طراحی و ساخت کولتیواتور ردیفی چند منظوره با قابلیت تنظیم ارتفاع

ضرغام فاضل نیاری*[1]، جبرائیل تقی نژاد[2]

۱- عضو هئیت علمی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران

۲- محقق، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: zfameng@gmail.com

چکیده

یکی از روشهای مکانیکی مبارزه با علفهای هرز، استفاده ازکولتیواتورهای ردیفی است. همچنین می توان از آنها جهت کود دهی و یا خاک دهی پای بوته نیز استفاده کرد. کولتیواتورهای ردیفی موجود جهت استفاده با تراکتورهای معمولی ساخته شده‌اندکه دارای محدودیت ارتفاع بوده و زمانی که مجموع ارتفاع پشته و محصول به بیش از ۵۰ سانتیمتر می رسد قادر به کار مناسب نبوده و به محصول صدمه می زنند. این محدودیت، هزینه و صرف زمان بیشتری را به زارعین تحمیل کرده و هزینه تولید را افزایش می دهد. در این پروژه تحقیقاتی یک دستگاه کولتیواتور شاسی بلند طراحی و ساخته شد، بدین ترتیب که با استفاده از نرم افزار(SOLID WORKS 2015) تحلیل مکانیکی شده و پس از ساخت مورد ارزیابی مزرعه ای قرار گرفت. ساختمان دستگاه شامل اتصال سه نقطه، شاسی اصلی، بازوهای رابط با قابلیت تنظیم ارتفاع، بازوی اصلی، تیغه های خاک‌ورزو سیستم ایمنی فنری می باشد. دستگاه سه ردیفه سوار با عرض کار ۲۵/۲ متر بوده و شاسی آن قابلیت تغییر ارتفاع از ۶۰ تا ۱۱۰ سانتیمتر را دارد و امکان نصب کودکار و سم پاش نیز وجود دارد. تحلیل تنش استاتیکی در کامپیوتر نشان داد، حداکثر تنش و به تبع آن حد اکثر کرنش در محل اتصال بازوی اصلی به بازوی رابط و در قسمت اتصالات جوش کاری صفحات شامل محور لولایی در دو طرف بازوی رابط حادث شده و نشان دهنده نقاط بحرانی دستگاه بود. در عمق کار ۱۵ سانتیمتر و سرعت پیشروی ۱۱ کیلومتر بر ساعت به ۲۱ کیلووات توان کششی در مالبند تراکتور نیاز بود.

واژه های کلیدی: کولتیواتور ردیفی ، وجین ، شاسی بلند، داشت.

مقدمه

سطح زیر کشت محصولات ردیفی در ایران به سرعت در حال افزایش است، بطوری که در منطقه مغان، ذرت و سویا بعد از گندم از مهمترین محصولات می‌باشند. مبارزه با علفهای هرز، کود دهی و خاک دهی پای بوته در این گیاهان در ارتفاع محصول بیش از ۵۰ سانتیمتر نیز ادامه می یابد. کولتیواتور های موجود تک کاره می باشند و فقط جهت استفاده با تراکتورهای معمولی ساخته شده‌اند. همچنین بررسی منابع نشان می‌دهد، کنترل علف هرز جزو مهمترین بخش عملیات زراعی در کشورهای در حال توسعه است. در کشور هندوستان حدود ۳۰۰ تا ۱۲۰۰ نفر ساعت برای هر هکتار صرف وجین دستی می‌شود. در مکزیک حدود ۲۵٪ فعالیت کشاورزان خرده پا صرف مبارزه با علف هرز می‌شود. (Sims, 2000). مشکلات مذکور موجب گرایش بیشتر کشاورزان به استفاده از علف کشها می شود. افزایش مصرف علف کشها خطر بزرگی برای محیط زیست ایجاد می کند. همچنین امروزه با مطرح شدن کشاورزی ارگانیک و مزایای متعدد آن، لزوم توجه به روشهای کاهش مصرف علف کشها را نمایان می سازد. یکی از روشهای مناسب، استفاده از کولتیواتورهای ردیفی می‌باشد. با توجه به لزوم استفاده از تراکتورهای شاسی بلند و ادوات مخصوص آن، کارخانهٔ تراکتور سازی تبریز اقدام به تولید تراکتورهای مسی فرگوسن شاسی بلند نموده است. به دلیل ساختار متفاوت این تراکتورها ادوات قابل استفاده برای آنها نیز بایستی دارای شرایط ویژه‌ای باشند. این درحالی است که تحقیقات بسیار محدودی در ارتباط با این موضوع در ایران انجام شده است. در سال ۱۳۸۱ شمسی در دانشگاه ارومیهطی پروژه ای وجین کنی قابل اتصال به تراکتور شاسی بلند طراحی شد. به این منظور از واحدهای مستقل برای کنترل علفهای هرز در هر ردیف محصول استفاده شد و برای ایجاد ارتفاع لازم از صفحات رابط استفاده گردید(کماریزاده و همکاران،۱۳۸۱).مقایسه عملکرد کولتیواتورهای هلالی، غلتان و فاروئر با روش دستی در مزارع چغندر قند اختلاف معنی داری نداشت و بیانگر این حقیقت است که کولتیواتور می‌تواند به راحتی جایگزین وجین دستی شود(افضلی نیا و نیرومند، ۱۳۷۸). ارزیابی کولتیواتور دوار جهت مبارزه با علفهای هرز در مزارع چغندر قند بازده وجین کاری ۹۳٪–۸۷٪ را نشان داد(صفری،۱۳۸۱). تجزیه و تحلیل قراردو نوع بازوی کولتیواتور (فنری و ثابت) همراه با تیغه‌های پنجه غازی و قلمی توسط نرم افزار ANSYS نشان داد، تنشهای بوجود آمده در بازوهای ثابت بیشتر از بازوهای فنری بوده ولی تغییر شکل در بازوهای فنری بسیار بیشتر از بازوهای ثابت است(احمدی مقدم و کماریزاده، ۱۳۸۱). طی تحقیقی در مرکز تحقیقات کشاورزی همدان مشخص شد، دستگاه کمبینات عملیات داشت محصولات ردیفی قادر است سه عمل سمپاشی نواری، کودکاری نواری و عملیات مکانیکی داشت را همزمان و بطور مناسب انجام دهد(بختیاری و همکاران، ۱۳۸۵). نتایج مقایسه توانایی پنج نوع کولتیواتور جهت وجین مکانیکی علفهای هرز نشان داده است، روی هم رفته قابل اعتماد ترین مکانیزم برای وجین با سرعت بالا در محدوده گسترده‌ای از محصولات، نوع پنجه غازی تخت بوده است(Pullen and Cowell, 1997)

تحقیق انجام شده روی اثر سرعت پیشروی چهار نوع کولتیواتور برکنترل علف هرز در مزرعه ذرت و سویا، نشان داده است نوع پنجه غازی در کاهش تعداد علف‌های بهتر از بقیه است(Alexandrou and Coffing, 2001). عملکرد مناسب تیغه‌های پنجه غازی توسط دیگر محققین نیز گزارش شده است(Palberg *et al*,1998; Biswas, 2000).

هدف این پروژه طراحی و ساخت یک نمونه کولتیواتور ردیفی شاسی بلند با توجه به شرایط منطقه و تراکتورهای موجود بود. به طوری که با رعایت اصول طراحی، تولید و استفاده از آن اقتصادی و مقرون به صرفه باشد. همچنین قابلیت کار با تراکتورهای معمولی و شاسی بلند را دارا بوده و توانایی انجام عملیات کود دهی و خاک دهی پای بوته را داشته باشد.٪

مواد و روش ها

جهت طراحی چنین دستگاهی، ابتدا شمای کلی آن با الگو برداری از ادوات مشابه و با توجه به شرایط کاری و اهداف مورد نظر مشخص شد. هدف اولیه، استفاده دستگاه در محصولات ذرت، آفتابگردان، پنبه و سویا می‌باشد، فاصله ردیفها ۷۵ سانتیمتر بوده و به منظور کاهش هزینه‌ها دستگاه سه ردیفه در نظر گرفته شد. اجزاء تشکیل دهنده عبارتند از تیغه‌های وجین، بازو های اصلی، بازوهای رابط، سیستم ایمنی فنری، شاسی اصلی و اتصال سه نقطه. تیغه‌ها هدف اصلی از کاربرد دستگاه یعنی عمل وجین، سله شکنی و خاک دهی پای بوته را انجام می‌دهند و نیروهای اصلی مقاومت خاک از طریق تیغه ها به دستگاه اعمال می شود، لذا نیروهای وارده به تیغه ها مبنای طراحی و تحلیل مکانیکی دستگاه قرار گرفت. با توجه به شکل و ابعاد تیغه و نیروهای موثر روی آن، بازوی مناسب طراحی شد. به منظور تامین ارتفاع یک متری از صفحات رابط روی شاسی استفاده شد، هر صفحه رابط و گیره دارای غلافی سوراخ‌دار می‌باشد که ساقه‌ها توسط پیچ و مهره به آن بسته شده و قابلیت تنظیم ارتفاع را دارد. ابعاد اتصال سه نقطه مطابق با استاندارد ASAE و متناسب با تراکتورهای گروه دو در نظر گرفته شد که از طریق گیره‌هایی به میل افزار بسته می‌شود.(ASAE, S217.12 DEC01: 83,10) با در دست داشتن داده‌های طراحی، نقشه‌های فنی در نرم افزار سالیدورکس رسم شده و تحلیل تنش و کرنش انجام شد.

جهت طراحی و تحلیل ساقه ها و شاسی، مقدار نیروی کششی لازم برای دستگاه از طریق جداول موجود در استاندارد (ASAE D497.4 MAR99) محاسبه شد. کشش مورد نیاز وسیله در استاندارد مذکور، نیروی افقی لازم برای کشیدن وسیله تعریف شده است. رابطهٔ (۱) برای محاسبهٔ نیروی کششی ادوات خاک ورزی و کارنده ها ارائه شده است.(فاضل نیاری، ۱۳۸۲)

$$D = F_i[A + B(S) + C(S)^2]\,WT \qquad (۱)$$

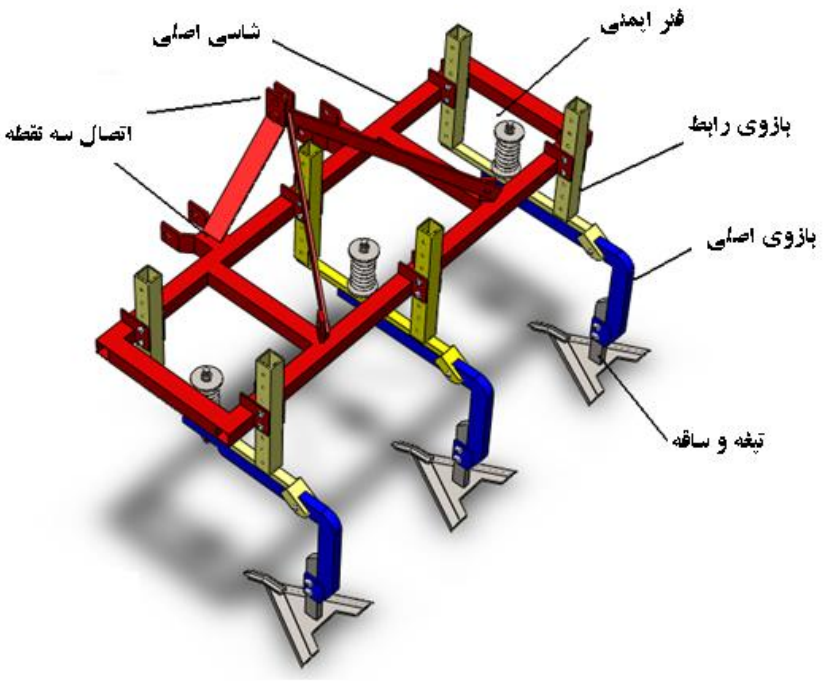
D = نیروی کششی لازم (N). F = پارامتر بدون بعد برای بافت خاک، از جدول پیوست (ب) به دست می آید.

A، B و C = مقادیر ویژه وسیله، از جدول مذکور به دست می آیند.. S = سرعت پیشروی (km/hr) .

W = عرض کار وسیله (m). T = عمق کار (cm) .

با استفاده از جدول، مقادیر F، A، B و C به دست آمد. با توجه به اینکه اجزای در تماس با خاک، حداکثر در عمق ۱۵ سانتی‌متری نسبت به ریشه‌کنی علف‌های هرز اقدام می‌کنند و با عنایت به اینکه بطورعمده کولتیواتورها به‌منظور وجین و خاک دهی پای بوته مورد استفاده قرار می‌گیرند، حداکثر نیروی کششی لازم برای هر شاخه ۱۵۵۰ نیوتن محاسبه شد. با اعمال ضریب ایمنی ۵/۱ و سرعت پیشروی ۱۱ کیلومتر بر ساعت توان کششی لازم در مالبند تراکتور حدود ۲۱ کیلووات بدست آمد.

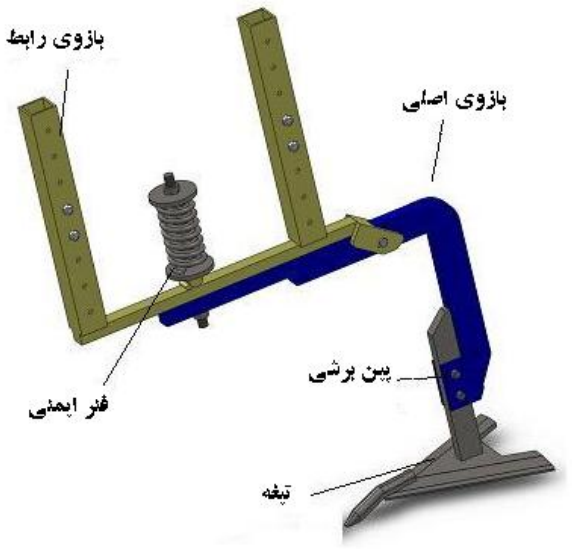
طرح شاسی و ساقه ها مطابق با تراکتورهای مسی فرگوسن۲۸۵ شاسی بلند در نظر گرفته شد. این تراکتورها دارای ارتفاع بیشتری نسبت به تراکتورهای معمولی می باشند. در شکل (۱) طرح کلی دستگاه آمده است. بعد از انجام تحلیل های مکانیکی، طرح شاسی و اجزاء اصلی به حالت بهینه در آمد. بدین طریق که با انتخاب طرحی از شاسی بطوری که حداقل فولاد را لازم داشته باشد، محاسبه حداکثر تنش در نقاط تمرکز تنش بطور مکرر انجام شد و در نهایت ساختاری که کمترین مصالح و بیشترین استحکام را داشته باشد تعیین شد.



شکل ۱- طرح کلی کولتیواتور ردیفی شاسی بلند

با توجه به اینکه قاب یا شاسی اصلی کولتیواتورها از یک طرف در برگیرنده اجزای کاری و از طرف دیگر ارتباط دهنده کولتیواتور با تراکتور می‌باشند، ابعاد و اندازه آن تحت تاثیر عرض کاری، ابعاد اتصال سه‌نقطه تراکتور و میزان نیروهایی می‌باشد که به آن وارد می‌گردد. با تجزیه و تحلیل استحکام مکانیکی قاب با در نظر گرفتن کل دستگاه و نیروهای وارده، ابعاد بهینه با محاسبات مکرر بدست آمد. با توجه به اینکه ارتفاع مالبند و اتصال سه نقطه تراکتور مورد نظر از سطح خاک به اندازه ۴۵ سانتیمتر بیشتر از

تراکتورهای معمولی است و ارتفاع اکسل جلوی تراکتور در مجموع ۱۰۵ سانتیمتر می باشد،بازوها به شکل خاصی با دو قسمت مجزا طراحی و ساخته شد. تیغه به بازوی اصلی متصل می شود و از قابلیت تعویض به همراه ساقه برخوردار است. بازوی اصلی بصورت لولا و به همراه فنر ایمنی به بازوی رابط متصل می شود. بازوی رابط از دو قسمت به شاسی اصلی بسته می شود. ساختار آن طوری است که تنظیم و تغییر ارتفاع دستگاه را امکان پذیر می سازد. اتصال بازو از دو قسمت به شاسی اصلی موجب افزایش تحمل گشتاور خمشی بازو و شاسی اصلی می شود، شکل(۲) مجموعه یک واحد تیغه و بازوها را نشان می دهد.



شکل۲ – مجموع یک واحد کار کولتیواتور ردیفی شاسی بلند

وجود فنر ایمنی در بازوهای کولتیواتور سه عملکرد عمده دارد که بکار گیری آنها را ضروری می نماید. فنر باعث جذب شوکهای نیرویی از طرف خاک شده و انرژی ذخیره شده را بصورت ارتعاشهای ملایم دفع می‌کند این کار باعث کاهش تنشها در اتصالات دستگاه و تراکتور شده و موجب کاهش استهلاک مجموعه تراکتور و دستگاه می شود. از طرفی با جابجایی نوک تیغه، امکان عبور از موانع کوچک موجود در داخل خاک شده و از صدمه دیدن تیغه جلوگیری می شود. همچنین ارتعاش تیغه موجب کاهش نیروی کششی می شود. با توجه به جایگاه مورد نظر جهت قرار گرفتن فنر ایمنی، فنر مارپیچ فشاری انتخاب گردید. به منظور استخراج مشخصات فنر ایمنی مورد نیاز در بازوهای اصلی، حداکثر جابجایی نوک تیغه در زمان جمع شدن فنر هنگام بیرون آمدن از خاک و حداکثر نیروی بحرانی وارده به نوک تیغه به عنوان پارامتر های اصلی مد نظر قرار گرفت.با در نظر گرفتن بزرگترین مقدار تنش

برشی مورد تحمل فنر و انتخاب قطر سیم فنر بر اساس مقادیر متناسب و موجود در بازار، قطر مناسب فنر محاسبه گردید. سپس با بدست آوردن ضریب فنر، تعداد حلقه های مورد نیاز فنر محاسبه شد (شیگلی، ۱۳۸۹).

برای طراحی، تجزیه و تحلیل تنش و کرنش کولتیواتور ردیفی شاسی بلند از نرم‌افزار SOLIDWORK SIMULATION استفاده گردید. در محیط طراحی ابتدا کلیه قسمت‌های کولتیواتور مذکور شبیه سازی شد و سپس به محیط تحلیل منتقل گردید. در این محیط ابتدا مشخصات مواد مورد استفاده کلیه قسمت‌های کولتیواتور مورد نظر این تحقیق، تمام خطوط، نقاط جوش، شرایط مرزی (از قبیل نقاط تکیه‌گاهی و نقاط اعمال نیروها و گشتاورها) و مقدار نیرو و گشتاورهای اعمالی تعریف شد. به دلیل استفاده از محاسبات نیروهای حداکثر اعمالی به دستگاه، ضریب ایمنی برابر ۵/۱ در نظر گرفته شد. برایتمام قسمت های اصلی، فولاد با تنش تسلیم ۲۷۵ مگا پاسکال و ضریب پواسون ۲۸/۰انتخاب شد. پس از مش بندی به روش اجزاء محدود و اعمال نیروها در حالت استاتیکی، تحلیل تنش، کرنش و جابجایی کلیه قسمتها با استفاده از قوانین تنش ون میسز انجام شد.

شاسی اصلی و بازوهای رابط از پروفیل با سطح مقطع مربعی، و بازوی اصلی از تسمه فولادی توپر مستطیلی ساخته شدند. برای تمامی قسمتهای دیگر ورق فولادی استفاده شد. شاسی اصلی، اتصال سه نقطه، بازو های رابط و بازوی اصلی بطور مجزا ساخته شدند. تیغه های خاک‌ورزو فنر ایمنی بصورت آماده از بازار تهیه شد. در شکل(۳) تصویر دستگاه ساخته شده در حالت سوار بر تراکتور مشاهده می شود.

شکل۳- کولتیواتور ردیفی سوار بر تراکتور شاسی بلند

پس از ساخت دستگاه با اتصال آن به تراکتور شاسی بلند مدل (MF_285) ابتدا در شرایط سخت خاک (خاک رس شخم نخورده با بقایای گندم) مزرعه تحقیقاتی واقع در پارس‌آباد مغان، استحکام مکانیکی آن در سرعت ۱۰ کیلومتر بر ساعت و عمق کار

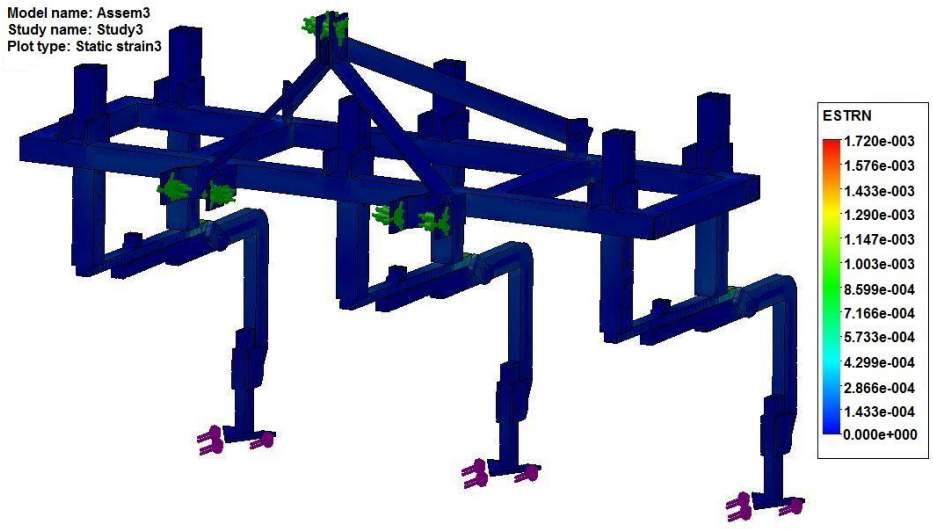
۱۵ سانتیمتر بررسی گردید. سپس در شرایط واقعی مزرعه ذرت عملکرد آن در سرعتهای مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت، شکل(۴).

مزرعه تحت آزمایش دارای خاکی با بافت رسی سنگین بود وجهت آماده سازی بستر بذر بعد از برداشت گندم از یک بار گاوآهن برگرداندار و دو بار دیسک استفاده شده بود. کاشت ذرت توسط ردیفکار بادی چهار ردیفه با فاصله ردیف ۷۵ سانتیمتر انجام شده بود. پهنا و ارتفاع پشته ها به ترتیب ۵/۳۷ و ۱۳ سانتیمتر بود. در زمان اجرای آزمایش ارتفاع محصول از روی پشته به طور میانگین ۹۰ سانتیمتر بود. قبل از کار در هر کرت نمونه‌های دست نخورده جهت تعیین درصد رطوبت وزنی خشک پایه وجرم مخصوص ظاهری خاک تهیه شد. که بطور میانگین رطوبت خاک در عمق صفر تا ۱۰ سانتیمتر ۷/۱۶ درصد و در عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتیمتر ۲/۲۴درصد بدست آمد و در عمق های مذکور میانگین جرم مخصوص ظاهری خاک به ترتیب ۱۵/۱و ۲۴/۱ گرم بر سانتیمتر مکعب بدست آمد.

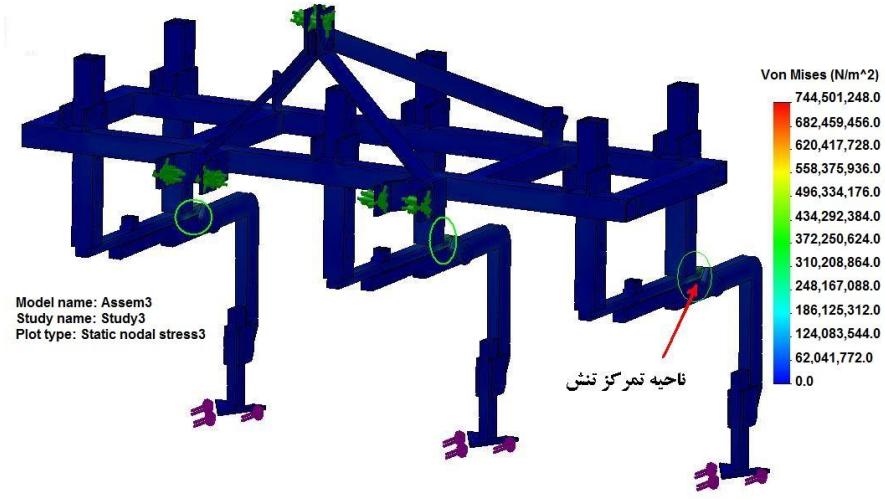
شکل٤ – دستگاه در حال کار در مزرعه ذرت

نتایج

با اعمال نیرو و گشتاور، حداکثر تنش در هیچ نقطه‌ای از قاب و یا سایر اجزای دیگر کولتیواتور به بالاتر از تنش تسلیم نرسید و تمام تغییر شکلها (کرنشها) در محدوده الاستیک بود. هیچ‌گونه تغییرشکل پلاستیکی در شاسی و نقاط تمرکز تنش مشاهده نشد. یعنی تنش در تمام المان‌های انتخاب شده کمتر از تنش تسلیم بود. شکل‌های ۵ و ۶ نتیجه تحلیل نیرویی کولتیواتور را از لحاظ اعمال نیرو، تحلیل تنش و کرنش نشان می‌دهد. نتایج حاکی از قابل قبول بودن ضرایب ایمنی طراحی در نقاط مختلف دستگاه بود.



شکل ۵ - تحلیل کرنش کولتیواتور طراحی شده



شکل ٦ - تحلیل تنش کولتیواتور طراحی شده

یکی از اهداف اصلی شبیه سازی و تحلیل مکانیکی در کامپیوتر مشخص نمودن نقاط بحرانی دستگاه از لحاظ تمرکز تنش می باشد. با توجه به شکل های ۵ و ۶ حداکثر تنش و به تبع آن حد اکثر کرنش در محل اتصال بازوی اصلی به بازوی رابط و در

قسمت اتصالات جوش کاری صفحات شامل محور لولایی در دو طرف بازوی رابط حادث شده و نشان دهنده نقاط بحرانی دستگاه است. لذا در زمان ساخت دستگاه اتصالات مذکور توجه بیشتری را می طلبد و بایستی با استحکام جوشکاری بالاتری ساخته شود. البته در تحلیل حاضر حداکثر تنش در نقاط تمرکز تنش و بحرانی به ۲۰۵ مگاپاسکال رسید که کمتر از تنش تسلیم فولاد صنعتی انتخابی می باشد و دستگاه با استفاده از فولاد ساختمانی (st37) موجود در بازار نیز قابل ساخت و تولید است ولی به دلیل استحکام بالای فولادهای صنعتی (st52 , st44) استفاده از آنها جهت طول عمر مفید بیشتر دستگاه توصیه می شود.

ارزیابی استحکام مکانیکی دستگاه در خاک رسی خشک نشان داد دستگاه ساخته شده استحکام کافی جهت کار در شرایط مختلف مزرعه ای را دارد. بطوری که در اثر حرکت در عمق ۱۵ سانتیمتری با سرعت ۱۰ کیلومتر بر ساعت به مدت ۳۰ دقیقه، هیچ گونه تغییر شکل یا گسیختگی در اجزاء ساختمانی دستگاه مشاهده نشد. همچنین بکارگیری دستگاه در شرایط کار واقعی در مزرعه ذرت با ارتفاع محصول ۹۰ سانتیمتر عملکرد مناسبی را نشان داد بطوری که نفوذ و حرکت تیغه ها در خاک به راحتی انجام شده و در سرعت های مختلف بدون صدمه به گیاه اصلی عملیات وجین و خاکدهی پای بوته را انجام داد. در جدول (۱) نتایج عملکرد دستگاه آمده است.

جدول ۱- سرعتهای مختلف تراکتور MF285 دنده سنگین(دور مشخصه موتور تراکتور ۲۰۰۰ rpm)

فاکتورهای مختلف	دنده ۱	دنده ۲	دنده ۳	دنده ۴	دنده ۱ سبک
سرعت (Km/hr)	۳/۲	۶/۳	۶/۴	۶/۶	۲/۱۰
عمق کار(cm)	۶/۸	۶/۸	۴/۸	۴/۷	۴/۷
ظرفیت مزرعه ای نظری (ha/hr) پنج ردیفه	۹/۰	۳۵/۱	۷/۱	۴/۲	۸/۳
عرض تاثیر هر تیغه(cm)	۳۶	۳۶	۳۸	۳۹	۴۰

با افزایش سرعت پیشروی، تمایل به کاهش ناچیز عمق دارد و نشانگر آن است که دستگاه ساخته شده بخوبی قادر به حفظ عمق کار در سرعتهای بالا می باشد و می تواند با سرعت ۱۰/۲کیلومتر بر ساعت کار کند. سیستم فرمان تراکتور و مهارت راننده تعیین کننده سرعت پیشروی در کولتیواتور زنی می باشد.

نتیجه گیری

براساس نتایج بدست آمده کولتیواتور شاسی بلند ساخته شده کارکرد مناسبی داشته و می تواند در محصولات ردیفی نظیر ذرت، سویا، پنبه و آفتابگردان مورد استفاده قرار گیرد. همچنین این دستگاه می تواند به واحد کودکار و یا سمپاش ردیفی مجهز شود و با یک حرکت و ظرفیت مزرعه ای بالا عملیات کود دهی، سمپاشی و وجین را انجام دهد.تفاوت اصلی دستگاه ساخته شده در این

تحقیق در مقایسه با کولتیواتور شاسی بلند طراحی شده توسط دیگر محققین، تک شاخه بودن ابزارهای خاک‌ورز هر ردیف و پهنای کمتر بازوهای رابط و اصلی است و به شاخ و برگ محصول اصلی صدمه نمی زند. همچنین در مقایسه با ادوات بومی ساخته شده، شاسی این دستگاه دارای پهنای طولی بیشتر و استحکام بالاتری است.

به دلیل تمرکز تنش در محل اتصال لولایی بازوی اصلی به بازوی رابط، جهت افـزایش اسـتحکام و طـول عمـر دسـتگاه بایسـتی صفحات جانبی با ضخامت و طول اتصال بیشتری در محل جوشکاری به بازوهای رابط ساخته شود و نیز ساخت بازوی اصلی بهتـر است با برش مستقیم ورق فولادی توسط دستگاه برش پلاسما یا لیزری انجام شود تا نیازی به جوشـکاری نباشـد. بهتـر اسـت در انتهای میله فنر ایمنی در محل اتصال به باوزی اصلی از واشر نیم استوانه استفاده شود تا امکان حرکت لولایی محدود مورد نیـاز را فراهم کرده و طول عمر اتصالات فنر و بازو را افزایش دهد. با توجه به توان کششی تراکتـور هـای شاسـی بلنـد موجـود پیشـنهاد می‌شود در تولید انبوه، دستگاه بصورت ۵ ردیفه با عرض کار(۳۷۵ سانتیمتر) ساخته شود تا ظرفیت مزرعه‌ای مناسب تامین گردد.

منابع

احمدی مقدم، پ. و م. کماریزاده.۱۳۸۱. بررسی مقاومت بازوهای کولتیواتور بـا اسـتفاده از ANSYS. خلاصـه مقـالات دومـین کنگره ملی مهندسی ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون:۱۱۷-۱۱۸.

افضلی نیا، ص. و م. نیرومند جهرمی. ۱۳۷۸ . مقایسه عملکرد انواع کولتیواتور در مزارع چغندر قند. گزارش پژوهشی نهـایی طـرح، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی: ۲۰.

بختیاری، م.۱۳۸۵. طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه کمبینات عملیات داشت زراعت‌های مکانیزه. گزارش پژوهشـی نهـایی طـرح، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی: ۴ ، ۲۷ و۳۶.

صفری، م. ۱۳۸۱. طراحی، ساخت و ارزیابی کولتیواتور دوار. گزارش پژوهشی نهـایی طـرح، موسسـه تحقیقـات فنـی و مهندسـی کشاورزی: ۱۵ و ۱۶.

فاضل نیاری، ض.۱۳۸۲. طراحی تکمیلی و ساخت دینامومتر اتصال سه نقطه. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

کماریزاده،م. احمدی مقدم،پ. و ا.مدرس مطلق. ۱۳۸۱. طراحی اجزاء مختلف وجـین کـن مخصـوص تراکتورهـای شاسـی بلنـد و تحلیل آن با استفاده از روش المانهای محدود. خلاصه مقالات دومین کنگره ملی مهندسی ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون.

شیگلی .۱۳۸۹. طراحی اجزاء ماشین. ترجمه موتابی، هدایت . انتشارات فروزش، تبریز.۲۶-۳۱.

Alexandrou, A. and G. Coffing. 2001. An assessment of the performance of mechanical weeding control mechanisms used in north central Ohio for maize and soybean crops.ASAE Annual Meeting. Paper number 011034: 1.

ASAE, STANDARDS.1998. 45th . Three-Point Free-Link Attachment for Hitching Implements to Agricultural Wheel Tractors. S217.12 DEC01: 83,107.

ASAE, STANDARDS.1998. 45th. Agricultural Machinery Management Data. D497.4 JAN98: 361,362.

Biswas, H. S. 2000. Animal-drawn weeders for weed control in India.Technical Bulletin CIAE/78/3. Central Institute of Agricultural Engineering (CIAE), Bhopal, India.: 138,139.

Palberg, K. R. , H. M. Hanna , D. C. Erbach and R. G. Hartzler. 1998. Cultivator design for interred weed control in no-till corn. Applied Engineering in Agriculture. Vol. 14(4): 353-361.

Pullen, D. W. M. and P.A. Cowell. 1997. An evaluation of the performance of mechanical weeding mechanism for use in high speed inter-row weeding of arable crops. J. Agri. Engng. Rer.Vol. 67. Issu1: 1.

Sims, B. G. 2000. Elements of design and evaluation of animal-drawn weeders. Silsoe Research institute, Animal Power for Weed Control. ATNESA publications: 94.