# ساخت و ارزیابی سامانه ترازکن اتوماتیک چهارطرفه کمباین

**فرید امیرشقاقی[۱]، فرشید رسولی[۲] و مسعود تیموری[۲]**

۱ و ۲ – به ترتیب عضو هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مرکز آذربایجان غربی و مدیر طراحی و فنی شرکت شیب رو تک آذربایجان

farid.amirshaghaghi@gmail.com

## چکیده

به منظور مکانیزه نمودن برداشت در اراضی شیب‌دار، کاهش تلفات دانه و افزایش ضریب ایمنی کاربر، سامانه ترازکن اتوماتیک چهارطرفه جهت نصب روی کمباین ساخته شد. در این سامانه جهت اندازه‌گیری طولی و عرضی شیب زمین از دو پتانسیومتر استفاده شده که با تغییر شیب در اثر حرکت پاندول، خروجی پتانسیومتر تغییر یافته و به صورت سیگنال آنالوگ پس از عبور از فیلتر پائین‌گذر، وارد مدار تقویت‌کننده جهت تقویت سیگنال‌های تضعیف شده خروجی از فیلتر می‌گردد. به منظور تبدیل سیگنال‌های آنالوگ به دیجیتال از دو عدد مبدل از نوع دو شیبی استفاده شده‌است که خروجی این مبدل‌ها توسط یک میکروکنترلر گرفته شده و فرمان‌های مناسب جهت راه اندازی اجزای مدار هیدرولیک داده می‌شود. الگوریتم برنامه داده شده به میکروکنترلر به گونه‌ای می‌باشد که پس از مشخص شدن جهت شیب زمین، فرمان‌های مناسب به شیرهای کنترل جک‌های دو طرفه ارسال، و با تغییر در کورس جک‌ها و باز و بسته شدن آنها، با تراز کامل سامانه با سطح افق، ارسال دستور به جک‌ها متوقف می‌گردد.

**واژه‌های کلیدی**: سامانه ترازکن، اتوماتیک، کمباین، ساخت و ارزیابی

## مقدمه

با افزایش جمعیت، انسان برای تأمین غذای روزمرهٔ خویش مجبوراست زمین‌های زیادی را زیرکشت ببرد که قسمت قابل توجهی از این زمین‌ها در مناطق کوهستانی و شیب‌دار قراردارد. کشاورزی در این مناطق احتیاج به علم، روش و وسایل خاص خویش دارد. ادوات و ماشین‌هایی که در دشت و زمین‌های هموار کاربرد دارند به آسانی در زمین‌های شیب‌دار قابل استفاده نیستند، مثلاً با کاربرد یک کمباین معمولی برای برداشت غلات در زمینی باشیب ۱۸ درصد شاهد تلفاتی در حدود ٦ درصد در محصول خواهیم بود. همچنین واژگونی کمباین در اراضی شیب‌دار یک مشکل اساسی دیگر می‌باشد که نیازمند استفاده از کمباین‌های مخصوص می‌باشد. در طراحی و ساخت این گونه کمباین‌ها می‌توان با نصب تجهیزاتی، وسیله را در سطح شیب‌دار تراز نگه داشت تا از تلفات محصول جلوگیری شود (آرزو، ۱۳۷۳). از دیدگاه محل کاربرد، کمباین‌ها در دو گروه قرار می‌گیرند:

۱- کمباین دشت: این نوع کمباین‌ها در اراضی مسطح و شیب‌های اندک مورد استفاده قرار می‌گیرند و دارای محـور چرخ ثابت می باشند. هنگامی که در زمین شیب‌دار حرکت می‌کنند غربال‌ها بـا وضـعیت زمـین تطبیـق و در نتیجـه دانه‌ها در یک سمت (طرف گودی زمین) بیشتر از سمت بالا دست قرار می‌گیرنـد و سـبب کنـدی کـار و نامناسـب شدن کیفیت جدا و تمیز نمودن بذور می‌گردد. مواد روی غربال‌ها ممکن است سبب انسداد آنها شـوند یـا از عقـب کمباین بیرون بریزند بدون اینکه در جدا شدن آن کاری صورت گیرد که البته موجب تلفات بیشتر محصول می‌شـود. اکثر سازندگان ضمائمی برای کار کمباین‌های ویژه زمین‌های مسطح در اراضی شیب‌دار ساخته‌اند که با نصب آنها از تجمع مواد در آن قسمت از کمباین که در گودی قرار می‌گیرد، ممانعت می‌شود. این ضـمائم صـفحاتی هسـتند کـه روی غربال‌ها نصب می‌شوند و از سرازیر شدن و تجمع مواد در قسمت گودی غربال‌هـا جلـوگیری مـی‌نماینـد. بـا وجود این تمیز نمودن وجداسازی دانه در اثر شیب‌دار بودن غربال بـه درسـتی انجـام نمـی‌گیـرد (مـدرس رضـوی، ۱۳۷۵).

۲- کمباین تپه (دامنه): این کمباین‌ها برای کار روی شیب مناسب می‌باشند. برای کمباین‌های معمولی هنگام کار روی شیب دو مسئله پیش می‌آید. یکی اینکه واحدهای جداکننده و تمیزکننده به سبب تجمع محصول در یک طرف آنها بیش بار شده و بازده معمول خود را ندارند. مسئله دوم خطر واژگون شدن کمباین است که به علت جابجائی مرکز ثقل کمباین حادث می‌گردد. برای رفع این دو مشکل، کمباین‌های تپه اختراع شده‌اند که در آن‌ها نحوه تراز اجزای قرارگیرنده در انواع تمام تراز، نیمه تراز و پاره تراز می‌باشند. کمباین‌های تمام تراز، در دو راستای طولی و عرضی کمباین تراز می‌شوند. در نیمه تراز، کمباین فقط در راستای عرضی تراز شده و تمام بدنه روی محوری در راستای طولی کمباین می‌گردد. در هر یک از این دو طرح، از جک های هیدرولیکی و دستگاه‌های کنترل خودکار برقی استفاده شده است. دماغه این کمباین‌ها، حول محوری در اثر نیروی ثقل می چرخد تا شیب زمین را به خود بگیرد (عبداله پور، ۱۳۷۷). در طرح پاره تراز هدف اصلی این است که محصول به طور یکنواخت در سطح الک‌ها پخش شود تا از تمام سطح الک‌ها به منظور تمیزسازی دانه استفاده گردد و از بیش باری ممانعت به عمل‌آید. در این حالت فقط الک رویی تراز می‌شود، چون با ترازشدن این الک محصول تا حدودی یکنواخت‌تر روی الک زیری می‌ریزد و هم‌چنین مقدار زیادی از کاه ورودی الک بالایی از دانه جدا می‌شود (Stadtroda and et all,1991).

در کمباین‌های جان دیر سری ۱۰۰۰ که در اروپا عرضه می شود سامانه ترازکننده اتوماتیک عرضی تعبیه شده اسـت که تا شیب ۲۰ درصد عمل می‌نماید، عمل تراز کردن به وسیله پاندولی که در جعبه حساسه قرار گرفته است کنتـرل می‌شود (مدرس رضوی، ۱۳۷۵). کمباین‌های سری ۹۶۵ جان دیر مجهز به یک سامانه خودترازی اتوماتیک هستند که در مقایسه با سامانه خود ترازکننده سری ۱۰۰۰ ساده‌تر می باشند. واحد کنترل ترازکن که جعبـه جـادویی نامیـده می‌شود در زیر سکوی راننده قرار دارد و دارای یک پاندول است (Anonymous. 1977).

کمباین‌های سری ۳۵۵۰ لاوردا ساخت کارخانه فیات، مجهز به سامانه ترازکننده اتوماتیک با کلید جیوه‌ای هستند. دو جک هیدرولیک یکی در سمت چپ و دیگری در سمت راست محور کمباین، بدنه دستگاه را بالا نگاه می‌دارند.

این جک‌ها به وسیله یک پاندول و سوپاپهای سولونویید الکتریکی کنترل می‌شوند. در کمباین‌های کلاس سری S و CS برای کاستن از تلفات دانه در غربال ها و در نتیجه کار کمباین در اراضی شیب‌دار از سامانه تمیزکننده 3D استفاده شده است. در این سامانه، غربال کلش در جهت شیب زمین حرکت نموده و درجه و جهت این حرکت بستگی به زاویه شیب زمین خواهد داشت. با استفاده از دستگاه کنترل 3D سرعت کمباین در دامنه با سرعت آن در زمین مسطح مساوی خواهد بود. درکمباین‌های مجهز به این سامانه، حالت تعلیق و محرک‌های غربال‌ها بدون تغییر باقی می‌ماند. در کمباین‌های دویتس- فار از یک تراز آبی مشابه آنچه که در وسایل حمل و نقل هوایی به کار می‌رود، استفاده شده است. کمباین‌های روتوری به هنگام کار در اراضی شیب‌دار حساسیت کمتری نشان می‌دهند و نتایج آزمایشهای انجام شده نشان می‌دهد که تلفات دانه در این قبیل کمباین‌ها به هنگام کار در زمین‌های شیب‌دار اندک می‌باشد (مدرس رضوی، ۱۳۷۵).

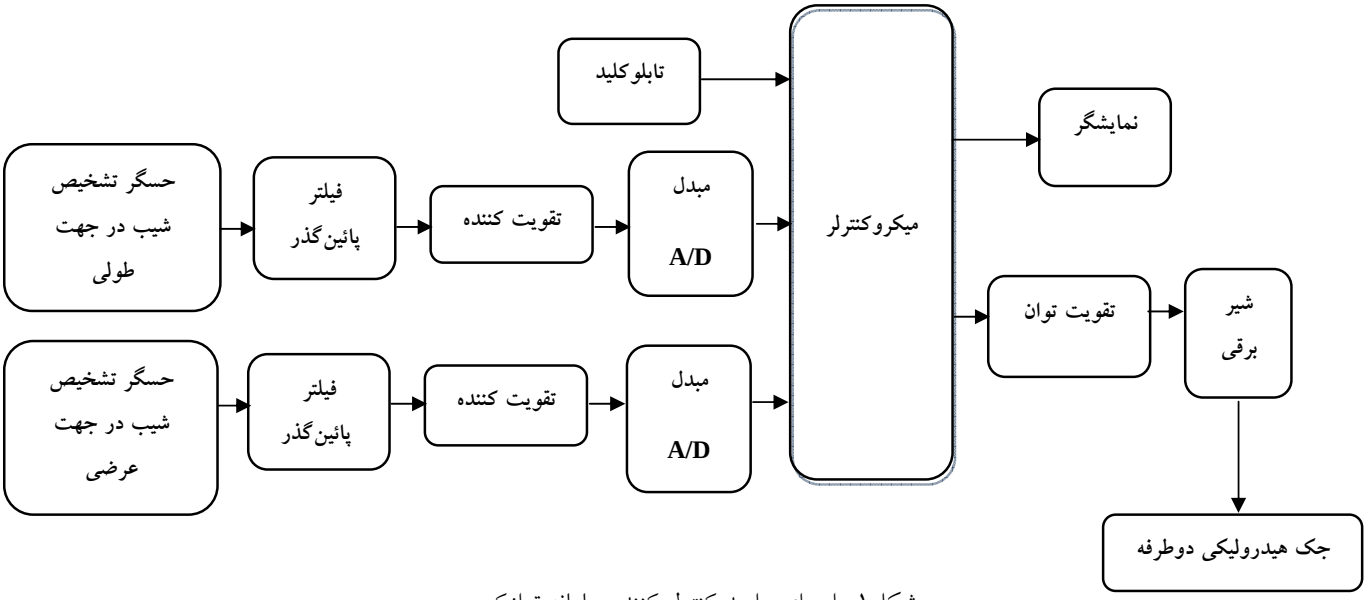
به منظور مکانیزه نمودن برداشت در اراضی شیب‌دار و کاهش تلفات، طراحی و ساخت وسیله‌ای که بتواند شیب زمین را در حین حرکت حس نموده و با ارسال فرمان‌های لازم به واحد عمل‌کننده، وسیله را به طور خودکار تراز کند، ضروری است. با توجه به قیمت بسیار بالای کمباین‌های مخصوص اراضی شیب‌دار و تحریم قطعات و تجهیزات مورد نیاز از طرف شرکت‌های خارجی، دستیابی به دانش و فناوری بومی ساخت سامانه ترازکن اتوماتیک چهارطرفه جهت نصب در کمباین برای کار در شرایط دامنه هدف اصلی این تحقیق بود.

## مواد و روش‌ها

سامانه ترازکن اتوماتیک چهارطرفه دارای دو قسمت اصلی می باشد:

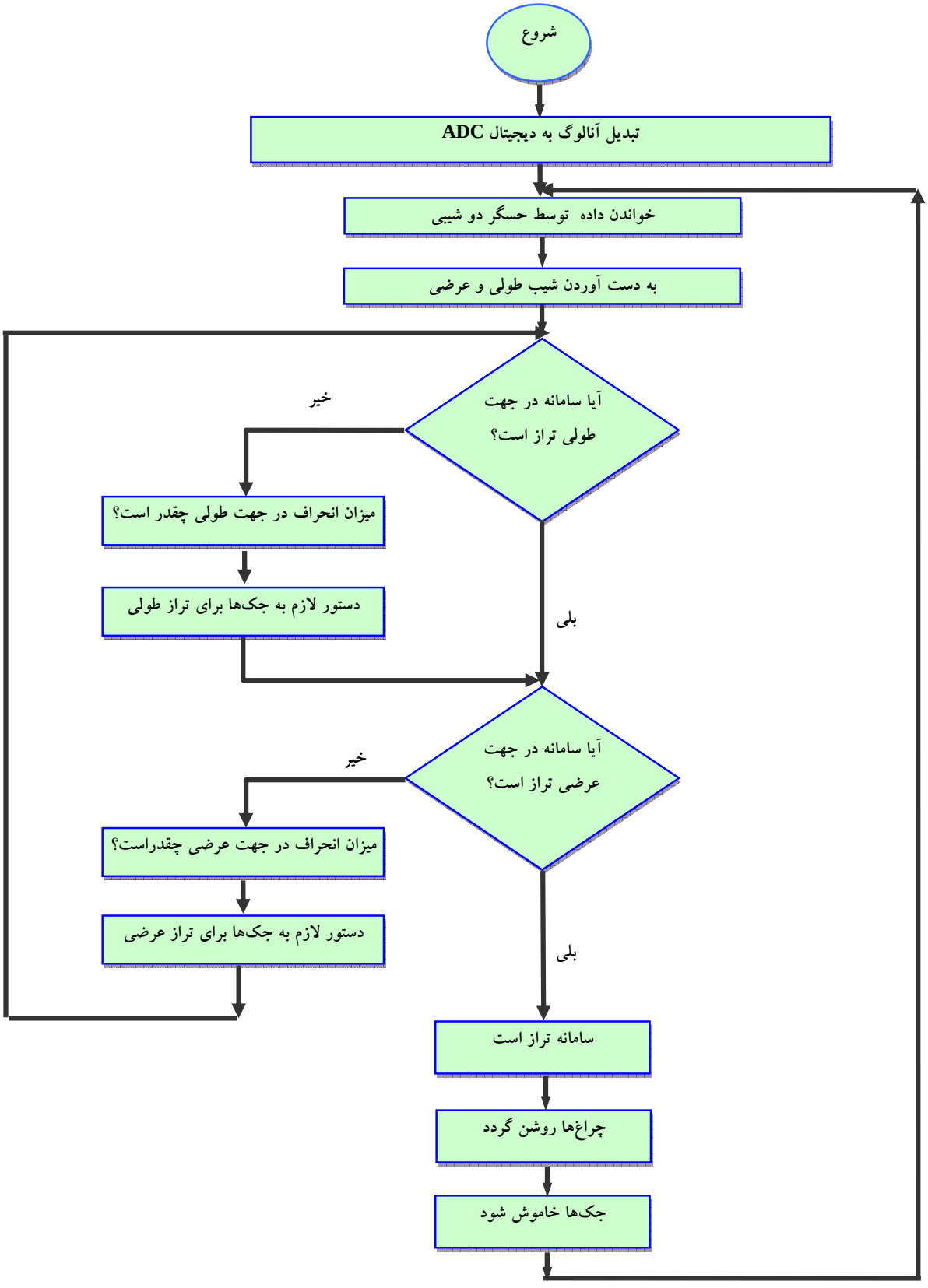
### واحد کنترل‌کننده

اجزای این واحد مطابق شکل۱ می‌باشد. حسگر تشخیص شیب، یک پتانسیومتر از نوع مقاومت کربنی متصل به یک پاندول است. حرکات پاندول باعث تغییرات مقاومت دوسر پتانسیومتر می‌شود. با توجه به بررسی منابع (کارپرورفرد، ۱۳۶۹) نوع سیال میراکنندهٔ ارتعاشات، واسکازین نمره٤٠ انتخاب گردید. در صورت تغییرات ناگهانی شیب، عامل ارتجاعی بصورت سریع نوسان خواهدکرد که این باعث تغییرات سریع ولتاژ خروجی حسگر می‌شود که جهت حذف این نوسانات ناخواسته و سریع از یک فیلتر پایین‌گذر (RC low pass filter ) استفاده شد. بعد از گذراندن سیگنال خروجی حسگر از فیلتر، به دلیل تضعیف سیگنال نیاز است که این سیگنال تضعیف شده تقویت گردد، واحد تقویت‌کننده وظیفه تقویت را به عهده دارد. در مدار تقویت آپ امپ Op-amp مورد استفاده آی سی TLO84می‌باشد. ولتاژ خروجی آنالوگ تقویت‌کننده به میکروکنترلر باید به دیجیتال تبدیل گردد. نوع مبدل بکار رفته در این تحقیق با توجه به نیاز به تعیین شیب طولی و عرضی، از نوع مبدل دو شیبی (Dual slope) استفاده شد. در مرحلهٔ بعد مدارهای آماده ساز سیگنال، خروجی مبدل را پردازش می‌کنند تا به صورت قابل استفاده درآید. پردازشگر یا میکروکنترلر به عنوان مغز واحد کنترل‌کننده می‌باشد. میکروکنترلر به کار رفته، از میکروکنترلرهای خانواده AVR نوع ATMega32 ساخت شرکت ATMEL می‌باشد.




شکل۱- اجزای واحد کنترل کننده سامانه ترازکن.

برنامه کاری میکروکنترلر در محیط Bascom به زبان Basic نوشته شد. الگوریتم برنامه کار میکروکنترلر مطابق فلوچارت شکل۲ می‌باشد. فرآیند کنترل در این طرح، به دو صورت دستی و خودکار بود که در حالت دستی، جهت تراز اولیه سامانه، کلیدهائی در نظر گرفته شد که توسط آنها می‌توان تنظیم جک‌ها را بصورت دستی انجام و بعد از تراز مطلوب توسط کاربر می‌توان اطلاعات را ذخیره نمود. در واقع، کاربر با مشاهدهٔ خروجی مبدل‌ها روی تابلوی نمایش، تغییرات کمیت‌ها را کنترل می‌کند. در حالت خودکار، به جای کاربر از مدارهای فرمان و عمل‌کننده استفاده می‌گردد. سون سگمنت به کار رفته به عنوان واحد نمایش‌دهنده قادر است سه وضعیت نارنجی (سامانه در حال خواندن و ذخیره اطلاعات) ، سبز (سامانه در حال تراز) و قرمز (سامانه قادر به تراز نیست) را برای کاربر نشان دهد. در این سامانه، جک‌های هیدرولیکی توسط شیرهای الکتریکی کنترل می‌شود که می‌توان توسط این شیرها طول بازوی جک‌ها را تنظیم نمود، اتصال خروجی میکروکنترلر بصورت مستقیم به شیرهای الکتریکی موجب صدمه دیدن میکروکنترلر می‌شود لذا جهت رفع مشکل مداری در نظر گرفته شد که توسط آن خروجی میکروکنترلر از لحاظ توان تقویت شده سپس به شیرهای برقی داده شود. مدار تقویت توان مورد استفاده در این سامانه از ترانزیستورهای ماسفت (MOSFET) به شماره FQP50n06 که جزء ترانزیستورهای قدرت بوده و توانایی ۵۰ آمپر با ولتاژ کاری ۵۰ ولت را دارا می باشد، استفاده شد. با توجه به اینکه چهار جک داریم که هرکدام در دو سمت افزایش ارتفاع و کاهش ارتفاع مورد استفاده قرار می‌گیرد پس نیاز به چهار شیر الکتریکی است که توسط هشت خروجی میکروکنترلر کنترل می‌شود، لذا به هشت مدار تقویت توان نیاز بود. جهت تثبیت ولتاژ مدار از مدار مجتمع7805 استفاده شد.




شکل۲- الگوریتم برنامه کار میکروکنترلر.

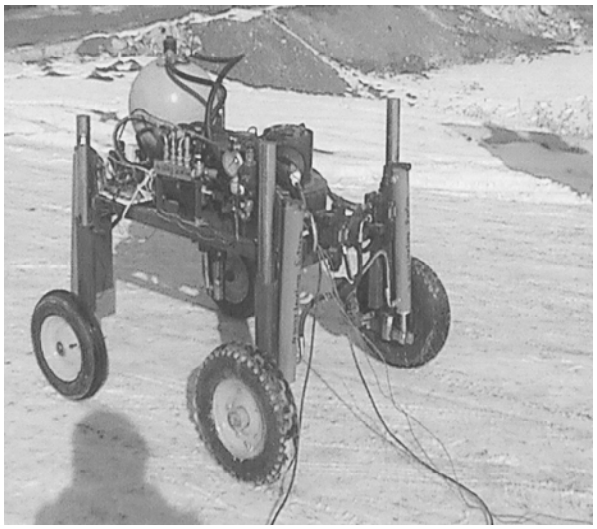
**واحد هیدرولیکی**

این واحد شامل مخزن روغن، پمپ، الکتروموتور، فشارسنج و شیلنگ‌های رابط، مقسم جریان روغن، شیرهای کنترل جهت و جریان و جک‌های هیدرولیکی است. مخزن روغن هیدرولیک به حجم ١٦ لیتر، الکتروموتور مورد استفاده با توان اسمی ٢ اسب بخار، ١٥٠٠ دور در دقیقه و تک فاز بود که به صورت کوپلینگ به یک پمپ هیدرولیکی از نوع چرخ دنده‌ای با دبی بیشینه ١٦ لیتر در دقیقه متصل گردید. شیر فشارشکن از نوع کنترل دستی بود. شیلنگ های مورد استفاده از نوع فشار قوی بودند که توسط اتصال فشاری- مکانیکی نوع پرچی به مدار هیدرولیک متصل شدند. مقسم جریان، شامل دو مقسم مجزا از هم ١ به ٤ که روغن تحت فشار در مسیر رفت را به چهار قسمت جهت هدایت به چهار جک تقسیم می‌کند و روغن برگشتی از چهار جک را به یکدیگر وصل کرده و توسط یک شیلنگ به مخزن منتقل می‌کند. در واقع فشار خروجی از پمپ در این قسمت به چهار قسمت تقسیم می‌شود. شیرهای کنترل جریان مورد استفاده در این سامانه از نوع گلوئی قابل تنظیم به تعداد چهار عدد بود. شیرهای کنترل جهت از نوع ٤/٢ شامل ٤ دهانه P,A,B,T و دو موضع سوئیچی باز، بسته با راه‌انداز برقی، ولتاژکاری ١٢ ولت، شدت جریان کاری ٩ آمپر به تعداد چهار عدد بودند.

در این سامانه از چهار جک دوطرفه با میله پیستون یک طرفه با کورس٤٠ سانتی‌متر، قطر پیستون ٥٥ میلی‌متر و قطر بازوی ٢٥ میلی‌متر استفاده شد. واحد هیدرولیکی و کنترل‌کننده در روی یک شاسی در ابعاد ٨٥×٩٥ سانتی متر روی چهار عدد تایر نصب گردیدند.

برای آزمون سامانه ترازکن، یک سکوی متحرک چهار جهته مطابق شکل ٣ طراحی و ساخته شد. این مکانیزم در ابعاد ٢×١/٥ متر از جنس پروفیل ٤×٤ سانتی‌متر، امکان به وجود آوردن شیب دو جهته در محیط کارگاهی را فراهم می‌نمود. زمانی‌که سامانه ترازکن اتوماتیک چهار جهته بر روی این سکو قرار می‌گیرد، با تغییر دادن شیب سکو در دو جهت امکان آزمون بطور کامل فراهم می‌شود. سکوی متحرک چهار جهته از سه قاب مجزا تشکیل شده که توسط چهار عدد جک مکانیکی کنترل می‌شوند. سامانه ترازکن در راستای شیب یک‌طرفه (طولی، عرضی) و شیب دوطرفه (طولی- عرضی) در دامنه شیب٤٥-٥ درجه روی سکوی آزمون قرار داده شد و با استفاده از کرونومتر، زمان لازم برای تراز کامل دستگاه در شیب‌های مختلف یادداشت برداری گردید.

شکل۳- نمائی از سکوی آزمون متحرک با قابلیت ایجاد شیب یک‌طرفه و دوطرفه.



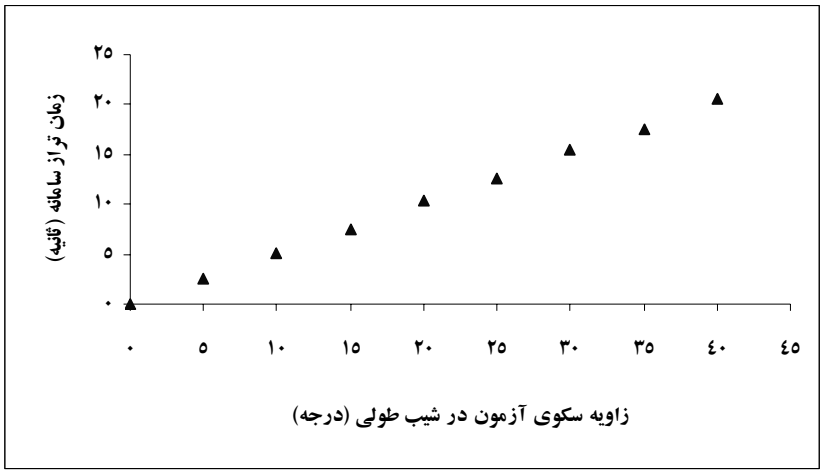
شکل٤- نمای کلی سامانه ترازکن اتوماتیک.

## نتایج و بحث

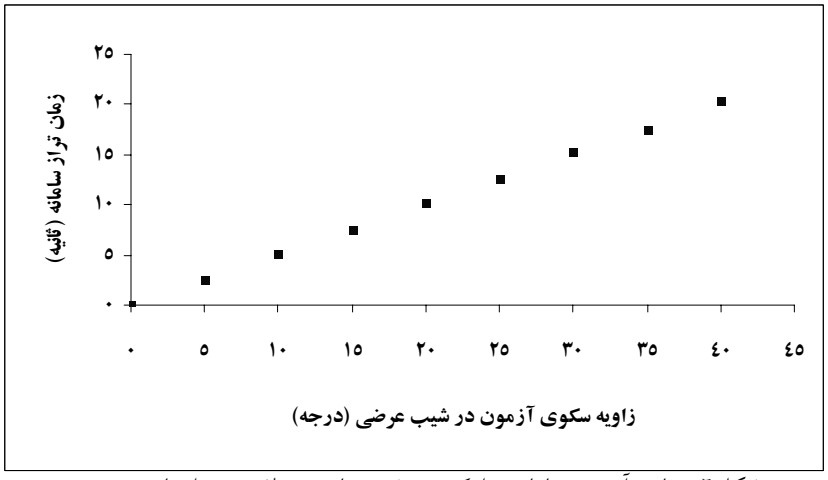
در شیب‌های طولی و عرضی با توجه با این‌که عمل تراز سامانه تنها معطوف به دو تا از جک‌ها می‌شد، تراز طولی یا عرضی مطابق دستورالعمل داده شده به جک‌ها به نحو مطلوب انجام گردید.در حالت شیب دوطرفه (طولی- عرضی) با توجه با اینکه نیاز به این است که سامانه در آنِ واحد سه تا از جک‌ها را در راستای جک چهارم تراز کند، باعث تداخل و تاخیر در عملکرد جک‌ها در راستای طولی و عرضی می‌شد. برای رفع این مشکل در سامانه تراز کمباین‌ها دو پاندول در هر راستا (یک پاندول برای شیب طولی و یک پاندول برای شیب عرضی) و یا دو مدار هیدرولیک با پمپ مجزا تعبیه شده است که این امر باعث پیچیدگی سامانه و افزایش قیمت می‌گردد (مدرس رضوی، ۱۳۷۵).

برای حل این مسئله با انجام آزمون‌های متعدد و تغییر برنامه میکروکنترلر، در نهایت زمان مناسب جهت تراز کامل سامانه، دو درجه در واحد زمان تعیین شد که در این حالت در هر شیب بدون تداخل و تاخیر در حرکت جک‌ها و تنها با استفاده از یک پاندول، عمل تراز کامل انجام شد. البته ذکر این نکته ضروری است که برنامه کاری میکروکنترلر در محدوده میکروثانیه تا هر زمان دلخواه قابل تنظیم می‌باشد که این امر از قابلیت انعطاف‌پذیری مطلوب سامانه ترازکن جهت برنامه‌ریزی مطابق با هر نوع شرایط کاری می‌باشد.

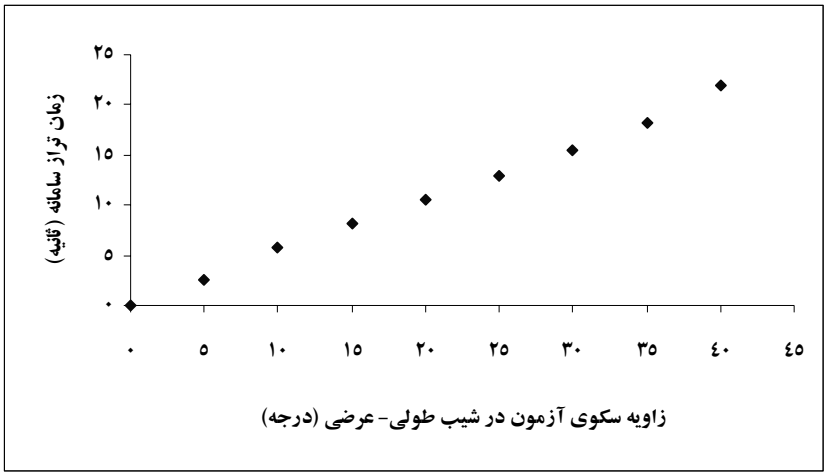
نتایج حاصل از آزمون سامانه ترازکن در راستاها و شیب‌های مختلف در شکل‌های ۵ ، ٦ و ۷ نشان داده شده است. نمودارها بیانگر عملکرد سامانه مطابق با برنامه میکروکنترلر در هر حالت می‌باشد.




شکل۵- نتایج آزمون سامانه ترازکن در شیب‌های مختلف در راستای طولی.




شکل٦- نتایج آزمون سامانه ترازکن در شیب‌های مختلف در راستای عرضی.




شکل۷- نتایج آزمون سامانه ترازکن در شیب‌های مختلف در راستای طولی- عرضی.

نتایج آزمون عمکرد واقعی دستگاه در روی سکوی شیب‌دار نشان داد که سرعت تراز مناسب دو درجه در واحد زمان می‌باشد. به طوری که اگر سرعت حرکتی دستگاه و تغییرات شیب سطح زمین دو درجه در ثانیه باشد، دستگاه بدون تاخیر زمانی اقدام به تراز خود می‌نماید. برنامه کاری میکروکنترلر به گونه‌ای طراحی، برنامه‌نویسی و اجرا شد که تنها با استفاده از یک پاندول، امکان تراز طولی و عرضی بدون تداخل و تاخیر در کار جک‌ها میسر گردید. در حال حاضر با توجه به پائین بودن سطح دانش تخصصی در بهره برداری و نگهداری از کمباین‌های پیشرفته حرکت به سمت ساخت و استفاده از کمباین‌های با فناوری متوسط و نسبتاً ساده می‌باشد. با توجه با اینکه بیش از ۵۰٪ مزارع دیم در ایران کوهپایه‌ای و مقدار زیادی از زمینهای آبی هم ناهموار هستند، لازم به نظر می‌رسد در جهت افزایش قابلیت انطباق کمباین‌های ساخت داخل اقدام شود. از آنجا که انجام عملیات کشاورزی باید عمود بر راستای شیب صورت گیرد و هم‌چنین طبق آمار، ۸۵٪ سوانح و واژگونی ماشین‌های کشاورزی در راستای شیب عرضی می باشد لذا در وهله نخست، اولویت در طراحی و ساخت سامانه‌های ترازکن به اندازه‌گیری شیب عرضی داده شده است (آرزو، ۱۳۷۳)، اما با توجه به لزوم کاهش تلفات برداشت ناشی از پستی و بلندی‌ها، شیب اراضی دشت و دامنه در کشور و افزایش هرچه بیشتر ایمنی کاربران، اعمال تراز طولی و عرضی مورد لزوم می‌باشد و باید در اولویت‌های توسعه مکانیزاسیون کشاورزی قرارگیرد.

**منابع و مآخذ**


۱- آرزو، م.۱۳۷۳. طراحی و ساخت شیب‌سنج دیجیتال تراکتوری. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.

۲- عبداله پور، ش. ۱۳۷۷. بررسی انواع کمباین‌های غلات و ارائه طرح مناسب شرایط ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تهران.

۳- کارپرورفرد، ح. ۱۳٦۹. طراحی و ارزیابی دستگاهی جهت خودترازروی تراکتور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تهران.

٤- مدرس رضوی، م. ۱۳۷۵. ماشین‌های برداشت غلات و سایر دانه‌های روغنی. انتشارات دانشگاه امام رضا(ع). ۷۵۲ص.

5-Anonymous. 1977. The John Deere 965 H, side-hill combine harvester. Power Farming. Vol 56(4),56-57.

6-Stadtroda, M.J. Halle,W. B. and Jena, D. L.1991. Hill side combine harvesting, solutions for improving operations. Land technik, Vol (6), 256-261.


## Construction and evaluation of combine harvester four-way automatic leveling system


### Abstract

In order to mechanize the harvest in slope lands and minimize grain loss and increase user safety factor, a prototype of four-way automatic leveling system was created to use on combine harvester for hillside condition. In this system for measuring latitudinal and longitudinal ground slope using two potentiometer that change in slope of the pendulum motion, changed the output potentiometer and as the analog signal passing low pass filter, enter the amplifier circuit to strengthen weakened signals are filtered out. In order to convert analog signals to digital two dual slope converter has been used that output of this converter is taken by a microcontroller and appropriate commands will be to launch hydraulic system components. Algorithm given program microcontroller is a way that after identity of the slope land, appropriate commands sends to control valves of two-way hydraulic cylinder and changes in the cylinder course and opening and closing them with full balance system with horizon level, can be stopped commands sending to cylinders.



**Keywords:** Automatic, Combine harvester, Construction and Evaluation, Full-leveling