انتخاب، ط حی و تحلیل نرم‌افزاری بخش خردکننده یک دستگاه مکنده- خردکننده برگ (۳۴۳)

علیرضا شیرنشان[۱] ، محمد علی قضاوی[۲] ، مهرداد پورسینا[۳]

چکیده

با توجه به ریزش انبوه برگهای درختان در سطوح پارکها و فضای سبز شهرهای بزرگی مانند اصفهان و عدم وجود و تولید داخلی دستگاه مکنده- خردکننده برگ نوع چرخدار که مخصوص استفاده در پارک‌ها وفضاهای سبز بزرگ می‌باشد، طراحی و ساخت این دستگاه در داخل کشور، جهت جمع‌آوری و بازیافت بقایای طبیعی به شدت احساس می‌گردد. در این مقاله، انتخاب قسمت تیغه خردکننده دستگاه به عنوان یکی از بخش‌های اصلی، مدنظر بود که با بررسی انواع تیغه‌های خردکننده برگ شامل تیغه‌های خردکننده مسطح، مخلوط‌کن، سه تایی و دیسکی، یک تیغه چهارتایی نوع مخلوط‌کن با ابعاد و زوایای مشخص، مطابق با استاندارد تیغه‌های خردکننده مواد طبیعی مانند برگ، بعلت کاردهی بهتر نسبت به بقیه تیغه‌ها برای برش برگ‌ها، انتخاب گردید. همچنین در این مقاله، اثر نیروهای برشی برگ‌ها روی تیغه خردکننده، بوسیله نرم‌افزار المان محدود آباکوس (ورسیون 6.5-1) تحلیل و بررسی شد. با توجه به اینکه دستگاه دارای ۴ تیغه خردکننده می‌باشد و تیغه‌ها به طور همزمان، عملیات خردکردن را انجام می‌دهند، فقط یکی از تیغه‌ها تحلیل شد. تیغه در حالت دورانی و در یک دوره زمانی ۱ ثانیه- به عنوان مدت زمانی که تیغه تحت یک بار بیشنه قرار می‌گیرد که این زمان در حالت واقعیت بسیار کمتر خواهد بود- تحلیل شد. برای تحلیل نرم‌افزاری تیغه، ابتدا نقشه سه بعدی تیغه به وسیله نرم‌افزار کتیا ترسیم و در محیط نرم‌افزار آباکوس وارد گردید و در مراحل بعدی وارد کردن مشخصات و خواص مکانیکی ماده مدل، مش بندی مدل، تعیین نوع حل مسئله، دوره زمانی دوران تیغه، شرایط مرزی و سرعت دورانی تیغه (۳۰۰۰ دور بر دقیقه با توجه به دور موتورهای محرک موجود در بازار بعنوان موتور محرک دستگاه) و بارگذاری روی تیغه به صورت گسترده روی لبه تیز تیغه، صورت گرفت. برای تحلیل نرم افزاری تیغه، بایستی که مقاومت برشی برگ‌های ریزش شده تخمین و محاسبه می‌گردید، به همین جهت آزمایشی برای تخمین مقاومت برشی برگ‌های ریزش شده، طراحی گردید که طرح آن شامل یک تیغه بالایی (متحرک) و یک تیغه پایینی (ثابت)، دو گیره نگهدارنده برگ‌ها و یک تکیه‌گاه در یک سمت و یک ترازو می‌شد. دقت ترازو در حد یک دهم گرم و به یک رایانه که از طریق نرم افزار مخصوص ترازوی مورد نظر نیروی اعمال شده را ثبت می‌کرد، متصل بود. زاویه تیغه بالایی و ضخامت آن، به ترتیب ۴۵ درجه و ۵ میلیمتر در نظر گرفته شد. تیغه بالایی، دارای سرعتی تقریباً برابر با ۰/۱ میلیمتر بر ثانیه بود که برای حرکت رو به بالاو پایین به یک الکتروموتور و یک سیستم تسمه و پولی اتصال داشت که حرکت موتور از طریق سیستم تسمه و پولی به تیغه انتقال می‌یافت. در آزمایش مورد نظر برگ‌های ۵ گونه درخت شامل توت، چنار، نارون، بید و زبان گنجشک به عنوان درختان غالب فضای سبز در شهر اصفهان، آزمایش شد و برش به وسیله تیغه بالایی دستگاه، برای هر نوع برگ با سه بار تکرار انجام شد که با توجه به نتایج به دست آمده، بیشترین مقاومت برشی مربوط به برگ چنار بود که با در نظر گرفتن یک ضریب ایمنی ۲/۵ (مطابق با روش پاگزلی) به علت اینکه علاوه بر برگ‌های جمع‌آوری شده، امکان دارد همراه

۱- کارشناس ارشد مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه شهرک د، پست الکترونیک: arshirneshan@yahoo.com
۲- استادیار مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه شهرکرد
۳- استادیار مکانیک دانشگاه شهرکرد

برگ‌ها، ساقه‌های کوچک یا مانده‌های دیگر نیز به طرف تیغه خردکننده مکش داشته باشند که دارای مقاومت برشی بیشتری نسبت به برگ باشند، مقاومت برشی برگ‌ها در تحلیل 85KPa در نظر گرفته شد. همچنین برای وارد کردن مشخصات تیغه در نرم‌افزار آباکوس، بایستی جنس تیغه نیز تعیین می‌گردید که با توجه به اینکه تیغه‌ها در تماس با برگ‌های خیس و مرطوب می‌باشند، برای جلوگیری از زنگ زدن تیغه باید ماده‌ای انتخاب می‌گردید که از زنگ زدن آنها جلوگیری کند، بنابراین در این تحقیق فولاد زنگ نزن AISI 304 (با توجه به دسترسی راحت به آن در بازار آهن آلات) انتخاب گردید. پس از انجام تحلیل نرم‌افزاری تیغه و حل مسئله توسط نرم‌افزار آباکوس، خروجی نرم‌افزار بصورت کانتورهای تنش ایجاد شده در اثر اعمال بار، به دست آمد که بیشترین مقدار تنش به علت تمرکز تنش ناشی از اعمال بار روی لبه تیغه، به اندازه 3.801 MPa رخ می‌دهد وکمترین مقدار تنش به اندازه 21.87 KPa ایجاد می‌شود که با توجه به مقدار استحکام تسلیم فولاد انتخابی که برابر با 310 Mpa می‌باشد، نتایج نشان می‌دهد که تیغه وارد فاز پلاستیک نشده و از حاشیه امنیت بالایی برخوردار است و طراحی تیغه مشکلی ندارد.

کلیدواژه: برگ، تیغه خردکننده، نیروی برشی، مقاومت برشی، نرم‌افزار آباکوس

۱- مقدمه

امروزه یکی از گزینه‌های بازیافت مواد مختلف، استفاده از بقایای طبیعی گیاهان می‌باشد. با توجه به اینکه در فصل پاییز، برگ درختان خزان‌دار و برخی دیگر از گونه‌های مختلف گیاهی، در مکان‌هایی از جمله سطح پارک‌ها و فضای سبز، جوی‌های آب، پیاده‌روها و کناره خیابان‌ها ریزش می‌کند، می‌توان روش‌هایی جهت استفاده بهینه و بازیافت این نوع از بقایای طبیعی ارائه داد. یکی از موارد بازیافت و مصرف برگ‌های ریزش شده درختان، استفاده از آنها به عنوان نوعی از مالچ گیاهی در پای بوته‌های درختان جوان، بستر خاک سبزیجات و گلهای مختلف می‌باشد[۱۰,۱۱, ۱۷]. همچنین عملیات تولید کودکمپوست یکی دیگر از گزینه‌های مصرف برگ‌های ریزش شده و یکی از بخش‌های حیاتی در استراتژی کاهش و بازیافت زباله در جوامع پیشرفته دنیا می‌باشد[۳,۴,۱۴,۱۶].

بسیاری از جوامع پیشرفته، امروزه بعلت تاکید ویژه‌ای که بر روی بازیافت و مدیریت بقایای طبیعی، جهت کاهش آلودگی‌های زیست محیطی دارند و از طرف دیگر، چون همواره بدنبال راهکارهایی برای کاهش هزینه‌های عملیات تولید کود کمپوست بوده‌اند، جهت جمع‌آوری برگ‌های ریزش شده و جداسازی آنها از روی سطح چمن پارک‌ها و سطوح دیگر، برنامه ریزی‌های وسیعی داشته‌اند. از این روی، مشاهده می‌شود، ماشین‌ها و دستگاه‌های بسیاری برای جمع‌آوری، فشرده‌سازی و تجزیه‌کردن راحت‌تر و سریع‌تر بقایای طبیعی به مرور زمان ساخته شده و توسعه یافته است[۷, ۸,۱۴].

در ایران، با توجه به ریزش انبوه برگ‌های پاییزی در مکان‌هایی از جمله پارک‌ها و فضای سبز شهرهای بزرگی مانند اصفهان و با توجه به نیاز سازمان‌های فضای سبز و بازیافت مواد به دستگاه‌هایی جهت جمع‌آوری آسان و سریع برگ‌ها وکمک به بازیافت آنها برای تولید کودکمپوست و همچنین عدم تولید ماشین‌ها و تجهیزاتی به طور انبوه در این زمینه در داخل کشور، ضروری است که متناسب با شرایط هر منطقه دستگاه‌هایی طراحی و ساخته شود. دستگاه مکنده- خردکننده برگ یکی ازانواع این دستگاه‌ها است.

قسمت خردکننده دستگاه مکنده- خردکننده برگ یکی از بخش‌های اصلی دستگاه به حساب می‌آید، بخشی است که در آن برگ‌های مکیده شده توسط قسمت مکنده، حین عملیات مکش و یا بعد از آن خرد و تکه تکه می‌شوند. انواع قسمت‌های خردکننده در دستگاه‌های مکنده- خردکننده برگ معمولاً به این صورت می‌باشد[۵,۹,۱۳]:

۱- تیغه های خرد کننده[1]:

تیغه های خردکننده در واقع صفحات فولادی از یک طرف تیز شده با مقطع مستطیلی شکل می‌باشندکه در اثر چرخشی که حول محور مرکزی خود دارند و برخوردی که بین لبه تیزآنها و برگ‌های جمع‌آوری شده ایجاد می‌گردد، سبب برش، خردکردن و تکه کردن برگ‌ها می‌شوند. تیغه‌های خردکننده به چهار شکل زیر می‌باشند[۶,۹,۱۲,۱۳]:

الف) تیغه‌های خردکننده مسطح[2]:

این تیغه‌ها به صورت صفحاتی مسطح با لبه تیز شده می‌باشند که دارای زاویه‌ای ۹۰ درجه نسبت به محور گردنده تیغه می‌باشند. تعداد تیغه‌ها دوتا هشت تیغه می‌باشد. همچنین لبه برخی از این تیغه‌ها برای برش و خردکردن بهتر برگ‌ها بصورت مضرس و دندانه دندانه می‌باشد.

ب) تیغه‌های خردکننده مخلوط کن[3]:

این تیغه‌های خردکننده، بصورتی می‌باشند که قسمت برشی تیغه، موازی با محور گردنده بوده و بازوهای ارتباطی تیغه بصورت زاویه‌دار با قسمت برشی قرار گرفته‌اند. این تیغه‌ها که معمولاً بصورت دو یا چهارتایی می‌باشند، این مزیت را نسبت به بقیه تیغه‌ها دارندکه حین عملیات برش و خردکردن برگ‌های مکیده شده، سبب مخلوط کردن آنها نیز می‌شوند که این کار به خردشدن بهتر برگ‌ها، کمک خواهد کرد.

ج) تیغه‌های خردکننده سه تایی[4]:

1- Shredder blades
2- Flat shredder blades
3- Mixing shredder blades
4- Trial shredder blades

تیغه‌های خردکننده سه‌تایی، همانطور که از اسمشان مشخص است، بصورت سه تیغه با ساختار یک پارچه می‌باشند. این تیغه‌ها که از لحاظ عملکرد مانند تیغه‌های مسطح می‌باشند، دارای یک لبه تیز شده برای تیغه می‌باشند و به یک محور گردنده متصل می‌شوند.

د) تیغه‌های خرد کننده دیسکی[1]:

این تیغه‌ها، دارای قسمت‌هایی به صورت برآمدگی و فرورفتگی بر روی یک صفحه دیسک مانند به عنوان بخش‌های خرد-کننده تیغه می‌باشند. این بخش‌های خردکننده که تیز شده‌اند، با چرخش صفحه دیسک مانند، سبب خردشدن برگ‌ها و دیگر مانده‌های ط یعی می‌شوند.

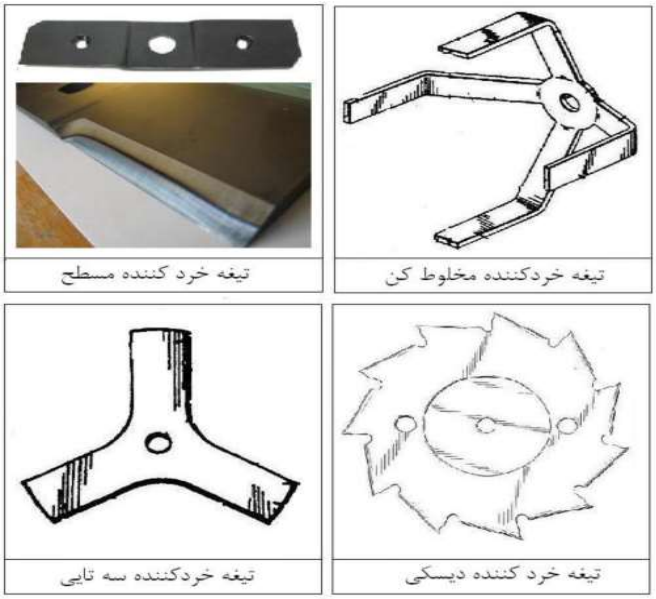
شکل۲، تصویری از انواع تیغه‌های خردکننده را نشان می‌دهد.

۲- شبکه خرد کننده[2]:

در برخی از دستگاه‌های مکنده- خردکننده برگ به جای تیغه‌های خردکننده، صفحه‌ای فلزی عملیات برش و خردکردن برگ‌ها را انجام می‌دهد که بعنوان شبکه خردکننده شناخته می‌شود. این صفحه که دارای تعدادی سوراخ کوچک با قطر مشخص می‌باشد در مسیر عبور جریان برگ‌ها قرار گرفته و سبب می‌شود که برگ‌ها پس از عبور از سوراخ‌های آن، تکه تکه و ریز شوند؛ صفحه خردکننده معمولاً در قسمت ورودی به کیف جمع‌آوری برگ‌ها نصب می‌شود [۵].

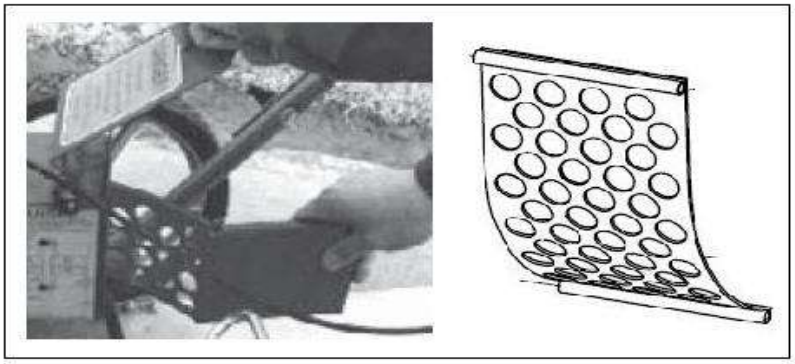
با توجه به اینکه در صفحه خردکننده، برگ‌ها باید از میان سوراخ‌ها عبورکنند، نیاز به یک جریان قوی هوا و در نتیجه یک فن مکنده با قدرت بالا می‌باشد. شکل۲ نمای شماتیکی از این صفحه و تصویری از محل نصب آن را در یک دستگاه مکنده- خردکننده برگ نشان می‌دهد.

با توجه به نیاز به یک فن مکنده با قدرت بالا برای دستگاه در حالت استفاده از شبکه خردکننده و خردشدگی بیشتر برگ‌ها در حالت استفاده از تیغه‌های خردکننده نسبت به شبکه خردکننده(با توجه به دور بالای محور گردشی تیغه‌ها)، تیغه‌های خردکننده برای قسمت خردکننده دستگاه انتخاب گردید. همچنین بعلت اینکه تیغه‌های خردکننده نوع مخلوط کن نسبت به بقیه تیغه‌ها دارای کاردهی بهتری برای برش برگ‌ها می‌باشند، یک مجموعه تیغه چهارتایی مخلوط‌کن انتخاب گردید.



شکل۱ . تصویری از انواع تیغه‌های خردکننده برگ.

5- Disc form shredder blades
6- Shredder screen



شکل۲. نمایی از صفحه خردکننده و محل نصب آن در دستگاه.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تعیین ابعاد تیغه خردکننده

برای تعیین ابعاد تیغه خردکننده مطابق با شکل۳، می‌بایست ابعاد قسمت‌های تیغه برشی که بصورت زیر تعریف شده‌اند، مطابق با استاندارد تیغه‌های خردکننده مواد طبیعی مانند برگ، تعیین می‌شد:

A : پهنای تیغه.

B : طول قسمت تیز(برنده) تیغه.

C : ضخامت تیغه.

D : فاصله قطری بین تیغه‌ها.

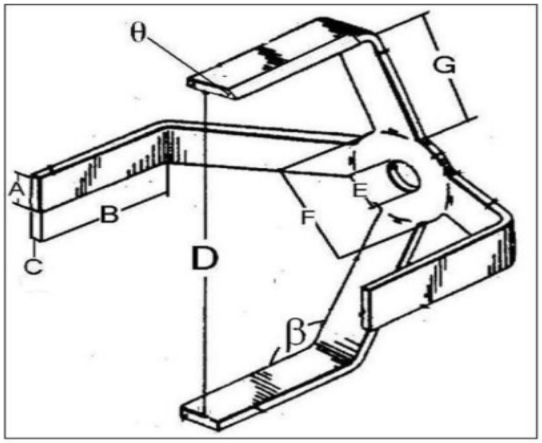
E : قطر سوراخ وسط تیغه‌ها.

F : قطر قسمت دایره‌ای تیغه.

G : طول قسمت بازوی تیغه.

θ : زاویه برشی تیغه(تیزی تیغه).

β : زاویه مابین قسمت برشی تیغه و بازوی تیغه.



شکل ۳. جانمایی ابعاد یک تیغه خردکننده چهارتایی.

۲-۲- تحلیل نرم‌افزاری تیغه خردکننده

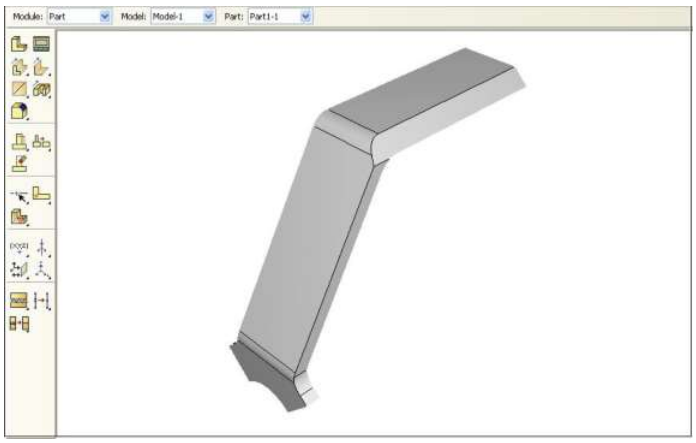
در این مقاله برای تحلیل نرم‌افزاری تیغه خردکننده از یکی از نرم افزارهای اجزاء محدود به نام آباکوس[1] استفاده شد. این نرم‌افزار بطور گسترده‌ای در صنعت اتومبیل سازی، هوافضا و صنایع ساخت کالاهای صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین این

1- Abaqus

بسته نرم‌افزاری به خاطر قابلیت گسترده در مدل‌سازی مواد مختلف و نیز توانائی سفارشی کردن آن بوسیله برنامه نویسی، در محیط‌های تحقیقاتی آکادمیک بسیار محبوبیت دارد. این بسته نرم افزاری دارای گستره وسیعی از مدل های مو د می باشد و دارای شهرت منحصر به فردی در زمینه تکنولوژی، کیفیت و قابلیت اطمینان می‌باشد[۱].

در این تحقیق از نرم افزار آباکوس 6.5-1 استفاده شد. با توجه به اینکه دستگاه مکنده- خردکننده دارای ۴ تیغه خردکننده می‌باشد و تیغه‌ها به طور همزمان و بطور مشابه، لیات خردکردن را انجام می‌دهند، فقط یکی از تیغه‌ها تحلیل شده است. نظر به اینکه تیغه دارای حرکت دورانی می‌باشد، تیغه در حالت دورانی و در یک دوره زمانی ۱ ثانیه- بعنوان مدت زمانی که تیغه تحت یک بار بیشنه قرار می‌گیرد که این زمان در حالت واقعیت بسیار کمتر خواهد بود- تحلیل شد.

برای تحلیل نرم‌افزاری تیغه در محیط نرم افزار آباکوس، ابتدا نقشه سه بعدی تیغه بوسیله نرم‌افزار کتیا[1] ترسیم و در محیط نرم‌افزار آباکوس وارد گردید. شکل۴ نمایی از نقشه سه بعدی تیغه، که در محیط آباکوس وارد شده را نشان می‌دهد.



شکل۴. نمایی از نقشه سه بعدی تیغه وارد شده در محیط نرم‌افزارآباکوس.

در مراحل بعدی مشخصات و خواص مکانیکی ماده مدل، مش بندی مدل، تعیین نوع حل و خواسته‌های مسئله، دوره زمانی دوران تیغه، شرایط مرزی و سرعت دورانی تیغه(۳۰۰۰ دور بر دقیقه با توجه به دور موتورهای محرک موجود در بازار) و بارگذاری روی تیغه (با توجه به مقاومت برشی برگ‌ها) به صورت گسترده روی لبه تیز تیغه، صورت گرفت. در مرحله بعد، نوع حل مسئله دینامیکی دوره زمانی ۱ ثانیه، انتخاب گردید. سپس نتایج مورد نظر بصورت کانتورهای تنش بدست آورده شد.

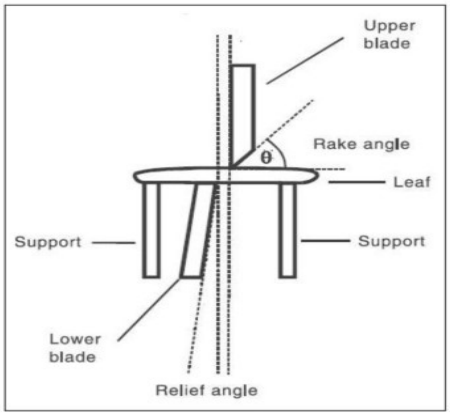
برای تحلیل نرم افزاری تیغه، بایستی که مقاومت برشی برگ‌های ریزش شده تخمین و محاسبه می‌گردید، بهمین جهت آزمایشی برای تخمین مقاومت برشی برگ‌های ریزش شده، طراحی گردید.

۲-۳- آزمایش تعیین مقاومت برشی برگ

با توجه به اینکه در دنیا آزمایش‌های مختلفی برای تعیین خواص فیزیکی برگ‌ها انجام شده است و یکی ازمواردی که در این آزمایش‌ها بررسی گردیده است، تعیین میزان مقاومت برشی برگ‌ها می‌باشد، با انتخاب یکی از این آزمایش‌ها و شبیه سازی آن، مقاومت برشی برگ‌ها تعیین گردید.

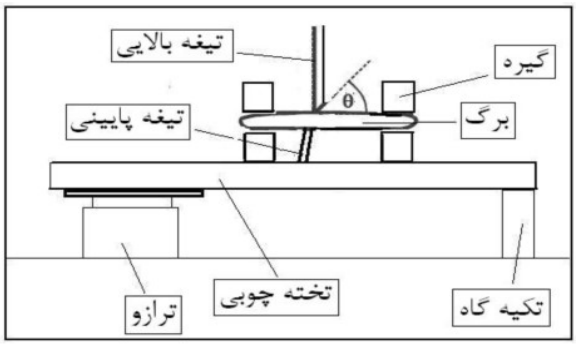
در سال ۲۰۰۱ سانسون[2] و همکاران [۱۵]، تعدادی آزمایش را برای تعیین خواص فیزیکی برگ درختان طراحی کردند؛ یکی از این آزمایش‌ها، آزمایش تعیین مقاومت برشی و انرژی برشی برگ بود. در این آزمایش مطابق با شکل۵، برگ مورد ارزیابی بر روی دو تکیه‌گاه عمودی قرارمی‌گرفت، سپس در زیر برگ یک تیغه ثابت، قرار گرفته بود. در بالای سطح برگ نیز یک تیغه متحرک تیز شده با زاویه معین(۴۵ درجه) که حرکتی در جهت بالا و پایین داشت، قرار داده شده بود. ضخامت تیغه‌ها ۴ میلیمتر و از جنس فولاد بودند. تیغه متحرک بالایی به یک استرین گیج[3] متصل بود که خود استرین گیج نیز به یک داده نگار متصل بود و حین حرکت به طرف پایین و با سرعت ۰/۸۴ میلیمتر بر ثانیه و برش برگ، نیروی برشی برگ را ثبت می‌کرد.

2- Catia
1- Sanson
2- Strain gauge



شکل۵. نمای شماتیکی از دیاگرام آزمایش انجام شده توسط سانسون و هم اران.

در آزمایشی که برای این تحقیق انجام شد، با استفاده از تجهیزات آزمایشگاه گروه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه شهرکرد و نظر به شبیه سازی آزمایش بالا، طرحی به صورت شکل۶ اجرا شد. طرح شامل یک تیغه بالایی (متحرک) و یک تیغه پایینی(ثابت)، دو گیره که برگ‌ها را بطور ثابت نگه می‌داشتند و بر روی یک تخته چوبی قرار گرفته بودند و یک تکیه‌گاه در یک سمت و یک ترازو که بر روی کفه آن تخته چوبی قرار گرفته بود، می‌شد. دقت ترازو در حد یک دهم گرم و به یک رایانه که از طریق نرم افزاری- مخصوص ترازوی مورد نظر- نیروی اعمال شده را ثبت می‌کرد، متصل بود. زاویه تیغه بالایی و ضخامت آن، بترتیب ۴۵ درجه و ۵ میلیمتر در نظر گرفته شد. تیغه بالایی برای حرکت رو به بالاو پایین به یک الکتروموتور و یک سیستم تسمه و پولی اتصال داشت که حرکت موتور از طریق سیستم تسمه و پولی به تیغه انتقال می‌یافت. سرعت حرکت تیغه تقریباً برابر با ۰/۱ میلیمتر بر ثانیه انتخاب گردید. لازم به توضیح اینکه یکی از مواردی که در این آزمایش در نظر گرفته شد، این بود که برگ مورد آزمایش کاملاً محکم و سفت توسط گیره‌های دو طرف نگه داشته شود تا از صرف شدن بخشی از نیروی بدست آمده در اثر خمش برگ جلوگیری شود.



شکل۶. نمای شماتیکی از طرح آزمایش انجام شده برای تعیین مقاومت برشی برگ.

با توجه به وجود یک تعادل نیرویی بصورت شکل، نیرویی که بر روی کفه ترازو اعمال می‌شد، مبنای محاسبه نیروی برشی برگ در نظر گرفته شد که با مطابق با شکل۶ :

F1: نیروی اعمالی ازکفه ترازو به تخته چوبی (برابر با نیروی اعمالی از تخته چوبی به ترازو).

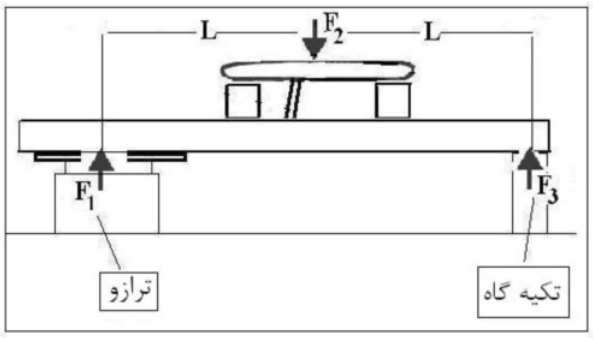
F2: نیروی برشی برگ.

F3: نیروی اعمالی از تکیه گاه به تخته چوبی.

با توجه به مساوی بودن فاصله تکیه گاه ومرکز کفه ترازو تا محل اعمال نیروی برشی برگ:

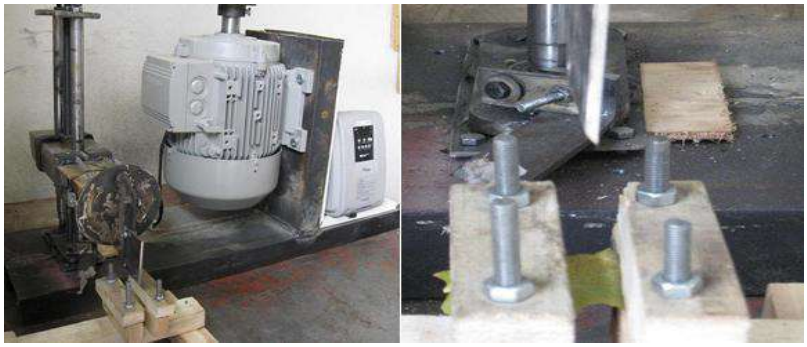
$$F_1 = F_3 \quad , \quad F_2 = 2 \cdot F_1$$

بنابراین نیروی اندازه‌گیری شده توسط ترازو نصف نیروی برشی می‌باشد.



شکل۷. نمای شماتیکی از سیستم تعادل نیرویی طرح آزمایش تعیین مقاومت برشی برگ.

شکل۸ تصاویری از آزمایش انجام شده را نشان می‌دهد.



شکل۸. تصاویری ازآزمایش تعیین مقاومت برشی برگ.

در این آزمایش برگ‌های ۵ گونه درخت شامل توت، چنار، نارون، بید و زبان گنجشک بعنوان درختان غالب فضای سبز در شهر اصفهان، جمع‌آوری گردید. ابتدا ضخامت هر برگ بوسیله یک دستگاه میکرومتر اندازه‌گیری شد. سپس با توجه به فاصله‌های بین گیره‌ها، هر برگ مورد آزمایش، بصورت یک تکه با طول و عرض بترتیب ۵ و ۳ سانتیمتر درآورده شد، بصورتی که عرض برش برگ ۳ سانتیمتر باشد. در مرحله بعد با سفت کردن دو سمت هر تکه زیرگیره‌های نگه دارنده، آزمایش برش بوسیله تیغه بالایی دستگاه، برای هر نوع برگ با سه بار تکرار انجام شد. سپس مقدار نیروهای اندازه گیری شده توسط ترازو که بوسیله نرم‌افزار ثبت می‌گردید، جمع‌آوری گردید و پس از آن مطابق با رابطه زیر، مقدار مقاومت برشی برگ بدست آورده شد:

$$\tau = \frac{F}{b \cdot t}$$

τ: مقاومت برشی برگ(Mpa)

F: نیروی برشی برگ (N)

b: عرض برش برگ(mm)

t: ضخامت برگ(mm)

۲-۴- تعیین جنس تیغه خردکننده

برای تعیین جنس تیغه‌های خردکننده برگ مطابق با استاندارد، با توجه به اینکه تیغه‌ها در تماس با برگ‌های خیس و مرطوب می‌باشند، برای جلوگیری از زنگ زدن تیغه باید ماده‌ای انتخاب می‌گردید که از زنگ زدن آنها جلوگیری کند.

۳-بحث و نتایج

۳-۱- ابعاد تیغه خردکننده

ابعاد تیغه خردکننده، برای هر یک از موارد اشاره شده بدین صورت در نظر گرفته شد:

بر اساس استاندارد تیغه‌های خردکننده مواد طبیعی مانند برگ[۱۲] و آزمایشی که برای تعیین مقاومت برشی برگ‌ها صورت گرفت[۱۵]، در این طرح زاویه برشی(تیزی) تیغه، ۴۵ درجه انتخاب گردید.

ضخامت تیغه‌های برشی برگ بر اساس استاندارد[۱۲]، از ۳ تا ۶ میلیمتر می‌باشد که با توجه به نوع عملیات ساخت و دسترسی راحت به ورق فولادی ۵ میلیمتر در بازار، ضخامت تیغه در این طرح ۵ میلیمتر در نظر گرفته شد.

طول قسمت برشی تیغه با توجه به استاندارد تیغه‌های برشی برگ [۱۲]، از ۴ تا ۱۰ سانتیمتر می‌باشد که در این طرح با توجه به ابعاد قسمتی که در آن تیغه‌های خردکننده قرار می‌گیرد، ۵ سانتیمتر انتخاب گردید.

قطر سوراخ وسط تیغه‌ها با توجه به اینکه مجموعه تیغه‌ها از طریق یک پیچ استاندارد، به شافت گرداننده متصل می‌شوند، ۱/۵ سانتیمتر در نظر گرفته شد.

قطر قسمت دایره‌ای تیغه، با توجه به ابعاد قسمتی که در آن تیغه‌های خردکننده قرار می‌گیرد، ۴ سانتیمتر در نظر گرفته شد.

فاصله قطری بین تیغه‌ها، با توجه به استاندارد تیغه‌های برشی برگ نوع مخلوط‌کن [۱۳]، مطابق با رابطه زیر بدست می‌آید:

$$D = \frac{d}{f}$$

D: فاصله قطری بین تیغه‌ها (m)

d : قطر دهانه ورودی برگ‌ها به قسمت خردکننده(m)

f: ضریب فاصله (برابر با ۱/۴ تا ۱/۷)

با توجه به در نظر گرفتن قطر دهانه ورودی برگ‌ها به قسمت خردکننده برابر با ۲۳ سانتیمتر و با توجه به موقعیت نصب تیغه و جهت بزرگ‌تر نشدن ابعاد آن، مقدار ضریب در رابطه بالا، ۱/۷ در نظر گرفته شد؛ در نتیجه فاصله قطری بین تیغه‌ها بصورت زیر محاسبه شد:

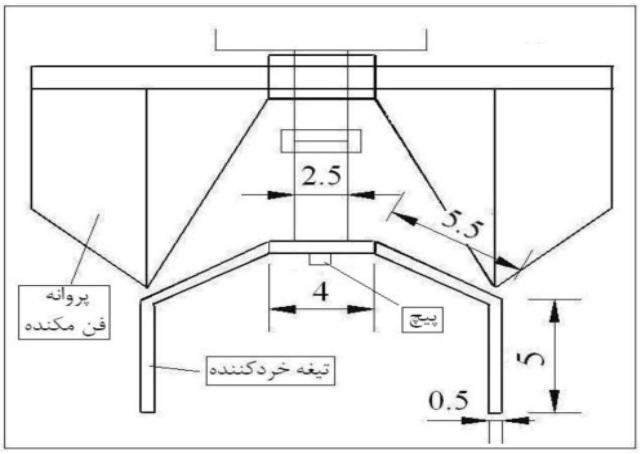
$$D = \frac{23}{1.7} = 13.53\ Cm$$

پهنای تیغه با توجه به قطر قسمت دایره‌ای تیغه، ۲ سانتیمتر در نظر گرفته شد.

زاویه مابین قسمت برشی تیغه و بازوی تیغه، با توجه به قرارگیری تیغه‌های خردکننده، در زیر فن مکنده ۱۲۰ درجه در نظر گرفته شد.

طول قسمت بازوی تیغه نیز با توجه موقعیت تیغه‌های خرد کننده در زیر فن مکنده دستگاه، ۵/۵ سانتیمتر در نظر گرفته شد.

شکل۹، ابعاد تیغه خرد کننده و همچنین جانمایی تیغه نسبت به پروانه فن مکنده دستگاه را نشان می‌دهد.



شکل۹. ابعاد تیغه خرد کننده و جانمایی تیغه نسبت به فن مکنده دستگاه (ابعاد به سانتیمتر).

۳-۲- تعیین مقاومت برشی برگ

پس از آزمایش تعیین مقاومت برشی برگ، نتایج حاصل از آزمایش مطابق با جدول ۱، تهیه گردید:

جدول ۱. مقدارنیروی برشی اندازه گیری شده برای ۵گونه برگ.

نوع برگ	ضخامت برگ(میلیمتر)	عرض برش برگ(سانتیمتر)	مقدارنیروی برشی اندازه گیری شده(گرم)		
			تکرار اول	تکرار دوم	تکرار سوم
توت	۱	۳	۸۵	۸۱/۴	۷۵
نارون	۱	۳	۷۰	۶۳	۵۸
چنار	۱	۳	۹۳	۱۰۱/۶	۹۷/۵
بید	۰/۵	۳	۲۳	۲۵/۶	۲۲
زبان گنجشک	۰/۵	۳	۳۱/۳	۳۰/۴	۳۴/۵

با توجه به جدول۱، بیشترین مقدار نیروی برشی برای برگ‌های با ضخامت ۱ میلیمتر، مربوط به برگ درخت چنار، با مقدار ۱۰۱/۶ گرم و برای برگ‌های با ضخامت ۰/۵ میلیمتر مربوط به برگ درخت زبان گنجشک، با مقدار ۳۴/۵ گرم بود که با توجه به رابطه تعیین مقدار مقاومت برشی برگ، مقاومت برشی برای دو برگ چنار و زبان گنجشک محاسبه گردید:

– مقاومت برشی برگ چنار

$$\tau = \frac{1.016}{1 \cdot \ 30} \approx 0.034\ Mpa$$

– مقاومت برشی برگ زبان گنجشک

$$\tau = \frac{0.345}{0.5 \cdot \ 30} = 0.023\ Mpa$$

که بیشترین مقاومت برشی مربوط به برگ چنار بود. با توجه به اینکه علاوه بر برگ‌های جمع‌آوری شده، امکان دارد همراه برگ‌ها، ساقه‌های کوچک یا مانده‌های دیگر نیز به طرف تیغه خردکننده مکش داشته باشند که دارای مقاومت برشی بیشتری نسبت به برگ باشند، بهمین جهت برای میزان مقاومت برشی بدست آمده، یک ضریب ایمنی ۲/۵(مطابق با روش پاگزلی) در نظر گرفته – شد و در تحلیل نرم‌افزاری تیغه خردکننده، مقدار مقاومت برشی بصورت زیر استفاده شد:

$$\tau = 0.034 \cdot \ 2.5 = 0.085\ Mpa$$

نکته‌ای که در اینجا حائز اهمیت بود، این است که با توجه به سرعت بسیار کم تیغه برش دهنده دستگاه آزمایش برش برگ، نیروی برشی در حالت تقریباً استاتیکی بدست آمده است، اما برگ‌ها در دستگاه مکنده– خردکننده برگ بعلت چرخش تیغه خردکننده دارای یک برش دینامیکی خواهند بود که با توجه به اینکه مقدار نیروی مورد نیاز در حالت دینامیکی کمتر می‌باشد، در نتیجه اعداد مورد استفاده در تحلیل و طراحی تیغه، از حاشیه امنیت خوبی برخوردار هستند.

۳-۳- تعیین جنس تیغه‌های خردکننده

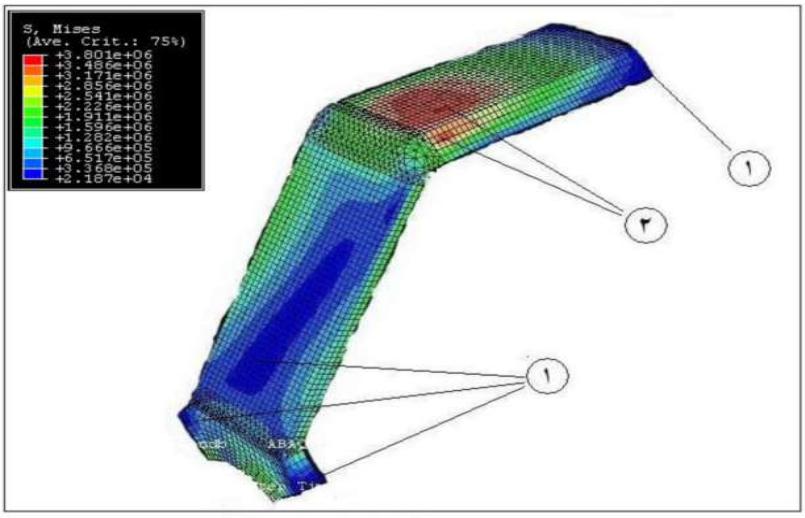
با توجه اینکه زنگ نزدن تیغه‌ها در این تحقیق مد نظر بود، بنابراین در این تحقیق فولاد زنگ نزن AISI 304 مطابق با استاندارد انجمن چدن و فولاد آمریکا (با توجه به دسترسی راحت به آن در بازار آهن آلات) انتخاب می‌گردد. جدول۲، مشخصات مکانیکی فولاد انتخاب شده را نشان می‌دهد [۲]:

جدول ۳-۴ مشخصات مکانیکی فولاد زنگ نزن AISI 304.

نام ماده	چگالی (Kgm-3)	استحکام تسلیم (Mpa)	استحکام نهایی کشش(Mpa)	مدول کشسانی(Gpa)	مدول صلابت(Gpa)
AISI 304	۷۹۲۰	۳۱۰	۶۵۰	۱۸۸	۷۵

۳-۴- تحلیل نرم افزاری تیغه خردکننده

پس از انجام تحلیل نرم‌افزاری تیغه و حل مسئله توسط نرم‌افزار آباکوس، خروجی نزم‌افزار بصورت کانتورهای تنش ایجاد شده در اثر اعمال بار، مطابق با شکل۱۰ بدست آمد.



شکل۱۰. نمایی از کانتورهای تنش ایجاد شده روی مدل تیغه خردکننده.

۴- نتیجه‌گیری

همانطور که در شکل۱۰ مشاهده می‌شود، بیشترین مقدار تنش بعلت تمرکز تنش ناشی از اعمال بار روی لبه تیغه، ناشی از پیچش و خمش، در نقاطی که با شماره۲ مشخص هستند، به اندازه 3.801 MPa رخ می‌دهد وکمترین مقدار تنش در نقاط شماره۱ و به اندازه 21.87 KPa ایجاد می‌شود. با توجه به مقدار استحکام تسلیم فولاد انتخابی که برابر با 310 Mpa می‌باشد، نتایج نشان می‌دهدکه تیغه وارد فاز پلاستیک نشده است و حاشیه امنیت بالایی برخوردار است و طراحی تیغه مشکلی ندارد.

۵-پیشنهادات

در خصوص تحلیل نرم‌افزاری تیغه می‌توان پیشنهاد کرد که تیغه بصورت اعمال یک بار متغیر برشی برگ روی آن با توجه به شرایط کاری تیغه، نیز تحلیل گردد تا اثرات و تنش‌های ناشی از این بار نیز روی تیغه مشخص گردد.

۶- منابع

۱. پورمعصومی، ع، ۱۳۸۵، آموزش نرم‌افزار آباکوس، تهران، نشر ناقوس.
۲. ساعتچی، ا و ادریس، ح، ۱۳۸۰، کلید فولاد، ویرایش دوم، اصفهان، نشر ارکان.
3. Anonymous, 2006. A green guide to yard care, Small Business and Environmental Assistance Division, Texas Commission on Environmental Quality, Austin, PP. 2-5.
4. Anonymous, 2002. Leaf and yard Waste composting Guidance Document, Department of Environmental Protection, Bureau of Waste Prevention, PP. 1-29.
5. Anonymous, 2007. Self-propelled vacuum chipper shredder owner's manual, USA, Billy Goat Company, http://www.billygoat.com.
6. Anonymous, 2005. Shredder-blower-vac catalogue, USA, Patriot Company, http://www.patriot.com.
7. Bold, A. J., S. E. Kodesch and W. F. Sheehan. 1995. Combination chipper/shredder and vacuum apparatus for lawns and gardens, US Patent Office, Patent No. 5, 381, 970.
8. Ford, S. N., 1994. Combination chipper and shredder apparatus and lawn vacuum machine. US Patent Office, Patent No.5, 340,035.
9. Hammett, J. D. and R. W. Trevino. 1998. Portable lawn and garden mulching vacuum. US Patent Office, Patent No.5, 794,864.
10. Leholm, A., 1998. Mulching tree leaves into lawns, Department of Horticulture, Michigan State University, E. Lansing, MI 48824, PP. 1-2.
11. McLaurin, W. J. and G. L.Wade. 2000. Composting and mulching, College of Agricultural and Environmental Sciences, University of Georgia, Circular 816, PP. 1-8.
12. Persson, S., 1987. Mechanics of cutting plant material, USA, American Society of Agricultural Engineers (ASAE).
13. Rote, S. J. and T. H. Lohr, 1993. Apparatus for picking up and shredding natural yard waste, US Patent Office, Patent No.5, 245, 726.

14. Ruhl, W. F., A.W. Nelson and J.J. Lucy. 1976. System for handling debris. US Patent Office, Patent No.3, 968,938.
15. Sanson. G., J. Read., N. Aranwela, F. Clissold, and P. Peeters, 2001. Measurement of leaf biomechanical properties in studies of Herbivory: Opportunities, problems and procedures, Australia, School of Biological Sciences, Monash University.
16. Somerlot, K. 2005. Composting autumn leaves, USA, Cornell Cooperative Extension of Onondaga County.
17. Williams, D. J. 2005. Leaf disposal, Cooperative Extension Service, Department of Natural Resources and Environmental Sciences, College of Agricultural, University of Illinois at Urbana-Champaign, NRES-18, PP. 1-3.