نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹٤ - کرج

کاربرد روش‌های مبتنی بر سیگنال‌های صوتی برخورد در درجه‌بندی و تعیین کیفیت محصولات کشاورزی

هادی کریمی[1*]، ابراهیم زارعی شهامت[1]
۱-دانشجوی دکتری گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه تبریز
ایمیل مکاتبه کننده: hadi.karimi@tabrizu.ac.ir

چکیده

مواد مختلف در برخورد با یکدیگر امواجی را تولید می‌کنند که فرکانس، دامنه و شدت صوتی آن‌ها به خصوصیات فیزیکی و مکانیکی مواد وابسته است. با توجه این ویژگی مواد، از سیگنال‌های صوتی حاصل از برخورد، برای درجه‌بندی و تعیین کیفیت محصولات کشاورزی در تحقیقات بسیاری استفاده شده است. در روش مبتنی بر پردازش سیگنال صوتی، صدای برخورد هر محصول یا ماده خارجی توسط یک میکروفن ثبت و برای پردازش در دو حوزه زمان و فرکانس به رایانه منتقل می‌شود. با پردازش سیگنال در دو حوزه مذکور، ویژگی‌هایی از سیگنال‌های صوتی برخورد که بیشترین تناسب را با کیفیت و نوع محصول داشته باشد، استخراج می‌گردد. پس از انتخاب ویژگی‌های مناسب صوتی، الگوریتم شناسایی از قبل توسعه داده شده با استفاده از این ویژگی‌ها، درجه‌بندی و تعیین کیفیت محصولات کشاورزی را انجام می‌دهد. ارزیابی‌های انجام گرفته توسط پژوهشگران مختلف نشان می‌دهد که روش‌های شناسایی مبتنی بر سیگنال‌های صوتی برخورد در صورتی موفقیت‌آمیز هستند که عیوب و یا تفاوت‌های محصول توسط سیستم صوتی نصب شده قابل شنیده شدن باشد. بنابراین با تجهیز کردن سیستم‌های صوتی به ابزارهایی حساس‌تر برای ثبت سیگنال صوتی و همچنین به کارگیری تنظیمات مناسب می‌توان تفاوت‌های جزئی‌تر بین محصولات را توسط سیستم صوتی شنید. با در نظر گرفتن پیشرفت‌هایی مورد انتظار در مورد حسگرهای صوتی و همچنین ارزان و ساده بودن این سیستم‌ها، کابرد گسترده سیستم‌های مبتنی بر سیگنال‌های صوتی برخورد در زمینه ارزیابی، کنترل کیفیت و جداسازی محصولات کشاورزی در آینده دور از انتظار نخواهد بود.

واژه‌های کلیدی: سیگنال صوتی، برخورد، پردازش سیگنال

مقدمه

صوت

امواج صوتی، امواج مکانیکی طولی هستند. این امواج می‌توانند در جامدات ، مایعات و گازها منتشر شوند. ذرات مادی منتقل کننده این امواج، در راستای انتشار موج نوسان می‌کنند. امواج مکانیکی طولی در گستره وسیعی از بسامدها به وجود می‌آیند و در این میان بسامدهای امواج صوتی در محدوده‌ای قرار گرفته‌اند که می‌توانند گوش و مغز انسان را برای شنیدن تحریک کنند. این محدوده تقریبا از ۲۰ تا حدود ۲۰۰۰۰ هرتز است و گستره شنیده شدنی نامیده می‌شود. امواج مکانیکی طولی را که بسامدشان زیر گستره شنیده شدنی باشد امواج فروصوتی و آن‌هایی که بسامدشان بالای این گستره باشد، امواج فراصوتی گویند (محمودی و همکاران، ۱۳۸۵). ویژگی‌های امواج صوتی عبارتند از:
بسامد: هرقدر بسامد صدا بیشتر باشد یعنی حرکت ارتعاشی تندتر باشد صدای حاصل زیرتر و هرقدر بسامد آن کمتر باشد بم‌تر خواهد بود.

طول موج: جسم مرتعش هر تناوب کامل را در مدت زمانی مشخص انجام می‌دهد. واحد طول موج متر بوده و هرچه این مقدار کوتاه‌تر باشد صدا زیرتر و در صورت بلند بودن صدا بم‌تر می‌باشد.

دامنه: دامنه بیانی از شدت صداست. هرچه دامنه صدا بلندتر صدا شدیدتر و در صورت کوتاه بودن صدا ضعیف‌تر است.

شدت صوت: احساس بلندی و کوتاهی صدا مربوط به انرژی حمل شده با امواج صوتی است و بر حسب واحد دسی بل می‌باشد که یک واحد مقایسه‌ای است و عبارت است از ده برابر log نسبت شدت صدای مورد نظر به شدت یک سطح مقایسه‌ای که بطور قراردادی صدایی است که دارای ۰/۰۰۰۲ میکرو بار فشار بوده و به عنوان آستانه شنوایی در انسان در نظر گرفته می‌شود.

پردازش سیگنال

به‌طور ساده هر کیمیت متغیر در زمان یا مکان که قابل اندازه‌گیری باشد را سیگنال گویند. با نمونه‌گیری از کمیت‌ها در واحدهای زمانی مختلف می‌توان تشکیل یک سیگنال داد. پردازش سیگنال نیز علمی است که به آنالیز سیگنال‌ها می‌پردازد. زوزف فوریه در قرن ۱۸ نشان داد که همه سیگنال‌های موجود در جهان را می‌توان به شکل ترکیبی از امواج سینوسی نشان داد. سیگنال‌های صوتی نیز از این قاعده مستثنی نیستند و هر سیگنال صوتی را می‌توان به امواج سینوسی تشکیل دهنده آن شکست (کریمی و همکاران، ۱۳۹۱).

حوزه زمان و حوزه فرکانسی

دو پارامتر اصلی در موج سینوسی فرکانس و دامنه آن می‌باشد. وقتی سیگنالی در حوزه زمانی است این بدان معناست که محور افقی در نمودار این سیگنال نشان دهنده زمان و محور عمودی نشان دهنده مقدار دامنه سیگنال می‌باشد. حال اگر هدف تعیین فرکانس‌های موجود در سیگنال داده شده باشد. به راحتی نمی‌توان فرکانس‌های مختلف را در این حوزه پیدا کرد. اما با تبدیل کردن سیگنال مذکور از حوزه زمان به حوزه فرکانس می‌توان این کار را انجام داد. بنابراین در اینجا مسئله پیدا کردن روشی است که بتواند سیگنال ورودی را از حوزه زمان به حوزه فرکانس تبدیل کند (کریمی و همکاران، ۱۳۹۱)

تبدیل فوریه

تبدیل سیگنال از حوزه زمان به حوزه فرکانس موجب مشخص شدن فرکانس‌های تشکیل دهنده یک سیگنال می‌شود. دو تبدیل مهمی که برای این منظور به کار می‌رود، تبدیل فوریه و تبدیل هارتلی است که در این بین تبدیل فوریه از اهمیت بسیار بیشتری برخوردار است. این تبدیل در اکثر زمینه‌های علمی به عنوان ابزاری ریاضی یا فیزیکی برای تبدیل مسئله به شکلی که به سادگی قابل حل باشد، به کار می‌رود. تبدیل فوریه در واقع ارتقاء یافته و حالت کاربردی سری فوریه می‌باشد. تبدیلات فوریه و انتقال سیگنال از حوزه زمان به حوزه فرکانس از این نظر نیز اهمیت دارد که، بسیاری از محاسبات مربوط به معادلات دیفرانسیل، معادلات تفاضلی و عمل کانولوشن[1] وقتی به حوزه فرکانس منتقل شوند به عملیات جبری ساده تبدیل می‌گردند (حسین پور و همکاران ۱۳۸۹).

آزمون‌های مبتنی بر خواص صوتی

آزمون‌های مبتنی بر خواص صوتی با سرعت بالایی که دارند، در علوم کشاورزی جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده‌اند. در علوم کشاوزی، آزمون‌های مبتنی بر خواص صوتی غالبا برای درجه‌بندی محصولات، تعیین رسیدگی و سفتی میوه‌ها، تعیین برخی خصوصیات فیزیکی محصولات و گاهاً تعیین برخی عیوب ممکن در محصولات باغی و کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند. مهمترین مزایای روش‌های صوتی را می‌توان به شرح زیر بیان کرد(محمودی و همکاران ،۱۳۸۵؛ حسین پور و همکاران ۱۳۸۹؛ کریمی و همکاران، ۱۳۹۱)

- چرخه کوتاه آزمون (تنها درچند صد میلی ثانیه)
- غیرمخرب بودن

[1] Convolution

- تکرارپذیری
- تشخیص با هزینه کم

مزیت‌های سیستم‌های مبتنی بر صوت موجب گردیده که گرایش به سمت استفاده از روش‌های صوتی بیش از گذشته مورد توجه محققین وصنعتگران رشته‌های کشاورزی قرار گیرد. مواد مختلف درهنگام برخورد با یکدیگر امواجی تولید می‌کنند که فرکانس، دامنه و شدت صوتی آن به عوامل مهمی از جمله سرعت برخورد، جنس، حجم و جرم مواد بستگی دارد. بنابراین با اندازه‌گیری خصوصیات امواج صوتی و فراصوتی می‌توان به برخی از خصوصیات مواد و یا حداقل به تفاوت‌های آن‌ها پی برد. اکثر سیستم‌های آکوستیکی بدین سان عمل می‌کنند که با استفاده از یک پیستون ضربه‌ای آرام به محصول وارد می‌کنند، صدای حاصله را ضبط کرده و با پردازش سیگنال حاصله، خصوصیاتی از سیگنال که مرتبط با خصوصیات مورد نظر محصول باشند استخراج می‌شود. با بررسی و مطالعه روی خصوصیات مستخرج می‌توان به بسیاری از خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی و غذایی از جمله سفتی، ترک، رسیدگی، آسیب دیدگی و... پی برد.

کاربردها

تشخیص عیوب

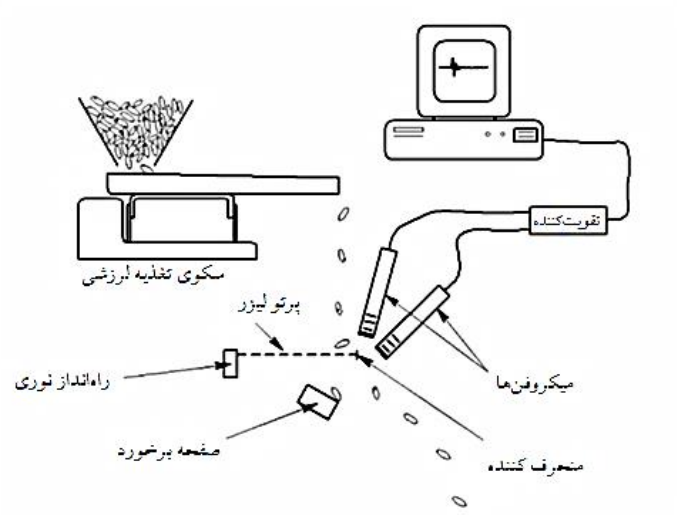
از روش‌های صوتی به طور گسترده‌ای برای تشخیص عیوب محصولات کشاورزی استفاده شده است. مک‌کمبریج[۲] و همکاران (۱۹۹٦) روشی آکوستیکی برای شناسایی ترک‌های حاصل از یخ‌زدگی در غذاهای مختلف ارائه دادند. بر اساس نتایج این تحقیق اعلام شد که هنگام ایجاد ترک‌ها، دامنه و فرکانس بالاتری نسبت به نویز زمینه ایجاد می‌گردد.

پیرسون و همکاران (۲۰۰۵) برای شناسایی بذور گندم صدمه دیده، از آنالیز اصوات انتشار از برخورد بذر گندم و صفحه برخورد استفاده کردند (شکل۱). در این سیستم داده‌برداری توسط دو میکروفنی که در فاصله ۲۵ میلی‌متری صفحه برخورد قرار داشتند انجام می‌شد و سیستم داده‌برداری توسط علائمی که از سنسور نوری دریافت می‌کرد راه‌اندازی می‌گردید. پیرسون و همکاران قابلیت بالا را برای ویژگی‌هایی نظیر فرکانس بیشینه و اندازه فوریه گسسته در جداسازی بذور سالم و صدمه دیده بسیار بالا گزارش کردند. نتایج این تحقیق نشان داد، که این روش می‌تواند بذور صدمه دیده و آسیب دیده توسط حشرات را با سرعت بالا و دقتی بالای ۹۰٪ شناسایی نماید.

[۲] McCambridge

در تحقیقی دیگر، اینچه[۳] و همکاران (۲۰۰۷) با سیستمی مشابه (شکل ۱) دانه‌های شکسته فندق را با دقتی معادل ۹۷٪ شناسایی کردند. چتین[٤] و همکاران (۲۰۰٤) از تکنیک تشخیص صدا برای جداسازی پسته‌های خندان و ناخندان استفاده نمودند. آن‌ها در طبقه‌بندی پسته‌ها از یک ترکیب خطی بردارهای مل-سپستروم و مولفه‌های اصلی حاصل از PCA داده‌های حاصل از نمونه‌برداری صوت در حوزه زمان استفاده کردند. دقت این سیستم در حدود ۹۹ درصد گزارش گردید.

البتاوی[۵] و همکاران (۲۰۰۸) آزمونی را براساس صوت طراحی کردند که می‌توانست حفره‌های نهان سیب‌زمینی را تشخیص دهد. در این تحقیق، ویژگی‌های موثری که می‌توانستند در شناسایی سیب‌زمینی سالم و سیب‌زمینی حفره‌دار مورد استفاده قرار گیرند، شناسایی شدند. ایشان فرکانس بیشینه، طیف چگالی توان و مساحت زیر منحنی چگالی طیف توان را به عنوان ویژگی‌های توانمند، برای یافتن حفره‌های سیب‌زمینی معرفی کردند. تحقیق اخیر نشان داد که فرکانس بیشینهٔ سیب‌زمینی سالم بالاتر از فرکانس بیشینهٔ سیب‌زمینی حفره‌دار می‌باشد.



شکل ۱: سیستم مورد استفاده اینچه و پیرسون برای شناسایی دانه‌های شکسته فندق و گندم‌های آسیب دیده

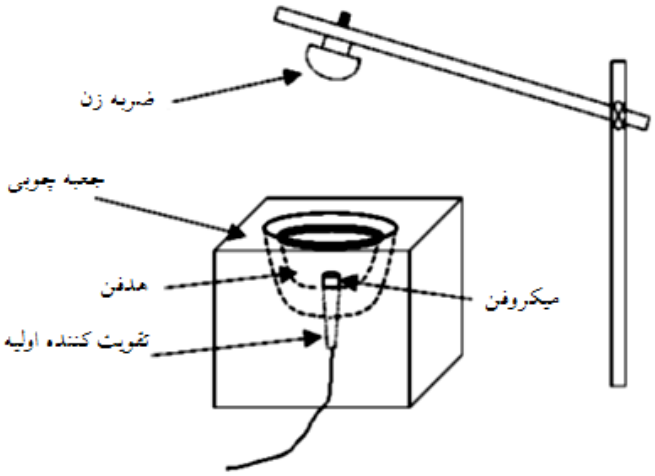
تعیین کیفیت

آزمون‌های غیر مخرب آکوستیک برای تشخیص کیفیت میوه‌ها اولین بار توسط یاماموتو[٦] و همکاران (۱۹۸۰) معرفی شدند. امروزه روش‌های آکوستیکی مختلفی برای شناسایی سفتی و رسیدگی میوه‌ها توسعه یافته‌اند. اکثر محققان یک

[۳] Ince
[٤] Cetin
[۵] Elbatawi
[٦] Yamamoto

رابطه معکوس بین سفتی میوه‌ها و فرکانس تشدید را ارائه دادند. آرمسترانگ[۷] و همکاران (۱۹۹۰) از ارتعاشات صوتی با تحریک ضربه[۸] برای تعیین سفتی سیب استفاده کردند. براساس نتایج حاصله، مدول الاستیسیته سیب با استفاده از فرکانس تشدید ارتعاشات صوتی ناشی از ایمپالس به آسانی قابل تخمین است. در این تحقیق میزان رسیدگی سیب، وابسته به سفتی آن و توسط فرکانس تشدید تعیین گردید. جیوانونگ[۹] (۱۹۹۸) از این روش برای یافتن سوراخ‌های نهان در اعماق بافت سیب زمینی استفاده کرد.

سوگی یاما[۱۰] و همکاران (۱۹۹۸) برای نظارت بر رسیدگی خربزه از یک دستگاه آزمون سفتی قابل حمل استفاده کردند. این دستگاه با استفاده از ضربه‌ای که پلانجر آن به خربزه می‌زد سرعت انتقال موج ایمپالس منتقل شده را اندازه می‌گرفت. در این دستگاه از یک مکانیزم ضربه زن و دو میکروفن استفاده شده بود. بر اساس نتایج حاصله، بین شاخص‌های سفتی مخرب و سرعت انتقال، همبستگی خوبی وجود داشت و سرعت انتشار اندازه‌گیری شده می‌تواند تغییرات فیزیولوژیکی خربزه را نشان دهد. این تکنیک برخی از خطاهای ناشی از شکل و اندازه در میوه‌ها را حذف می‌کند. در تحقیق مشابه، دیزما[۱۱] و همکاران (۲۰۰٤) از آزمون ضربه و پردازش طیف، کیفیت محصول هندوانه را مورد مطالعه قرار داده و رابطه‌ی معنی‌داری بین فرکانس بیشینه و رسیدگی هندوانه بدست آوردند. در این تحقیق ویژگی‌های حوزه فرکانس برای این منظور مورد استفاده قرار گرفت. شکل ۲ شماتیک سیستم آزمایشگاهی مورد استفاده را نشان می‌دهد.



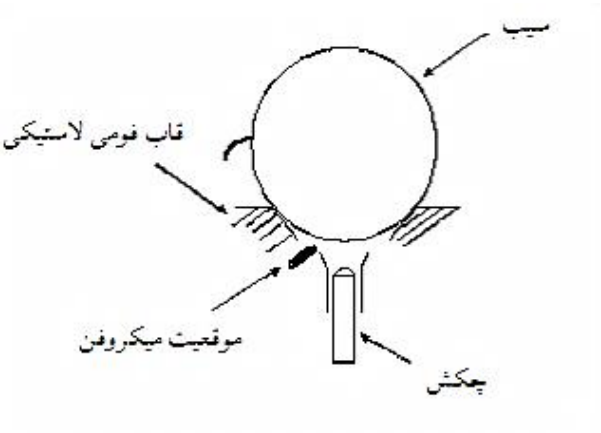
[۷] Armstrong
[۸] Impulse excitation
[۹] Jivanuwong
[۱۰] Sugiyama
[۱۱] Diezma

شکل ۲: سیستم مورد استفاده در بررسی کیفی هندوانه

جداسازی

بـا در نظر گرفتن تفاوت در سـیگنال‌های صـوتی برخورد مواد با خواص فیزیکی و مکانیکی متفاوت، جداسـازی محصـولات کشاورزی به وسیله روش‌های صوتی توسط پژوهشگران متعددی مورد توجه قرار گرفته است. پیرسون[۱۲] (۲۰۰۱) از تفاوت ویژگی‌های صـوتی حاصل از برخورد پسته‌های خندان و ناخندان با صفحه فولادی برای جداسازی آن‌ها استفاده کرد. نتایج نشان داد که در برخورد پسته‌ها به صفحه فولادی می‌توان براساس تکنیک آکوستیک نسبت به جداسـازی پسـته‌های خندان از ناخندان اقدام نمود وجداسـازی پسـته‌های خندان از ناخندان با دقت حدود ۹۷٪ قابل انجام اسـت. در این سـیسـتم دقت طبقه‌بندی نسـبت به جداسـازی مکانیکی بیشـتر بوده و آسیبی به پسته‌های خندان نرسـید. علاوه بر این بازدهی این روش در طبقه‌بندی پسـته‌های کم‌خندان نسـبت به سـیسـتم مکانیکی به مقدار قابل ملاحظه‌ای بهبود یافت به طوری که بهبود این عمل سـبب شـد که حدود ٤/٦٪ پسـته خندان بیشـتری حاصـل شـود. همچنین پیرسـون اعلام کرد که گونه پسته‌ها با پسته‌های حاصل از برداشت در سال‌های مختلف باید نتایج مشابهی را داشـته باشـند، اما روش اسـتخراج خصـوصـیات ممکن اسـت که نیاز به عملیاتی دوباره، برای داشـتن دقت مطلوب جداسازی، داشته باشد.

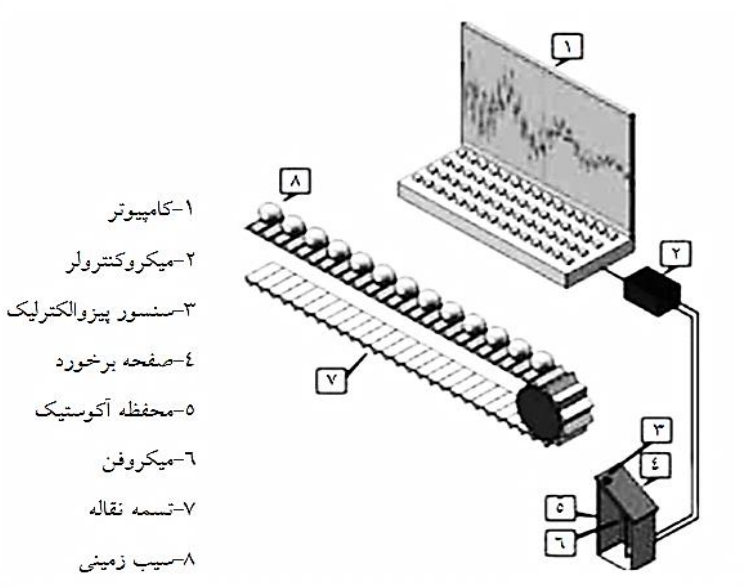
همچنین تیپلیکا[۱۳] و همکاران (۲۰۱۰) از اندازه‌گیری صـوتی برای جداسازی ارقام مختلف سیب استفاده کردند در این روش صـدای حاصـل از برخورد چکشـی کوچک با سیب مورد پردازش قرار می‌گرفت (شکل ۳) نتایج نشان داد که روش صوتی قادر به تشخیص ارقام مختلف سیب با کمترین خطا می‌باشد.



[۱۲] Pearson
[۱۳] Tiplica

شکل۳ : سیستم مورد استفاده برای جداسازی ارقام مختلف سیب

حسین‌پور و همکاران (۱۳۸۹) جداسازی کلوخ از سیب‌زمینی را با استفاده از آزمون پاسخ آکوستیک مورد مطالعه قرار دادند .نمونه‌هایی از سیب‌زمینی و کلوخ روی نوار نقاله قرار داده شده و با راه‌اندازی آن، نمونه‌ها به طور گسسته با یک صفحه فولادی برخورد کردند (شکل ٤). صدای حاصل از ضربات ضبط شده و با پردازش آن در دو حوزه زمان و فرکانس، صفات مربوط به نمونه‌ها استخراج گردید . برای مطالعه اثر سرعت اصابت در دقت شناسایی و تعیین ظرفیت جداسازی سیستم، آزمایش در چهار سرعت مختلف از نوار نقاله تکرار گردید. هنگامی‌که نوار نقاله با سرعت یک متر بر ثانیه حرکت کرد، دقت شناسایی سیستم برای سیب‌زمینی و کلوخ به‌ترتیب ۹۷/۳ و ۹۷/٦ درصد بدست آمد، با افزایش سرعت نوار نقاله دقت شناسایی سیستم کاهش یافت.



شکل ٤: سیستم آزمایشگاهی مورد استفاده توسط حسین پور و همکاران برای جداسازی سیب‌زمینی از کلوخ

خواص محصولات کشاورزی و غذایی

تغییرات در خواص محصولات کشاورزی و غذایی از فاکتورهایی است که بر ویژگی‌های سیگنال صوتی برخورد اثر می‌گذارد. آموده (۱۳۸۱) طی تحقیقی اقدام به طراحی و ساخت یک دستگاه رطوبت‌سنج صوتی آنلاین برای غلات نمود. اساس کار این رطوبت‌سنج به این ترتیب بود که جریانی از دانه‌های گندم از خروجی یک قیف به پایین ریخته می‌شد و با سطح سخت از جنس‌های مختلف از جمله خود گندم برخورد کرده و صدایی تولید می‌کرد. شدت صوت آن متناسب با رطوبت دانه بود. پس از طراحی و ساخت قسمت‌های مختلف رطوبت‌سنج دانه، آزمایشات اولیه برای تعیین بهترین جنس سطح برخورد، ارتفاع ریزش و فاصله میکروفن از محل برخورد دانه‌ها انجام شد که با در نظر

گرفتن شرایط کار دستگاه، حسگر شیشه‌ای و ارتفاع ریزش ۱۰ سانتی‌متر با فاصله ۵ سانتی‌متر بین سطح برخورد و میکروفن به عنوان بهترین وضعیت انتخاب شدند. همچنین بر اساس آزمایش‌های به عمل آمده مشخص شد که دستگاه نسبت به رقم نیز حساس بوده و حداکثر خطای دستگاه برای رقم‌های مختلف به ۲٪ می‌رسد.

مواد و روش‌ها

در این بخش مواد و روش‌هایی که در اغلب پژوهش‌های مورد اشاره در این مقاله مورد استفاده قرار گرفته به صورت مختصر شرح داده می‌شود. همانطور که اشاره شد. برای تولید سیگنال صوتی برخورد محصولات را از ارتفاع خاصی به روی یک صفحه پرتاب می‌کنند و یا در برخی موارد با زدن ضربه مکانیکی به محصول سیگنال صوتی برخورد را تولید می‌کنند. هر محصول بسته به نوع خود یک سیگنال صوتی خاص را تولید می‌کند که از تفاوت این سیگنال‌ها برای جداسازی و کیفیت سنجی و موارد غیره استفاده می شود.

تنظیم شدت برخورد

ارتفاع و شدت ضربه معمولا با روش‌های سعی و خطا به گونه انتخاب می‌گردد که ضربه ناشی از برخورد آسیب مکانیکی به محصول وارد نکند. همچنین شدت صوت ایجاد شده باید به گونه‌ای باشد که توسط سیستم صوتی نصب شده قابل اندازه‌گیری باشد و در عین حال ویژگی‌های صوتی مناسب مواد برخوردی را برای الگوریتم شناسایی فراهم کند.

حسگر راه‌انداز داده برداری

از یک حسگر برای راه‌اندازی داده برداری توسط سیستم‌های مختلف صوتی استفاده می‌شود. این حسگر در واقع یک نوع استارتر برای سیستم محسوب می شود که از دخالت و تاثیر صدای محیط اطراف جلوگیری می‌کند. در سیستمی که توسط پیرسون و همکاران در سال ۲۰۰۵ توسعه داده شد، داده برداری از اصوات منتشر شده از برخورد بذر گندم توسط علائمی که از سنسور نوری دریافت می‌شد راه‌اندازی می‌گردید. محمودی و همکاران (۱۳۸۵) از یک حسگر حساس به ضربه (پیزوالکتریک) که روی صفحه فولادی نصب می‌شد برای شروع داده برداری استفاده کردند.

داده برداری

سیستم صوتی نصب شده هر سیگنال صوتی برخورد را بصورت مقادیر ولتاژ تولید شده توسط میکروفن در لحظه‌های مختلف ثبت می‌کند. در این کار برای ثبت خودکار صدای انعکاسی از بخش نرم افزاری و کدنویسی برنامه استفاده می‌شود.

پردازش سیگنال

برخی از ویژگی‌ها اغلب بخاطر سطح انرژی پائین نادیده گرفته می‌شوند که برای محاسبه آن‌ها از روش‌های پردازش سیگنال استفاده می‌شود. در برای دریافت تمام ویژگی‌های مناسب ممکن، پردازش سیگنال در دو حوزه فرکانس و زمان بکار می رود.

سیگنال در حوزه زمان

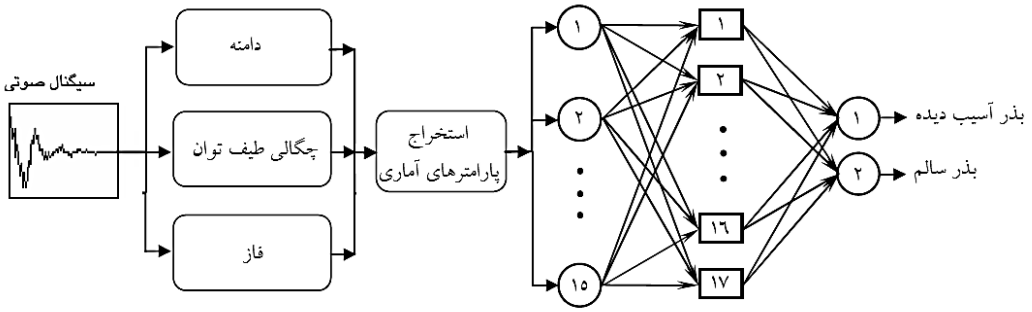
سیستم صوتی نصب شده به صورت لحظه به لحظه سیگنال های صوتی برخورد را به صورت مقادیر ولتاژی ثبت می‌کند این حالت منجر به تشکیل سیگنال در حوزه زمان می‌شود . در ادامه سیگنال‌های صوتی یکسوسازی می‌شوند به این صورت که المان‌های منفی سیگنال حذف شده و فقط المان‌های مثبت مورد آنالیز و پردازش قرار می‌گیرند.

سیگنال در حوزه فرکانس

تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که پردازش در حوزه فرکانس، اطلاعات و خصوصیات بیشتری از محصولات کشاورزی را در اختیار محققین قرار می‌دهد. برای اینکه که بتوان سیگنال‌های صوتی برخورد را در حوزه فرکانس مورد پردازش قرار داد. این سیگنال‌ها توسط تبدیل فوریه به سیگنال در حوزه فرکانس تبدیل می‌شود.

استخراج ویژگی‌ها

از آنجایی که سیگنال‌های صوتی به صورت رقمی ذخیره می‌گردد، مقایسه سیگنال‌های صوتی آن‌ها امکان پذیر می‌شود. در این مرحله از میان تمامی اطلاعات مربوط به سیگنال صوتی، آن دسته از ویژگی‌هایی که می‌توانند در شناسایی خصوصیات مورد استفاده قرار گیرند مشخص می‌گردد. برای استخراج ویژگی‌های توانمند و مفیدتر، سیگنال‌های صوتی توسط تبدیل سریع فوریه (FFT) نقطه‌ای به حوزه فرکانس منتقل می‌گردند. تبدیل سریع فوریه (FFT) تعداد محاسبات مورد نیاز برای تبدیل فوریه سیگنال را از N^2 به $N \times \log(N)$ کاهش می‌دهد.. در گام‌های بعدی اندازه، فاز و چگالی طیف توان سیگنال‌های حوزه‌ی فرکانس محاسبه می‌شوند.



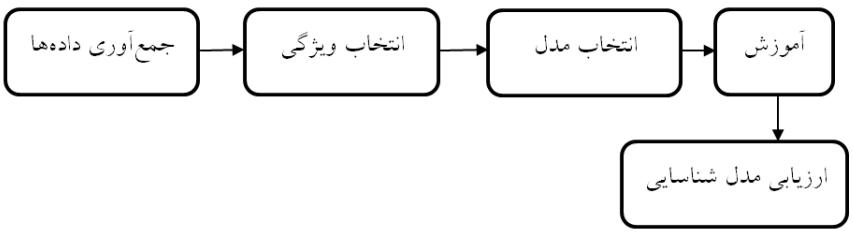
شکل ۵: توپولوژی شبکه عصبی ANN انتخابی برای شناسایی بذرهای آسیب دیده

کریمی و همکاران (۲۰۱۲) سه عامل دامنه سیگنال در حوزه زمان، چگالی طیف توان و فاز در حوزه فرکانس برای ورودی به مدل شبکه عصبی توسعه یافته برای شناسایی بذرهای آسیب دیده پیشنهاد کردند (شکل ۵) نرخ شناسایی شبکه عصبی پیشنهادی برای بذرهای سالم و بذرهای آسیب دیده به ترتیب ۹۹/٤۹ و ۱۰۰درصد حاصل شد. که با توجه به نتایج، توانایی سیستم صوتی در شناسایی بذرهای آسیب دیده بالا ارزیابی شد.

نتیجه گیری

کاربرد روش‌های صوتی در درجه‌بندی و تعیین کیفیت محصولات کشاورزی به عنوان یک روش غیر مخرب آسان و سریع توسط پژوهشگران بسیاری مورد ارزیابی قرار گرفته است. شماتیک نمونه‌ای از یک سیستم شناسایی مبتنی بر صوت در شکل ٦ نشان داده شده است این شکل نحوه کار یک سیستم جداسازی مبتنی بر پردازش سیگنال صوتی برخورد را نشان می‌دهد.

همانطور که از پژوهش‌های مرور شده در این مقاله می‌توان دریافت تنها شرط اولیه لازم برای استفاده از این روش آن است که عیب و یا تفاوت‌ها با استفاده از رفتار ارتعاشی محصول قابل شناسایی و یا به عبارت دیگر قابل شنیدن باشند. بنابراین با تجهیز کردن سیستم‌های صوتی به ابزارهایی حساس‌تر برای ثبت سیگنال صوتی و همچنین به کارگیری تنظیمات مناسب و پردازش دقیق‌تر سیگنال صوتی، می‌توان تفاوت‌های جزئی‌تر بین محصولات را توسط سیستم صوتی شنید. صوت علاوه بر کابرد در بررسی کیفیت و جداسازی محصولات کشاورزی در تعیین چگالی و میزان رسیدگی میوه‌ها، می‌توان برای اندازه‌گیری نرخ دبی حجمی در ماشین‌های برداشت کننده مانند کمباین به کار برد. با توجه به پیشرفت‌هایی مورد انتظار در مورد حسگرهای صوتی و همچنین ارزان و ساده بودن این سیستم‌ها، کابرد گسترده‌ی سیستم‌های مبتنی بر سیگنال صوتی برخورد در آینده دور از انتظار نخواهد بود.



شکل ٦: نمونه ای از سیستم شناسایی مبتنی بر روش‌های صوتی

منابع و مآخذ

۱. محمودی، ا. امید، م. آقاگل‌زاده و برقعی، س.ع. م. ۱۳۸۵. ارائه یک الگوریتم مناسب مبتنی بر شبکه عصبی جهت جداسازی پسته‌های خندان از پسته‌های ناخندان به روش آکوستیکی به صورت زمان واقعی. رساله‌ی دکتری مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی کرج، دانشگاه تهران.

۲. حسین پور داش‌آتان، ع. کماریزاده، م. ح. و محمودی، ا. ۱۳۸۹. مطالعه جداسازی سنگ وکلوخ در ماشین برداشت سیب‌زمینی با استفاده از روش صوتی مبتنی بر سیستم هوشمند. رساله دکترای تخصصی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه،

۳. آموده، م. ت. ۱۳۸۱. طراحی و ساخت دستگاه رطوبت سنج غلات روی خط. رساله کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

٤. کریمی، ه. نوید ح. و محمودی، ا. ۱۳۹۱. ارزیابی آزمایشگاهی دقیق کارها با استفاده از روش صوتی. رساله ی کارشناسی ارشد مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه تبریز، شهریور

5. Armstrong, P., Zapp & G. K. Brown. 1990. Impulsive Excitation of Acoustic vibrations in apple for firmness determination. Transaction of the ASAE, 33(4):1353-1359.
6. Cetin, A. E., Pearson T. C. & Tewfik, A. H. 2004. Classification of closedand open shell pistachio nuts using voice recognition technology. Transaction of the ASAE, 47: 659–64.
7. Diezma-Iglesias, B., Ruiz-Altisent M. & Barreiro, P. 2004. Detection of internal quality in seedlesswatermelon by acoustic impulse response. Biosystems Engineering 88: 221–230.
8. Elbatawi, I. E. 2008. An acoustic impact method to detect hollow heart of potato tubers. Biosystems Engineering 100:206-213.
9. Ince, N. F., Onaran, I. Tewfik, A. H. Kalkan, H. pearson, T. Cetin A. E. & Yardimchi, Y. 2007. Wheat and Hazelnut Inspection with impact Acoustics Time-Frequency patterns. An ASABE Meeting Presentation, Paper Number: 074152.
10. Jivanuwong, S. 1998. Nondestructive detection of hollow heart in potatoes using ultrasonics. Virginia Polytechnic Institute and State University.
11. Karimi, H., Navid, H., & Mahmoudi, A. 2012. Detection of damaged seeds in laboratory evaluation of precision planter using impact acoustics and artificial neural networks. *Artificial Intelligence Research*, *1*(2), p67.
12. Pearson, T. C, 2001. Detection of pistachio nuts with closed shells using impact acoustics. Applied engineering in agriculture, 17:249-253.
13. Pearson. T. C., Cetin A. E. & Tewfik, A. H. 2005. Detection of insect damaged Whet kernels by impact acoustics. ICASSP, 0-7803-8874-7/05.
14. Sugiyama, J., Katsurai, T., Hong, J., Koyama, H. & Mikuriya K. 1998. Melon ripeness monitoring by a portable firmness tester. Transaction of the ASAE 41: 121-127.
15. Tiplica, T., Vandewalle, P., Verron, S., Grémy-Gros, C., & Mehinagic, E. 2010. Identification of apple varieties using acoustic measurements. International Metrology Conference CAFMET 2010.
16. Yamamoto, H., Iwamoto, M. & Haginuma, S. 1980. Acoustic impulse response method for measuring natural frequency of intact fruits preliminary application to internal quality evaluations of apples and watermelons. Journal of Texture Studies 11: 117-136.

Application of acoustic impaction based methods in grading and determining the quality of agricultural products

Abstract

Different materials with different physical and mechanical properties, in impaction with each other produce different acoustic signals. Many researchers have utilized this characteristic of impaction acoustic signals for grading and quality determination of agricultural products. In the acoustic signal processing based method, impaction Sound of any products or external material is recorded by a microphone, then acquired signals is transmitted to a computer for processing in time and frequency domains. With signal processing in the mentioned domains, features of acoustic signals with the highest fitness with the quality and type of products is extracted. After selecting the appropriate features from acoustic signals, developed determination algorithms use these features for Grading and determining quality of agricultural products. Results of assessments that have been conducted by different researchers indicate that acoustical-based methods are successful while Products defects or differences can be heard by installed acoustic system. Thus by equipping more sensitive instruments for recording the acoustic signals and also applying appropriate settings, more detailed differences between products can be heard by the acoustic systems. In view of the expected progresses in acoustic sensors and simplicity and cheapness of these systems, wide application of acoustical based systems in the field of evaluation, controlling quality and sorting of agricultural products in the future would be expected.

Keywords: acoustic signals, impaction, signal processing