نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 10، شماره 3، پاییز 1393، ص. 218- 211

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 10, No. 3, Fall 2014, p. 211-218

شناسایی و طبقه بندی سه رقم برنج ایرانی در نمونه های مخلوط مبتنی بر ویژگیهای شکلی با استفاده از پردازش تصویر و شبکه عصبی بردار یادگیر چندی ساز

سعیده فیاضی[1]- محمد حسین عباسپورفرد [2*]- عباس روحانی [3]- حسن صدرنیا[4]- سید امیرحسن منجمی[5]

تاریخ دریافت:1391/5/26
تاریخ پذیرش:1392/2/16

چکیده

با توجه به ارزش اقتصادی متفاوت ارقام برنج، گزارشات نشان دهنده این هستند که احتمال اختلاط ارقام مختلف در بـازار وجـود دارد. اسـتفاده از تکنیک های پردازش تصویر و شبکه های عصبی برای طبقه بندی ارقام برنج، روشی است که می تواند دقت فرآیند طبقه بندی را افزایش دهد. در این مطالعه چند ویژگی شکلی از تصاویر دانه ها بررسی شدند تا کارآیی آنها در شناسایی سه رقم برنج ایرانی (طارم (محلی)، فجر، شیرودی) در نمونه های مخلوط این سه رقم ارزیابی شود. در مجموع 666 تصویر از دانه های برنج (222 تصویر از هر رقم) در شرایط نورپردازی ثابت گرفته شد و 17 ویژگی شکلی از تصاویر دانه ها استخراج شد. روشهای ضریب فیشر (FC)، تحلیل اجزای اصلی (PCA) و ترکیبی از این دو روش (FC-PCA) برای انتخاب ویژگی هایی که بیشترین تأثیر را در دسته بندی و شناسایی ارقام دارند به کار برده شدند. برای طبقه بندی نمونه های برنج در سه کـلاس مختلـف از شبکه ی عصبی بردار یادگیر چندی ساز (LVQ4) استفاده شد. دقت طبقه بندی LVQ4، به ترتیب برای سه رقم فجر، شیرودی و طارم 98/87، 100 و 100% ، برای دو رقم فجر و شیرودی 100 و 100%، برای دو رقم طارم و شیرودی 100 و 100% و برای دو رقم فجر و طارم 97/62 و 95/74% بـود. این نتایج نشان می دهند که روش پردازش تصویر ابزاری مناسب برای تشخیص و جداسازی ارقام مختلف برنج است.

واژه‌های کلیدی: برنج، ویژگیهای شکلی، پردازش تصویر، شبکه عصبی

مقدمه

برنج یکی از محصولات عمده ی غـذایی جهـان و قـوت غالـب مردم ایران پس از گندم می باشد (سایت سیر نیوز، 1391). به همین دلیل مطالعه در مورد جنبه هـای مختلـف آن دارای اهمیـت زیـادی می باشد تا مطمئن شویم که محصول تولید شده کیفیـت لازم را دارا می باشد و می تواند رضایت مشتری را جلب کند. یکی از عواملی که باعث کاهش کیفیـت بـرنج و در نتیجـه کـاهش رضـایت مشـتری می شود، مخلوط بودن مقادیری از دیگـر ارقـام بـا رقـم مـورد نظـر می باشد که ممکن است عمداً یا سهواً اتفاق افتاده باشد. بنابراین نیاز است که ارقام مختلف برنج قبل از عرضه به بازار بازبینی شوند تـا در مورد خلوص آن ها اطمینان حاصل شود. با توجه به این موارد، نیاز به تکنیک ها و روش هایی است که بتوانند به شناسایی ارقام مختلف در توده های مخلوط بپردازند. اگر چه، هم اکنون نیـز امکـان شناسـایی توده های خالص و مخلوط از هم وجود دارد، ولی با توجه بـه اینکـه این روشها عموما دستی و با استفاده از نیروی انسانی هستند بنابراین زمان بر هستند. بعلاوه چون این امور توسـط افـراد متخصـص و بـا تجربه انجام می شود بجز در موارد خـاص، از نقطـه نظـر اقتصـادی مقرون به صرفه نبوده، به طوریکـه عمومیـت دادن ایـن روش هـای دستی توجیه اقتصادی ندارد. بنابراین ارائه روش های غیر دستی، نیمه خودکار که وابستگی آنها به نیروی انسانی کـم باشـد، مـی توانـد در عمومیت دادن کنترل مخلوط های بازار نقش بسزایی ایفا نماید.

بررسی اجمالی مطالعات صـورت گرفتـه بـر روی تکنیـک هـای پردازش تصویر نشان مـی دهنـد کـه ایـن روش هـا در ترکیـب بـا تکنیک های طبقه بندی مانند شبکه های عصبی مصنوعی می توانند

1- دانشجوی دکتری مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه شیراز
2، 3 و 4- دانشیار و استادیاران گـروه مکانیـک ماشـینهای کشـاورزی، دانشـگاه فردوسی مشهد
5-دانشیار گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه اصفهان
(* - نویسنده مسئول: Email: Abaspour@um.ac.ir)

توانایی بالقوه ای را در اینگونه کاربرد ها داشته باشند که نمونه ای از این مطالعات در ادامه آورده شده است:

Liu و همکاران (2010) از تکنیک های بینـایی ماشـین بـرای شناسایی ارقام برنج استفاده کردند. ایشان برای شناسـایی دانـه‌هـای برنج، ویژگی های رنگی را از تصاویر استخراج و شبکه هـای عصـبی پس انتشار (BP) را استفاده نمودند و گزارش دادند 86/65% از دانه ها به درستی شناسایی شده انـد. Maheshwari و همکـاران (2012) از پردازش تصویر به عنوان تکنیکی غیر مخـرب بـرای ارزیـابی کیفـی نوعی برنج هندی استفاده کردند. آن ها ویژگی هـای شـکلی شـامل مساحت، طول محور بزرگ، طول محور کوچک و فاصـله از مرکـز را برای دانه های برنج محاسبه کردند تا دانه های با طول نرمال، دانـه های بلند و دانه های کوچک را در نمونه های برنج شمارش کننـد و نتیجه گرفتند که در نمونه های در نظر گرفته شده توسط آن ها، بـه صورت متوسط، 86% از دانه ها دارای طول نرمال، 6% دانه ها بلند و 8% دانه ها کوچک بودند. Verma (2010) از ویژگـی هـای شـکلی بدست آمده از تصاویر دانه های برنج شامل: محیط، مسـاحت، طـول بیشینه، عرض بیشینه، فشردگی و کشیدگی برای دسته بنـدی دانـه های برنج با اسـتفاده از شـبکه ی عصـبی MLP اسـتفاده کـرد. او گزارش داد که سامانه ی بینایی ماشین استفاده شده قادر اسـت دانـه های برنج را در دسته های سالم، تـرک برداشـته، گچـی، شکسـته و آسیب دیده با درستی 95-90% دسته بنـدی کنـد. Wu و همکـاران (2005) تعیین ارقام برنج را به صورت بلا درنگ توسط بینایی ماشین انجام دادند. ویژگی ها از تصاویر استخراج شـدند و ارقـام بـه کمـک شبکه های عصبی پس انتشار شناسایی شدند. نسبت های تشـخیص بدست آمده برای 5 رقم بررسـی شـده 99/99%، 99/93%، 98/89%، 78/82%، 86/65% بودند.

Douik و همکاران (2008) از تکنیـک هـای موجـک و شـبکه های عصبی چند لایه برای دسته بندی واریته های غـلات (دو رقـم گندم و جو) استفاده کردنـد. سـامانه ی اسـتفاده شـده توسـط آنهـا توانست این ارقام را با دقـت کلـی 98% دسـته بنـدی کنـد. Jana و همکاران (2011) دسته بندی برنج معطر و غیر معطر را به کمک بینی الکترونیکی و شبکه های عصبی مصنوعی انجام دادند. نتایج بدست آمده درستی بیشتر از 80% را برای دسته بندی بر مبنای رایحه نشان داد. Luo و همکاران (1997) روشهای آماری و شـبکه ی عصـبی را برای دسته بندی دانه های غلات با استفاده از بینایی ماشین مقایسه کردند. مقایسه در دسته بندی دانه های سالم و 6 گروه دانه ی آسیب دیده ی گندم CWRS انجـام شـد و دو روش نتـایج مشـابهی را در دسته بندی نشان دادند. Marini و همکاران (2008)، 6 واریته گندم ایتالیایی را با استفاده از شبکه های عصـبی مصـنوعی دسـته بنـدی کردند. از دو شبکه ی عصبی MLF-NN و CP-NN استفاده شـد، CP-NN نتیجه ی بهتری را نشان داد. Mousavi Rad و همکـاران (2011) دسته بندی ارقام برنج را با استفاده از ویژگی هـای بـافتی و رنگـی و شـبکه هـای عصـبی BP انجـام دادنـد. پـس از اسـتخراج ویژگیهای دانه ها، 22 ویژگی که بیشترین تـأثیر را در دسـته بنـدی داشتند توسط روشهای آماری انتخاب شدند و از شبکه عصـبی پـس انتشار برای دسته بندی ارقام استفاده شد. آنان درستی بالای 96/67% را برای دسته بنـدی بدسـت آوردنـد. Paliwal و همکـاران (2001)، برای دسته بندی دانه های غلات با استفاده از ویژگیهـای شـکلی از شبکه های عصبی استفاده کردند. درستی دسـته بنـدی 9 شـبکه ی عصبی مختلف ارزیابی شد تا 5 نوع غله ی مختلـف را دسـته بنـدی کنند. برای هر دانه 8 ویژگی شکلی مسـاحت، محـیط، طـول محـور بزرگ، طول محور کوچک، کشیدگی، گردی، قطر فـرت و فشـردگی استخراج شدند و به عنوان ورودی شبکه عصبی در نظر گرفته شدند. بهترین نتایج با یک شبکه ی عصبی پس انتشار 4 لایه بدست آمد. درستی دسته بندی برای گندم HRS و گندم CWAD و یولاف 97% و بـرای جـو و چـاودار 88% بـود. Pazoki و همکـاران (2011) از شبکه های عصبی مصنوعی برای شناسایی ارقام گندم دیـم اسـتفاده کردند. 6 ویژگی رنگی، 11 ویژگی شکلی و 4 فـاکتور شـکلی (کـه ترکیبی از ویژگیهای شـکلی هسـتند) از تصـاویر اسـتخراج شـدند. از شبکه ی عصبی MLP که 21 نرون در لایه ی ورودی، 6 نـرون در لایه ی خروجی و 2 لایه ی مخفی داشت استفاده شد. سرانجام دقت متوسط 86/48% بدست آمد و بعد از انتخاب ویژگی ها این عـدد بـه 87/22% افزایش یافت. بررسی منابع صورت گرفته نشان می دهد که تلفیق پردازش تصویر و شبکه عصبی ابزاری مناسب برای شناسـایی، تشخیص و تفکیک دانه های مختلف غلات و همینطور ارقام مختلف از یک محصول خاص مثل برنج می باشد که می تـوان از آن بـرای نیل به اهداف مختلف بهره جست.

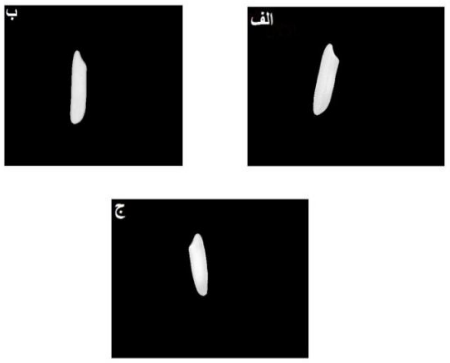
هدف این تحقیق توسعه روشی برای شناسایی ارقام برنج موجـود در توده های مخلوط، از طریق بررسی تصاویر گرفته شده از آن است تا به عنوان ابزاری برای پایش تقلب های خواسته یا ناخواسته در بازار عرضه مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

نمونه ها و سیستم تصویربرداری

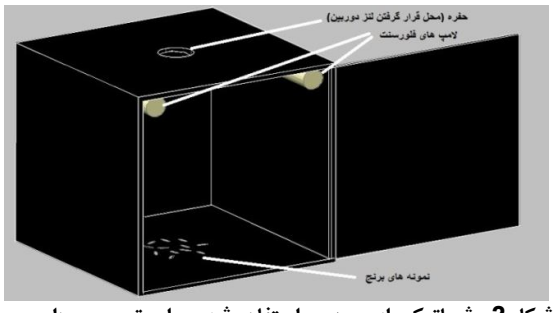
در این مطالعه سه رقم مهم برنج ایرانی (طـارم (محلـی)، فجـر، شیرودی) بررسی شدند. نمونه ها از شهر ساری در شمال ایران تهیـه شدند. همچنین کلیه ی نمونه های مربوط به هر رقم، از یک مزرعه ی خاص بودند و پس از شالیکوبی هر رقم، از قسمت میانی محصول اخذ شده از کارخانه ی شالیکوبی به صورت تصادفی نمونه گیری شد تا از عدم تداخل هر رقم با ارقام دیگر اطمینان حاصل شـود. تصـاویر همه ی ارقام از فاصله ی ثابت و تحت شرایط نورپردازی یکسان، در

حالی که همه نمونه‌ها رطوبت یکسانی داشتند تهیه شد. از هر یک از ارقام سه گانه، 222 تصویر گرفته شد. دوربین مورد استفاده مدل SONY DSC-H1 بوده و در هنگام تصویربرداری از بزرگنمایی 4X استفاده شده است تا نمونه ها میدان دید دوربین را تحت پوشش قرار دهند. تصاویر نمونه ها از میان توده های مخلوط (ولی با دانه های جداگانه) تهیه شدند. نمونه ای از تصاویر ارقام مورد مطالعه در شکل 1 نشان داده شده است.



شکل 1- تصاویر سه رقم برنج: الف) فجر ب) شیرودی ج) طارم

یک جعبه مکعبی شکل برای تصویر برداری استفاده شد که داخل آن کاملاً سیاه رنگ بود و درب آن در هنگام تصویر برداری بسته می شد تا از انعکاس نور در داخل آن و ایجاد سایه جلوگیری شود. همچنین دو لامپ فلورسنت میله ای شکل در دو طرف جعبه و در مجاورت سقف جعبه نصب شد. در قسمت وسط سقف نیز سوراخی وجود داشت که لنز دوربین در روی آن قرار می گرفت و به این ترتیب تصویر برداری بدون هر گونه تداخل نوری از خارج انجام شد. شماتیکی از سیستم تصویر برداری استفاده شده در شکل 2 نشان داده شده است (محبی و همکاران، 1385؛ سیگاری و همکاران،1387).



شکل 2- شماتیکی از جعبه ی استفاده شده برای تصویر برداری

پیش پردازش تصویر

هدف از پیش پردازش، بهبود تصویر به گونه ای است که ضمن کاهش خرابیهای ناخواسته آن، برخی ویژگی های تصویر که برای پردازش های بعدی مهم هستند را پررنگ تر نماید. حذف نویز یکی از مراحل پیش پردازش تصویر می باشد. تصاویری که توسط دوربینهای CCD گرفته می شود ممکن است دارای انواع نویز باشند. در این مطالعه پس از تصویر برداری پس زمینه کاملاً یکنواخت نبود و نقاط سفید رنگی در پس زمینه دیده می شد که به دلیل سفید بودن رنگ دانه های برنج، در آستانه یابی برای قطعه بندی تصویر ایجاد مشکل می نمود. بنابراین قبل از دودویی کردن[1] تصاویر، یک فیلتر میانگین روی تصاویر اعمال شد و بدین ترتیب پس زمینه تصاویر یکنواخت تر شدند. سپس تصاویر قطعه بندی شدند و به پیکسل های متناظر پس زمینه مقدار صفر و به پیکسل های نمونه مقدار یک اختصاص داده شد. در نتیجه پس زمینه و دانه ها به طور یک دست و یکنواخت و به ترتیب به رنگ سیاه و سفید نشان داده شدند. پس از آن تصاویر برچسب گذاری شدند و به هر دانه یک برچسب اختصاص داده شد تا هر دانه از دانه های دیگر قابل شناسایی باشد (سبحانی پور، 1390).

استخراج ویژگی ها

در این تحقیق ویژگی های شکلی نمونه ها از تصاویر استخراج و استفاده شدند، زیرا که شکل یکی از معمول ترین معیار های سنجش اشیا است. در بررسی ویژگیهای شکلی عموماً خصوصیات هندسی اشیا در تصویر مورد ارزیابی و مقایسه قرار می گیرند (سبحانی پور، 1390). برای استخراج این ویژگیها الگوریتم هایی در نرم افزار متلب[2] (ویرایش 7/7) نوشته شد.

در مجموع بر اساس مطالعات و تحقیقات قبلی صورت گرفته که متکی بر ویژگی های شکلی هستند(Maheshwari *et al*, 2012; Verma, 2010; Paliwal *et al*, 2001؛ سبحانی پور، 1390)، 17 ویژگی اندازه گیری شد که عبارتند از: مساحت (با استفاده از تصویر باینری به دست آمده و با شمارش تعداد پیکسل های ناحیه مورد نظر به کمک شمارنده های موجود می توان به مساحت جسم مورد نظر در آن نما از تصویر دست یافت)، فاصله از مرکز[3] (فاصله از مرکز یک بیضی برابر با نسبت فاصله ی بین مراکز بیضی به طول محور اصلی آن می باشد)، وسعت[4] (برابر است با نسبت تعداد پیکسل های یک ناحیه به تعداد پیکسل های کوچکترین مستطیل محیطی در بر گیرنده ی آن)، استواری[5] (یک عدد برابر با نسبت پیکسل های ناحیه به تعداد پیکسل های چند ضلعی محدب در برگیرنده ی ناحیه

1- Binarization
2 -Matlab
3 -Eccentricity
4 -Extent
5 -Solidity

می باشد)، قطر (بیشترین فاصله بین هر دو پیکسل در ناحیه ی متناظر می باشد)، طول محور بزرگ (برابر با طول کوچک ترین مستطیل محاط بر ناحیه ی متناظر است)، طول محور کوچک (برابر با عرض کوچکترین مستطیل محاط برناحیه ی متناظر است به طوری که محور کوچک و بزرگ بر هم عمود هستند)، گردی[1] (یکی از مشخصه های تعریف شکل است که بیانگر میزان زاویه دار بودن یا تیزی یک جسم جامد است و از تقسیم بزرگترین سطح مقطع جسم به مساحت کوچکترین دایره ی محیطی جسم بدست می آید)، قطر فرت[2] (عددی که بیانگر قطر یک دایره با تعداد پیکسل های برابر با ناحیه ی مورد نظر می باشد)، محیط (با شمارش تعداد پیکسل های مرزی در لبه استخراج شده می توان به محیط دست یافت)، نسبت رعنایی[3] (نسبت طول محور بزرگ شکل به طول محور کوچک).

شش ویژگی بعدی مربوط به 6 ممان آماری اولیه مربوط به مرز ناحیه می باشد که برای محاسبه ممان n ام، ابتدا ناحیه ی مرزی g(r) نرمال سازی می شود و سپس با آن به عنوان یک هیستوگرام برخورد می شود. به عبارت دیگر $g(r_i)$ به عنوان احتمال وقوع r_i ارزیابی می شود. در اینجا r یک متغیر تصادفی بوده و K تعداد نقاط مرزی می باشد و ممان ها از رابطه ی زیر محاسبه می شوند (گنزالس و همکاران، 2009) :

$$\mu_n = \sum_{i=0}^{K-1} (r_i - m)^n g(r_i) \qquad (1)$$

$$m = \sum_{i=0}^{K-1} r_i g(r_i) \qquad (2)$$

انتخاب ویژگی ها

هدف از مرحله انتخاب ویژگی، استخراج زیر مجموعه ای از مقادیر است که بتواند برای تمایز بین ارقام مختلف برنج به کار رود. ویژگی های زیاد علاوه بر افزایش زمان طبقه بندی، ممکن است منجر به دسته بندی اشتباه به دلیل استفاده از ویژگی های نامربوط یا اضافی شود. بنابراین، کاهش تعداد ویژگی‌ها و انتخاب تعدادی از آنها از مجموعه اولیه ضروری به‌نظر می‌رسد. روش های ضریب فیشر[4] (FC) و آنالیز اجزای اصلی[5] (PCA) و ترکیبی از این دو روش (FC-PCA) برای انتخاب ویژگی های دارای بیشترین نقش در شناسایی و تفکیک ارقام استفاده شدند.

روش ضریب فیشر یک ترکیب خطی از متغیر ها را پیدا می کند تا بتواند دو کلاس را هر چه بهتر توسط یک خط از هم جدا کند. معیاری که توسط فیشر ارائه شده است نسبت واریانس درون کلاسی به واریانس بین کلاسی است (سبحانی پور و همکاران، 1390).

PCA روشی برای تبدیل داده هاست. ایده ی اصلی آن، یافتن جهت ها یا محور هایی است که در روی این محور ها بردار های ویژه ی ماتریس همبستگی داده ها حداکثر هستند و سپس یافتن تصویر داده ها روی این محور ها (اجزای اصلی) و سرانجام نمایش داده ها با تعداد کمی از اجزای اصلی که متناظر با مقادیر ویژه ی بزرگتری هستند می باشد (Vakil-Baghmisheh, 2002).

روش ضریب فیشر با استفاده از دستور FISHER FILTERING در نرم افزار TANAGRA ویرایش 1/4/45 انجام شد. 17 ویژگی انتخاب شده توسط این روش ارزیابی و به ترتیب زیر رتبه بندی شدند:

1-ممان اول 2-ممان دوم 3- قطر فرت 4-محیط 5- ممان پنجم 6- ممان ششم 7- ممان سوم 8- ممان چهارم 9-گردی 10- فاصله از مرکز 11- وسعت 12- مساحت 13- نسبت رعنایی 14- طول محور بزرگ 15- طول محور کوچک 16- استواری 17- قطر

روش PCA نیز در نرم افزار مطلب ویرایش 7/7 انجام شد.

شناسایی ارقام

برای شناسایی ارقام برنج در نمونه های مخلوط و طبقه بندی آنها در سه کلاس مختلف از شبکه ی عصبی LVQ4[6] استفاده شد.

پیش پردازش داده ها

در ابتدا داده های موجود بطور تصادفی به دو دسته مجموعه آموزش 80 درصد کل داده ها و مجموعه آزمایش 20 درصد کل داده ها تقسیم بندی شدند. البته اگر این تقسیم بندی منجر به نتایج مطلوب نشود، می توان این مرحله را مجددا تکرار کرد (Zhang *et al*, 1998). قبل از بکارگیری داده های خام اولیه در آموزش و آزمایش، شبکه باید نرمالیزه شود، در غیر اینصورت شبکه در طول فاز آموزش همگرا نشده و نتایج مطلوب تولید نخواهد شد (Azadeh *et al*, 2006). برای تبدیل داده ها از نرمالیزاسیون خطی به صورت زیر استفاده شد:

$$x_n = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \times (r_{\max} - r_{\min}) + r_{\min} \qquad (3)$$

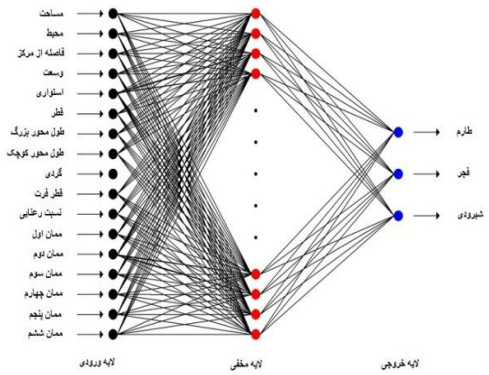
در اینجا x داده خام اولیه، x_n داده نرمالیزه شده، $x_{\max}$ و $x_{\min}$ به ترتیب مقادیر بیشینه و کمینه داده های اولیه و $r_{\max}$ و $r_{\min}$ به ترتیب حد بالایی و پایینی دامنه تغییرات داده های تبدیل شده است.

1 -Roundness
2 -Feret Diameter
3 -Aspect Ratio
4 -Fisher's Coefficient
5 -Principal Component Analysis
6-Learning Vector Quantization

شبکه عصبی LVQ

نحوه ی کار شبکه عصبی LVQ بر اساس تقسیم فضای ورودی R^n به تعدادی منطقه های متمایز از هم با نام ناحیه هـای تصـمیم گیری[1] و اختصاص یک بردار کد[2] به هر یک از آنها است. طبقه بندی بر حسب نزدیکی بردار ورودی x به بردارهای کد انجـام مـی شـود. بردار ورودی متعلق بـه کـلاس نزدیکتـرین بـردار کـد خواهـد شـد. الگوریتم تا وقتیکه ناحیه های تصمیم گیری و مرکز های آنها ثابـت نشود ادامه خواهد یافت. در حال حاضـر 6 نسـخه الگـوریتم آمـوزش LVQ وجـود دارد: LVQ1، LVQ2.1، LVQ3، OLVQ، CLVQ (Kohonen, 1995 ؛ Kohonen, 1990) و LVQ4 (Vakil-Vakil-Baghmisheh, 2002 ؛ Baghmisheh *et al*, 2003). از الگوریتم آموزش LVQ4 به جهت بالا بودن کارآیی آن استفاده شـد (روحانی و همکاران، 1390).

ساختار شبکه عصبی LVQ استفاده شده به منظور طبقـه بنـدی ارقام برنج در شکل 3 نشـان داده شـده اسـت. ورودی هـای شـبکه ویژگی های استخراج شده از ارقام برنج می باشند و خروجـی شـبکه بردار کدی است که نزدیکتـرین فاصـله اقلیدسـی را بـا ورودی دارد. برچسـب بـردار کـد تعیـین کننـده کـلاس بـردار ورودی اسـت. برنامه نویسی مدل های شبکه عصبی در محیط نرم افزار متلب نسخه 7/7 انجام شد.



شکل 3: ساختار شبکه LVQ استفاده شده برای شناسایی سه رقم برنج طارم، شیرودی و فجر در نمونه مخلوط بر اساس ویژگیهای شکلی معرفی شده در لایه ورودی.

نتایج و بحث

نتیجه حاصل از مقایسه های آماری در سطح احتمـال 5 درصـد بین ویژگی‌های استخراج شده از سه رقم برنج مورد مطالعه نشان داد که رقم شیرودی و طارم بیشترین تفاوت را با یکـدیگر داشـتند زیـرا تمام ویژگی‌های آنها بجز طول محور کوچک با یکدیگر اختلاف معنی داری داشتند بنابراین این دو رقم قابلیت تفکیک خوبی دارند. اما تنها تعداد 9 پارامتر در مقایسه رقم‌های فجـر- طـارم و فجـر- شـیرودی معنی‌دار شدند که این امر تفکیک آن ها را می‌تواند همراه بـا اشـتباه نماید. نتایج حاصل از آموزش و آزمایش شـبکه عصـبی LVQ4 بـه کمک روش PCA برای هر رقم در جدول 1 ارائه شده اسـت. نتـایج مندرج در این جدول مبین مقایسات آماری بین ویژگیهای ارقام فجر، شیروی و طارم است. رقم شیرودی به جهت داشتن ویژگیهای شکلی متفاوت نسبت به دو رقم فجر و طارم باعث شده در مرحله آموزش به خوبی و با خطای 1/11 درصد از دو رقم دیگر تفکیک گردد. رقم فجر و طارم نیز به جهت آنکه نصف ویژگی های آنها با یکدیگر اخـتلاف معنی‌دار نداشتند لذا خطای تفکیک بالاتری نسبت به رقـم شـیرودی حاصل شد. بالا بودن خطا در مرحله آزمایش نیز نشان می‌دهد که دا ده ها برای شبکه عصبی آموزش دیده کاملا تازگی دارند و از طـرف دیگر در این مرحله هدف نشان دادن قدرت یادگیری شـبکه اسـت و هنوز شبکه عصبی به طور کامل بهینه نشده است.

جدول 1- مقادیر درصد خطا و دقت شناسایی سه رقم برنج در دو مرحله آموزش و آزمایش شبکه عصبی

رقم	مرحله آموزش		مرحله آزمایش	
	خطا	دقت	خطا	دقت
فجر	5/59	94/41	27/91	72/09
شیرودی	1/11	98/89	28/57	71/43
طارم	4/02	95/98	16/67	83/33

جدول 2 مقادیر خطا را برای مرحله آمـوزش شـبکه عصـبی بـر حسب درصد انتخاب تعداد ویژگیهای رتبـه بنـدی شـده توسـط FC نشان می دهد. همانطور کـه ملاحظـه مـی‌شـود بـا افـزایش تعـداد ویژگی ها مقادیر خطای یادگیری کاهش مـی یابـد. مقـادیر خطـای آموزش با انتخاب 80 درصد در مقایسه با انتخاب 20 درصد به ترتیب برای رقم فجر، شیرودی و طارم حدوداً 73، 83 و 86 درصد کـاهش پیدا کرده است. بهترین مقادیر خطا نیز با انتخاب 90 درصد از ویژگیها یعنی 15 ویژگی حاصل شده است. بنابراین به کـارگیری دو ویژگـی دیگر یعنی استواری و قطر باعث افزایش خطا می شود. نتایج طبقـه بندی سه رقم برنج بر اساس روش طبقه‌بندی ویژگی‌ها توسط روش فیشر (FC)، تحلیل عناصـر اصـلی(PCA) و ترکیـب FC-PCA بـه کمک شبکه عصبی LVQ4 در 50 تکـرار از الگـوریتم آمـوزش و بـا تعداد بردارهای کد به اندازه 50 درصد از تعداد عضوهای هر کلاس در جدول 3 آمده است. در روش طبقه‌بندی ویژگی بـه کمـک FC از 9 ویژگی اول در طبقه بندی استفاده شده اسـت و در روش FC-PCA

1 -Decision Regions (Voronoi Cells)
2 -Codebook (Voronoi) Vector

ابتدا 9 ویژگی توسط روش FC انتخاب و سپس به روش PCA آنها به 4 ویژگی ترکیب و کاهش داده شدند. به کارگیری روش تحلیل عناصر اصلی تعداد ویژگی ها را از 17 ویژگی به 6 ویژگی کاهش داد، البته این 6 ویژگی ترکیب خطی از 17 ویژگی اولیه و بدون همبستگی می‌باشند. نتایج جدول 3 نشان می‌دهد که روش PCA نسبت به دو روش دیگر یعنی FC و FC-PCA منجر به خطای کمتری در مرحله آموزش و آزمایش LVQ4 شده است زیرا روش PCA از اطلاعات تمام ویژگی ها استفاده می‌کند در حالیکه دو روش دیگر تنها از اطلاعات تعدادی از ویژگی های انتخاب شده استفاده می کنند.

جدول 2- مقادیر درصد خطای شناسایی سه رقم برنج به کمک 100 -20 درصد از ویژگیهای انتخابی توسط FC

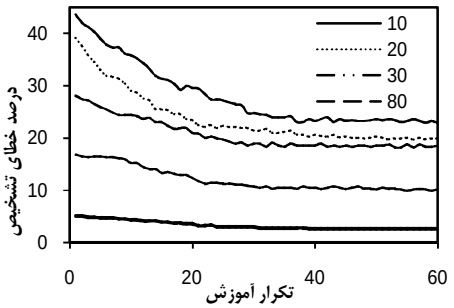
	درصد انتخاب	۲۰	٤٠	٦٠	۸۰	۹۰	۱۰۰
	تعداد ویژگی	۳	۷	۱۰	١٤	۱۵	۱۷
رقم	فجر	۱۳/۷۲	۹/۸۴	۵/۶۲	۳/۴۵	۳/۳۷	۳/۹۵
	شیرودی	۶/۶۳	۴/۶۰	۲/۳۳	۱/۱۰	۱/۱۰	۱/۱۳
	طارم	۱۳/۲۹	۲/۸۴	۱/۱۴	۱/۶۹	۰/۰۰	۰/۵۷

جدول 3- مقادیر درصد خطا و دقت طبقه بندی LVQ4 به کمک سه روش PCA و FC و FC-PCA

	PCA		FC		FC-PCA	
	خطا	دقت	خطا	دقت	خطا	دقت
مرحله آموزش	۳/۱۵	۹۶/۸۵	۱/۵۰	۹۸/۵۰	۳/۳۸	۹۶/۶۲
مرحله آزمایش	۱۶/۶۷	۸۳/۳۳	۲۱/۸۰	۷۸/۲۰	۲۷/۰۷	۷۲/۸۳

جدول 4 مقادیر درصد دقت و خطا در دو مرحله آموزش و آزمایش شبکه عصبی LVQ4 به کمک پنج الگوریتم a1، a2، a3، a4 و c (Vakil-Baghmisheh *et al*, 2003) را نشان می‌دهد. با تنظیمات یکسان برای همه الگوریتم‌ها نتایج این جدول نشان می‌دهد که LVQ4a2 می‌تواند بهترین گزینه جهت شناسایی ارقام برنج مورد مطالعه باشد. اگرچه الگوریتم LVQ4a3 نیز دارای دقت طبقه‌بندی تقریباً نزدیک به LVQ4a2 می‌باشد ولی چون دقت آن در مرحله آزمایش کمتر است نمی تواند الگوریتم مناسبی برای این کاربرد خاص باشد.

شکل 4 نمودار همگرایی شبکه عصبی LVQ4a2 را به ازای مقادیر درصد انتخاب بردارهای کد از فضای ورودی نشان می‌دهد. نتایج این شکل نشان داد که هر چقدر درصد انتخاب بردارهای کد از فضای نمونه‌های ورودی بیشتر باشد دقت شناسایی افزایش و خطای آن کاهش می‌یابد. این در حالی است که تعداد تکرارهای آموزش نیز کمتر می شود لذا زمان آموزش کاهش می‌یابد. بنابراین در این مطالعه مقدار 95 درصد به عنوان انتخاب تعداد بردارهای کد از فضای نمونه ورودی انتخاب گردید.

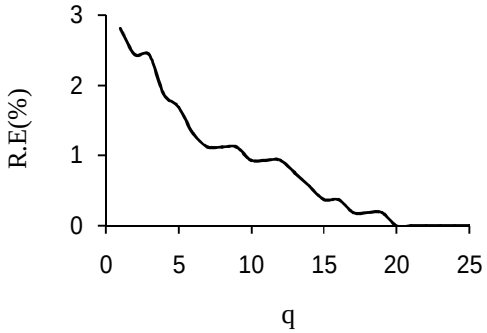


شکل4- نمودار همگرایی شبکه عصبی بر حسب افزایش درصد تعداد بردارهای کد

شکل 5 نمودار همگرایی شبکه را پس از پیدا کردن مقادیر بهینه پارامترهای شبکه از طریق آزمون و خطا نشان می دهد. همانطور که دیده می‌شود شبکه عصبی پس از 20 تکرار مجموعه داده‌های آموزش را به طور کامل یادگرفته و مقدار خطا به صفر رسیده است، یعنی شبکه عصبی LVQ4a2 به طور کامل توانسته است سه رقم برنج فجر، طارم و شیرودی را بر اساس ویژگیهای شکل از یکدیگر تشخیص و تفکیک نمایید. بنابراین مرحله آموزش شبکه عصبی به اتمام می‌رسد.

جدول 4- مقادیر درصد خطا و دقت طبقه‌بندی انواع الگوریتم‌های LVQ4 به کمک روش FC-PCA

		LVQ4a1	LVQ4a2	LVQ4a3	LVQ4a4	LVQ4c
آموزش	دقت	۸۵/۳۷	۹۸/۵۰	۹۶/۶۲	۸۹/۴۹	۸۲/۹۳
	خطا	۱۴/۶۳	۱/۵۰	۳/۳۸	۱۰/۵۱	۱۷/۰۷
آزمایش	دقت	۷۴/۴۴	۷۷/۴۴	۷۲/۸۳	۷۷/۴۴	۶۴/۶۶
	خطا	۲۵/۵۶	۲۲/۵۶	۲۷/۰۷	۲۲/۵۶	۳۵/۳۳



شکل 5- نمودار همگرایی شبکه عصبی LVQ4a2، q تعداد تکرار آموزش و R.E مقدار درصد خطای طبقه بندی

جدول 5 مقادیر درصد خطا و دقت شناسایی هر سه رقم برنج فجر، شیرودی و طارم را در دو مرحله آموزش و آزمایش شبکه عصبی نشان میدهد. چون خطاهای شناسایی در مرحله آزمایش کم میباشد لذا پارامترهای شبکه به خوبی بهینه شده اند.

مقدار خطای شبکه در مجموع برابر با 0/3 درصد شد یا به عبارت دیگر شبکه عصبی آموزش دیده توانسته است با دقت 99/70 درصد سه رقم برنج مذکور را جداسازی نماید.

جدول 5- مقادیر درصد خطا و دقت طبقه بندی سه رقم برنج

رقم	آموزش		آزمایش	
	دقت	خطا	دقت	خطا
فجر	100	0/00	98/87	2/13
شیرودی	100	0/00	100	0/00
طارم	100	0/00	100	0/00

جدول 6 مقادیر درصد دقت و خطا شناسایی ارقام در توده های مخلوط 2 رقم را نشان می دهند. به دلیل اینکه تنها 9 ویژگی از ارقام فجر و طارم با یکدیگر تفاوت معنی داری داشتند، بنابراین شناسایی این دو رقم با خطای بیشتری همراه است. اما رقم شیرودی به دلیل داشتن ویژگی های شکلی متفاوت از دو رقم دیگر، جداسازی آن نیز در ارقام مخلوط با دقت بیشتری همراه بوده است.با مقایسه نتایج بدست آمده در این تحقیق با نتایج مطالعات پیشین (Liu *et al*, 2010 ؛ Verma, 2010 ؛ Wu *et al*, 2005) دیده می شود که روش استفاده شده در این تحقیق دقت دسته بندی بالاتری داشته است

جدول 6- مقادیر درصد خطا و دقت طبقه بندی توده های مخلوط دو رقم

		دقت			خطا		
	رقم	طارم	فجر	شیرودی	طارم	فجر	شیرودی
آموزش	طارم		۱۰۰ *	۱۰۰		۰/۰۰	۰/۰۰
	فجر	۱۰۰	–	۱۰۰	۰/۰۰	–	۰/۰۰
	شیرودی	۱۰۰	۱۰۰	–	۰/۰۰	۰/۰۰	–
		دقت			خطا		
	رقم	طارم	فجر	شیرودی	طارم	فجر	شیرودی
آزمایش	طارم	–	۹۵/۷۴	۱۰۰	–	۴/۲۶	۰/۰۰
	فجر	۹۷/۶۲	–	۱۰۰	۲/۳۸	–	۰/۰۰
	شیرودی	۱۰۰	۱۰۰	–	۰/۰۰	۰/۰۰	–

* اعداد مربوط به دقت و خطای شناسایی رقم قرار گرفته در هر سطر از رقم قرار گرفته در هر ستون می باشند.

نتیجه گیری

این تحقیق نشان داد که تکنیک های پردازش تصویر می توانند با تکنیک های طبقه بندی توسط شبکه های عصبی مصنوعی ترکیب شوند تا دانه های برنج را در نمونه های مخلوط شناسایی و طبقه بندی کنند. روش استفاده شده توانست سه رقم فجر، شیرودی و طارم را با دقت 98/87، 100 و 100% ، دو رقم فجر و شیرودی را با دقت 100 و 100%، دو رقم طارم و شیرودی را با دقت 100 و 100% و دو رقم فجر و طارم را با دقت 97/62 و 95/74 به ترتیب شناسایی کند. پایین بودن نسبی دقت شناسایی رقم فجر نسبت به دو رقم دیگر نیز به دلیل مشابهت زیاد این رقم با دو رقم دیگر از نظر شکل ظاهری می باشد.

منابع

بی نام، 1391، سایت سیر نیوز، www.seirnews.com [1391/11/24].

روحانی، ع. و مکاریان، ح.، 1390، تهیه نقشه های مدیریتی علف هرز با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی با هدف کاربرد در کشاورزی دقیق، نشریه ی ماشین های کشاورزی، (2)1، 74-83.

سبحانی پور، س.ر.، 1390، تشخیص عیوب سطحی عناب و طبقه بندی آن به کمک پردازش تصویر، پایان نامه ی کارشناسی ارشد، دانشکده ی کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

سیگاری، م.ح.، سیگاری، ح. و مزینی، ن.، 1387، تخمین مدت زمان خشک شدن مواد غذایی با استفاده از بینایی کامپیوتر و شبکه عصبی (مطالعه موردی کدوحلوایی)، مجموعه مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون، 6 تا 7 شهریور، مشهد.

گنزالس، ر.، وودز، ر. و ادینز، ا.، مترجم کیا، س.م.، 2009، پردازش تصاویر دیجیتال در MATLAB، نشر کیان، تهران، صفحات 500 -499.

محبی، م.، اکبر زاده توتونچی، م.ر.، شهیدی، ف. و پورشهابی، م.ر.، 1385، بررسی امکان کاربرد بینایی ماشین و شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی میزان رطوبت میگوی خشک شده، مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ماشین بینایی و پردازش تصویر ایران، 26-25 بهمن، مشهد.

Azadeh, A., Ghaderi, S.F. & Sohrabkhani, S., 2006, Forecasting electrical consumption by integration of Neural Network, time series and ANOVA. Applied Mathematics and Computation, 186, 1753-1761.

Douik, A. & Abdellaoui, M., 2008, Cereal varieties classification using wavelet techniques combined to multi-layer neural networks, In: 16th Mediterranean Conference on Control and Automation, 25-27 June, 1822-1827.

Jana, A., Bandyopadhyay, R., Tudu, B., Roy, J.K., Bhattacharyya, N., Adhikari, B., Kundu, C. & Mukherjee, S., 2011, Classification of aromatic and non-aromatic rice using electronic nose and artificial neural network, In: Recent Advances in Intelligent Computational Systems (RAICS), 22 – 24 September, Trivandrum, India, 291-294.

Kohonen, T., 1990, The Self-Organizing Map. Proceedings of IEEE, 78(9), 1464-1480.

Kohonen,T., 1995, Self-Organizing Map, Spriger-Verlag, Berlin, Heidelberg.

Liu, Y., Ouyang, A., Wu, J. & Ying, Y., 2010, An automatic method for identifying different variety of rice seeds using machine vision technology, In: Sixth International Conference on Natural Computation (ICNC), 10-12 August, Yantai, Shandong, China.

Luo, X., Jayas, D.S. & Bulley, N.R., 1997, Comparison of statistical and neural network methods for classification of cereal grains using machine vision. Transactions of the ASABE, 42(2): 413-419 .

Maheshwari, C.V., Jain, K.R. & Modi, C.K., 2012, Non-destructive quality analysis of Indian Basmati Oryza sativa SSP indica (Rice) using image processing, In: International Conference on Communication Systems and Network Technologies (CSNT), 10-14 May, Rajkot, India, 189-193.

Marini, F., Bucci, R., Magrì, A.L., Magrì, A.D., Acquistucci, R. & Francisci, R., 2008, Classification of 6 durum wheat cultivars from Sicily (Italy) using artificial neural networks. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 90(1), 1-7.

Mousavi Rad, S.J., Tab, F.A. & Mollazade, K., 2011, Classification of rice varieties using optimal color and texture features and BP neural networks, In: 7th Iranian Machine Vision and Image Processing (MVIP), 16-17 November 2011, Tehran.

Paliwal, J., Visen, N.S. & Jayas, D.S., 2001, Evaluation of neural network architectures for cereal grain classification using morphological features. Journal of Agricultural Engineering Research, 79(4), 361-370.

Pazoki, A. & Pazoki, Z., 2011, Classification system for rain fed wheat grain cultivars using artificial neural network. African Journal of Biotechnology, 10(41), 8031-8038.

Verma, B., 2010, Image processing techniques for grading & classification of rice, In: International Conference on Computer and communication Technology, 17-19 september, Dept. of ECE, Lovely Prof. Univ. Phagwara, Phagwara, India, 220-223.

Vakil-Baghmisheh, M.T., 2002, Farsi Character Recognition Using Artificial Neural Networks, PhD Thesis, Faculty of Electrical Engineering, University of Ljubljana.

Vakil-Baghmisheh, M.T., & Pavešic, N., 2003, Premature clustering phenomenon and new training algorithms for LVQ. Pattern recognition, 36,1901-1921.

Wu, J.H., Liu, Y.D. & Ouyang, A.G., 2005, Research on real time identification of seed variety by machine vision technology. Chinese Journal of Sensors and Actuators, 18(4), 742-744.

Zhang, Y.F. & Fuh, J.Y.H., 1998, A neural network approach for early cost estimation of packaging products. Computers & Industrial Engineering, 34, 433-450.