استفاده از تبدیل فوریه موج انعکاس صدا برای جداسازی پسته (۸۱)

امین رستمی[۱]، احمد غضنفری مقدم[۲]، سیامک طالبی[۳]

چکیده

برای جدا سازی پسته پوک از مغزدار روشی مبتنی بر آنالیز انعکاس صدای برخورد پسته با یک صفحه فولادی مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش انعکاس صدای برخورد هر دانه پسته توسط یک میکروفن گرفته و به رایانه انتقال و هر سیگنال در دو حوزه زمان و فرکانس مورد آنالیز قرار گرفت. برای انتقال سیگنال از حوزه زمان به حوزه فرکانس از الگوریتم تبدیل فوریه سریع (FFT) استفاده گردید. پس از پردازش سیگنال در دو حوزه مذکور با استفاده از نرم افزار مطلب (MATLAB)، شناسایی رایانه ای بر اساس روش نزدیک ترین فاصله به میانگین صورت گرفت. که بهترین نتایج شناسایی، برای گروه درشت به دست آمد. بالاترین دقت شناسایی در این پژوهش برای پسته‌های درشت پوک با ۹۸/۷۵ درصد و برای پسته های درشت مغزدار با ۸۲/۵۰ درصد با روش نزدیک ترین فاصله به میانگین در حوزه زمان حاصل گردید.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
۲- دانشیار بخش مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، پست الکترونیک: agazanfari@yahoo.com
۳- استادیار بخش مهندسی برق، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

مقدمه

پسته محصولی مخصوص مناطقی با آب و هوای خشک است و در مناطق خاورمیانه ، ایالات متحده و کشورهای مدیترانه ای کشت می شود که تولید آن بطور چشمگیری طی ۲۰ سال گذشته در این مناطق افزایش یافته است [۴] . ایران با تولید بیش از ۲۵۰،۰۰۰ تن در سال ۲۰۰۳ و صادرات ۱۱۵،۳۳۵ تن به کشور های مختلف در سال ۲۰۰۲ ، بزرگترین کشور در امر تولید و صادرات این محصول بشمار می آید.

میزان وجود پسته پوک در میان پسته های مغزدار باعث کاهش قیمت آن می گردد. روش های متعددی برای جداسازی پسته های پوک اجرا گردیده که در حال حاضر مورد استفاده در پایانه های فرآوری پسته می‌باشند ، از جمله استفاده از جریان هوا، شناوری در آب و سیستم مکانیکی، که اصل کلی جداسازی در همه ی این روش ها ، وجود اختلاف جرم یا اختلاف چگالی بین دو گروه پسته پوک و مغزدار است. اخیراً از سیستم های هوشمند که بر اساس پردازش انعکاس صدا کر می‌کنند، استفاده‌های زیادی برای محصولات کشاورزی و جداسازی آنها صورت گرفته است (Pearson et al., Cetin et al., 2004; Pearson, 2001; Diezma Iglesias et al., 2004; 2005) در صورتی که بتوانیم از این سیستم برای جداسازی پسته های پوک از مغزدار استفاده کنیم، می‌توانیم به مقدار زیادی کیفیت نهایی محصول را بالا برده و از صدمات مکانیکی به محصول و انتقال آلودگی در آن جلوگیری نمائیم. در این تحقیق امکان جداسازی پسته های پوک از مغزدار با استفاده از پردازش سیگنال‌های صوتی استحصال شده از برخورد پسته ها با سطحی فولادی در دو حوزه زمان و فرکانس بررسی گردیده است.

مواد و روش‌ها

پسته های استفاده شده در این تحقیق از رقم اوحدی بودند که در شهریور ۱۳۸۵ ه.ش از باغات اطراف شهر کرمان برداشت شدند. برای انجام آزمایشات پسته‌ها براساس اندازه به سه گروه درشت، متوسط و ریز تفکیک و سپس هر گروه براساس وزن به دو زیر گروه پوک و مغزدار تقسیم گردیدند. برای ضبط و انتقال سیگنال‌های صوتی به رایانه از یک جعبه آکوستیک ،صفحه برخورد و میکروفن استفاده شده است. جعبه آکوستیک ، اتاقکی است از جنس چوب به ابعاد ۲۵۰*۳۵۰*۵۰۰ میلی متر که دیواره ها ، کف و سقف آن بوسیله یونولیت به ضخامت ۵۰ میلی متر پوشانیده شده است تا در مقابل صدای محیط عایق باشد.

ضبط صدا بصورت اتوماتیک و توسط فرمان رایانه ای بدون دخالت کاربر انجام شد. فرمان ضبط توسط برنامه نوشته شده در نرم افزار مطلب (MATLAB 7.1) با آستانه ولتاژ ۰/۰۱ ولت برای شروع ضبط و نرخ نمونه برداری ۴۴۱۰۰ کیلو هرتز صورت گرفت و هر سیگنال به صورت مقادیر ولتاژ تولید شده توسط میکروفن در لحظه های مختلف قرائت و در رایانه ذخیره گردید. از آنجا که ولتاژ تولید شده دارای مقادیر مثبت و منفی می باشند برای پردازش در حوزه زمان تنها از مقادیر مثبت آنها (ولتاژ یک سو شده) استفاده شد. برای پردازش سیگنال‌ها ، یک بردار میانگین برای هر زیر گروه پسته تهیه گردید. برای انجام این کار هر سیگنال مرکب از ۴۰۰ مقدار ولتاژ در لحظات مختلف به ۸ پنجره با فاصله مساوی ۵۰ نقطه ای تقسیم و میانگین ولتاژ برای فواصل ۵۰ نقطه ای (پنجره) محاسبه گردید. در نتیجه هر سیگنال میانگین یک بردار ۸ عضوی شد که در آن فقط مقدار ولتاژ متوسط در لحظه های مختلف قرار دارند و هر سیگنال میانگین با نام "سیگنال مرجع" به عنوان نماینده گروه خود انتخاب شد.

انتقال سیگنال به حوزه فرکانس

یک سیگنال صوتی از هارمونی هایی با فرکانس های هم مضرب تشکیل می شود که تعیین کننده ویژگی های یک صدا می باشند. برای دستیابی به فرکانس‌های تشکیل دهنده یک سیگنال صوتی(طیف فرکانسی) از تبدیل فوریه سریع (FFT) استفاده می گردد. در این پژوهش برای انجام تبدیل فوریه سریع از نرم افزار مطلب استفاده شد. قبل از انجام تبدیل فوریه لازم است سیگنال ویندو شود به این معنی که طیفی از سیگنال حوزه زمان انتخاب گردد و این کار با استفاده از تابع هنینگ ویندو (Haning Window) یعنی رابطه ۲-۱ انجام می شود[۳].

$$w[n]=\begin{cases}0.5-0.5\cos(2\pi n/m), & 0\le n\le m\\ 0, & otherwise\end{cases}$$

رابطه ۲-۱

که در این رابطه n تعداد نمونه ها (تعداد قرائت ها) در یک سیگنال و m طول یک پنجره می باشد.

روش تشخیص

با استفاده از مشخصه های فوق الذکر و با روش نزدیکترین فاصله (Nearest Distance Method) عمل تعیین گروه پسته ها انجام شد. در این روش برای هر گروه پسته معلوم یک میانگین محاسبه می شود و به آن سیگنال مرجع اطلاق می‌گردد که در حقیقت نماینده گروه خود می باشد؛ سپس فاصله بین سیگنال مجهول و سیگنال مرجع برای شناسایی گروه هر پسته مجهول، با استفاده از رابطه۲-۲ محاسبه می‌گردد.

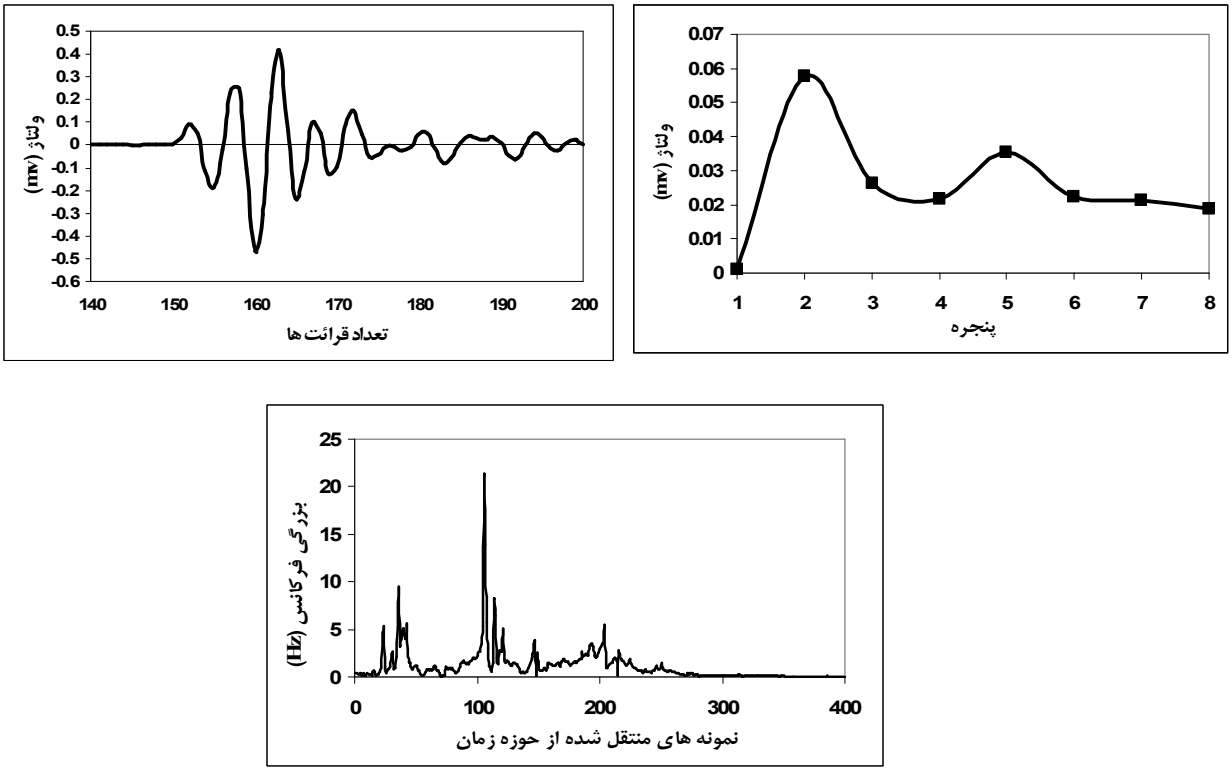
رابطه۲-۲

$$D_i = \sum_{j=1}^{n} (R_j - M_{ij})^2$$

که R سیگنال مرجع ، M نشان دهنده بردار مجهول ، i تعداد سیگنال ها یا پسته های مجهول ، j تعداد اعضاء ماتریس(تشکیل شده از چندین بردار سیگنال) ، n تعداد نمونه ها و D فاصله بین سیگنال مجهول و سیگنال مرجع می باشد . اگر فاصله بین سیگنال مجهول با سیگنال مرجع پسته‌های پوک کمتر از فاصله بین سیگنال مجهول با سیگنال مرجع پسته‌های مغزدار باشد ، سیگنال مجهول به عنوان سیگنال پسته پوک شناسایی می‌گردد در غیر اینصورت ، سیگنال مجهول ، سیگنال پسته مغزدار تشخیص داده می‌شود.

نتایج و بحث

در شکل۱ (بالا راست) پنجره‌ای از یک نمونه سیگنال صوتی در حوزه زمان نشان داده شده است، همانطور که مشاهده می‌شود بین نمونه های(نقاط) ۱۵۰ تا ۱۷۰ میزان تغیرات دامنه زیاد و سپس کم می‌شود به نحوی که در نمونه‌های(نقاط) پایانی تغیرات دامنه به کمترین حد می‌رسد. در نمودار بالا چپ از شکل۱ ، یک نمودار یکسو شده ۸ پنجره ای را نشان می دهد که دامنه سیگنال در پنجره‌های ابتدایی دارای بیشترین مقدار است. نمودار پائین شکل۱ ، یک نمونه سیگنال انتقال یافته از حوزه زمان به حوزه فرکانس را نشان می‌دهد که مبنای پردازش سیگنال در حوزه فرکانس است، مقادیر محور افقی این نمودار نشان دهنده فرکانس های سیگنال و مقادیر روی محور عمودی ، بزرگی هر فرکانس را نشان می‌دهند.



شکل ۱ – نمونه یک سیگنال صوتی. بالا راست: سیگنال در حوزه زمان؛ بالا چپ: سیگنال یکسو شده در ۸پنجره؛ پائین:سیگنال در حوزه فرکانس

با محاسبه بردار میانگین پنجره ها برای سیگنال ها در حوزه زمان و با اجرای روش نزدیکترین فاصله بین مقادیر سیگنال مجهول و سیگنال مرجع هر گروه ،پسته‌های پوک از پسته های مغزدار در گروه های مختلف با دقت هایی مشخص از یکدیگر تشخیص داده شدند؛ میانگین نتایج شناسایی حاصل از اجرای این روش در حوزه زمان، با چهار مرتبه تکرار در جدول ۱ مندرج می باشد.
با محاسبه بردار میانگین پنجره ها (Windows) برای سیگنال ها در حوزه فرکانس و با اجرای روش نزدیکترین فاصله بین مقادیر سیگنال مجهول و سیگنال مرجع هر گروه، پسته های پوک از پسته های مغزین در گروه‌های مختلف تشخیص داده شدند؛ که میانگین نتایج حاصل پس از ۴ بار تکرار در جدول ۱ مندرج می‌باشد.

جدول۱ درصد دقت شناسایی ته ی پوک از مغزدار در دو حوزه زمان و فرکانس

		ریز		متوسط		درشت	
		مغزدار	پوک	مغزدار	پوک	مغزدار	**پوک**
حوزه زمان	پوک	۲۵/۶۳	۷۴/۳۷	۵۰/۰۰	۵۰/۰۰	۱/۲۵	۹۸/۷۵
	مغزدار	۶۱/۸۷	۳۸/۱۳	۵۸/۷۵	۴۱/۲۵	۸۲/۵۰	۱۷/۵۰
حوزه فرکانس	پوک	۲۰/۰۰	۸۰/۰۰	۳۰/۰۰	۷۲/۵۰	۲۰/۰۰	۸۰/۰۰
	مغزدار	۷۵/۰۰	۳۵/۰۰	۶۰/۰۰	۴۰/۰۰	۶۰/۰۰	۴۰/۰۰

جدول۱ نشان می دهد که در حوزه زمان میزان دقت شناسایی پسته های درشت پوک از بقیه گروه ها بیشتر است و در واقع نتایج این گروه ، قابل ملاحظه است . به دلیل یکسان بودن تقریبی مغز در پسته های پوک و فضای خالی بیشتر در داخل پسه ، چگالی پسته های درشت پوک از پسته های متوسط و ریز پوک کمتر است و همین سبب افزایش دامنه و فرکانس صدای پسته های درشت پوک می گردد .در حوزه فرکانس جدول۱چنین نشان می دهد که میزان دقت شناسایی پسته های درشت پوک از بقیه گروه‌ها بیشتر است که در واقع به همان دلیلی که در بالا ذکر گردید و آن کمتر بودن چگالی پسته های درشت پوک از پسته های متوسط و ریز پوک است و همین سبب افزایش فرکانس های صدای پسته های درشت پوک می گردد .

نتیجه گیری

با مشاهده و مقایسه نتایج حاصل از شناسایی پسته پوک از مغزدار با روش انجام شده در دو حوزه زمان و فرکانس مشخص شد که بهترین نتیجه‌ی حاصل متعلق به گروه پسته های درشت است که پسته های پوک در این گروه با دقت ۹۸/۷۵ درصد و پسته های مغزدار با دقت ۸۲/۵۰ درصد با روش نزدیکترین فاصله به میانگین در حوزه زمان شناسایی شدند.

استفاده از روش آکوستیک (پردازش انعکاس صدا) برای شناسایی پسته پوک از مغزدار در گروه های دیگر پسته نیز موفق نشان داد و نتایج حاصله قابل توجه است به طوریکه میزان دقت شناسایی برای پسته های متوسط پوک ۷۲/۵۰ درصد و برای پسته های متوسط مغزدار ۶۰/۰۰ درصد و برای پسته های ریز پوک ۸۰/۰۰ درصد و برای پسته های ریز مغزدار ۷۵/۰۰ درصد با روش نزدیکترین فاصله به میانگین در حوزه فرکانس بدست آمد. علیرغم پردازش سیگنال ها برای پسته های متوسط و ریز در حوزه فرکانس ، این تحقیق نشان داد که استفاده از روش پردازش انعکاس صدای برخورد برای شناسایی پسته های پوک از مغزدار در حوزه زمان موفق‌تر است و مؤید این سخن ، نتایج حاصله برای شناسایی پسته پوک از مغزدار در گروه پسته های درشت است.

این تحقیق نشان داد که با استفاده از پردازش انعکاس صدا می‌توان پسته های پوک از مغزدار را شناسایی نمود و آن را مکمل روش های معمول غوطه‌ورسازی در آب و یا پنوماتیکی در فرآوری نهایی پسته قرار داد. نکته حائز اهمیت این است که امکان جدا سازی پسته های درشت تر به دو گروه پوک و مغزدار نسبت به پسته های ریز با این روش بیشتر می باشد و چون نیاز بازار و تقاضای مشتری ، پسته های درشت تر می باشد؛ از اینرو این روش مورد توجه و قابل قبول است.

منابع

1- Cetin, A. E., T.C. Pearson and A.H. Tewfik.(2004) . " Classification of closed- and open-shell pistachio nuts using voice-recognition technology " .Trans.ASAE, 47:659-664

2- Diezma Iglesias. B., Ruiz-Altisent. M., and P. Barreiro. (2004). "Detection of quality in seedless Watermelon by acoustice impulse respon". Biosystems Engineering , 88(2),221-

3- John G. Proakis, Dinitris G. Manolakis. (1996). " Digital signal processing ". PRENTICE-Hall International, New York.

4- Kashaninejad, M., A. Mortazavi, A. Safekordi, L.G. Tabil. (2006)." Some physical properties ofPistachio (*Pistacia vera* L.) nut and its kernel ". Journal of Food Engineering 72 (2006) 30-38

5- Pearson, T.C.(2001) ." Detection of pistachio nuts with closed shells using impact Acoustics ". Applied engineering in agriculture, 17:249-253.

6- Pearson. T.C., A.E. Cetin and A.H. Tewfik. (2005) ." Detection of insect damaged Whet kernels by impact acoustics ". ICASSP,0-7803-8874-7/05