معرفی روش جدید برای طراحی خیش گاوآهن‌های برگردان دار (۱۵۱)

داود قنبریان[۱] و حامد شاهمیرزایی جشوقانی[۲]

چکیده

روش‌های سنتی طراحی خیش معمولاً شامل تعیین نماهای سطوح موثر صفحه برگردان و تیغه می‌باشند و در همه آن ها رسم نمای مقابل خیش به عنوان اولین قدم و مبنای طراحی محسوب می شود. یکی از مشکلات روش‌های موجود وجود سطوح اضافه و غیر موثر در صفحه برگردان است. در این تحقیق نخست با استفاده از راه کارهای ترسیمی روش جدیدی برای طراحی نمای مقابل خیش ارائه و سپس با استفاده از نرم افزار CATIA مدل سه بعدی خیش به دست آمد. مدل جدید با مدل‌های سه بعدی حاصل از روش‌های قدیمی مقایسه شد. نتایج نشان داد که روش جدید در مقایسه با روش های قبلی پایه و شوچکین به ترتیب cm^2 ۲۴۵ و cm^2 ۱۱۵ در مساحت مؤثر و cm^2 ۱۸۴,۵ و cm^2 ۶۹ در مساحت غیر مؤثر نمای مقابل کاهش داشته است. این روش از لحاظ پیروی لبه‌های مرزی صفحه برگردان از الگوی حرکتی لایه شخم به هنگام بالا آمدن و برگردان شدن، منطقی تر از روش‌های قبلی بوده و کاربرد آن باعث تسهیل در طراحی و ساخت خیش‌های برگرداندار خواهد شد.

کلیدواژه: طراحی خیش، گاوآهن برگردان دار، CATIA

۱- استادیار مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، پست الکترونیک: Ghanbarian51@yahoo.com
۲- دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

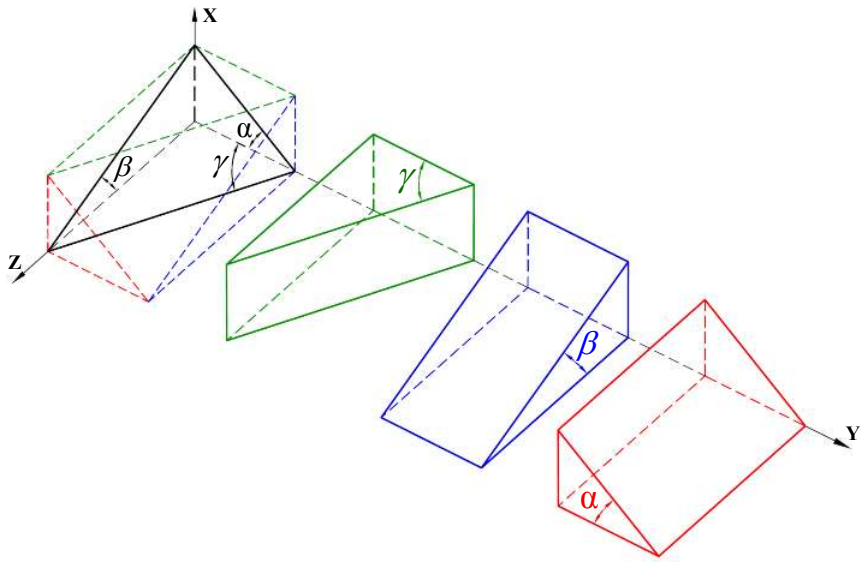
۱ - مقدمه

گاو آهن برگردان‌دار رایج ترین وسیله‌ای است که برای شخم اراضی کشاورزی و مراتع در جهان مورد استفاده قرار می-گیرد و بیشترین مصرف انرژی را در تولید محصولات کشاورزی به خود اختصاص می‌دهد[۴]. کسرائی و صبور روح اقدم مقدار خاکی که فقط به ازای یک بار شخم در زمین‌های زراعی ایران جابجا می‌شود را بیش از ۴۶ میلیارد تن برآورد نموده‌اند [۲]. چنانچه مقدار گازوئیل مصرفی برای به هم زدن یا برگردان کردن یک تن خاک را ۸×۱۰^{-۳} لیتر فرض کنیم برای انجام یک بار شخم در زمین‌های زراعی کشور $۳,۶\times۱۰^{۸}$ لیتر گازوئیل مورد نیاز خواهد بود[۱]. بنابراین طراحی صحیح ادوات و ماشین‌های خاک ورز – بخصوص گاوآهن‌های برگردان‌دار– نه تنها در بهبود عملکرد محصولات کشاورزی بلکه در مصرف بهینه سوخت و انرژی نیز تاثیر فراوان خواهد داشت. قسمت اصلی گاوآهن‌های برگردان‌دار که وظیفه برگردان کردن خاک را انجام می‌دهد خیش نام دارد که فرم و مشخصات هندسی آن معرف مقدار و چگونگی برگردان شدن خاک هستند. امروزه انواع مختلفی از خیش تولید می‌شوند که هر یک برای انواع خاصی از خاک، عمق کار و سرعت حرکت ماشین طراحی و توسعه یافته‌اند. روش‌های سنتی طراحی خیش بر اساس مقایسه ابعاد و انحناهای صفحه برگردان‌های مختلف و با در نظر گرفتن کیفیت کار آن‌ها که از بررسی نتایج آزمایشات مزرعه‌ای تعیین شده است، بدست آمده اند [۳] . این روشها معمولاً شامل تعیین ترسیمی نماهای سطوح موثر صفحه برگردان و تیغه می‌باشند. امروزه ورود کامپیوترهای شخصی به عرصه صنعت و کشاورزی باعث پیشرفت‌های چشم گیری در زمینه طراحی خیش شده است. کراسین و لوئن با استفاده از روش‌های تحلیلی و معادلات ریاضی، نرم افزاری را برای طراحی خیش معرفی کردند [۶] . ریشی و سریواستاوا امکان استفاده از ترسیمات سه بعدی کامپیوتری را برای طراحی خیش مورد بررسی قرار دادند [۷] . به هر حال در همه روش‌ها رسم نمای مقابل خیش به عنوان یکی از قدم‌های اولیه و اساسی در فرایند طراحی به شمار می‌رود. در این تحقیق روش ترسیمی جدیدی برای طراحی نمای مقابل خیش ارائه می‌شود. سپس با استفاده از نرم افزار CATIA V5 R16 تغییرات بوجود آمده در فرم و ابعاد کلی خیش با روش‌های سنتی مقایسه می‌شود.

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱ – مبانی نظری

طبق تئوری گاریاچکین ساختمان خیش گاو آهن‌های برگردان‌دار را می‌توان مانند گوه سه پهلوئی در نظر گرفت که از سه گوه ساده تشکیل شده است (شکل ۱). گوه‌ای که با زاویه α مشخص شده است لایه خاک را از کف شیار جدا کرده و آن را بالا می‌آورد. گوه‌ای که با زاویه β نمایش داده شده است لایه خاک را خم کرده و بر می‌گرداند و نهایتاً گوه‌ای که با زاویه γ رسم شده است لایه خاک را از دیواره شیار شخم جدا کرده و آن را به سمت راست مسیر حرکت هدایت می‌کند.



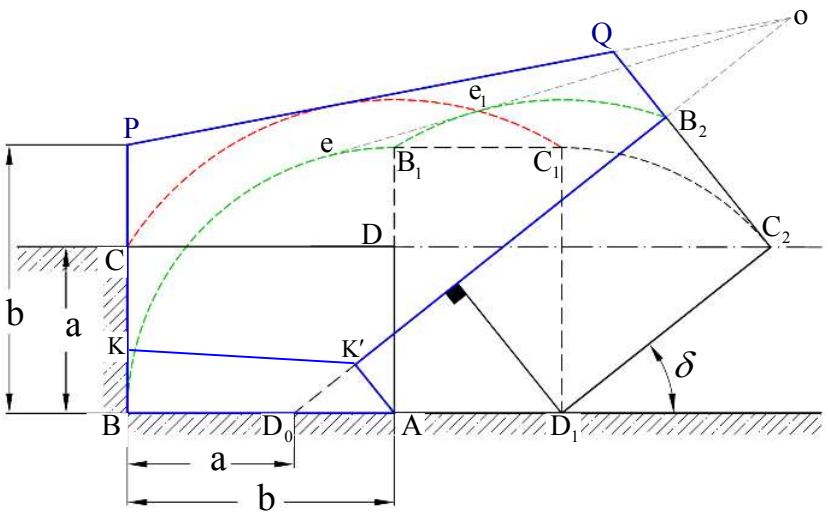
شکل ۱-گوه سه پهلو و گوه های ساده تشکیل دهنده آن

ازآنجا که هر یک از زوایای مذکور در تمام سطح کاری خود مقادیر ثابتی دارند، هنگام قرار گرفتن لایه خاک روی سطح گوه سه پهلو تغییر قابل توجهی – به خصوص در مورد برگردان شدن که هدف اصلی از کاربرد گاوآهن برگردان‌دار است– در آن ایجاد نمی‌شود. بنابراین خیش گاوآهن‌های برگردان دار را بایستی به صورت گوه‌ای سه پهلو با زوایای متغیر در نظر گرفت. مقدار و چگونگی تغییر هر یک از این زوایا نوع خیش را مشخص می‌کند و طبیعی است که بستگی به شرائط آگروتکنیک خاک و محصول دارد. به طور کلی خیش‌های گاوآهن‌های برگردان‌دار به چهار گروه تقسیم بندی می‌شوند: ۱- خیش‌های استوانه‌ای ۲- خیش‌های نیمه استوانه‌ای (یونیورسال) ۳- خیش‌های نیمه پیچیده ۴- خیش‌های پیچیده. با توجه به خصوصیات فیزیکی مکانیکی بیشتر خاک‌های زراعی، خیش‌های نیمه استوانه‌ای و نیمه پیچیده درعمل بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. روش‌های طراحی این دو نوع خیش عبارتند از: ۱- استفاده از یک منحنی راهنما و تابع تغ یرات γ ۲- استفاده از دو منحنی راهنما ۳- استفاده از روش منحنی راهنمای نمای مقابل. در هر سه روش فوق ابتدا بر مبنای نوع محصول و زمان کاشت، عمق (a) و عرض (b) شیار شخم یا به عبارت دیگر ضریب $k=\frac{b}{a}$ انتخاب شده و سپس رسم نمای مقابل خیش به عنوان اولین قدم و مبنای طراحی آغاز می‌شود.

۲-۲- تعیین نمای مقابل خیش

در روش پایه برای رسم نمای مقابل خیش از چهار لبه یا خط محیطی به شرح زیر استفاده می‌شود: ۱- لبه‌ی چپ یا پیشانی (PB) ۲- لبه‌ی پایینی (AB) ۳ - لبه‌ی راست (D_0B_2) ۴- لبه‌ی فوقانی (PQB_2). همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است در این روش با در نظر گرفتن $BD_0=a$ و $\delta=Arc\sin\frac{a}{b}$ لبه‌های راست و پائین رسم می‌شوند. برای ترسیم لبه‌ی فوقانی صفحه برگردان خط ee_1 را به صورت مماس مشترک بر دو منحنی B_1B_2 و BB_1 رسم کرده و آن را ادامه می‌دهند تا امتداد لبه‌ی راست صفحه برگردان را در نقطه o قطع نماید. اکنون اگر خط oe به عنوان لبه‌ی فوقانی صفحه برگردان انتخاب شود، بخشی از لایه برش خورده خاک که مربوط به مسیر حرکت نقطه C است، هنگام دوران از روی صفحه برگردان خارج می‌شود. برای رفع این مشکل ارتفاع لبه‌ی سمت چپ را تا رسیدن به عرض لایه شخم $H=b$ افزایش داده و سپس نقطه o را به آن وصل کرده و با P نمایش می‌دهند. به این ترتیب PB معرف لبه‌ی چپ یا پیشانی صفحه برگردان خواهد بود. اکنون با توجه به اینکه درنقطه B_2 لایه شخم از صفحه برگردان جدا می‌شود، B_2C_2 را امتداد می‌دهند تا خط OP را در نقطه Q قطع کند. بنابراین PQB_2 نیز لبه‌ی فوقانی خیش را مشخص خواهد کرد. برای رسم فصل مشترک تیغه و صفحه

برگردان (خط KK') نخست با استفاده از استانداردهای موجود، پهنای مناسب برای قسمت‌های جلو و عقب تیغه انتخاب می‌شود. سپس با رسم تصویر تیغه در نمای مقابل دو نقطه K و K' به یکدیگر متصل شده و نهایتاً با اتصال K' به A، شکل نمای مقابل تیغه تکمیل می‌شود.



شکل ۲- روش پایه برای طراحی نمای مقابل خیش

شوچکین برای رسم نمای مقابل استفاده از روش زیر را توصیه می‌کند [۵] . همان طور که از شکل ۳ دیده می‌شود، در این روش ابتدا پروفیل شیار شخم برای دو عمق a و $a+2.5\ cm$ با عرض شخم یکسان b رسم می‌شود. برای تعیین ارتفاع لبه‌ی چپ خیش از روابط زیر استفاده می‌شود:

$$H = b + 2_3\ cm \qquad a = 10\ cm$$

$$H = b + 1_2\ cm \qquad a = 12.5_17.5\ cm$$

$$H = b \qquad a \geq 20\ cm$$

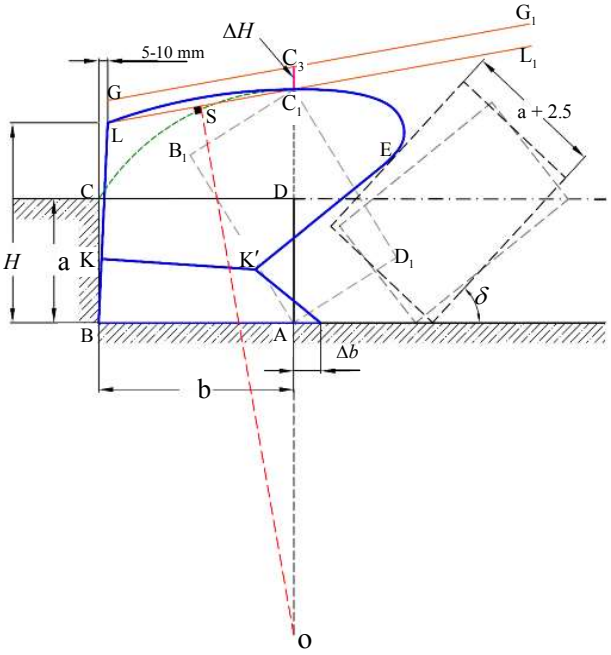
برای رسم لبه‌ی راست از نقطه E واقع در وسط ضلع فوقانی لایه ضخیم تر، خط EK' با زاویه معلوم δ رسم می‌شود. سپس به منظور رسم لبه‌ی فوقانی ابتدا مسیر حرکت نقطه‌ی C که قوسی دایره‌ای به مرکز A و به شعاع $\sqrt{a^2+b^2}$ است رسم می‌شود. بدیهی است که طبق شکل، AC معرف بیشترین مقدار ارتفاع این مسیر می‌باشد. با این وجود شوچکین برای تعیین ارتفاع بیشینه خیش استفاده از رابطه زیر را توصیه می‌کند:

$$H_{\max} = \sqrt{a^2+b^2} + \Delta H$$

که در آن:

$$\Delta H = +[0-2]\ cm \qquad \text{برای} \qquad a \geq 16\ cm$$

$$\Delta H = -[0-2]\ cm \qquad \text{برای} \qquad a \leq 15\ cm$$



شکل ۳- روش شوچکین برای طراحی نمای مقابل خیش

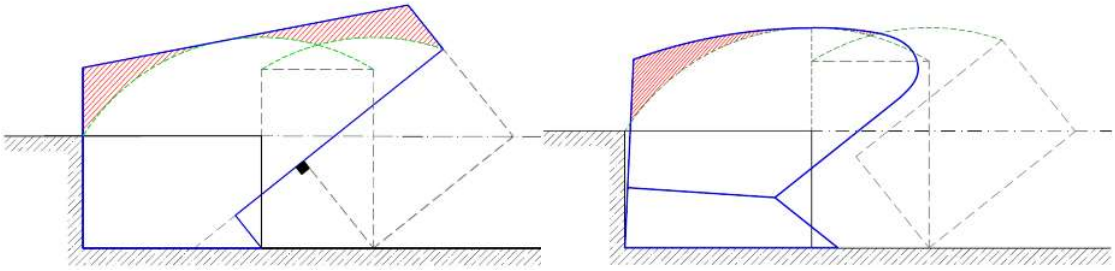
بنابراین برای رسم لبه‌ی فوقانی خیش نقطه L را به C_1 وصل کرده و سپس با محاسبه مقدار H_{max} از رابطه (1) نقطه C_3 را مشخص کرده و از آن خط GG_1 را به موازات خط LL_1 رسم می‌نمایند. سپس از نقطه S عمود منصف LC_1 را رسم نموده و آن را ادامه می‌دهند تا امتداد خط AC_1 را در نقطه O قطع کند. برای رسم لبه‌ی فوقانی خیش کافی است به وسیله قوس دایره‌ای به مرکز O و به شعاع $R=OC_1$ نقاط L و C به هم وصل شوند. این در شرائطی است که $H=b$ و $\Delta H=0$ انتخاب شده باشند در غیر این صورت باید با انتخاب شعاع $R=OC_3$ نقاط G و C_3 را به یکدیگر متصل نمود. بـ ای اتصال C به E از منحنی با شعاع دلخواه و مناسب استفاده می‌شود. در مواردی که خیش به پیش بر یا پیش خیش مجهز شده است، برای جلوگیری از تماس پیشانی خیش با دیواره شیار شخم وایجاد اصطکاک اضافه، هنگام طراحی خیش قسمت بالائی پیشانی آن به اندازه ۱۰-۵ میلی متر به سمت زمین شخم خورده متمایل می‌شود.

۳-۲ – بررسی روش‌های موجود و معرفی روش جدید

در روش پایه برای رسم نمای مقابل دو اشکال اساسی وجود دارد. نخست آنکه انتهای لبه‌ی بالائی خیش بزرگ تر از مقدار مورد نیاز است و دوم این که چون لایه شخم هنگام جدا شدن از روی صفحه برگردان کمی افزایش حجم پیدا می کند، جدا شدن آن از روی صفحه برگردان به سختی صورت خواهد گرفت. با مقایسه دو روش مذکور (شکل ۴) مشاهده می‌شود که استفاده از روش شوچکین دو مشکل فوق الذکر را بر طرف نموده است.

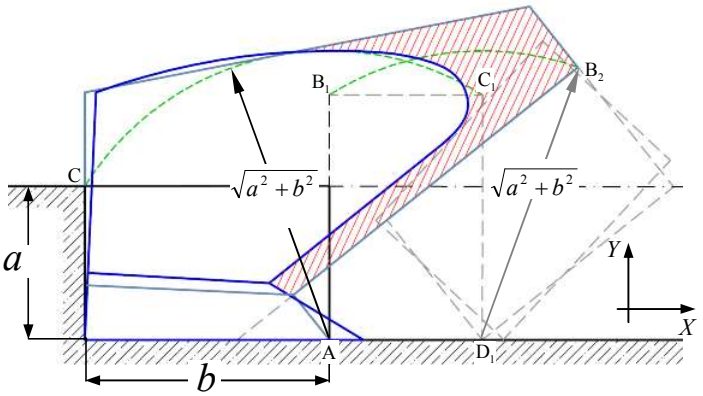
شکل ۴ – مقایسه روش شوچکین و روش پایه

ولی همان طور که در شکل ۵ دیده می‌شود در هر دو روش موجود، هنگام طراحی خیش سطوحی در صفحه برگردان ایجاد می‌شوند که هیچ گونه نقشی در برگردان کردن و به هم زدن خاک ندارند. همان گونه که دیده می‌شود، لایه خاک هنگام بالا آمدن بر روی سطح صفحه برگردان و برگردان شدن، از این قسمت ها که با هاشور نشان داده شده‌اند عبور نمی‌کند.

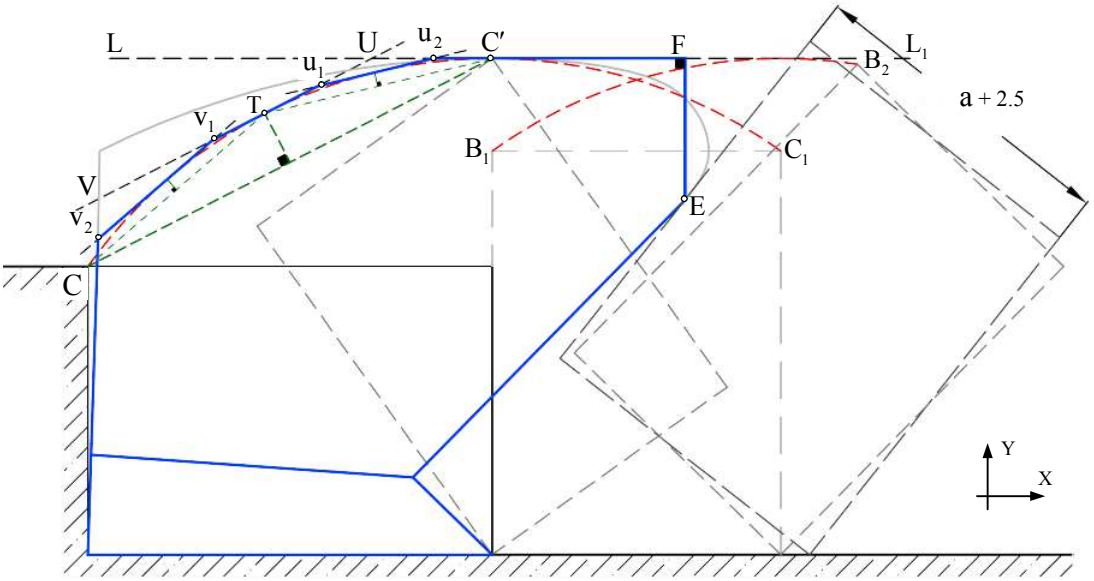


شکل ۵– سطوح غیر موثر ایجاد شده در: الف) روش پایه ب) روش شوچکین

به منظور استفاده بهینه از خیش و کم کردن سطوح غیر موثر، روش ترسیمی جدید به شرح زیر به کار گرفته شد. نخست با مراجعه به شکل ۴ مشاهده می‌شود که دو منحنی B_1B_2 و CC_1 مسیر حرکت بالاترین نقاط لایه شخم را روی صفحه برگردان مشخص می‌کنند. این دو مسیر در واقع کمان‌هایی از دو دایره به شعاع‌های $\sqrt{a^2+b^2}$ و به مراکز A و D_1 می‌باشند. برای ترسیم لبه‌ی فوقانی صفحه برگردان خط LL_1 را مماس بر این دو مسیر رسم می کنیم (شکل ۶). این خط مماس به دلیل هم اندازه بودن شعاع دو کمان و نیز برابر بودن موئلفه Y مراکز آن‌ها کاملاً افقی خواهد بود. برای وصل کردن لبه‌ی فوقانی به لبه‌ی پیشانی خیش، ابتدا وتر کمان CC' را رسم کرده و سپس عمود منصف آن را رسم می‌نماییم تا کمان را در نقطه T قطع کند. از این نقطه خطی بر کمان مماس کرده و از دو طرف امتداد می‌دهیم تا لبه‌های فوقانی و پیشانی خیش را به ترتیب



در نقاط U و V قطع نماید. سپس وترهای دو کمان TC و 'TC را رسم کرده و عمود منصف‌های آن ها را رسم می‌کنیم. مشابه حالت اول از محل برخورد عمود منصف‌ها با هر یک از منحنی‌ها، خطوطی را بر کمان مربوطه مماس می‌کنیم. خط مماس بر منحنی TC لبه پیشانی را در V_2 و مماس UV را در V_1 قطع می‌کند. به همین ترتیب خط مماس بر منحنی 'TC لبه فوقانی را در U_2 و مماس UV را در U_1 قطع خواهد کرد. سپس از وسط لبه‌ی فوقانی لایه شخم بزرگ تر یعنی همان نقطه‌ای که در

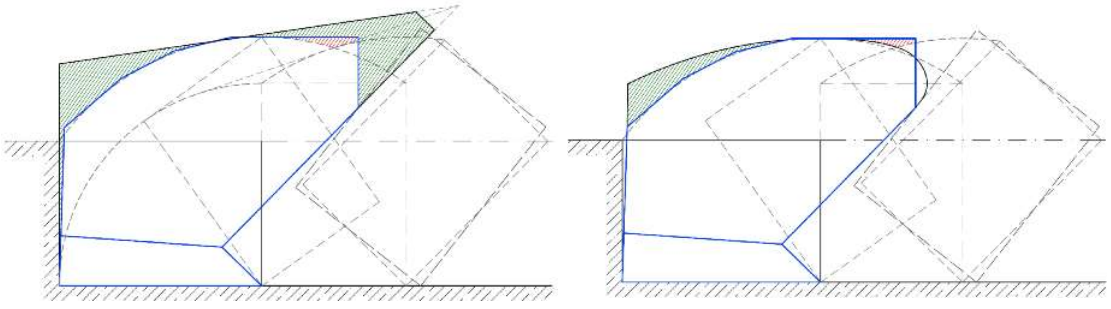


روش شوچکین برای ترسیم لبه‌ی بال از آن استفاده شد (نقطه E)، خطی بر قسمت افقی لبه‌ی فوقانی عمود می‌نماییم تا آن را در نقطه F قطع نماید. شکل ۶ نمای مقابل خیش را که از این روش به دست می‌آید نشان می‌دهد.

شکل ۶- روش جدید برای طراحی نمای مقابل خیش

۴-۲ -مقایسه روش جدید با روش‌های پایه و شوچکین

در شکل ۷ نمای مقابل بدست آمده از روش جدید با روش‌های پایه و شوچکین مقایسه شده است. سطوح غیر موثر در روش‌های قبلی با هاشور سبز و سطح اضافی در روش جدید با هاشور قرمز نمایش داده شده اند. از این تصویر به وضوح دیده می-شود که سطح غیر موثر در روش جدید به میزان چشمگیری از مقدار مشابه در روش‌های قبلی کمتر است.

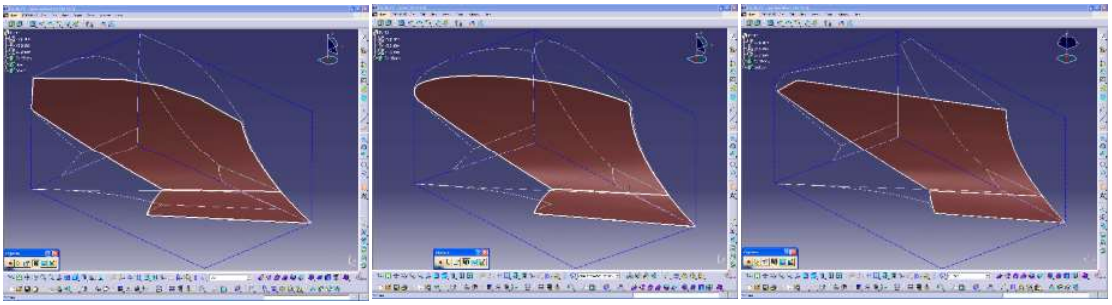


الف ب

شکل ۷- مقایسه نمای مقابل بدست آمده از روش جدید با الف) روش پایه ب) روش شوچکین

برای محاسبه مقدار سطوح غیر موثر و حجم‌های معادل آن، ابتدا بایستی به کمک هر یک از روش‌های مذکور و با ثابت در نظر گرفتن سایر موارد خیش را طراحی و نمای سه بعدی آن را مشخص کرد. بنابراین ابعاد و اندازه‌های استفاده شده برای هر سه روش یکسان در نظر گرفته شده و برای ترسیم نمای افقی خیش نیز در هر سه حالت از تابع تغییرات زاویه خطوط مولد استفاده

شد. برای طراحی و محاسبات مربوط به سطوح از آخرین نسخه نرم افزار CATIA (V5R16) که به دلیل سرعت بالای طراحی و قابلیت‌های ویژه آن یکی از نرم افزارهای برتر در طراحی مهندسی است، استفاده شد. لازم به ذکر است که تاکنون اطلاعاتی در زمینه طراحی گاوآهن برگردان‌دار به کمک این نرم افزار مشاهده نشده است. به این منظور با استفاده از محیط‌های Sketcher، Part Design، Generative Shape Design نخست نمای مقابل به کمک هر یک از سه روش مورد بحث ترسیم و سپس نماهای افقی آن ها با استفاده از تابع تغییرات زاویه خطوط مولد ترسیم شد. نهایتا لبه‌های مرزی صفحه برگردان به صورت سه بعدی رسم شده و با استفاده از ابزارهای محیط GSD، سطح صفحه برگردان بدست آمد.



شکل ۸- گاوآهن برگردان دار طراحی شده به سه روش پایه، شوچکین و جدید به ترتیب از راست به چپ (با استفاده از نرم افزار CATIA)

مقادیر محاسبه شده برای مساحت و حجم صفحه برگردان که با استفاده از روش‌های پایه، شوچکین و روش جدید به کمک نرم افزار CATIA محاسبه شده اند در جدول ۱ آورده شده است. مقادیر مربوط به حجم با در نظر گرفتن ضخامت ۱۰ میلیمتری برای ورق بدست آمده است.

	روش پایه	روش شوچکین	روش جدید
مساحت صفحه برگردان در نمای مقابل (cm^2)	1660	1530	1415
مساحت غیر موثر در نمای مقابل (cm^2)	200	84.5	15.5
حجم صفحه برگردان (cm^3)	2830	2380	2230
حجم غیر موثر در صفحه برگردان(cm^3)	300	132.5	26.5

نتایج و بحث:

نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که در روش جدید نسبت به روش پایه و شوچکین به ترتیب به میزان cm^2 ۲۴۵ و $۱۱۵cm^2$ از سطح صفحه برگردان در نمای مقابل و همچنین به میزان $۱۸۴,۵cm^2$ و $۶۹\ cm^2$ از سطوح غیر موثر ایجاد شده در این نما، کاسته شده است. همچنین در روش جدید نسبت به روش‌های پایه و شوچکین به ترتیب به میزان $۶۰۰cm^3$ و $۱۵۰cm^3$ از حجم صفحه برگردان و همچنین به میزان $۲۷۳,۵cm^3$ و cm^3 ۱۰۶ از حجم غیر موثر ایجاد

شده کاسته می‌شود. بنابراین کاربرد روش جدید نسبت به روش شوچکین با کاهش ۷,۳ درصدی حجم باعث کاهش مواد مورد نیاز برای ساخت صفحه برگردان و در نهایت سبک تر شدن خیش می‌شود. این روش از لحاظ پیروی لبه‌های مرزی صفحه برگردان از الگوی حرکتی لایه شخم به هنگام بالا آمدن و برگردان شدن، منطقی تر از روش‌های قبلی بوده و کاربرد آن باعث تسهیل در طراحی و ساخت خیش‌های برگردان‌دار خواهد شد.

منابع

۱. شفیعی ا. اصول ماشینهای کشاورزی (تالیف کپنر و همکاران)،۱۳۷۱ ، انتشارات دانشگاه تهران ، ۴۶۸ ص.

۲. کسرائی م. و صبور روح اقدم ع، ۱۳۸۳، مطالعه سایش در ابتدای تیغه برش گاوآهن برگردان دار. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی۴ (۱۱):۱۱۷-۱۲۴

3. Bernacki H., Haman J., Kanafojski Cz, 1972, Agricultural Machines, Theory and Construction. Vol. I, U.S. Department of Commerce, Springfield, U.S.A.
4. Handbook of Agricultural Machinery. 1967. Vol. I, Mashinostroienie, Moscow (in Russian).
5. Mechanical Engineering Encyclopedia. 1998. Vol. IV(16), Mashinostroienie, Moscow (in Russian).
6. Craciun V., Leon, D., 1998. An Analytical Method for Identifying and Designing a Moldboard Plough Surface. Transactions of the ASAE, vol. 41 (6):1589- 1599 , Michigan, USA.
7. Richey, S., et al. 1989. The use of Three Dimensional Computer Graphics to Design Moldboard Plough Surfaces.Journal of Agricultural Engineering Research. 1989, 43, 245- 258, UK.