



شناسایی صوتی ژنوتیپ‌های گردو به کمک شبکه‌های عصبی مصنوعی

اصغر محمودی^۱، سیمین خالصی^۲، عادل حسین‌پور^۳ و علی اکبر علی‌پور^۴

۱- استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تبریز، ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تبریز، ۳- استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه ایلام، ۴- گروه مهندسی طراحی صنعتی دانشگاه صنایع و معادن مرند. simin_khalesi@yahoo.com

چکیده:

در این تحقیق، یک سیستم آزمایشگاهی برای بررسی امکان استفاده از آزمون پاسخ آکوستیک برای جداسازی ژنوتیپ‌های گردوی سنگی و کاغذی مورد مطالعه قرار گرفت. تعداد ۴۰۰۰ گردو، از هر ژنوتیپ ۲۰۰۰ عدد، مورد آزمایش قرار گرفت و خصوصیات ژنوتیپ‌ها از تجزیه و تحلیل سیگنال دریافتی در حوزه زمان و فرکانس و کاربرد روش آماری تجزیه به مولفه‌های اصلی PCA استخراج شد. در مجموع ۴۷ ویژگی از ژنوتیپ گردوها انتخاب گردید که پس از نرمال شدن به عنوان بردار ورودی به ANN داده شد. بردار خروجی شبکه شامل ۲ نرون برای دسته بندی ژنوتیپ‌ها بود. چندین مدل مختلف ANN هر کدام با تعداد نرون‌های مختلف در لایه پنهان برای تعیین ساختار موردنظر آموزش داده شدند. تعداد نرون‌های لایه پنهان پس از آزمون‌های متعدد نظیر حداقل رسانی میانگین مربعات خطا (MSE) و ضریب همبستگی (r)، ۱۸ نرون انتخاب شد. مدل ANN با ساختار ۲-۱۸-۴۷ برای جداسازی ژنوتیپ‌ها انتخاب گردید. میزان جداسازی صحیح برای دو ژنوتیپ گردوی سنگی و کاغذی به ترتیب برابر ۹۹/۶۴ و ۹۶/۵۶ درصد و میانگین مربعات خطا ۰/۰۲۱۷ و ۰/۰۱۸۵ بود. واژه‌های کلیدی: ژنوتیپ گردو، تجزیه به مولفه‌های اصلی، شبکه عصبی مصنوعی، صوت.

مقدمه

گردو با نام علمی *Juglans* در خانواده گیاه‌شناسی *Juglandaceae* طبقه‌بندی می‌گردد. گردو درختی چند منظوره است که به دلیل امکان استفاده از میوه (مغز گردو)، پوست سبز، برگ گردو و چوب درخت آن، این محصول از نظر اقتصادی یک فراورده بسیار ارزشمند در جهان به شمار می‌رود (طباطبایی و همکاران، ۱۳۷۷). براساس اطلاعات سازمان خواروبار و کشاورزی جهانی^۱ در سال ۲۰۰۸ چین با اختصاص در حدود ۳۱٪ از کل اراضی زیر کشت گردو در جهان مقام اول را داراست (فائو ۲۰۰۸). آمریکا، ترکیه و ایران مقام‌های دوم تا چهارم را به خود اختصاص داده‌اند (آمارنامه کشاورزی ایران ۱۳۸۷).

¹ Food and Agriculture Organization of the United Nations

گردوهایی که در نقاط مختلف گردوخیز ایران وجود دارد از گونه گردوی معمولی (*regia L juglans*) هستند. واریته‌ها، نژادها و ارقام این گردوها از نظر گیاه‌شناسی هنوز کاملاً مشخص نیست و ارقامی مانند گردوی کاغذی، گردوی سنگی، گردوی سوزنی، گردوی خوشه‌ای، گردوی بادامی، گردوی قزوین و طالقان، گردوی جنوب البرز در واقع ارقام بومی هستند که اکثراً نام محل را به روی آنها گذاشتند. ولی ویژگی‌های گیاه‌شناسی آنها مبهم بوده و برای اهالی هر یک از کشت گاه‌ها و مراکز گردوخیز مشخص نیست (اخلاقی، ۱۳۷۹). ایران با وجود در اختیار داشتن ۱۱٪ تولید جهانی، کمتر از ۰/۵٪ صادرات را در دست دارد. یکی از دلایل پایین بودن ارزش صادراتی گردوهای ایرانی وجود غیر یکنواختی زیاد در محصول عرضه شده می‌باشد که خود ناشی از کاشت نهال‌های بذری، استفاده از ارقام مختلف در احداث باغات قدیمی گردو و عدم احداث باغات جدید با استفاده از ارقام اصلاح‌شده و مقاوم می‌باشد. اما با توجه به گسترش زیاد سطح زیر کشت این گونه در کشور و طول عمر زیاد باغات گردو، دستیابی به راه‌حلی برای درجه‌بندی محصول و رفع غیریکنواختی آن، باعث افزایش قابل توجهی در ارزش اقتصادی و درآمد حاصل از صادرات این محصول خواهد شد. در باغات گردوی ایران گردوها پس از چیده شدن بدون در نظر گرفتن نوع و رقم مخلوط شده و به بازار عرضه می‌گردد. اما نه فقط به منظور رقابت در بازارهای جهانی باید گردوهایی جداسازی شده، طبقه‌بندی شده و با بسته‌بندی مناسب عرضه کنیم؛ بلکه برای بهبود کیفیت دستگاه‌های جداکننده پوست سبز گردو، گردوشکن‌ها و جداسازهای مغز از پوست سخت نیز لازم است گردوهای تغذیه شده از یک جنس و رقم باشند. بنابراین یکی از مراحل مهم در درجه‌بندی گردوها جداسازی ارقام گردو خواهد بود. به علت نزدیکی ابعاد فیزیکی و مورفولوژیکی گردو، جداسازی با بازده بالا بوسیله سیستم‌های مکانیکی نمی‌تواند صورت گیرد. بازرسی و جداسازی دستی نیز دشوار بوده و نتایج مطلوبی در پی نخواهد داشت.

محمودی (۱۳۸۵) یک سیستم جداسازی زمان واقعی پسته‌های خندان از ناخندان، با تلفیق تکنیک‌های صوتی و شبکه عصبی مصنوعی (ANNs)^۲ ارائه کرد. دقت سیستم جداسازی برای پسته‌های خندان، ناخندان و نیمه‌خندان به ترتیب ۹۷/۳، ۹۶/۷ و ۹۳/۱ درصد بود. امید و همکاران (۲۰۱۰) چهار رقم پسته صادراتی ایران به نام‌های کله‌قوچی، اکبری، بادامی و احمدآقایی را برای ساختار بهینه با دقت ۹۶/۹، ۹۷/۶، ۹۶/۴ و ۹۹/۱ درصد تشخیص و جداسازی کردند. ستین و همکاران (۲۰۰۴) از تکنیک تشخیص صدا برای جداسازی پسته‌های خندان و ناخندان استفاده کردند، دقت این سیستم در حدود ۹۹٪ بود. سجادی و همکاران (۱۳۸۷) با استفاده از پردازش صدا و شبکه‌های عصبی پسته‌های پوک و مغزدار را تشخیص دادند. ایوانی (۱۳۸۵) تاثیر برخی ویژگی‌های فیزیکی گردو شامل جرم و حجم را بر طیف آکوستیک گردو مورد مطالعه قرار داد. اونازان و همکاران (۲۰۰۶) فندق‌های توخالی را از فندق‌های توپر با استفاده از ضربه به طریق صوت جدا کردند. در نهایت این وسیله توان تشخیص فندق‌های نارس، پر و توخالی را داشت. حسین‌پور (۲۰۱۰) امکان استفاده از آزمون پاسخ آکوستیک برای جداسازی سریع سنگ و کلوخ از سیب زمینی را مورد مطالعه قرار داد. با استفاده از سیستم مورد مطالعه، یک ماشین برداشت می‌تواند با ظرفیتی معادل ۲۰ تن در ساعت، سنگ و کلوخ سیب زمینی را با دقتی در حدود ۹۷ درصد جدا نماید. الباتاوی (۲۰۰۸) روش ضربه صوت را برای تشخیص پوکی در وسط غده سیب‌زمینی به کار برد. دقت این روش

² Artificial Neural Networks

۹۸٪ بود. پیرسون و همکاران (۲۰۰۵) گندم آسیب‌دیده را از گندم سالم با استفاده از تکنیک‌های صوتی تشخیص دادند. در این مطالعه، آسیب‌دیدگی گندم‌ها ناشی از نفوذ حشرات خارجی به داخل آنها بود. دقت تشخیص برای گندم آسیب‌دیده ۸۷٪ و گندم سالم ۹۸٪ گزارش شده است. حاجی‌زاده و همکاران (۱۳۸۷) گردو را با استفاده از ماشین‌بینایی براساس جرم ویژه درجه‌بندی کرد تا چروکیدگی و پوکی مغز را تشخیص دهد. محمودی و همکاران (۱۳۸۷) با تلفیق شبکه‌عصبی و پردازش تصویر و براساس بررسی چشمی برگها و میوه‌های گیاهان ژنوتیپ‌های گردو را تشخیص دادند.

دو گونه مورد مطالعه در این تحقیق، ژنوتیپ‌های کاغذی و سنگی می‌باشند. دلیل انتخاب این دو ژنوتیپ فراوانی آنها در منطقه و نیز وجود خصوصیات متمایز در آنهاست که جداسازی آنها را مهم می‌سازد. گردوی کاغذی که احتمالاً وارسته و ارقام آن هم یکنواخت نیست، بهترین و با ارزش‌ترین گردوی آجیلی را تشکیل می‌دهد. این ژنوتیپ دارای پوست چوبی نازک و به رنگ شکلاتی کمرنگ و مغز سفید و پر می‌باشد. گردوی سنگی دارای پوست چوبی سفت و ضخیمی است که شیارهای نسبتاً عمیقی در روی آن قرار دارد. رنگ آن خاکستری مایل به قهوه‌ای است که به راحتی از سایر انواع گردوها شناخته می‌شود.

روش‌های سنتی آماری برای مدل کردن سیستم اغلب غیر قابل مدیریت هستند و یا اگر سیستم اصلی بصورت غیرخطی باشد، یا متغیرهای اندازه‌گیری شده متعدد بصورت همزمان مورد نظر باشد، قابل اجرا نمی‌باشند. سیستمی که بدون اشکالات موجود در سیستم‌های سنتی باشد کاربرد سیستم طبقه‌بندی قابل آموزش اتوماتیک، همچون شبکه‌های عصبی است. در مورد تلفیق شبکه عصبی مصنوعی و تکنیک آکوستیک برای تشخیص صوتی ژنوتیپ‌های گردو تاکنون تحقیقی گزارش نشده است. با توجه به اهمیت زیادی که جداسازی ارقام مختلف گردو از لحاظ اقتصادی، کیفی، بازاریابی و صادرات محصول دارند و نیز دشواری جداسازی دستی و دقت پایین آن، در این تحقیق نتایج حاصل از کاربرد تکنیک غیرمخرب آکوستیک و شبکه عصبی برای جداسازی دو ژنوتیپ سنگی و کاغذی ارائه شده است.

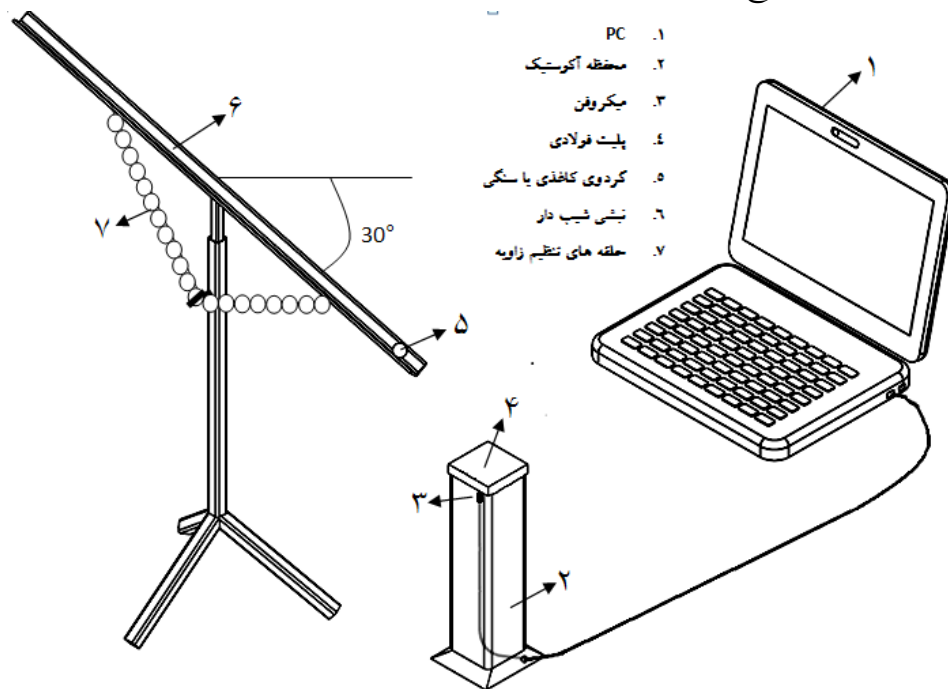
مواد و روش‌ها

دو ژنوتیپ گردوی مورد بررسی در شکل ۱ نشان داده شده است. سیستم طراحی شده برای درجه‌بندی ژنوتیپ‌ها در شکل ۲ مشاهده می‌شود. با روش سعی و خطا بهترین زاویه نبشی برای اصابت گردو به صفحه فلزی برابر ۳۰ درجه نسبت به سطح افق انتخاب شد. تغییر زاویه نبشی توسط حلقه‌های زنجیری که از یک طرف به نبشی و از طرف دیگر به پایه عمودی متصل بود صورت گرفت. تعداد حلقه‌ها در این فاصله ۲۰ عدد بود و با تغییر هر حلقه، زاویه نبشی ۵ درجه تغییر می‌کرد. پس از انتخاب زاویه، نبشی توسط یک پیچ در زاویه موردنظر محکم شد. زاویه انتخابی به گونه‌ای بود که بیشترین مقدار غلت خوردگی را برای گردوها ایجاد نماید و نیز به قدری به گردو شتاب دهد که با یک برخورد از روی صفحه فلزی عبور نماید. افزایش غلتش در گردوها باعث افزایش سرعت محیطی گردو می‌گشت و در نتیجه سرعت برخورد و بالتبع آن سرعت انعکاس بیشتر می‌شد، در این حالت هیچ آسیبی به



شکل ۱- تصویر دو ژنوتیپ گردوی موردنظر برای جداسازی. الف- گردوی سنگی، ب- گردوی کاغذی

گردوهای کاغذی وارد نمی‌گشت و سیگنال صوتی آشکار شده توسط حسگر کیفیت مطلوبی داشت. محفظه آکوستیک از چوب و بصورت دوجداره ساخته شد و با استفاده از پشم شیشه، کائوچو و چوب که همگی جاذب صوت بوده و از انعکاس آن نیز جلوگیری می‌کنند، از لحاظ صوتی کاملاً عایق گشت. بنابراین از رسیدن سیگنال‌های خارجی (نویز) به غیر صدای حاصل از برخورد گردو با صفحه فولادی جلوگیری به عمل آمد. جنس صفحه برخورد از فولادی به ابعاد $150 \times 150 \times 20$ بود که وزن گردو در برابر آن ناچیز بود. در انتخاب حسگر با توجه عواملی چون عدم تماس با محصول، حساسیت بالا، قیمت کم، زمان کم برای کالیبره کردن، از یک میکروفن مناسب استفاده شد. این میکروفن در زیر صفحه فولادی تعبیه شد که وظیفه‌اش انتقال صدای برخورد گردوها به سطح فولاد، به قسمت پردازش اولیه بود. در بخش پردازش اولیه عملیاتی چون تبدیل آنالوگ به دیجیتال صورت گرفت. بعد از آن مرحله استخراج خصوصیات است که هدف از آن انتخاب خصوصیات معنی‌دار سیگنال جهت



شکل ۲- شماتیک سیستم تشخیص ژنوتیپ های گردو

طبقه‌بندی است. از یک کامپیوتر پنتیوم ۷ برای جمع‌آوری داده، ثبت و پردازش سیگنال‌های صوتی دریافتی از حسگر استفاده گردیده است.

از هر ژنوتیپ گردو به تعداد ۲۰۰۰ عدد بصورت تصادفی انتخاب و بصورت تکی به سیستم داده شد. داده‌های حاصل از سیگنال‌های صوتی در حوزه زمان برای تجزیه و تحلیل‌های بعدی در PC ذخیره شدند. از جعبه ابزار Data Acquisition نرم افزار متلب برای جمع‌آوری داده‌ها استفاده گردید (متلب ۲۰۱۰). پس از برخورد گردوها به صفحه فولادی از سیگنال صوتی ۱۰۰۰ داده در فاصله زمانی ۲۲/۶ms برداشته شد. روش‌های پردازش سیگنال در حوزه زمان از جمله مقادیر دامنه $(Amp)^3$ ، پردازش سیگنال در حوزه فرکانس از جمله تبدیل فوریه سریع $(FFT)^4$ ، چگالی طیف توان (PSD) 5 و فاز $(Ang)^6$ برای استخراج خصوصیات و تغذیه به ANNs مدنظر بودند. طبقه‌بند در فاز آموزش وزن‌های خود را تنظیم می‌کند تا بتواند دوباره نتایج طبقه‌بندی مشخص را به بهترین شکل تولید کند. بعد از مرحله آموزش، سیستم بر اساس آموزش قبلی می‌تواند در برابر ورودی‌های جدید بر مبنای اطلاعات قبلی تصمیم‌گیری کرده و طبقه ورودی ذکر شده را مشخص نماید.

تبدیل سریع فوریه (FFT) الگوریتمی کارا برای محاسبه تبدیل فوریه گسسته (DFT) 7 محدود است. تبدیل فوریه گسسته سیگنال گسسته را در حوزه زمان گرفته و آن را به سیگنال گسسته در حوزه فرکانس تبدیل می‌کند. برای طبقه‌بندی ژنوتیپ‌های گردو، استخراج صفات از سیگنال حاصل از برخورد گردوها به سطح فلزی گام اساسی است (شکل ۲). با محاسبه دامنه در حوزه زمان و فاز و چگالی طیف توان (انرژی سیگنال) و سیگنال صوتی حاصل از مولفه‌های FFT در حوزه فرکانس می‌توانیم صفات خوبی برای بردار ورودی ANN تشکیل دهیم (شکل ۳ و ۴ و ۵).

در برخی از مواقع که اندازه بردار ورودی بزرگ می‌باشد، اما اعضای بردار ورودی شدیداً به هم همبسته هستند، کاهش اندازه بردار ورودی مفید خواهد بود. یک روش موثر برای این کار استفاده از تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA) 8 است. تجزیه به مولفه‌های اصلی توسط نرم‌افزار متلب روی داده‌های نرمال صورت گرفت. نتایج بدست آمده از PCA و تاثیر متقابل میزان واریانس حذف شده و تعداد مولفه‌های اصلی باقیمانده در جدول ۱ نشان داده شده است. برای یافتن بهترین ترکیب از حداقل مولفه‌های اصلی به عنوان ورودی شبکه که بالاترین دقت جداسازی را داشته باشد، ۴۷ ترکیب مختلف از مولفه‌های فوق به عنوان ورودی به شبکه داده شدند و در نهایت بهترین ترکیب حاصله برای دامنه برابر ۱۶ ویژگی و ۳۱ ویژگی چگالی طیف توان حاصل شد. ویژگی مربوط به فاز نقش تعیین‌کننده‌ای نداشت.

³ Amplitude

⁴ Fast Fourier Transform

⁵ Power Spectral Density

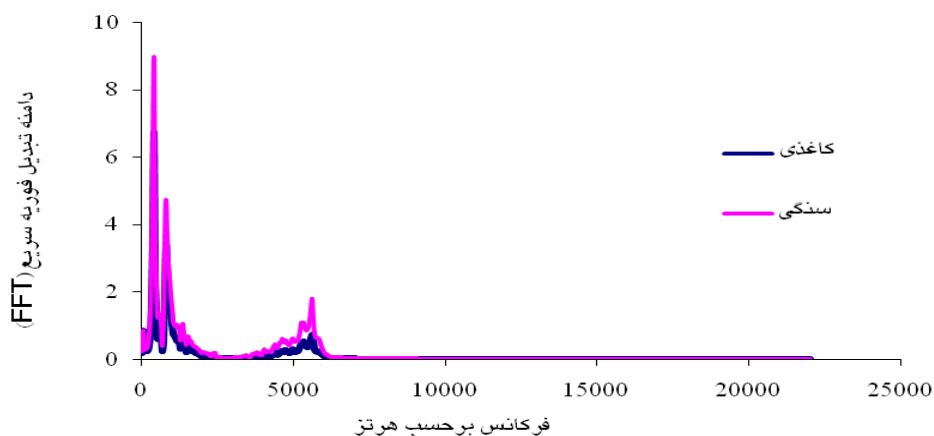
⁶ Angle (Phase)

⁷ Discrete Fourier Transform

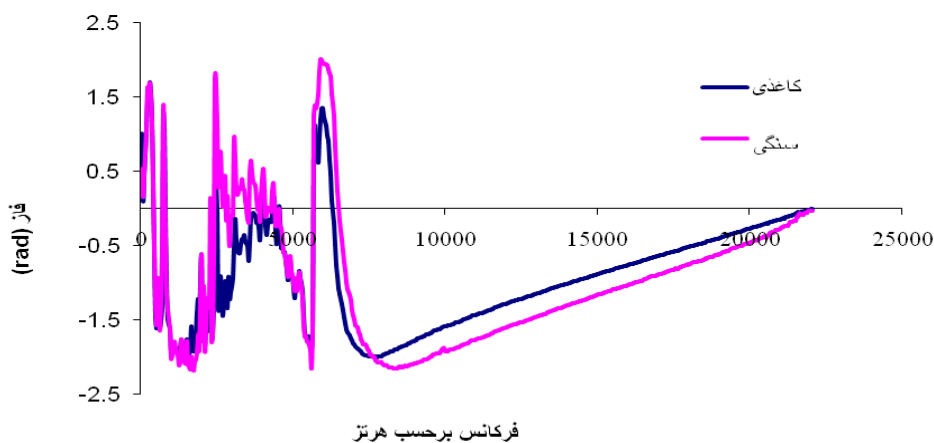
⁸ Principle Components Analysis

جدول ۱- عملکرد سیستم برای زیرمجموعه‌ای از صفات موثر

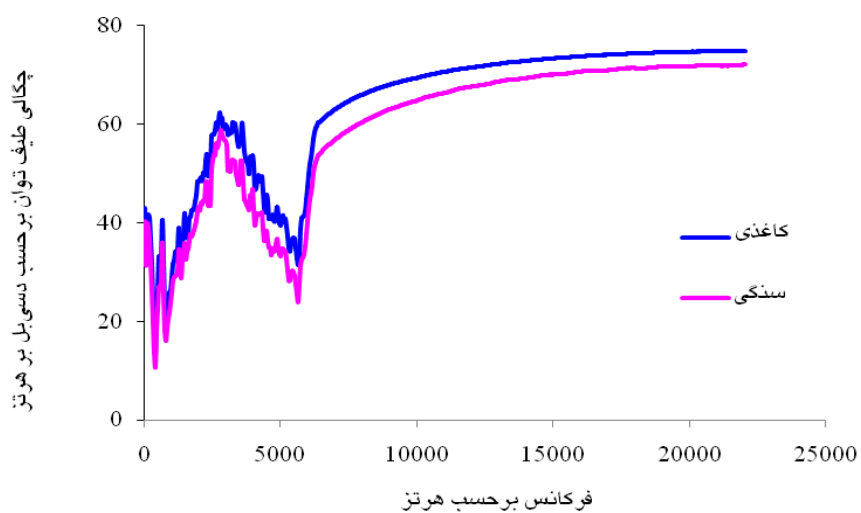
صفات مورد استفاده	توپولوژی شبکه	تعداد مشارکت صفات از هر گروه	نرخ شناسایی صحیح (درصد)		ضریب همبستگی (r)		میانگین مربعات خطا (MSE)	
			کاغذی	سنگی	کاغذی	سنگی	کاغذی	سنگی
Amp0.001+Psd0.001+Ang0.001	86-18-2	22+3+61	93.77	97.43	0.93	0.93	0.0374	0.0377
<u>Amp0.001+Psd0.001+Ang0.01</u>	<u>32-18-2</u>	<u>22+3+7</u>	<u>98.11</u>	<u>96.82</u>	<u>0.96</u>	<u>0.96</u>	<u>0.0215</u>	<u>0.0212</u>
Amp0.005+Psd0.0001+Ang0.05	21-18-2	10+9+2	96.59	94.46	0.92	0.91	0.0415	0.0430
Amp0.002+Psd0.00001+Ang0.005	58-18-2	16+31+11	96.60	95.72	0.94	0.94	0.0334	0.0327
Amp0.0005+Psd0.00001+Ang0.004	78-18-2	32+31+15	97.34	97.66	0.96	0.96	0.0242	0.0249
Amp0.0006+Psd0.000005+Ang0.003	97-18-2	28+49+20	96.32	97.34	0.96	0.96	0.0252	0.0255
Amp0.0007+Psd0.00001+Ang0.0035	72-18-2	25+31+16	96.64	96.36	0.94	0.94	0.0315	0.0316
Amp0.0004+Psd0.00001+Ang0.003	85-18-2	34+31+20	96.80	98.12	0.95	0.95	0.0255	0.0248
Amp0.001+Psd0.001+Ang0.05	27-18-2	22+3+2	98	98.33	0.96	0.96	0.0211	0.0224
<u>Amp0.002+Psd0.00001</u>	<u>47-18-2</u>	<u>16+31</u>	<u>96.56</u>	<u>99.64</u>	<u>0.97</u>	<u>0.96</u>	<u>0.0185</u>	<u>0.0217</u>
Amp0.001+Psd0.001	25-18-2	22+3	97.01	97.32	0.95	0.95	0.0248	0.0263
Amp0.005+Psd0.0001	19-18-2	10+9	96.24	92.18	0.91	0.91	0.0466	0.0473
Amp0.0004+Psd0.00001	65-18-2	34+31	98.09	97.55	0.97	0.97	0.0187	0.0191
Amp0.0006+Psd0.000005	77-18-2	28+49	97.99	97.34	0.97	0.96	0.0191	0.0204
Amp0.0005+Psd0.00001	63-18-2	32+31	98.42	97.52	0.96	0.97	0.0207	0.0213



شکل ۳- منحنی اندازه FFT به طول ۱۰۲۴ در حوزه فرکانس برای دو ژنوتیپ گردو



شکل ۴- منحنی فاز FFT به طول ۱۰۲۴ در حوزه فرکانس برای دو ژنوتیپ گردو



شکل ۵- منحنی چگالی طیف توان به طول ۱۰۲۴ در حوزه فرکانس برای دو ژنوتیپ گردو

شبکه عصبی پس انتشار خطا^۹

شبکه‌های پرسپترون چند لایه (MLP)^{۱۰} از مهم‌ترین ابزارهای شبکه‌عصبی هستند که بطور گسترده، در شناسایی الگوها مورد استفاده قرار می‌گیرند. این شبکه با الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا آموزش دیده و با استفاده از یادگیری با گشتاور (GDM)^{۱۱} سریع‌تر و پایدارتر می‌شود (هایکین و همکاران، ۱۹۹۹). به منظور کاهش مدت زمان آموزش، فقط از یک لایه مخفی در شبکه انتخابی استفاده شد. تعداد نرون‌های لایه مخفی نیز با روش سعی و خطا ۱۸ نرون تعیین گردید. در آزمایشات مقدماتی، شبکه عصبی با ۱۸ نرون در لایه مخفی از حداقل میانگین مربعات خطا و بیشترین پایداری برخوردار بود. تابع خطی در لایه ورودی و توابع تانژانت هیپربولیک در هر دو لایه مخفی و خروجی به عنوان توابع فعال سازی مورد استفاده قرار گرفتند. داده‌ها بصورت تصادفی به سه گروه مجزا تقسیم شدند، ۷۰ درصد داده‌ها در آموزش، ۱۵ درصد در آزمون و ۱۵ درصد باقی مانده نیز جهت اعتبارسنجی (CV)^{۱۲} شبکه مورد استفاده قرار گرفتند. تمامی شبکه‌های مورد مطالعه، در محیط نرم افزار Matlab و NeuroSolutions طراحی و اجرا شدند (نروسولوشن ۲۰۰۵).

نتایج و بحث

پس از تعیین تعداد نرون‌ها در لایه میانی، برای یافتن بهترین ترکیب صفات موثر و تشکیل شبکه بهینه، ۱۶ ترکیب مختلف از مولفه‌های اصلی انتخاب و توسط شبکه عصبی مورد آزمون قرار گرفتند. صفات مذکور وارد شبکه عصبی شده و عملکرد آنها با محاسبه حداقل میانگین مربعات خطا (MSE)^{۱۳} برای اعتبارسنجی، نرخ تشخیص صحیح (CDR) و ضریب همبستگی (r) تعیین گردید. بهترین ترکیب توسط ۱۶ صفت دامنه و ۳۱ صفت PSD حاصل شد. در مجموع مطلوب‌ترین ساختار شبکه عصبی توسط ۴۷ نرون در لایه ورودی (تعداد صفات ورودی)، ۱۸ نرون در لایه میانی (روش سعی و خطا) و ۲ نرون در لایه خروجی (گردوی سنگی و گردوی کاغذی) برای وصول بیشترین درصد تشخیص صحیح تشکیل شد. جدول ۲ عملکرد شبکه بهینه و جدول ۳ میزان جداسازی صحیح برای ژنوتیپ‌های گردو را نشان می‌دهد. تعداد نسبتاً کم لایه ورودی از آموزش بیش از حد شبکه جلوگیری می‌کرد. شکل ۶ روند آموزش و اعتبارسنجی شبکه را نمایش داده و نشان می‌دهد که میانگین مربعات خطا برای حالت آموزش و اعتبارسنجی همگرا بوده و بعد از ۱۰۰ epoch به مقدار قابل قبولی کاهش می‌یابند.

⁹ Back Propagation Neural Networks

¹⁰ Multilayer Perceptron

¹¹ Gradient Descent with Momentum

¹² Cross-Validation

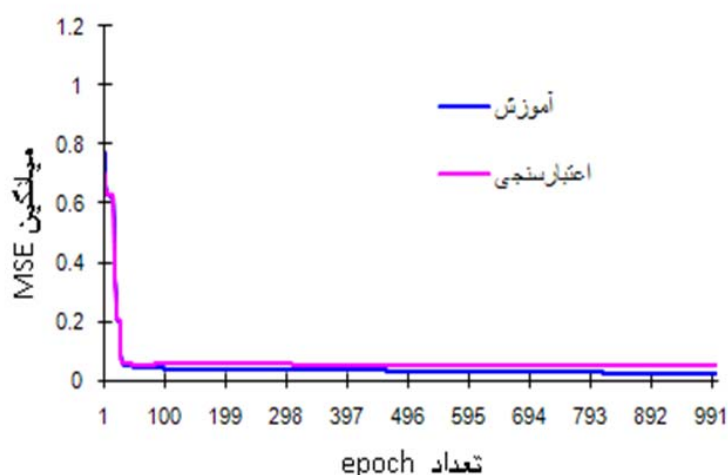
¹³ Mean-Squared Error

جدول ۲- عملکرد شبکه بهینه

عملکرد	گردوی سنگی	گردوی کاغذی
MSE میانگین مربعات خطا	0.02172	0.01858
CDR (%) درصد جداسازی صحیح	99.64	96.56
ضریب همبستگی	0.962	0.967

جدول ۳- میزان جداسازی صحیح دو ژنوتیپ گردوی مورد آزمون توسط شبکه MLP با ساختار ۲-۱۸-۴۷

	گردوی کاغذی	گردوی سنگی
خروجی شبکه →		
خروجی مورد نظر ↓		
گردوی کاغذی	309	1
گردوی سنگی	11	279



شکل ۶- منحنی یادگیری شبکه با الگوی آموزشی GDM برای epoch 1000

لازم به ذکر است اگر هدف کاهش تعداد ورودی‌های شبکه باشد، توپولوژی ۲-۱۸-۳۲ نیز می‌تواند توصیه گردد. در این توپولوژی درصد تشخیص صحیح ۹۶/۸۲ درصد برای ژنوتیپ سنگی و ۹۸/۱۰ درصد برای ژنوتیپ کاغذی است که دارای ضریب همبستگی بالایی نیز می‌باشد. ایوانی (۱۳۸۵) نشان داد که پاسخ آکوستیک گردو به ضربه غیر مخرب، در حوزه زمان، موج میراشونده‌ای ایجاد می‌کند که بیشترین تغییرات طیفی آن در اثر حجم گردو حادث می‌گردد و جرم، جرم حجمی و کرویت اثرات کمتری در پاسخ آکوستیک دارند. او به این نتیجه رسید که شکل ظاهری گردوها روی پاسخ آکوستیک آنها تاثیری ندارد. در این تحقیق، با این که دو ژنوتیپ سنگی و کاغذی نزدیکی بسیار زیادی از جهت جرم و کرویت دارند و در واقع تنها تفاوت‌شان در جرم و ضخامت پوسته می‌باشد، با درصد بسیار بالایی تشخیص داده شدند. بنابراین این روش نیز همانند روش محمودی (۱۳۸۵) قابل تعمیم به

فندق، بادام و سایر خواص پسته و گردو مانند اندازه، ضخامت پوسته و ارقام و ژنوتیپ‌های نزدیک به هم نیز می‌باشد.

نتیجه گیری

در این تحقیق، روشی بر اساس تلفیق آشکارسازی صوت و شبکه‌عصبی، برای شناسایی ژنوتیپ‌های گردو مورد مطالعه قرار گرفت. برای طبقه‌بندی ژنوتیپ‌ها از شبکه پرسپترون چند لایه استفاده گردید. جهت کاهش خصوصیات ورودی شبکه و تسریع عمل جداسازی از آنالیز طیفی و روش آماری تجزیه به مولفه‌های اصلی استفاده شد. مدل شبکه‌عصبی بهینه دارای ساختار ۲-۱۸-۴۷ با یک لایه پنهان بود. دقت جداسازی برای ژنوتیپ سنگی ۹۹/۶۴ و برای ژنوتیپ کاغذی ۹۶/۵۶ می‌باشد.

منابع و مأخذ

۱. اخلاقی، ح. ۱۳۷۹. بررسی نیروهای موثر در برداشت مکانیزه گردو. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.
۲. ایوانی، ا. مینایی، س. حسنی، د. ۱۳۸۵. طیف غالب پاسخ آکوستیک گردو به ضربه غیر مخرب. چهارمین کنگره ملی مهندسی ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون. دانشگاه تبریز.
۳. بی نام، ۱۳۸۷. آمارنامه کشاورزی ایران. اداره کل آمار و اطلاعات وزارت کشاورزی.
۴. حاجی زاده، م. کسرائی، م. ۱۳۸۷. درجه‌بندی گردو با استفاده از ماشین‌بینایی بر اساس جرم‌ویژه. پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون. دانشگاه فردوسی مشهد.
۵. سجادی، ج. غضنفری، ا. رستمی، ا. ۱۳۸۷. استفاده از پردازش صدا و شبکه‌های عصبی در سورتینگ پسته. پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون. مشهد.
۶. طباطبایی، م. دهلوی، ا. احمدی، ع. ۱۳۷۷. گردو، هیکوری و پکان. موسسه انتشارات جهاد دانشگاهی.
۷. محمودی، ا. ۱۳۸۵. ارائه یک الگوریتم مناسب مبتنی بر شبکه عصبی مصنوعی جهت جداسازی پسته‌های خندان از پسته‌های ناخندان بروش آکوستیکی بصورت زمان واقعی. رساله دکتری مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تهران.
۸. محمودی، م. خزایی، ج. وحدتی، ک. ۱۳۸۷. شناسایی ژنوتیپ‌های گردو با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر و شبکه‌عصبی. پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون. مشهد.
9. Cetin, A. E., T. C. Pearson, and A. H. Tewfik. 2004. Classification of closed and open shell pistachio nuts using voice recognition technology. Transaction of the ASAE, 47(2): 659-664.
10. Elbatawi. I. E. 2008. An acoustic impact method to detect hollow heart of potato tubers. Biosystems Engineering, 100 (2): 206 – 213.
11. Food and Agriculture Organization of the United Nations 2008. <http://www.fao.org/corp/statistics>.
12. Haykin, S. 1999. Neural Networks: A comprehensive foundation. Prentice Hall, New Jersey.

13. Hosainpour, A., M.H. Komarizade, A. Mahmoudi and M.G. Shayesteh. 2010. Feasibility of impact-acoustic emissions for discriminating between potato tubers and clods. *Journal of Food, Agriculture & Environment* Vol.8 (2): 565-569. 2010
14. MathWorks, 2007. MATLAB data acquisition toolbox user's guide. Version 7.10.0.499 (R2010a). The MathWorks, Inc.
15. NeuroDimension, Inc., 2005. Neurosolutions for Excel. Available at <http://www.nd.com>.
16. Omid, M., A. Mahmoudi and M.H. Omid. 2010. An intelligent system for sorting pistachio nut varieties. *Expert Systems with Applications* 36 (2009) 11528–11535.
17. Onaran, I., T.C. Pearson, Y. Yardimici, and E. Cetin. 2006. Detection of underdeveloped hazelnuts from fully developed nuts by impact acoustics. *Transactions of the ASABE*, 49(6):1971-1976.
18. Pearson, T.C., A.E. Cetin, A.H. Tewfik, and R.P. Haff. 2005. Feasibility of Impact-Acoustic Emissions for Detection of Damaged Wheat Kernels. *Digital Signal Processing*. Vol. 17:617-633.

Acoustical Identification of Walnut Varieties Based on Artificial Neural Networks

Abstract

In this study, an acoustic-based intelligent system was developed for classifying two different genotypes of Iranian Walnuts, Sangi Walnut and Kaghazi Walnut is presented. To develop the ANN models a total of 4000 Walnut sound signals, 2000 samples for each genotypes, were recorded. Features of Walnuts genotypes were extracted from analysis of sound signal in both, time and frequency domains by means of fast Fourier transform (FFT), power spectral density (PSD) methods. Altogether forty seven features were selected as input vector to ANN models. Network output vector consisted of two neurons for classification of genotypes. In developing the ANN models, several ANN architectures, each having different numbers of neurons in hidden layer, were evaluated. The optimal model was selected after several evaluations based on minimizing the mean square error (MSE), correct separation rate (CSR) and correlation coefficient (r). Selected ANN for classification was of 47-18-2 configuration. CSR of the proposed ANN model for two walnut genotypes, Sangi and Kaghazi were 99.64 and 96.56 respectively. MSE of system was found to be 0.0185.

Keywords: Acoustic, Artificial Neural Networks, Walnut genotype, Principal component analysis.