک سو به تراکتور و از سوی دیگر به ماشین یا وسیله کشاورزی متصل بوده و مجموعاً جهت اتصال ادوات به تراکتور و استفاده از نیروی بالابری سیستم هیدرولیک آن بکار می رود [بی نام، 1383].

برای اتصال های سه نقطه، تمام ابعاد مربوط به سه نقطه اتصال بین وسیله و تراکتور و نیز حدود حداقل ارتفاع بالابری، تنظیم تراز جانبی و نوسان جانبی و حداقل نیروی بالابری مورد لزوم در محل های اتصال، در استاندارد های ASAE-SAE تدوین شده است [شفیعی، 1387]. این استانداردها و تعیین ابعاد دقیق اجزای اتصال سه نقطه در مدل سازی آن کارآمد می باشند. در این تحقیق اثر نیروهای وارد شده بر اتصال سه نقطه تراکتور مسی فرگوسن 285

حین کار با گاواهن بشقابی<sup>1</sup> بررسی می شوند. تحلیل نیرویی بر روی هریک از بازوهای اتصال سه نقطه انجام شده و مقایسه ای بین نتایج این تحلیل بر روی هریک از این بازوها صورت می گیرد و در نهایت تاثیر پارامتر سرعت بر میزان تنش ها و تغییر شکل بازوها نیز بررسی می شود.

تحقیقاتی مرتبط با ملزومات اتصال سه نقطه تراکتور و بهینه سازی آن انجام گرفته است که در زیر شرح مختصری از آنها آورده شده است. علیمردانی و همکاران دینامومتر اتصال سه نقطه را طراحی و ساختند. دینامومتر قادر به اندازه گیری نیروهای افقی و عمودی وارده به بازوهای اتصال سه نقطه تراکتور است [علیمردانی و همکاران، 1385]. عباسپور گیلانده و همکاران استاندارد جدید اتصال سه نقطه عقب تراکتور ر های چرخدار را معرفی کردند، در تهیه و تدوین این استاندارد سعی شده است که ضمن توجه به شرایط موجود و نیازهای جامعه، در حد امکان بین این استاندارد و استاندارد ملی کشورهای صنعتی و پیشرفته هماهنگی ایجاد شود [عباسپور و همکاران، 1390]. بنتاهر (Bentaher) و همکاران به منظور بهینه سازی نیرو در عملیات خاک ورزی یک دستگاه اندازه گیری نیرو-خاک ورزی همراه با مبدل هایی در اتصال سه نقطه ساختند و سپس آن را کالیبره کردند [Bentaher et al., 2008]. S.Kofoed و همکاران در سال 1973 در تحقیقی تحت عنوان بهبود اتصال تراکتور یونیورسال، اتصال سه نقطه تراکتور را تحلیل نیرویی و طرح بهینه شده آن را ارائه دادند [Kofoed et al., 1973]. برادران مطیع و همکاران در مقاله ای تحت عنوان کاربرد مکترونیک در طراحی سیستم اتصال سه نقطه تراکتور، جنبه های مختلف کاربرد مکترونیک را در سیستم هیدرولیک و سیستم اتصال سه نقطه تراکتور معرفی و بررسی کرده اند. آنها به جای استفاده از حسگر های مکانیکی در اتصال سه نقطه تراکتور از حسگر های الکترونیکی استفاده کردند سپس دقت دو سیستم را در کنترل عمق کولتیواتور مقایسه کرده اند [برادران مطیع و همکاران، 1389]. در زمینه مدلینگ و تحلیل اجزا تراکتور، میره ای و همکاران در سال 85 در مقاله ای میزان خستگی شاتون تراکتور رومانی مدل U650 را با روش المان محدود و با استفاده از نرم افزار انسیس محاسبه و طول عمر آن را بعد از  $10^6$  بارگذاری بدست آوردند. از نتایج این تحقیق می توان به صرفه جویی در وقت و هزینه و بهینه سازی در طراحی قطعه اشاره کرد [میره ای و همکاران، 1385].

## مواد و روشها

### الف- آزمون مزرعه

آزمون ها در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی دانشگاه تهران در کرج انجام شد. بافت خاک مزرعه لومی رسی و محصول قبلی کشت شده در آن ذرت بود. نتایج آزمایش رطوبت مورد نیاز خاک مدتی بعد از بارندگی جهت انجام آزمون ها نشان داد که رطوبت تا عمق 30 سانتی متر تقریباً یکنواخت است. گاواهن بشقابی در این آزمایش برای پیش بینی ریزه های وارده در دو سرعت  $2.4178\text{m/s}$  و  $0.1099\text{m/s}$  پیشروی به اتصال سه نقطه وصل شد. این گاواهن معرف نمونه ای از ادوات خاک ورزی اولیه استاندارد هستند که به طور معمول برای آماده سازی بستر بذر در این استفاده می شوند. گاواهن بشقابی توسط یک قاب واسطه ای به اتصال سه نقطه تراکتور متصل شد. از مشخصات گاواهن بشقابی به موارد زیر می توان اشاره کرد: قطر بشقاب  $660\text{mm}$ ، زاویه تمایل  $22^\circ$ ، زاویه برش  $45^\circ$  و زاویه استقرار  $45^\circ$ . سیستم اندازه گیری متشکل از یک دیتالاگر قابل برنامه ریزی مدل (CR10X) و یک

<sup>1</sup> Disc plow

لودسل کششی شکل S به ظرفیت 20 کیلونیوتن و یک حسگر سرعت از نوع نوری (ساخت شرکت تبریز پروژه) به فاصله عکس العملی 20 میلی متری بود (شکل 1). نتایج حاصل از این داده برداری در جدول 1 آمده است [ندرلو و همکاران، 1388].



شکل 1: آزمون مزرعه با لود سل کششی [ندرلو و همکاران، 1388]

جدول 1: نیروهای وارد شده بر بازوها در دو راستای افقی و عمودی [ندرلو و همکاران، 1388]

نیروی وارد بر بازوی چپ در راستای y	نیروی وارد بر بازوی چپ در راستای x	نیروی وارد بر بازوی وسط در راستای y	نیروی وارد بر بازوی وسط در راستای x	نیروی وارد بر بازوی راست در راستای y	نیروی وارد بر بازوی راست در راستای x	سرعت (m/s)	نوع گاوآهن
(KN)	(KN)	(KN)	(KN)	(KN)	(KN)		
9/534	0/707	3/404	6/214	12/38	-0/978	2/4178	گاوآهن
-2/71	-0/352	-1/836	-0/267	0/526	-5/434	0/1099	بشقابی

ب- شبیه سازی اتصال سه نقطه در نرم افزار

ابعاد اجزای اتصال سه نقطه تراکتور MF285 با دقت 0.1mm اندازه گیری شده و با توجه به استاندارد ملی ایران شماره 19176 [1] و در نظر گرفتن تمام زوایا و فاصله ها، مدل سه بعدی اتصال سه نقطه در محیط Part design نرم افزار CATIA V5R21 ایجاد شد (شکل 2). جنس ماده در نظر گرفته شده برای مدل فولاد می باشد که خواص آن در جدول 2 نشان داده شده است. بعد از ایجاد مدل، قیود و بار بر اتصال سه نقطه اعمال شد. بازوهای کناری در محل اتصال به زیر تراکتور و محل اتصال به میله های رابط مقید شده اند، بازوی وسط نیز در محل نقطه اتصال به تراکتور مقید شده است. نیروها نیز در دو راستای افقی و عمودی به بازوها در محل اتصالشان به ادوات اعمال شدند. بازوی های راست، چپ و وسط آن توسط محیط Analysis & Simulation این نرم افزار پس از

اعمال شرایط مرزی مش بندی شدند. نوع المان بکار برده شده چهار ضلعی حجمی بوده و اندازه اولیه مش 5mm در نظر گرفته شده است. تعداد المان های بدست آمده پس از مش بندی برای بازوهای راست، چپ و وسط به ترتیب برابر: 88153، 87651 و 41066 می باشد. در نزدیکی نقاط اتصال و جاهایی که احتمال خطا در آن بیشتر می رفت از مش بندی ریزتری استفاده شده است. مدل مش بندی شده بازوها در شکل 3 نشان داده شده است. کیفیت مش با در نظر گرفتن دو پارامتر کشیدگی و نسبت صفحه در جدول 3 آورده شده است. پس از انجام مراحل پیش پردازش بر روی مدل، عملیات حل مسئله انجام گرفت. این تحلیل در حالتی انجام شد که بازوها در راستای افقی و عمودی حداکثر جابجا شده اند.

جدول 2: خواص فولاد در نظر گرفته شده برای اتصال سه نقطه

$2 \times 10^{11} \text{ N}_m^2$	مدول یانگ
0/266	ضریب پواسون
$7860 \text{ kg}_m^3$	چگالی
$1/17 \times 10^5 \text{ kdeg}$	انبساط حرارتی
$2/5 \times 10^8 \text{ N}_m^2$	تاب ارتجاعی

جدول 3: مقادیر کشیدگی و نسبت صفحه در بررسی کیفیت مش

Criterion	Good	Poor	Bad	Worst	Average
Stretch	22362 (100.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0.390	0.661
Aspect Ratio	21812 (97.54%)	550 (2.46%)	0 (0.00%)	4.164	1.814



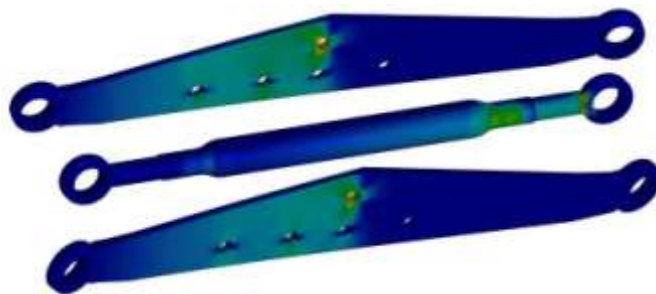
شکل 2: مدلسازی اتصال سه نقطه در نرم افزار کتیا



شکل 3: مش بندی بازوهای کناری و وسط اتصال سه نقطه

### نتایج و بحث

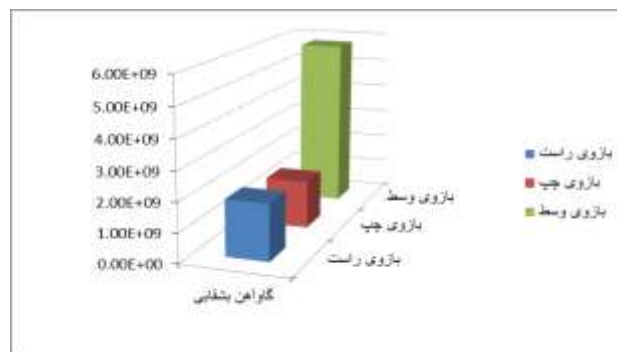
بعد از حل مسئله، مقادیر تنش‌ها، جابجایی‌ها و شماتیک آنها حاصل شد. نتایج حاصل از این شبیه‌سازی نشان داد که ماکزیمم تانسور اصلی تنش در سرعت بالاتر (2.4178m/s) در بازوی راست، بازوی چپ، بازوی وسط گاوآهن بشقابی به ترتیب برابر  $1.92 \times 10^9 \text{ N}_m^2$ ،  $1.24 \times 10^9 \text{ N}_m^2$ ،  $7.28 \times 10^9 \text{ N}_m^2$  می‌باشد. مقادیر میزان جابجایی‌های بازوها در سرعت بالاتر در بازوی راست، بازوی وسط و بازوی چپ به ترتیب برابر  $53.8 \text{ mm}$ ،  $120 \text{ mm}$  و  $32 \text{ mm}$  می‌باشد. شماتیک توزیع تنش وان میسر هنگام اتصال به گاوآهن بشقابی در شکل 4 نشان داده شده است.



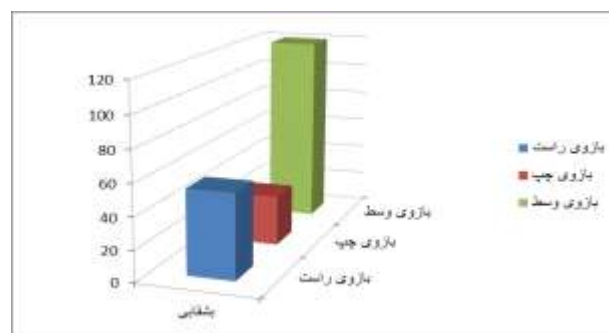
شکل 4: توزیع تنش وان میسر در بازوها در اتصال به گاوآهن بشقابی، به ترتیب از بالا به پایین: بازوی راست، بازوی وسط و بازوی چپ

مقادیر کانتور تنش و جابجایی بازوها در اتصال به گاوآهن بشقابی حین کار در مزرعه در شکل 5 و 6 نشان داده شده است. همانطور که از شکل 6 مشخص است، مقادیر تغییر شکل در بازوی وسط دارای بیشترین مقدار خود است، بدان معنی که بازوی وسط اتصال سه نقطه حین کار با گاوآهن دچار بیشترین تغییر شکل می‌شود. همچنین با مقایسه مقادیر جابجایی و تنش در بازوهای اتصال سه نقطه حین کار با گاوآهن بشقابی در دو سرعت  $0.1099 \text{ m/s}$  و  $2.4178 \text{ m/s}$  مشخص شد که این مقادیر ارتباط چشمگیری با میزان سرعت دارند، به طوری که

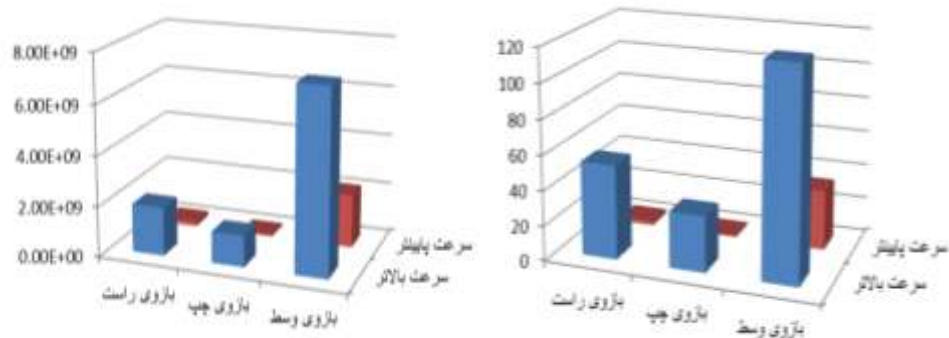
با افزایش اندکی مقدار سرعت حرکت گاوآهن، شاهد افزایش قابل توجهی در مقادیر جابجایی و تنش‌ها در بازوها هستیم (شکل 7). اغلب رانندگان تراکتور و کشاورزان اشاره به شکستگی بازوی وسط حین کار با گاوآهن‌ها دارند که نتایج حاصل از مقایسه تنش‌های وارده بر گاوآهن نیز به این مسئله اشاره دارد. همانطور که از شماتیک توزیع تنش در بازوها (شکل 4) مشخص است، تنش وان میسر بازوی میانی در ناحیه گلوگاهی نزدیک به قسمت توپی زیاد و احتمال ایجاد خطا در آن بیشتر است و این ناحیه نیاز به تقویت و بهینه‌سازی دارد. همچنین با مقایسه سرعت‌ها و تاثیر نیرویی آنها مشخص شد که با افزایش سرعت کار گاوآهن، تنش و تغییر شکل بازوها نیز افزایش می‌یابد. این تحقیق نشان داد که روش المان محدود در پیش‌بینی حالات و تحلیل نیرویی بازوهای اتصال سه نقطه تراکتور حین کار با ادوات کشاورزی بسیار کارآمد می‌باشد. لذا با استفاده از این روش در مشخص شدن الگوی توزیع تنش و مقادیر تغییر شکل در بازوها و همچنین نقاط محتمل در ایجاد خطا حین کار با ادوات کشاورزی، می‌توان با بهینه‌سازی این نقاط از میزان خسارات وارده بر اتصال سه نقطه بکاهیم.



شکل 5: مقایسه مقادیر کانتور تنش بازوها در اتصال به گاوآهن بشقابی



شکل 6: مقایسه مقادیر جابجایی بازوها در اتصال به گاوآهن بشقابی



شکل 7: مقایسه مقادیر جابجایی و تنش بازوهای اتصال سه نقطه در دو سرعت مختلف حین کار با گاوآهن بشقابی

## منابع

- [1] بی نام، استاندارد ملی ایران، شماره 1769، سال 1383، تراکتورهای کشاورزی و ماشین آلات اتصال وسایل از طریق اتصال سه نقطه.
- [2] شفیعی، احمد (مترجم)، "اصول ماشین های کشاورزی"، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران، 1387.
- [3] علیمردانی، ر.، نیاری، ض. ف.، اکرم، ا.، محمودی، ا. 1385، "طراحی و ساخت دینامومتر اتصال سه نقطه"، مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد 7، شماره 27
- [4] عباسپور، گ.ع.، فتح العیومی، ا.، نجفی، ب.، سلطانیپور، ع. ش. 1390، "استاندارد جدید اتصال سه نقطه عقب تراکتورهای چرخدار"، اولین همایش ملی راهبردهای دستیابی به کشاورزی پایدار.
- [5] Bentaher, H., Hamza, E., Kantchev, G., Maalej, A., Arnold, W. 2008, "Three-point hitch-mechanism instrumentation for tillage power optimization", Biosystems Engineering, 100, 24-30.
- [6] ندرلو، لیللا، علیمردانی، رضا، اکرم، اسداله، جوادی کیا، پیام. 1388، "تعیین ضرایب معادله مقاومت کشش ویژه گاوآهن های برگرداندار، بشقابی و قلمی"، مجله مهندسی بیوسیسستم ایران، ص 139-145.
- [7] Kofoed, S., Christiansen, A. 1973, An approach to a universal tractor hitch, J. agric. Engng Res, 18, 37-45
- [8] برادران مطیع، جلال، شاکری، محسن، خدابخشیان، رسول. "کاربرد مکترونیک در طراحی سیستم اتصال سه نقطه تراکتور"، اولین همایش ملی فن اوری های نوین در کشاورزی و منابع طبیعی، ص 2005-2011.
- [9] میرهای، سیداحمد، امید، محمود، جعفری، علی. "تحلیل خستگی در شاتون تراکتور یونیورسال مدل U650 به روش المان محدود با استفاده از نرم افزار ANSYS"، 1385، مجله یافته های نوین کشاورزی، سال اول، شماره 1