مدل سازی و تحلیل مکانیکی اجزا کولتیواتور مخصوص تراکتور دوچرخ با استفاده از روش اجزا محدود و نرم افزار solid works simulation

محمد کمالی[1*]، مجید رشیدی[2]، داود محمدزمانی[2]

تاریخ دریافت:
تاریخ پذیرش:

چکیده

در کشاورزی مکانیزه انواع مختلفی از کولتیواتورها جهت وجین و مبارزه با علفـهای هرز طراحی شده است که دراین تحقیق حاضر یک نمونه وجینکن مخصوص، به منظور استفاده در باغستان‌های متراکم و کوچک طراحی و مورد ارزیابی قرار گرفت. قسمت‌های مختلف کولتیواتور شامل بازوها، شاسی و تیغه‌ها در نرم افزار (solid works) مدلسازی و سپس با استفاده از نرم افزار اجزامحدود (solid works simulation) مورد تحلیل استاتیکی و دینامیکی قرار گرفت که بیشترین میزان تنش به وجود آمده در کل مجموعه در قسمت اتصال بازوها به شاسی به مقدار 2876 psi مگاپاسکال مشاهده گردید. کمترین ضریب اطمینان به دست آمده برای مجموعه کولتیواتور به میزان 3.77 مشاهده گردید که این میزان ضریب اطمینان از دیدگاه طراحی منطقی به نظر می رسد و نشان می دهد که مجموعه طراحی شده می تواند در برابر بارهای اعمالی مقاوم باشد.

کلمات کلیدی: کولتیواتور، علف هرز، اجزاء محدود، تحلیل استاتیک، تحلیل دینامیک

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه تاکستان، قزوین، ایران
[2] استادیار، گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه تاکستان، قزوین، ایران
(*نویسنده مسئول: m.kamali1371@yahoo.com)

مقدمه

واژه (cultivator) که در فارسی وجینـکن نامیده می‌شود، به وسیله ای گفته می‌شود که برای عملیلت وجین و سله شکنی در زراعت ردیفی گیاهان به کار برده می‌شود. کولتیواتورها ردیفی زمان جوانه زنی گیاهان تا زمانی که ارتفاع آنـها به حدی می‌رسد که نمی توانند از زیر محور چرخ‌های تراکتور و شاسی کولتیواتور به راحتی عبور کنند، عملیات وجین و سله شکنی را انجام می‌دهند. در حالی که ممکن است از مواد شیمیایی به تنهایی برای دفع علفـهای هرز استفاده شود، ولی در زمان حاضر به دلیل مسائل زیست محیطی، مقاوم شدن گونه‌های علف هرز به سموم مورد استفاده و کاهش کیفیت محصول، به کولتیواتور نیاز است[۱]. گرچه هدف اصلی از کاربرد کولتیواتور وجین و سله شکنی است ولی از آن در خاکـورزی ثانویه نیز استفاده می‌شود. در تحقیقی کولتیواتوری برای محصولات ردیفی طراحی شد که قابل اتصال به تراکتور شاسی بلند بود قسمت‌های اصلی کولتیواتور توسط نرم افزار (Ansys) شبیه‌سازی و تحلیل خطی به روش اجزاء محدود برای آن انجام شد. نتایج حاصل از این تحلیل که به صورت استاتیکی انجام گرفته بود، نشان داد که در طی سختـترین شرایط کاری، بیشینه مقدار تنش در بازوها و شاسی به ترتیب ۲۲۲ مگاپاسکال و ۲۱۰ مگاپاسکال بود[۲].

در مطالعه دیگر دو نوع بازوی کولتیواتور (فنری و ثابت) همراه با تیغه‌های پنجه غازی و قلمی را توسط نرم افزار (Ansys) مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند، نتایج نشان داد تنش‌های به وجود آمده در بازوهای ثابت بیشتر از بازوهای فنری بوده ولی تغییر شکل در بازوهای فنری بسیار بیشتر از بازوهای ثابت است[۳].

در تحقیق دیگر به تحلیل مکانیکی و دینامیکی بازوی کولتیواتور با استفاده از روش اجزاء محدود پرداخت نتایج افزایش نیرو همزمان با افزایش سرعت بود[۴].

در مطالعه دیگر کولتیواتورها با تیغه پنجه‌غازی در شکل و ضخامت‌های متفاوت را مورد ارزیابی قرار دادند، آنها حسگرهایی را در قسمت‌های مختلف پنجه‌غازی نصب کردند تا مقدار تغییر شکل و نیروی کشش را به دست آورند. نتایج نشان داد که افزایش سرعت، عمق کار و ضخامت تیغه‌ها باعث افزایش نیروی کششی می‌گردد[۵].

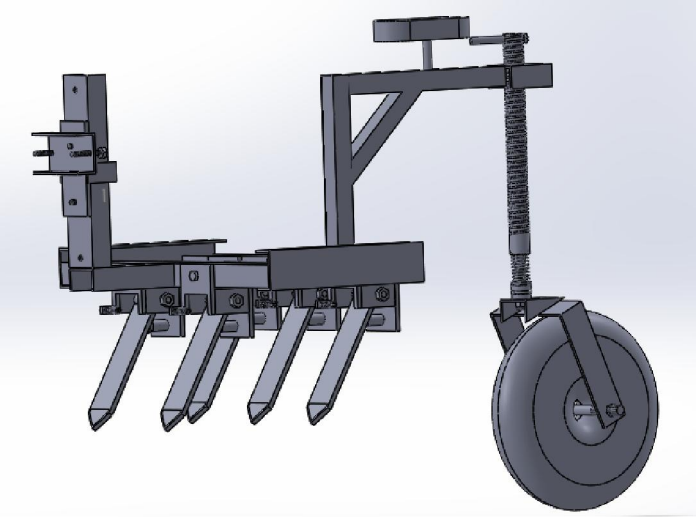
در مطالعه دیگر شکل مناسب تیغه کولتیواتور را به منظور استفاده در وجین‌کن های دامی بدست آوردند چهار نوع تیغه شامل لبه مستقیم مثلثی، منحنی شکل و پنجه‌غازی تخت را از نظر نیروی کشش لازم مورد ارزیابی قرار دادند و اعلام نمودند نوع پنجه‌غازی تخت حداقل نیروی کشش را نیاز داشته و عمل نفوذ و برش علف‌های هرز را بهتر انجام می‌دهند[۶].

مواد و روش‌ها

طراحی دستگاه با الگوبرداری از کولتیواتورهای مخصوص مورد استفاده در منطقه صورت گرفت که به وسیله نرم افزار (solidworks) مدلسازی و قسمت بازو و شاسی این دستگاه به روش اجزاء محدود و با استفاده از نرم افزار (solid works simulation) تحلیل شد. این کولتیواتور به منظور استفاده در تراکتورهای دوچرخ موجود در منطقه الموت قزوین و برای استفاده در باغستان‌های کوچک و متراکم طراحی گردید.

مدل سازی دستگاه کولتیواتور

مدل سه بعدی کولتیواتور (شکل۱) توسط نرم افزار (solid works) طراحی و مدل سازی گردید. مشخصات فنی آن در (جدول ۱)آمده است.



شکل۱– مدل کولتیواتور

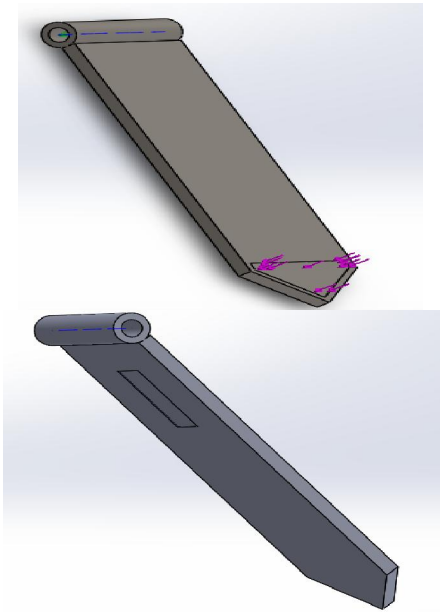
جدول ۱– مشخصات فنی کولتیواتور

پارامترها	مقادیر
عرض کار	۴۶ سانتیمتر
عرض دستگاه	۶۱ سانتیمتر
تعداد بازوها	۵
فاصله بین سوک ها	۱۵سانتیمتر
حداکثر عمق کار	۱۰سانتیمتر
وزن کل	۷۰ کیلوگرم

جدول ۲- خصوصیات مکانیکی تیغه، بازو و شاسی

خصوصیات	تیغه و بازو	شاسی
جنس	فولاد فنر	آهن
مدول یانگ	210000 N/mm^2	120000 N/mm^2
تنش تسلیم	79000 N/mm^2	77000 N/mm^2
چگالی	7100 Kg/m^2	7800 Kg/m^2

شکل۲ نمای ترسیم شده بازوی کولتیواتور را نشان می‌دهد نظر به فرو رفتن بازو داخل خاک، حداقل ضخامت برای آن باید در نظر گرفته شود.



شکل۲- نمای سه بعدی ترسیم شده برای بازوی کولتیواتور

برای طراحی بازو کولتیواتور، نیروی مقاومت خاک وارد بر تیغه کولتیواتور را به صورت زیر می‌توان در نظر گرفت[۶].

$$K_x = a \times b \times p_k \quad (۱)$$

که در آن k_x نیروی مقاومت خاک در برابر تیغه (N)، a عمق کار (سانتی متر)، b عرض کار (سانتی متر) و p_k مقاومت ویژه خاک (نیوتن در سانتی متر مربع) می‌باشد. با در نظر گرفتن شرایط کاری کولتیواتور در عمق ۷ سانتی متر ، عرض کار ۴۶

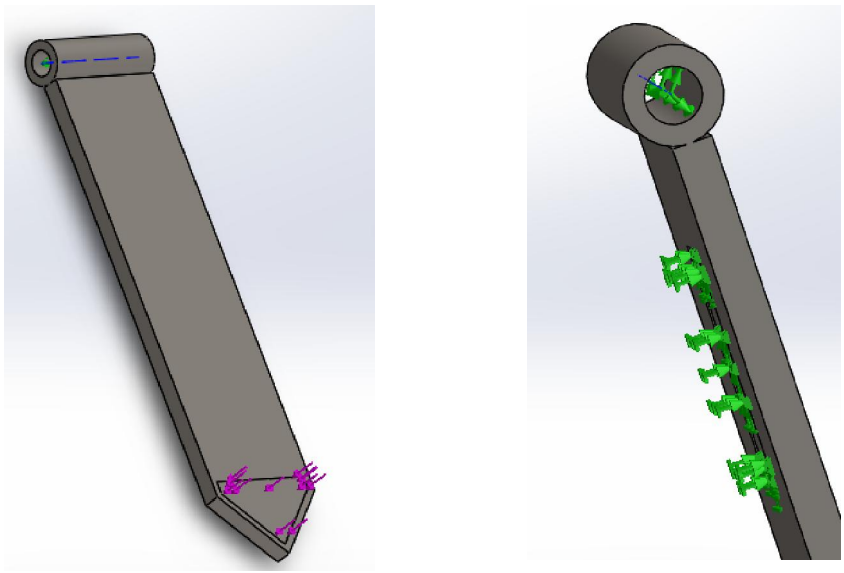
سانتی متر و مقاومت ویژه خاک رسی ، نیروی مقاومت خاک وارد بر تیغه کولتیواتور به دست آمد.

المان بندی و اعمال نیروها

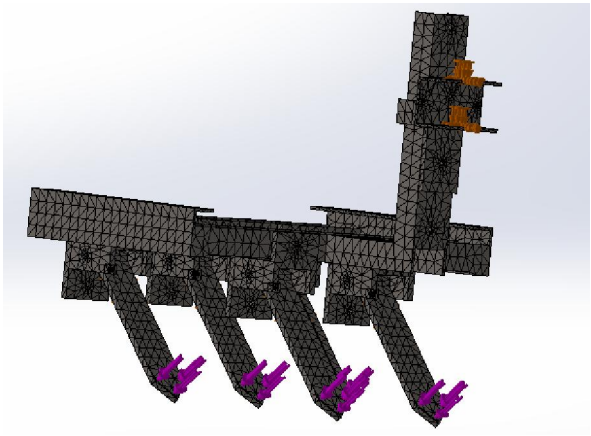
برای تحلیل تنش کولتیواتور مدل شده، از نرم افزار مبتنی بر روش اجزاء محدود (solid works simulation) استفاده گردید. ابتدا یکی از تیغه‌ها استفاده شده و مورد تحلیل تنش قرار گرفت.

در شکل۳ بازوی کولتیواتور، قیدهای تکیه گاهی و همچنین نیروهای وارد بر بازو و تیغه کولتیواتور نشان داده شده است.

همان طور که در شکل ۳ مشخص شد یک نیرو به تیغه وارد شد و دو نیروی تکیه گاهی به صورت لولای و یکی دیگر به صورت تکیه گاهی ثابت ایجاد شده است. در شکل ۴ کل سیستم مورد مش‌بندی قرار گرفت.



شکل ۳- اعمال نیروهای وارد بر تیغه و بازو



شکل ۴- المان بندی مجموعه کولتیواتور

تعیین ضرایب اطمینان

برای محاسبه ضریب اطمینان نیز از تئوری بیشینه مقدار فان میسز استفاده شد. طبق این تئوری بیشینه مقدار تنش وارد بر ماده را می توان از رابطه ۲ به دست آورد:

(۲)

$$\sigma max = [\frac{(\sigma 1 - \sigma 2)2}{}$$

که در آن $\sigma 1$ و $\sigma 2$ و $\sigma 3$ تنش های اصلی وارد بر ماده در سه راستای محورهای مختصات و σmax بیشینه مقدار تنش می باشد. به منظور اطمینان از کارکرد مواد مکانیکی و جلوگیری از شکست ماده، تنش های وارد بر ماده باید از مقدار تنش تسلیم آن ماده کمتر باشد که براساس این اصل می توان ضریب اطمینان ماده را طبق رابطه ۳ به دست آورد:

(۳)

$$\mathrm{F.S} = \frac{\sigma y}{\sigma \max}$$

که σy تنش تسلیم و σmax بیشینه مقدار تنش می باشند.

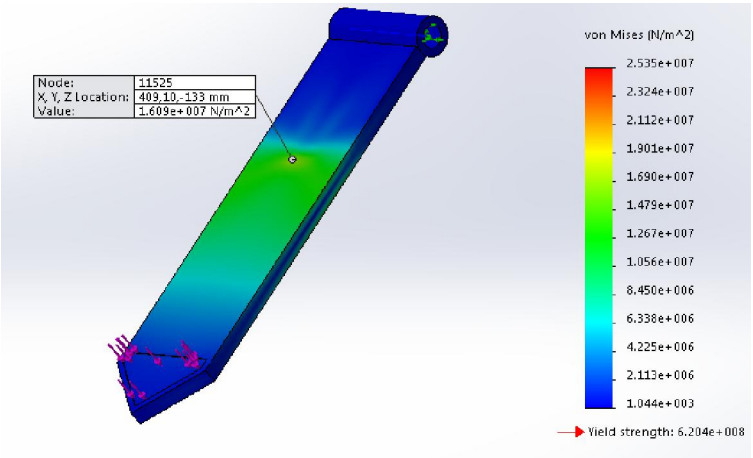
جدول ۳- اطلاعات مربوط به المان بندی کولتیواتور

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Standard mesh
Automatic Transition:	Off
Include Mesh Auto Loops:	Off
Jacobian points	4 Points
Element Size	14.2478 mm
Tolerance	0.712392 mm
Mesh Quality	High
Total Nodes	61009
Total Elements	29481
Maximum Aspect Ratio	16.867
% of elements with Aspect Ratio < 3	66.1
% of elements with Aspect Ratio > 10	0.36
% of distorted elements(Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh;mm;ss):	00:00:24

نتایج و بحث

تحلیل تنش بر اساس تئوری فان– میسز

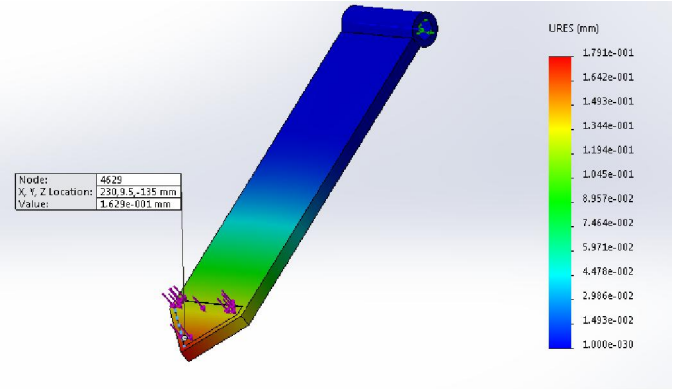
براساس رابطه ۱ مقدار نیروی وارد بر هر تیغه 60/33 N نیوتن محاسبه گردید و برای تحلیل تنش در نرم افزار، این مقدار نیرو مورد استفاده قرار گرفت. بیشترین مقدار تنش به وجود آمده در تیغه همچنان که در شکل۵ نیز مشاهده می گردد در محل تکیه گاهی اتصال بازو به شاسی و به مقدار 2473 psi مگاپاسکال مشاهده گردید.



شکل ۵- تحلیل تنش تیغه

تحلیل تغییر شکل در تیغه

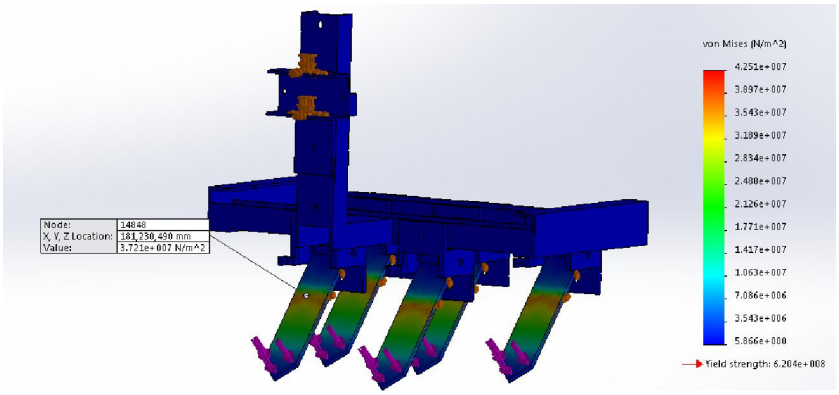
در این تحلیل بعد از اعمال نیرو به بازو دچار تغییر شکل شده که همان طور که در شکل ۶ مشخص است میزان آن در نقطه ابتدای بازو و نوک آن در نقطه ابتدای بازو و نوک آن بیشترین مقدار خود بوده که به میزان 0/25 mm میلی متر بوده است.



شکل ۶- تحلیل تغییر شکل تیغه

نتایج حاصل از تحلیل تنش کل مجموعه

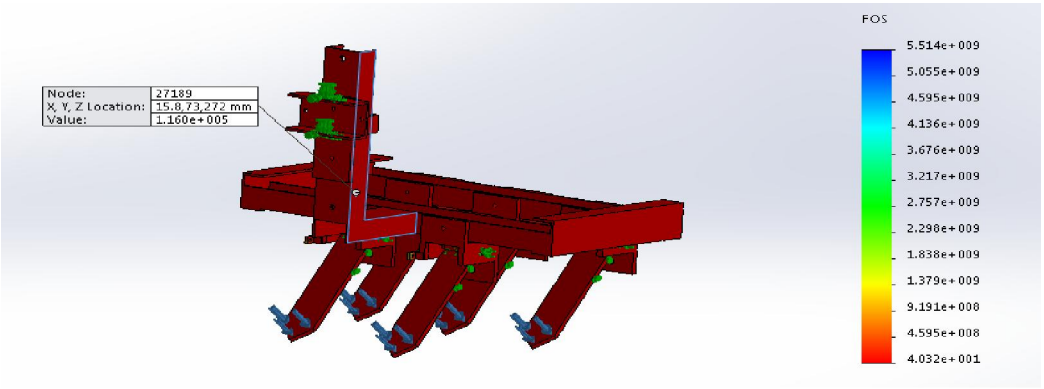
بیشترین مقدار تنش به وجود آمده در کل مجموعه در قسمت بالایی بازو یعنی محلی که بازو به شاسی متصل شده است به دلیل اعمال دو نیرو یکی نیروی کشش تراکتور که هم راستا با جهت حرکت و دیگری نیروی مقاومت خاک در مقابل تیغه که مخالف جهت حرکت است مشاهده گردید، که درشکل ۷ تحلیل تنش کل مجموعه نشان داده شده است. بیشترین مقدار تنش به وجود آمده به میزان 2868 Psi بوده است.



شکل۷- تحلیل تنش کل مجموعه

ضریب اطمینان

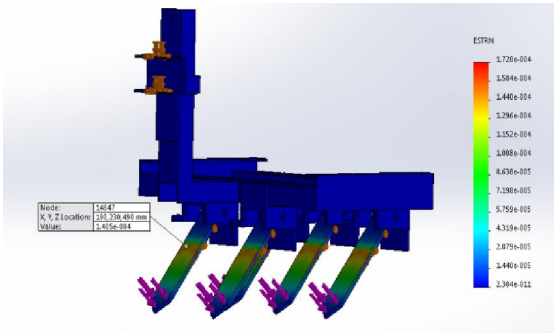
شکل ۸ ضریب اطمینان کل مجموعه را تحت تاثیر نیروهای وارده نشان می دهد. کمترین ضریب اطمینان به مقدار 3/77 و در محل تکیه گاهی بازو به شاسی است.



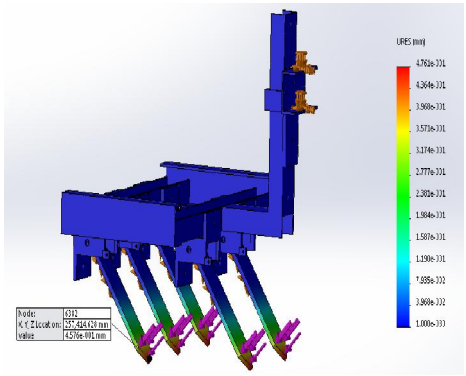
شکل۸- ضریب اطمینان کل مجموعه

تحلیل کرنش و تغییر طول

تحلیل تغییر طول و کرنش کل مجموعه صورت گرفت که در شکل ۹ نتایج تحلیل کرنش و در شکل ۱۰ تغییر طول را نشان می دهد که در تغییر طول بیشترین میزان اندازه تغییر طول در قسمت نوک بازوها به میزان 24 mm و در کرنش بیشترین مقدار در قسمت تکیه گاهی بازو و به میزان8/036 e- Psi 005 بود.



شکل۹- تحلیل کرنش کل مجموعه



شکل۱۰- تحلیل تغییر طول کل مجموعه

نتیجه‌گیری

با توجه به ضریب اطمینان به دست آمده برای کل مجموعه 3/77 که ضریب اطمینان قابل قبول و منطقی می‌باشد می‌توان نتیجه گرفت مجموعه طراحی شده می‌تواند نتیجه گرفت مجموعه طراحی شده می‌تواند در برابر بارهای اعمالی مقاوم باشد. همچنین با در نظر گرفتن ضریب اطمینان ۲ که در طراحی و محاسبه نیروی وارد بر بازوها لحاظ

گردیده بود می‌توان چنین نتیجه گرفت که کل مجموعه می‌تواند حتی در برابر بارهای دینامیکی نیز مقاوم باشد.

بیشترین مقدار تنش به وجود آمده در کل مجموعه در قسمت بالایی بازو یعنی در محل اتصال بازو به شاسی مشاهده گردید. بیشترین مقدار تنش به وجود آمده 2867 Pai به دست آمد.

مراجع

۱. احمدی مقدم، پ. و م. کماریزاده.۱۳۸۱. بررسی مقاومت بازوهای کولتیواتور با استفاده از ANSYS. خلاصه مقالات دومین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیوم. تهران، ایران : ۱۱۸-۱۱۷

۲. لطفی، ا.ل، قلی نژاد ب.م و محمدی ب.د.(۱۳۹۲)، "مدل سازی و تحلیل مکانیکی اجزا کولتیواتور شاسی بلند با استفاده از روش اجزاء محدود و نرم افزار COSMOS WORKS،" مجله مهندسی زیست‌سامانه، دانشگاه آزاد اسلامی تاکستان، قزوین، ایران جلد۲ (۶۲-۶۹)

Modeling and analysis of mechanical components for tractors, two-wheel cultivator using the finite element method and software solid works simulation

Mohammad Kamali[*1], Majid Rashidi[2] and Davood M.Zamani[2]

Received:
Accept:

Abstract

Agricultural mechanization in various types of cultivator for weeding and weed control is designed for this study a sample Vjynkn, designed for use in small and dense orchards were evaluated. Cultivator parts, including arms, chassis and blades in the application (solid works) modeling and Then, using the finite element software (solidworks simulation) static and dynamic analysis, there was the maximum stress In general, the amount set in the play connectivity to the chassis 2876 Psi, respectively. The confidence gained for a cultivator was observed that the 3/77 This confidence seems logical from a design perspective and shows that the collection is designed to be resistant against loads.

Key Word: Cultivator, Grass Weed, Components Limited, Static analysis, Dynamic analysis

[1] Graduate student, Department of Mechanical Engineering of Agricultural Machinery, University of vineyards, Qazvin, Iran
[2] Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering of Agricultural Machinery, University of vineyards, Qazvin, Iran
*corresponding author: m.kamali1371@yahoo.com