

## کاربرد اکوستیک در تشخیص دانه‌های گندم آفت‌زده

سید جواد سجادی

مربی

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس

sajadi@gonbad.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۰۲

### چکیده

در این پژوهش کاربرد پردازش سیگنال دیجیتال صدای برخورد در تشخیص دانه‌های گندم سالم از دانه‌های آفت‌زده بررسی شده است. دانه‌های گندم از ارتفاع ۲۵ سانتی‌متری با یک صفحه فولادی با ضخامت زیاد برخورد کرده و صدای برخورد توسط یک میکروفن به کامپیوتر منتقل گردید. سیگنال صدای برخورد توسط کارت صدا دیجیتال شده و جهت پردازش‌های بعدی در حافظه ذخیره شد. سیگنال‌های صدای برخورد دانه‌های گندم با استفاده از تبدیل گسسته موجک پردازش و مشخصات مناسب جهت جداسازی دانه‌ها استخراج گردید. مشخصات استخراج شده به عنوان ورودی شبکه عصبی مصنوعی استفاده شدند. نتایج به دست آمده نشان داد شبکه عصبی مصنوعی با ساختار ۲-۶-۱۰ قادر به جداسازی دانه‌های گندم سالم و آفت‌زده به ترتیب با دقت ۹۸ و ۹۳ درصد می‌باشد.

واژگان کلیدی: گندم، درجه بندی، اکوستیک، موجک

### ۱. مقدمه

آنجا که گندم‌های آفت‌زده باعث کاهش کیفیت آرد می‌شوند، لازم است تا از گندم‌های سالم جدا گردند. در سال‌های گذشته تلاش‌های متعددی در زمینه استفاده از پردازش صدای برخورد محصولات کشاورزی با یک صفحه فولادی با ضخامت زیاد جهت جداسازی و درجه‌بندی آنها انجام شده است. برای تعیین ویژگی‌های کمی و کیفی گردو از صدای برخورد آن با یک صفحه صلب فولادی استفاده شده است. پس از ضبط صدای برخورد و انتقال آن به حوزه

آفات گندم از مهمترین عواملی هستند که منجر به کاهش عملکرد و کیفیت نانوايي آن می‌شوند. همه ساله انواع مختلفی از خسارت‌های کمی و کیفی به گندم وارد می‌شوند منشاء خسارت‌های وارده به گندم عبارتند از قارچ‌ها، آفات و حشرات و جوانه‌زنی دانه‌های گندم. سالانه حدود ۱۳۰ میلیون تن غلات که غذای حدود یک میلیارد نفر را در سال تامین می‌کند، در اثر آفات و عوامل بیماری‌زا از بین می‌رود [۱]. از

فرکانس، طیف فرکانسی آن استخراج و روابط بین طیف فرکانسی و خواص فیزیکی گردو تعیین شده است [۲]. از آنالیز سیگنال صدای انعکاس پسته در حوزه زمان برای جداسازی پسته‌های خندان از دهان بسته با دقت ۹۷٪ استفاده شد [۳]. تکنیک بازشناسی صدا<sup>۱</sup> جهت جداسازی پسته‌های خندان از ناخندان با دقت بیش از ۹۹٪ مورد استفاده قرار گرفت [۴]. برای جداسازی گندم‌های آفت زده و معیوب از گندم‌های سالم از تکنیک پردازش صدای برخورد استفاده شد. در این مطالعه برای استخراج مشخصه از آنالیز سیگنال های صدای برخورد در حوزه‌های زمان و فرکانس استفاده شد. مشخصات استخراج شده شامل پارامترهای برازش منحنی وایبل، واریانس‌های پنجره زمان کوتاه و اطلاعات دامنه طیف فرکانسی سیگنال بودند. مشخصات استخراج شده از حوزه زمان و فرکانس، توسط آنالیز تشخیص خطی طبقه‌بندی شدند. نتایج به دست آمده نشان داد دانه‌های گندم سالم با دقت ۹۸ درصد و دانه‌های معیوب و آفت زده با دقت ۸۴ درصد از یکدیگر جدا شدند [۵]. از شبکه عصبی برای طبقه‌بندی چهار رقم پسته ایران (کله‌قوچی، اکبری، بادامی و احمد آقایی) بر اساس آنالیز صدای انعکاس برخورد پسته در حوزه زمان و فرکانس استفاده شده است. مشخصات استخراج شده از این پردازش به عنوان ورودی شبکه عصبی بکار رفتند. دقت جداسازی به ترتیب ۹۶٪، ۹۷٪، ۹۶٪ و ۹۹٪ برای پسته‌های کله‌قوچی، اکبری، بادامی و احمد آقایی به دست آمد [۶]. امکان استفاده از تبدیل موجک پیوسته صدای برخورد و شبکه‌های عصبی مصنوعی برای جداسازی پسته‌های پوک از مغزدار با دقت ۹۸ درصد به اثبات رسیده است [۷]. آنالیز PCA و شبکه عصبی مصنوعی برای جداسازی انواع پسته‌ها با دقت ۹۵/۷ درصد ترکیب شده است [۸]. از درخت تصمیم‌گیری J48 و قواعد فازی برای جداسازی پسته‌های خندان از دهان بسته با دقت ۹۵/۵۶ درصد استفاده شده است [۹]. غده‌های سیب‌زمینی از کلوخه با استفاده از پردازش سیگنال صدای برخورد در حوزه‌های

زمان و فرکانس با استفاده از شبکه عصبی MLP با دقت بیش از ۹۷ درصد تشخیص داده شدند [۱۰]. تشخیص سیب‌زمینی‌های سالم و معیوب با استفاده از آنالیز تشخیص خطی سیگنال‌های صدای برخورد در حوزه زمان با دقت ۹۸ درصد انجام شد [۱۱]. طبقه‌بندی ارقام گردوی ایرانی با استفاده از آنالیز سیگنال صدای برخورد در حوزه زمان و فرکانس و آنالیز PCA و شبکه عصبی MLP با دقت ۹۹/۶۴ درصد انجام شده است [۱۲]. برای جداسازی دو رقم گندم از پنج گونه دانه علف هرز از پردازش سیگنال صدای برخورد و شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده شد. سیگنال های صدای برخورد در حوزه فرکانس پردازش شده و تبدیل سریع فوریه، اطلاعات فاز و چگالی طیف توانی سیگنال‌ها استخراج شدند. نتایج به دست آمده نشان داد شبکه عصبی با ساختار ۵۰۰-۱۲-۲ و ۱۰-۲-۵۰۰ به ترتیب قادر به تشخیص دانه‌های گندم رقم ۱۰۱ و شیروودی از دانه‌های علف هرز با دقت ۱۰۰ درصد می‌باشد. عملکرد شبکه عصبی با استفاده از معیار MSE سنجیده شد. مقادیر MSE برای هر کدام از شبکه‌های عصبی با ساختار ۵۰۰-۱۲-۲ و ۱۰-۲-۵۰۰ به ترتیب ۰/۰۱۱۱۶۴ و ۰/۰۳۷۸۲ به دست آمد [۱۳].

علی‌رغم آنکه کارایی تبدیل گسسته موجک در پردازش سیگنال‌های زمان کوتاه جهت استخراج مشخصه در زمینه‌های مختلف نشان داده شده، اما تاکنون از تبدیل گسسته موجک صدای برخورد جهت جداسازی دانه‌های گندم استفاده نشده است. استفاده از این تبدیل تفاوت پژوهش حاضر با پژوهش‌های مشابه می‌باشد. به نظر می‌رسد از آنجا که در تبدیل گسسته موجک اطلاعات زمانی و فرکانسی سیگنال‌ها به صورت همزمان بیان می‌شود، دقت جداسازی دانه‌های گندم بهبود یابد. هدف از انجام این پژوهش بررسی امکان استفاده از پردازش صدای برخورد دانه‌های گندم جهت درجه بندی دانه‌های سالم و دانه‌های آفت زده با استفاده از تبدیل موجک گسسته سیگنال‌های صدای برخورد و شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد.

## ۲. مواد و روش‌ها

دانه‌های گندم پس از انتقال به آزمایشگاه با دقت تمیز شده و از هر کدام از گروه‌های دانه‌های سالم و دانه‌های آفت‌زده تعداد ۳۰۰ دانه به صورت تصادفی جهت انجام آزمایشات انتخاب شدند. منظور از دانه آفت‌زده دانه‌ای است که قسمتی از آن توسط حشرات تخریب شده و در آن حفره‌ای ایجاد شده است. در حال حاضر میزان دانه‌های گندم آفت‌زده توسط نمونه‌گیری از توده دانه‌ها تعیین شده و وضعیت تک تک دانه‌ها بررسی نمی‌شود. تمامی دانه‌ها پس از قرارگیری بر روی نوار نقاله از ارتفاع ۲۵ سانتی‌متری (ارتفاع برخورد) با صفحه فلزی به ضخامت ۱۰ میلی‌متر برخورد کردند. ضخامت زیاد صفحه برخورد باعث از بین رفتن نویز ناشی از لرزش آن در سیگنال صدای ضبط شده می‌شود. زاویه صفحه برخورد نسبت به افق در تمامی نمونه برداری‌ها ۳۰ درجه می‌باشد. صدای برخورد دانه‌های گندم توسط یک میکروفون خطی (Newman TLM 103) گرفته شده و با استفاده از کارت صدای (Design 003 Factory) به سیگنال صدای دیجیتال شده تبدیل شد. فرکانس نمونه برداری کارت صدای مورد استفاده در این پژوهش ۱۹۰ کیلو هرتز بود.

### پیش‌پردازش سیگنال‌های صدای برخورد در حوزه

#### زمان

پس از ذخیره سیگنال‌های صدای برخورد گرفته شده پنجره‌های به طول ۲۵۰۰ نقطه بر روی سیگنال صدای دیجیتال شده اعمال شد. همچنین از حد آستانه<sup>۲</sup> ولتاژ برابر با ۰/۰۰۴ ولت جهت تعیین نقطه شروع سیگنال صدای برخورد استفاده شد. سیگنال صدای دیجیتال شده به صورت مقادیری از ولتاژ تولید شده در لحظه‌های نمونه‌برداری در حافظه رایانه ذخیره گردید.

## پردازش در حوزه موجک با استفاده از تبدیل

### موجک گسسته

تبدیل موجک روشی جهت پردازش سیگنال در حوزه زمان - فرکانس می‌باشد. در این تبدیل سیگنال اصلی به سیگنال‌هایی که از تغییر مقیاس<sup>۳</sup> و تغییر مکان<sup>۴</sup> تابع موجک مادر به دست می‌آیند، تبدیل می‌شود. تابع موجک مادر  $(\Psi(x))$  از رابطه زیر به دست می‌آید [۱۴]:

$$\Psi_{a,b}(X) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \Psi\left(\frac{x-b}{a}\right), a > 0 \quad (1)$$

$a$  و  $b$  مقادیر حقیقی بوده و به ترتیب پارامتر مقیاس و انتقال می‌باشند.

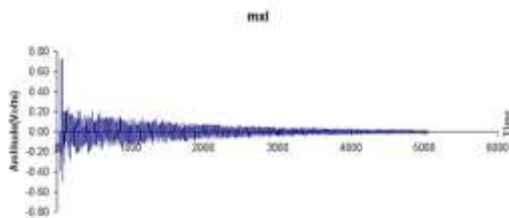
تبدیل موجک به دو روش پیوسته و گسسته بر روی سیگنال ورودی اعمال می‌شود. در تبدیل پیوسته موجک از مقادیر پیوسته‌ای از پارامترهای مقیاس و موقعیت استفاده می‌شود. تبدیل گسسته موجک بر اساس مقادیر گسسته‌ای از پارامترهای مقیاس و انتقال انجام شده و با عبور دادن سیگنال از مجموعه‌ای از فیلترها، حاصل می‌شود [۱۵]. در سطح اول، سیگنال بطور همزمان از یک فیلتر بالاگذر و یک فیلتر پایین‌گذر عبور داده می‌شود. سیگنال عبور کرده از فیلتر بالاگذر در اصطلاح، جزئیات<sup>۵</sup> و سیگنال عبور کرده از فیلتر پایین‌گذر تقریب<sup>۶</sup> خوانده می‌شود. سپس سیگنال تقریب به دست آمده مجدداً از فیلترهای بالا و پایین‌گذر عبور داده شده و به دو سیگنال جزئیات و تقریب جدید تجزیه می‌گردد. این تجزیه، بطور متناوب انجام شده و در هر مرحله سیگنال تقریب به دست آمده در مرحله قبل از فیلترهای بالا و پایین‌گذر عبور داده شده و به دو سیگنال جزئیات و تقریب جدید تجزیه می‌گردد.

سیگنال‌های صدای برخورد دانه‌های گندم پس از پیش‌پردازش در حوزه زمان با استفاده از تبدیل گسسته موجک پردازش شدند. در این پردازش از موجک مادر داوچی مرتبه دوم (db2) استفاده شد. هر کدام از سیگنال‌های حوزه زمان

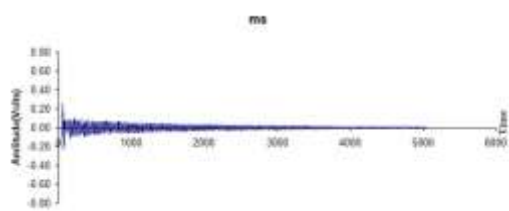
شبکه MLP انتخاب شده در این تحقیق شامل شبکه دو لایه‌ای می‌باشد. تعداد نرون مناسب در لایه میانی برای هر شبکه با روش سعی و خطا تعیین شد. لایه خروجی شامل چهار نرون می‌باشد. خروجی تعریف شده برای شبکه شامل ماتریسی با دو مقدار [۱، ۰] برای دانه‌های گندم سالم و [۰، -۱]، برای دانه‌های گندم خسارت دیده می‌باشد.

### ۳. نتایج و بحث

نمونه‌ای از سیگنال‌های صدای برخورد به دست آمده در حوزه زمان برای دانه‌های گندم سالم و آفت‌زده پس از پیش پردازش در شکل ۱ نشان داده شده است.



(a)



(b)

شکل ۱. سیگنال صدای برخورد دانه گندم در حوزه زمان: (a) دانه‌های سالم، (b) دانه‌های آفت‌زده

میانگین و انحراف معیار سیگنال‌های D1، D2، D3، D4 و A4 مشخصات مناسبی جهت جداسازی دانه‌های گندم است. (جدول ۱) از میان مشخصات انتخاب شده میانگین و انحراف معیار سیگنال‌های A4 و D4 دارای تمایز زیادی با یکدیگر بوده و میانگین و انحراف معیار سیگنال‌های D3، D2 و D1 دارای تمایز کمتری می‌باشند.

پس از پردازش به ۵ سیگنال مجزا از هم تجزیه شدند. این سیگنال‌ها عبارتند از سیگنال ضرایب موجک تقریب در سطح ۴، سیگنال ضرایب موجک جزئیات در سطح ۴، سیگنال ضرایب موجک جزئیات در سطح ۳، سیگنال ضرایب موجک جزئیات در سطح ۲ و سیگنال ضرایب موجک جزئیات سطح ۱. سپس از هر کدام از سیگنال‌های پردازش شده در حوزه موجک ۱۰ مشخصه آماری استخراج شدند.

### تشخیص با استفاده از شبکه عصبی

جهت درجه بندی دانه‌های گندم بر اساس مشخصات به دست آمده از شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. در مسائل طبقه‌بندی شبکه عصبی با دریافت مشخصه‌های ورودی و تولید خروجی متناسب با آن‌ها، تعیین می‌کند که هر ورودی به چه طبقه‌ای تعلق دارد. متداول‌ترین شبکه عصبی، شبکه پرسپترون چند لایه (MLP) می‌باشد. در این شبکه از روش آموزش با نظارت<sup>۷</sup> و الگوریتم آموزش پس انتشار<sup>۸</sup> لوبنرگ-مارکواردت<sup>۹</sup> استفاده شد. در MLP با کاربرد طبقه‌بندی از تابع انتقال غیرخطی سیگموئید<sup>۱۰</sup> در لایه‌های پنهان و لایه خروجی استفاده می‌شود. معادله این تابع مطابق رابطه ۲ می‌باشد. ورودی این تابع هر عدد حقیقی می‌تواند باشد و خروجی آن بین -۱ و ۱ است [۱۶]:

$$a = \frac{2}{(1 + \exp(-2n)) - 1} \quad (2)$$

با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون چند لایه (MLP) با روش آموزش با نظارت و الگوریتم آموزش پس انتشار LM و تابع انتقال غیر خطی سیگموئید در لایه‌های پنهان و لایه خروجی دانه‌های گندم سالم و آفت‌زده از همدیگر جدا شدند. کلیه مراحل ایجاد و آموزش شبکه MLP در جعبه ابزار شبکه عصبی نرم افزار متلب<sup>۱۱</sup> R2011a انجام شد. ساختار

جدول ۱. میانگین مشخصات انتخاب شده توسط تبدیل گسسته موجک (A4): سیگنال ضرایب تقریب سطح ۴، D4: سیگنال ضرایب جزئیات سطح ۴، D3: سیگنال ضرایب جزئیات سطح ۳، D2: سیگنال ضرایب جزئیات سطح ۲، D1: سیگنال ضرایب جزئیات سطح ۱)

دانه‌های گندم سالم	دانه‌های گندم آفت‌زده	
۰/۲۴۹۹	۰/۱۲۹۷	میانگین سیگنال A4
۰/۱۷۰۵	۰/۱۲۸۲	میانگین سیگنال D4
۰/۰۲۳۴	۰/۰۲۴۱	میانگین سیگنال D3
۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۱۹	میانگین سیگنال D2
۰/۰۰۰۱۸	۰/۰۰۰۱۶	میانگین سیگنال D1
۰/۳۳۹۱	۰/۱۷۰۱	انحراف معیار سیگنال A4
۰/۲۳۰۷	۰/۱۷۴۶	انحراف معیار سیگنال D4
۰/۰۳۳۵	۰/۰۳۴۹	انحراف معیار سیگنال D3
۰/۰۰۵۲	۰/۰۰۳۵	انحراف معیار سیگنال D2
۰/۰۰۰۴۳	۰/۰۰۰۵۲	انحراف معیار سیگنال D1

بیشترین دقت جداسازی دانه‌های گندم را دارا می‌باشد. جدول ۳ این شبکه‌ها دارای تعداد نرون‌های متفاوت در لایه مخفی بودند. شبکه عصبی به‌دست آمده قادر به جداسازی دانه‌های گندم سالم با دقت ۹۸ درصد است. ۲ درصد از دانه‌های گندم سالم به صورت اشتباه طبقه‌بندی شده‌اند. این شبکه دانه‌های گندم آفت‌زده را با دقت ۹۳ درصد جدا کرده و ۷ درصد از آن‌ها را در گروه دانه‌های گندم سالم قرار داده است.

به منظور بررسی اثر مرتبه تابع موجک مادر مورد استفاده در دقت طبقه‌بندی دانه‌های گندم ۷ سطح مرتبه تابع موجک مادر db مورد بررسی قرار گرفتند. جدول ۲ نتایج نشان داد که بالاترین میزان دقت طبقه‌بندی دانه‌های گندم با استفاده از تابع موجک مادر db2 به‌دست می‌آید. با بررسی و آزمون ۵۶۰ ساختار مختلف شبکه عصبی برای هر یک از ۷ تابع موجک مادر مشخص شد شبکه عصبی با ساختار ۲-۶-۱۰

جدول ۲. بررسی اثر مرتبه تابع موجک مادر در دقت طبقه‌بندی دانه‌های گندم با استفاده از شبکه عصبی

مرتب‌بندی دانه‌های گندم سالم	دقت درجه‌بندی دانه‌های گندم سالم	ساختار انتخاب شده شبکه عصبی MLP	مرتب‌بندی دانه‌های گندم آفت‌زده	دقت درجه‌بندی دانه‌های گندم آفت‌زده	مرتب‌بندی دانه‌های گندم آفت‌زده
۸۰	۸۲	۱۰-۴-۲	۸۰	۸۲	db7
۸۵	۸۷	۱۰-۱۰-۲	۸۵	۸۷	db6
۷۸	۹۱	۱۰-۱۶-۲	۷۸	۹۱	db5
۷۴	۸۳	۱۰-۸-۲	۷۴	۸۳	db4
۷۶	۷۹	۱۰-۸-۲	۷۶	۷۹	db3
۹۳	۹۸	۱۰-۶-۲	۹۳	۹۸	db2
۷۲	۸۹	۱۰-۱۹-۲	۷۲	۸۹	db1

جدول ۳. دقت جداسازی دانه‌های گندم بر اساس اندازه دانه توسط شبکه عصبی با ساختار ۲-۶-۱۰

دقت جداسازی دانه‌های گندم توسط شبکه عصبی		دانه‌های گندم گروه مرجع
دانه‌های آفت‌زده	دانه‌های سالم	
۲	۹۸	دانه‌های گندم سالم
۹۳	۷	دانه‌های گندم آفت‌زده

#### ۴. نتیجه‌گیری

اولیه تخریب و نیز دانه‌های دارای بیماری‌های مختلف باید انجام گیرد.

#### قدردانی

این پژوهش با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه گنبد کاووس انجام گردیده است. لذا از حمایت‌های مدیریت پژوهشی و فناوری دانشگاه گنبد کاووس و کلیه همکاران گروه تولیدات گیاهی آن دانشگاه سپاسگزاری به عمل می‌آید.

در پژوهش حاضر به بررسی چگونگی جداسازی دانه‌های گندم تخریب شده توسط حشرات از دانه‌های گندم سالم پرداخته شد. نتایج به دست آمده نشان داد با استفاده از پردازش صدای برخورد دانه‌های گندم در حوزه موجک و شبکه عصبی مصنوعی می‌توان دانه‌های سالم و دانه‌های آفت‌زده را از یکدیگر تفکیک نمود. شبکه عصبی قادر به جداسازی دانه‌های گندم سالم و آفت‌زده با دقت ۹۸ و ۹۳ درصد بود. دقت جداسازی دانه‌های گندم آفت‌زده در مقایسه با پژوهش انجام شده توسط پیرسون و همکاران [۵] به میزان ۸/۶ درصد افزایش یافت. تحقیقات بیشتری در خصوص جداسازی دانه‌های دارای لارو حشرات در مراحل

#### ۵. مأخذ

- [1] Najafi Mirak, T., G. Najafian, H. Khorsandi, S. Moein Namini and G. Sharafi, "Effect of Sunn Pest Damage on Bread Making Quality of Bread Wheat Cultivars". *Seed and Plant Production Journal*, Vol.29-2, No.4, 2013, pp.413-427.
- [2] Ivani, A., S. Minai and D. Hosaini. "Major spectrum of walnut acoustical response to a non-desstructive impact". *Proceedings of 4th national congress on agricultural machinery and mechanization. Tabriz University*, 29-30 August 2006.
- [3] Pearson, T.C. "Detection of pistachio nuts with closed shells using impactacoustics", *Applied Engineering in Agriculture*, Vol.17, 2001, pp.249-253.
- [4] Cetin, A. E., T. C. Pearson, and A. H. Tewfik. "Classification of closed and open shell pistachio nuts using VO ice-recognition technology". *Trans. ASAE*, Vol.47, No.2, 2004, pp.659-664.
- [5] Pearson, T. C., Cetin, A. E., Tewfik, A.H. "Detection of insect damaged wheat kernels by impact acoustics". *Proceedings of IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP '05)*. 2005

- [6] Mahmoudi, A., M. Omid, A. Aghagolzadeh and A. M. Borghayee. "Grading of Iranian's export pistachio nuts based on artificial neural networks". *International Journal of Agriculture and Biology*. Vol.8, No.3, 2006, pp.371-376.
- [7] Sajadi, S.J., A. Ghazanfari and A. Rostami. "Using wavelet transformation and neural network for detecting blank (hollow) pistachio nuts". *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, Vol.40, No.2, 2009, pp.155-161.
- [8] Omid, M., A. Mahmoudi and H. Omid. "Development of pistachio sorting system using principal component analysis (PCA) assisted artificial neural network (ANN) of impact acoustics". *Expert Systems with Applications*. Vol.37, No.10, 2010, pp.7205–7212.
- [9] Omid, M. "Design of an expert system for sorting pistachio nuts through decision tree and fuzzy logic classifier". *Expert Systems with Applications*. Vol.38, No.4, 2011, pp.4339–4347.
- [10] Hosainpour, A., H. Komarizade, A. Mahmoudi and M. G. Shayesteh. "High speed detection of potato and clod using an acoustic based intelligent system". *Expert Systems with Applications*. Vol.38, No.10, 2011, pp.12101-12106.
- [11] Elbatawi. "An acoustic impact method to detect hollow heart of potato tubers". *Biosystems Engineering*. Vol.100, No.2, 2008, pp. 206-213.
- [12] Khalesi, S., A. Mahmoudi, A. Hosainpour and A. Alipour. "Detection of Walnut Varieties Using Impact Acoustics and Artificial Neural Networks (ANNs)". *Modern Applied Science*. Vol.6, No.1, 2012, pp. 43-49.
- [13] Khalifahamzehghasem, E. "Applying acoustic emission and neural network to classify wheat seeds from weed seeds". *Int J Agric & Biol Eng*. Vol.5, No.4, 2012, pp.68-73.
- [14] Proakis, J. G. and D. G. Manolakis. "Digital Signal Processing". Prentice Hall International. 1996
- [15] Wickerhauser, M.V. "Adapted Wavelet Analysis from Theory to Software". A.K. Peters, Massachusetts. 1994.
- [16] Haykin, S. "Neural Networks: A Comprehensive Foundation". Prentice Hall, New Jersey. 1999.

پی نوشت

1. Voice Recognition
2. Trigger Thresholding
3. Scale
4. Position
5. Detail
6. Approximation
7. Supervised Learning
8. Back Propagation
9. Levenberg-Marquardt
10. Sigmoid
11. MATLAB