



## طراحی و ساخت سامانه ارزیابی امواج فراصوتی گذرنده از خاک

مجتبی کاشی آلاشتی<sup>۱</sup>، علی اسحق بیگی<sup>۲</sup> و علیرضا منتظر<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

<sup>۲</sup>استادیار گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۸۴۱۵۶-۸۳۱۱۱

<sup>۳</sup>مربی گروه الکترونیک، دانشگاه شهید رجایی

esehaghbeygi@cc.iut.ac.ir

### چکیده

اندازه‌گیری ویژگی‌های یک محیط ناهمگن نظیر خاک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از آنجا که خصوصیات امواج فراصوتی مانند سرعت حرکت و میرایی به محیطی که از آن عبور می‌کنند، بستگی دارد، بنظر می‌رسد آزمون‌های غیر مخربی نظیر استفاده از امواج فراصوتی، می‌تواند در تعیین خصوصیات خاک بکار گرفته شوند. بدین منظور سامانه ویژه امواج فراصوت طراحی و ساخته شد. این سامانه که از قسمت‌های مختلف تشکیل شده، قادر است امواج فراصوت را از داخل خاک عبور داده و پس از عبور از خاک توسط گیرنده‌ای دریافت و توسط رایانه تجزیه و تحلیل کند. در مقاله حاضر ضمن تشریح طراحی و ساخت مدار مزبور، سرعت عبور امواج و میرایی آنها در دو سطح بسامد ۷۵-kHz و ۱۲۵-kHz و دو سطح ولتاژ  $900V_{p-p}$  و  $1800V_{p-p}$  در نمونه‌های استوانه‌ای خاک به قطر ۵/۵ سانتی متر و با ارتفاع ۱/۵، ۴ و ۸ سانتی متر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که سرعت عبور موج در تمامی نمونه‌ها تقریباً یکسان بود، که بیانگر شرایط یکسان و یکنواخت نمونه‌های تهیه شده از خاک مورد آزمایش بود. اما میزان تضعیف یا میرایی امواج متفاوت بود. با تغییر ولتاژ از ۹۰۰ به ۱۸۰۰ ولت، به غیر از نمونه ۴ سانتی متری در بسامد ۱۲۵-kHz، در سایر نمونه‌ها با تغییر ولتاژ، میزان تضعیف امواج متفاوت بود. لذا می‌توان گفت که امواج فراصوت با وجود تخلخل فراوان خاک و تضعیف زیاد امواج، می‌تواند تحت شرایطی از جمله ولتاژ تحریک بالای مبدل فراصوت و ضخامت کم لایه خاک، از خاک عبور کند و امکان تعیین خصوصیات خاک در شرایط مختلف به کمک امواج فراصوت وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: فراصوت، میرایی، خاک، تخلخل، رطوبت

### مقدمه

خاک به عنوان محیط کشت همواره مورد توجه کارشناسان و کشاورزان بوده است. خاک باید محیط مناسبی را برای جوانه زنی و رشد گیاه فراهم آورد. در این بین اندازه‌گیری خصوصیات خاک نقش مهمی در مدیریت خاک و ایجاد محیط مناسب برای گیاه و جلوگیری از شرایط نامناسب دارد. خصوصیات خاک نه تنها در سطح و عمق بلکه در طول زمان نیز دچار تغییر می‌گردد (لغوی، ۱۳۸۲). خاک یک محیط غیر همگن سه فازی (جامد، مایع و گاز) می‌باشد که هر کدام از این فازها و اثرات متقابل آنها خصوصیات خاصی را به خاک می‌دهند که با زمان و مکان تغییر

می‌کند (غازان‌شاهی، ۱۳۷۴). بنابراین اندازه‌گیری خصوصیات خاک در طول دوره آماده‌سازی و همچنین در طول دوره رشد گیاه بصورت بلادرنگ<sup>۱</sup> و بدون تخریب خاک ضروری به نظر می‌رسد. در این میان آزمون‌های غیر مخرب<sup>۲</sup> نوید بخش این راه هستند.

آزمون‌هایی غیر مخرب هستند که اثرات مخرب فتوفیزیکی، حرارتی، شیمیایی، مکانیکی و فتوشیمیایی بر روی نمونه نداشته باشند (نیکبخت و همکاران، ۱۳۸۷). آزمون‌های فراصوتی یکی از این موارد است. امواج فراصوتی<sup>۳</sup> برای عبور نیاز به محیطی مادی دارند که بدست آوردن اطلاعات داخلی محیطی مزبور امکان پذیر است. امواج فراصوت در حین عبور مقداری منعکس می‌شود و مقداری نیز از نمونه عبور می‌کند. به همین دلیل دو روش در اندازه‌گیری‌های آزمون فراصوتی استفاده می‌شود:

الف) روش انعکاسی که موج انعکاس یافته از محیط تجزیه و تحلیل می‌شود. در این روش می‌توان از یک کاوشگر<sup>۴</sup> فراصوت استفاده کرد.

ب) روش عبوری که در این روش از امواج عبور کرده از محیط استفاده می‌شود. در این روش نیاز به دو کاوشگر فراصوت یکی به عنوان فرستنده و دیگری به عنوان گیرنده در دو طرف محیط قرار می‌گیرد.

شاخص‌هایی که از امواج فراصوت مورد استفاده قرار می‌گیرد عبارتند از: ضریب انعکاس، ضریب شکست، میزان تضعیف (میرایی)، سرعت امواج، جابجایی بسامد و غیره. برای محصولات کشاورزی معمولاً به روش عبوری و از دو شاخص سرعت عبور و میزان تضعیف امواج استفاده می‌شود (ذکی و همکاران، ۱۳۸۷). تاکنون مطالعات متعددی در زمینه محصولات کشاورزی انجام گرفته است. اسحق‌بیگی و رقامی، (۲۰۰۹) از میرایی امواج فراصوت برای تشخیص سیب‌زمینی سالم از ناسالم استفاده کردند. ذکی و همکاران، (۱۳۸۷) سامانه‌ای جهت اندازه‌گیری کیفیت امواج گذرنده از محصولات کشاورزی ساختند. Mack و Brach (۱۹۶۶)، با استفاده از انرژی فراصوت توانستند رطوبت خاک را اندازه‌گیری کنند. نتایج آنها نشان داد که فرکانس ۱۱۴ مگاسیکل بر ثانیه بهترین برازش رطوبت خاک را به صورت خطی و با  $r^2 = 0.95$  به همراه دارد. مطالعاتی نیز در مورد عبور امواج در محیط‌های مشابه خاک مانند سرامیک متخلخل (Kasap و همکاران، ۱۹۹۴ و Craciun و همکاران، ۱۹۹۸) و همچنین در مورد سیمان، (Masuzawa و Ohdaira، ۲۰۰۰) انجام شد. در این تحقیقات با استفاده از سرعت عبور امواج و میزان تضعیف دامنه توانستند رطوبت، کشش ماتریک<sup>۵</sup> و تخلخل خاک را اندازه‌گیری کنند. با توجه به اینکه اطلاعات موجود در زمینه اندازه‌گیری خصوصیات صوتی خاک بسیار ناچیز بوده و داده‌های روشن و مشخصی در این زمینه وجود ندارد، در تحقیق حاضر ضمن تشریح چگونگی طراحی و ساخت سامانه فراصوت، چگونگی اثر عبور امواج فراصوت بر روی نمونه‌های خاک اندازه‌گیری شد.

## مواد و روش‌ها

- 
- 1- Online
  - 2- Non destructive testing
  - 3- Ultrasonic test
  - 4- Probe
  - 5- Matric suction

## تعیین ویژگی‌های امواج فراصوت

بمنظور بکارگیری امواج فراصوت نیاز به اندازه‌گیری ویژگی‌های موج فراصوتی گذرنده از خاک می‌باشد. مهمترین پارامتر مورد اندازه‌گیری در حوزه‌ی زمان و میرایی، سرعت امواج و نوسانات سیگنال عبوری می‌باشد. این دو خاصیت مهم را به طور خلاصه، سرعت امواج و ضریب تضعیف نامند (ذکی و همکاران، ۱۳۸۷). سرعت انتشار امواج فراصوت، تابعی از پارامترهای فیزیکی محیط است و از محیطی به محیط دیگر تغییر می‌کند (امینیان، ۱۳۶۳). به دلیل ناهمگن بودن و وجود فازهای مختلف خاک، تعیین سرعت امواج فراصوتی به صورت تحلیلی مشکل است. به همین دلیل از طریق اندازه‌گیری زمان عبور در یک ضخامت مشخص از خاک می‌توان سرعت عبور امواج را محاسبه کرد (رابطه ۱):

$$V = L/t \quad (1)$$

دامنه امواج فراصوت به دلیل جذب و پخش امواج کاهش یافته و به عبارتی تضعیف می‌شود. در مورد خاک علاوه بر دلیل فوق می‌توان به وجود ناپیوستگی و ناهمگنی موجود در خاک اشاره کرد. ضریب تضعیف امواج فراصوت بر حسب  $dBm^{-1}$  به صورت زیر تعریف می‌شود (اسحق بیگی و همکاران، ۲۰۱۰):

$$\alpha_{dB} = \frac{20 \log\left(\frac{A_2}{A_1}\right)}{L} \quad (2)$$

$A_1$ : دامنه موج فرستنده بر حسب (mV)

$A_2$ : دامنه موج گیرنده بر حسب (mV)

L: طول نمونه

## سامانه اندازه‌گیر خصوصیات فراصوتی خاک

این دستگاه شامل قسمت‌های متفاوتی است که نمای کلی آن در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- قسمت‌های مختلف سامانه اندازه‌گیر خصوصیات فراصوتی خاک

صفحه کنترل دستگاه

صفحه کنترل توسط تنظیم پیچ‌های مربوطه و کلید دو وضعیتی، انتخابی مناسب برای کارکرد دستگاه فراهم می‌آورد. دو رابط روی صفحه کنترل تعبیه شده است. یک رابط ۲ پین سیگنال تحریک به مبدل فراصوت فرستنده انتقال داده و رابط دیگر ۴ پین و سیگنال دریافتی از مبدل فراصوت گیرنده را به مدارات داخل دستگاه انتقال میدهد. روی صفحه کنترل یک پیچ تنظیمی بنام **excite.freq.** برای تنظیم بسامد تحریک مبدل قرار دارد. این تنظیم برای کارکرد دستگاه با انواع مبدل با بسامدهای متفاوت است. در هنگام کاربرد یک نوع مبدل، فقط نیاز است برای یک مرتبه این پیچ تنظیم مورد استفاده قرار گیرد و با تنظیم و پیچاندن آن هنگامیکه دو مبدل در فاصله ثابتی نسبت به هم باشند، قوی‌ترین دامنه با حداکثر دریافتی بدست آید. با انتخاب حالت کلید دو وضعیتی بنام **repetition** می‌توان نرخ تکرار برای تحریک مبدل را کند یا تند نمود. هنگامیکه نرخ تند برای تحریک مبدل انتخاب شده باشد انرژی فراصوتی بیشتری از دستگاه ساطع میشود. هنگام اندازه‌گیری دامنه، بهتر است که نرخ کند انتخاب شده باشد تا تغییرات ولتاژ روی سیگنال دریافتی مشاهده نشود. با انتخاب حالت کلید دو وضعیتی بنام **excite.volt.** می‌توان دامنه ولتاژ تحریک مبدل را دو برابر و انرژی ارسالی را چهار برابر نمود. هنگامیکه دامنه سیگنال دریافتی ضعیف باشد، افزایش ولتاژ تحریک، سیگنال دریافتی قوی‌تری ایجاد می‌کند. کلید دو وضعیتی بنام **envelope** یا پوش نیز برای انتخاب شکل سیگنال خروجی از دستگاه تعبیه شده است. هنگامیکه شکل سیگنال فراصوت مورد نیاز باشد، حالت سیگنال ترکیبی<sup>۱</sup> و در صورت نیاز به پوش امواج، حالت پوش انتخاب شود. روی صفحه کنترل یک پیچ تنظیمی دیگر بنام **gain** برای تنظیم بهره تقویت امواج در آخرین طبقه تقویت قرار دارد. هنگامیکه دامنه سیگنال دریافتی ضعیف باشد، افزایش بهره، سیگنال دریافتی قوی‌تری ایجاد می‌کند. اگرچه عملکرد **gain** و **excite.volt.** هر دو در جهت قوی‌تر کردن سیگنال دریافتی می‌باشد، ولی **excite.volt.** امواج مزاحم<sup>۲</sup> کمتری ایجاد می‌کند. دو رابط دیگر نیز روی صفحه کنترل تعبیه شده است. یک رابط ۲ پین، سیگنال تقویت شده سر مبدل فراصوت فرستنده را برای انتقال به مدار واسط فراهم می‌کند. رابط دیگر ۲ پین، سیگنال تقویت شده دریافتی از مبدل فراصوت گیرنده را برای انتقال به مدار واسط فراهم می‌کند.

### مبدل‌های فراصوتی

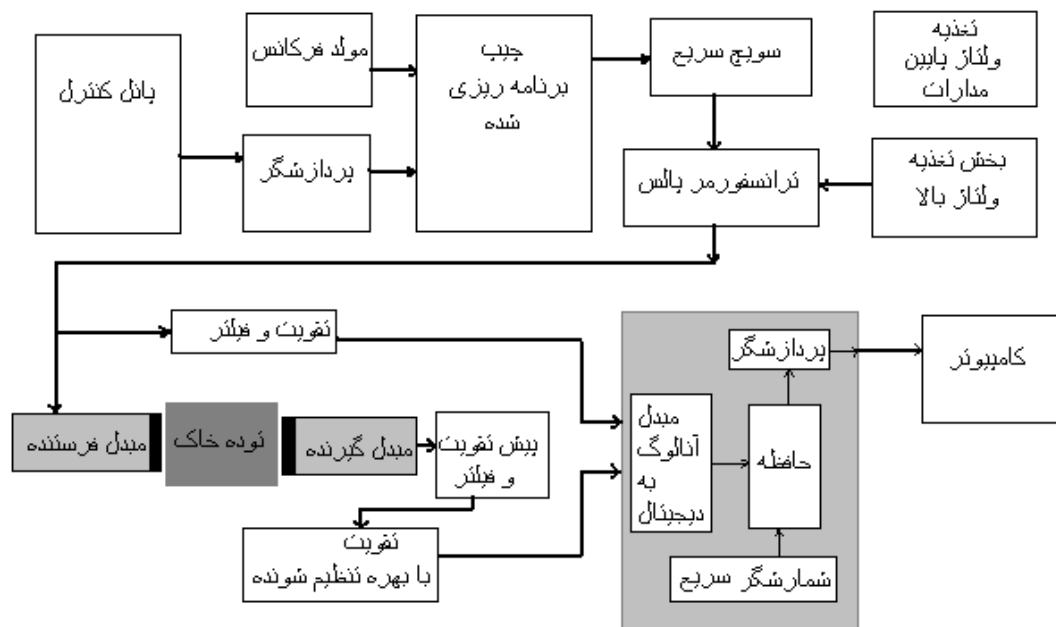
با توجه به کاربرد روش زمان عبور، نیاز به دو عدد مبدل می‌باشد، که یکی بعنوان فرستنده و دیگری بعنوان گیرنده عمل می‌کند. پاسخ بسامد هر جفت مبدل فرستنده و گیرنده مشابه و محدوده **75-kHz** و **125-kHz** می‌باشد. مبدل فرستنده توسط کابل هم‌محور و رابط **BNC** به صفحه کنترل متصل می‌شود. مبدل گیرنده دارای پیش تقویت و فیلتر نیز بوده و توسط کابل ۴ رشته و رابط ۴ پین به صفحه کنترل متصل می‌شود.

### مدارات الکترونیک

برد الکترونیک داخل دستگاه دارای مداراتی برای تولید امواج فراصوت و مداراتی برای آشکارسازی امواج فراصوت دریافتی می‌باشد. کل مدار الکترونیک دستگاه به تعدادی بلوک از نظر کارکرد تقسیم می‌شود. یک مولد

1 - Composite  
2 - Noise

فرکانس، یک سیگنال مربعی با فرکانس قابل تنظیم ایجاد می‌کند. پردازشگر در زمانهای مساوی و مشخص، به چیپ برنامه ریزی شده فرمان می‌دهد تا یک محدوده زمانی از سیگنال مربعی را برای روشن کردن یک کلیدزنی الکترونیکی، ایجاد کند. روشن و خاموش شدن سریع یک کلید و کاربرد یک ترانسفورمر تپ<sup>۱</sup>، سبب تحریک مبدل و تولید امواج فراصوتی می‌شود. امواج فراصوتی از مبدل فرستنده خارج می‌شود و پس از عبور از توده خاک به مبدل گیرنده برخورد می‌کنند. سیگنال دریافتی پس فیلتر و پیش تقویت، به تقویت کننده تکمیلی منتقل شده و ضمن شکل دهی بصورت یکسوسازی دوطرفه و فیلتر به بخش واسط قیاسی به رقمی می‌رسد. در این بخش، در یک مقطع زمانی پس از تحریک مبدل، سیگنال قیاسی با سرعت زیاد رقمی شده و در یک حافظه ذخیره می‌شود. یک پردازشگر سریع، اطلاعات ذخیره شده درحافظه را از طریق پورت USB به رایانه منتقل می‌کند. نرم افزار کامپیوتری پس از دریافت اطلاعات از طریق پورت USB، آنها را نمایش می‌دهد. پس از ذخیره سیگنال ارسالی و دریافتی، می‌توان زمان عبور امواج فراصوتی از توده خاک و مقدار تضعیف امواج در اثر توده خاک را محاسبه کرد. بلوک دیاگرام کلی دستگاه در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- بلوک دیاگرام کلی دستگاه گیرنده فرستنده فراصوت خاک

## پردازشگر

بمنظور کنترل عملکرد دیگر اجزا و زمان بندی صحیح، یک میکروکنترلر 89c2051 بکار گرفته شده است. این تراشه قابلیت های زیادی چون داشتن ROM داخلی، زمان سنج های قابل برنامه ریزی، منابع وقفه، تعداد مکانهای کافی RAM برای تعریف متغیرهای برنامه، پورت ۸ بیتی ورودی-خروجی را دارا می باشد. توسط وقفه زمانی،

1 - Pulse  
2- Timer

زمان بندی لازم برای فرمان تپ تحریک ایجاد می شود. پورت ۸ بی تی ورودی خروجی وضعیتهای مختلف سویچهای روی صفحه کنترل را چک کرده و هنگام تغییرات کلیدزنی، انتخاب لازم را اعمال می کند. در حالت کلی، پردازشگر در زمانهای مساوی و مشخص، به چیپ برنامه ریزی شده فرمان می دهد تا یک محدوده زمانی از سیگنال مربعی را برای روشن کردن یک کلیدزنی الکترونیکی ایجاد کند.

### مولد بسامد قابل تنظیم

یک چیپ VCO بنام TC4046 که فرکانس آن وابسته به ولتاژ است یک سیگنال مربعی تولید می کند. خروجی این چیپ به چیپ برنامه ریزی شده می رود.

### چیپ برنامه ریزی شده

یک چیپ XC9572 که دارای قابلیت Latch, Gate, Flipflop برای پیاده سازی زمانبندی لازم برای ساختن تپ تحریک است مورد استفاده قرار گرفته است. در صورت عدم کاربرد این چیپ، لازم بود فضای بیشتری از برد اشغال شده و چندین چیپ، برای پیاده سازی زمانبندی و ترکیبات منطقی معینی بکار رود.

### کلیدزنی و ترانسفورمر تپ

برای تولید تپ تحریک، یک کلید mosfet باید روشن و خاموش شود. به علت اثر خازنی در پایه کنترل<sup>۱</sup> کلید، نیاز به یک مدار راه انداز<sup>۲</sup> نیز می باشد. هنگام روشن و خاموش شدن سریع کلید، تپی ایجاد می شود که از ترانسفورمر تپ عبور کرده و چون ترانس افزایشده است، به نسبت افزایشده می یابد. با تحریک پیزوالکتریک، یک دسته امواج فراصوتی به صورت پرتو ایجاد می شود.

### تغذیه ولتاژ بالا

علاوه بر تغذیه ولتاژ پایین برای مدار، برای ایجاد تپ با دامنه زیاد نیاز به تغذیه ولتاژ بالا می باشد که از ترکیب چهار برابر کننده دیود- خازنی ساخته می شود.

### بخش تقویت و فیلتر امواج ارسالی

از سیم پیچ ثانویه در ترانسفورمر تپ، علاوه بر تامین ولتاژ برای مبدل پیزوالکتریک فرستنده، سیگنالی نمونه برداشته شده و محدود، تقویت و فیلتر می شود. خروجی این بخش نمایانگر سیگنال ارسالی از مبدل فرستنده است.

### بخش پیش تقویت و فیلتر امواج دریافتی

---

1- Gate  
2- Driver

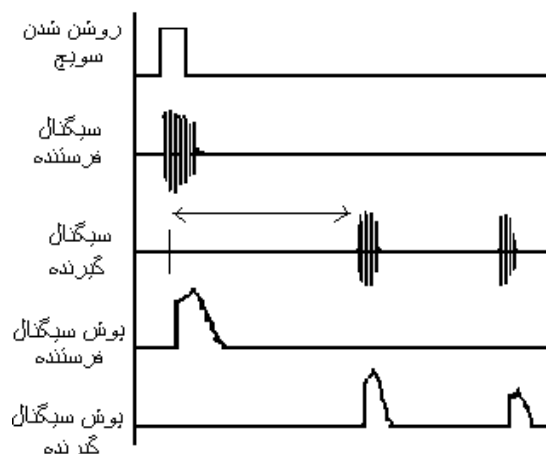
به علت اثر خازنی و انواع نویزها و سیگنالهای مزاحم که در طول مسیر اتصال مبدل پیزوالکتریک گیرنده به مدار الکترونیک، تاثیر می‌گذارند و باعث نابودی و تغییر شکل سیگنال می‌شوند، لازم است تا بخش پیش تقویت و فیلتر، مقداری امواج دریافتی را تقویت کند.

### بخش تقویت تکمیلی و فیلتر امواج دریافتی

پس از انتقال سیگنال از خروجی پیش تقویت به برد اصلی الکترونیک، لازم است تا باز سیگنال بیشتر تقویت شود تا قابل آشکارسازی و جداسازی پوش و قابل انتقال به رایانه شود. ضمناً بهره قابل تنظیم، توسط صفحه کنترل نیز در این بخش اعمال می‌شود.

### بخش واسط قیاسی به رقمی

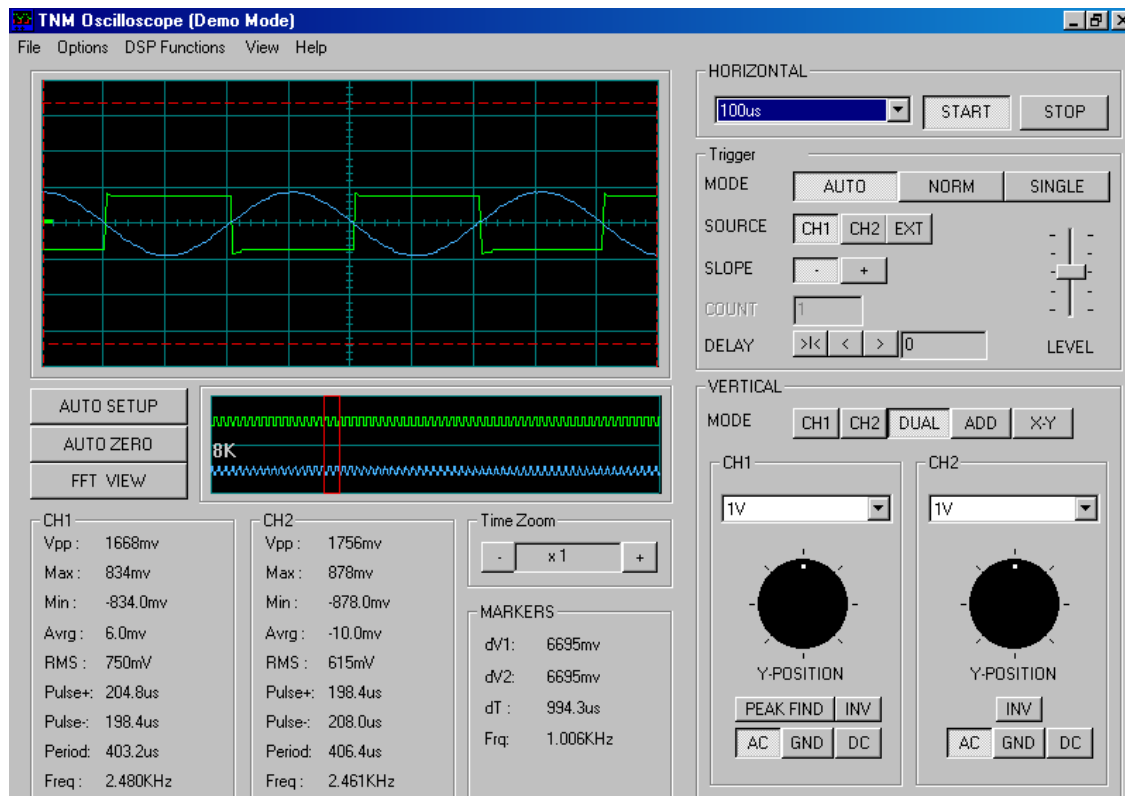
عملکرد برد الکترونیک این بخش بدین صورت است که در یک مقطع زمانی پس از تحریک مبدل فرستنده، سیگنال قیاسی با سرعت زیاد رقمی شده و در یک حافظه ذخیره می‌شود. شمارشگر وظیفه تولید آدرس ذخیره را بر عهده دارد. انتهای مقطع زمانی ذخیره، یک پردازشگر با آدرس دهی به حافظه، اطلاعات ذخیره شده در حافظه را از طریق پورت USB به کامپیوتر منتقل می‌کند. زمان بندی سیگنالها در شکل ۳ نشان شده است.



شکل ۳- زمان بندی سیگنال

### نرم افزار رایانه‌ای (نمایش و اندازه گیری)

پس از اجرای نرم افزار در رایانه، صفحه اصلی به صورت شکل ۴ روی نمایشگر ظاهر می‌شود. وسط صفحه دو کادر برای نمایش سیگنال فرستنده و گیرنده و در طرف راست صفحه، یک ستونی از تکمه‌های تنظیم دیده می‌شود. زیر کادرهای نمایش سیگنال، مفادیر اندازه گیری و محاسبه شده از سیگنال نمایش داده می‌شود.



شکل ۴- خروجی نرم افزار در رایانه

## روش انجام آزمایش

سامانه ساخته شده برای اندازه گیری غیر مخرب خاک های مختلف می باشد. این سامانه قادر است که خصوصیات فیزیکی خاک را (نظیر رطوبت، تخلخل و...) با استفاده از سرعت عبور امواج و میرایی موج اندازه گیری کند. کاوشگر فرستنده، امواج فراصوتی تپی ارسال می کند و موج پس از عبور از نمونه خاک توسط کاوشگر گیرنده دریافت می شود. این موج حاوی اطلاعات از نمونه خاک می باشد. واحد پردازش، زمان ارسال تا دریافت امواج را محاسبه می کند. همچنین سامانه توانایی اندازه گیری دامنه امواج ارسالی و دریافتی را دارد. قبل از شروع آزمایش ها، سامانه برای هوا واسنجی شد. برای این کار سامانه در فواصل مختلف برای سرعت، دامنه و بسامد کالیبره شد. برای اندازه گیری سرعت امواج از رابطه (۱) و برای محاسبه میزان تضعیف دامنه (میرایی) از رابطه (۲) استفاده شد. ضخامت نمونه برای محاسبه سرعت با کولیس با دقت  $0.1$  میلی متر اندازه گیری شد. زمان گذر امواج توسط نرم افزار محاسبه شد. مراحل فوق برای هر نمونه ۱۵ مرتبه تکرار شد.

## آماده سازی نمونه ها

خاک مورد آزمایش از بافت لومی رسی مزرعه دانشگاه صنعتی اصفهان از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متر تهیه شد. خاک از الک ۲ میلی متری عبور داده شد. برای آماده سازی نمونه، ابتدا خاک را مقداری خیس نموده و به مدت ۳۰ دقیقه ورز داده شد. سپس در استوانه هایی به قطر ۵/۵ سانتی متر با ارتفاع ۱/۵، ۴ و ۸ سانتی متر ریخته شد. نمونه ها در داخل کیسه های نایلونی تا زمان آزمایش قرار داده شد. رطوبت نمونه ها به روش وزنی در آون اندازه گیری شد (۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد). درصد رطوبت نمونه ها مطابق رابطه (۳) تعیین شد (غازان شاهی،

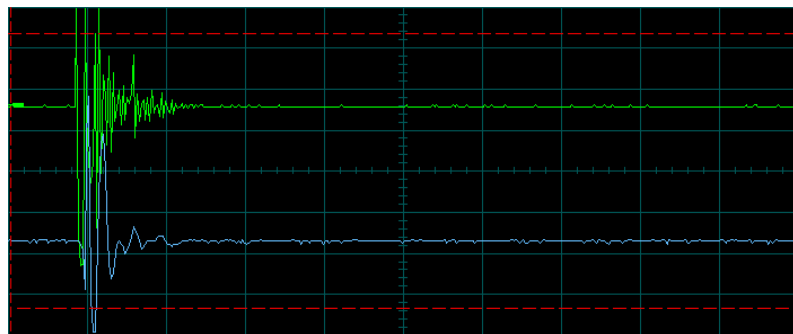


۱۳۷۴). اندازه‌گیری سرعت عبور امواج و میرایی آن در دو سطح بسامد ۷۵-kHz و ۱۲۵-kHz و دو سطح ولتاژ  $900V_{p-p}$  و  $1800V_{p-p}$  انجام شد.

$$s = 100 \times \frac{M_w - M_d}{M_d} \quad (3)$$

### نتایج

کیفیت موج گذرنده از نمونه‌های ۱/۵ و ۴ سانتی متری مطلوب بود ولی از نمونه ۸ سانتی متری امواج خیلی ضعیفی دریافت شد. بنابراین نمونه‌های ۸ سانتی متری از آزمایش حذف شدند. رطوبت نمونه‌های خاک ۲۷ درصد بر اساس وزن خشک بود. تصویر دریافتی امواج گذرنده از نمونه‌های خاک به ارتفاع ۱/۵ و ۴ سانتی متری در شکل ۵ (الف و ب) نشان داده شده است. در جدول (۱) مشخصات موج عبوری برای نمونه‌های خاک به ارتفاع ۲ و ۴ سانتی متری نشان داده شده است. مطابق جدول (۱) سرعت در تمامی نمونه‌ها تقریباً یکسان بود، که بیانگر شرایط یکسان و یکنواخت نمونه‌های تهیه شده از خاک مورد آزمایش بود. اما میزان تضعیف یا میرایی امواج متفاوت بود. با تغییر ولتاژ از ۹۰۰ به ۱۸۰۰ ولت، به غیر از نمونه ۴ سانتی متری در بسامد ۱۲۵-kHz، در سایر نمونه‌ها با تغییر ولتاژ، میزان تضعیف امواج متفاوت بود. لذا می‌توان گفت که امواج فراصوت با وجود تداخل زیاد خاک و تضعیف زیاد امواج، می‌تواند تحت شرایطی نظیر ولتاژ تحریک بالای مبدل فراصوت و ضخامت کم لایه خاک، از خاک عبور کند و تعیین خصوصیات خاک در شرایط مختلف به کمک امواج فراصوت امکان پذیر باشد.



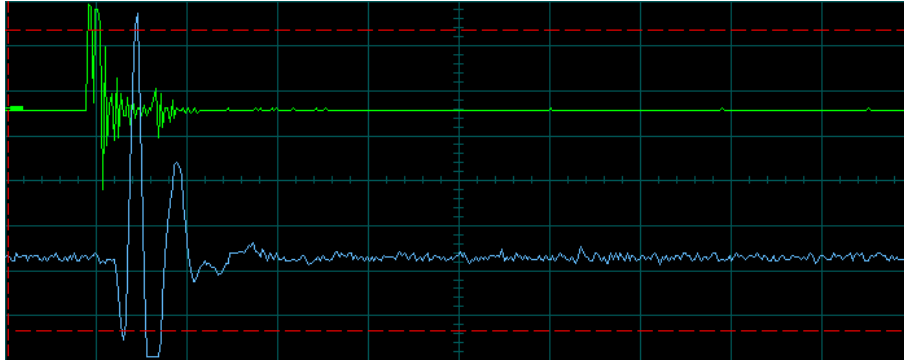
شکل ۵ الف- امواج گذرنده از نمونه به ارتفاع ۱/۵ سانتی متر

فرستنده



گیرنده





شکل ۵ ب- امواج گذرنده از نمونه به ارتفاع ۴ سانتی متر

جدول ۱- مشخصات موج عبوری برای نمونه‌های خاک به ارتفاع ۲ و ۴ سانتی متری

		۱۲۵-kHz		۷۵-kHz				
		$900V_{p-p}$		$1800V_{p-p}$		$900V_{p-p}$		
		میزان		میزان		میزان		
		تضعیف		تضعیف		تضعیف		
		$ms^{-1}$		$ms^{-1}$		$ms^{-1}$		
		$dmm^{-1}$		$dmm^{-1}$		$dmm^{-1}$		
طول	۱/۵ cm	۱۸۰	۳.۷۴	۱۷۷.۸	۳.۶۴	۱۹۰.۱	۳.۷۴	۱۸۳.۲
نمونه		$\pm 15.2$	$\pm 0.001$	$\pm 10.2$	$\pm 0.13$	$\pm 10.2$	$\pm 0.001$	$\pm 16.4$
	۴ cm	۱۳۷.۴	۱.۷	۱۲۵.۵	۳.۴	۱۶۹	۱.۷۳	۱۶۶.۳
		$\pm 5.7$	$\pm 0.04$	$\pm 4.5$	$\pm 0.05$	$\pm 4.9$	$\pm 0.03$	$\pm 4$

#### منابع مورد استفاده

- ذکی، ح.، مینایی، س.، توکلی هشتجین، ت.، مختاری دیزجی، م.، منتظر، ع.ر. ۱۳۸۷. کیفیت سنج فراصوتی برای محصولات کشاورزی. پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی، مشهد.
- غازان شاهی، ج. ۱۳۷۴. فیزیک خاک. انتشارات دانشگاه تهران، صفحات ۳۴-۲۴ و ۶۷.
- عضو امینیان، ک. ۱۳۶۳. امواج به زبان ساده. نشر جیران، صفحه ۹۴.
- لغوی، م. ۱۳۸۲. راهنمای کشاورزی دقیق. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی.
- نیکبخت، ع.م.، توکلی هشتجین، ت.، ملک فر، ر.، قبادیان، ب. ۱۳۸۷. استفاده از طیف سنجی رامان برای بررسی غیر مخرب پارامترهای کیفی میوه گوجه‌فرنگی. پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی، مشهد.

Craciun, F., G. Guidarelli, C. Galassi, E. Roncari. 1998. Elastic wave propagation in porous piezoelectric ceramics. *Ultrasonics*, 36, 417-430.

Esehaghbeygi, A., N. Raghmi. 2009. Ultrasonic waves to detect Intact and non-intact potatoes. XXXIII CIOSTA and CIRGR V Conference, Reggio Calabria, Italy.

Esehaghbeygi, A., N. Raghmi, A. Kargar. 2010. Detection of internal defects in potato based on ultrasound attenuation. *Am. Potato J. Res.* (In press).

Kasap, S.O., D. Lakhanpal, C. Patzer, T. Mandziak, D.G. Fredlund. 1994. Ultrasonic measurements on a porous ceramic to determine soil suction. *Ultrasonics*. 32(5): 379-383.

Mack, A.R., E.J. Brach. 1966. Soil moisture measurement with ultrasonic energy. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 30, 544-548.

Ohdaira, E., N. Masuzawa. 2000. Water content and its effect on ultrasound propagation in concrete-the possibility of NDE. *Ultrasonics*, 38, 546-552.

## **Design and construction device of transmitted ultrasonic wave among soil**

### **Abstract**

It is important to measure attribute of heterogeneous media like soil. As ultrasonic parameter such as velocity and attenuation depended of transmitted media, nondestructive methods like ultrasonic can be used in determining soil attribute. In this article, a special ultrasonic setup system designed and evaluated. This system compounded of different part that can transmitted ultrasonic wave from soil and received it, and then analysis received waves. In addition, described the design of electronic circuit of the system and assessment velocity and attenuation of soil sample. A soil sample has cylindrical shape with 5.5 cm diameter and 1.5, 4 and 8 cm thickness, which frequency was used 75 kHz and 125 kHz and voltage was used  $900V_{p-p}$  and  $1800V_{p-p}$ . Results show that velocity almost was same for all soil samples. But ultrasonic attenuation was different by voltage changing from  $900V_{p-p}$  to  $1800V_{p-p}$  for all samples (except sample with 4 cm thickness in the frequency of 125 kHz). Therefore, ultrasonic waves could transmitted from soil (event high porosity and attenuation) by special condition like high voltage and low soil layer thickness and it is possible to determine soil attribute by ultrasonic testing in different conditions.

Keyword: Ultrasonic, Attenuation, Soil, Porosity, Moisture content