

بررسی استحکام مکانیکی ساقه و شناسی گاوآهن برگرداندار دو طرفه مستطیلی به روش شبیه سازی اجزاء محدود (۵۰۷)

محمودرضا کرمی^۱، سید رضا حسن بیگی^۲، علی جعفری^۳، محمد حسن کیانمهر^۴

چکیده

از آنجا که بیشترین مصرف انرژی در بخش کشاورزی مربوط به خاک ورزی اولیه است که اکثراً با گاوآهن های برگرداندار انجام می شود و این گاوآهن ها باعث برهم خوردن تسطیح زمین، زمان زیاد برای اجرای عملیات شخم و فشردگی خاک مزرعه می شوند. با تغییراتی در طراحی شناسی و خیش گاوآهن های برگرداندار معمول، می توان با استفاده از یک سری خیش که روی تیرکی نصب شده اند و گردش این تیرک در صفحه ای افقی به سمت چپ و راست، عمل برگردان کردن خاک را در دو جهت (راست و چپ) انجام داد. این گاوآهن ها به گاوآهن های دوطرفه ای مستطیلی یا استوانه ای معروف شده اند. از جمله قسمت های این گاوآهن که از لحاظ نیرویی در حالت بحرانی قرار دارد ساقه و شناسی این گاوآهن ها می باشند و در این پژوهش، با استفاده از روش اجزاء محدود به تحلیل آن پرداخته شده است. مؤلفه های بار و گشتاور وارد بر گاوآهن از نتایج آزمون های ارائه شده توسط برناکی و همکاران بر گرفته شده است و تحلیل هر قسمت با رعایت شرایط مرزی حاکم به صورت جداگانه صورت پذیرفته است. نتایج تحلیل حاکی از آن است که بیشترین تنش ها به طول بار اصلی که محل نصب ساقه ها می باشد وارد می شود. ضریب اطمینان به دست آمده بالاتر از ۲ می باشد که با توجه به شرایط کاری سخت وسایل خاک ورزی، مخصوصاً گاوآهن ها ضریب اطمینان قابل قبولی نیست و پیشنهاد می شود که این قسمت از شناسی در محل اتصال پین وسط آن به قسمت ۷ شکل جلویی و نیز محل تکیه گاه جلویی آن مسلح شود. در ساقه نیز شاهد محدوده تنش های آبی رنگ هستیم که نشان دهنده ضریب اطمینان بالای این قطعه در برابر نیروهای وارد بر آن است.

کلیدواژه: گاوآهن برگرداندار، روش اجزاء محدود، شناسی، ساقه ای گاوآهن

۱- دانشجوی کاشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان، پست الکترونیکی: mrkarami@ut.ac.ir

۲- استادیار گروه مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان

۳- استادیار گروه مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه تهران، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی

۴- استادیار گروه مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان

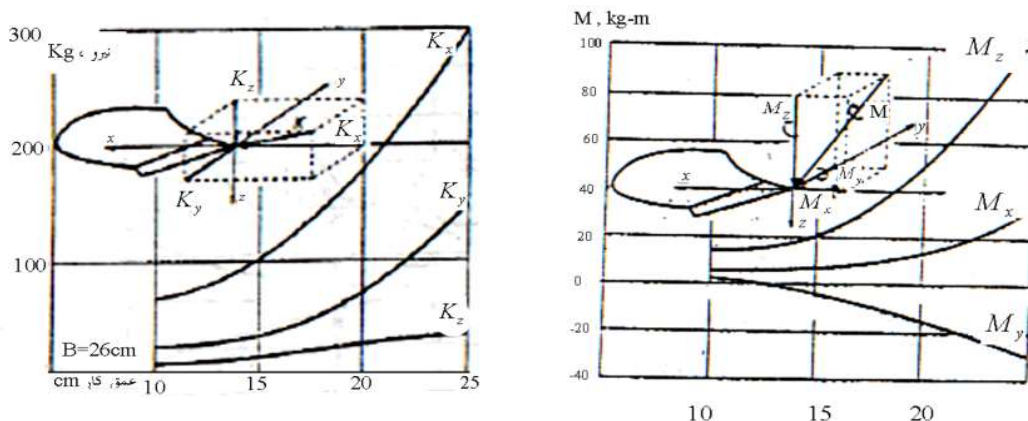
مقدمه

مروری بر پژوهش‌های انجام شده پیرامون مکانیک گاواهن‌های برگردان‌دار نشان می‌دهد که طبیعت پیچیده‌ی این سازه‌ی مکانیکی دربرگیرنده‌ی زمینه‌های مختلفی از پژوهش‌ها می‌باشد. تحقیقاتی که برای بررسی میزان نیروهای وارده بر قسمت‌های مختلف خیش به منظور طراحی‌های بهینه و مطابق با شرایط خاک‌های مختلف انجام شده است.

هدف اصلی و مهم بیشتر تحقیقات مهندسی، یافتن راهی برای کم کردن میزان انرژی لازم برای عمل خاکورزی و فشردگی کمتر خاک می‌باشد، که در اثر عبور و مرور وسایل کشاورزی صورت می‌گیرد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که بیشترین مصرف انرژی در بخش کشاورزی مربوط به خاکورزی اولیه است که اکثراً با گاواهن‌های برگردان‌دار انجام می‌شود. اما این گاواهن‌ها باعث برهم خوردن تسطیح زمین، زمان زیاد برای اجرای عملیات شخم و فشردگی خاک مزرعه می‌شوند. برای غلبه بر مشکلات فوق گاواهن‌های برگردان‌دار دوطرفه ابداع شده‌اند. با توجه به اینکه در طراحی و ساخت گاواهن‌های برگردان‌دار دو طرفه معمول نیاز به دو سری خیش برای برگردان خاک به چپ و راست می‌باشد؛ لذا مواد اولیه مورد استفاده در این نوع گاواهن‌ها، بیشتر از گاواهن‌های یک طرفه است که کاهش بازارپسندی را در نتیجه افزایش قیمت و نیز اندازه‌ی این نوع گاواهن‌ها سبب شده است.

با تغییراتی در طراحی شاسی و خیش گاواهن‌های برگردان‌دار معمول می‌توان با استفاده از یک سری خیش که روی تیرکی نصب شده‌اند و گردش این تیرک در صفحه افقی به سمت چپ و راست، عمل برگردان کردن خاک را انجام داد. گاواهن‌های دوطرفه‌ی مستطیلی ساخته شده‌ی خارجی ۴ خیش و بزرگ هستند که با توجه به محدودیت توان تراکتورهای موجود در کشور نمی‌توان از آن‌ها استفاده نمود. برای برطرف نمودن مشکل فوق، کیانمهر و همکاران (۲۰۰۵) اقدام به طراحی، ساخت و ارزیابی گاواهن برگردان‌دار سه خیش مستطیلی نمودند [۱۲]. در شکل (۲) قسمت‌های اصلی این گاواهن که توسط نرم افزار مورد تحلیل قرار گرفته‌اند، نشان داده شده است.

طبیعت پیچیده و توزیع بسیار پیچیده‌ی نیروها و ممان‌ها روی صفحه برگردان باعث شده است که تحقیقات گسترده‌ای بر روی شرایط کاری و نیرویی وارد بر خیش گاواهن‌ها صورت پذیرد. برنکی^۱ و همکاران اثرات وارده بر یک گاواهن برگردان‌دار را به صورت شش مؤلفه نیرو و گشتاور مطابق شکل (۱) در نوک تیغه معرفی کرده‌اند [۶].



شکل ۱. تغییرات مؤلفه‌های نیرو و گشتاور در نوک تیغه یک گاواهن

کاربرد روش اجزاء محدود در مدل‌سازی رفتار خاک و ابزار در دو بخش استاتیکی و دینامیکی توسط پژوهشگران دنبال شده است. حرکت ابزار خاک‌ورز در خاک باعث ایجاد موجی از تنش‌ها و تغییر شکل‌ها در خاک می‌گردد که متقابلاً در خود ابزار خاک‌ورز هم ایجاد خواهد شد. محققین بسیاری از روش اجزاء محدود در آنالیز استاتیکی مسائل خاک‌ورزی استفاده کرده‌اند. یانگ و هانا^۲ در سال (۱۹۷۷) به ارائه یک مدل‌سازی استاتیکی برای رفتار تیغه خاک‌ورز در مقابل خاک پرداخته‌اند. این دو پژوهشگر نتایج

¹.Bernaki H.

².Yong and Hana

شبیه سازی اجزاء محدود با ملاحظات تحلیلی را تأیید کرده اند. تحقیقات مشابهی برای حالت استاتیکی توسط لیو و هو^۱ در سال (۱۹۸۵)، زنگ و فو^۲ در سال (۱۹۸۵)، کوشوها و چی^۳ در سال (۱۹۹۱) صورت پذیرفته است و در این تحقیقات نیز نتایج قابل قبولی از تحلیل های المان محدود به دست آمده است [۸]. کاربرد روش اجزاء محدود در تحلیل دینامیکی سیستم های خاک و ابرار هم مطرح شده است، کوشوها و شن^۴ جهت تاثیر تنشها و کرنش ها بر عامل خاکورز، از روش قدم به قدم و تدریجی افزایش بار به روش المان محدود استفاده کردند [۱۰].

پلوف و ه کاران^۵ در سال (۱۹۹۹) به شبیه سازی یک گاواهن برگرداندار استوانه ای به روش اجزاء محدود پرداخته و نتایج شبیه سازی را با آزمونهای تجربی مقایسه کرده است. پژوهش مزبور بر روی یک خاک رسی و عمق های کاری ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی متر به همراه سرعت های پیشروی ۰/۲۵ و ۱ و ۲ متر بر ثانیه انجام گرفته است. در این شبیه سازی، تیغه، پیشانی و صفحه برگردان در قالب یک رویه ای استوانه ای در تقابل با بلوک معینی از خاک مدل سازی شده اند [۱۶ و ۱۵]. مردانی (۱۳۸۱)، به شبیه سازی و آنالیز مکانیکی یک گاواهن برگرداندار به روش المان محدود پرداخت [۵].

مواد و روش ها

پژوهش حاضر بررسی استحکام مکانیکی ساقه و شاسی گاواهن برگرداندار دو طرفه مستطیلی به روش شبیه سازی اجزاء محدود که به این ترتیب، می توان از یک گاواهن برگرداندار دو طرفه مستطیلی سه خیش ساخته شده توسط کیانمهر و همکاران (۲۰۰۵) که مورد مطالعه قرار گرفته است به همراه نرم افزار به کار گرفته شده و نیز تئوری روش اجزاء محدود که در واقع نقش تجزیه و تحلیل سیستم در قالب نرم افزار رایانه ای را بر عهده دارد، به عنوان مواد پژوهش مزبور یاد کرد. گاواهن در نظر گرفته شده، یک گاواهن سه خیش دو طرفه ای مستطیلی با اتصال سوار شونده می باشد. بررسی رفتار ساق و شاسی گاواهن از لحاظ گسیختگی و استحکام مکانیکی نیاز به یک تحلیل استاتیکی و دینامیکی دارد چرا که از اثرات بارهای متناوب و خستگی ناشی از آن ها هم نمی توان صرف نظر کرد. در این تحقیق به بررسی استاتیکی مسئله پرداخته شده است. تئوری استفاده شده در این شبیه سازی، روش اجزاء محدود برای تحلیل سازه ها بوده است که در قالب نرم افزار به کار گرفته شده به تحلیل مکانیکی قطعه مورد بحث پرداخته و منجر به استخراج کمیاتی نظیر تنش ها، کرنش ها و تغییر شکل های به وجود آمده تحت شرایط تعریف شده (شکل هندسی، مصالح سازه، شرایط مرزی و بارگذاری) گردیده است.

عموماً رابطه کرنش - تغییر مکان برای یک جسم جامد در مختصات کارتزین در قالب ماتریسی زیر قابل بیان است [۳]:

$$\varepsilon = d u \quad (1)$$

که در آن بردار تغییر مکان عبارت است از:

$$u = \{u, v, w\} \quad (2)$$

بردار کرنش هم در رابطه مذکور به قرار زیر است:

$$\varepsilon = \{\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z, \gamma_{xy}, \gamma_{yz}, \gamma_{xz}\} \quad (3)$$

اپراتور d برای تبدیل تغییر مکان به کرنش دارای شکل زیر است:

¹. Lio and Hwo

². Zeng and Foo

³. Kushoaha and chey

⁴. Kushwaha and shen

⁵. Plouffe C

$$d = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\partial}{\partial y} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial}{\partial z} \\ \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial x} & 0 \\ 0 & \frac{\partial}{\partial z} & \frac{\partial}{\partial y} \\ \frac{\partial}{\partial z} & 0 & \frac{\partial}{\partial x} \end{bmatrix} \quad (4)$$

علاوه بر این، رابطه تنش - کرنش هم مطابق رابطه‌ی هوک در حالت کلی با رابطه ماتریسی زیر قابل بیان است:

$$\sigma = E \varepsilon \quad (5)$$

که در این رابطه هم بردار تنش به قرار زیر است:

$$\sigma = \{\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{xz}\} \quad (6)$$

در صورتی که مصالح جسم جامد مورد بحث ایزوتروپیک باشد ماتریس E به صورت زیر خواهد بود:

$$E = \frac{E}{(1+\nu)e_2} \begin{bmatrix} e_1 & \nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ \nu & e_1 & \nu & 0 & 0 & 0 \\ \nu & \nu & e_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & e_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & e_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & e_3 \end{bmatrix} \quad (7)$$

که در این ماتریس پارامترهای e_1 و e_2 و e_3 بر حسب ضریب پواسون به صورت زیر است:

$$e_1 = 1 - \nu, \quad e_2 = 1 - 2\nu, \quad e_3 = \frac{e_2}{2} \quad (8)$$

بردار تنش را می‌توان به منظور سهولت دوران در قالب تانسور زیر بیان کرد: [۶]

$$\sigma = \begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{xy} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{xz} & \tau_{yz} & \sigma_z \end{bmatrix} \quad (9)$$

به صورت مشابه تانسور کرنش را هم می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

$$\varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_x & \gamma_{xy} & \gamma_{xz} \\ \gamma_{xy} & \varepsilon_y & \gamma_{yz} \\ \gamma_{xz} & \gamma_{yz} & \varepsilon_z \end{bmatrix} \quad (10)$$

با تعیین مقادیر ویژه ماتریس فوق می‌توان ماتریس قطری تنش‌های اصلی را به دست آورد:

$$\sigma_p = R_p \sigma R_p^T \quad (11)$$

که σ_p ماتریس قطری تنش‌های اصلی است و برابر است با:

$$\sigma_p = \begin{bmatrix} \sigma_{p1} & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_{p2} & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{p3} \end{bmatrix} \quad (12)$$

و به طرز مشابه ماتریس قطری کرنش‌های اصلی هم به دست می‌آید:

$$\varepsilon_p = \begin{bmatrix} \varepsilon_{p1} & 0 & 0 \\ 0 & \varepsilon_{p2} & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_{p3} \end{bmatrix} \quad (13)$$

بعد از تعریف نوع المان و شبکه بندی سازه مورد تحلیل، اولین مرحله شامل انتخاب یک دستگاه مختصات مناسب و سیستم شماره گذاری المان ها است [۱۱] رابطه تغییر شکل و نیرو در هر المان، مشابه یک فنر برای یک جسم جامد در قالب ماتریسی زیر قابل بیان است:

$$\{F^e\} = [K]\{\delta^e\} \quad (14)$$

قدم دوم تعیین تابع تغییر مکان مناسب برای نقاط داخلی المان است که به صورت یک سری چند جمله ای و در شکل ماتریسی زیر بر اساس تعداد درجه آزادی بیان می گد:

$$\{\delta(x, y)\} = [f(x, y)]\{\alpha\} \quad (15)$$

قدم سوم تعیین تغییر مکان های هر نقطه داخل المان بر حسب تغییر مکان های گرهی است که برای هر نقطه معین توسط رایانه به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\{\delta(x, y)\} = [f(x, y)][A]^{-1}\{\delta^e\} \quad (16)$$

ماتریس A ضرائب چند جمله ای تابع تغییر مکان است. قدم چهارم تعیین کرنش در هر نقطه داخل المان بر حسب تغییر مکان های داخلی و نهایتاً بر حسب تغییر مکان های گرهی بوده و به قرار رابطه ی زیر است:

$$\{\alpha(x, y)\} = [B]\{\delta^e\} \quad , \quad [B] = [C][A]^{-1} \quad (17)$$

ماتریس C دیفرانسیل تابع $f(x, y)$ است. قدم پنجم تعیین تنش در هر نقطه داخل المان بر حسب کرنش ها و نهایتاً بر حسب تغییر مکان های گرهی است:

$$\{\delta(x, y)\} = [D][B]\{\delta^e\} \quad (18)$$

که ماتریس D ماتریسی است که به خواص الاستیک جسم (E, ν) بستگی دارد. قدم ششم تعیین رابطه ی بین نیروهای گرهی و تغییر مکان های گرهی است:

$$\{F^e\} = [K^e]\{\delta^e\} \quad , \quad [K^e] = \int [B]^T [D][B] dx dy dz \quad (19)$$

قدم هفتم هم تشکیل ماتریس تنش - تغییر مکان است:

$$\{\delta(x, y)\} = [D][B]\{\delta^e\} \quad (20)$$

عملیات قدم به قدم فوق برای تحلیل هر المان توسط رایانه در قالب محاسبات حجیم ماتریسی صورت می پذیرد و نهایتاً نتایج با حل عددی معادلات متعدد استخراج و به صورت لیستی و یا نموداری توسط نرم افزارهای خاص ارائه می گد. در نرم افزارهای بیشماری در قالب کاربرد روش اجزاء محدود، برای تحلیل سازه ها، به صورت تجاری ارائه شده است که از آن جمله می توان به انسیس^۱، نسترن^۲ و آباکوس^۳ اشاره کرد [۳].

انسیس یکی از کارآمدترین این نرم افزارها به شمار می رود که در عین کاربرد آسان، بسیار قدرتمند و با قابلیت می باشد. در این پژوهش از آن استفاده کردیم. به منظور شبیه سازی وضعیت ساقه گاواهن ابتدا به ساده سازی مسئله پرداخته شده است به این صورت که عملکرد همه نیروها و اثرات وارد بر یک واحد گاواهن برگرداندار، به صورت سه نیرو و سه گشتاور متمرکز بر نوک تیغه در نظر گرفته می شود [۶] (شکل ۱).

برای در دست داشتن کمیات عددی جهت این ۶ پارامتر، وضعیت آن ها در یک گاواهن استاندارد شبه استوانه ای با عرض کار ۲۶ سانتی متر در یک خاک متوسط و در حداکثر عمق ۲۵ سانتی متر که به شرایط گاواهن های مرسوم هم بسیار نزدیک می باشد، مورد بررسی قرار گرفته است. مقدار بیشینه این ۶ پارامتر در عمق ۲۵ سانتی متر به شرح جدول شماره (۱) است [۶].

با توجه به اینکه بررسی تاثیر این پارامترها بر روی ساقه و شاسی گاواهن مد نظر می باشد لذا به انتقال اثرات آن ها بر روی این قسمت ها پرداخته می شود. به این منظور ابتدا بردارهای گشتاور منتقل شده اند که چون اصولاً این بردارها از جنس بردارهای لغزان می باشند عیناً قابل جابجائی می باشند. اثر سه نیروی وارده بر نوک تیغه را هم می توان با اعمال سه نیروی مشابه (از نظر جهت

^۱.ANSYS

^۲.NASTRAN

^۳.ABAQUS

مقدار) و نیز گشتاورهای بوجود آمده توسط این سه نیرو در محل اتصال لحاظ نمود. با فرض یک دستگاه مختصات کارتزین و انطباق مبدأ دستگاه بر روی نوک تیغه (شکل ۱) مختصات نقطه اتصال ساقه به خیش به صورت زیر خواهد بود: (ابعاد از روی نمونه واقعی برداشته شده است).

جدول ۱. بیشینه نیروها و گشتاورهای وارده بر نوک تیغه به عنوان ضریب بارگذاری

راستا	X	Y	Z
نیرو kg	۳۰۰	۱۵۰	۳۴
گشتاور kg-m	۳۳	-۳۰	۱۱۰

X=400mm
Y=270mm
Z=300mm

به این ترتیب بردار وضعیت پیچ ۲ نسبت به مبدأ (نوک تیغه) به صورت زیر است:

$$r = 400\hat{i} - 270\hat{j} - 300\hat{k} \quad (21)$$

طبق داده‌های جدول ۱، بردار نیروی کلی در نوک تیغه هم به شرح زیر قابل بیان است:

$$F = F_x\hat{i} + F_y\hat{j} + F_z\hat{k} = 2943\hat{i} + 1472\hat{j} + 334\hat{k} \quad (22)$$

بردار گشتاور ناشی از F در موقعیت نقطه ۲ به صورت ضرب خارجی دو بردار فوق است:

$$M_2 = r * F = \begin{vmatrix} i & j & k \\ 400 & -270 & -300 \\ 2943 & 1472 & 334 \end{vmatrix} \quad (23)$$

$$= 351.420\hat{i} - 1016.5\hat{j} + 1383.41\hat{k}$$

بردار گشتاور وارده بر نوک تیغه هم به قرار زیر با جایگذاری مولفه‌های آن از جدول (۱) قابل بیان است:

$$M = M_x\hat{i} + M_y\hat{j} + M_z\hat{k} = 324\hat{i} - 295\hat{j} + 1080\hat{k} \quad (24)$$

نهایتاً گشتاور کلی وارده بر محل اتصال دسته به گاوآهن به صورت زیر خواهد بود:

$$M_{total} = M_1 + M_2 = 675.42\hat{i} - 1311.5\hat{j} + 2463.41\hat{k} \quad (25)$$

و به این ترتیب بیشینه بارها و گشتاورهای مؤثر بر محل اتصال ساق گاوآهن به گاوآهن به قرار کمیت‌های جدول (۲) بر روی

نمونه شبیه‌سازی شده در رایانه اعمال می‌گردد.

مراحل مختلف شبیه‌سازی و تحلیل مسئله به ترتیبی که باید برای رایانه تعریف و اجرا گردد به شرح زیر است: در اولین قدم نوع آنالیز را در قالب آنالیز استاتیک برای رایانه تعریف کرده و با توجه به مشخصات سازه مورد بحث، نوع المان هم مطابق پیشنهاد منابع، المان جسم جامد انتخاب شده است [۱].

جدول ۲. ضرائب بارها و گشتاورهای واردشونده به مدل

راستا	X	Y	Z
N نیرو	۲۹۴۳	۱۴۷۲	۳۳۴
گشتاور Nm	۶۷۵,۴۲	-۱۳۱۱,۵	۲۴۶۳,۴۱

تعریف مصالح:

در قدم بعد باید نوع مصالح سازه برای نرم افزار تعیین شود که در واقع ا ز پارامترهای E و ν و G حداقل دو پارامتر باید در پنجره محاوره‌ای رایانه ثبت گردد. به این منظور مقدار مدول الاستیسیته و ضریب پواسون گاوآهن مزبور به ترتیب ۲۰۰ گیگاپاسکال و ۰/۳ استخراج و برای رایانه تعریف شده است. مقدار دانسیته فولاد مصالح سازه در نظر گرفته نشده است چرا که به خاطر سرعت و شتاب ناچیز گاوآهن در خاک، اثر نیروهای اینرسی ناشی از وزن ناچیز خواهد بود. مقدار تنش تسلیم برای فولاد به کار رفته که فولاد ST37 می‌باشد، برابر ۲۳۵ مگاپاسکال در نظر گرفته شد.

مدل سازی:

ساقه گاوآهن مورد بحث عبارت از یک تیر مستطیل شکل می‌باشد که دارای ضخامت ثابت بوده و از طرف پائین توسط اتصال پیچی و صفحات نگهدارنده به گاوآهن متصل می‌شود و در قسمت بالا هم به یک پین متصل است که این پین به مکانیزمی متصل است که باعث گردش مجموعه خیش در انتهای مسیر شخم می‌شود به منظور تغییر جهت ریزش خاک در مسیر برگشت، همچنین این پین وظیفه‌ی اتصال مجموعه‌ی خیش و ساقه به شاسی دارد. شاسی گاوآهن مورد نظر نیز شامل سه قسمت مده می‌باشد. قسمت اول که یک طول بار است که محل نصب ساقه‌ها توسط پین های متصل به ساقه ها می‌باشد، قسمت دوم که توسط یک پین به طول بار اصلی متصل است که به شکل V می‌باشد و طول بار می‌تواند به واسطه این پین چرخش کرده و موقعیت خود و خیش‌های متصل به آن نسبت به قسمت جلویی گاوآهن تغییر یابد. قسمت آخر که محل اتصال گاوآهن به تراکتور می‌باشد و از طرفی قسمت V شکل به آن متصل است. تمامی این قسمت‌ها در نرم افزار سالیید ورک^۱ مدل سازی شد و سپس تحت فرمت مناسب به نرم افزار انسیس منتقل شد.

بعد از ساخته شدن مدل باید چگونگی شبکه بندی و وضعیت المان‌ها از نظر ابعاد و تعداد آن‌ها برای نرم افزار تعریف گردد. بدیهی

است که هرچه تعداد المان‌ها زیادت در نظر گرفته شود محدودیت‌های حافظه و سرعت رایانه هم در این مورد محدودکننده‌تر می-

باشد. شبکه‌بندی مدل مورد نظر توسط شبکه‌بندی خودکار نرم افزار و در ابعاد مناسب المان‌ها با بهینه کردن جواب با ۱۰۹۸۹۵ گره

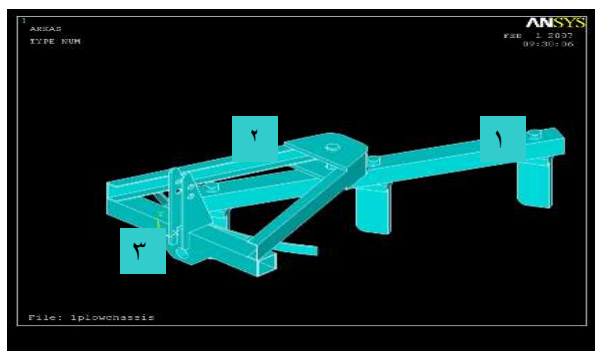
و ۵۶۱۴۴ المان صورت پذیرفته است. در شکل (۲) مدل ساخته شده و شماره اجزاء اصلی در آن مشخص شده است.

تعریف شرایط مرزی و بارگذاری مدل:

تعریف شرایط مرزی برای نرم افزار عبارت از تعیین محل و نوع تکیه‌گاه‌های اتکای مدل از نظر تغییر شکل‌ها و یا چرخش‌ها است که در مدل ساخته شده، این تکیه‌گاه‌ها در سه ناحیه برای شاسی و در یک ناحیه برای ساقه تعریف شده است که در شکل مشخص هستند. سه ناحیه مربوط به شاسی در محل اتصال بازوی بالایی اتصال سه نقطه و و محل اتصال پین متصل به بازوی جلویی متصل به دو بازوی دیگر اتصال سه نقطه می‌باشد و ناحیه سوم مربوط به طول بار اصلی شاسی است که در قسمت جلویی در تمام جهات مقید شده است، به صورتی که این قسمت‌ها به صورت انتخاب صفحات در تمامی جهات مقید شده اند. همچنین این

صفحات در سه راستای Z , Y , X هیچگونه چرخشی ندارند. برای ساقه نیز در قسمت اتصال آن به شاسی، یعنی بین اتصال آن به شاسی را در تمام جهات مقید کردیم، چرا که حین کار در مزرعه، این قسمت کاملاً ثابت می‌باشد. پس از اعمال قیدها بر روی مدل، به بارگذاری و حل مدل پرداختیم. جدول (۲) ضرایب بارها و گشتاورهای وارده در ناحیه اتصال پایین ساقه به گاواهن را معرفی کرده است.

حل مدل به روش تحلیل سازه‌ای استاتیکی صورت پذیرفته است. تحلیل کامل یک مدل برای حصول به نتایج مناسب جهت بهینه کردن سیستم، نیاز به بررسی مرزهای دامنه استحکام سازه دارد. در این رابطه، قابلیت ارزشمند نرم‌افزاری مانند انسیس در قالب انجام تحلیل‌های پیچیده، قابل ملاحظه است. مبنای بارگذاری مدل در این تحقیق، نحوه تغییرات مولفه‌های بار و گشتاور متمرکز بر نوک تیغه گاواهن‌های برگردان‌دار است که در گزارش‌های برناکی و همکاران ارائه شده است. (شکل ۱)



شکل ۲. مدل ساخته شده و ساده سازی شده شاسی و ساقه های گاواهن، پس از انتقال به نرم افزار انسیس

نتایج و بحث

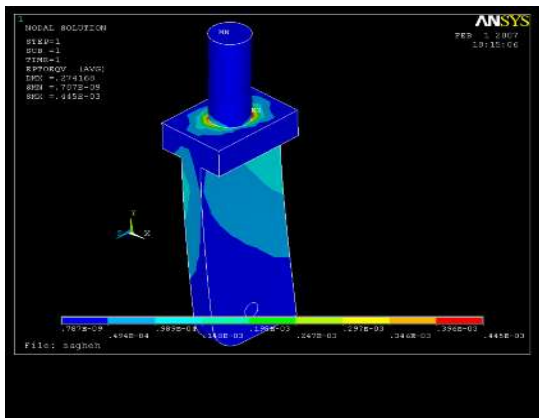
بررسی و تحلیل‌های استاتیکی بر روی مدل مورد مطالعه در این پژوهش، در دو مورد انجام شده است، نخست برای ساقه و اعمال شرایط مرزی مربوط به آن و دیگری برای شاسی گاواهن و اعمال شرایط مرزی مربوط به خود. دسته اول تحلیل‌ها مربوط به مدل ساقه است که نتایج این تحلیل برای تنش‌های معیار وان مایسز در شکل ۳ و ۴ نمایش داده شده است. وضعیت تنش‌ها در این حالت مبین آن بوده است که در حالت معمول گاواهن، بیشینه تنش به وجود آمده مطابق معیار وان مایسز برای ساقه در وضعیت بارهای وارده در حدود ۸۸,۵۱ مگاپاسکال بوده است و در ناحیه‌ی محل اتصال پین متصل به شاسی به ساقه می‌باشد. در وضعیت بیشینه بار ممکنه، مصالح به کار گرفته شده برای ساقه گاواهن مورد نظر، با ضریب اطمینان خوبی خود را قادر به تحمل شرایط کاری نشان داده است. مشاهداتی که در این قسمت صورت پذیرفته است حاکی از آن است ضریب اطمینان طی تحلیل‌های خطی حدود ۲,۶۵ به دست آمده است.

حداکثر تنش وان مایسز در طول بار (قسمت شماره ۱) در شکل ۱) از شاسی پس از ممزوج کردن اجزاء و اعمال شرایط مرزی و نیروها و ممان‌های وارده معادل ۱۱۳,۴۷ مگاپاسکال و در محل اتصال بین وسط آن به قسمت V شکل شاسی بود. (قسمت شماره ۲ در شکل ۲)، ضریب اطمینان طی تحلیل‌های خطی برای این قسمت حدود ۲,۰۷ به دست آمد.

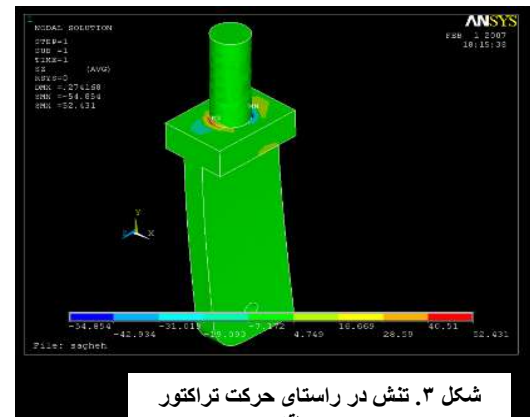
حداکثر تنش وان مایسز با ممزوج کردن قسمت V شکل از شاسی و اعمال شرایط مرزی ۹۰,۵ مگاپاسکال بود و مقدار ضریب اطمینان بدست آمده برای آن معادل ۲,۵۷ به دست آمد. با ممزوج کردن قسمت جلویی شاسی و محل اتصال شاسی به تراکتور به بقیه قسمت‌ها و اعمال شرایط مرزی مقدار ماکزیمم تنش وان مایسز برابر ۱۱۱,۲۲ و ۹۰,۵ مگاپاسکال از حل مسئله بدست آمد که محل آن در شکل‌های شماره ۷ و ۸ مشخص است. مقدار ضریب اطمینان در این حالت به ترتی برابر ۲,۱۱ و ۲,۵۹ بدست آمد. به طور کلی با مقایسه تنش‌های به وجود آمده در سایر قسمت‌ها با تنش‌های به وجود آمده در نقاط پر تنش، می‌توان گفت که طی اعمال بار، فاصله‌ی زیادی بین حادث شدن گسیختگی در محل‌های پر تنش با گسیختگی بعدی و در موقعیت دیگری از شاسی وجود دارد. به طور مثال، با توجه به شکل‌ها اکثر نقاط مربوط به قسمت‌های V شکل شاسی و یا قسمت جلویی آن (شماره‌ی ۲ و ۳ در شکل ۱) در محدوده‌ی تنش‌های آبی قرار دارد که دارای ضریب اطمینان بالایی هستند، مثلاً در شکل‌های ۷, ۸ و ۹ به ترتیب ضرایب اطمینان اکثر نقاط بالاتر از ۴,۷۵ و ۷,۷۸ بدست آمد.

در جدول شماره ۳ مقادیر تنش‌های معادل وان مایسز، تنش در راستای حرکت (محور Z) و کرنش معادل تنش وان مایسز پس از

ممزوج کردن اجزای مختلف شاسی و تحلیل بیان شده است.



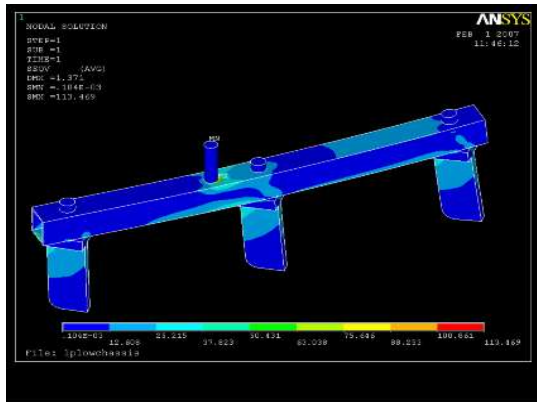
شکل ۴. تنش (وان مایسز) روی ساقه



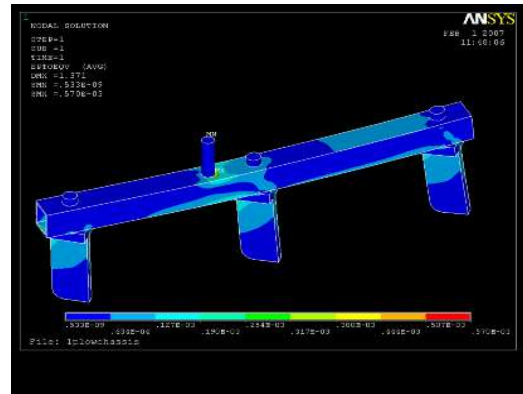
شکل ۳. تنش در راستای حرکت تراکتور روی ساقه

به طور کلی می‌توان چنین نتیجه گرفت که بیشترین تنش‌ها به طول بار اصلی که محل نصب ساقه‌ها می‌باشد وارد می‌شود. ضریب اطمینان بدست آمده بالاتر از ۲ می‌باشد که با توجه به شرایط کاری سخت وسایل خاکورزی، مخصوصاً گاو آهن‌ها ضریب اطمینان قابل قبولی نیست. و پیشنهاد می‌شود که این قسمت از شاسی در محل اتصال پین وسط آن به قسمت V شکل جلویی و نیز محل تکیه‌گاه جلویی آن مسلح شود، چرا که در بقیه نقاط این قطعه ونیز دز کل شاسی، شاهد تنش‌ها در محدوده‌ی آبی رنگ هستیم که ضرایب اطمینان بالایی را بدست می‌دهند. در ساقه نیز شاهد محدوده تنش‌های آبی رنگ هستیم که نشان دهنده‌ی ضریب اطمینان نسبتاً خوب این قطعه در برابر نیروهای وارد بر آن است، ولی در محل اتصال آن به پین بالایی که وظیفه اتصال و گردش

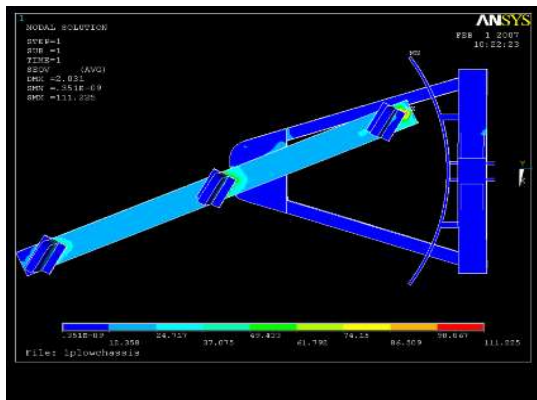
خیس را دارد شاهد تنش های ماکزیم هستیم که دارای ضریب اطمینان نسبتاً خوبی است، ولی پیشنهاد می شود که این قسمت از ساقه نیز برای حصول اطمینان بالاتر نیز از مصالح محکم تر یا قطعات با ابعاد بزرگتر استفاده شود.



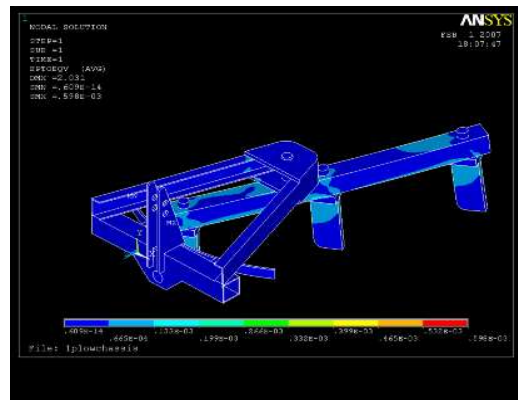
شکل ۶. تنش (وان مایسز) روی طول بار اصلی (محل اتصال ساقه ها)



شکل ۵. کرنش (وان مایسز) روی طول بار اصلی (محل اتصال ساقه ها)



شکل ۸. تنش (وان مایسز) روی شاسی با در نظر گرفتن قسمت جلویی (محل اتصال شلسی به تراکتور)



شکل ۷. کرنش (وان مایسز) روی شاسی با در نظر گرفتن قسمت جلویی (محل اتصال شلسی به تراکتور)

جدول ۳. مقادیر تنش های وان مایسز، تنش در راستای محور Z (راستای حرکت)، کرنش معادل تنش وان

مایسز و مقدار ضرایب اطمینان در اجزاء مختلف شناسی گاواهن

شماره قطعه (با توجه به شکل شماره ۲)	تنش وان مایسز (مگاپاسکال)	تنش در راستای محور Z (راستای حرکت) (مگاپاسکال)	کرنش معادل تنش وان مایسز	ضریب اطمینان
ساقه	۸۸,۵۱	۵۲,۴۳	$۰,۴۴۵ \times ۱۰^{-۳}$	۲,۶۵
طول بار اصلی (محل نصب ساقه ها)	۱۱۳,۴۶	۷۳,۴۴	$۰,۵۷۰ \times ۱۰^{-۳}$	۲,۰۷
تنش در شناسی با در نظر گرفتن قسمت جلویی آن (محل اتصال به تراکتور)	۱۱۱,۲۲	۱۰۳,۵۶	$۰,۵۹۸ \times ۱۰^{-۳}$	۲,۱۱

منابع

- ۱- جاهد مطلق، ح.ر؛ نوبان، م.ر؛ اشراقی، م.ا. ۱۳۸۲. ANSYS اجزاء محدود، چاپ اول، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲- شفیعی، س.ا. ۱۳۷۴. ماشینهای خاکورزی، چاپ اول، تهران، انتشارات نشر دانشگاهی.
- ۳- طاحونی، ش. اجزای محدود برای تحلیل سازه ها، ۱۳۷۵، چاپ اول، تهران، انتشارات علم و ادب تهران.
- ۴- کماریه اده، س.م.ح. ۱۳۷۶. مکانیک تراکتور و ماشین های کشاورزی. چاپ اول، ارومیه، انتشارات جهاد دانشگاهی آذربایجان غربی.
- ۵- مردانی کرانی، ع. ۱۳۸۱. شبیه سازی و آنالیز مکانیکی یک گاواهن برگرداندار به روش المان محدود، پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه ارومیه.



- 6- Bernaki H., J. Hamman, C. Z. Canafoiski, 1972, Agricultural Machines, Theory and Construction.
- 7-Mayauskas, I.S., Investigation of the pressure distribution on the surface of a plough share in work “ Traktori selkhoz mashiny , 1958 (11) 23 , Translated by Harris, E., 1959
Transaction of The ASAE vol.4(2)
8. AbdulMounem Mouazen., Miklos Nemenyi.1999. Finite element analysis of subsoiler cutting in non-homogeneous sandy loam soil. Soil and Tillage Research 51: 1-
9. ANSYS Help> Analysis Guide & Theory Manual. Version 9.
10. Chi, L. R. L. and Kushwaha. 1991. Three-Dimensional Finite element Interaction between soil and simple tillage tools. Transaction of the ASAE 34(2): 361-367.
11. Fielke J. M, 1999, Finite Element Modelling of the Interaction of the Cutting Edge of Tillage Implements with Soil. J. agric. Engng Res (74) : 91- 101.
12. Kianmehr. M.H, Khazaei.J, Hassan-Beygi.S R. 2005. Design, Development and Evaluation a Three Bottom Two-Way Moldboard Plow Adapted for 65-75 hp tractors.
13. Mootaz Abo-Elnor , R. Hamilton , J.T.Boyle. 2003. Simulation of soil-blade interaction for sandy soil using advanced 3D finite element analysis. Soil and Tillage Research 75 61-73
14. Nidal H.Abu-Hamdeh, Randall C. Reedeer. 2003. A nonlinear 3D finite element analysis of the soil forces acting on a disk plow. Soil and Tillage Research 74 : 115-124.



15. Plouffe C., M. J. Richard, S. Tessier, C. Lague, 1999, Validation of moldboard plow simulations with Finite Element Method in a clay soil. Transaction of the ASAE 42 (6) :

1523- 1529.

16. Plouffe C., M. J. Richard, S. Tessier, C. Lague, N.B Mclaughlin 1999, Moldboard Plow Performance in a Clay Soil : Simulations And Experiment. Transaction of the

ASAE 42 (6) : 1531- 1540.