

شناسایی و تفکیک سه رقم برنج ایرانی در توده های مخلوط شده با استفاده از ویژگی های بافتی و شبکه عصبی LVQ

سعیده فیاضی^{1*}، محمد حسین عباسپور فرد²، سید امیر حسن منجمی³، حسن صدرنیا⁴ و عباس روحانی⁵

تاریخ دریافت: 91/11/30 تاریخ پذیرش: 92/6/18

- 1- گروه مهندسی ماشین های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
- 2- گروه مهندسی ماشین های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
- 3- گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده مهندسی، دانشگاه اصفهان
- 4- گروه مهندسی ماشین های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
- 5- گروه مهندسی ماشین های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

*مستول مکاتبه E-mail:Fayyazi_s@yahoo.com

چکیده

با توجه به ارزش اقتصادی متفاوت ارقام برنج، گزارشات نشان دهنده این هستند که احتمال اختلاط ارقام مختلف در بازار وجود دارد. استفاده از تکنیک های پردازش تصویر و ابزارهای هوش مصنوعی برای طبقه بندی ارقام برنج، روشی است که می تواند دقت فرآیند طبقه بندی را در کاربردهای واقعی افزایش دهد. در این مطالعه چند گروه ویژگی بافتی از تصاویر دانه ها بررسی شدند تا کارایی آنها در شناسایی سه رقم برنج ایرانی (طارم، فجر، شیرودی) در نمونه های مخلوط این سه رقم ارزیابی شود. در مجموع 666 تصویر از دانه های برنج (222 تصویر از هر واریته) در شرایط نورپردازی ثابت گرفته شد و 41 ویژگی بافتی از ماتریس های سطوح خاکستری، هم وقوعی و الگوی دودویی محلی مربوط به تصاویر مقیاس خاکستری دانه ها استخراج شد. روش های ضریب فیشر، تحلیل اجزای اصلی، و ترکیبی از این دو روش برای انتخاب ویژگی های با تأثیر دسته بندی بالا به کار برده شدند. برای دسته بندی نمونه های برنج در سه دسته مختلف از شبکه ی عصبی LVQ4 استفاده شد. دقت دسته بندی LVQ4، به ترتیب برای سه رقم فجر، شیرودی و طارم با استفاده از ویژگی های ماتریس سطوح خاکستری 97/96، 100 و 97/83 درصد، ماتریس هم وقوعی 96/23، 100 و 100 درصد، ماتریس الگوی دودویی محلی 100، 97/50 و 100 درصد، و با استفاده از کلیه ی ویژگی های ماتریس ها 100، 97/67 و 100 درصد بود. این نتایج نشان می دهند که پردازش تصویر ابزاری مناسبی برای شناسایی ارقام مختلف برنج است. اگر چه استفاده از کلیه ی ویژگی ها منجر به خطای دسته بندی کمتری شده است، ولی ویژگی های بافتی هر یک از ماتریس های تصویر نیز به تنهایی دقت مطلوبی در تفکیک ارقام مورد مطالعه داشتند.

واژه های کلیدی: برنج، پردازش تصویر، شبکه عصبی، ویژگی های بافتی

مقدمه

همچنین به دلیل وجود گزارشاتی مبنی بر مخلوط کردن ارقام پر محصول (با ارزش اقتصادی کمتر) با ارقام گران قیمت و با کیفیت و فروش آنها در بازار به قیمت گران، استفاده از روشی که بتواند در مخلوط هایی که از دو یا چند نوع برنج هستند، نوع و درصد ارقام را مشخص کند، حائز اهمیت می باشد. علاوه بر آن ارائه توده های مخلوط بجای توده های با کیفیت خالص بتدریج این ذهنیت را در مشتریان ایجاد می کند که ارقام کم محصول با کیفیت، در حقیقت کیفیتی که اعلان می شود را ندارند؛ موضوعی که می تواند بتدریج باعث حذف ارقام با کیفیت از بازار گردد.

برنج بعنوان یکی از مهم ترین غلات، منبع اصلی غذایی در جهان بشمار می رود و قوت غالب مردم ایران پس از گندم می باشد (بی نام، 1390). به همین دلیل مطالعه در مورد جنبه های مختلف آن از اهمیت زیادی برخوردار می باشد تا اطمینان حاصل شود که محصول تولید شده کیفیت لازم را دارا می باشد و می تواند رضایت مشتری را جلب کند.

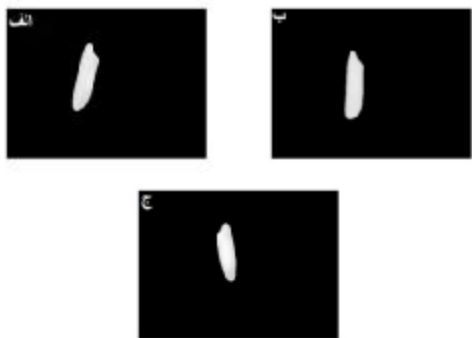
دسته بندی بالای 76/3 درصد را بدست آوردند. زاپوتوکزنی (2011) از تحلیل تصویر بر مبنای ویژگی های بافتی برای تفکیک ارقام گندم از شبکه های عصبی استفاده کرد. درستی دسته بندی 100 درصد برای 11 رقم گندم بدست آمد. پوررضا و همکاران (2012) از گروه های مختلف ویژگی بافتی برای شناسایی 9 رقم گندم ایرانی استفاده کردند و بالاترین دقت شناسایی را با استفاده از کلیه ی ویژگی های بافتی بدست آوردند. این مطالعات مبین آن است که استفاده از پردازش تصویر بر اساس ویژگی های بافتی، توانایی مطلوبی در شناسایی و تفکیک ارقام مختلف غلات از هم دارد.

هدف این تحقیق توسعه روشی برای شناسایی ارقام برنج در تصاویر گرفته شده از نمونه های ارقام مخلوط است تا بتوان به عنوان ابزاری برای شناسایی توده هایی که بصورت سهوی و یا عمدی به منظور سوء استفاده اقتصادی در بازار موجود است، استفاده نمود. به سه روش مختلف، بهترین ویژگی های بافتی تصاویر انتخاب شدند و نتایج حاصل از این سه روش از نقطه نظر دقت تفکیک، شناسایی و جداسازی در مرحله ی آزمایش شبکه عصبی با هم مقایسه گردیدند. پس از اتمام مرحله آزمایش و تعیین دقت تفکیک ارقام، می توان به اهدافی مانند درصد ارقام در هر نمونه ی مخلوط نیز با دقتی مشابه دقت بدست آمده در مرحله ی آزمایش دست یافت.

1-مواد و روش ها

1-1- نمونه ها و سامانه تصویربرداری

در این مطالعه سه رقم رایج برنج ایرانی (طارم، فجر، شیرودی) از شهر ساری در شمال ایران تهیه و مورد بررسی قرار گرفتند. تصاویر همه ی واریته ها از فاصله ی ثابت و تحت شرایط نورپردازی یکسان، در حالی که همه نمونه ها رطوبت یکسانی داشتند تهیه شد. از هر یک از ارقام سه گانه 222 تصویر گرفته شد. دوربین مورد استفاده مدل SONY DSC-H1 بود و در هنگام تصویربرداری از بزرگنمایی 4X استفاده شد تا میدان دید دوربین، نمونه ها را تحت پوشش قرار دهد. تصاویر نمونه ها از میان توده های مخلوط (اما 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

بنابراین نیاز است که ارقام مختلف برنج قبل از عرضه به بازار بازاریابی شوند تا در مورد خلوص آن ها اطمینان حاصل شود. به این منظور نیاز به تکنیک ها و روش هایی است که بتواند به شناسایی ارقام مختلف در توده های مخلوط بپردازد.

اگر چه در حال حاضر نیز امکان شناسایی توده های خالص و مخلوط از هم وجود دارد ولی با توجه به اینکه این روش ها عموماً دستی و با استفاده از نیروی انسانی صورت می گیرد، زمان بر هستند. بعلاوه چون این امور توسط افراد متخصص و با تجربه انجام می شود، بجز در موارد خاص، از نقطه نظر اقتصادی مقرون به صرفه نبوده و عمومیت دادن این روش های دستی توجیه اقتصادی ندارد. بنابراین ارائه روش های غیر دستی و نیمه خودکار که وابستگی آنها به نیروی انسانی کم باشد، می تواند در عمومیت دادن کنترل مخلوط های بازار نقش بسزایی ایفا نماید.

بررسی اجمالی مطالعات صورت گرفته بر روی تکنیک های پردازش تصویر نشان می دهند که این روش ها در ترکیب با تکنیک های طبقه بندی مانند شبکه های عصبی مصنوعی می توانند توانایی بالقوه ای را در اینگونه کاربرد ها داشته باشند.

تحلیل بافت تصویر، نسبت به اندازه گیری مستقیم شدت سطوح خاکستری، ابزار قدرتمندتری می باشد، زیرا که بافت تصویر، شامل اطلاعات آماری در حوزه ی فضایی می باشد (پارک و چن، 2001). همچنین بعضی توصیف گر های بافتی مستقل از دوران، انتقال و تجانس هستند (هارلیک و همکاران، 1973) که این امر باعث آسـان تر شدن استخراج ویژگی ها از تصاویر می شود و استفاده از الگوریتم های پیچیده را غیر ضروری می کند. از طرف دیگر، تحلیل بافت بر مبنای ویژگی های ماتریس هم وقوعی¹، یک ابزار قدرتمند برای تحلیل تصویر می باشد (پارک و چن، 2001). تاکنون تحقیقات زیادی برای شناسایی محصولات کشاورزی بر مبنای ویژگی های بافتی انجام گرفته است (پوررضا و همکاران، 2012)؛ از جمله آنها تحقیقات انجام گرفته برای شناسایی غلات می باشد که نمونه هایی از آنها در ادامه آمده است.

چن و همکاران (2009) از ویژگی های بافتی تصاویر چند طیفی برای تفکیک ارقام برنج بر مبنای گروه موجک و ماشین بردار پشتیبان² (SVM) استفاده کردند. نتایج بدست آمده توسط آنها مفید بودن این تکنیک را نشان داد. همچنین دسته بندی واریته های برنج با استفاده از ویژگی های بافتی و رنگی و شبکه های عصبی پس انتشار³ (BP) انجام شد (موسوی راد و همکاران، 1390). پس از استخراج ویژگی های دانه ها، 22 ویژگی که بیشترین تأثیر را در دسته بندی داشتند توسط روش های آماری انتخاب شدند و از یک دسته بندی کننده ی شبکه عصبی پس انتشار برای دسته بندی واریته ها استفاده شد. آنان درستی بالای 96/67 درصد را برای دسته بندی بدست آوردند.

ماجومدار و جایاس (2000) از ماشین بینایی برای دسته بندی دانه های غلات بر مبنای ویژگی های بافتی استفاده کردند و درستی

ویژگی تلقی می شود (مانیکواساگان و همکاران، 2008). در این تحقیق به دلیل صفر بودن بازه های 2 تا 14، از 12 بازه دیگر استفاده شد (HG1، HG15-25).

2-1- انتخاب ویژگی ها

از روش ضریب فیشر¹⁶ (FC) و تحلیل اجزای اصلی¹⁷ (PCA) برای انتخاب ویژگی هایی که بیشترین تأثیر را در دسته بندی و شناسایی ارقام داشتند استفاده شد.

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

PCA یک روش 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 محورها (اجزای اصلی) و سرانجام نمایش داده ها با تعداد کمی از اجزای اصلی که متناظر با مقادیر ویژه ی بزرگتری هستند (وکیلی باغمیشه، 2002).

روش ضریب فیشر با استفاده از دستور فیشر فیلترینگ¹⁸ در نرم افزار تاناگرا¹⁹ و ویرایش 1/4/45 و روش PCA در نرم افزار مطلب²⁰ ویرایش 7/7 انجام شد.

3-1- شناسایی ارقام

برای شناسایی ارقام برنج در نمونه های مخلوط و دسته بندی آنها در سه دسته مختلف از شبکه ی عصبی بردار یادگیر چندی ساز (LVQ)²¹ استفاده شد.

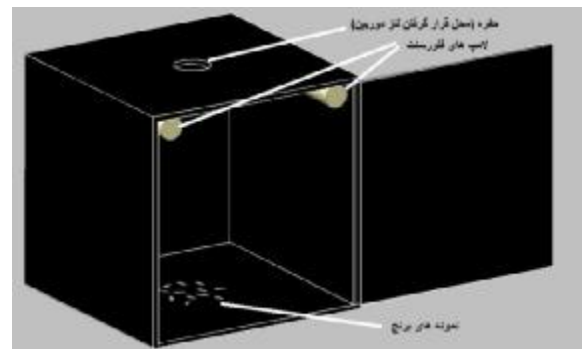
در ابتدا داده های موجود بطور تصادفی به دو دسته مجموعه آموزش 80 درصد و مجموعه آزمون 20 درصد کل داده ها تقسیم بندی شدند. البته اگر این تقسیم بندی منجر به نتایج مطلوب نشود، می توان این مرحله را مجدداً تکرار کرد (ژانگ و فوه، 1998). در غیر اینصورت شبکه در طول فاز آموزش همگرا نشده و نتایج مطلوب تولید نخواهد شد (آزاده و همکاران، 2006). برای تبدیل داده ها از نرمالیزاسیون خطی بصورت زیر استفاده شد (روحانی و مکاریان 1390):

$$X_n = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \times (r_{\max} - r_{\min}) + r_{\min} \quad (1)$$

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.

نحوه ی کار شبکه عصبی LVQ بر اساس تقسیم فضای ورودی R^n به تعدادی منطقه های متمایز از هم با نام ناحیه های

از 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 عدسی دوربین در روی آن قرار می گرفت و به این ترتیب تصویر برداری بدون هر گونه تداخل نوری از خارج انجام شد. طرحواره سامانه تصویر برداری استفاده شده در شکل 2 نشان داده شده است.



شکل 2- طرحواره جعبه ی استفاده شده برای تصویر برداری

1-1- استخراج ویژگی ها

در این تحقیق از ویژگی های بافتی تصاویر استفاده شده است. بافت یک جنبه ی مهم تصویر است و ویژگی های بافتی نقش زیادی در تحلیل تصویر دارند (لی و همکاران، 1999). ابتدا تصاویر به روش آستانه گیری، قطعه بندی شدند. سپس به هر دانه یک برچسب اختصاص داده شد تا هر دانه از دانه های دیگر قابل شناسایی باشد. پس از آن از تصویر مربوط به هر دانه برنج، در مجموع 41 ویژگی بافتی شامل 25 ویژگی از ماتریس سطوح خاکستری (میانگین⁴، انحراف معیار، همواری، گشتاور سوم، یکنواختی⁵، آنتروپی⁶ (مجموعه و جایاس، 1999)، هفت ثابت گشتاوری که غیر حساس به انتقال، دوران، تجانس و انعکاس می باشند (گنزالس و همکاران، به نقل از کیا، 1386) و 12 گروه فراوانی سطوح خاکستری⁷ (HG)، 10 ویژگی از ماتریس هم وقوعی⁸ (میانگین، واریانس⁹، آنتروپی، یکنواختی، همگنی¹⁰، اینرسی¹¹، سایه خوشه¹²، برتری خوشه¹³، حداکثر احتمال¹⁴ و همبستگی (مجموعه و جایاس، 1999) و 6 ویژگی از ماتریس الگوی دودویی محلی¹⁵ (میانگین، انحراف معیار، همواری، ممان سوم، یکنواختی و آنتروپی) (پوررضا و همکاران، 2012) استخراج گردید. به منظور استخراج ویژگی های گروه فراوانی سطوح خاکستری، 256 مقدار ممکن سطوح خاکستری در بازه بین صفر تا 255 به 25 بازه تقسیم شد و تعداد پیکسل هایی از تصویر که مقدار سطح خاکستری شان در هر بازه قرار می گرفت به عنوان ویژگی معرفی شد. بدین ترتیب 25 عدد برای هر تصویر بدست آمد که هر کدام یک

باعث شود که رقم شیروودی به اشتباه به عنوان واریته‌ی طارم یا فجر شناسایی شود و خطای شناسایی رقم شیروودی بالا رود و یا اینکه ارقام طارم و فجر به اشتباه از نوع شیروودی شناسایی شوند و خطای شناسایی این دو رقم بالا رود.

نتایج حاصل از آموزش و آزمایش شبکه عصبی LVQ4 و به کمک روش PCA برای هر رقم و هر گروه ویژگی در جدول 1 ارائه شده است. بالا بودن خطا در مرحله آزمایش نشان می‌دهد که داده‌ها برای شبکه عصبی آموزش دیده کاملاً تازگی دارند و از طرف دیگر در این مرحله هدف نشان دادن قدرت یادگیری شبکه است و هنوز شبکه عصبی به طور کامل بهینه نشده است.

جدول 1- مقادیر درصد دقت شناسایی سه رقم برنج در دو مرحله

آموزش و آزمایش شبکه عصبی

طارم	شیروودی	فجر		
98/86	97/27	94/29	مرحله آموزش	ماتریس سطوح
89/36	74/36	87/23	مرحله آزمایش	خاکستری
97/13	97/21	94/44	مرحله آموزش	ماتریس هم وقوعی
85/42	86/05	76/19	مرحله آزمایش	
95/45	95/18	92/15	مرحله آموزش	ماتریس الگوی
93/48	71/43	80/65	مرحله آزمایش	دودویی محلی
97/73	95/48	95/00	مرحله آموزش	ماتریس کلیه
91/30	84/44	76/19	مرحله آزمایش	ویژگی های بافتی

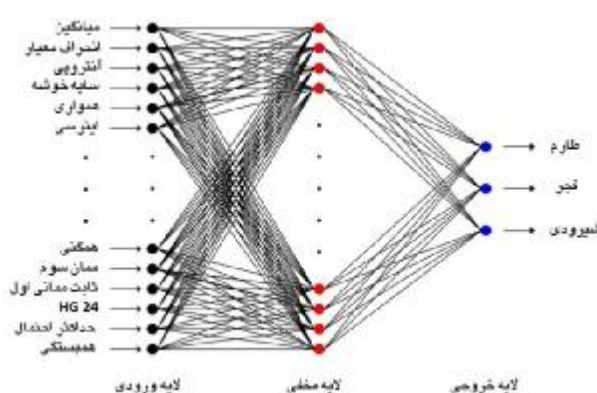
سپس ویژگی‌های مربوط به هر گروه ویژگی، توسط روش FC رتبه بندی شدند. جداول 2، 3، 4 و 5 به ترتیب مقادیر خطا را برای مرحله آموزش شبکه عصبی بر حسب درصد انتخاب ویژگی‌های برتر رتبه بندی شده توسط روش FC از ماتریس سطوح خاکستری، ماتریس هم وقوعی، ماتریس الگوی دودویی محلی و ماتریس شامل کلیه ویژگی‌های بافتی نشان می‌دهند. همانطور که ملاحظه می‌شود با استفاده از ویژگی‌های ماتریس سطوح خاکستری، در مورد دو رقم شیروودی و فجر با افزایش تعداد ویژگی‌ها تا 80 درصد از کل ویژگی‌ها، مقادیر خطای آموزش جهت یادگیری کاهش می‌یابد. اما در مورد رقم طارم، انتخاب 60 درصد از ویژگی‌ها منجر به کمترین خطا شده است و به دلیل اینکه در 80 درصد، خطای شبکه نیز کمترین مقدار می‌باشد، بنابراین 80 درصد ویژگی‌ها به عنوان مقدار بهینه در نظر گرفته شده است (خطای شبکه از تقسیم تعداد کل نمونه‌هایی که در آخرین تکرار مرحله‌ی آموزش به اشتباه طبقه بندی شده‌اند به تعداد کل نمونه‌های ورودی به این مرحله و ضرب حاصل تقسیم در 100 بدست آمده است).

در ماتریس هم وقوعی، بهترین مقادیر خطای آموزش و نیز خطای شبکه با انتخاب 90 درصد از ویژگی‌ها حاصل می‌شود، بنابراین 90 درصد ویژگی‌ها به عنوان مقدار بهینه در نظر گرفته شد.

در ماتریس الگوی دودویی محلی، بهترین مقادیر خطای آموزش در مورد دو رقم شیروودی و فجر با انتخاب صد درصد از ویژگی‌ها یعنی 6 ویژگی حاصل شده است. اما در مورد رقم طارم، انتخاب 70 درصد از

تصمیم‌گیری²² و اختصاص یک بردار کد²³ به هر یک از آنها است. طبقه بندی بر حسب نزدیکی بردار ورودی x به بردارهای کد انجام می‌شود. بردار ورودی متعلق به کلاس نزدیکترین بردار کد خواهد شد. در حال حاضر 6 نسخه الگوریتم آموزش LVQ وجود دارد: LVQ1، LVQ2.1، LVQ3، LVQ، CLVQ (کوهسون 1990 و کوهسون 1995) و LVQ4 (وکیللی - باغمیشه 2002، و وکیللی - باغمیشه و پاوسیک 2003) که LVQ4 نیز دارای 5 الگوریتم $a1$ ، $a2$ ، $a3$ و $a4$ می‌باشد (وکیللی - باغمیشه و پاوسیک 2003). از الگوریتم آموزش LVQ4 به جهت بالا بودن کارایی آن استفاده شد (روحانی و مکاریان، 1390).

ساختار شبکه عصبی LVQ استفاده شده به منظور طبقه بندی ارقام برنج در شکل 3 نشان داده شده است.



شکل 3- ساختار شبکه LVQ استفاده شده برای شناسایی سه رقم برنج طارم، شیروودی و فجر بر اساس ویژگی‌های بافتی معرفی شده در لایه ورودی.

ورودی‌های شبکه ویژگی‌های بافتی استخراج شده از ارقام برنج می‌باشند و خروجی شبکه بردار کدی است که نزدیکترین فاصله اقلیدسی را با ورودی دارد. برچسب بردار کد تعیین کننده دسته بردار ورودی است. برنامه نویسی مدل‌های شبکه‌ی عصبی در محیط نرم افزار متلب نسخه 7/7 انجام شد.

2- نتایج و بحث

نتیجه حاصل از مقایسه‌های آماری در سطح احتمال 5 درصد بین ویژگی‌های استخراج شده از سه رقم برنج مورد مطالعه نشان داد که رقم فجر و طارم بیشترین تفاوت را با یکدیگر دارند؛ زیرا 35 ویژگی از 41 ویژگی آنها با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند. بنابراین می‌بایست که این دو رقم قابلیت تفکیک خوبی داشته باشند. اما تعداد 26 ویژگی در مقایسه رقم‌های فجر - شیروودی و 19 ویژگی در مقایسه رقم‌های طارم - شیروودی معنی‌دار شدند که این امر نشان دهنده‌ی این است که رقم شیروودی شباهت زیادی به دو رقم دیگر بخصوص طارم دارد؛ این امر می‌تواند تفکیک آنها را همراه با اشتباه نماید، به عبارت دیگر،

جدول 5- مقادیر درصد خطای شناسایی سه رقم برنج به کمک 100- درصد از ویژگی های برتر انتخابی توسط FC از ویژگی های کلیه

ماتریس ها						
درصد انتخاب	20	37	60	80	90	100
تعداد ویژگی	8	15	25	33	37	41
فجر	8/47	2/23	5/82	7/51	4/55	3/91
شیرودی	3/85	1/71	3/51	6/15	4/47	1/76
طارم	3/45	1/68	4/62	3/87	1/69	1/63
خطای شبکه	5/25	1/88	4/69	5/82	3/56	2/43

جدول 6 مقادیر درصد دقت در دو مرحله ی آموزش و آزمایش شبکه عصبی LVQ4 به کمک پنج الگوریتم a1, a2, a3, a4 و c (وکیلی باغمیشه 2003) را نشان می دهد، با تنظیمات یکسان برای همه ی الگوریتم ها نتایج این جدول نشان می دهد که در مورد ماتریس سطوح خاکستری و ماتریس شامل کلیه ی ویژگی های بافتی، LVQ4a3 و LVQ4a4 و در مورد ماتریس هم وقوعی و ماتریس الگوی دودویی محلی، LVQ4a3 می توانند بهترین گزینه ها جهت شناسایی ارقام برنج مورد مطالعه باشد.

جدول 6- مقادیر درصد دقت طبقه بندی انواع الگوریتم های LVQ4 به

کمک روش FC-PCA

	a1	a2	a3	a4	c
ماتریس سطوح	آموزش	93/25	97/37	97/56	97/56
خاکستری	آزمایش	76/69	81/20	81/20	81/20
ماتریس	آموزش	87/80	93/06	93/43	92/50
هم وقوعی	آزمایش	72/18	79/70	79/70	79/70
ماتریس الگوی	آموزش	78/99	79/36	80/49	78/99
دودویی محلی	آزمایش	62/41	64/66	66/17	64/66
ماتریس کلیه	آموزش	90/24	96/62	97/00	96/62
ویژگی ها	آزمایش	78/20	84/21	83/46	84/96

نتایج دسته بندی سه رقم برنج بر اساس روش دسته بندی ویژگی ها توسط روش فیشر (FC)، تحلیل اجزای اصلی (PCA) و ترکیب FC-PCA به کمک شبکه عصبی LVQ4 در 50 تکرار از الگوریتم آموزش و با تعداد بردارهای کد به اندازه 50 درصد از تعداد عضوهای هر دسته در جدول 7 آمده است. در مورد روش FC، ابتدا کلیه ویژگی های مربوط به هر ماتریس توسط FC رتبه بندی شدند و سپس دسته بندی با 50 درصد ویژگی اول رتبه بندی شده انجام شد. در مورد روش FC-PCA از همین 50 درصد ویژگی اول دسته بندی شده توسط FC استفاده شد و سپس روش PCA بر روی آن ها اعمال شد. در روش PCA نیز از کلیه ی ویژگی ها استفاده شد. نتایج ماتریس سطوح خاکستری نشان می دهد که روش PCA نسبت به دو روش دیگر یعنی FC و FC-PCA منجر به خطای کمتری در مرحله آموزش

ویژگی ها منجر به کمترین خطا شده است و به دلیل اینکه در 100 درصد، خطای شبکه و نیز خطای شناسایی شیرودی و فجر کمترین مقدار می باشد و خطای مربوط به رقم طارم نیز در حد متوسطی قرار دارد، بنابراین 100 درصد ویژگی ها به عنوان مقدار بهینه در نظر گرفته شد.

جدول 2- مقادیر درصد خطای شناسایی سه رقم برنج به کمک 100- درصد از ویژگی های برتر انتخابی توسط FC از ماتریس سطوح

خاکستری

درصد انتخاب	20	40	60	80	90	100
تعداد ویژگی	5	10	15	20	23	25
فجر	21/18	6/01	4/92	3/38	3/98	4/47
شیرودی	14/12	1/14	2/32	1/12	2/78	1/85
طارم	12/90	2/30	0/56	1/12	2/26	1/56
خطای شبکه	15/95	3/19	2/63	1/88	3/00	2/63

جدول 3- مقادیر درصد خطای شناسایی سه رقم برنج به کمک 100- 30 درصد از ویژگی های برتر انتخابی توسط FC از ماتریس هم وقوعی

درصد انتخاب	30	40	70	80	90	100
تعداد ویژگی	3	4	7	8	9	10
فجر	13/37	8/77	7/07	5/00	2/75	3/74
شیرودی	9/73	7/03	5/99	2/86	2/72	4/65
طارم	5/68	1/69	2/75	2/25	1/20	3/45
خطای شبکه	9/57	5/82	5/25	3/38	2/25	3/94

جدول 4- مقادیر درصد خطای شناسایی سه رقم برنج به کمک 100- 30 درصد از ویژگی های برتر انتخابی توسط FC از ماتریس الگوی

دودویی محلی

درصد انتخاب	30	50	70	90	100
تعداد ویژگی	2	3	4	5	6
فجر	15/00	12/87	9/44	15/17	7/51
شیرودی	13/48	11/17	14/84	10/34	9/77
طارم	10/29	6/56	4/09	11/60	5/38
خطای شبکه	12/95	10/13	9/57	12/38	7/50

در مورد ماتریس شامل کلیه ی ویژگی های بافتی نیز بهترین مقادیر خطای آموزش در مورد دو رقم فجر و شیرودی با انتخاب 37 درصد از ویژگی ها یعنی 15 ویژگی حاصل شده است. اما در مورد رقم طارم انتخاب 100 درصد از ویژگی ها منجر به کمترین خطا شده است و به دلیل اینکه در 37 درصد، خطای شبکه و نیز خطای مربوط به رقم های فجر و شیرودی کمترین مقدار می باشد و خطای مربوط به رقم طارم نیز در حد متوسطی قرار دارد، بنابراین 37 درصد ویژگی ها به عنوان مقدار بهینه در نظر گرفته شد و به این ترتیب مقادیر بهینه برای هر نوع ماتریس بدست آمد.

و آزمایش LVQ4 شده است و در مورد ماتریس هم وقوعی و الگوی دودویی محلی و ماتریس شامل کلیه ویژگی های بافتی، استفاده از روش فیشر منجر به خطای کمتری در مرحله آموزش و آزمایش شبکه‌ی عصبی شده است.

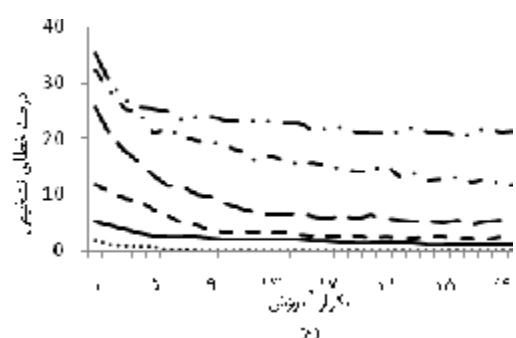
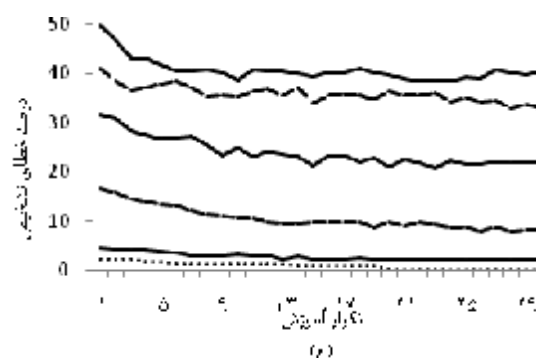
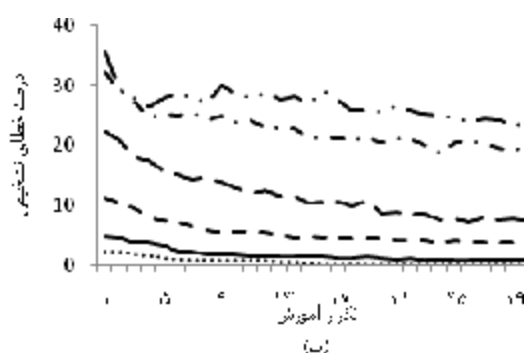
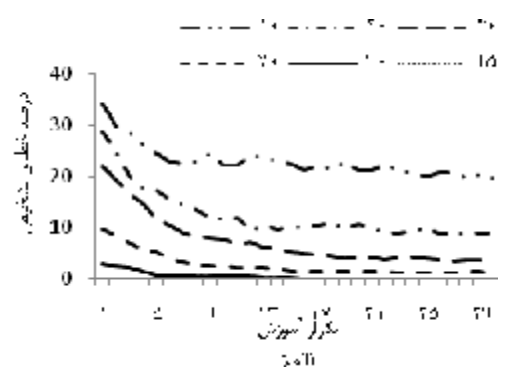
جدول 7- مقادیر درصد دقت طبقه‌بندی LVQ4 به کمک سه روش

PCA و FC و FC-PCA

FC-PCA	FC	PCA		
97/19	33/40	98/12	مرحله آموزش	ماتریس سطوح
83/46	33/08	84/21	مرحله آزمایش	خاکستری
94/37	96/25	93/81	مرحله آموزش	ماتریس هم وقوعی
25/56	79/70	76/69	مرحله آزمایش	
86/12	88/93	83/30	مرحله آموزش	ماتریس الگوی
63/16	75/19	66/17	مرحله آزمایش	دودویی محلی
94/00	98/50	97/56	مرحله آموزش	ماتریس کلیه
78/20	81/20	81/20	مرحله آزمایش	ویژگی های بافتی

شکل 4 نمودار همگرایی شبکه عصبی با استفاده از ویژگی های ماتریس سطوح خاکستری (الف)، ماتریس هم وقوعی (ب)، ماتریس الگوی دودویی محلی (ج) و ماتریس شامل کلیه ویژگی های بافتی (د) با الگوریتم انتخاب شده برای هر مورد را به ازای مقادیر درصد انتخاب بردارهای کد از فضای ورودی نشان می‌دهد.

نتایج این شکل نشان می‌دهد که هر اندازه 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 می‌شود، لذا زمان آموزش کاهش می‌یابد. بنابراین در این مطالعه مقدار 95 درصد برای ماتریس های هم وقوعی، الگوی دودویی محلی و ماتریس شامل کلیه ویژگی های بافتی و مقدار 90 درصد برای ماتریس سطوح خاکستری به عنوان تعداد بردارهای کد از فضای نمونه ورودی انتخاب گردید.



شکل 4- نمودار همگرایی شبکه عصبی بر حسب افزایش درصد بردارهای کد (الف) ماتریس سطوح خاکستری، (ب) ماتریس هم وقوعی، (ج) ماتریس الگوی دودویی محلی، (د) ماتریس کلیه ویژگی های بافتی

شکل 5 نمودار همگرایی شبکه را پس از پیدا کردن مقادیر بهینه پارامترهای شبکه از طریق آزمون و خطا نشان می‌دهد.

باشد که باعث شده است شبکه به خوبی آموزش نبیند و مقدار کمی خطا باقی بماند.

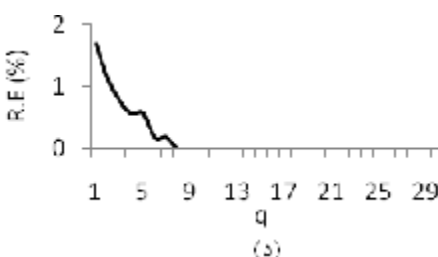
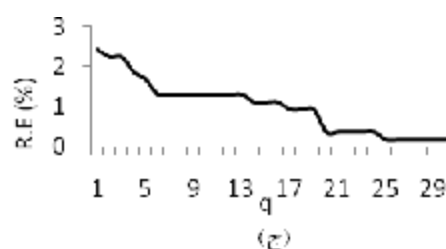
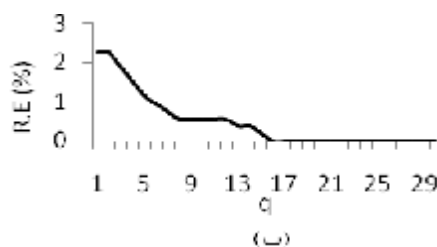
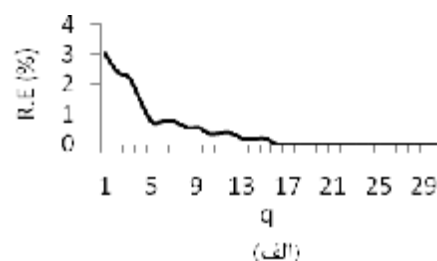
سپس پارامترهای بهینه‌ی حاصل از مراحل قبلی در نظر گرفته شد و نتیجه‌ی نهایی که دقت طبقه بندی سه رقم طارم، فجر و شیرودی می باشد بدست آورده شد که نتایج حاصل در جدول 8 نشان داده شده است. چون دقت طبقه بندی در مرحله آزمایش بالا می باشد لذا پارامترهای شبکه به خوبی بهینه شده اند. همانطور که در جدول 8 دیده می شود، استفاده از کلیه‌ی ویژگی های بافتی منجر به خطای طبقه بندی کمتری شده است، چنانکه که پوررضا و همکاران (2012) نیز بالاترین دقت طبقه بندی واریته های گندم را با استفاده از کلیه‌ی ویژگی های بافتی بدست آوردند. نتایج مقایسات آماری نشان دهنده آن است که استفاده از ویژگی های این ماتریس، خطای شناسایی رقم شیرودی را نسبت به دو رقم دیگر افزایش می دهد. علاوه بر آن در مقایسه با تحقیقات پیشین (ماجومدار و جایاس، 2000، و موسوی راد و همکاران، 2011)، روش استفاده شده در این تحقیق دقت دسته بندی بالاتری داشته است. از آنجایی که زمان صرف شده برای دسته بندی به تعداد تکرار آموزش بستگی دارد، بنابراین در مورد ماتریس شامل کلیه ی ویژگی های بافتی که شبکه در 8 تکرار آموزش همگرا شده است، زمان صرف شده از بقیه ی موارد کمتر بوده است. در نتیجه استفاده از کلیه ی ویژگی های بافتی هم از نظر دقت و هم از نظر زمان دسته بندی نسبت به موارد دیگر (ویژگی های ماتریس سطوح خاکستری، ماتریس هم وقوعی و ماتریس الگوی دودویی محلی) برتری داشته است.

جدول 8- مقادیر درصد دقت طبقه بندی سه رقم برنج

طارم	شیرودی	فجر		
100/00	100/00	100/00	مرحله آموزش	ماتریس سطوح
97/83	100/00	97/96	مرحله آزمایش	خاکستری
100/00	100/00	100/00	مرحله آموزش	ماتریس هم وقوعی
100/00	100/00	96/23	مرحله آزمایش	
100/00	99/45	100/00	مرحله آموزش	ماتریس الگوی
100/00	97/50	100/00	مرحله آزمایش	دودویی محلی
100/00	100/00	100/00	مرحله آموزش	ماتریس کلیه
100/00	97/67	100/00	مرحله آزمایش	ویژگی های بافتی

3- نتیجه گیری نهایی

این تحقیق نشان داد که تکنیک های پردازش تصویر می توانند با تکنیک های دسته بندی توسط شبکه های عصبی مصنوعی ترکیب شوند تا دانه های برنج را در نمونه های مخلوط شناسایی و دسته بندی کنند. دقت طبقه بندی LVQ4، به ترتیب برای سه رقم فجر، شیرودی و طارم با استفاده از ویژگی های ماتریس سطوح خاکستری 97/96، 100 و 97/83 درصد؛ ماتریس هم وقوعی 96/23، 100 و 100 درصد؛ ماتریس الگوی دودویی محلی 100، 97/50 و 100 درصد و با استفاده از کلیه ی ویژگی های ماتریس ها 97/67، 100 و 100 درصد بود. این نتایج نشان می دهند که استفاده از کلیه ی ویژگی ها منجر به خطای طبقه بندی کمتری شده است، فلذا استفاده از آن پیشنهاد می شود.



شکل 5- نمودار همگرایی شبکه عصبی LVQ4، q تعداد تکرار آموزش و R.E. %، درصد خطای طبقه بندی (الف) ماتریس سطوح خاکستری، (ب) ماتریس هم وقوعی، (ج) ماتریس الگوی دودویی محلی، (د) ماتریس کلیه ویژگی های بافتی

همانطور که دیده می شود، شبکه ی عصبی در مورد ماتریس سطوح خاکستری (شکل 5- الف) پس از 16 تکرار، در مورد ماتریس هم وقوعی (شکل 5- ب) پس از 16 تکرار، در مورد ماتریس الگوی دودویی محلی (شکل 5- ج) پس از 25 تکرار و در مورد ماتریس شامل کلیه ی ویژگی های بافتی (شکل 5- د) پس از 8 تکرار مجموعه داده های آموزش را به طور کامل یاد گرفته و مقدار خطا به صفر رسیده یا به صفر کاملاً نزدیک شده است (ماتریس الگوی دودویی محلی)؛ یعنی شبکه ی عصبی LVQ4 به خوبی توانسته است سه رقم برنج فجر، طارم و شیرودی را بر اساس گروه های مختلف ویژگی های بافتی از یکدیگر تشخیص داده و تفکیک نماید. بنابراین مرحله آموزش شبکه ی عصبی به اتمام می رسد.

وجود مقدار بسیار کم خطا در مرحله ی آموزش شبکه ی عصبی با استفاده از ویژگی های ماتریس الگوی دودویی محلی می تواند مربوط به کمتر بودن ویژگی های این ماتریس نسبت به سه ماتریس دیگر

زیر نویس ها

- | | |
|--|---|
| ¹¹ Inertia | ¹ Co-occurrence Matrix |
| ¹² Cluster Shade | ² Support Vector Machine |
| ¹³ Cluster Prominence | ³ Back Propagation Neural Networks |
| ¹⁴ Maximum Probability | ⁴ Mean |
| ¹⁵ Local Binary Pattern (LBP) | ⁵ Uniformity |
| ¹⁶ Fisher's Coefficient | ⁶ Entropy |
| ¹⁷ Principal Component Analysis | ⁷ Histogram Groups |
| ¹⁸ Fisher Filtering | ⁸ Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) |
| ¹⁹ Tanagra | ⁹ Variance |
| ²⁰ Matlab | ¹⁰ Homogeneity |
| ²¹ Learning Vector Quantization | |
| ²² Decision Regions (Voronoi Cells) | |
| ²³ Codebook (Voronoi) Vector | |

منابع مورد استفاده

- بی‌نام - 1390. آمارنامه کشاورزی، جلد اول: محصولات زراعی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی، 90-1389.
- روحانی، ع. ح.، مکاریان - 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، شماره 1، صفحه 74-83.
- سبحانی پور، س. ر. - 1390. تشخیص عیوب سطحی عنب و طبقه بندی آن به کمک پردازش تصویر، پایان نامه ی کارشناسی ارشد، دانشکده ی کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
- کیا، س. م. - 1386. پردازش تصاویر دیجیتال در MATLAB، (ترجمه)، نشر کیان، تهران.
- موسوی راد، س. ج.، ف. اخلاقیان تاب، و ک. ملازاده - 1390. دسته بندی ارقام برنج با استفاده از ویژگی های بهینه رنگ و بافت و شبکه های عصبی پس انتشار، هفتمین کنفرانس ماشین بینایی و پردازش تصویر ایران، 25-26 آبان 1390، تهران.
- Azadeh, A.S., F. Ghaderi, and S. Sohrabkhani. 2006. *Forecasting electrical consumption by integration of neural network, time series and ANOVA*. Applied Mathematics and Computation. 186: 1753-1761.
- Chen, X. J., D. Wu, Y. He and S. Liu. 2009. *Study on application of multi-spectral image texture to discriminating rice categories based on wavelet packet and support vector machine*. Spectroscopy and Spectral Analysis., 29(1): 222-225.
- Haralick, R. M., K. Shanmugam, and I. Dinstein. 1973. *Textural features for image classification*. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics., 3(6): 610-621.
- Kohonen, T. 1990. *The Self-Organizing Map*. Proceedings of IEEE. 78(9).
- Kohonen, T. 1995. *Self-organizing map*. Springer-Verlag. Berlin. Heidelberg.
- Li, J., J. Tan, F. A. Martz, and H. Heymann. 1999. *Image texture features as indicators of beef tenderness*. Meat Science., 53(1): 17-22,
- Majumdar, S., and D. S. Jayas. 1999. *Classification of bulk Samples of cereal grains using machine vision*. Journal of Agricultural Engineering Research. 73(1): 35-47.
- Majumdar, S., and D. S. Jayas. 2000. *Classification of cereal grains using machine vision: III. Texture models*. Transactions of the ASAE. 43(6): 1681-1687.
- Manickavasagan, A., G. Sathya, D. S. Jayas and N. D. G. White. 2008. *Wheat class identification using monochrome images*. Journal of Cereal Science, 47(3): 518-527.
- Park, B. and Y. R. Chen. 2001. *Co-occurrence matrix texture features of multi-spectral images on poultry carcasses*. Journal of Agricultural Engineering Research., 78(2): 127-139.
- Pour reza, A., H. R. Pour reza, M. H. Abbaspour-Fard, and H. Sadrnia. 2012. *Identification of nine Iranian wheat seed varieties by textural analysis with image processing*. Computers and Electronics in Agriculture., 83: 102-108.
- Vakil-Baghmisheh, M. T. 2002. *Farsi character recognition using artificial neural networks*, Ph.D. Thesis. Faculty of Electrical Engineering. University of Ljubljana.

Vakili-Baghmisheh, M. T., and N. Pavesic. 2003. *Premature clustering phenomenon and new training algorithms for LVQ*. Pattern Recognition. 36: 1901-1921.

Zapotoczny, P. 2011. *Discrimination of wheat grain varieties using image analysis and neural networks. Part I. Single kernel texture*. Journal of Cereal Science. 54(1): 60-68.

Zhang, Y. F., and J. Y. H. Fuh. 1998. *A neural network approach for early cost estimation of packaging products*. Computers and Industrial Engineering. 34: 433-50.

Identification of three Iranian Rice Grain Varieties in Mixed Bults Using Different Textural Features and LVQ Neural Network

Saeideh Fayyazi^{1*}, Mohammad Hossein Abbaspour-Fard², S. Amirhassan Monadjemi³, Hassan Sadrnia⁴ and Abbas Rohani⁵

¹ Dept. of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

² Dept. of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

³ Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, University of Isfahan, Iran

⁴ Dept. of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

⁵ Dept. of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

*Corresponding author: E-mail:Fayyazi_s@yahoo.com

Abstract

Due to variation in economic value of different rice varieties, reports indicate the possibility of mixing different varieties on the market. Applying machine vision techniques to classify rice varieties is a method which can increase the accuracy of classification process in real world applications. In this study, several textural feature groups of rice grains' images were examined to evaluate their efficacy in identification of three Iranian rice varieties (Tarom, Fajr, Shiroodi) in the mixed samples of these three varieties. On the whole, 666 images of rice grains (222 images of each variety) were acquired at a stable illumination condition and totally, 41 textural features were extracted from different matrices of grain images. Fisher's coefficient method, Principal Component Analysis method and a combination of these two methods were employed to rank and select the most significant features for the classification. The so called LVQ4 neural network classifier was employed for classification using top selected features. The classification accuracy of 97.96, 100 and 97.83 percent by using gray level matrix, 96.23, 100 and 100 percent by using co-occurrence matrix, 100, 97.50 and 100 percent by using local binary pattern matrix, and 100, 97.67 and 100 percent by using the whole textural features were obtained for Fajr, Tarom and Shiroodi, respectively. These results indicate that image processing can be a suitable tool for identification of different rice varieties. Although using the features of all matrices leads to less classification error, the features of each matrix also provides reasonable accuracy.

Keywords: Image processing, Neural network, Rice, Textural features