مجله کشاورزی، دوره ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۸۷، صص ۱۷۴ – ۱۶۳

طراحی و ساخت پروفیلوگراف خودکار صفحه برگردان

جعفر مساح [*]، رضا علیمردانی [**]، جواد خزایی [***] و سید مهدی شریعتمداری [***]

تاریخ وصول مقاله : ۸۶/۷/۱ و تاریخ پذیرش مقاله : ۸۷/۴/۳۱

چکیده

در این تحقیق، روش کار پروفیلوگراف خودکار صفحه برگردان با تغییر حسگر بررسی شد. پروفیلوگراف طراحی شده یک وسیله الکترومکانیکی بود که به منظور بهبود دقت آن به جای یک میکروسویچ و موتور DC از یک حسگر نوری و یک سیستم کنترل دور موتور DC استفاده شد. بدین ترتیب سطح موردنظر با کمک حسگر بدون تماس سنجش می‌شود. این دستگاه خطوط هم‌تراز منحنی‌های سه بعدی صفحه برگردان را در ترازهای یکسان ترسیم می‌نماید. از پروفیلوگرام‌های ترسیم شده می‌توان به عنوان نقشه‌هایی برای کنترل طراحی صفحه برگردان و همچنین الگوبرداری از سطح آن استفاده نمود. از یک سطح استوانه‌ای فلزی به عنوان الگوی ترسیم برای مقایسه دقت دو حسگر استفاده شد. برای هر حسگر سه نوبت آزمایش انجام و از میانگین آنها استفاده شد. ترسیم‌های حاصل از هر دو حسگر به جای خط منحنی از یک دایره، منحنی پله‌ای شکل بود. برای مقایسه ترسیم‌های حاصل از دو حسگر ارتفاع و طول پله‌های ترسیمی در نقاطی یکسان ارزیابی شد. نتایج نشان داد که با استفاده از حسگر نوری، میزان خطا در ترسیم منحنی دایره‌ای شکل ۳۰ درصد کمتر است. برای نشان دادن کارآیی دستگاه، پروفیلوگرام‌های افقی و قایم یک نوع صفحه برگردان نیمه استوانه‌ای ترسیم شد.

کلمات کلیدی: صفحه برگردان، پروفیلوگراف، پروفیلوگرام، ماشین‌های کشاورزی، حسگر

[*] – استادیار، گروه فنی کشاورزی، دانشکده فنی و مهندسی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران – ایران (**jmassah@ut.ac.ir**)

[**] – استاد، گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران – ایران

[***] – استادیار، گروه فنی کشاورزی، دانشکده فنی و مهندسی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران – ایران

مقدمه

برای طبقه‌بندی گاوآهن‌ها معیار دقیقی وجود ندارد و تشخیص نوع دقیق صفحه برگردان‌ها و عملیات اجرایی آنها همواره با تردید همراه است. شکل صفحه برگردان بر مقاومت کششی آن تأثیر زیادی دارد. یعنی تناسب ابعاد هندسی و طرح صفحه برگردان با شرایط زراعی، سهم زیادی در مصرف بهینه انرژی دارد. برای استفاده بهینه و آگاهی از کارآیی و عملکرد صفحه برگردان‌ها در خاک‌های زراعی، تهیه پروفیلوگرام صفحه برگردان ضروری است (۳). همچنین برای کنترل صحت سطوح صفحه برگردان‌ها و زوایای آن بعد از ساخت، پروفیلوگرام صفحه برگردان با تیغه لازم است (۱).

یک روش فیزیکی برای تشریح سطح یک صفحه برگردان ابداع شد. در تحقیقی دیگر، از روشهای گرافیکی برای تشریح شکل صفحه برگردان استفاده شد. اولین پروفیلوگراف فتوگرافیک که یک وسیله بصری بود ابداع گردید (۳). یک پروفیلوگراف دستی ابداع شد که می‌توانست پروفیلوگراف‌های قایم را ترسیم نماید. در پروفیلوگراف مذکور صفحه برگردان که بر روی سکوی نگهدارنده‌ای سوار شده بود به وسیله یک پیچ دستی در فواصلی مساوی حرکت داده می‌شد تا پروفیلوگرام‌های قائم آن ترسیم گردد (۲).

در تحقیقی یک پروفیلوگراف ابداع شد که دارای دو بازو بود که در دو امتداد مختلف قرار داشت. این دو بازو دارای چرخ‌هایی برای سنجش انحنای سطح موردنظر بودند. انحنای مورد سنجش توسط این چرخ‌ها به یک وسیله ثبات انتقال یافته و درج می‌گردید (۴).

در تحقیقی دیگر پروفیلوگرافی ابداع شد که دارای سه چرخ نگهدارنده جلو، وسط و عقب بود. این سه چرخ در یک امتداد قرار داشتند. چرخ جلو و وسط بر روی یک چهارچوب و چرخ عقب بر روی یک چهارچوب دیگر سوار شده و چهارچوب چرخ عقب روی محور چرخ وسط لولا شده بود. این پروفیلوگراف با این مکانیزم قادر به اندازه‌گیری انحناء و شیب سطح بود (۶).

یک پروفیلوگراف الکترومکانیکی ساخته شد که با استفاده از یک میکروسویچ تأخیری موجود در نوک یک میله رسام انحنای سطح صفحه برگردان را تقلید و قلم رسمی که در خط‌کش متحرک قرار داشت آن را ترسیم می‌کرد (شکل ۱). بعد از این‌که خط‌کش یک مسیر روی صفحه برگردان را طی می‌کرد و به انتهای کورس خود می‌رسید، یک میکروسویچ فرمان بالا روی به میزان قابل تنظیمی را می‌داد تا پروفیلوگراف بعدی ترسیم شود (۵).

هدف از این تحقیق، بهبود دقت کاری پروفیلوگراف مزبور می‌باشد که در آن حسگر نوری و کنترل دور موتور DC جایگزین میکروسویچ شده است. به عبارت دیگر با به‌کارگیری ابزار سنجش با دقت و سرعت عمل

بیشتر در پروفیلوگراف الکترومکانیکی، خطای ترسیمی آن کاهش داده می‌شود.

مواد و روشها

دستگاه پروفیلوگراف خودکار یک وسیله الکترومکانیکی است که به منظور ترسیم خطوط هم‌تراز منحنی‌های سه بعدی صفحه برگردان ساخته شده است. به وسیله این دستگاه می‌توان علاوه بر سطح صفحه برگردان سطوح دیگری مانند بدنه خودرو، هواپیما و غیره را در مرحله قالب‌سازی و بعد از تعمیر مورد بررسی قرار داد. به‌طورکلی با این دستگاه می‌توان خطوط هم‌تراز سطوح منحنی سه بعدی را به صورت دو بعدی تجزیه و تحلیل نمود (شکل ۱).

چون سطح بیرونی یک صفحه برگردان به یک سطح شلجمی شباهت دارد و میله رسام باید سطح بیرونی این شلجمی را طی کند، لذا سه حرکت خطی برای میله رسام، در امتداد طولی، در عمق و در ارتفاع صفحه برگردان در نظر گرفته شد. این دستگاه دارای سه درجه آزادی می‌باشد و در آن از سه موتور DC گیربکس‌دار برای ایجاد حرکت خطی استفاده شده است. یک موتور گیربکس‌دار در پایین دستگاه به وسیله یک محور طولی از دو طرف صفحه رسم را در جهت محور z به‌وسیله زنجیر و چرخ زنجیر به حرکت درمی‌آورد. موتور گیربکس‌دار دیگری خط کش متحرک را در امتداد محور y به وسیله زنجیر و چرخ زنجیر حرکت می‌داد و موتور سوم میله رسام را در امتداد محور x کنترل می‌کرد. باتوجه به مختصات موردنظر در شکل (۲)، محدوده کورس مفید این دستگاه در امتداد محورهای x، y و z به‌ترتیب ۹۰، ۱۳۰ و ۱۲۰ سانتی‌متر بود.

همان‌طورکه در شکل (۳) نشان داده شده است، در پروفیلوگرافی که قبلاً ساخته شده بود برای تعقیب سطح منحنی صفحه برگردان از یک میکروسویچ تأخیری استفاده شده بود. در این روش یک تیغه، دو کنتاکت K1 وK2 میکروسویچ که فرمان چپ گرد و راست گرد به موتور DC می‌دادند را قطع و وصل می‌کرد تا بدین وسیله با تغییر جهت گردش موتور (جهت محور x) تماس نوک میله رسام با صفحه برگردان حفظ شود. برای بهبود مکانیزم فوق از یک حسگر نوری (Fotek, model MR–30XP, Taiwan) استفاده شد تا از خطاهای ناشی از تماس با سطح صفحه برگردان جلوگیری شود (شکل ۴).

در شکل (۵) بلوک دیاگرام دستگاه نشان داده شده است. حسگر نوری ابتدا فاصله بین نوک میله رسام را که حسگر در آنجا نصب شده با سطح مذکور (با دقت یک میلی‌متر) سنجش می‌نماید. درصورتی‌که بین مقدار فاصله مبنا و فاصله مورد سنجش توسط حسگر اختلافی باشد، برای تغییر این فاصله به موتور فرمان داده می‌شود. اگر این فاصله از مقدار فاصله مبنای تعیین شده بیشتر باشد، فرمان حرکت میله رسام به سمت صفحه برگردان و در غیر این صورت فرمان برعکس داده می‌شود. تغییرات فاصله به

صورت تغییرات ولتاژ بین صفر تا پنج ولت به بُرد کنترل‌کننده دور موتور DC فرستاده می‌شود. بُرد کنترل‌کننده دور موتور DC باتوجه به ورودی خود خروجی به صورت ولتاژ بین ۱۲- تا ۱۲+ ولت را تأمین می‌کند و به موتور DC می‌فرستد. در این بُرد دو عدد پتانسیومتر چند کاناله تعبیه شده است که یکی برای تنظیم صفر خروجی و دیگری برای تغییر بهره خروجی به کار می‌رود.

دستگاه پروفیلوگراف خودکار صفحه برگردان شامل دو قسمت اصلی یعنی حامل صفحه برگردان و رسام می‌باشد.

حامل صفحه برگردان

حامل صفحه برگردان ۷۵ کیلوگرم وزن دارد و وظیفه آن نگهداشتن، جابجایی و تغییر موقعیت صفحه برگردان در مقابل رسام است. این وسیله به گونه‌ای طراحی شده که وزن صفحه برگردان تا ۱۰۰ کیلوگرم را تحمل نموده و در هنگام جابجایی آن تعادل خود را حفظ می‌نماید. این وسیله قادر است صفحه برگردان را در هر موقعیت زاویه‌ای به‌خصوص در دو موقعیت افقی و قایم برای ترسیم پروفیلوگرام‌های مربوطه تنظیم نماید. همان‌طورکه در شکل (۶) نشان داده شده است، به منظور قابلیت تنظیم وسیله برای انواع صفحه برگردان‌ها، پایه متحرک داخل پایه ثابت حرکت کشویی دارد و بدین‌وسیله ارتفاع پایه متحرک می‌تواند تنظیم شود. دو عدد یاتاقان بلبرینگی به وسیله پیچ و مهره روی سکو متصل شده است. این دو یاتاقان بلبرینگی قابلیت چرخش نگهدارنده و صفحه برگردان را فراهم می‌کند. یک انتهای نگهدارنده صفحه برگردان به سینه خیش و انتهای دیگر آن به یک میله فرمان متصل شده است. میله فرمان وظیفه تعیین موقعیت و تراز عرضی صفحه برگردان را به عهده دارد که تراز طولی دستگاه توسط مکانیزمی که به شاسی اصلی حامل صفحه برگردان متصل شده، انجام می‌شود.

رسام

این دستگاه به ابعاد ۱۵۰ ۷۲ ۱۵۲ سانتی‌متر ساخته شده و۲۵۰ کیلوگرم وزن دارد. به علت اهمیت تراز قرار گرفتن دستگاه در کنار صفحه برگردان، چهار عدد پایه قابل تنظیم در چهار گوشه شاسی وظیفه تراز طولی و عرضی دستگاه را به عهده دارند. در گوشه‌های داخلی شاسی چهار عدد ریل نصب شده که هدایت‌کننده صفحه رسم به بالا و پایین می‌باشند. حرکت بالا و پایین صفحه رسم از دو طرف توسط زنجیر و چرخ زنجیر از یک موتور گیربکس‌دار موجود در قسمت پایین دستگاه تأمین می‌شود.

سرعت حرکت صفحه رسم (در امتداد محور z) دو سانتی‌متر بر ثانیه می‌باشد. برای یکنواختی حرکت صفحه رسم در کورس خود از وزنه‌های تعادل استفاده شده است (شکل ۲). نیروی وزن وزنه‌های تعادل به‌طور مساوی به دو طرف صفحه رسم وارد می‌شود. این وزنه‌ها نیروی لازم برای بالا و پایین آوردن صفحه رسم را تعدیل نموده و درنتیجه هنگام بالا و پایین آوردن صفحه رسم نیروی یکسانی به موتور وارد می‌شود. در دو طرف صفحه رسم دو ریل طولی

قرار گرفته که وظیفه هدایت خطکش متحرک را به عهده دارند. خطکش متحرک حرکت خود را توسط زنجیر و چرخ زنجیر (در امتداد محور y) از یک موتور ۱۲ ولت گیربکس‌داری که در زیر شاسی صفحه رسم نصب شده است می‌گیرد.

سرعت خطکش متحرک (در امتداد محور y) پنج سانتی‌متر بر ثانیه می‌باشد. در قسمت بالای خطکش متحرک دو راهنما تعبیه شده است که میله رسام می‌تواند داخل آنها (در امتداد محور x) حرکت نماید. همان‌طورکه در شکل (۸) نشان داده شده است در نوک میله رسام یک حسگر نوری نصب شده که به وسیله یک موتور گیربکس‌دار فاصله، d، میله رسام تا سطح موردنظر را درحالی‌که خطکش متحرک در امتداد طولی صفحه برگردان حرکت داده می‌شود به‌طور ثابت حفظ می‌نماید. بدین‌وسیله سطح موردنظر بدون تماس داشتن با حسگر سنجش می‌شود. ابتدا و انتهای محدوده حرکت میله رسام به وسیله نصب دو عدد میکروسویچ کنترل می‌شود که محل آنها قابل تغییر است.

دستگاه را می‌توان به دو صورت دستی و خودکار کنترل نمود. در ابتدا باتوجه به ابعاد صفحه برگردان کورس افقی خطکش متحرک و کورس عمودی صفحه رسام با تغییر موقعیت مکانی میکروسوئیچ‌ها تنظیم می‌شود. سپس صفحه رسام در پایین‌ترین نقطه صفحه برگردان به صورت کنترل دستی آورده می‌شود. بعد از قرار گرفتن میله رسام در موقعیت مناسب، رسام در حالت خودکار راه‌اندازی می‌گردد. خطکش متحرک باتوجه به سنسور نوری که در انتهای آن قرار گرفته به وسیله یک موتور الکتریکی در فاصله‌ای معین با سطح صفحه برگردان هدایت می‌شود. در انتهای کورس افقی خطکش متحرک یک میکروسوییچ، تایمری را به کار می‌اندازد. این تایمر باتوجه به زمان تنظیم شده آن، موتور گیربکس‌داری که صفحه رسام را به سمت بالا به حرکت درمی‌آورد، به کار می‌اندازد. درحقیقت با تنظیم زمان تایمر، فاصله بین خطوط هم‌تراز تنظیم می‌شود. در هر کورس خطکش متحرک، یک منحنی از خطوط هم‌تراز صفحه برگردان ترسیم می‌شود. بعد از رسم خطوط هم‌تراز صفحه برگردان، همان‌طورکه در شکل (۹) نشان داده شده است، صفحه رسام به بالاترین نقطه کاری خود می‌رسد که در این مرحله با تحریک یک میکروسوییچ (کنترل‌کننده کورس عمودی) به‌طور خودکار به نقطه شروع کاری می‌آید تا برای ترسیم سطح بعدی آماده باشد.

دو قاب در کنار دستگاه مسیر حرکت وزنه‌های تعادل را می‌پوشانند و دو قاب در کف شاسی قرار می‌گیرند تا روی رله‌ها و سیستم انتقال توان پوشانده شود. به منظور افزایش کورس صفحه رسم یکی از دو قابی که در روی کف شاسی نصب می‌شوند دارای ارتفاع کمتری است.

ارزیابی دستگاه

برای ارزیابی دستگاه، در ابتدا سیستم جدید با سیستم قبلی مقایسه شد و سپس پروفیلوگرام‌های افقی و قایم یک نوع صفحه برگردان نیمه استوانه‌ای ترسیم گردید.

مقایسه بین دقت ترسیم حسگر میکروسوئیچی و نوری

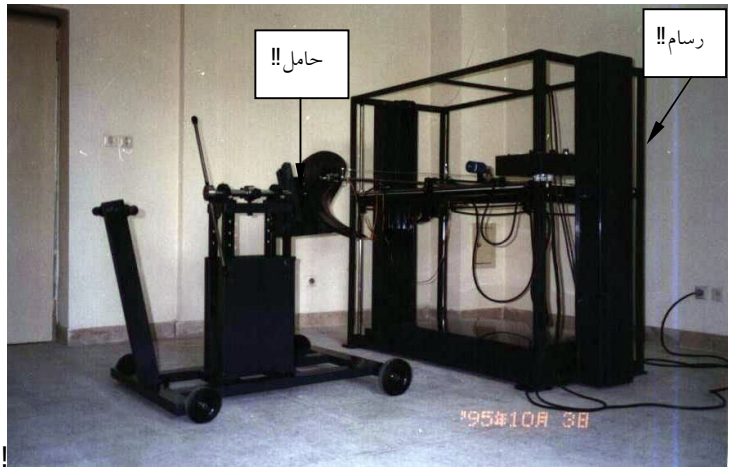
برای مقایسه حسگر میکروسوئیچی (شکل ۱۰ – الف) و حسگر نوری (شکل۱۰ – ب) از یک سطح استوانه‌ای فلزی به شعاع ۳۱۵ میلی‌متر به عنوان الگوی ترسیمی استفاده شد. یک منحنی به طول ۵۴۰ میلی‌متر از سطح مذکور به وسیله دو حسگر ترسیم گردید. این آزمایش با هر حسگر سه نوبت تکرار و نتایج آن میانگین گرفته شد. ترسیم‌های حاصل با نیم دایره‌ای به شعاع ۳۱۵ میلی‌متر مقایسه شد. ترسیم‌های حاصل از هر دو حسگر به جای خطی منحنی از دایره، منحنی پله‌ای شکل بود. علت این امر وجود تأخیر زمانی در حسگرها بود. سپس برای مقایسه ترسیم‌های حاصل از دو حسگر ارتفاع و طول پله‌های ترسیم شده، در نقاط یکسان سنجش شد (شکل ۱۱). البته هرچه مساحت پله‌های ایجاد شده کمتر باشد شکل ترسیمی به منحنی از دایره نزدیکتر است و درنتیجه خطای ترسیمی کمتر می‌باشد. خطای ترسیمی منحنی رسم شده با استفاده از سنسور نوری نسبت به میکروسویچ از فرمول (۱) محاسبه شد :

$$n\% = \frac{h_2 t_2}{h_1 t_1}.100 \qquad (۱)$$

در این رابطه، t_2 ارتفاع و h_2 قائده پله‌های مثلثی شکل ترسیم شده با استفاده از سنسور نوری، t_1 ارتفاع و h_1 قایده پله‌های مثلثی شکل ترسیم شده با استفاده از میکروسوئیچ و $n\%$ درصد خطای منحنی رسم شده با استفاده از سنسور نوری نسبت به میکروسوئیچ می‌باشد. با جایگزاری ارتفاع و قائده پله‌های مثلثی شکل رسم شده توسط دو حسگر در این معادله مشخص شد که مساحت پله‌های رسم شده با حسگر نوری ۳۰ درصد سیستم قبلی بود.

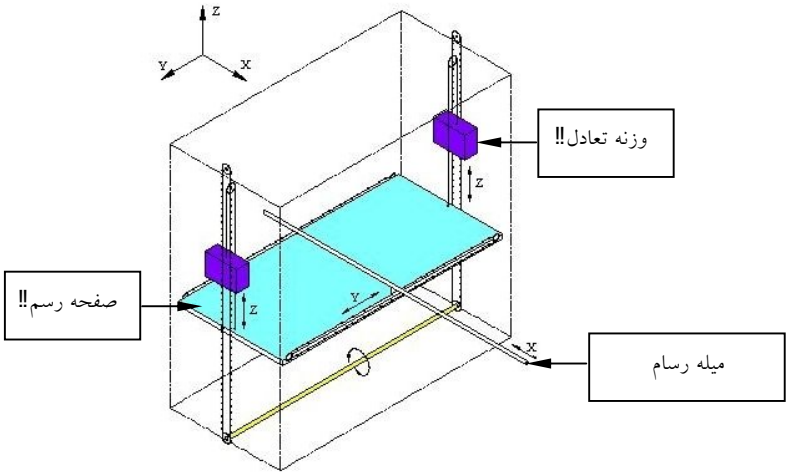
آزمایش عملکرد دستگاه

برای آزمایش عملکرد دستگاه یک صفحه برگردان نیمه استوانه‌ای انتخاب گردید. صفحه برگردان به صورت افقی و قائم در روی حامل تنظیم شد سپس هم‌زمان با تراز حامل، افقی و قائم بودن لبه تیغه آن برای رسم پروفیلوگرام‌های افقی و قائم کنترل گردید (شکل ۱۲). بعد از تنظیم حامل، خطوط هم‌تراز صفحه برگردان به وسیله دستگاه رسام ترسیم گردید. سپس خط پیرامونی صفحه برگردان باتوجه به انتهای خطوط هم‌تراز ترسیم گردید (شکل ۱۳).



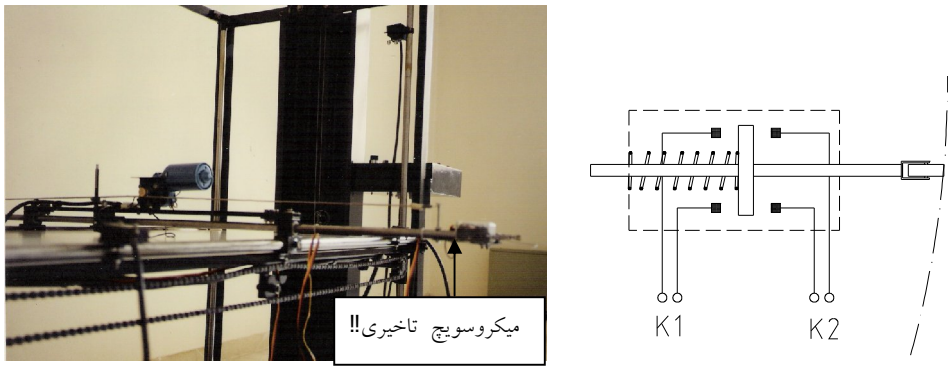
شکل ۱ – دستگاه پروفیلوگراف خودکار صفحه برگردان (۲)

Fig. 1. Designed automatic moldboard profilograph by Massah



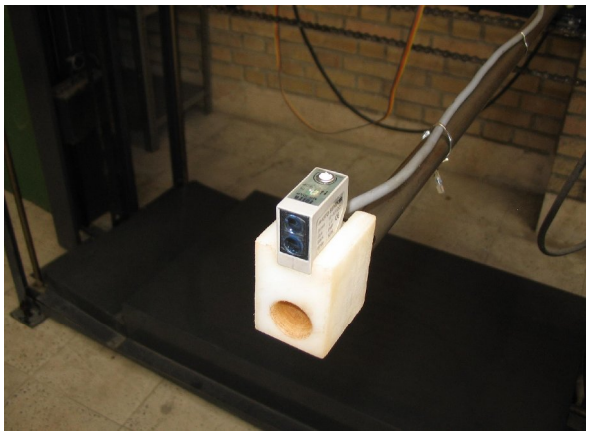
شکل ۲ – درجات آزادی دستگاه.

Fig. 2. Apparatus degrees of freedom



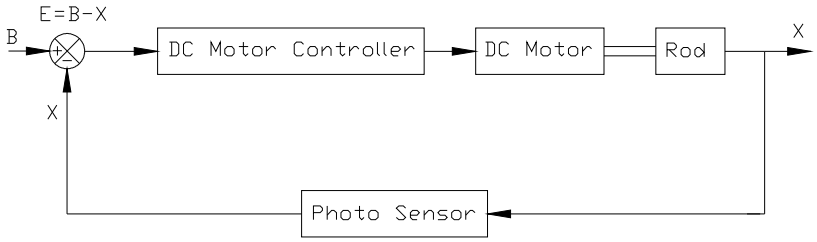
شکل ۳ – طرح شماتیک میکروسویچ تاخیری و موقعیت آن در انتهای میله رسام

Fig. 3. Schematic design of retarded micro switch and its position on the drawer rod



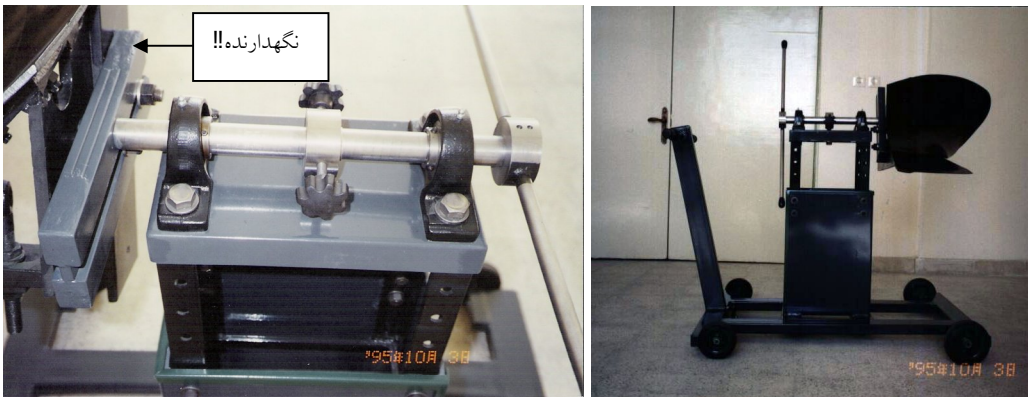
شکل ۴ – حسگر نوری در انتهای میله رسام

Fig. 4. Optical sensor on the tip of drawer rod



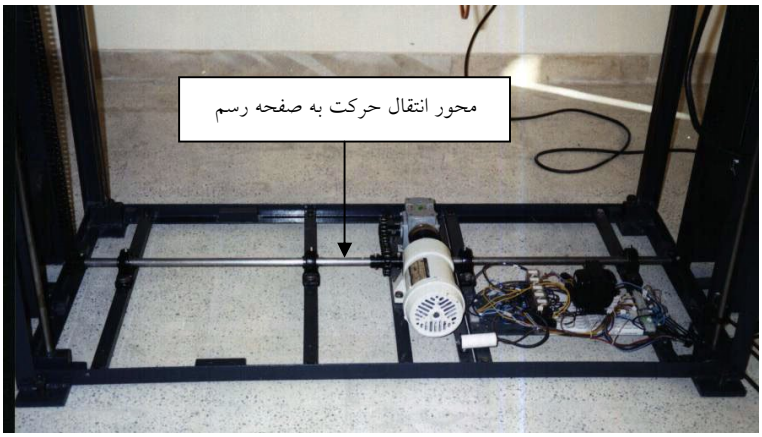
شکل ۵ - بلوک دیاگرام دستگاه

Fig. 5. Block diagram of apparatus



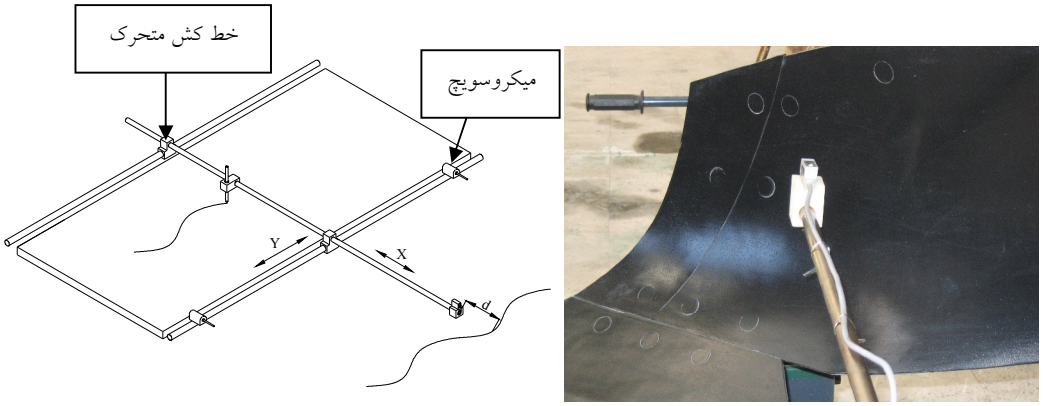
شکل ۶ - حامل صفحه برگردان

Fig. 6. Moldboard support unit



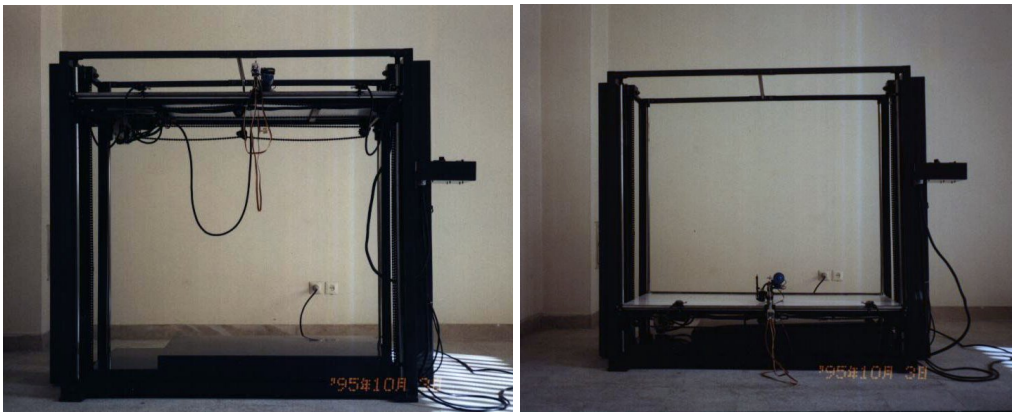
شکل ۷ - انتقال حرکت به صفحه رسام

Fig. 7. Movement Shift to drawer stand



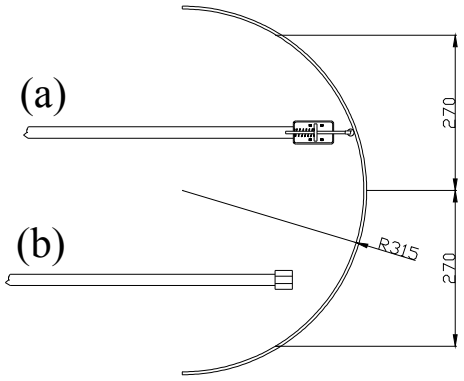
شکل ۸ – نحوه کار خط‌کش متحرک و میله رسام مجهز به حسگر نوری

Fig. 8. Working mechanism of movable ruler and drawer rod with optical sensor



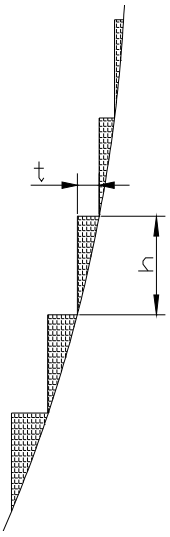
شکل ۹ – صفحه رسام در بالاترین (سمت راست) و پایین ترین موقعیت کاری (سمت چپ)

Fig. 9. Drawer stand at the highest (Right) and lowest (left) positions



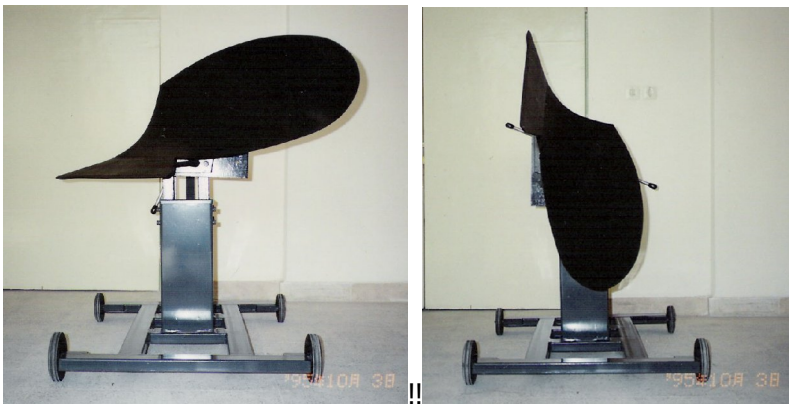
شکل ۱۰ - آزمایش مقایسه بین حسگر میکروسویچی (a) و حسگر نوری (b)

Fig. 10. Comparison test between (a) micro switch and (b) optical sensors



شکل ۱۱ - روش بررسی خطای ترسیمی بین دو حسگر

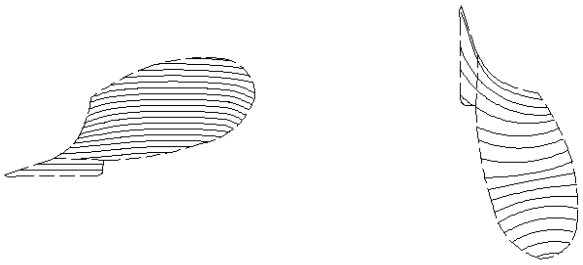
Fig. 11. Tracking drawing errors between two sensors



!!

شکل ۱۲ - تنظیم صفحه برگردان در حالت افقی و قائم بر روی حامل

Fig. 12. Adjusting of moldboard on support for horizontal and vertical positions



!!

شکل ۱۳ – پروفیلوگرام‌های رسم شده قائم و افقی صفحه برگردان نیمه استوانه‌ای

Fig. 13. Drawn horizontal and vertical profilograms for semi-cylindroidal moldboard

References

1 . Bernacki H, Haman J and Kanafojski cz (1979) Agricultural Machines Theory and Construction. Vol. 1. NTIS. USA.

2 . Coupan G (1915) MACHINES DE CULTHUR. PARIS.

3 . kepner RA (1978) Principles of Farm Machinery, Tehran University Publications, Tehran 468 pp.

4 . Marvel F (2000) U.S. Pat. 6: 161-429.

5 . Massah J (2004) The 4th Annual Conference on Agricultural Machinery and Mechanization, Tabriz, Iran.

6 . Woznow and Leon J (2000) U.S. Pat. 6: 035-542.

Design and construction of an Automatic Moldboard Profilograph

J. Massah [*] , R. Alimardani [**] , J. Khazaei [***] and S. M. Shariatmadari [***]

Abstract

This paper presents design and construction of an automatic moldboard profilograph by substituting an optical sensor and a control system together with its evaluation. The modified profilograph is an electro mechanical apparatus in which a micro switch and a DC motor was replaced with an optical sensor and a control system for revolution of a DC motor. Thereby, the considered surface is measured using a non – contact sensor. This apparatus has the capability of drawing the profilograms of a 3-D object as a 2-D drawing in the same contour lines. The profilograms drawn by this apparatus can be useful in moldboard design and its surface modeling. In the end, drawn profilograms before and after modification were compared. Then, to verifying apparatus performance, the horizontal and vertical profilograms of a cylindroidal moldboard was drawn.

Key words: Agricultural Machinery, Moldboard, Profilograph, Profilogram, Sensor

* - Assistant Professor, Department of Agricultural Technical Engineering, College of Abouraihan, University of Tehran, Tehran - Iran (Email **: jmassah@ut.ac.ir)**

** - Professor, Department of Agricultural Machinery, Agriculture and Natural Resources Campus, University of Tehran, Tehran Iran

*** - Assistant Professor, Department of Agricultural Technical Engineering, College of Abouraihan, University of Tehran, Tehran - Iran