

## مدل سازی چرخ فلک ماشین برداشت نخود با استفاده از نرم افزار Abaqus

علی نیازی<sup>۱</sup>، هیوا گل پیرا<sup>۲</sup>، هادی صمیمی اخیحجانی<sup>۳</sup>، آرمان فتحی<sup>۴</sup>

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

### چکیده

هدف از اجرای این تحقیق، طراحی و مدل سازی، تحلیل دینامیکی چرخ فلک ماشین برداشت نخود با کمترین میزان ریزش می باشد. برای طراحی از نرم افزار Solid-works و برای تحلیل چرخ فلک طراحی شده از نرم افزار Abaqus استفاده شد. میزان تغییرات کرنش و تنش تحت اثر سرعت دورانی چرخ فلک با توجه به ضخامت پره ها و میله چرخ فلک با استفاده از خروجی نرم افزار Abaqus مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد بیشترین تنش اعمالی در محل تماس میله های چرخ فلک بوده و بیشترین میزان کرنش در لبه های میانی پره چرخ فلک اتفاق می افتد. با افزایش سرعت چرخ و فلک (بیش از ۸/۹۴ رادیان بر ثانیه) میزان ریزش محصول نیز افزایش می یابد. علاوه بر آن تنش به وجود آمده نیز افزایش یافته چه بسا باعث آسیب به دستگاه می شود.

**کلمات کلیدی:** تنش و کرنش، چرخ فلک، ریزش، سرعت دورانی.

\*نویسنده مسئول: [ali\\_niazy@agri.uok.ac.ir](mailto:ali_niazy@agri.uok.ac.ir)

## مدل سازی چرخ فلک ماشین برداشت نخود با استفاده از نرم افزار Abaqus

### مقدمه

نخود یکی از محصولات مهم در شرایط دیم ایران است که نقش بسیار مهمی در تناوب با گندم و جو دیم بازی می‌کند و با تثبیت مقدار زیادی ازت موجود در هوا در صورت برداشت ماشینی و ماندن ریشه در خاک، باعث جبران مقدار قابل توجهی ازت خاک که توسط غلات کشت قبل به مصرف رسیده، می‌گردد. که سالانه در ایران هفتصد هزار هکتار به کشت نخود اختصاص پیدا می‌کند بنابراین ۶۵ درصد سطح زیر کشت کل حبوبات در کشور را به خود اختصاص داده است.

نمونه‌ای نوین غلاف چین‌ها ماشین برداشت نخود را ارائه نمود، این پژوهشگر از مکانیزم پلتفرم مجهز به انگشتی‌های ثابت غلاف چین بهره گرفت [3].

چرخ فلک دماغه غلاف چین ماشین نخود را نیز طراحی نمود. این پژوهشگر از یک مکانیزم که انگشتی‌های ثابت غلاف چین در ارتفاع مماس با سطح زمین به داخل محصول ایستاده نفوذ می‌کنند، و هم‌زمان با پیشروی ماشین پره‌های چرخ فلک غلاف چین که تحت فشار فنرهای پیچشی هستند، بوته نخود را به سمت شانه غلاف چین هدایت کرده و با اعمال فشار به بوته از لغزش محصول در شانه ممانعت به عمل می‌آید. چرخ فلک غلاف‌های کنده شده به سمت داخل دماغه جارو می‌کنند، و در انتهای سیکل غلاف چینی، جایی که تماس بین پره و پلتفرم در آستانه پایان یافتن است، انرژی ذخیره شده در فنرهای پیچشی پره‌ها که یک شتاب آنی به محصول داده هم‌زمان با غلاف-چینی، فرآیند انتقال نیز صورت می‌گیرد [1].

طراحی و ساخت دستگاه برداشت نخود نتایج نشان داد، که برای کاهش تلفات محصول در ماشین باید اندازه دهانه انگشتی ۴ سانتی‌متر و سرعت دورانی چرخ فلک ۷۳ دور در دقیقه باشد، سرعت دورانی چرخ فلک، قطر محیطی آن، و تعداد بردارنده‌ها ویژگی‌های عملیاتی برای چرخ فلک هستند. و برای درست بودن عملیات برداشت این است که سرعت چرخ فلک باید بیشتر از سرعت پیشروی کمباین باشد [4].

با بیان اینکه عملکرد مناسب مکانیزم برش از سرعت پیشروی، سرعت محیطی چرخ فلک، ارتفاع برش، رطوبت محصول و نوع ناشی می‌شود، در شاخص سینماتیک نسبت سرعت محیطی چرخ فلک به سرعت پیشروی و اثر ارتفاع برش را بر افت دماغه کمباین مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که بیشترین افت مربوط به بیشترین شاخص سینماتیکی است [7]. چرخ فلک باید در ارتفاع ۱۵-۲۵ سانتی‌متر بالاتر از شانه برش قرار گیرد و علاوه بر این، سرعت چرخ فلک نیز باید ۱/۵-۱/۲۵ برابر سرعت حرکت کمباین تنظیم گردد [6].

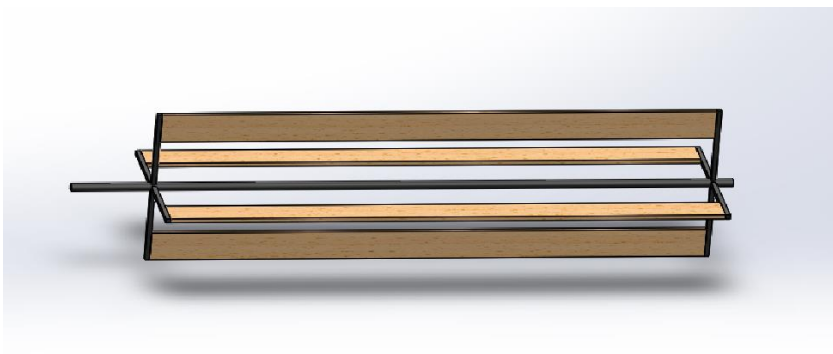
نیروی وارده از سوی چرخ فلک کمباین برداشت غلات را که به ساقه محصول وارد می‌گردد، مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. آن‌ها با آنالیز خمشی و پاسخ دینامیکی ساقه محصول، نیروهای افقی و عمودی را در دو حالت آزمایشگاهی و شبیه‌سازی مورد بررسی قرار دادند. در حالت خمشی ماکزیمم نیروی عکس‌العمل افقی هر بوته گندم ۳/۱ نیوتن و مقدار ماکزیمم آن در راستای عمودی ۰/۸ نیوتن می‌باشد [5].

اساساً توسعه یک مکانیزم، برای آماده‌سازی بستر بذریک خاک‌ورز روتاری هارو مدل‌سازی شده، جهت شکستن کلوخه‌ها و شکستن خاک که تگیه‌های برش باریک و زاویه بین آن‌ها ۱۵ درجه است. طراحی تیغه‌ها نسبت عمق به عرض کار روتاری ۱۰/۳ و سرعت دورانی ۶۰ rpm است. عملکرد سرعت دورانی چرخشی روتاری هارو با یک دیسک افست با توجه به عمق خاک‌ورزی و قطر، وزن دستگاه، در یک خاک لومی شنی مقایسه شد، برای بیشتر خرد شدن کلوخه تفاوت معنی‌داری با دیسک ندارد. نتایج نشان داد در روتاری هارو عمق هر خاک ورز ۰/۱۹ متر نسبت به هرس بشقابی دارای ۰/۱۱ متر عمق کاری بیشتری دارد [2].

با توجه به نکات ضعف و قوت مکانیزم‌های استفاده شده توسط سایر محققین، از یک مکانیزم چرخ فلک جدیدی برای برداشت محصول نخود استفاده گردیده است. همچنین سیستم طراحی شده با تجزیه و تحلیل مکانیکی مورد ارزیابی قرار گرفته و شرایط بهینه از نظر استحکام مکانیکی معرفی می‌شود. ماشین مدنظر در این تحقیق قابلیت تنظیم ارتفاع چرخ فلک را دارد، به گونه‌ای که متناسب با ارتفاع ساقه‌ی محصول نخود تغییراتی در ارتفاع چرخ فلک حاصل می‌شود. بر این اساس یک مدل بهینه چرخ فلک ماشین برداشت نخود تحقق خواهد یافت تا بتواند عملیات برداشت را با حداقل کاهش تلفات محصول نخود را انجام دهد. همان طور که اشاره شد در این پژوهش سعی بر آن است که یک مدل بهینه شده از چرخ فلک ماشین برداشت نخود با تکیه بر طرح اولیه ارائه گردد تا علاوه بر کاهش وزن ماشین دستگاه بردارنده بتواند تا حدودی عملیات برداشت را با حداقل تلفات انجام دهد. بنابراین در اولین گام چرخ و فلک ماشین استفاده شده طراحی و مدل‌سازی شده و سپس با استفاده از تحلیل دینامیکی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

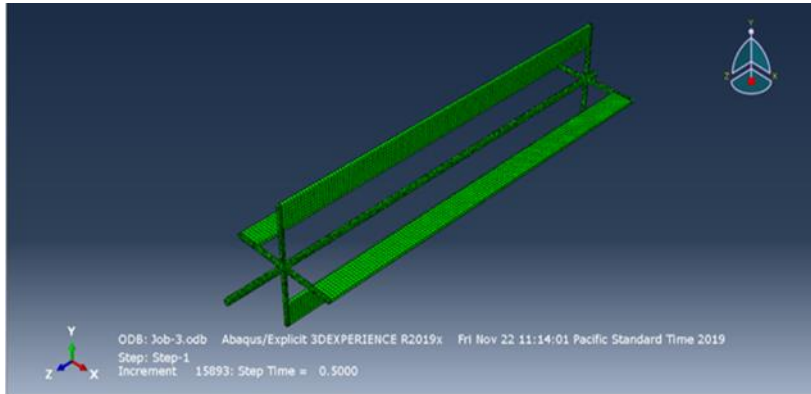
### مواد و روش‌ها:

به منظور دستیابی به اهداف تحقیق، دستگاه چرخ فلک مورد نظر به طور دقیق و جزئی در محیط نرم افزار نقشه کشی Solid-works 2018 ترسیم شد. طراحی چرخ فلک باید به گونه‌ای باشد که جمع آوری، هدایت و در نهایت جداسازی غلاف از بوته با حداقل تلفات ممکن انجام شود. تلفات به دو بخش تقسیم می‌گردد، بخش اول مربوط به تلفات غلاف‌های جامانده بر روی ساقه می‌باشد و بخش دوم غلاف‌های نخود که برداشت شده اما به داخل ماشین منتقل می‌کند.



شکل (۱) طرح چرخ فلک ماشین برداشت نخود در محیط نرم افزار (solid-works)

بعد از مرحله ترسیم، مدل‌سازی ماشین شروع می‌گردد و طرح آماده شده مورد تحلیل دینامیکی قرار می‌گیرد. تحلیل دینامیکی متناسب با شرایط مزرعه‌ای در محیط نرم‌افزار تحلیلی Abaqus- 2018 انجام شده و سیستم از لحاظ ارتعاشی مورد بررسی قرار می‌گیرد. علاوه بر آن میزان سرعت در نقاط مختلف دستگاه (چرخ و فلک) و میزان ضربه در محل برخورد به محصول مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در طراحی چرخ و فلک بایستی جهت مدیریت تلفات دانه در زمان برداشت پارامترهایی از جمله سرعت دورانی چرخ فلک در حالت ماکزیمم (۸۵/۴ rpm) است که مقدار آن برحسب (rad/s) برابر با ۸/۹۴ می‌باشد. قطر و موقعیت (از نظر عمودی و افقی) پره‌های چرخ فلک نسبت به انگشتی‌های پلتفرم، به طور اساسی مورد توجه قرار گیرد. که سرعت دورانی چرخ فلک در این راستا، چرخ فلک طراحی شده بایستی از قابلیت‌هایی نظیر تنظیم موقعیت افقی و عمودی محور نسبت به نوک انگشتی‌های پلتفرم برخوردار باشد. قابلیت اشاره شده به منظور هدایت محصول به داخل دماغه با کم‌ترین تلفات می‌باشد.

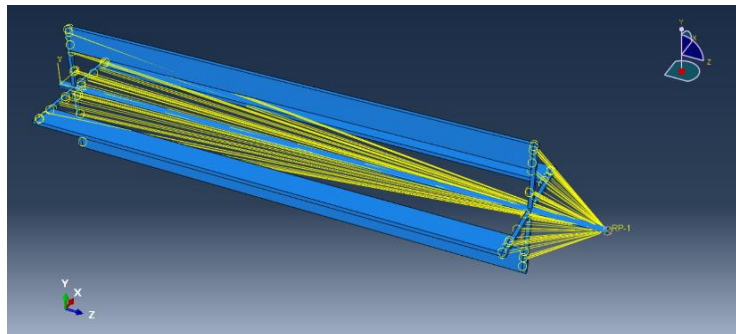


شکل (۳) جهت چرخش چرخ فلک با سرعت  $8/94 \text{ rad/s}$  در تحلیل دینامیکی

موقعیت عمودی با اندازه گیری ارتفاع اولین غلاف از پایین ساقه نسبت به زمین تعیین می گردد. اما تنظیم موقعیت افقی رابطه مستقیم با هدایت صحیح غلاف نخود به جلوی هد برداشت دارد. محدودیت دیگر طراحی صحیح مکانیزم چرخ فلک از لحاظ هدایت بهینه محصول به طرف انگشتی‌ها می باشد. با انتخاب جنس مناسب برای ساخت چرخ فلک ماشین برداشت نخود به کار رفته می توان علاوه بر کاهش هزینه اقتصادی، وزن ماشین و قدرت مانورپذیری آن را به طور چشم گیری افزایش داد.

محیط نرم افزار کمک می کند تا بتوان از یک طرف شرایط بحرانی را مورد بررسی قرار داده و از سوی دیگر آن را بهینه نمود. مدل طراحی شده تحت شرایط بحرانی قرار گرفته و در نهایت بهترین مدل با حداقل هزینه و بالاترین راندمان عمل ارائه خواهد شد.

برای تحلیل عددی المان محدود چرخ فلک در نرم افزار آباکوس مدل طراحی شده import شد و در ماژول property تعریف جنس مواد انجام گردید. خصوصیات هندسی، مشخصات آهن و چوب برای مدل تعریف شد. برای آهن چگالی معادل  $8/7$  گرم بر سانتی متر مکعب، مدول یانگ  $200$  گیگا پاسکال و ضریب پواسون  $0/3$  و برای چوب چگالی  $0/9$  گرم بر سانتی متر مکعب، مدول یانگ  $0/7$  و ضریب پواسون  $0/27$  در نظر گرفته شده است. در قسمت Interaction عمل و عکس العمل نسبت قطعات چرخ فلک را باهم مشخص نموده و در روی محور چرخ و فلک در هر دو سر آن دو نقطه رفرنس پوینت (RP1) و (RP2) را تعیین کرده و چرخ فلک را مقید نموده و تمام قسمت های چرخ فلک و تک تک پره ها به بدنه چرخ فلک اتصال داده می شود.

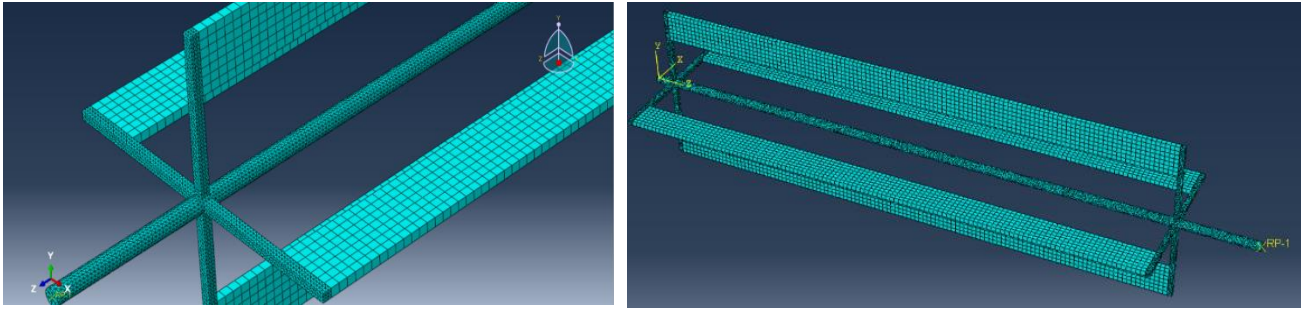


شکل (۴) اتصال پره ها به چرخ فلک با استفاده از قید - Tei

در مرحله ی بعد جهت مش بندی، اجزاء مختلف را شبکه بندی و مونتاژ نموده و با استفاده از mesh control ساختار یا نظم مش را بررسی می گردد. سپس با دستور seed part Instance اندازه مش را بررسی کرده و با ابزار Assign Element Type مش متناسب با مسئله



به مدل اعماب می‌شود. در این مسئله برای چرخ فلک از المان tet یا هرمی که هندسه پیچیده‌ای دارد استفاده گردید و برای پره‌های چرخ فلک المان hex یا مکعبی برای شبکه‌بندی اعمال شد. اندازه مش پره‌های چرخ فلک و میله چرخ فلک چهار میلی‌متر و از نوع مش چهاروجهی (تتراهدرال) بود ولی برای پره‌ها که اندازه آن‌ها یک سانتی‌متر که از نوع مش مکعبی (هگزاهدرال) بود که قدرت پردازنده و تحلیل را نیز بهبود می‌داد.



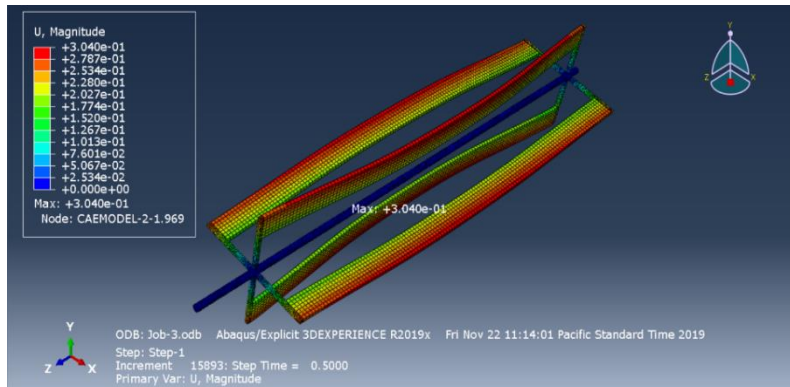
شکل (۵) نحوه‌ی مش بندی - پره‌های چرخ فلک

پس از آن که تحلیل دینامیکی چرخ و فلک انجام شد، مرحله‌ی پردازش صورت می‌گیرد. در ماژول visualization نمایش گرافیکی خروجی مدل اجزاء محدود است. از گزینه‌ی contour plot option برای نمایش انتخاب می‌کنیم، گزینه‌ی Limits و سپس با استفاده از گزینه‌ی show location ماکزیمم و مینیمم تنش را انتخاب می‌کنیم. نتایج داده‌های خروجی شامل کانتور تنش برشی (stress) و کرنش (Strain) (بیشترین جابجایی یا بیشترین کش) را نشان می‌دهد، که در آنالیز چرخ فلک با توجه به اهمیت بررسی تنش و کرنش و تغییر شکل بر روی پره‌های چرخ فلک تحلیل شده و میزان تنش در قسمت‌های مختلف چرخ فلک مشخص شده است.

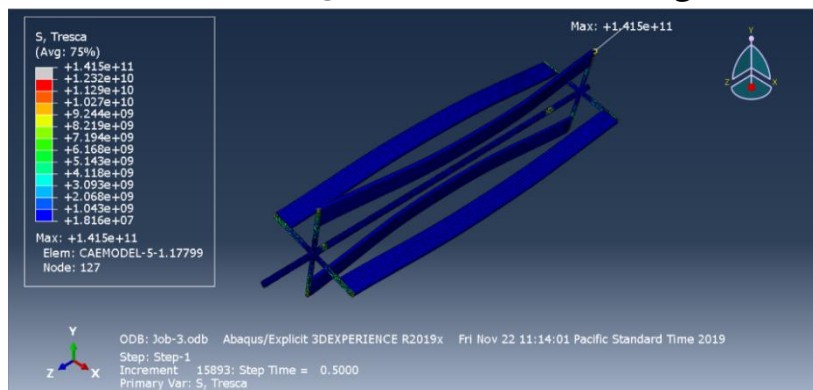
به منظور ساده‌سازی و افزایش سرعت حل مدل در هنگام اعمال شرایط مرزی در گزینه create Boundary Condition محور Z به عنوان محور دوران در نظر گرفته شد و فرض شد درجه آزادی مدل یک است. همچنین VR3 به عنوان حرکت سرعت دورانی برای محور RZ لحاظ گردید. همچنین در قسمت Modified سرعت‌های دورانی برحسب رادیان بر ثانیه وارد گردید  $8.94 = \frac{85.4}{60} \times 2\pi \text{ rpm}$  سرعت دورانی چرخ فلک در حالت ماکزیمم (۸۵/۴ rpm) است و مقدار آن برحسب 8.95 Rad/s نیز می‌باشد.

### نتایج و بحث:

در شکل ۸ و ۹ میزان تغییرات کرنش و تنش چرخ - فلک و اجزای تحت اثر سرعت دورانی اعمالی نشان داده شده است. این تصاویر خروجی از نرم‌افزار آباکوس بوده و مناسب با شرایط مرزی در لحظه استخراج شده است. با توجه به اینکه ابعاد پره‌ها و همچنین ابعاد شاسی چرخ و فلک در دو طرف مشابه است بنابراین حالت متقارن برای پره‌ها و شاسی به وجود آمده است. با توجه به شکل‌ها و راهنمای شکل‌ها مشخص است که کمترین میزان کرنش و تنش با رنگ آبی و بیشترین آن با رنگ قرمز مشخص شده است.

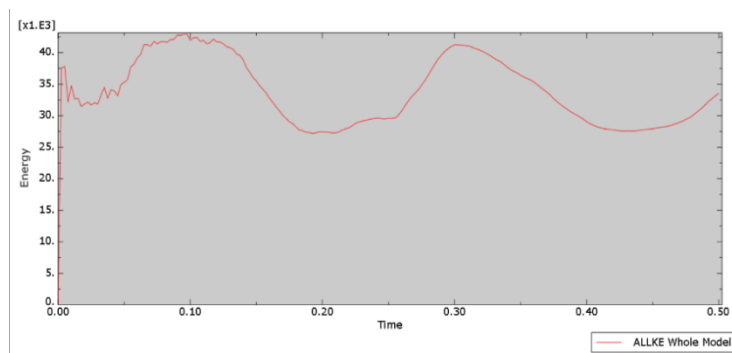


شکل (۹) توزیع میزان کرنش در نقاط مختلف از چرخ فلک و نشانگر بیشترین کرنش



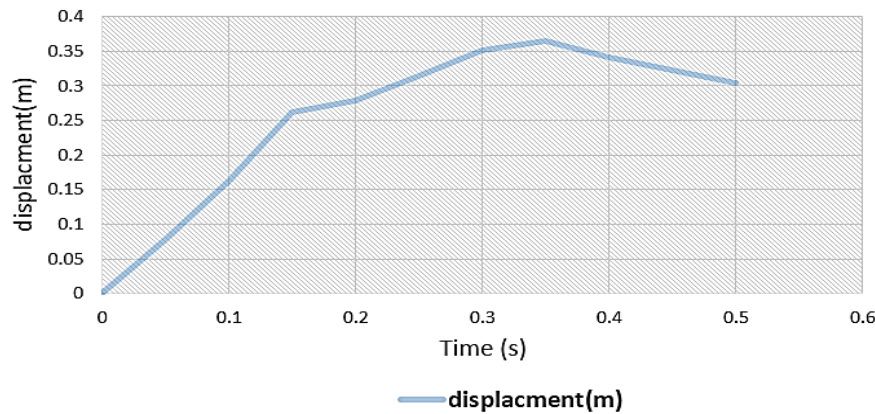
شکل (۸) توزیع میزان تنش در چرخ فلک و نشانگر بیشترین تنش بر روی شاسی

تغییر طول میله با توجه به ضخامت پره‌های چرخ فلک و نیروی اعمالی مناسب بوده و نتایج تحلیل شامل تغییر شکل‌ها، تنش‌ها و کرنش‌ها آورده شده است. میزان تنش von misses که بیشترین میزان آن مربوط به قسمت داخلی چرخ فلک است. تنش برشی در محل تماس پره‌های چرخ فلک  $1.415 \times 10^{11}$  Mpa و کمترین تنش  $1.816 \times 10^7$  Mpa نیز می‌باشد. در آنالیز دینامیکی پره‌های چرخ فلک بیشترین تنش برشی (Tresca) را برابر با  $1.232 \times 10^{11}$  Mpa و کمترین تنش برشی  $1.125 \times 10^8$  Mpa نیز می‌باشد. نمودار زیر میزان انرژی جنبشی چرخ و فلک را در زمان را نشان می‌دهد.



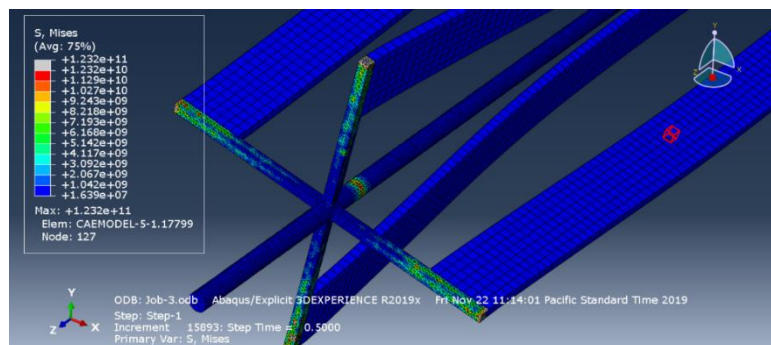
شکل (۱۲) نمودار انرژی جنبشی چرخ فلک در زمان

در قسمت contour در گزینه‌ی limits و در قسمت show location ماکزیمم کرنش را نشان می‌دهد و در این حالت آنالیز دینامیکی پره‌های چرخ فلک بیشترین تغییر طول مربوط به لبه‌های پره‌ی چرخ فلک است که مقدار آن در انتهای خارجی بیشتر است و بیشترین جابه‌جایی یا کش آمدگی را دارد. این امر به دلیل نیروی گریز از مرکز است که در اثر دوران چرخ و فلک به وجود می‌آید. به عبارت دیگر با افزایش سرعت دورانی نیروی گریز از مرکز در اثر شتاب جانب مرکز و جرم پره افزایش یافته و این امر باعث افزایش نیروی وارد شده به محل اتصال پره به شاسی چرخ و فلک می‌شود



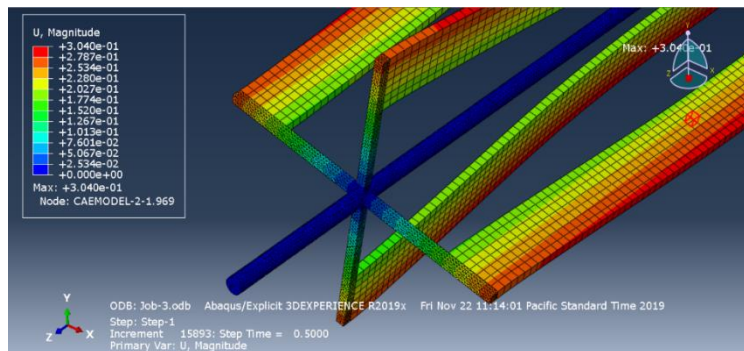
شکل (۱۳) نمودار کرنش میزان جابجایی با تغییر زمان

با توجه به شکل مشاهده می‌شود که قسمت کوچکی از میله مرکزی که تنش زیادی را تحمل می‌کند. این میله تقریباً مهم‌ترین قسمتی است که اجزای مختلف چرخ و فلک بر روی آن سوار شده است. همچنین انتقال توان از انتهای همین میله به چرخ و فلک صورت می‌پذیرد. در حقیقت تنش به وجود آمده در این قسمت در اثر گشتاور پیچشی اعمالی است. به عبارت دیگر توان اعمالی به چرخ و فلک که از پولی انتهایی به میله انتقال داده می‌شود یک تنش برشی در نقطه اشاره شده به جا می‌گذارد. با تقویت این قسمت می‌توان از وزن میله کاست و یا ضریب اطمینان سامانه را افزایش داد.



شکل (۱۰) توزیع تنش برشی (stress) - پره‌های چرخ فلک ماکزیمم تنش

همان‌طور که در شکل (۱۰) مشاهده می‌گردد، بیشترین تغییرات تنش مربوط به میله‌های چرخ فلک است که مقدار آن در انتهای خارجی نیز بیشتر است که بیشترین تغییر تنش در محل جوش خوردن میله چرخ فلک است.



شکل (۱۱) بیشترین کرنش (Strain) - چرخ فلک

در این قسمت پره‌های چرخ فلک بر اثر سرعت دورانی (8.95 Rad/s) نیز افزایش پیدا کرده و همانطور در شکل (۱۱) دیده می‌شود، بیشترین تغییر طول و بیشترین کرنش مربوط پره‌ها نیز مشاهده می‌گردد. هر چند به دلیل مکانیزم خاصی که در برداشت محصول نخود در نظر گرفته شده است این میزان انحراف مطلوب بوده و مانع وارد شده نیرو از طرف بوته‌های نخود به پره‌های چرخ و فلک می‌گردد. هر چند انحراف بیش از حد باعث افزایش ریزش سامانه می‌گردد.

### نتیجه‌گیری

در این پژوهش عوامل متعددی در طراحی و مدل‌سازی چرخ فلک ماشین برداشت نخود مؤثر هستند در آنالیز دینامیکی چرخ فلک با سرعت دورانی (8.95 Rad/s) و با توجه به ضخامت پره‌های چرخ فلک و میله چرخ فلک و بیشترین تنش اعمالی در محل تماس میله‌های چرخ فلک بوده و بر اثر اعمال تنش و کرنش‌ها بیشترین تغییرات لبه‌های پره چرخ فلک، و بیشترین تنش در محل جوش خوردن میله چرخ فلک نیز می‌باشد. در این تحقیق سعی شده است، با تجزیه و تحلیل دینامیکی مدل جدیدی چرخ فلک ماشین برداشت نخود با هدف مدل‌سازی رایانه‌ای و برای عملکرد بهتر چرخ فلک از این نوع مدل چرخ فلک پره‌ای استفاده کنیم که باعث کمتر شدن نیروی متقابل بین محصول و چرخ فلک ماشین برداشت نخود، و از ریزش و آسیب رسیدن به محصول جلوگیری می‌کند. نتایج حاصل از این نرم‌افزاری می‌تواند دریافتن ایده‌های نو، و بهینه کردن چرخ فلک ماشین برداشت نخود که مورد ارزیابی و بهینه‌سازی قرار گیرد.

### منابع

۱. محمودی، ک. ۱۳۹۴. طراحی، ساخت و ارزیابی هد غلاف چین نخود. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان.

2. Golpira, H. 2011. The Modelling, Development and Evaluation of a Rotary Harrow, 7 (1): 85-88
3. Golpira, H. 2013. Conceptual design of a chickpea harvesting header. Spanish Journal of Agricultural Research, 11 (3): 635-641
4. Golpira, H., Tavakoli, T. and Baerdemaeker, J. D. 2013a. Design and development of a chickpea stripper harvester. Spanish Journal of Agricultural Research, 11 (4): 929-934.
5. Hirai, Y., Inoue, E. and K. Mori. 2004. Application of a quasi-static stalk bending analysis to the dynamic response of rice and wheat stalks gathered by a combine harvester reel. Biosystems Engineering, 88(3): 281-294





6. Jalali, A. and Abdi. R. 2013a. Mathematical model for prediction combine harvester header losses. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, (5): 549-552.
7. Jalali, A. and Abdi. R. 2014. The effect of ground speed, reel rotational speed and reel height in harvester losses. Journal of Agriculture and Sustainability, 5 (2): 221-231.



## Modeling of the reel of chickpea harvester using Abaqus

Ali Niyazi<sup>1\*</sup>, Hiwa Golpira<sup>2</sup>, Hadi Samimi Akhijahani<sup>3</sup> and Arman Fathi<sup>4</sup>

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
2. Assistant professor. Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan. E-mail: H.golpira@uok.ac.ir
3. Assistant professor. Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan. E-mail: hsamimia@gmail.com
4. 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

### Abstract

the purpose of this research is to design and model the dynamic analysis of the chickpea reel considering minimum loss. Solidworks software was used for design and Abaqus software was used for reel analysis. The amount of strain and stress variations were evaluated by the rotational speed of the wheels according to the thickness of the blades and the reel mileage using Abaqus software output. The results showed that the highest stress was at the contact point of the wheel rods and the highest strain occurred at the middle edges of the reel blades. As the speed of the reel increases (more than 8.94 rad/s), the rate of product loss also increases. In addition, the resulting stress increase the damage to the harvesting machine.

**Key words:** Strain and stress, Reel, Crop loss, Rotational speed.

\* Corresponding author:

E-mail: ali.niazy@agri.uok.ac.ir