طبقه بندی سه رقم بذر ذرت با استفاده از تکنیک پردازش تصویر

فریبا علی محمدی سراب[۱] , منصور راسخ[۲] *, ولی رسولی شربیانی[۳] , امیر حسین افکاری سیاح[۳] , یوسف عباسپور گیلانده[۲] ,حامد کرمی[۴]

[۱] –دانشجوی دکتری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی،اردبیل

*–استاد دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

۳–دانشیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی،اردبیل

۴–دکتری دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی،اردبیل(کرمی)

*ایمیل نویسنده مسئول: m_rasekh@uma.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۵

چکیده

ذرت (*zea mays*) یکی از مهم ترین گیاهان زراعی در دنیا محسوب می‌شود، به گونه ای که بعد از گندم و برنج در رتبه سوم از نظر سطح زیر کشت قرار دارد. هدف از این مطالعه تمایز و طبقه بندی دانه های ذرت در سه رقم بطور غیرمخرب با استفاده از فناوری پردازش تصویر می باشد. سه رقم بذر ذرت در دو حالت تکدانه و توده تحت تصویربرداری قرار گرفتند. از ۱۸۰ نمونه بصورت تکدانه با ۶۰ تکرار(در حالت پشت و رو)همراه با اندازه گیری وزن و ابعاد دانه ها برای هر رقم، همچنین از ۹ نمونه دیگر بصورت توده با ۳ تکرار همراه با اندازه گیری وزن و ابعاد ده عدد دانه با انتخاب تصادفی از هر نمونه توده ای برای هر رقم استفاده شد. متغیرهای پیش بینی کننده شامل مساحت، محیط، قطر اصلی بزرگ، قطر اصلی کوچک، یکپارچگی، بی قاعدگی، مساحت محدب ، قطر معادل، شاخص رنگ قرمز ، شاخص رنگ سبز ،شاخص رنگ آبی ، وزن و ابعاد سه گانه اندازه گیری شده بطور دستی در کنار پارامتر جهت تصویربرداری بودند. نتایج نشان داد در طبقه بندی با روش آنالیز تشخیصی خطی با در نظر گرفتن ۱۶ متغیر پیش بینی کننده دقت ۷۰/۶ درصد و با روش گام به گام و حذف برخی متغیرها و استفاده از ۸ متغیر پیش بینی کننده همان دقت ۷۰/۶ درصد بدست آمد. مهم ترین متغیرهای پیش بینی کننده عبارت بودند از: ضخامت، محور اصلی بزرگ، محور اصلی کوچک، بی قاعدگی، قطر معادل، یکپارچگی، شاخص رنگ قرمز و شاخص رنگ سبز. همچنین دقت روش تحلیل شبکه های عصبی مصنوعی(ANN) با ۱۶ متغیر پیش بینی کننده و ۸ متغیر پیش بینی کننده به ترتیب برابر با ۷۵/۶ و ۷۲/۲ درصد به دست آمد که این مقدار بالاتر از روش LDA بود.

کلمات کلیدی

"ذرت"، "طبقه بندی"، "پردازش تصویر"، "شبکه های عصبی مصنوعی"،"LDA "

۱- مقدمه

ذرت (zea mays) یکی از مهم ترین گیاهان زراعی در دنیا محسوب می‌شود، به گونه ای که بعد از گندم و برنج در رتبه سوم از نظر سطح زیر کشت قرار دارد (Harris, et al., 2007). اهمیت این محصول و بالا بودن سطح زیر کشت آن به علت قدرت تطابق آن با شرایط گوناگون اقلیمی بوده و به همین دلیل جز عمده ترین محصولات مناطق معتدله، معتدله گرم، نیمه گرمسیری و مرطوب به شمار می رود (Paliwal., 2000). در ایران نیز، این گیاه پس از گندم، برنج و جو مهمترین گیاه زراعی بوده و بیشترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده است(رحیمی مقدم و همکاران، ۱۳۹۴). دانه‌های ذرت دارای انواع مختلفی هستند، لذا طبقه‌بندی آنها برای تضمین کیفیت ضروری است. از طرفی تضمین کیفیت برای توسعه کشاورزی پایدار بسیار مهم است، بنابراین از یک طرف تکنیک‌هایی مانند خشک کردن، تبرید، و پوشش خوراکی باید برای حفظ کیفیت محصولات کشاورزی بکار گرفته شود. از سوی دیگر، روش‌های موثر و کارآمد باید برای ارزیابی و طبقه‌بندی کیفیت آنها توسعه یابد که از این امر در مراکز تهیه و اصلاح بذر و نهال، سیلوها و انبارهای مکانیزه استفادهمی‌شود.روش-های سنتی برای طبقه‌بندی انواع دانه‌های ذرت شامل اسکن فلورسنت، الکترو فورز پروتئین و نشانگرهای مولکولی دیوکسی ریبونوکلیک اسید (DNA) می‌شود که معمولاً زمان گیر و پیچیده هستند (Gowen et al. 2007; Kamruzzaman et al. 2011; Cheng et al. 2014; Cheng and Sun 2015) تحقیقات قابل توجهی برای توسعه فناوری های غیرمخرب برای طبقه بندی و شناسایی بذر انجام شده است. چنین فناوری هایی شامل زبان الکترونیکی، بینی الکترونیکی، تصویربرداری با رزونانس مغناطیسی و روش های نوری است(Huang et al., 2015). در خصوص تشخیص ارقام مختلف بذور محصولات زراعی با استفاده از روش‌های ابزاری تحقیقات وسیعی انجام شده است. ماشین بینایی یکی از روش‌های ابزاری می‌باشد که می تواند به عنوان یک ابزار بازرسی سریع و غیرمخرب در تشخیص و طبقه‌بندی ارقام بذور غلات بکار رود. توسعه روش‌های خودکار بر اساس بینایی ماشین می تواند پیامدهای مثبتی در صنعت فرآوری مواد غذایی داشته باشد. بینایی ماشین، فناوری تهیه و تحلیل تصاویر یک صحنه واقعی به وسیله رایانه در راستای کسب اطلاعات یا کنترل یک فرایند است. می توان با کمک بینایی ماشین، خصوصیات تصاویر را استخراج نمود و از آن برای تشخیص و شناسایی کیفیت انواع محصولات استفاده کرد.در زمینهٔ شناسایی نوعِ گیاهان، نحوهٔ رشد آنها و اثرات محیط بر آنها برای بدست آوردن محصولِ بیشتر و بهتر، بینایی ماشین جایگاه ویژه ای دارد و از زمینه های تحقیقاتی مهم است. یکی از کاربردهای مهم بینایی ماشین، بازرسی محصولات خروجی کارخانه ها و کنترل کیفی آنهاست. پیشرفت تکنولوژی در پردازش تصویر، گسترهٔ وسیعی از کاربردهای بینایی ماشین در کشاورزی گشوده و توسعهٔ میکرو کامپیوترهای قدرتمند و نرم افزارهای ویژه سبب قابلیت کاربرد پردازش تصویر برای بازرسی میوه‌ها و محصولات کشاورزی به ویژه در زمینه کنترل کیفیت و دسته بندی آنها شده است. امروزه بسیاری از سیستم های درجه بندی

محصولات کشاورزی، که به منظور جداسازی میوه ها یا محصولات با توجه به رنگ، شکل، اندازه، میزان آسیب دیدگی و لهیدگی، ترکیدگی، لکه دار بودن و ... بکار گرفته می شوند، از روش بینایی ماشین و قابلیت پردازش تصویر استفاده می کنند. در این سیستم ها، تصاویری از محصولاتی که بر روی سیستم نقاله ای در حال حرکت هستند به وسیلهٔ یک دوربینCCD تهیه، به منظور پردازش به رایانه منتقل و داده های مورد نیاز از آن استخراج می شود. سپس بر اساس اطلاعات بدست آمده، دستورهایی مبنی بر فعال سازی یا عدم فعال سازی یک بخش مکانیکی به منظور حذف محصول از مسیر اصلی یا اجازه عبور از مسیر، صادر می شود. عمل درجه‌بندی در بسیاری از صنایع انجام می‌شود. استفاده از فناوری بینائی ماشین بهترین راهکار برای این امر می‌باشد چرا که کمترین هزینه و خطا و نیز بالاترین دقت و کیفیت را نسبت به سیستم های مکانیکی دارد. یکی از زمینه‌هائی که نیاز مبرمی برای حضورسامانه‌های سورتینگ و گریدینگ مبتنی بر بینائی ماشینی در آن احساس می شود، زمینه های کشاورزی می‌باشد(حیدری شریف آباد، ۱۳۹۲). پردازش تصویر و تحلیل تصویر دو هسته ی مرکزی بینایی ماشین می‌باشند که به همراه روش‌های جدید و کلاسیفایرهای رایج از جمله شبکه عصبی، ماشین بردار پشتیبان، منطق فازی و غیره به منظور دسته‌بندی و اندازه‌گیری های مورد نیاز به کار می‌روند.در تحقیقی برای طبقه‌بندی پنج رقم ذرت، یک روش مبتنی بر بینایی ماشین پیشنهاد شد، تصویر دانه ذرت بدون لمس کردن با استفاده از یک اسکنر مسطح به دست آمد. همچنین انواع مختلفی از ویژگی ها از تصاویر ذرت استخراج شد. زیر مجموعه بهینه سازی شده ویژگی ها با تحلیل‌های تشخیص گام به گام، بدست آمد. ترکیبی از شبکه عصبی back-propagation و تحلیل‌های تشخیص برای شناسایی تنوع ارقام بکار گرفته شد. (Chen, et al., 2010). در تحقیقی دیگر برای تمایز دانه‌های برنج در۳۰ رقم مختلف بطور غیر مخرب از پردازش تصویر و طبقه‌بندی ای بر پایه sparse –representation-based استفاده شد. در این پژوهش تصاویر دانه برنج از طریق میکروسکوپ با وضوح حدود ۹۵ پیکسل در هر میلی متر به دست آمد. صفات مورفولوژیک، بافتی و رنگی دانه ها محاسبه شده و به عنوان ورودی در طبقه‌بندی SRC برای پیش بینی ارقام دانه ها استفاده شد. طبقه‌بندی به دقت کلی ۸۹/۱ درصد رسید (Yi Kuo, et al., 2016) . در تحقیقی دیگر تصاویر چندین گروه از ویژگی‌های بافت متعدد دانه برای ارزیابی اثربخشی آنها در شناسایی ۹ گونه مشترک گندم ایرانی مورد بررسی قرار گرفت. در مجموع، ۱۰۸۰ تصویر خاکستری از دانه‌های گندم عمده (۱۲۰ تصویر از هر رقم) در شرایط روشنایی پایدار بدست آورد و جمعاً ۱۳۱ ویژگی بافتی از ماتریکس‌های سطح خاکستری، GLRM، GLCM، LSN، LSP، LBP استخراج شد. روش تمییز گام به گام برای انتخاب و رتبه بندی ویژگی‌های بافتی قابل توجه هر ماتریس به صورت جداگانه همچنین ویژگی‌های همه ماتریس ها به طور همزمان به کار گرفته شد. طبقه‌بندی LDA برای طبقه‌بندی با استفاده از ویژگی‌های زیاد انتخاب شده، به کار گرفته شد. دقت طبقه‌بندی به طور متوسط ۹۸/۱۵ درصد به دست آمد در صورتی که ۵۰ مورد از کلیه ویژگی‌های انتخاب شده در طبقه‌بندی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که ویژگی‌های LSP، LSN وLBP تاثیر قابل توجهی در بهبود دقت طبقه‌بندی نسبت به مطالعات قبلی داشته است (Pourreza, et al., 2012).اهداف مورد نظر این تحقیق عبارت بودند از بررسی توانایی شناسایی بذرهای سه رقم ذرت بر اساس تکنیک تصویربرداری ماکروسکوپیک، از طریق تعیین مقادیر صفات مورفولوژیکی و رنگی دانه و تشخیص ارقام. برای این منظور از دو روش طبقه بندی خطی LDA به صورت گام به گام و روش غیر خطی ANN استفاده شد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱-آماده سازی نمونه ها

این تحقیق سه رقم بذر ذرت سینگل کراس ۷۰۳، سینگل کراس ۷۰۴ وسینگل کراس ۷۰۵ مورد استفاده قرار گرفت که از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل واقع در پارس آباد مغان تهیه شدند. سپس این بذور به آزمایشگاه خواص بیوفیزیک گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه محقق اردبیلی منتقل شدند. برای تعیین رطوبت اولیه دانه های ذرت از هر رقم سه نمونه ۲۰ گرمی در دمای ۱۰۵ درجه و به مدت ۲۴ ساعت در آون آزمایشگاهی قرار داده شد. با تعیین وزن خشک دانه، رطوبت اولیه بذور ذرت۱۰/۵۰ درصد بر پایهٔ وزن خشک بدست آمد. برای تشخیص ۳ رقم ذرت از ۱۸۰ نمونه بصورت تکدانه با ۶۰ تکرار(۳۰ تکرار در جهت رو و ۳۰ تکرار در جهت پشت) برای هر رقم، همچنین از ۹ نمونه دیگر بصورت توده با ۳ تکرار برای هر رقم استفاده شد. ابن تعداد تکرار بر اساس بر اساس پژوهش های پیشین و برمبنای حداکثر پراکندگی مجاز در این نوع آزمایش انتخاب شد. بنابراین جمعا ۱۸۹ نمونه تصویربرداری شدند.

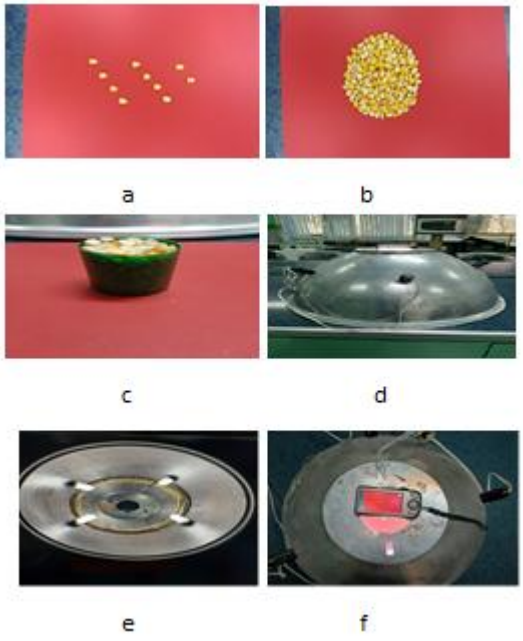
۲-۲-سیستم تصویربرداری

یک سامانه بینایی ماشین در بردارنده پنج جزء اصلی محفظه نورپردازی، دوربین، کارت آنالوگ به دیجیتال(به منظور رقومی سازی)، رایانه و نرم افزار رایانه ای در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت.برای تهیه تصاویر از یک دوربین دیجیتال Canon مدل IXY DIGITAL 510 IS استفاده شد. برای کاهش نویز و کنترل اثرات نور محیط از یک محفظه گنبدی شکل استفاده شد(شکل1-d). نور سیستم توسط چهار لامپ فلورسنت ودو ردیف لامپ LED که یکی از آنها سفید و دیگری زرد بود، تامین شد(شکل1-f). تصاویر با رزولوشن ۱۲/۱ مگاپیکسل و در حالی که دوربین نسبت به سطح تصویربرداری عمود بود بدست آمد. تصاویر تهیه شده در این شرایط توسط نرم افزار MATLAB مورد پردازش قرار گرفتند. ابتدا ۱۰عدد دانه ذرت بطور تصادفی از رقم اول(سینگل کراس ۷۰۳) برداشته شده و هرکدام از آنها توسط ترازوی دیجیتال توزین و قطر بزرگ، قطر کوچک و ضخامت هریک از آنها با کولیس ۰،۰۲ میلی متر اندازه گیری شدند. سپس این دانه ها در فاصله های مناسب نسبت به هم روی یک صفحه مقوایی قرمز رنگ و در جهت رو قرار داده شدند و تصویربرداری انجام شد. در نهایت از ۳۰ عدد دانه ذرت در هر دو جهت تصویربرداری شد و ۶۰ تصویر بصورت تکدانه بدست آمد(شکل1-a). که در مجموع ۱۸۰ تصویر تک دانه های ذرت در مراحل تحلیل مورد استفاده قرار گرفت.

مراحل کار در تصویربرداری بصورت توده:

برای آماده کردن توده ابتدا مقداری از بذرهای رقم اول داخل یک ظرف استوانه ای(به ارتفاع 5/1 سانتی متر، قطر قاعده ۴/۲سانتی متر و حجم ۷۰/۶۲۱۷۴ سانتی متر مربع)ریخته شد بطوریکه ظرف کاملا پر شود(شکل 1-c). سپس توده دانه با حجم مشخص بعد از اینکه توزین شد روی صفحه قرمز رنگ ریخته شد. سپس، همانند تصویربرداری

بصورت تکدانه، محفظه روی نمونه توده ای قرار داده شده، دوربین روی آن قرار داده شده و تصویربرداری انجام شد(شکل1-e). این آزمایش بر روی هر سه رقم در سه تکرار انجام شد. پس از هر بار تصویربرداری ۱۰ عدد دانه بطور تصادفی از داخل توده تصویربرداری شده انتخاب و ابعاد و



شکل۱- مراحل تصویربرداری

پس از تصویربرداری، تحلیل تصویر بصورت مراحل زیر انجام داده شد:

پیش پردازش:

گام اول در آماده سازی تصویر بهبود تصویر، برای تسهیل استخراج ویژگی‌های مورد نظر از تصویر است. برای افزایش سرعت پردازش، رزولوشن تصویر تا جایی که قسمت‌های مورد نظر از تصویر وضوح خود را از دست ندهند کاهش داده شد.

قطعه بندی و آستانه یابی:

قطعه بندی اساسی ترین مرحله در تحلیل تصاویر است و عبارت است از جداسازی شئی مورد بررسی از پس زمینه. در فرایند آستانه یابی که یکی از روش‌های قطعه‌بندی است، یک شدت خاکستری خاص از بین همه شدت رنگ‌های موجود در تصویر به عنوان حد آستانه تعریف می‌شود و بر اساس آن تصویر به دو رده کاملا مجزا تقسیم می‌شود. در ادامه از دستورت imcrop ، bwareaopen و imclose در نرم افزار

استخراج ویژگی ها:

در مرحله استخراج ویژگی‌ها برای نمونه های تکدانه ای با استفاده از تابع bwlabel، تمام نمونه‌ها برچسب‌دار شده، مشخصات مورفولوژیکی دانه استخراج شدند. سپس از مجموعه توابع regionprop برای استخراج ۸ مشخصه مساحت، محیط، محور اصلی بزرگ، محور اصلی کوچک، یکپارچگی، بی قاعدگی، مساحت محدب و قطر معادل استفاده شد. همچنین ۳ مشخصه رنگی قرمز ، سبز و آبی برای هر تکدانه براساس میانگین سه شاخص رنگی مستخرج از سه ماتریس رنگی محاسبه شد. مشابه همین کار برای نمونه های توده ای با 3

دسته بندی کننده ها:

وزن آنها اندازه گیری و یادداشت شدند.بنابراین در نهایت۱۸۹ تصویر شامل ۱۸۰ تصویر تکدانه ای و ۹ تصویر توده ای حاصل شد. مراحل تصویر برداری در شکل ۱ نشان داده شده است.

لازم به ذکر است در هر یک از تصویربرداری های توده ای، چگالی توده هم محاسبه شده و به دنبال آن میانگین چگالی سه نمونه توده ای از هر رقم بدست آمد. مقادیر به دست آمده برای میانگین چگالی رقم اول معادل ۰/۸۳ گرم بر سانتی متر مکعب و برای ارقام دوم و سوم هر کدام ۰/۸۵ گرم بر سانتی متر مکعب بدست آمد.MATLAB برای تکمیل مراحل آماده سازی تصویر از طریق حذف نویز استفاده شد.براساس میانگین سه شاخص رنگی مستخرج از سه ماتریس رنگی محاسبه شد. مشابه همین کار برای نمونه های توده ای با 3 مشخصه رنگی قرمز ، سبز و آبی انجام شد.انتخاب رنگ قرمز برای صفحه پس زمینه سبب ایجاد کنتراست بالا و جداسازی اشیا از پس زمینه با حداقل نویز و کمترین نیاز به توابع فیلترینگ شد. همچنین در تمام موارد با استفاده از آستانه۰/۶ تا ۰/۶۲ برای تبدیل تصاویر رنگی به سیاه و سفید نتایج مناسبی حاصل نمود

در این تحقیق، از شبکه‌های عصبی مصنوعی و روش آماری تحلیل تشخیص خطی(LDA) برای شناسایی ارقام ذرت بر اساس خواص مورفولوژی و رنگی استفاده شد. لازم به ذکر است قبل از تحلیل، داده ها نرمال سازی شدند.روش LDA یک تکنیک آماری برای طبقه بندی اشیاء بر پایه متغیرهای مستقل است. برای انجام آنالیز مورد نظر از نرم افزار SPSS استفاده گردید که در این تحقیق از روش گام به گام استفاده شد. در روش معمول همه متغیرها وارد تحلیل می شوند اما در روش گام به گام برخی متغیرها حذف شده و فقط متغیرهای با بیشترین تاثیر در مدل باقی می مانند. یکی از متداولترین روش های هوش مصنوعی شبکه عصبی مصنوعی (ANN) می باشد. به منظور طبقه بندی ارقام ذرت شبکه ای شامل سه لایه ورودی، خروجی و پنهان استفاده شد.

۳-نتایج

۳-۱-نتایج تحلیل تشخیصی خطی

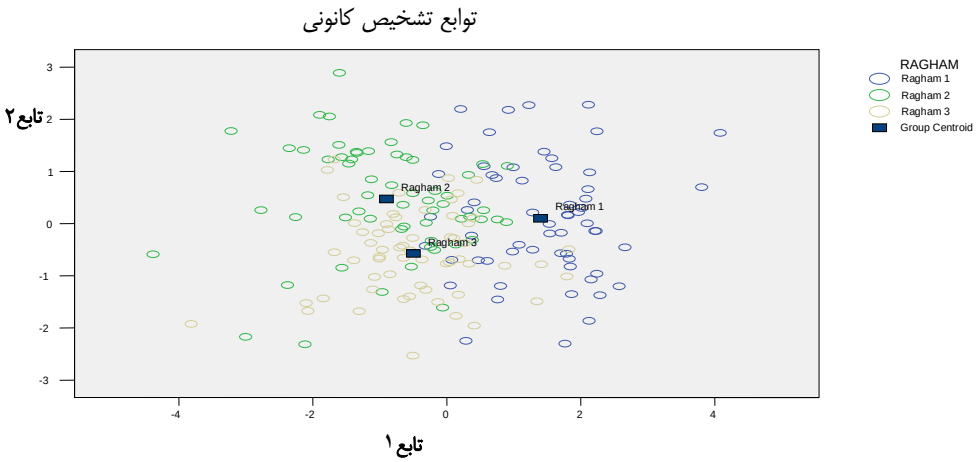
این تحلیل بر اساس ۱۶ متغیر پیش بینی کننده شامل مساحت، محیط، محور اصلی بزرگ، محور اصلی کوچک، یکپارچگی، بی قاعدگی، مساحت محدب ، قطر معادل، شاخص رنگ قرمز، شاخص رنگ سبز، شاخص رنگ آبی، تماما مستخرج از مولفه های تصویر و وزن، قطر بزرگ، قطر کوچک ، ضخامت، مستخرج از طریق اندازه گیری دستی و نیز در کنار صفت جهت دانه در حین تصویربرداری، انجام شد. مطابق جدول۱ نتایج طبقه بندی و شکل۲ توابع تشخیص کانونی، طبقه بندی ۳ رقم ذرت با دقت ۷۰/۶٪ قابل اجراست. با توجه به این جدول دقت طبقه بندی در روش LDA برای تشخیص ارقام ۱، ۲ و ۳ به ترتیب برابر با ۸۰٪، ۶۰٪ و ۷۱/۷٪ می باشد. بنابراین بیشترین دقت تشخیص با این

روش تحلیل مربوط به رقم اول(سینگل کراس ۷۰۳) و برابر با ۸۰٪ می باشد.

جدول۱. نتایج طبقه بندی با تحلیل تشخیصی خطی با ۱۶ متغیر پیش بینی کننده(با دقت ٪۷۰/۶)

		میزان تشخیص ارقام			
رقم(منبع)		رقم۱	رقم۲	رقم۳	کل
	رقم۱	۴۸	۳	۹	۶۰
شمارش شده	رقم۲	۶	۳۶	۱۸	۶۰
	رقم۳	۶	۱۱	۴۳	۶۰
	رقم۱	۸۰	۵۰	۱۵	۱۰۰
درصد	رقم۲	۱۰	۶۰	۳۰	۱۰۰
	رقم۳	۱۰	۱۸/۳	۷۱/۷	۱۰۰

همچنین مطابق با شکل۲ توابع تشخیص کانونی، سه رقم ذرت با استفاده از روش LDA بادقت ۷۰٪/۶ طبقه بندی شده است. همانطور که در شکل مشاهده می شود نمونه های هر سه گروه تاحدی با یکدیگر همپوشانی ایجاد کرده اند. همپوشانی رقم اول نسبت به دو رقم دیگر کمتر و در نتیجه دقت تشخیص آن بالاتر است.



شکل۲- توابع تشخیص کانونی تحلیل تشخیصی خطی با ۱۶ متغیر پیش بینی کننده(با دقت ۷۰/۶ ٪)

۳-۲-نتایج تحلیل تشخیصی خطی گام به گام

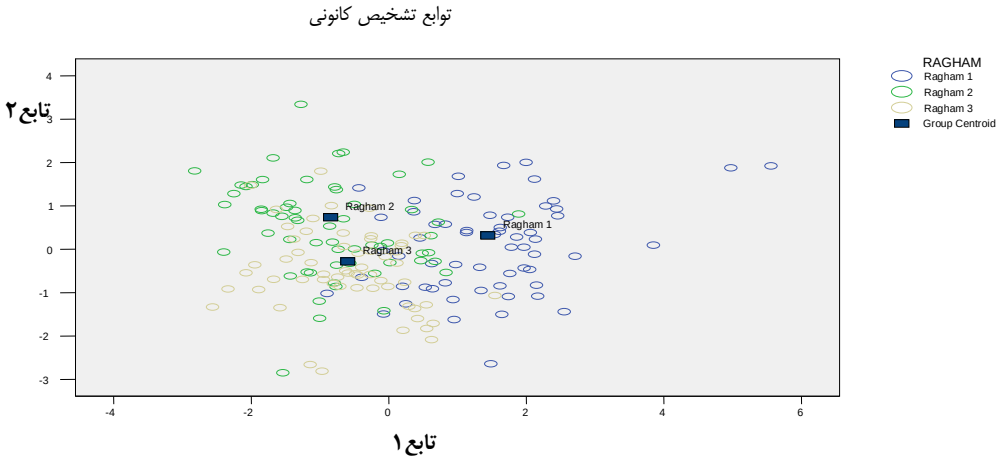
در این روش، متغیرهایی که تاثیر معنی داری در تمایز ارقام ندارند حذف شدند و تنها ۸ متغیر که بطور معنی دار می توانستند اختلاف ۳ رقم را نشان دهند باقی ماندند. این متغیرها که مهم ترین پیش بینی کننده ها بودند عبارتند از: ضخامت، محور اصلی بزرگ، محور اصلی کوچک، بی قاعدگی، قطر معادل، یکپارچگی، شاخص رنگ قرمز و شاخص رنگ سبز.

با توجه به جدول۲ نتایج طبقه بندی و شکل۳ توابع تشخیص کانونی، ۳ رقم بذر ذرت با دقت حداکثر ۷۰/۶٪ از هم قابل تمایزند. . با توجه به این جدول دقت طبقه بندی در روش گام به گام برای ارقام ۱، ۲ و ۳ به ترتیب برابر با ۸۰٪، ۵۳/۳٪ و ۷۸/۳٪ می باشد. بنابراین بیشترین دقت تشخیص با این روش تحلیل مربوط به رقم اول(سینگل کراس ۷۰۳) و برابر با ۸۰٪ می باشد.

جدول۲. نتایج طبقه بندی با تحلیل تشخیصی خطی گام به گام با ۸ متغیر پیش بینی کننده(با دقت ۷۰/٦ ٪)

		میزان تشخیص ارقام			
	رقم(منبع)	رقم۱	رقم۲	رقم۳	کل
شمارش شده	رقم۱	۴۸	۴	۸	۶۰
	رقم۲	۸	۳۲	۲۰	۶۰
	رقم۳	۳	۱۰	۴۷	۶۰
درصد	رقم۱	۸۰	۶/۷	۱۳/۳	۱۰۰
	رقم۲	۱۳/۳	۵۳/۳	۳۳/۳	۱۰۰
	رقم۳	۵	۱۶/۷	۷۸/۳	۱۰۰

همچنین مطابق با شکل۳ توابع تشخیص کانونی، سه رقم ذرت با استفاده از روش گام به گام بادقت ۷۰٪/۶ طبقه بندی شده است. همانطور که در شکل مشاهده می شود نمونه های هر سه گروه با یکدیگر همپوشانی ایجاد کرده اند. همپوشانی رقم اول نسبت به دو رقم دیگر کمتر و در نتیجه دقت تشخیص آن بالاتر است.



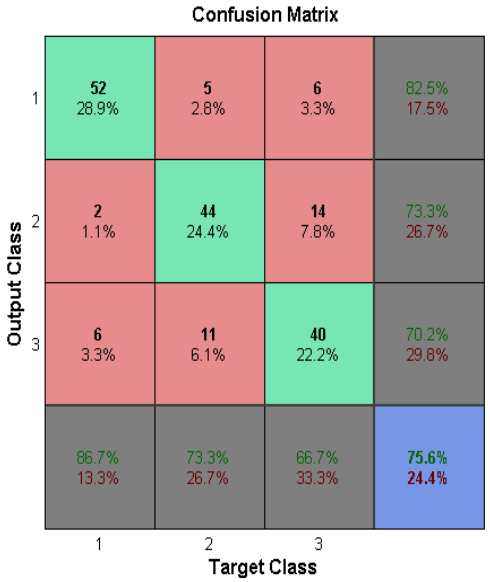
شکل۳- توابع تشخیص کانونی تحلیل تشخیصی خطی با ۸ متغیر پیش بینی کننده(با دقت 70/6%)

با توجه به نتایج بدست آمده، دقت طبقه بندی ارقام در هر دو روش LDA و گام به گام، مساوی و مقدار آن ۷۰/۶٪ بوده و در هر دو روش

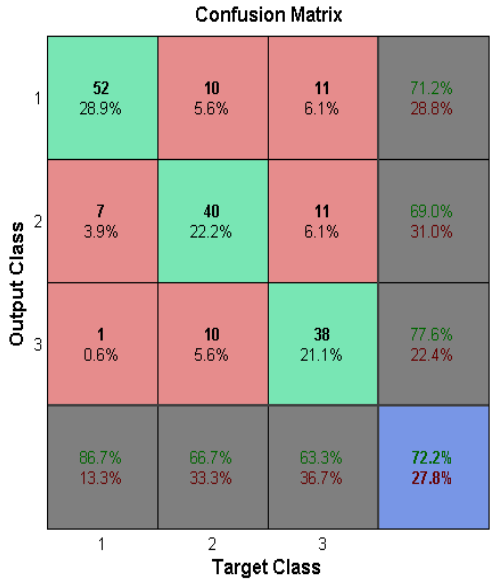
۳-۳-نتایج شبکه عصبی مصنوعی

از شبکه عصبی پرسپترون برای طبقه بندی ۳ نوع ذرت استفاده شد. با توجه به داده‌های ۱۶ و ۸ متغیر پیش بینی کننده ، به ترتیب ۱۶ نرون و ۸ نرون برای لایه ورودی در نظر گرفته شد و برای لایه خروجی با توجه به طبقه بندی ۳ رقم ذرت ۳ لایه نرون در نظر گرفته شد و تعداد گره‌های لایه پنهان توسط سعی و خطا برابر با ۱۰ به دست آمد. در آموزش شبکه از تابع انتقال سیگموئید لگاریتمی و روش یادگیری لونبرگ مارکورات استفاده شد. بنابراین شبکه عصبی با ساختار ۳-۱۰-۱۶ برای طبقه بندی ۳ رقم ذرت با ۱۶ متغیر پیش بینی کننده و ساختار ۸-۱۰-۳ با ۸ متغیر پیش بینی کننده بالاترین دقت را داشت به طوری که مقدار اندازه گیری خطای آنتروپی متقاطع (cross entropy error measure) برای ۱۶ متغیر پیش بینی کننده برابر ۰/۴ درصد طبقه بندی اشتباه نمونه ها برابر ۲۴/۴ درصد به دست آمد و همچنین بیشترین دقت مربوط به رقم اول و برابر با ۸۰٪ می باشد. همچنین کمترین دقت تشخیص در هر دو روش مربوط به رقم دوم است.

مقدار اندازه گیری خطای آنتروپی متقاطع برای ۸ متغییر پیش بینی کننده برابر ۰/۳۹۷ درصد طبقه بندی اشتباه نمونه ها برابر ۲۷/۷ درصد به دست آمد. ماتریس اغتشاش برای محاسبه دقت پیش بینی مدل ها استفاده می شود. این ماتریس مقادیر پیش بینی شده را از مقادیر واقعی مقایسه می کند. ستون ها در ماتریس اغتشاش با کلاس های پیش بینی شده و ردیف ها با کلاس های واقعی مطابقت دارند. سلولهای مورب در ماتریس اغتشاش با مشاهدات طبقه بندی شده درست مطابق هستند. در شکل ۴ و ۵ ماتریس اغتشاش حاصل از طبقه بندی ۳ رقم ذرت با استفاده از روش ANN ارائه شده است. با توجه به نتایج به دست آمده از شکل ۴ و ۵ مشاهده می شود که دقت روش ANN با ۱۶ متغیر پیش بینی کننده و ۸ متغیر پیش بینی کننده به ترتیب برابر با ۷۵/۶ و ۷۲/۲ درصد به دست آمد.



شکل ٤- ماتریس اغتشاش حاصل از ١٦ متغییر پیش بینی کننده



شکل ٥- ماتریس اغتشاش حاصل از ٨ متغییر پیش بینی کننده

۳-نتیجه گیری

طبق نتایج بدست آمده، طبقه بندی ۳ رقم بذر ذرت با استفاده از پردازش تصویر و روش آنالیز تشخیصی خطی و در نظر گرفتن ۱۶ متغیر پیش بینی کننده با دقت ۷۰/۶٪ و روش گام به گام و حذف برخی متغیرها و استفاده از ۸ متغیر پیش بینی کننده با همان دقت ۷۰/۶٪ انجام شد. بنابراین با وجود کاهش تعداد متغیرهای پیش بینی کننده در روش گام به گام ، دقت تشخیص ثابت ماند. همچنین بیشترین دقت تشخیص ۸۰٪ و مربوط به رقم اول (سینگل کراس ۷۰۳) می باشد. همچنین دقت روش ANN با ۱۶ متغیر پیش بینی کننده و ۸ متغیر پیش بینی کننده به ترتیب برابر با ۷۵/۶٪ و ۷۲/۲٪ به دست آمد که این مقدار بالاتر از روش LDA بود. متغیرهای پیش بینی کننده شامل مساحت، محیط، قطر اصلی بزرگ، قطر اصلی کوچک، یکپارچگی، بی قاعدگی، مساحت محدب ، قطر معادل، شاخص رنگ قرمز ، شاخص رنگ سبز و شاخص رنگ آبی حاصل از پردازش تصاویر نمونه های دانه های ذرت و وزن و ابعاد دانه های ذرت در کنار پارامتر جهت تصویربرداری بودند. مهم ترین پیش بینی کننده ها برای تشخیص ارقام عبارت بودند از: ضخامت، محور اصلی بزرگ، محور اصلی کوچک، بی قاعدگی، قطر معادل، یکپارچگی، شاخص رنگ قرمز و شاخص رنگ سبز. بنابراین طول و عرض تک دانه تاثیر معنی داری در طبقه بندی ارقام نداشت. با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق، در مراکز تهیه و اصلاح بذر و نهال، سیلوها، انبارهای مکانیزه و جاهایی که نیاز به تشخیص و جداسازی ارقام بذر ذرت باشد، می توان از تکنولوژی ماشین بینایی به همراه اندازه گیری وزن و ابعاد بذور استفاده کرده و تشخیص ارقام بذور را بصورت غیرمخرب انجام داد.

منابع

-حیدری شریف آباد، احمد، ۱۳۹۲، مروری بر کاربردهای بینایی ماشین و سیستم های پیاده سازی شده درعلم کشاورزی، مجموعه مقالات اولین همایش کاربرد علوم و فناوری های نوین در کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی- واحد میبد، صص۱۰-۱.

-رحیمی مقدم، سجاد؛ دیهیم فرد، رضا؛ صوفی زاده، سعید؛ کامبوزیا، جعفر؛ نظریان فیروزآبادی، فرهاد؛ عینی نرگسه، حامد، ۱۳۹۴، تعیین ضرایب ژنتیکی برخی ارقام ذرت در ایران برای کاربرد در مدل های شبیه سازی گیاه زراعی. نشریه پژوهشهای زراعی ایران. جلد۱۳، شماره۲، صص ۳۳۹-۳۲۸.

-Cheng JH, Sun D-W, Zeng XA .(2014). Comparison of visible and longwave near infrared hyperspectral imaging for colour measurement of grass carp (Ctenopharyngodon idella). Food and Bioprocess Technology. 7(11):3109–3120.

-Cheng JH, Sun D-W .(2015). Rapid quantification analysis and visualization of Escherichia coli loads in grass carp fish flesh by hyperspectral imaging method. Food and Bioprocess Technology, 8(5):951–959.

-Chen, X., Xun, Y., Li, W., & Zhang, J. (2010). Combining discriminant analysis and neural networks for corn variety identification. Computers and Electronics in Agriculture, 71:48–53.

.-Gowen AA, O'Donnell CP, Cullen PJ, Downey G, Frias JM. (2007). Hyperspectral imaging-an emerging process analytical tool for food quality and safety control. Trends Food Sci Technol 18:590–598.

-Harris, D., A. Rashid, G. Miraj, M. Arif, and H. Shah. (2007). On farm seed priming with zinc sulphate solution: A cost effect way to increase the maize yields of resource-poor farmers. Field Crops

Research 102:119-127.
-Huang, M., Wang, Q., Zhu, Q., Qin, J., Huang, G., 2015. Review of seed quality and safety tests using optical sensing technologies. Seed Sci. Technol. 43, 37-366.
-Kamruzzaman M, ElMasry G, Sun D-W, Allen P. (2011). Application of NIR hyperspectral imaging for discrimination of lamb muscles. Journal of food engineering 104:332–340.
-Paliwal, R. L. 2000. Introduction to maize and its importance. In: FAO, 2000. Tropical maize improvement and production. Rome, Italy.
-Pourreza, A., H. Pourreza , M.H. Abbaspour-Fard , H. Sadrnia. (2012). aIdentification of nine Iranian wheat seed varieties by textural analysis with image processing Computers and Electronics in Agriculture. 83:102–108.
-T.Yi Kuo , C.Lin Chung , S.Yu Chen , H.An Lin , Y.Fu Kuo. (2016). Identifying rice grains using image analysis and sparse-representation-based classificationComputers and Electronics in Agriculture. 127:716–725.

Maize seed variety classification using image processing

Fariba Alimohammadi Sarab[1]; Mansour Rasekh*[2]; Vali Rasooli Sharabiani[3]; Amir H. Afkari-Sayyah[3];Yousef Abbaspour-Gilandeh[2]; Hamed Karami[4]

1- Ph.D Candidate, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

*2- Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

3-Associate Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

4-Ph.D, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

*Email Address: m_rasekh@uma.ac.ir

Abstract

As one of the most important crops in the world, maize (*Zea mays*.L) ranks third after wheat and rice in terms of cultivated area. The objective of this study was to distinguish and classifymaize seeds of three varieties using image processing techniques as non-destructive. Three maize seed varieties were imaged both individually and in bulk. Grain weight and dimensions were measured for 180 samples as a single-seed with 60 replicates (in the posterior and anterior positions) for each variety. In addition, nine other samples were used to measure the weight and dimensions of ten grains for each variety by selecting random bulk samples.Predictive variables included area, perimeter, major principal diameter, minor principaldiameter, integrity, irregularity, convex area, equivalent diameter, red, green, and blue color indices, weight, and tripledimensionsmanually measured. The results showed that when classified by the linear diagnostic analysis method considering 16 predictor variables, the accuracy was 70.6%. The same accuracy (70.6%) was also achieved with the stepwise method and removal of some variables using 8 predictor variables. The main predictor variables were: thickness, major principal axis, minor principal axis, irregularity, equivalent diameter, integrity, red and green color indices.Also, the accuracy of Artificial Neural Network analysis (ANN) with 16 and 8 predictor variables was higher than the LDA method with 75.6% and 72.2%, respectively.

Introduction

Maize (*Zea mays*. L) is one of the most important crops acrossthe world that ranks third in terms of acreage behind wheat and rice. As this crop can adapt to different climatic conditions, it is of great importance and has a large area under cultivation.Therefore, maize is one of the major products of temperate, warm-temperate, subtropical, and humid regions. After wheat, rice, and barley, this plant is the main crop in Iran with the largest cultivated area.There are different types of maizeseeds, so their classification is essential to ensure quality. A key component of sustainable agriculture is quality assurance. On the one hand, techniques such as drying, cooling, and edible coating must be used to maintain the quality of agricultural products. On the other hand, effective and efficient methods should be developed to evaluate and classify their quality, which is used in seed and seedling processing centers, silos, and mechanized warehouses.The detection of various varieties of crop seeds using instrumental methods has been the subject of extensive research. As a non-destructive and rapid inspection method for the recognition and classification of cereal seed varieties, the visual machine is available. Machine vision-based automated methods can have a positive impact on food processing. In other words, this tool is the process of preparing and analyzing images of a real scene using a computer to obtain information or control a process. The features of images can be extracted using this machine to recognize and identify the quality of different types of products. To identify the types of plants, their growth patterns, and the effects of the environment on them to obtain more and superior products, machine vision occupies a special place and is one of the most important research areas. Inspection and quality control of factory output products is an important application of machine vision.Advances in image processing technology have opened up a wide range of machine vision applications in agriculture. The development of powerful microcomputers and specialized software has led to the use of image processing for the inspection of fruits and agricultural products, especially for quality control and sorting. Many agricultural products sorting systems used to separate fruits or crops based on color, shape, size, the extent of damage, crushing, bursting, spotting, etc., now rely on visual machines and image processing functions.Images of products moving on the conveyor system are taken by a CCD camera, transmitted to a computer for processing, and in these systems, the necessary data are extracted from them. Depending on the information obtained, commands are then

issued to activate or deactivate a mechanical part so that the product can be removed from or allowed to cross the main path. Sorting is a common practice in many industries. Compared to mechanical systems, machine vision technology offers the highest accuracy and quality at the lowest cost and with the lowest error rate, so it can be considered the most effective solution to this problem. The agricultural industry is one of the areas where sorting and grading systems based on machine vision are urgently needed.The core elements of machine vision are image processing and analysis used together with new methods and classifiers such as neural networks, backup vector machines, fuzzy logic, etc. to perform classifications and required measurements. This study aimed to identify seeds of three maize varieties using macroscopic imaging techniques, evaluate the morphological and chromatic features in maize grains, and discriminate varieties using a stepwise method and remove some variables using LDA and ANN.

Methodology

Three seed varieties of single cross 703,single cross 704, and single cross 705 were provided by the Agricultural and Natural Resources Research Centre of Ardabil Province in Pars Abad Moghan. The seeds were then taken to the Biophysical Properties Laboratory of the Department of Biosystems and Mechanical Engineering, MohagheghArdabili University.Three samples (20 g) of each variety were stored in a laboratory oven at 105 °C for 24 h to determine the initial moisture content of maize grains. According to the dry weight of grains, the initial moisture content of them was calculated by 10.50%. To distinguish 3 maize varieties, 180 samples were analyzed as single seeds (30 replicates in the anterior direction and 30 replicates in the posterior direction) for each variety with 60 replicates. In addition, 9 more samples were used in bulk with 3 replicates for each variety.Thus, we imaged a total of 189 samples. In addition, a digital scale with an accuracy of 0.001 g was used to measure the weight of the grains. Computer vision systems consist of five main components: lighting chamber, camera, analogue-digital card (for digitization), computer, and computer software. Images were taken using a Canon IXY DIGITAL 510 IS digital camera. A dome-shaped chamber was used to reduce noise and control ambient light. The system was illuminated with four fluorescent lamps and two rows of LED lamps, one white and one yellow. While the camera was pointed perpendicular to the imaging surface, it provided images with a resolution of 12.1 megapixels.In this case, the images were processed using MATLAB software. First, 10 maize seeds were randomly sampled from the first variety (single cross 703) and weighed using a digital balance. Then, parameters such as the large and small diameters and thickness of each grain were measured using a caliper of 0.02 mm. Then, these grains were placed at appropriate distances from each other on a plate of red cardboard in the opposite direction to be imaged. Finally, 30 maizeseeds were imaged in both directions and 60 images were taken as single seed. In total, we obtained 180 images of all three varieties as single seeds. To prepare the mass, first, some seeds of the first variety were placed in a cylindrical container (1.5 cm high, 4.2 cm in basal diameter, and 70.62174 cm^2 in volume) so that the container was filled. After weighing, the mass of grains with a certain volume was poured onto the red plate in a circular pattern. In the end, the camera was placed on the bulk sample and the image was taken, just like the single grain image.The same procedure was repeated twice more on two more bulk samples of the first variety. Similarly, three bulk samples of two more varieties were imaged. In this way, a total of nine images were obtained. After each imaging, we measured and recorded the dimensions and weight of 10 randomly selected seeds from the imaged bulk. In the end, 189 images were obtained, including 180 single-grain and 9 bulk images.In the single sample feature extraction step using the bwlabel function, all samples were labeled and the grain morphological features were extracted. Then, the set of Regionprop functions was used to determine eight parameters, including area, perimeter, major principal axis, minor principal axis, integrity, irregularity, convex area, and equivalent diameter. An artificial neural network (NAA) and a statistical linear discriminant analysis (LDA) method were used to identify maize varieties based on their morphological and color characteristics. The data were normalized before analysis. LDA is a statistical method for classifying objects based on independent variables. The analysis was carried out using SPSS software. The diagnostic analysis includes stepwise analysis, principal component analysis, and elimination of recursive features. In this study, the stepwise method was used. In the usual method, all variables are included in the analysis. However, in the stepwise method, some variables were removed and only the variables with the greatest influence on the model were included. To classify the maize varieties, a network consisting of three layers: input, output, and hidden layers was used.

Conclusion

We performed image processing to classify three maize varieties based on the results obtained. A linear diagnostic analysis method was used in this study. A total of 16 predictor variables were used with an accuracy of 70.6%. Some variables were eliminated by a stepwise method. In addition, eight other predictor variables were analyzed with the same accuracy of 70.6%. Thus, although the number of predictor variables was reduced, the detection accuracy remained constant. Moreover, the highest accuracy of diagnosis (80%) was associated with the first variety (single cross 703). Additionally, the accuracy of the methods of ANN with 16 and 8 predictor variables was 75.6% and 72.2%, respectively. These values were higher than that of LDA.Predictive variables included areas, perimeter, major principal diameters, minor principal diameters, irregularities, concave areas, equivalent diameters, color indices (red, green, and blue) resulting from maize grain sample processing, weight, and grain size. The following factors were the most important predictors of varietal discrimination: thickness, major principal axis, minor principal axis, irregularity, equivalent diameter, integrity, red color index, and green color index. According to the results, the length and width of individual grains had no significant effect on variety classification.Our finding demonstrated thatmachine vision technology can be used in seed and seedling processing centers, silos, mechanized warehouses, and other places where maize seed crops need to be identified and separated in a non-destructive manner.

Keywords
Maize, Classification, Image Processing, Artificial Neural Networks, LDA