کاربرد شبکه های عصبی مصنوعی درجداسازی صوتی چهاررقم پسته صادراتی ایرانی

اصغر محمودی[1]، محمود امید[2]، علی آقاگلزاده[3] و علی محمد برقعی[4]

چکیده

دراین تحقیق یک سیستم جداسازی صوتی مبتنی بر شبکه عصبی مصنوعی (ANN) برای چهار رقم پسته صادراتی ایران به نامهای کله قوچی، اکبری، بادامی و احمد آقایی ارائه شده است. تعداد ۳۲۰۰ پسته، از هر رقم ۸۰۰ عدد، مورد آزمایش قرار گرفت و خصوصیات ارقام از تجزیه و تحلیل سیگنال دریافتی در حوزه زمان و فرکانس و کاربرد روش آماری تجزیه به مولفه های اصلی[5] (PCA) استخراج شد. در مجموع ۴۰ خصوصیت از ارقام پسته ها انتخاب گردید که پس از نرمالیزه شدن به عنوان بردار ورودی به ANN داده شد. بردار خروجی شبکه شامل ۴ نرون برای دسته بندی ارقام مورد بررسی بود. در تمام آزمایشها،۷۰ درصد از پسته ها بعنوان داده آموزشی، ۱۵ درصد برای آزمون و ۱۵ درصد باقیمانده جهت اعتبارسنجی مدل شبکه عصبی انتخاب گردید. چندین مدل مختلف ANN هرکدام با تعداد نرونهای مختلف درلایه مخفی برای تعیین ساختار بهینه آموزش داده شدند. تعداد نرون های در لایه مخفی از آزمونهای متعدد نظیر حداقل رسانی میانگین مربعات خطا (MSE) و ضریب همبستگی (r)، برابر ۱۲ نرون انتخاب گردید. مدل ANN بهینه دارای ساختار ۴-۱۲-۴۰ بود. میزان جداسازی صحیح برای چهار رقم پسته کله قوچی، اکبری، بادامی و احمدآقایی برای ساختار بهینه به ترتیب ۹۶/۹۷، ۹۷/۶۴، ۹۶/۳۶ و ۹۹/۱۰ درصد و MSE به ترتیب ۰/۰۱۴۱، ۰/۰۲۷۰ ، ۰/۰۱۹۳ و ۰/۰۱۲۳ حاصل شد. میانگین وزنی دقت کلی سیستم برای هر ۴ رقم برابر ۹۷/۵۱ درصد محاسبه گردید.

واژگان کلیدی: شبکه عصبی مصنوعی، ارقام پسته، طبقه بندی، تجزیه به مولفه های اصلی، صوت

مقدمه

پسته گیاهی است ازخانواده *Anacardicea* که گونه اهلی آن بنام *Pistacia Vera L* می‌باشد. محصول پسته از نظر شکل ظاهری و کیفیت دارای تنوع زیادی بوده و از نظر گیاهشناسی تاکنون ٦٠ رقم آن در ایران شناسایی شده‌اند. ایران بزرگترین تولید کننده پسته دنیا با بیش از ۳۰۰ هزار تن تولید سالیانه است. ۸۰ درصد پسته ایران به ارزش تقریبی هر کیلو ۳ الی ۳/۵ دلار در بازارهای جهانی عرضه می‌شود. در ایران برداشت پسته اغلب بصورت دستی است ولی درباغهای بزرگتر از تکاننده[6] برای برداشت مکانیزه پسته استفاده می‌شود. پسته‌های برداشت شده باید بعد از پوست کنی، خشک گردیده و طبقه بندی شوند. جداسازی اولیه پسته‌های با کیفیت پایین معمولاً بوسیله شناور کردن پسته ها در آب و توسط جدا کننده‌های

۱- دانشجوی دکتری مکانیک ماشینهای کشاورزی، گروه مهندسی ماشینهای کشاورزی، دانشکده بیوسیستم کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۲- استادیار گروه مهندسی ماشینهای کشاورزی، دانشکده بیوسیستم کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۳- دانشیارگروه مهندسی برق و کامپیوتر، دانشکده فنی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۴- استاد گروه مهندسی ماشینهای کشاورزی، دانشکده بیوسیستم کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.

5- Principle components analysis
6- Shaker

مکانیکی صورت می‌گیرد. جداسازی نهایی و بازرسی قبل ازبسته بندی بصورت دستی یا با کاربرد دستگاههای الکترومکانیکی انجام می‌شود. ارقام مختلف پسته، ممکن است به علت کشت درهم یا در طی مراحل برداشت، انتقال و جابجایی و یا انبارداری مخلوط گردند. جداسازی پسته‌های مخلوط به علل اقتصادی و مشتری پسندی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. بعلت نزدیکی ابعاد فیزیکی و مورفولوژیکی و نیز خواص نوری پسته‌ها، جداسازی با بازده بالا بوسیله سیستم‌های مکانیکی و دستگاههای الکترونوری نمی‌تواند صورت گیرد. بازرسی و جداسازی دستی نیز دشوار بوده و گاهاً نتایج مطلوبی درپی نخواهد داشت. اخیراً سیستمهای ماشین بینایی که قابلیت پردازش خصوصیات مختلف محصول را دارند درطبقه بندی محصولات کشاورزی نظیر سیب، پرتقال، گوجه فرنگی وکشمش بازده بالایی نشان داده‌اند.

بررسی منابع

غضنفری وایرودیاراج (۱۹۹٦a) از تکنیک غیر پارامتری تطبیق رشته ای[1] برای جداسازی چند نوع پسته ایرانی بر اساس شکل حاصل از تصاویر دو بعدی استفاده کردند. براساس نتایج حاصله از طبقه بندی، دقت جداسازی پسته‌های ارقام کله قوچی، اکبری، اوحدی خندان و اوحدی ناخندان به ترتیب برابر ۹۰ ، ۹٤ ، ۸۸ و ۹۰ درصد بود[۶]. غضنفری و همکاران (۱۹۹۶b) همچنین برای جداسازی چهار رقم پسته ایرانی از سیستم ماشین بینایی و طبقه بندی مبتنی بر شبکه عصبی مصنوعی (ANN) استفاده کردند، دقت به دست آمده برای پسته کله قوچی، اکبری، اوحدی خندان و اوحدی ناخندان به ترتیب برابر ۹٦/۰ ، ۹۷/۳ ، ۹۳/۳ و ۹۷/۳ درصد حاصل شد[۷]. تنومندی[2]، توانایی تخمین توزیع و پتانسیل بالا در پردازش موازی، شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه[3] (MLP) را برای طبقه بندی محصولات کشاورزی، بعنوان انتخابی مناسب، قرار داده است. برآندون و همکاران (۱۹۹۰) برای طبقه بندی هویج از لحاظ شکل نوک از ANN استفاده کردند. آنها دقت جداسازی برابر ٦۷/۹ تا ۹۳/۹ درصد را گزارش کردند[۲]. یانگ و همکاران (۲۰۰۰) برای تشخیص تصاویر و گروه بندی محصول و علفهای هرزاز شبکه‌های عصبی پس انتشار خطا[4] استفاده کردند و اعلام کردند که ANN پتانسیل خوبی برای تشخیص سریع و گروه بندی دارد[۱۴].

در سالهای اخیر از آزمونهای آکوستیکی یا صوتی (تست غیر مخرب) بطور فزآینده در کشاورزی استفاده می‌شود. گارسیا و همکاران (۲۰۰۳) از این تکنیک برای درجه بندی محصولات و تعیین رسیدگی یا سفتی میوه‌ها و دی کتلائره (۲۰۰۰) از آن برای جداسازی تخم مرغهای شکسته استفاده نمودند[۴و۵]. شرط لازم برای بکار گیری موثر این تکنیک آن است که خصوصیات مورد نظر با استفاده از رفتار ارتعاشی محصول قابل شناسایی باشد. آموده (۲۰۰۲) از یک حسگر صوتی برای تشخیص رطوبت غلات استفاده کرد. بر اساس نتایج بدست آمده شدت صوت متناسب با رطوبت دانه بود[۱]. پیرسون (۲۰۰۱) برای جدا سازی پسته‌های خندان و ناخندان رقم کرمان از داده‌های حاصل از نمونه برداری صوت در حوزه زمان و آنالیز تشخیصی[5] استفاده کرد. دقت جدا سازی پسته‌های خندان و ناخندان در حدود ۹۷ درصد گزارش شده است[۱۲]. اخیرا کتین و همکاران (۲۰۰۴)

3. String Matching

1. Robustness
2. Multi Layer Perceptron
3. Back propagation
5. Discriminant analyses

از تکنیک تشخیص صدا برای جداسازی پسته‌های خندان و ناخندان استفاده کردند. آنها در طبقه بندی پسته‌ها از ترکیب خطی بردارهای مل- سپستروم[1] و مولفه‌های اصلی حاصل از PCA داده‌های حاصل از نمونه برداری صوت در حوزه زمان استفاده کردند. دقت سیستم در حدود ۹۹ درصد بود[۳].

در مورد تلفیق شبکه عصبی مصنوعی و تکنیک آکوستیک برای تشخیص صوتی ارقام پسته تاکنون تحقیقی گزارش نشده است. توسعه یک سیستم سورتینگ پسته با تلفیق تکنیک آکوستیک و ANN برای جدا سازی پسته‌های خندان و ناخندان توسط مولفین در حال انجام می باشد و نتایج اولیه آن منتشر شده است[۹]. با توجه به اهمیت زیادی که جداسازی ارقام مختلف پسته از لحاظ اقتصادی، کیفی، بازار پسندی و صادرات محصول دارند و نیز دشواری عمل جداسازی دستی و دقت پایین آن، در این مقاله نتایج حاصل از کاربرد تکنیک غیر مخرب اکوستیکی و ANN برای دسته بندی ٤ رقم پسته صادراتی ایران به نامهای کله قوچی(Ka)، اکبری(Ak)، بادامی(Ba) و احمد آقایی(Ah) (شکل ۱ را ببینید) ارائه شده است. هدف اصلی تحقیق حاضر طراحی و ارائه الگوریتم مناسبی جهت جدا سازی این ارقام پسته می باشد.

مواد و روشها

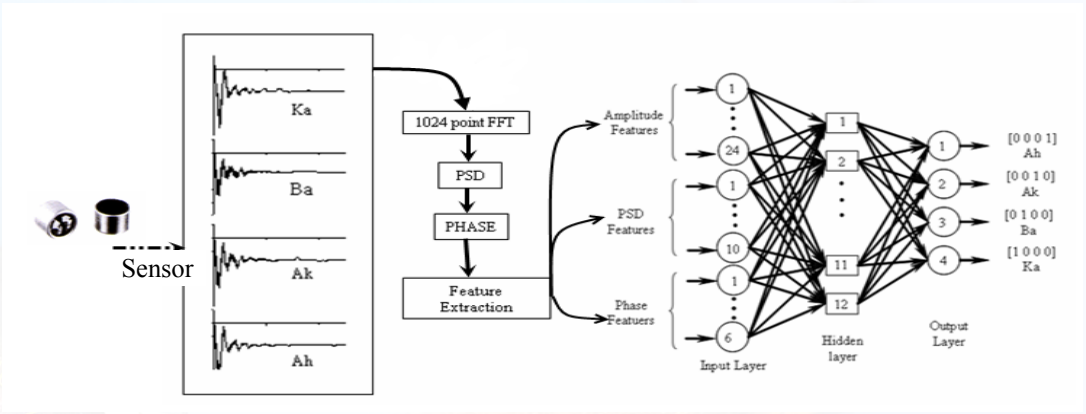
سیستمهای درجه بندی در کاربرد ها غالبا نیاز به انعطاف دارند. دامنه گسترده تولیدات به اضافه نیازهایی که باید در مورد محصول جدید آزمون گردند به سازگاری با درجه بالا نیاز دارند. سیستم آزمون نباید به زمانهای طولانی جهت تنظیمات دوباره[2] یا مهندسی پیچیده نرم افزاری نیاز داشته باشد. بدین سبب در این تحقیق از سیستم های هوشمند با قابلیت یادگیری استفاده گردید. روشهای سنتی آماری برای مدل کردن سیستم اغلب غیر قابل مدیریت هستند و یا اگر سیستم اصلی به صورت خطی قابل تخمین نباشد، یا بصورت همزمان متغیرهای اندازه گیری شده متعدد مد نظر باشد قابل حل نیستند. سیستمی که بدور از اشکالات موجود در سیستم های سنتی باشد کاربرد طبقه بندهای قابل آموزش اتوماتیک چون شبکه های عصبی است (شکل۲). شماتیک سیستم طراحی شده برای درجه بندی ارقام پسته بکار رفته در شکل۳ نمایش داده شده است. در انتخاب حسگر با توجه به فاکتورهایی چون عدم تماس با محصول، حساسیت بالا، قیمت کم، زمان کم برای کالیبره کردن، از میکروفن الکترت[3] پاناسونیک (VM-034CY) استفاده شد. جهت جلوگیری از تاثیر گذاری عوامل محیطی، یک محفظه آکوستیکی مناسب برای قرارگیری میکروفن طراحی و ساخته شد. وظیفه میکروفن انتقال صدای برخورد پسته ها به سطحی مانند 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 معنی دار سیگنال جهت طبقه بندی است.

1. Mel - Cepstrum
1. Resetting

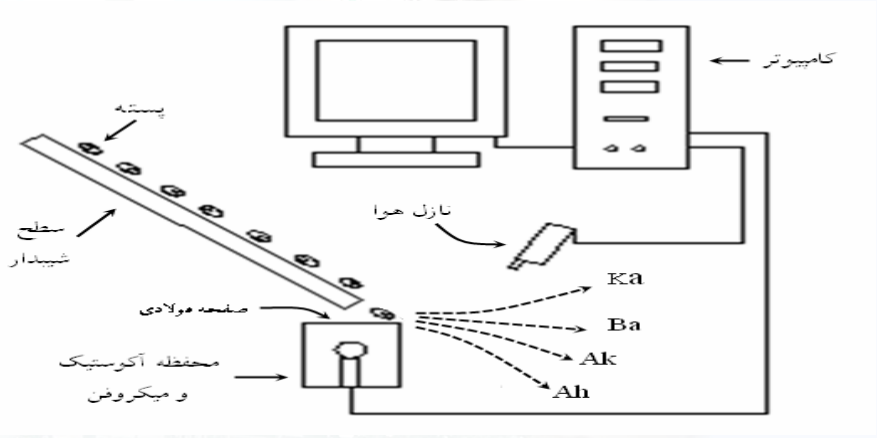
2. Electret microphone capsule

احمدآقایی　　بادامی　　اکبری　　کله قوچی

شکل۱: تصویر چهار رقم پسته صادراتی مورد نظر برای جداسازی



شکل۲- توپولوژی شبکه ANN سیستم جداسازی ارقام پسته



شکل۳: شماتیک سیستم تشخیص و حذف ارقام پسته

سیگنال ورودی بلوک استخراج خصوصیات در شکل ۲ بیانگر سیگنال صوتی در حوزه زمان و خروجی آن بردار خصوصیات می باشد. روشهای پردازش سیگنال در حوزه زمان از جمله مقادیر دامنه (Amplitude)، پردازش سیگنال در حوزه فرکانس از جمله تبدیل فوریه سریع (FFT)، چگالی طیف توان (PSD)و فاز (Phase) برای استخراج خصوصیات و تغذیه به سیستم طبقه بند مدنظر بودند. طبقه بندی بر اساس شبکه های عصبی انجام گرفت (شکل۲ را ببینید). طبقه بند در فاز آموزش وزنهای خود را تنظیم می کند تا بتواند دوباره نتایج طبقه بندی مشخص را به بهترین شکل تولید کند. بعد از مرحله آموزش سیستم

براساس آموزش قبلی می تواند در برابر ورودی های جدید بر مبنای اطلاعات قبلی تصمیم گیری کرده و طبقه ورودی ذکر شده را مشخص نماید.

طراحی سیستم به نحوی است که ابتدا پسته‌ها به صورت تکی به سیستم تغذیه شده و بر اثر برخورد آنها با یک سطح فلزی سیگنالهای صوتی ایجاد می‌کنند(شکل۳ را ببینید). سیگنال صوتی آشکارسازی شده توسط میکروفن از طریق کارت صدای ONBOARD مدل اینتل به یک سیستم جمع آوری داده مبتنی بر یک کامپیوتر شخصی منتقل می شوند. سیستم جمع آوری داده با یک فاصله نمونه برداری۰/۰۲۳ میلی ثانیه داده ها را دریافت، ذخیره و پردازش می کند. بر اساس یک الگوریتم طبقه بندی مبتنی بر ANN، پسته‌ها به ارقام مختلف تقسیم می‌شوند. سطح شیبدار که پسته‌ها با حرکت از روی آن به یک صفحه فولادی (به ابعاد ۱٤۰×۱٤۰mm و ضخامت ۱۰mm) برخورد می‌کنند از یک ورق فولادی به شکل نبشی به ابعاد ۵۰×۵۰mm (با ضخامت یک میلیمتر و طول یک متر) ساخته شده و روی پایه‌ای نصب تا از لحاظ ارتفاع و زاویه قابل تنظیم باشد. با آزمایشات مقدماتی صورت گرفته بهترین زاویه برای اصابت به صفحه فلزی برابر ٦۰ درجه نسبت به سطح افق بدست آمد[۹]. در این وضعیت پسته‌ها بدون غلت خوردن به طرف پایین سر میخورند و سیگنال صوتی آشکار شده توسط حسگر کیفیت مطلوبی دارد.

پس از آزمونهای مختلف و بررسی صفحات فولادی، شیشه ای و چوبی با ضخامتهای مختلف مشخص گردید که صفحه فولادی سیگنالهای صوتی حاصل از برخورد پسته ها را بهتر از سایرین آشکار می سازد[۹] و لذا جنس صفحه از نوع فولاد انتخاب گردید. جنس محفظه آکوستیکی از چوب بوده و داخل آن با استفاده از پشم شیشه، کائوچو و چوب، اتاقکی برای قرار دادن میکروفن تعبیه شده است. مواد انتخاب شده برای ساختمان محفظه همگی جاذب صوت بوده و از انعکاس صوت نیز جلوگیری بعمل می‌آورند. بنابراین از رسیدن سیگنالهای خارجی (نویز) به غیر از صوت حاصل از برخورد پسته‌ها با صفحه فولادی جلوگیری بعمل می آورد. ازیک PC پنتیوم IV برای جمع آوری داده، ثبت و پردازش سیگنالهای صوتی دریافتی از حسگر استفاده گردید.

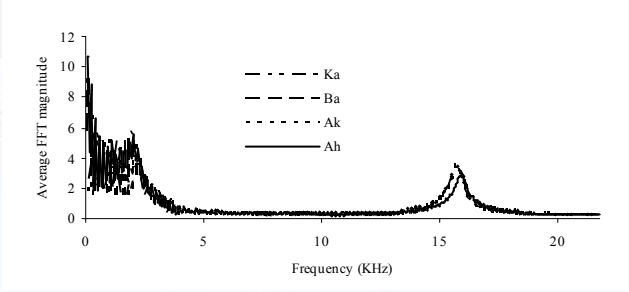
از٤ رقم پسته، کله قوچی، اکبری، بادامی و احمد آقایی که در سال زراعی ۲۰۰۵- ۲۰۰٤ برداشت شده بودند برای این تحقیق استفاده شد (شکل ۱). از هر رقم پسته به تعداد ۸۰۰ عدد به صورت تصادفی انتخاب و بصورت تکی به سیستم داده شد. داده‌های حاصل از سیگنالهای صوتی در حوزه زمان برای تجزیه و تحلیل های بعدی در PC ذخیره شدند (شکل۲). از جعبه ابزار Data Acquisition نرم افزار Matlab برای جمع آوری داده‌ها استفاده شد[۱۰]. نظر به اینکه حداکثر فرکانس (سرعت نمونه برداری) کارت صوتی مورد استفاده برابر٤٤/۱ KHz می باشد پس از برخورد پسته‌ها به صفحه فولادی از سیگنال صوتی حداکثر ۲۵۰ داده در فاصله زمانی ۵/٦۷ms برداشت می شود. تبدیل سریع فوریه (FFT) الگوریتمی کارا برای محاسبه تبدیل فوریه گسسته[1] (DFT) محدود است. تبدیل فوریه گسسته سیگنال گسسته را در حوزه زمان گرفته و آن را به سیگنال گسسته در حوزه فرکانس تبدیل می‌کند. برای طبقه بندی ارقام پسته ها، استخراج صفات از سیگنال حاصل ازبرخورد پسته ها به سطح فلزی گام اساسی است (شکل ۲ را ببینید). با محاسبه دامنه (Amplitude) در حوزه زمان و فاز (phase) و چگالی طیف توان (PSD) (انرژی سیگنال) سیگنال صوتی حاصله از مولفه‌های FFT در حوزه فرکانس می‌توانیم صفات

1. Discrete Fourier Transform

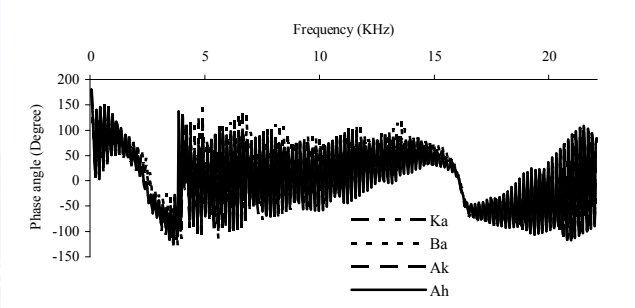
خوبی برای بردار ورودی ANN را تشکیل دهیم(اشکال ٤، ٥ و ٦).

در برخی از مواقع که اندازه بردار ورودی بزرگ می‌باشد، اما اعضاء بردار ورودی شدیداً بهم همبسته هستند، کاهش اندازه بردار ورودی مفید خواهد بود. یک روش موثر برای اینکار استفاده از تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA) است. تجزیه به مولفه‌های اصلی توسط نرم افزار Matlab صورت گرفت و قبل از عمل PCA داده‌ها نرمال گشتند تا میانگینی برابر صفر و واریانسی برابر یک داشته باشند. نتایج بدست آمده از PCA و تاثیر متقابل میزان واریانس حذف شده و تعداد مولفه های اصلی باقیمانده در شکل ۷ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۷ مشخص است که مثلا درمورد دامنه تنها ٦ خصوصیت قادر است ۹۸ درصد واریانس بین ورودی ها را توصیف کند و می توان تعداد خصوصیات را از ۲۵۰ به ٦ خصوصیت کاهش داد. در مورد PSD تنها ۷ خصوصیت قادر است ۹۸ درصد واریانس بین ورودی ها را توصیف کند و می توان تعداد خصوصیات را از ۱۰۲٤ به ۷ خصوصیت کاهش داد، همچنین در مورد فاز نیز تعداد خصوصیات را از ۱۰۲٤ به ٦ خصوصیت کاهش می یابد. با افزایش واریانس مولفه های اصلی از ۹۸ به ۹۹/۹ درصد مطابق شکل ۷ تعداد خصوصیات که باید مد نظر باشند شدیدا افزایش می یابد که مطلوب نیست. برای یافتن بهترین ترکیب از حداقل مولفه های اصلی بعنوان ورودی شبکه که بالاترین دقت جداسازی را داشته باشد حداقل ۳۷ ترکیب از مولفه های فوق به عنوان ورودی به شبکه داده شدند و در نهایت بهترین ترکیب حاصله برای Amplitude برابر ۲٤ خصوصیت، ۱۰خصوصیت PSD و ٦ خصوصیت فاز حاصل شد.

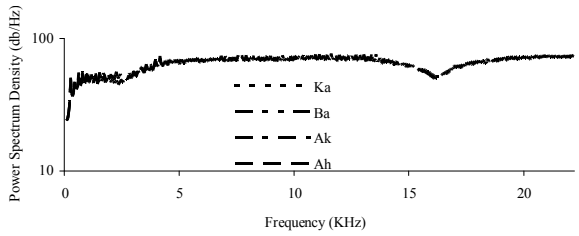
توسعه مدل شبکه عصبی مصنوعی: شبکه های MLP یکی از ابزارهایی هستند که در توپولوژی شبکه های عصبی مصنوعی بسیار مورد استفاده قرار می گیرد. شبکه های پرسپترون پس از پیشنهاد الگوریتم پس انتشار توسط رامل‌هارت [۱۳] در واقع تولدی دوباره یافتند. این شبکه ها عموما به الگوریتم پس انتشار خطا مشهورند زیرا خطای خروجی مدل به عقب و به داخل سیستم برگردانده می شود تا شرایط تجدید و تنظیم وزن های لایه های مخفی انجام گیرد. در این حالت با تصحیح پیوسته خطا وزنهای مناسب برای سیستم بدست می آید. این شبکه ها دو مزیت عمده نسبت به سایر شبکه ها دارند: (۱) این شبکه ها از عناصر پردازشی غیر خطی (توابع سیگموئیدی و تانژانت هایپربولیک) استفاده می کنند و (۲) حجم زیاد اتصالات داخل شبکه است (هر نرون با کلیه نرونهای لایه بعد در ارتباط است)، زیرا در حالتی که سیستم آموزش کافی را دیده است و مناسبترین وزنها بدست آمدند وزنهای مربوطه تثبیت شده و جهت داده های ورودی جدید که در قالب داده های مربوط به آزمون کارآیی مدل است اعمال میگردد و در این حالت با مقایسه نتایج مدل با نتایج مطلوب در مورد کارآیی مدل قضاوت میشود. در این تحقیق از الگوریتم یادگیری نزول گرادیان (GD) با مومنتوم[۱۵] که به افزایش سرعت یادگیری بدون داشتن نوسان منجر می گردد استفاده شده است. جزئیات بیشتر در خصوص MLP و الگوریتم GD با مومنتوم در Haykin یافت می شود[۸] .



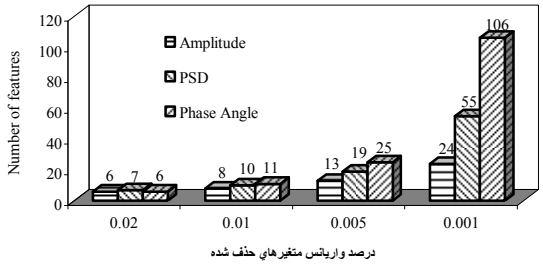
شکل ٤ – قدرمطلق تبدیل FFT سیگنال نمونه برداری شده در حوزه فرکانس



شکل ٥ – فاز تبدیل FFT سیگنال نمونه برداری شده در حوزه فرکانس



شکل ٦ –چگالی طیف توان سیگنال نمونه برداری شده در حوزه فرکانس



شکل ٧ – تاثیر متقابل میزان واریانس حذف شده و تعداد مولف های اصلی باقیمانده

در این تحقیق برای توسعه مدلهای ANN، از یک لایه مخفی با تابع فعال سازی از نوع تانژانت هایپربولیک استفاده گردید. کلیه شبکه های بررسی شده در محیط نرم افزار NeuroSolution طراحی و اجرا شده اند[۱۱]. برای جلوگیری از آموزش بیش از حد شبکه که غالبا باعث یادگیری نامناسب مدل میشود ۱۵ درصد از داده ها جهت اعتبار سنجی میانی[1](CV) انتخاب و به مدل معرفی شدند. برای هدف طبقه بندی، MLP شامل یک لایه ورودی، یک لایه مخفی و یک لایه خروجی است که بطور شماتیک در شکل ۲ نشان داده شده است. چنانکه در شکل ۲ نشان داده شده است در لایه ورودی ٤٠ نرون نشان داده شده است (همانگونه که قبلا بیان گردید) که هرکدام بیان کننده یک متغیر است. لایه مخفی معمولا شامل چندین نرون است که نشان دهنده سیستم غیرخطی شبکه است. لایه خروجی نیز با توجه به ارقام پسته ها شامل چهار نرون است که بیان کننده مقادیر پیش بینی (مطلوب) است. تعداد نرون های در لایه مخفی معمولا از طریق سعی و خطا تعیین میگردند.

برای هر ضربه ناشی از برخورد پسته به صفحه فلزی یک سیگنال صوتی حاصل می شود که ۲۵۰ داده از آن سیگنال در حوزه زمان نمونه برداری شد (شکل۲). سپس FFT بطول N= ۱۰۲٤ روی این داده ها صورت گرفت تا دامنه و فاز طیف ($|Y(\omega)|$و $\angle Y(\omega)$) و PSD ($PSD = \frac{Y(\omega)Y^*(\omega)}{N}$) در حوزه فرکانس (شکلهای ٤، ٥ و ٦) بدست آیند. با توجه به تقارن موجود در سیگنال صوتی حاصله در حوزه فرکانس تنها نصف داده ها برای محاسبه PSD بکار برده شد (شکل ٦). در مجموع برای هر پسته ۱۲۷٤ خصوصیت بدست آمد. سپس، عمل تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA) روی داده ها صورت گرفت، پس از بررسی ترکیبات مختلف برای خصوصیات فوق الذکر مطابق روشی که ذکر شد در نهایت ٤٠ خصوصیت بعنوان بردار ورودی به شبکه عصبی انتخاب شد. بنابراین کاهش صفات به میزان۹۸/۲٦ درصد بود.

نتایج و بحث:

برای هر سیگنال صوتی سه ویژگی برای گروه بندی ارقام پسته در نظر گرفته شد و برای کاهش خصوصیات از روش PCA استفاده شد در نهایت سه سری ویژگی بترتیب ذیل برای آموزش شبکه انتخاب شدند:

۱- تعداد ۲۵۰ خصوصیت مربوطه به دامنه سیگنال در حوزه زمان به ۲٤ خصوصیت کاهش داده شد.

۲- تعداد ۱۰۲٤ خصوصیت مربوط به چگالی طیف توان به ۱۰ خصوصیت کاهش داده شد.

۳- تعداد ۱۰۲٤ خصوصیت مربوط به فاز به ٦ خصوصیت کاهش داده شد.

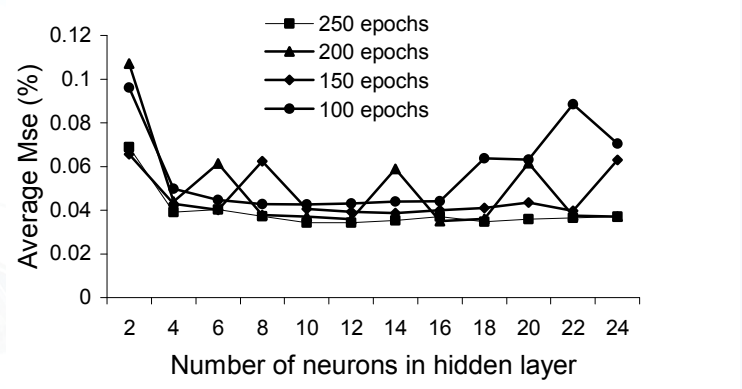
با توجه به کاهش خصوصیات در کل ٤٠ نرون بعنوان ورودی شبکه در نظر گرفته شد. برای خروجی شبکه نیز با توجه به اینکه ٤ رقم مورد مطالعه واقع شدند ٤ نرون در نظر گرفته شد. جهت افزایش سرعت یادگیری سیستم یک لایه پنهان برای شبکه در نظر گرفته شد. مطابق شکل ۸ میزان حداقل MSE برای اعتبار سنجی (CV) شبکه، مبنای انتخاب تعداد نرونهای لایه میانی گردید. برای این کار به ازای epoch های ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ میزان حداقل MSE برای اعتبار شبکه در نظر گرفته شد. با توجه به نتایج حاصله مقادیر به دست آمده برای شبکه با ۱۲ نرون در لایه میانی از حداقل انحراف معیار استاندارد[2] برخوردار است و نتایج

1. Cross-Validation

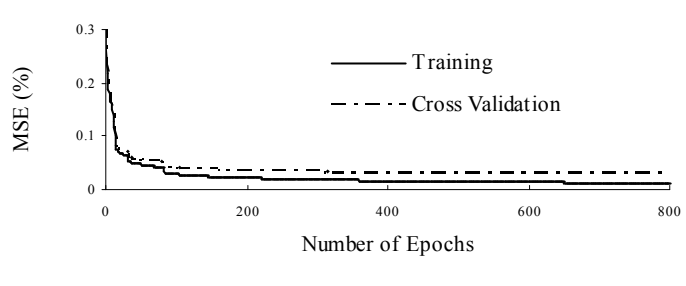
2 . Standard deviation error

آن ثبات بیشتری دارد. در ارائه مدل ANN تعداد نرون کمتر در لایه مخفی ارجحیت دارد چون حجم شبکه کاهش می یابد و در نتیجه شبکه سرعت یادگیری بالاتری خواهد داشت. با توجه به شکل ۸ لایه میانی با ۱۲ نرون عملکرد مناسبی را ارائه میدهد.

بنابر این، مدل شبکه عصبی بهینه با ساختار ٤-۱۲-٤۰ که در شکل ۲ نشان داده شده است برای طبقه بندی ٤ رقم پسته صادراتی ایران بدست آمد. برای نیل به ساختار بهینه در شرایط مورد نظر، شبکه های بسیاری که در تعداد نرونهای در لایه مخفی، تعداد دوره های آموزش (epoch)، روش آموزش، تابع فعال سازی از یکدیگر متفاوت بودند، مورد بررسی قرار گرفتند. چنانکه اشاره شد، در بین ساختارهای طراحی شده، ساختار ٤-۱۲-٤۰ بیشترین دقت و کمترین خطا را در مرحله CV از خود نشان داد و لذا به عنوان شبکه بهینه جهت طبقه بندی ارقام پسته انتخاب گردید. برای بررسی توانایی مدل حالتهای مختلف طراحی شده با توجه به پارامترهای میانگین مربعات خطا (MSE) و ضریب همبستگی (r) با یکدیگر مقایسه شدند. پس از آموزش و اعتبار سنجی شبکه (شکل۹) مطابق جدول ۱ میزان طبقه بندی صحیح برای ارقام کله قوچی، اکبری، بادامی و احمدآقایی به ترتیب برابر ۹٦/۹۷، ۹۷/٦٤، ۹٦/۳٦و ۹۹/۱۰ درصد، MSE به ترتیب ۰/۰۱٤۱، ۰/۰۲۷۰ ، ۰/۰۱۹۳ و ۰/۰۱۲۳ و ضریب رگرسیون (r) به ترتیب ۰/۹۷، ۰/۹۳، ۰/۹۵ و ۰/۹۷ حاصل شد. برای ٤ رقم میانگین وزنی دقت کلی مدل برابر ۹۷/۵۱ درصد حاصل شد.



شکل ۸ – منحنی متوسط میانگین مربعات خطا ی CV با افزایش تعداد نرونها در لایه میانی



شکل۹ – منحنی یادگیری شبکه با الگوی آموزشی GDM برای ۸۰۰ epoch

جدول ۱ – عمکرد شبکه MLP با ساختار ٤ – ۱۲ - ٤۰

عملکرد شبکه	کله قوچی	بادامی	اکبری	احمدآقایی
میانگین مربعات خطا (MSE)	۰/۰۱٤۱	۰/۰۱۹۳	۰/۰۲۷۰	۰/۰۱۲۳
ضریب همبستگی(r)	۰/۹۷	۰/۹۵	۰/۹۳	۰/۹۷
درصد جداسازی صحیح	۹٦/۹۷	۹٦/۳٦	۹۷/٦٤	۹۹/۱۰

نتیجه‌گیری

در این تحقیق یک روش بر اساس تلفیق آشکارسازی صوت و تکنیک شبکه های عصبی مصنوعی برای طبقه بندی چهار رقم پسته صادراتی ایران ارائه و بحث شد. برای طبقه بندی ٤ رقم پسته صادراتی ایران از شبکه پرسپترون چند لایه استفاده گردید. جهت کاهش خصوصیات ورودی شبکه و تسریع عمل جداسازی از آنالیز طیفی و روش آماری تجزیه به مولفه های اصلی استفاده گردید پس از بررسیهای اولیه در مجموع ٤۰ ترکیب مختلف از مولفه های اصلی برای استخراج صفات انتخاب شدند. بهترین ترکیب شامل ۲٤ خصوصیت دامنه در حوزه زمان و ۱٦ خصوصیت سیگنال در حوزه فرکانس شامل ۱۰ خصوصیت برای چگالی طیف توان و ٦ خصوصیت برای فاز سیگنال بدست آمد. ترکیب این ٤۰ خصوصیت حداقل تعداد خصوصیات ممکن را در زمان آموزش شبکه با بالاترین دقت جداسازی ارقام ارائه داد. مدل شبکه عصبی بهینه دارای ساختار ٤- ۱۲-٤۰، با یک لایه مخفی شامل ۱۲ نرون بود. دقت کلی مدل برابر ۹۷/۵۱ درصد بود، یعنی تنها ۲/٤۹ درصد پسته ها از نظر رقم درست تشخیص داده نشدند. دقت جدا سازی سیستم برای ارقام کله قوچی، اکبری، بادامی و احمد آقایی به ترتیب برابر ۹٦/۹۷، ۹٦/۳٦، ۹۷/٦٤، ۱۰/ ۹۹ درصد بدست آمد. برای افزایش دقت سیستم می توان تعداد ورودیهای به شبکه را بیشتر کرد. از آنجا که مدل ارائه شده بر مبنای تفاوتهای موجود در سیگنالهایی صوتی حاصل از برخورد ارقام مختلف پسته‌ها به یک صفحه حسگر عمل می‌کند منحصر به کاربرد بخصوصی نبوده و برحسب نیاز می‌توان برای کاربردهای دیگر نیز آن را بکار برد. اخیرا استفاده از این تکنیک برای جدا سازی پسته‌های خندان و ناخندان توسط مولفین پیشنهاد شده است [۹].

منابع

۱- آموده، محمد تقی. ۱۳۸۱. طراحی و ساخت دستگاه رطوبت سنج غلات روی خط. پایان نامه کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

2- Brandon, J. R., M. S. Howarth, S.W. Searcy and N. Kehtarnavaz. 1990. A neural network for carrot tip classification. ASAE, Paper No. 90-7549.

3- 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.

4- De Ketelaere, B., P. Coucke, and J. Baerdemaeker. 2000. Eggshell crack detection based on Acoustic resonance frequency analysis. J. of Agric. Eng. Res., 76(2): 157-163.

5- Garsia-Ramos, F. J., J. Ortiz-Canavate, M. Ruiz-Altisent, J. diez, L. Flores, I. Homer, and J. M. Chavez. 2003. Development and implementation of an on–line impact sensor for firmness sensing of fruits. Journal of Food Engineering, 58: 53-57.

6- Ghazanfari, A., J. Irudayaraj. 1996a. Classification of pistachio nuts using a string matching technique. Transaction of the ASAE, 39(3):1197-1202.

7- Ghazanfari, A., J. Irudayaraj, and A. Kusalik. 1996b. Grading pistachio nuts using a neural networks approach. Transaction of the ASAE, 39(6):2319-2324.

8- Haykin, S. (1999). Neural Networks: A Comprehensive Foundation. Prentice Hall, New Jersey.

9- Mahmoudi, A., M. Omid, A. Aghagholzadeh and A.M. Borghei. 2005. Development of a Pistachio sorting system based on acoustic technique. IV Int. Symp. Pistachios & Almonds, ISHS Fruit Section, Tehran: Iran, 22-25 May 2005, P. 164.

10- MathWorks, 2005. MATLAB Data Acquisition Toolbox User`s Guide.Version 2. The MathWoks, Inc.

11- NeuroDimension, Inc., 2005. NeuroSolutions for Excel. Available at http://www.nd.com.

12- Pearson, T. C. 2001. Detection of pistachio nuts with closed shells using impact acoustics. Applied Engineering in Agriculture, 17(2): 249- 253.

14- Rumelhurt, D.E., G.E. Hinton and R.J. Williams. 1986. Learning internal representations by back-propagation errors. Nature, 322, 533-536.

15- Yang, C. C., S. O. Prashier, J. A. Landry, H. S. Ramaswamy, and A. ditommaso. 2000. Application of neural networks in image recognition and classification of crop and weeds. Canadian Agricultural Engineering, 42 (3): 147 – 152.

ABSTRACT

In this study an intelligent separation system, based on artificial neural networks (ANNs), for classifying four different varieties of Iranian pistachio nuts, namely, Kaleghouchi (Ka), Akbari (Ak), Badami (Ba) and Ahmadagaee (Ah) is presented. To develop the ANN models a total of 3200 pistachio sound signals, 800 samples for each variety, were recorded. Features of pistachio nut varieties were extracted from analysis of sound signal in both time and frequency domains by means of Fast Fourier Transform (FFT), power spectral density (PSD) and principal component analysis (PCA) methods. Altogether forty features were selected as input vector to ANN models. Network output vector consisted of four neurons for classification of varieties. Collected data for 3200 pistachio nuts were divided into three sets: 70% for training, 15% for testing, and the remaining 15% were used for cross validation of ANN models. 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 of mean square error (MSE), correct separation rate (CSR) and coefficient of correlation (r). Selected optimal ANN for classification was of 40-12-4 configuration. CSR of proposed optimal ANN model for four pistachio varieties, Ka, Ak, Ba and Ah were 96.97%, 97.64%, 96.36%, and 99.10% respectively. Net weight average of system accuracy was found to be 97.51 %.

Keywords: Artificial Neural Networks, Pistachio Nuts, Classification, Acoustic, Principle component analysis.