دوازدهمین کنگره ملی
مهندسی مکانیک بیوسیستم
و مکانیزاسیون ایران
دانشگاه شهید چمران اهواز ۱۶ - ۱۸ بهمن ماه ۱۳۹۸
دانشگاه شهید چمران اهواز
انجمن مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران

بهینه‌سازی و ارزیابی دماغه‌ی ماشین برداشت نخود با استفاده از نرم‌افزار Abaqus

آرمان فتحی[۱]، هادی صمیمی اخیخجهانی[۲]، هیواگل‌پیرا[۳]، علی نیازی[۴]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک (بیوسیستم)، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان(a.fathi@agri.uok.ac.ir)
۲. استادیار گروه مهندسی مکانیک (بیوسیستم)، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان(hsamimia@gmail.com)
۳. استادیار گروه مهندسی مکانیک (بیوسیستم)، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان (H.golpira@uok.ac.ir)
۴. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک (بیوسیستم)، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان(ali niazy@.agri.uok.ac.ir)

چکیده

در این تحیق بهینه‌سازی دماغه‌ی ماشین برداشت نخود با در نظر گرفتن نیروهای وارد بر دماغه با تعداد حداکثر ۵۰ سیکل (بهینه‌سازی توپولوژی با کمترین خطا) انجام گرفت. به این منظور ابتدا دماغه در نرم‌افزار Solid-works طراحی سه بعدی شده و توسط نرم‌افزار Abaqus فراخوانی شد. روند بهینه‌سازی بر حسب میزان انرژی وارد شده به حجم کل دماغه انجام گردید. نتایج نشان داد تمرکز سازه در سمت راست و بالای آن به دلیل وجود باری که از طرف چرخ و فلک وارد می‌شود بیشتر می‌باشد. بیشترین تغییرات تنش در محل جوش خوردن تیکه گاه دماغه نخود به شاسی به دست آمد. علاوه بر آن میزان تغییرات کرنش در نوک دماغه جایی که بوته وارد فضای داخلی می‌شود به وجود می‌آید. کم‌ترین آن در فضای بهینه‌سازی شده از ۰/۰۱۷ میلی‌متر در محل جوش و بیشترین میزان در نوک ۰/۲۱ میلی‌متر به دست آمد. حجمی که در نهایت به دست می‌آید به اندازه حداقل ۱۰ درصد (۰/۱) نسبت به حجم اولیه کاهش یافته است.

کلمات کلیدی: *تنش و کرنش، بهینه سازی، دماغه برداشت نخود*

* نویسنده مسئول: a.fathi@agri.uok.ac.ir

بهینه‌سازی و ارزیابی دماغه‌ی ماشین برداشت نخود با استفاده از نرم‌افزار Abaqus

مقدمه

نخود جزء محصولات مقاوم به خشکی بوده و بیشتر به‌صورت دیم کشت می‌گردد. به‌طور کلی چالش اساسی برای پذیرش هر ماشین برداشت نخود توسط کشاورزان، ظرفیت مزرعه‌ای ماشین، ریزش دانه و در نهایت عملکرد نهایی محصول در هکتار است. غلاف‌چین‌ها[1] در بین ماشین‌های برداشت محصولات دانه‌ای بالاترین قدمت را داشته، که به‌علت ساختار و روش کار ویژه می‌توان از آن‌ها به‌عنوان یک سامانه کارآمد یاد کرد. اما عملکرد غلاف‌چین‌ها در محصولات بیش رسیده در مقایسه با دماغه مجهز به تیغه برشی بهتر است [6].

براساس اصول غلاف‌چین‌ها نمونه‌ای نوین از ماشین برداشت نخود ارائه دادند. در این مکانیزم به‌جای شانه برش از مکانیزم پلاتفرم مجهز به انگشتی‌های ثابت بهره گرفته شده است[4].

با انجام تغییراتی بر روی پژوهش مدل جدیدی برای دماغه برداشت نخود ارائه نمود. مطالعه او با هدف بهبود قدرت مانورپذیری و افزایش ظرفیت مزرعه‌ای دماغه غلاف چین نخود را طراحی و پیاده‌سازی نمود[1]. برای تعیین میزان تلفات برداشت نخود ماشین در مزرعه مورد ارزیابی مزرعه‌ای قرار گرفت. در این تحقیق شاخص دینامیکی ۲/۶۵، تمایل پره‌ها با زاویه ۹۰ درجه و متناسب بودن انطباق مرکز محور چرخ فلک با نوک انگشتی‌ها و وجود هم‌پوشانی بین پره و شانه با نرخ تلفات ۱۰ درصد بهترین حالت کاری برای ماشین بیان گردیده است[1].

دماغه برداشت نخود ارائه شده توسط به‌صورت سوار به تراکتور متصل شده و علاوه بر این توان خود را نیز از طریق محور تواندهی تراکتور دریافت می‌کرد. مکانیزم برش غلاف‌چین‌ها، شامل مجموعه‌ای از انگشتی‌های ثابت بوده، که به‌هنگام برداشت انگشتی‌ها به‌داخل محصول نفوذ کرده و هم‌زمان با گیرکردن ساقه‌های نخود، جداسازی غلاف‌ها از بوته‌های نخود با مالش پره‌های چرخ فلک به‌عمل می‌آید. کنترل بار عمودی ماشین به عهده کفش‌های لغزنده در طرفین است، جهت کنترل و تنظیم ارتفاع برش دو عدد چرخ حامل مجهز به جک‌های مکانیکی استفاده شده است. اما این ماشین نیز دارای نواقصی از جمله ریزش غلاف‌های نخود، بالا بودن وزن دستگاه و عدم جابجایی مناسب در هنگام برداشت است[1].

علل مشکلات برداشت نخود را در ایران فصل رشد کوتاه و تنش‌های خشکی وارده بر گیاه که موجب خوابیدگی و افزایش حساسیت به ریزش می‌گردد، بیان نموده است. او با بررسی رفتار و خصوصیات نخود، استفاده از دماغه‌های لخت‌کننده را گزینه‌ای مناسب جهت برداشت محصول نخود بیان نموده است. نحوه کار بدین صورت است که غلاف‌های نخود از بوته توسط انگشتی‌های دماغه جدا می‌شوند. در این ماشین مولفه‌های اصلی در غلاف‌کنی وابسته به زاویه و فاصله انگشتی‌ها و سرعت پیشروی می‌باشد. براساس نتایج به‌دست آمده، مجموع تلفات دستگاه با افزایش فاصله و زاویه انگشتی‌ها افزایش می‌یابد. حداقل تلفات در فاصله ۷ میلی‌متر ، زاویه ۱۵ درجه و سرعت ۴/۵ کیلومتر بر ساعت بوده و همچنین ظرفیت دستگاه ۰/۲۲ هکتار بر ساعت می‌باشد[3].

در تحقیقی یک نوع ماشین برداشت نخود را طراحی وساخته شده، که دماغه این ماشین دارای انگشتی‌های لخت کننده و بوته و غلاف‌های نخود با قرار گرفتن بر روی انگشتی‌ها از بوته‌ها جدا می‌شوند. زاویه، طول و فاصله انگشتی‌های دماغه از یکدیگر، نیروی وارده بر انگشتی‌ها، دندانه‌های تمیز کننده و سیستم مکش از مهم‌ترین پارامترهای طراحی این ماشین بود. ارزیابی

[1] Stripper

های مزرعه‌ای در چهار سطح از سرعت پیشروی ۲/۵، ۳/۵، ۴/۵، ۵/۵، کیلومتر بر ساعت انجام شد و میزان تلفات مربوط به غلاف‌های نخود باقی مانده بر روی بوته‌ها (Pd) و تلفات مربوط به غلاف‌های نخود ریخته شده بر روی زمین (PR) اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که با افزایش سرعت پیشروی، مقدار هر دو نوع ابتدا کاهش و سپس افزایش یافتند[2].

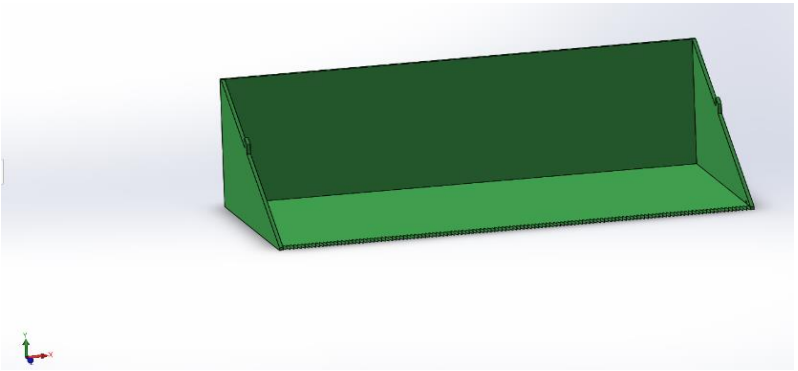
در پژوهشی دیگر از روش‌های جدید مدل‌سازی ماشین در علوم نوین مهندسی الگوریتم‌های پیشرفته‌ای را ارائه نمودند، که می‌تواند از لحاظ اقتصادی و صرف زمان قابل قبول باشد. پژوهشگران حاصل از پژوهش خود را این‌گونه بیان کردند، این مدل ناپختگی‌های مدل‌سازی متداول، آزمایشات مزرعه و تحلیل‌های آماری برای ارائه یک مدل بهینه برای طراحی را برطرف کرده است. ترکیب الگوریتم ژنتیک[۲] با مدل فازی[۳]، الگوریتم محاسباتی ترکیبی[۴] ایجاد کرده است، که از این طریق بهترین اندازه سکوی برش[۵] جهت توسعه ماشین برداشت نخود پیش‌بینی شد. همچنین با استفاده از قابلیت‌های الگوریتم میزان افت بعد از طراحی مجدد ماشین محاسبه گردیده است[5].

در این تحقیق با توجه به یافته هایی که در مقالات قبل در مورد ماشین برداشت نخود انجام شده است، دماغه ساخته شدهاین ماشین مورد بررسی قرار گرفته نیروهای عمل کننده به مکانیزم وارد شده و سپس از نظر تنش و کرنش تحلیل گردیده است[4].

مواد و روش‌ها:

این تحقیق در طی سه مرحله انجام گرفت: ۱) مدل جدیدی دماغه‌ی برداشت نخود با هدف مدل‌سازی کامپیوتری (طراحی و ترسیم)، ۲) تحلیل دینامیکی ، ۳) بهینه‌سازی دماغه ماشین برداشت نخود.

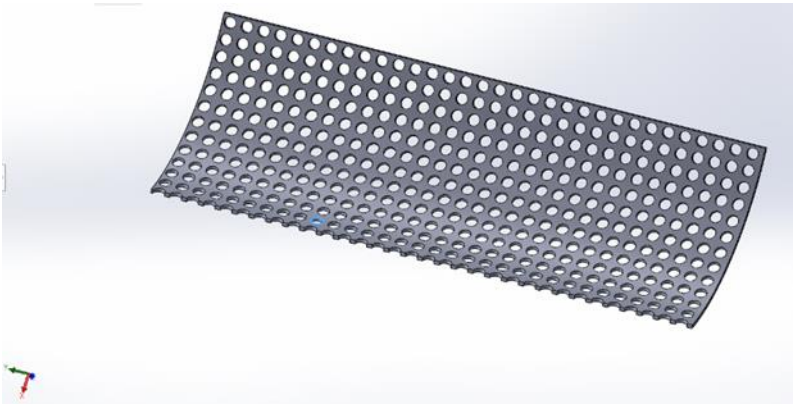
در مرحله اول جهت بهینه‌سازی ابتدا دماغه بایستی با در نظر گرفتن ابعادی که در با استفاده از نرم‌افزار Solid-works وجود دارد طراحی گردد. به این منظور تمام جزئیات مربوط به دماغه بر روی مدل ۳ بعدی لحاظ گردیده و پس از ذخریه شدن به صورت xt به نرم‌افزار Abaqus فراخوانی گردید تا تحلیل دینامیکی روی آن انجام گیرد[4].



شکل(۱) دماغه‌ی ماشین برداشت نخود در محیط نرم افزار(solid-works 2018)

2 Genetic Algorithm
3 Fuzzy Modeling
4 Hybrid Computational Algorithm
5 Platform

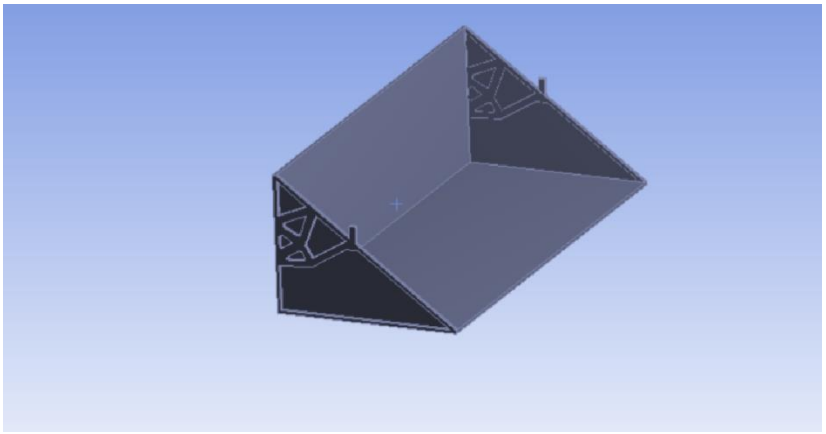
با حرکت دورانی چرخ و فلک و حرکت دادن بوته نخود، غلاف همراه با بوته داخل دماغه کشیده می‌شود. به علت ساییده شدن، غلاف از بوته جدا شده و دوباره هنگام دوران موجب ریزش و تلفات می گردد. برای جلوگیری از این امر از یک صفحه روزنه‌دار و به اصطلاح الک استفاده می گردد، تا حین برداشت و سایش، جدایش غلاف به راحتی صورت گرفته و در یک سینی که در قسمت تحتانی دماغه قرار می گیرد، ذخیره می‌شود. در نهایت با پیش‌بینی تمهیداتی غلاف ذخیره شده در سینی، از سامانه دماغه خارج می گردد. در قسمتی غلاف‌های برداشت شده قرار می گیرند، صفحه‌ای روزنه‌دار یا به اصطلاح الک مانندی نصب شده، که سوراخ‌های الک متناسب با متوسط اندازه و ضریب کرویت غلاف‌های نخود انتخاب می گردد، طوری که غلاف‌ها از روزنه به سهولت عبور داشته باشند. با توجه به اینکه انتقال مواد ناخالص کیفیت محصول را کاهش می‌دهد، از محاسن مکانیزم می-توان اشاره نمود که هم‌زمان با جدا نمودن غلاف‌های نخود از بوته از ورود کلوخه یا سنگ‌ریزه‌ها ممانعت به‌عمل می آید.



شکل(۲) طراحی و ترسیم صفحه مشبک در محیط نرم افزار(solid-works 2018)

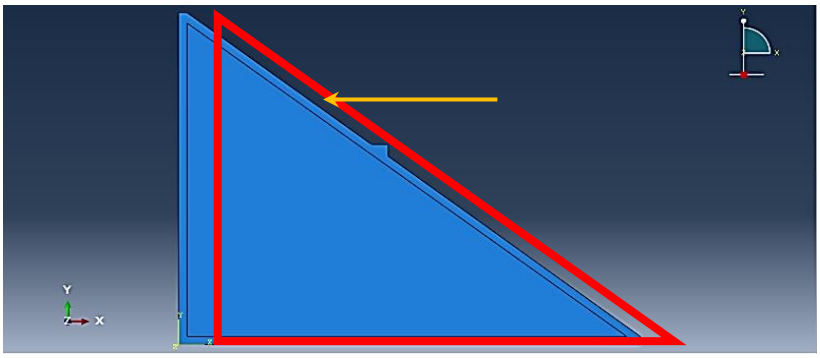
به این منظور در ابتدا مدل در محیط نرم‌افزار نقشه‌کشیsolid-works 2018 ترسیم می گردد و پس از آن مدل طراحی شده با فراخوانی در محیط نرم‌افزارتحلیلی،آنالیز دینامیکی Abaqus- 2018 مورد تحلیل و مدل‌سازی قرار خواهد گرفت.

با بارگذاری اجزا و قرار دادن ماشین در شرایط مزرعه‌ای تنش اعمال شده و مقاومت ساختاری تعیین می گردد. در نهایت این مرحله از مطالعه بهترین مدل پیشنهادی از نظر راندمان و اقتصادی برای بهینه‌سازی دماغه‌ی ماشین نخود ارائه می گردد.



شکل(۳) بهینه سازی و مدل‌سازی دماغه‌ی ماشین برداشت نخود (Abaqus- 2018)

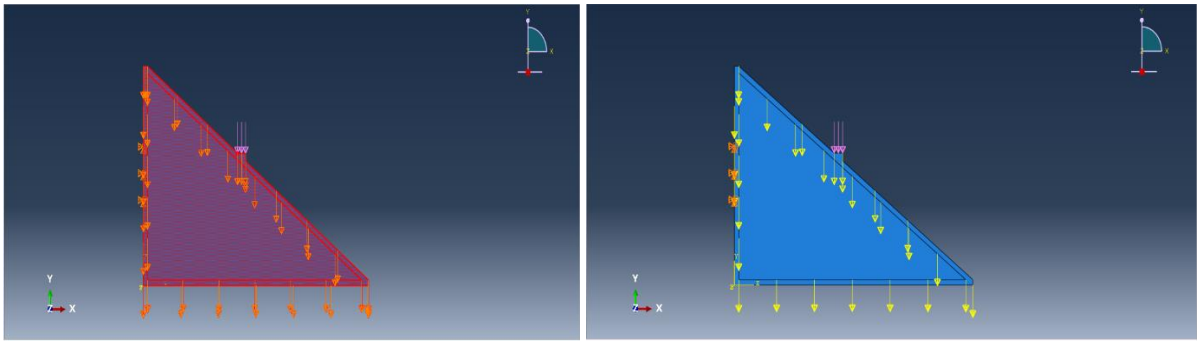
برای این هندسه مناسب‌ترین بخش، و بهینه‌سازی دماغه‌ی ماشین نخود، سطح مثلثی، دستگاه را به صورت دو بعدی(پردازش کمتر و سریع‌تر انجام‌می‌گیرد) بنابراین در نرم‌افزار آباکوس مدل‌سازی می‌کنیم. و در ماژول part این قسمت بهینه سازی شده را تحلیل می‌کنیم با ابعاد مسئله و در قسمت create part (part-1 2d- defor) و مدل دو بعدی نمایش داده می‌شود.



شکل (۴) مدل دو بعدی دماغه ماشین نخود

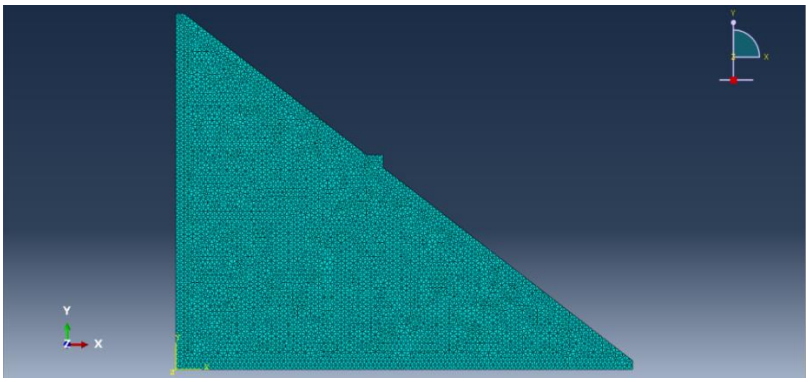
در قسمت property برای قطعه مورد نظر درگزینه‌ی create material ماده‌ای که قطعه از آن ساخته شده تعریف می‌گردد و پارامترهایی از جمله چگالی، مدل یانگ و ضریب پواسون مشخص می‌شود. ضریب چگالی $7/8*10^{6}$ و چگالی فولاد برای جنس قطعه در نظر گرفته شده است. در گزینه‌ی create - section مقطع را تعریف نموده و در قسمت section-2 جنس مواد را به صورت همگن بر روی قطعه اعمال می‌شود.

مرحله در بعد در نرم افزار آباکوس step در ماژول create step گام استاتیکی general، static روی آن انتخاب می‌شود که یکی از مهم ترین ماژول های نرم‌افزار است و هر رابطه یا عددی که به ماشین وارد شود توسط آن را اعمال می‌شود. در ماژول load مرحله ی بارگذاری با شرایط مرزی (شرایط اولیه اعمال شده)، نیروهایی که قبلا تعریف شده به دماغه‌ی نخود اعمال می‌گردد. این نیروها عبارتند از: ۱- نیرویی که از طریق چرخ‌فلک ۲- نیروی خود دستگاه. در حالت ۱ load وstates نیرویی که ازطریق چرخ‌فلک که به دماغه وارد شده را انتخاب و مقدارآن را ۱ در نظر می‌گیریم، مقدارنیروهای چرخ و فلک تاثیری در قسمت بهینه‌سازی دماغه‌ی نخود ندارد. در حالت ۲ گزینه‌ی load وstates نیروی وزن ماشین نخود است و بعد نیروی جاذبه تعریف می‌کنیم در load gravity و محیطی که می‌خواهیم نیروی جاذبه به آن اثر کند انتخاب و گزینه‌ی component که برای بردار جاذبه می‌باشد انتخاب نموده و مقدار جاذبه برابر با $9/8*10^{-5}$ لحاظ می‌گردد.



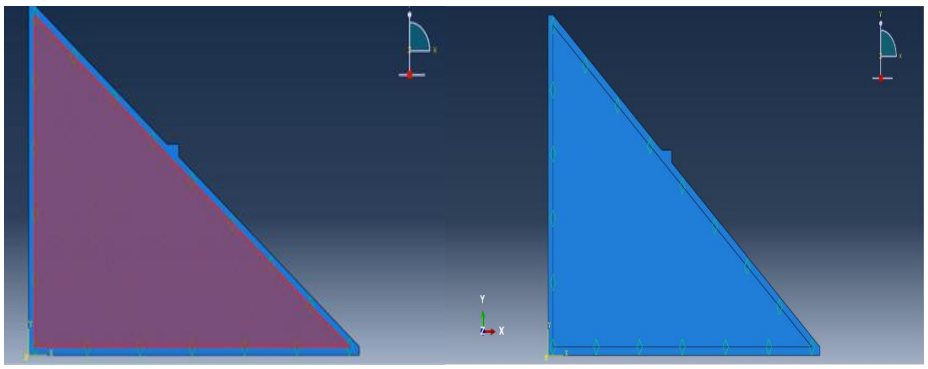
شکل (۵) نیروی وارده چرخ‌فلک بر روی دماغه‌ی ماشین نخود

در مرحله‌ی مش بندی چون شکل دماغه پیچیده است، از نوع ماژول مش، مش مثلثی را نتخاب نموده و برای مش‌بندی Assing mesh controls کل قطعه مورد نظر را انتخاب می‌شود. سپس گزینه‌ی Element shape- Tri با حالت آزاد برای این قسمت در نظر گرفته می‌شود. برای تعیین اندازه مش از گزینه‌ی seet part (Approximate) طول ضلع‌های مش را پنج میلی‌متر درنظر گرفته، مرحله مش‌بندی انجام می گیرد. نوع مش بندی در شکل ۶ نشان داده شده است.



شکل (۶) مش بندی دماغه‌ی ماشین نخود

در ماژول create optimization Task و در گزینه‌ی Topology optimization سطح نشان داده شده در شکل ۷ را انتخاب نموده و روند بهینه‌سازی شروع می‌شود. در قسمت create design response دو گزینه strinan energy- volame تا بهینه‌سازی دماغه را بر حسب میزان انرژی وارد شده به حجم کل دماغه انجام شود. حجمی که در نهایت به دست می‌آید به اندازه حداقل ۱۰ درصد (۰/۱) نسبت به حجم اولیه کاهش یافته است.

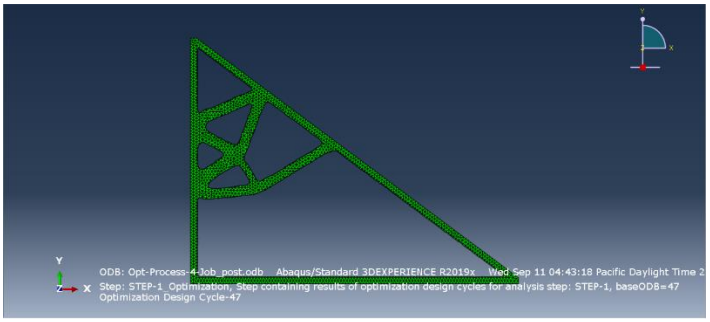


شکل (۷) نحوه‌ی بهینه‌سازی شده دماغه ماشین نخود

نتایج و بحث

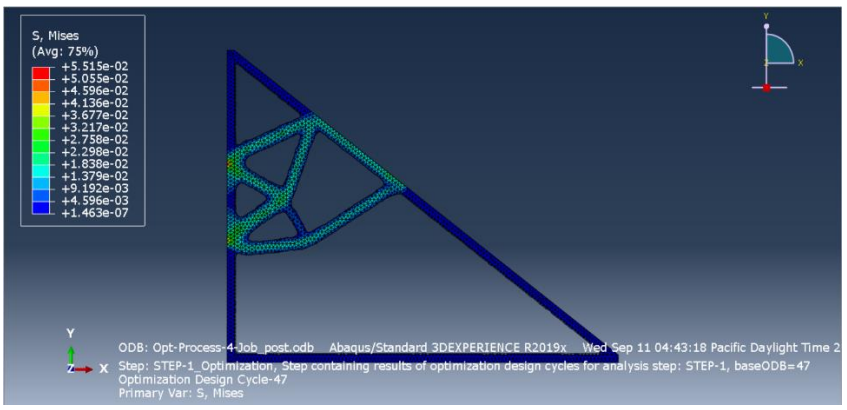
در شکل ۸ نتیجه حاصل از بهینه‌سازی دماغه برداشت نخود نشان داده شده است. با بارگذاری در مرحله create jab optimization process ایجاد فرایند دماغه‌ی بهینه سازی جدیدبا تعداد حداکثر سیکل های بهینه سازی دماغه ماشین نخود یعنی به اندازه ۵۰ سیکل (جهت انجام بهینه‌سازی توپولوژی) با تغییر مش‌ها، در قسمت opt- process و Tosca Post درگزینه obd می‌باشد.

با توجه شکل مشخص است با میزان تمرکز سازه در سمت راست و بالای آن به دلیل وجود باری که از طرف چرخ و فلک وارد می شود بیشتر می‌باشد. این امر باعث کاهش میزان مصالح استفاده شده برای ساخت دماغه شده و علاوه بر آن وزن وارد شده به کفش‌های نگهدارنده دماغه کاهش می‌یابد. این امر همچنین باعث تاثیر زیادی در مصرف سوخت در اثر نیروی کششی وارد شده بر ماشین می گردد. از نظر اقتصادی و بر اساس بیلان انرژی و ملاحظات در چرخه تولید، عرضه و برداشت، می‌توان ابراز نمود که بهینه‌سازی کمک مهمی به عملکرد مناسب ماشین نماید. لازم به ذکر است میزان بهینه‌سازی با در نظر گرفتن ضریب اطمینان به اندازه ۲ می‌باشد.



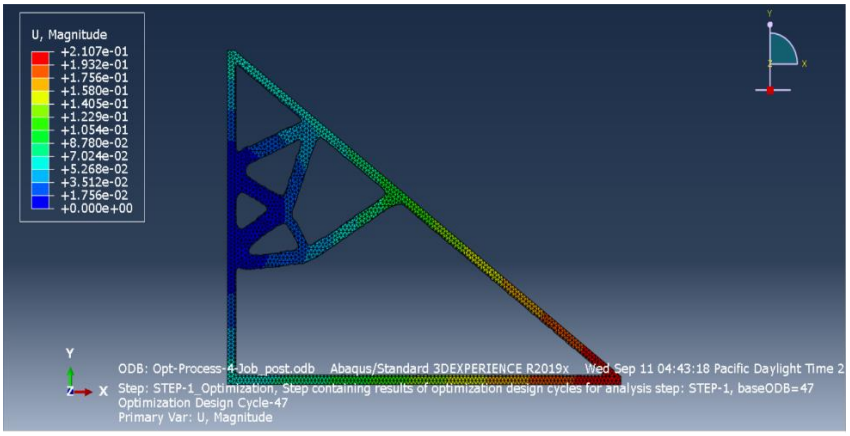
شکل (۸) مدل بهینه‌سازی شده دماغه‌ی ماشین نخود

همان طور که در شکل ۹ دیده می‌شود، بیشترین تنش مربوط لبه رویی دماغه بردارنده نخود است که مقادیر آن بر اساس معیار ون-مایسز در قسمت راهنمای شکل نشان داده شده است. که بیشترین تغییر تنش در محل جوش خوردن تیکه گاه دماغه نخود است و این قسمت های جوش خورده بیشترین تنش را دارند. با توجه به مقاومت استحکامی جنس فولاد ساختمانی که برای ساخت دماغه به کار رفته است، مقدار تنش حاصل شده برای تمامی قسمت‌ها در حدوده تعریف شده قرار دارد.



شکل(۹) توزیع میزان تنش دردماغه‌ی نخود و نشانگر بیشترین تنش بر روی تکیه گاه چرخ‌فلک

در شکل ۱۰ میزان تغییرات کرنش در دماغه در اثر اعمال نیروها نشان داده شده است. با توجه به شکل بیشترین میزان کرنش در نوک دماغه جایی که بوته وارد فضای داخلی دماغه می‌شود به وجود می‌آید. کمترین آن در فضای بهینه‌سازی شده به وجود می-آید. مقدار آن از ۰,۰۱۷ میلی‌متر در محل جوش تا ۰/۲۱ میلی‌متر متغیر است.



شکل(۱۰) توزیع میزان کرنش در نقاط مختلف از دماغه و نشان‌گر بیشترین کرنش

نتیجه‌گیری

با توجه به این که بیشترین تلفات در قسمت دماغه ماشین نخودکه نیروی اعمالی زیاد بین محصول و دماغه می‌باشد بنابراین یکی از قسمت‌های مهمی که می‌توان بهینه‌سازی را انجام داد این قسمت می‌باشد. صفحه‌ای روزنه‌دار یا به اصطلاح الک مانندی نصب شده، که سوراخ‌های الک متناسب با متوسط اندازه و ضریب کرویت غلاف‌های نخود انتخاب شده ، طوری‌که غلاف‌ها از روزنه به سهولت عبور داشته باشند. علاوه بر آن بهینه‌سازی با در نظر گرفتن نیروهای وارد بر سازه انجام گرفت با تعدا توالی‌های ۵۰ برای کاهش خطا در نظر گرفته شد. از دو نرم‌افزار Soloid-works برای طراحی و از نرم‌افزار Abaqus برای آنالیز دماغه استفاده شد. نتایج به دست آمده نشان داد مدل بهینه شده تا حدود ۱۰ درصد از حجم کل دماغه را کاهش داده و تاحدودی می‌تواند در ساخت اولیه دستگاه، کشش و میزان انرژی لازم برای برداشت تاثیر داشته باشد.

منابع

۱. محمودی، ک. ۱۳۹۴. طراحی، ساخت و ارزیابی هد غلاف‌چین نخود. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان.

۲. مدرس مطلق، ا. ۱۳۸۷. ماشین‌های برداشت غلات و سایر دانه‌های گیاهی. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، چاپ اول، تعداد صفحات ۷۴۶.

۳. مردانی، ک. ۱۳۹۷. طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه برداشت نخود. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه.

1. Golpira, H. 2013. Conceptual design of a chickpea harvesting header. Spanish Journal of Agricultural Research, 11 (3): 635-641
2. Golpira, H. and Golpira, H. 2017. Soft simulator for redesigning of a chickpea harvester header. Computers and Electronics in Agriculture, 135: 252-259.

3. Tado, C. J. M., Wacker, P., Kutzbatch, H. D. and Suministrado, D. C. 1998. Development of stripper harvester: a review. Journal of Agricultural Engineering Research, 71 (1): 103-112.

Optimization and evaluation of the head of the chickpea harvesting machine using Abaqus software

Arman Fathi[1]*, Hadi Samimi Akhijahani[2], Hiwa Golpira[3] and Ali Niyzi[4]

1. M.Sc. Student in Mechanics of Biosystems Engineering، Department of Biosystems Engineering، Faculty of Agriculture، University of Kurdistan، E-mail: a.fathi@agri.uok.ac.ir
2. Assistant professor، Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan، E-mail: hsamimia@gmail.com
3. Assistant professor، Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan، E-mail: H.golpira@uok.ac.ir
1. M.Sc. Student in Mechanics of Biosystems Engineering، Department of Biosystems Engineering، Faculty of Agriculture، University of Kurdistan، E-mail: ali niazy@.agri.uok.ac.ir

Abstract

In this research, the optimization of the head of chickpea harvester was performed considering the applied forces with 50 cycles (topology optimization with minimum error). Thus the head first designed in 3D with Solid-works software and imported to Abaqus software. The optimization process was carried out based on the amount of energy consumed in the total volume of the head. The results showed that the concentration of the structure is on the right and top of the structure due to the load inserted from the reel of the harvester. Most of the stress variations were related to the section which welded to the chassis. In addition, the amount of strain changes occurred at the tip of the head where the chickpea plant enters the interior space. The least value in optimized section was about 0.017 mm at the welding points and the higher value was about 0.21 mm on the tip of the head. The resulting volume is reduced by at least 10% (0.1) compared to the initial volume.

Key words: Optimization, Crop loss, Stress and strain, Perforated plate

*Corresponding author
E-mail: a.fathi@agri.uok.ac.ir