

## استفاده از فناوری انعکاس و پردازش صدا و شبکه عصبی مصنوعی در جداسازی فندق با اندازه مختلف

احسان محمودی<sup>۱\*</sup>، سید مهدی جعفری<sup>۲</sup>، ندا رحمانیان جهرمی<sup>۱</sup>، محمد جواد اکبری<sup>۱</sup>، میمند، مهدی وطن خواه<sup>۲</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان  
\* نویسنده مسئول (ehsan.Mahmoudi66@gmail.com)

۲- استادیار گروه مهندسی مواد و طراحی کارخانجات صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار

### چکیده

در این پژوهش، امکان استفاده از پردازش صدای برخورد در حوزه موجک گسسته و شبکه عصبی مصنوعی جهت جداسازی فندق‌های درشت، متوسط و ریز و نیز جداسازی انواع مغزدار و پوک، بررسی شده است. ابتدا فندق‌ها بر اساس اندازه به سه گروه درشت، متوسط و ریز تقسیم شدند. فندق‌های هر گروه وزن شدند تا انواع مغزدار و پوک از یکدیگر تفکیک شوند. سپس به منظور نمونه‌برداری، تمامی دانه‌ها از ارتفاع ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متری رها شدند و با صفحه فلزی برخورد کردند. صدای برخورد، توسط میکروفرن ضبط گردید. سیگنال‌ها پس از پیش‌پردازش، در حوزه موجک گسسته پردازش شده و مشخصات بدست آمده، به عنوان ورودی شبکه عصبی مصنوعی بکارگرفته شدند. شبکه‌های عصبی با ۳ و ۹ نورون در لایه پنهان، به ترتیب توانستند فندق‌هایی که از ارتفاع ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متری رها شده بودند را با دقت ۱۰۰ درصد، از یکدیگر تفکیک کنند. همچنین فندق‌های مغزدار و پوک گروه درشت، متوسط و ریز به طور جداگانه به ترتیب با دقت‌های ۱۰۰، ۹۹/۱۶ و ۹۸ درصد برای ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری و ۹۹/۶۶ و ۹۷/۵ درصد برای ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری جدا گردیدند. نتایج حاصل از این تحقیق در ترکیب با روش‌های متداول جداسازی فندق، می‌تواند علاوه بر افزایش دقت و سرعت جداسازی، باعث کاهش آسیب‌دیدگی آنها گردد.

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۲/۲۴

تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۸/۱۸

### واژه‌های کلیدی

آکوستیک  
تبدیل موجک گسسته  
جداسازی  
شبکه عصبی مصنوعی  
فندق

### مقدمه

کامل شدن مغز در هنگام برداشت، جلوگیری کند. فندق‌های توپر و توخالی از لحاظ ظاهری شبیه به هم می‌باشند. در حال حاضر کشاورزان برای تفکیک انواع توپر و توخالی، از فن هوا استفاده می‌کنند که خطای زیادی دارد (Onaran et al., 2007).

اخیرا با استفاده از انعکاس صدا، برخی از محصولات کشاورزی را جداسازی و طبقه‌بندی کرده و کیفیت آنها را تشخیص داده‌اند. در روش تشخیص کیفیت از پردازش صدای برخورد، برای تشخیص رسیدگی محصول و یا میزان کیفیت آن استفاده

فندق کاربرد وسیعی در تولید قهوه‌های طعم‌دار و شکلات دارد. نسبت وزن مغز دانه به وزن پوسته، تعیین‌کننده قیمتی است که کشاورز دریافت می‌کند. فندق‌های توخالی و آنهایی که مغزشان رشد نکرده است، تاثیر منفی روی این نسبت دارند. برخی مواقع یک اختلال فیزیولوژیکی مانند استرس، از دست دادن آب و مواد مغذی، به پوسته اجازه می‌دهند که بدون هسته رشد کنند. همچنین یک اختلال فیزیکی مثل آسیب حشرات، می‌تواند دانه را از رشد باز دارد و از

ترتیب با دقت  $98/3\%$  و  $96/8\%$  از یکدیگر جدا کردند، Khalifa و همکاران (۲۰۱۱) گردوهای مغزدار و پوک را به وسیله تبدیل سریع فوریه و شبکه عصبی با معماری ۴-۱۲-۲۳۶، با دقت  $95/38\%$  از یکدیگر جدا نمودند. Khalifa و Komarizadeh (۲۰۱۲) دو نمونه گردو مغزدار و پوک را توسط آنالیز اجزای اصلی<sup>۱</sup> و انفیس<sup>۲</sup> با دقت  $100\%$  از یکدیگر جدا نمودند.

هدف از این تحقیق، امکان سنجی استفاده از شبکه عصبی مصنوعی جهت جداسازی فندق‌های درشت، متوسط و ریز و نیز جداسازی انواع مغزدار و پوک با استفاده از بردار مشخصه بدست آمده از پردازش سیگنال صدای انعکاس فندق در حوزه موجک<sup>۳</sup> می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

#### آماده‌سازی نمونه

در این پژوهش، فندق رقم تابستانه از بازار تهیه گردید. فندق‌ها مطابق شکل ۱ در سه گروه درشت، متوسط و ریز به ترتیب با ابعاد  $12 \times 13 \times 15$  mm،  $11 \times 12 \times 14$  mm و  $8 \times 9 \times 10$  mm طبقه‌بندی شدند و فندق‌های هر گروه توزین شد. وزن گروه درشت بین  $1/5$  تا  $2$  گرم، گروه متوسط بین  $1$  تا  $1/5$  و گروه ریز بین  $0/5$  تا  $1$  گرم بود. فندق‌هایی با ابعاد یکسان، اما سبک‌تر در وزن، به عنوان پوک در نظر گرفته شدند، که برای گروه درشت کمتر از  $80$ ، برای گروه متوسط کمتر از  $60$  و گروه ریز، کمتر از  $40$  گرم بود. در مرحله بعد، از هر رقم تعداد  $100$  عدد به طور تصادفی برای انجام آزمایشات انتخاب شد.

در این پژوهش، ویژگی‌ها و صفات موثر سیگنال صوتی حاصل از صدای برخورد دانه فندق در آزمایشگاه استخراج گردید.

می‌شود؛ Diezma و همکاران (۲۰۰۴) با استفاده از یک دستگاه شامل میکروفن، یک محفظه و یک مولد ضربه مکانیکی، کیفیت هندوانه‌های بدون هسته را ارزیابی کردند. De Belie و همکاران (۲۰۰۰) به کمک انعکاس صدای برخورد، روند تغییرات در میزان سفتی دو رقم گلابی را قبل و بعد از برداشت بررسی نمودند تا بهترین زمان برای برداشت را تخمین بزنند.

از پیشگامان در زمینه جداسازی و طبقه‌بندی با استفاده از پردازش صدا، Pearson (۲۰۰۱) را می‌توان نام برد، که برای جداسازی پسته‌های خندان و دربسته، از این تکنیک استفاده نمود. صدای برخورد پسته با یک صفحه فولادی پس از انتقال به کامپیوتر در دو حوزه زمان و فرکانس، پردازش گردید و با استفاده از روش‌های آماری، نوع پسته تشخیص داده شد. میانگین دقت جداسازی در این تحقیق،  $97$  درصد به دست آمده‌است. رستمی و همکاران (۱۳۸۷) پسته‌های پوک و مغزدار را با استفاده از پردازش صدا، در دو حوزه زمان و فرکانس تفکیک کردند. در این جداسازی، دقت  $98/75$  درصد برای تشخیص پسته‌های درشت پوک و  $82/50$  درصد برای تشخیص پسته‌های درشت مغزدار بدست آمد. نتایج بدست آمده از دقت تشخیص، برای گروه‌های دیگر نیز نسبتاً مناسب بود. حداقل دقت جداسازی برای دانه‌های متوسط مغزدار، معادل  $62/75$  درصد بدست آمد؛ Omid و همکاران (۲۰۰۹)، چهار نوع پسته محلی ایران را توسط تبدیل سریع فوریه و شبکه عصبی با معماری ۴-۱۲-۴۰ با دقت  $97/5\%$  از یکدیگر جدا نمودند؛ Cetin و همکاران (۲۰۰۴) از تکنیک بازشناسی صدا، برای جداسازی پسته‌های خندان از دربسته با دقت بیش از  $99\%$  استفاده کردند. Kalkan و همکاران (۲۰۰۸) فندق‌های آفلاتوکسین زده و سالم را با دقت  $96\%$  از یکدیگر جدا نمودند. Onaran و همکاران (۲۰۰۷) فندق‌های پوک و مغزدار را به

1- Principal Components Analysis (PCA)  
2- Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)  
3- Wavelet

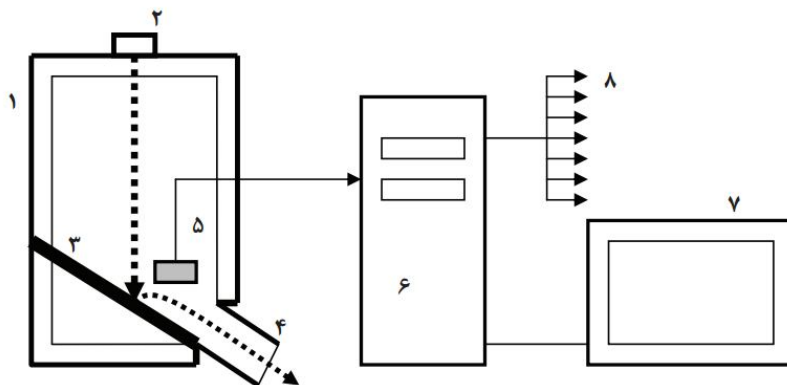


شکل ۱- تصویر سه گروه فندق (از سمت راست ریز، متوسط و درشت)

شیب ۵۰ درجه نسبت به سطح افق برای استحصال داده‌ها انتخاب شد. میکروفن در فاصله ۳۰ میلی‌متری از سطح برخورد تعبیه شد تا انعکاس صدای برخورد پسته با صفحه شیب‌دار را به رایانه منتقل کند و ضبط شود. از یک رایانه شخصی (Acer ASPIRE 5755G) برای ضبط و پردازش سیگنال صوتی استفاده گردید. دانه‌های فندق هر گروه تک‌تک از روزنه بالای جعبه، بر روی صفحه برخورد (که قابل تنظیم در دو ارتفاع ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر از روزنه بود)، رها می‌شدند و صدای حاصل از برخورد آنها با صفحه فولادی، به رایانه منتقل شد.

#### شرح دستگاه

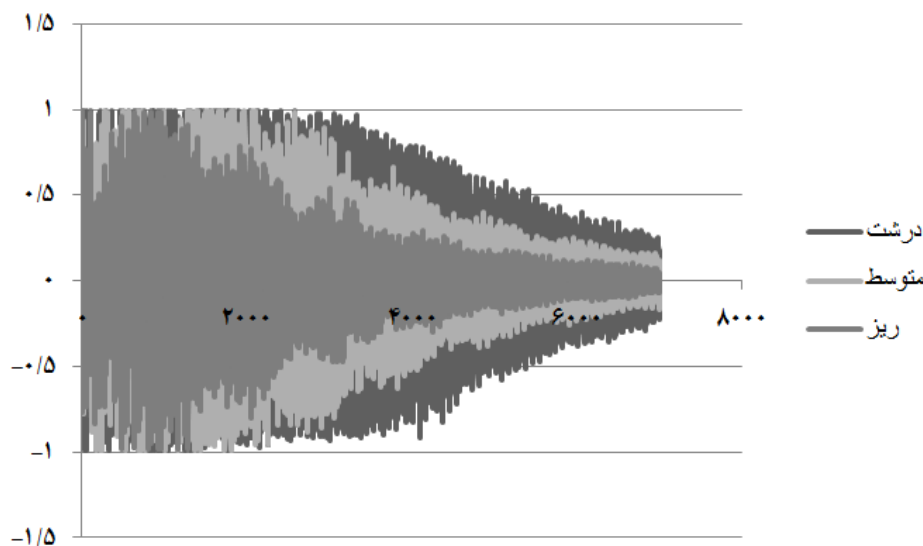
برای گرفتن و انتقال سیگنال‌های صوتی به رایانه، از یک جعبه آکوستیک و یک میکروفن ( Empire EM-L73 ) متصل به رایانه، استفاده شد. جعبه آکوستیک از سه قسمت بدنه، صفحه برخورد و میکروفن تشکیل شده است (شکل ۲). بدنه جعبه آکوستیک، اتاقکی است از جنس چوب به ابعاد ۵۰۰×۳۵۰×۲۵۰ میلی‌متر که دیواره‌ها، کف و سقف آن با یونولیت به ضخامت ۵۰ میلی‌لیتر پوشیده شده است تا در مقابل صدای محیط، عایق باشد. صفحه برخورد فولادی با ابعاد ۲۰۰×۱۵۰×۱۰ میلی‌متر و



شکل ۲- دستگاه طراحی شده برای ضبط و پردازش صدا: (۱) جعبه آکوستیک، (۲) مجرای ورودی، (۳) صفحه برخورد، (۴) دهانه خروجی، (۵) میکروفن، (۶) رایانه، (۷) نمایشگر، (۸) سیگنال خروجی

R2010a با نرخ نمونه برداری ۴۴۱۰۰ هرتز و ولتاژ آستانه ۰/۰۲ ولت صورت گرفت. پس از استحصال داده، سیگنال‌ها در جعبه ابزار موجک، پردازش و ارزیابی شدند.

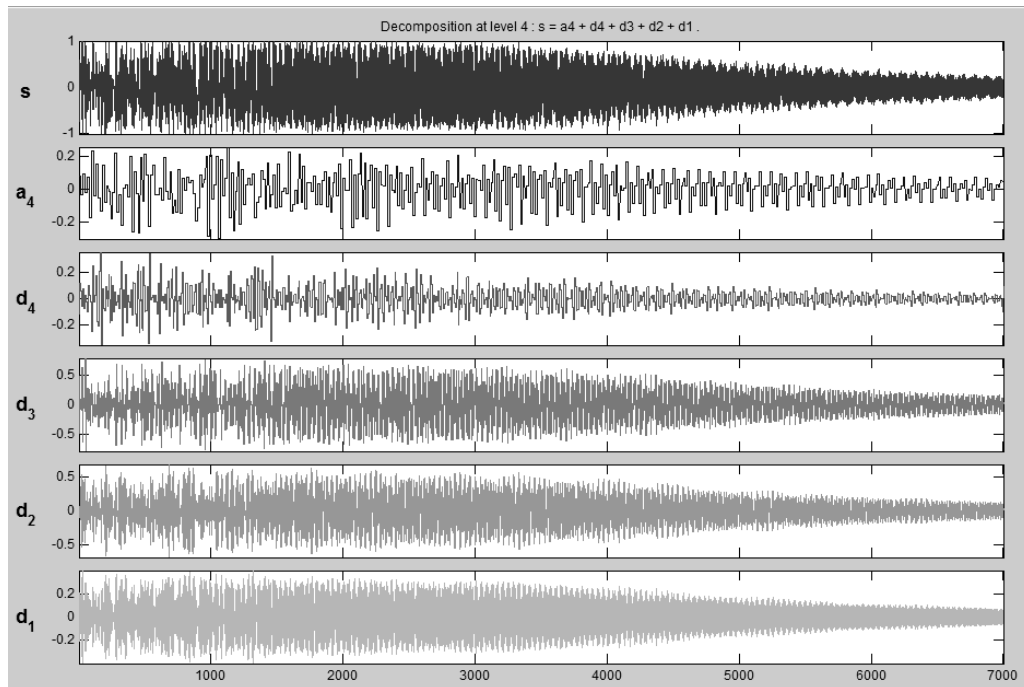
سیگنال استحصال شده (شکل ۳)، برداری n عضوی است (n تعداد نمونه برداشت شده از یک سیگنال) که شامل ولتاژهای خروجی از میکروفن است. روند استحصال داده‌ها به طور خودکار، توسط برنامه نوشته شده به کمک نرم افزار MATLAB



شکل ۳- نمونه‌ای از سیگنال اولیه حاصل از فندق‌های رها شده از ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری

پس از ضبط صدای برخورد در ارتفاع ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر، تعداد ۷۰۰۰ نقطه از هر سیگنال، جهت پردازش و انتخاب بردار مشخصات، مورد بررسی قرار گرفتند. ابتدا سیگنال‌ها وارد ابزار موجک در نرم افزار متلب شدند و سپس توسط موجک هار<sup>۱</sup> در چهار سطح مطابق شکل ۴ مورد آنالیز قرار گرفتند و بردارهای مشخصه آن به صورت پنج بردار مجزا ( $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$ ,  $b_4$  و  $a_4$ ) استحصال گردید. در مرحله بعد، از هر کدام از بردارهای مشخصه میانگین، مجموع و واریانس گرفته شد و هر ۱۰۰ سیگنال در یک ماتریس  $۱۵ \times ۱۰۰$  قرار داده شد که این ماتریس، در مرحله بعد به عنوان ورودی وارد ابزار شبکه عصبی در نرم‌افزار متلب گردید.

پردازش سیگنال در حوزه تبدیل موجک گسسته تبدیل موجک، روشی جهت آنالیز سیگنال در حوزه زمان-فرکانس می‌باشد. مزیت استفاده از این روش در تجزیه سیگنال، در این است که تبدیل همزمان فرکانس-زمان انجام می‌شود و محدودیت‌های موجود در تبدیل فرکانسی فوریه، وجود نخواهد داشت. تبدیل گسسته موجک سیگنال با عبور دادن آن از مجموعه‌ای از فیلترها حاصل می‌شود. در سطح اول، سیگنال به طور همزمان از یک فیلتر پایین‌گذر و یک فیلتر بالاگذر عبور داده می‌شود، سیگنال عبوری از فیلتر بالاگذر در اصطلاح، جزئیات و سیگنال عبوری از فیلتر پایین‌گذر، تقریب خوانده می‌شود. سپس سیگنال تقریب بدست آمده در مرحله قبل، از فیلترهای بالا و پایین‌گذر عبور داده شده و به دو سیگنال جزئیات و تقریب جدید، تجزیه می‌گردد (Ehrentreich, 2002).



شکل ۴- نمونه‌ای از پردازش سیگنال در حوزه موجک

#### شبکه عصبی مصنوعی

نتایج بهتری را بدست می‌دهد. این الگوریتم همچنین از سرعت بسیار بالاتری نسبت به سایر الگوریتم‌ها برخوردار می‌باشد. هر کدام از شبکه‌ها توسط این الگوریتم، آموزش و با تعداد گره‌های مختلف در لایه میانی بکار گرفته شد و در نهایت مناسب‌ترین بردار مشخصات و ساختار شبکه متناظر بدست آمد (Haykin, 1994).

ساختار شبکه MLP انتخاب شده در این تحقیق شامل شبکه با یک لایه پنهان می‌باشد. در حوزه موجک، ۱۵ بردار مشخصه برای هر سیگنال صدای برخوردار انتخاب شد. به منظور کاهش تعداد مشخصات هر بردار، با روش میانگین‌گیری، مجموع و واریانس مشخصات هر بردار انتخاب و به عنوان ورودی شبکه عصبی، مورد استفاده قرار گرفته شد. بر اساس ارزیابی‌های انجام شده، شبکه عصبی با خصوصیات: شبکه newpr، تابع فعال‌سازی تانژانت سیگموئید هیپربولیکی، الگوی یادگیری لوبنبرگ-مارکوات، چرخه یادگیری ۱۰۰۰ و دو معیار ارزیابی ضریب همبستگی و میانگین مربعات خطا، برای شبکه تعریف شد. تعداد نرون مناسب در لایه میانی برای هر شبکه (متناظر با هر بردار مشخصات) از روش سعی و خطا تعیین شد.

در حال حاضر شبکه پرسپترون چندلایه<sup>۱</sup> (MLP) در بسیاری از تحقیقات مربوط به مسائل طبقه‌بندی استفاده می‌شود. در شبکه‌های عصبی MLP از روش آموزش با نظارت، استفاده می‌شود. در این نوع شبکه، در حین آموزش، ورودی‌های مورد نظر به شبکه عصبی، اعمال می‌شود و خروجی شبکه با خروجی مطلوب، مقایسه می‌شود. اختلاف بین خروجی واقعی و خروجی مطلوب، منجر به تولید سیگنال خطا می‌شود. هدف از آموزش شبکه، به حداقل رساندن خطای تولید شده می‌باشد. به حداقل رساندن خطا براساس تنظیم وزن‌های شبکه انجام می‌شود و میزان محاسبات لازم برای حداقل نمودن خطا، به الگوریتم (شیوه) آموزش، شبکه بستگی دارد. پس از پردازش سیگنال‌های صدای انعکاس دانه‌های فندق، بردارهای مشخصات انتخاب شده به منظور انتخاب ورودی‌های مناسب برای شبکه عصبی، MLP مورد استفاده قرار گرفتند. پس از بررسی الگوریتم‌های مختلف آموزش، مشخص شد که الگوریتم آموزش لوبنبرگ-مارکوات<sup>۲</sup>

1- Multi-Layer Perceptron (MLP)  
2- Levenberg-Marquardt (L-M)

ساختار ۳-۳-۱۵ برای ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر و ۳-۳-۹-۱۵ برای ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر، قادر به جداسازی سه گروه با دقت ۱۰۰٪ در ۳ تکرار می‌باشند. این نتایج نشان‌دهنده عدم تاثیر ارتفاع، در جداسازی فندق‌های درشت، متوسط و ریز می‌باشد که مطابق با نتایج حاصل از پژوهش سجادی و همکاران (۱۳۸۸) در مورد جداسازی پسته‌های پوک و مغزدار بود. در این پژوهش هم به عدم تاثیر تغییر ارتفاع، در دقت جداسازی اشاره شده است. در پژوهش رستمی و همکاران (۱۳۸۷) دلیل جداسازی پسته‌های پوک و مغزدار اختلاف در چگالی آنها بیان شده است؛ به طوری که انواع مغزدار چگالی بیشتری دارند، این بیشتر بودن چگالی باعث ایجاد فرکانس بیشتری شده و با توجه به اختلاف موجود می‌توان به راحتی انواع مغزدار و پوک را از یکدیگر جدا نمود.

همچنین، نتایج حاصل از بهترین شبکه برای جداسازی فندق‌های مغزدار و پوک هر سه گروه مورد نظر (درشت، متوسط و ریز) در دو ارتفاع مورد ارزیابی (۴۰ و ۵۰ سانتی‌متری)، در سه تکرار و نیز میانگین درصد جداسازی آنها، در جدول ۳ بیان شده است. فندق‌های درشت مغزدار و پوک در ارتفاع ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متری در تمامی شبکه‌ها از ۲ تا ۲۰ نورون در لایه پنهان، با میانگین دقت سه بار تکرار شبکه عصبی ۱۰۰ درصد از یکدیگر، تفکیک شدند. این دقت برای فندق‌های متوسط در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری با ۱۲ نورون در لایه پنهان ۹۹/۲ درصد و در ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری با ۵ نورون در لایه پنهان ۹۹/۸۳ درصد و نیز برای فندق‌های ریز در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری با ۳ نورون در لایه پنهان ۹۸ درصد و در ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری با ۸ نورون در لایه پنهان ۹۷/۵ درصد بدست آمد.

بدین منظور هر شبکه با تعداد ۲-۲۰ نورون در لایه میانی، آموزش دیده و نتایج حاصله ثبت گردید. از کل داده‌ها، ۶۰ درصد مربوط به گروه الگوی آموزش<sup>۱</sup>، ۲۰ درصد مربوط به گروه ارزیابی<sup>۲</sup> و ۲۰ درصد مربوط به گروه آزمایش<sup>۳</sup> می‌باشد. داده‌های گروه ارزیابی، جهت جلوگیری از آموزش بیش از حد شبکه<sup>۴</sup> به کار می‌روند. مقادیر ابتدایی وزن‌ها در گره‌ها به طور تصادفی، توسط نرم‌افزار انتخاب می‌شوند. لایه خروجی شامل دو نورون می‌باشد که دارای تابع انتقال غیرخطی سیگموئید<sup>۵</sup> می‌باشند. جهت بدست آوردن مناسب‌ترین شبکه، مقدار مینیمم تابع MSE و تابع گرادیان برابر با صفر، در نظر گرفته شده است. ورودی‌های شبکه به صورت دسته‌ای، به شبکه اعمال شده‌اند. در این روش، تمامی ورودی‌ها به صورت یکجا به شبکه اعمال می‌شوند. نمونه نتایج حاصل از شبکه عصبی مصنوعی در شکل ۵ آمده است.

#### نتایج و بحث

میانگین قطر متوسط هندسی و انحراف معیار وزن گروه‌های مختلف فندق، در جدول ۱ درج شده است. نتایج نشان می‌دهد که فندق‌های پوک، کاملاً سبک‌تر از مغزدارها هستند و از همین شاخص، برای جداسازی با دستگاه‌های سنتی استفاده شده است. با کوچک‌تر شدن اندازه فندق‌ها، اختلاف وزن بین انواع پوک و مغزدار کمتر می‌شود که باعث دشوارتر شدن جداسازی انواع ریز نسبت به انواع درشت‌تر می‌شود.

با استخراج مشخصه‌های میانگین، مجموع و واریانس بیشینه برای سیگنال‌ها در حوزه موجک و مقایسه آنها با سیگنال مجهول، نتایجی نسبتاً مطلوب برای تشخیص سیگنال‌های مجهول حاصل شد که در جدول ۲ نشان داده شده است. شبکه عصبی MLP با

- 1- Train
- 2- Validation
- 3- Test
- 4- Overfit
- 5- Sigmoid

All Confusion Matrix

Output Class	1	100 33.3%	0 0.0%	0 0.0%	100% 0.0%
	2	0 0.0%	100 33.3%	0 0.0%	100% 0.0%
	3	0 0.0%	0 0.0%	100 33.3%	100% 0.0%
		100% 0.0%	100% 0.0%	100% 0.0%	100% 0.0%
		1	2	3	
		Target Class			

شکل ۵- نمونه خروجی شبکه عصبی مصنوعی برای جداسازی سه گروه فندق

جدول ۱- میانگین قطر متوسط هندسی و وزن فندق‌های درشت، متوسط و ریز

میانگین وزن (گرم)	میانگین قطر متوسط هندسی (میلی‌متر)	نوع	گروه
۰/۵	۱۲/۳	پوک	فندق‌های درشت
۱/۷۵	۱۲/۳	مغزدار	
۰/۴	۱۲/۳	پوک	فندق‌های متوسط
۱/۲۵	۱۲/۳	مغزدار	
۰/۲۵	۹	پوک	فندق‌های ریز
۰/۷۵	۹	مغزدار	

جدول ۲- درصد جداسازی فندق‌های درشت، متوسط و ریز

درصد جداسازی (مرتبه سوم)	درصد جداسازی (مرتبه دوم)	درصد جداسازی (مرتبه اول)	ارتفاع	گروه
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۴۰	درشت
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۴۰	متوسط
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۴۰	ریز
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۴۰	کل
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	

جدول ۳- درصد جداسازی فندق‌های مغزدار و پوک

گروه	ارتفاع	پوک و مغزداری	درصد جداسازی (مرتب اول)	درصد جداسازی (مرتب دوم)	درصد جداسازی (مرتب سوم)	میانگین درصد جداسازی
درشت		مغزدار	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
	۴۰	پوک	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
		کل	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
	۵۰	مغزدار	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
		پوک	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
	کل	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
متوسط		مغزدار	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
	۴۰	پوک	۱۰۰	۱۰۰	۹۵/۲	۹۸/۴
		کل	۱۰۰	۱۰۰	۹۷/۶	۹۹/۲
	۵۰	مغزدار	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
		پوک	۱۰۰	۱۰۰	۹۹	۹۹/۶۶
	کل	۱۰۰	۱۰۰	۹۹/۵	۹۹/۸۳	
ریز		مغزدار	۱۰۰	۹۸	۱۰۰	۹۹/۳۳
	۴۰	پوک	۱۰۰	۱۰۰	۹۰	۹۶/۶۶
		کل	۱۰۰	۹۹	۹۵	۹۸
	۵۰	مغزدار	۱۰۰	۹۵	۱۰۰	۹۸/۳۳
		پوک	۱۰۰	۹۵	۹۵	۹۶/۶۶
	کل	۱۰۰	۹۵	۹۵	۹۷/۵	

تشخیص فندق‌های رها شده از دو ارتفاع ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متری مشخص شد که اختلاف معنی‌داری در دو ارتفاع استفاده شده در این پژوهش، وجود ندارد. بهترین نتیجه در مورد جداسازی سه گروه درشت، متوسط و ریز در هر دو ارتفاع ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متری، دقت ۱۰۰ درصد بود. در مورد تفکیک فندق‌های مغزدار و پوک نیز میانگین بهترین شبکه در هر دو ارتفاع، ۱۰۰ درصد برای سه تکرار شبکه عصبی بود. برای فندق‌های متوسط در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری، میانگین سه تکرار شبکه عصبی ۹۹/۱۶ درصد و برای ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری، میانگین سه تکرار ۹۹/۶۶ درصد بود و فندق‌های ریز برای ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری، میانگین سه تکرار شبکه عصبی ۹۸ درصد و برای ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری، میانگین سه تکرار ۹۷/۵ درصد بود. در مجموع، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که با استفاده از پردازش انعکاس صدا می‌توان فندق‌های پوک از مغزدار را به طور موفقیت‌آمیز از یکدیگر تشخیص داد و در فراوری

کوچک‌تر شدن سایز فندق‌ها، جداسازی آنها را دشوارتر می‌کند، که این موضوع با توجه به رابطه مستقیم بین کاهش اندازه با کاهش اختلاف بین وزن فندق‌های مغزدار و پوک، قابل توجیه می‌باشد؛ به طوری که میانگین اختلاف وزن، بین فندق‌های مغزدار و پوک در انواع درشت، متوسط و ریز به ترتیب ۱/۲۵، ۰/۸۵ و ۰/۲۵ گرم می‌باشد. در پژوهش مشابهی که توسط رستمی و همکاران (۱۳۸۷) به منظور جداسازی پسته‌های پوک و مغزدار انجام گرفت، انواع درشت با دقت بیشتری جدا گردیدند که دلیل این امر، اختلاف چگالی بیشتر بین پسته‌های مغزدار و پوک درشت نسبت به ریز بیان شد.

#### نتیجه‌گیری

در این تحقیق، فندق‌های پوک و مغزدار با استفاده از پردازش رایانه‌ای انعکاس صوت و ارزیابی سیگنال‌های صوتی در حوزه موجک، از یکدیگر تمایز داده شدند. پس از مشاهده و مقایسه نتایج حاصل از



نهایی فندق، این روش را مکمل روش‌های معمول قرار داد. با این روش امکان جداسازی فندق‌های درشت، در مقایسه با فندق‌های ریز به دو گروه پوک و مغزدار بیشتر است و چون در بازار تقاضا برای فندق‌های درشت بیشتر است، لذا این روش و سیستم مورد استفاده، احتمالاً مورد توجه و قابل قبول خواهد بود.

## منابع

- ۱- رستمی، ا.، غضنفری مقدم، ا.، طالبی، س. و سجادی، س. ج. ۱۳۸۷. تشخیص پسته‌های پوک از مغزدار با استفاده از انعکاس و پردازش صدا در دو حوزه زمان و فرکانس. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۹: ۱۲۳-۱۳۴.
- ۲- سجادی، س.، ج. غضنفری مقدم، ا. و رستمی، ا. ۱۳۸۸. ارزیابی یک سیستم هوشمند برای جداسازی پسته با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) و تبدیل موجک انعکاس صدا. مجله مهندسی بیوسیستم ایران، ۴۰: ۱۵۵-۱۶۱.
- 3- Cetin, A., Pearson, T. & Tewfik, A. 2004. Classification of closed-and open-shell pistachio nuts using voice-recognition technology. Transactions-American Society of Agricultural Engineers, 47: 659-664.
- 4- De Belie, N., Schotte, S., Lammertyn, J., Nicolai, B. & De Baerdemaeker, J. 2000. PH—postharvest technology: firmness changes of pear fruit before and after harvest with the acoustic impulse response technique. Journal of Agricultural Engineering Research, 77: 183-191.
- 5- Diezma-Iglesias, B., Ruiz-Altisent, M. & Barreiro, P. 2004. Detection of internal quality in seedless watermelon by acoustic impulse response. Biosystems Engineering, 88: 221-230.
- 6- Ehrentreich, F. 2002. Wavelet transform applications in analytical chemistry. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 372: 115-121.
- 7- Haykin, S. 1994. Neural networks: a comprehensive foundation, Prentice Hall PTR.
- 8- Kalkan, H., Ince, N. F., Tewfik, A. H., Yardimci, Y. & Pearson, T. 2008. Classification of hazelnut kernels by using impact acoustic time-frequency patterns. EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, 2008: 1-11.
- 9- Khalifa, S. & M. H. Komarizadeh. 2012. An intelligent approach based on adaptive neuro-fuzzy inference systems (ANFIS) for walnut sorting. Australian Journal of Crop Science, 6: 183-187.
- 10- Khalifa, S., Komarizadeh, M. H., Tousi, B. & Nikbakht, A. M. 2011. An intelligent system for grading walnuts based on acoustic emission and neural networks. Journal of Food, Agriculture & Environment, 9: 109-112.
- 11- Omid, M., Mahmoudi, A. & Omid, M. H. 2009. An intelligent system for sorting pistachio nut varieties. Expert Systems with Applications, 36: 11528-11535.
- 12- Onaran, I., Ince, N. F., Tewfik, A. H. & Cetin, A. E. 2007. A signal representation approach for discrimination between full and empty hazelnuts. EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, 22: 2464-2468.
- 13- Pearson, T. 2001. Detection of pistachio nuts with closed shells using impact acoustics. Applied Engineering in Agriculture, 17: 249-253.

## Application of voice processing and artificial neural network in the separation of hazelnuts, based on size

Ehsan Mahmoudi<sup>1\*</sup>, Seid Mahdi Jafari<sup>2</sup>, Neda Rahmanian Jahromi<sup>1</sup>, Mohammad Javad Akbarian Meymand<sup>1</sup>, Mehdi Vatankhah<sup>3</sup>

1- MSc. Graduated Student, Gorgan University of Agricultural Science & Natural Resources, Gorgan, Iran

\*Corresponding author (ehsan.Mahmoudi66@gmail.com)

2- Assistant Professor, Department of Food science and Technology, Gorgan University of Agricultural Science & Natural Resources, Gorgan, Iran

3- MSc. Graduated Student, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran

### Abstract

In this study, Clash Voice processing in the field of wavelet and Artificial neural network (ANN) has been evaluated in order to separate hazelnuts according to their size (large, small, medium), and also being filled or empty. Hazelnuts were divided into three size groups (large, medium and small) and each hazelnut of the groups was weighted in order to separate the filled ones from the empty ones. All hazelnuts were then released from 40 and 50 cm height; bopped with a metal plate and Clash Voice was recorded. Signals in the field of wavelet were processed after the Preprocessing. Obtained profiles were applied as input to the ANN. The results showed that Neural Networks with 3 and 9 neurons in the hidden layer could successfully (accuracy of 100%) break up the hazelnuts that were dropped from 40 and 50 cm heights. The filled and empty hazelnuts of large, medium and small groups were separated from each other with the accuracy of 100, 99.61 and 98% for the height of 40 cm and 100, 99.66, 97.5% for the height of 50 cm. This research in combination with the common methods could probably reduce damages; increase the precision and the speed of separation.

**Keywords:** Acoustic, Artificial Neural Network, Discrete Wavelet transform, Hazelnut, Separation, Sound