تحقیقات سامانه‌ها و مکانیزاسیون کشاورزی/جلد ۲۴/ شماره ۸۶/تابستان ۱۴۰۲/ص ۱۱۴-۹۹
سایت مجله: https://www.amsr.areeo.ac.ir

مقاله علمی– پژوهشی

ارزیابی سامانهٔ بینایی ماشین برای تعیین درصد شکستگی و تعداد بذرهای سورگوم، پنبه و جو

محمد شاکر*[1] و اکبر جوکار[2]

۱ و ۲- استادیاران بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۳/۲۳

چکیده

در این تحقیق از یک سامانهٔ بینایی ماشین استفاده و برای بذرهای سورگوم، پنبه و جو ارزیابی شد. برای هر یک از این سه نوع بذر، عملکرد دستگاه مکش با سه صفحهٔ بذر (با قطر سوراخ‌های ۱ ، ۱/۵ و ۲ میلی‌متر) و چهار مقدار مکش (۸۰- ، ۱۰۰- ، ۱۲۰- و ۱۳۰- میلی‌متر جیوه) ارزیابی شد. در هر مقدار مکش، تعداد کل بذرهای چسبیده به صفحهٔ بذر، تعداد بذرهای جدا شده و تعداد بذرهای به هم چسبیده روی هر سوراخ شمارش و درصد آن‌ها محاسبه شد. پس از آن، برای سه نوع بذر مورد آزمایش الگوریتم تعیین درصد شکستگی و تعداد بذر کدنویسی و اعتبارسنجی الگوریتم در ۳۰ تکرار ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که برای بذر سورگوم تیمار ۱ (صفحهٔ بذر با سوراخ‌های ۱ میلی‌متر و مقدار مکش ۸۰- میلی‌متر جیوه)، برای بذر پنبه تیمار ۵ (صفحهٔ بذر با سوراخ‌های ۱/۵ میلی‌متر و مقدار مکش ۸۰- میلی‌متر جیوه)، و برای بذر جو تیمار ۲ (صفحهٔ بذر با سوراخ‌های ۱ میلی‌متر و مقدار مکش ۱۰۰- میلی‌متر جیوه) مناسب‌ترین تیمار است. نتایج اعتبارسنجی الگوریتم تعیین درصد شکستگی و تعداد بذر برای سه نوع بذر مورد ارزیابی نشان داد که میانگین دقت الگوریتم برابر با ۱۰۰ درصد است.

واژه‌های کلیدی

آزمون خلوص بذر، بینایی کامپیوتر، پردازش تصویر، ضایعات بذر

مقدمه

تهیه و مصرف بذرهای گواهی شده نقش اساسی در افزایش کمّی و کیفی محصولات کشاورزی دارد و یکی از جنبه‌های مهم علوم کشاورزی است. دستیابی به کیفیت مطلوب بذر، هدف اصلی هر برنامهٔ کنترل و گواهی بذر موفق محسوب می‌شود. آخرین مرحلهٔ تایید و گواهی بذر، نمونه‌برداری از محمولهٔ بذر برای آزمون‌های آزمایشگاهی و در نهایت برچسب‌زنی است. بهره‌گیری از روش دقیق و سریع تشخیص ارقام مختلف، تعداد بذرهای شکسته و ناخالصی، مطابق با استاندارد اصول و مقررات کنترل و گواهی بذر، می‌تواند در جلوگیری از زیان فراوان این اختلاط نقش مؤثری داشته باشد (Ghaderifar & Soltani, 2010).

آزمون‌های مختلف روی بذر عبارت‌اند از: آزمون جوانه‌زنی استاندارد (برای تعیین میانگین درصد بذر دارای قابلیت جوانه‌زنی)، آزمون خلوص بذر و شناسایی بذر دیگر ارقام (برای تعیین درصد

*نگارنده مسئول: Email: m.shaker1348@gmail.com
http://doi: 10.22092/amsr.2024.365359.1484

ناخالصی‌های فیزیکی، بذر شکسته و دیگر ارقام)، آزمون‌های سلامت بذر (برای تعیین میزان آلودگی به بیماری‌های بذر، شناخته‌شده در استاندارد ملی بذر)، آزمون بنیهٔ بذر (برای تعیین تعداد بذرهای زنده دارای قابلیت جوانه‌زنی و فاقد آن).

در آزمون خلوص بذر، از وسایل مکانیکی (تخته کار، نورکافی، انبر، ذره‌بین، بینی‌کولار، میکروسکوپ و دستگاه دمنده) به منظور کاهش خستگی متخصص بذر و افزایش کارایی آن‌ها استفاده می‌شود. با توجه به اینکه اجزا معمولاً با چشم و دست جداسازی می‌شود و استفاده از بینایی انسان مستلزم صرف زمان و هزینه است و همچنین به دلیل خستگی چشم، معیارهای متفاوت افراد و خطای دید، منجر به نتایج ارزیابی متغیر و غیراستاندارد می‌شود، بنابراین می‌توان از بینایی ماشین به عنوان جایگزین مناسبی برای بینایی انسان استفاده کرد. از مهم‌ترین مزایای سامانهٔ بینایی ماشین، افزایش دقت و سرعت با هزینهٔ کم و در مجموع بازدهی بالاست و بنابراین روش یادشده می‌تواند جایگزینی برای شمارش دستی و بازرسی نمونه‌های بذر باشد. سامانهٔ بینایی ماشین بر اساس بررسی خودکار تصویرها و تجزیه و تحلیل آن‌ها با روش‌های پردازش تصویر، به ارزیابی و دسته‌بندی نتایج می‌پردازد.

در پژوهشی، به منظور اصلاح عملکرد دستگاه پوست‌کن شلتوک و کاهش ضایعات برنج، سامانهٔ کنترل خودکار و بینایی ماشین، ساخته و آزمایش شد. در این تحقیق، الگوریتم پردازش تصویر به منظور تعیین درصد شکستگی برنج در نرم‌افزار MATLAB کدنویسی و ارزیابی شد. نتایج ارزیابی الگوریتم نشان داد که دقت آن برای تعیین میزان شکستگی برنج برابر با ۹۱/۸۱ درصد است (Shaker *et al.*, 2015).

یک سامانهٔ بینایی ماشین برای تعیین درصد ناخالصی، درصد شکستگی و تعداد بذر گندم ساخته و برای دو رقم گندم ارزیابی شد. این سامانه از سه بخش جعبهٔ مکش، جعبهٔ نمونه‌برداری و جعبهٔ تصویربرداری تشکیل شد. در هر دو رقم گندم، عملکرد دستگاه مکش با دو صفحه بذر و چهار مقدار مکش بررسی گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که مناسب‌ترین تیمار برای گندم رقم ترابی و رقم آذر، صفحهٔ بذر با سوراخ ۱ میلی‌متر و با مکش‌های به ترتیب ۱۰۰- و ۱۲۰- میلی‌متر جیوه است. نتایج اعتبارسنجی الگوریتم نشان داد که دقت دستگاه نزدیک به ۱۰۰ درصد است. نتایج بررسی اقتصادی نیز نشان داد از نظر هزینه‌ها، جایگزینی سامانهٔ بینایی ماشین با روش معمول توجیه اقتصادی دارد (Shaker *et al.*, 2022).

روش‌های ارزیابی کیفی دانه‌های ذرت و سویا در حال حاضر عمدتاً دستی است. بنابراین، وجود سامانهٔ ارزیابی کیفیت کاملاً خودکار، سریع و قابل اعتماد ضروری است. در گذشته، روش‌های اسپکتروفتومتری به طور گسترده برای تشخیص نقص در محصولات مختلف بیولوژیکی و کشاورزی استفاده می‌شدند. در تحقیقی توسط گوناسکاران و همکاران (Gunasekaran *et al.*, 1985)، قوانین و تعامل نور با مواد بیولوژیکی با توجه به کاربرد آنها در ارزیابی کیفیت بررسی شده است. طیف گسترده‌ای از مواد کشاورزی و بیولوژیکی مانند میوه‌ها، سبزی-ها، بذرها، غلات، تخم‌مرغ و فرآورده‌های گوشتی در نظر گرفته شده است. در این تحقیق برای تشخیص رسیدگی و دوام محصولات کشاورزی و تعیین

آسیب‌دیدگی‌های خارجی و عیوب داخلی و نیز دیگر ویژگی‌های کیفی محصول از ارزیابی نوری استفاده شد. در پایان، مناسب بودن هر روش برای نشان دادن موفقیت‌آمیز نمونه‌های معیوب گزارش شده است.

یک الگوریتم پردازش تصویر برای تشخیص ترک‌های تنش در دانه‌های ذرت با استفاده از سامانه بینایی تجاری توسعه داده شد. در این سامانه، نور سفید با پس‌زمینهٔ مشکی و دیافراگم کوچک برای نور، بهترین شرایط مشاهده را فراهم کرد. تصویرهای دانه، زمانی‌که با استفاده از الگوریتم توسعه‌یافته پردازش شدند، رگه‌های سفید مربوط به ترک‌های تنش را مشخص کردند. تشخیص ترک‌های تنش دوتایی، ساده‌تر از تشخیص ترک‌های تنش‌های تکی بود (Gunasekaran *et al*., 1987).

زایاس و همکاران (Zayas *et al*., 1990)، از تحلیل تصویر به همراه الگوی آماری برای تشخیص دانه‌های ذرت سالم از شکسته به ره‌گیری کردند. از دوازده پارامتر توصیف‌گر شکل و اندازهٔ دانه‌های ذرت برای تشخیص دانه‌های ذرت سالم از شکسته استفاده شد. نتایج این پژوهش نشان داد که با به کارگیری این روش، همهٔ دانه‌های شکسته و ۹۸ درصد دانه‌های سالم در نمونه‌های مورد آزمایش به طور صحیح شناسایی شده‌اند.

در تحقیق دیگر، ماجومدار و جایاس (Majumdar & Jayas, 2000)، یک الگوریتم را براساس ویژگی‌های ریخت‌شناسی به منظور دسته‌بندی دانه‌های گندم، جو، جو دو سر و چاودار با استفاده از بینایی ماشین تدوین کردند. در این پژوهش، ۲۳ ویژگی ریخت‌شناسی برای تشخیص به کارگرفته شد. نتایج تحقیق نشان داد که با استفاده از این روش، دقت دسته‌بندی دانه‌های گندم، جو، جو دو سر و چاودار به ترتیب برابر با ۹۸/۹، ۹۶/۸، ۹۹/۹ و ۸۱/۶ درصد است.

در بازرسی چشمی، طبقه‌بندی دانه‌ها باید بر اساس اندازه، شکل، رنگ و بافت بذر باشد. بر این اساس در تحقیقی با به کارگیری سامانهٔ بینایی ماشین و شبکهٔ عصبی مصنوعی از این ویژگی‌ها برای شناسایی بذر ۵۷ گونه علف هرز استفاده شد. همچنین مشخص شد که ویژگی‌های اندازه و شکل قدرت تشخیص بیشتری نسبت به رنگ و بافت در شناسایی بذرها دارند (Granitto *et al*., 2002).

در پژوهشی، روش تجزیه و تحلیل تصویر دیجیتال برای تعیین ویژگی‌های هندسی و رنگ سطح دانه‌های کلزا و تشخیص برخی ناخالصی‌هایی استفاده شد که جداسازی آن‌ها در فرآیند تمیزکردن دشوار است. نتایج این پژوهش نشان داد که تنوع در ابعاد هندسی دانه‌ها بسیار کمتر است تا در رنگ سطح آنها و بنابراین حداقل حجم نمونهٔ مورد استفاده برای اندازه‌گیری رنگ باید بزرگ‌تر باشد. تجزیه و تحلیل رنگ دانه‌های کلزا در مدل RGB (قرمز، سبز و آبی)، تفاوت‌های مشخصی را نشان داد که امکان تمایز بین این دانه‌ها را فراهم می‌کرد. همچنین مشخص شد که رنگ سطح دانه‌های رسیده، نارس و شکسته را نمی‌توان برای تشخیص این بخش‌ها به کار گرفت (Tanska *et al*., 2005).

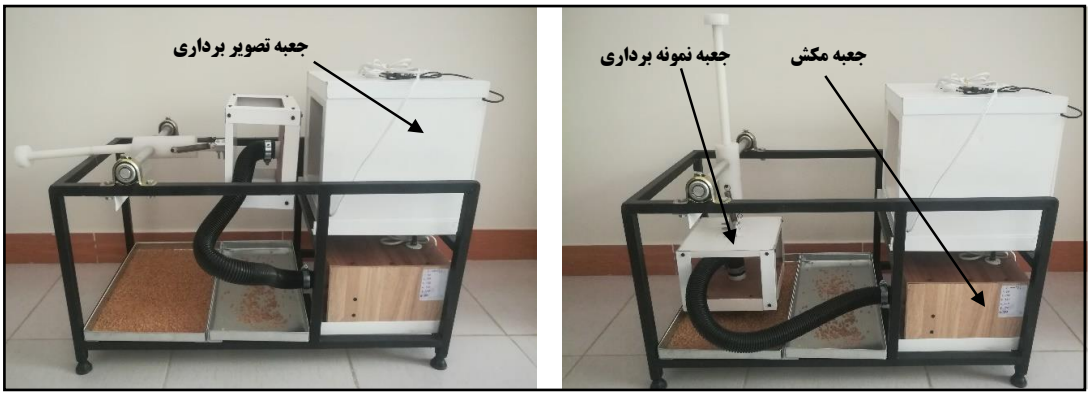
در تحقیقی، کاپادیا و همکاران (Kapadia *et al*., 2017) اعلام کردند که پردازش تصویر در آزمون‌های بذر در تشخیص تودهٔ بذر رقم‌های مختلف و همچنین شناسایی و تمایز رقم‌های جدید به منظور معرفی و ثبت آن‌ها نقش مهمی دارد. این روش، به دلیل سرعت زیاد و دقت بالا، کمک شایانی به به‌نژادگران در انتخاب ارقام می‌کند.

یان و همکاران (Yan et al., 2017) خلوص بذرهای چهار هیبرید ذرت را بر اساس ویژگی‌های رنگ تجزیه و تحلیل کردند و نشان دادند که الگوریتم K-mean با شناسایی ۹۳/۷۵ درصد می‌تواند به طور مؤثری خلوص بذر ذرت را تعیین کند.

در تحقیق پیشین نویسندگان، یک سامانه بینایی ماشین طراحی و ساخته و برای بذر گندم ارزیابی شد (Shaker, 2022). هدف از اجرای تحقیق حاضر، بررسی و ارزیابی سامانهٔ فوق برای تعیین درصد شکستگی و تعداد بذرهای سورگوم، پنبه و جو است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از یک سامانه بینایی ماشین استفاده شد که شامل سه قسمت جعبهٔ مکش، جعبهٔ نمونه‌برداری و جعبهٔ تصویربرداری بود (شکل ۱). توضیحات قسمت‌های مختلف آن به شرح زیر است.



شکل ۱- سامانهٔ ماشین بینایی برای تعیین درصد شکستگی و تعداد بذر

Fig. 1- Machine vision system to determine the percentage of breakage and the number of seed

در جعبه مکش از یک الکتروموتور با فن مکشی (۱۶۰۰ وات) استفاده شده است. یک دستگاه دیمر (مقاومت متغیر) برای تنظیم سرعت دورانی الکتروموتور و مقدار مکش تولیدی و یک تایمر برای تنظیم زمان قطع شدن مکش در جعبه به کار برده شده است. مقدار مکش تولیدی از ۵۰- تا ۱۶۰- میلی‌متر جیوه قابل تنظیم است. برای نمونه‌برداری، از یک جعبه با چهارچوب چوبی به ابعاد ۲۰ ×۲۰ × ۲ سانتی‌متر و سه صفحه بذر فلزی استفاده شده است. روی صفحهٔ بذر به فواصل ۱۵ میلی‌متر، سوراخ‌هایی به قطر ۱، ۱/۵ و ۲ میلی‌متر ایجاد شده است (سه صفحه بذر روی چهارچوب چوبی قابل تعویض هستند) که در مجموع ۱۰۰ سوراخ روی صفحه تعبیه شده است. جعبهٔ نمونه‌برداری با استفاده از دو فنر کششی و اتصالات آن به شاسی متصل است. بر اساس مکانیزمی که به کاربرده شده است، تمام حرکات جعبهٔ نمونه‌برداری محدود گردید و فقط دو حرکت عمودی و دورانی حول محور متصل به شاسی برای آن ایجاد شد. دو جعبهٔ مکش و نمونه‌برداری با یک لولهٔ خرطومی قابل انعطاف به یکدیگر متصل شدند.

پس از روشن کردن الکتروموتور و ایجاد مکش در جعبهٔ نمونه‌برداری، با فشاردادن جعبه به سمت پایین روی سینی بذر و نگه‌داشتن آن به مدت ۲ تا ۳ ثانیه، نمونه‌ای از بذر گرفته شد (بذرها روی سوراخ‌های صفحه بذر می‌چسبند). پس از آن با

برداشتن فشار و با نیروی فنرهای تعبیه شده، جعبه به حالت اولیه خود باز می‌گردد. در این حالت با دوران جعبهٔ نمونه‌برداری حول محور متصل به شاسی، این جعبه در مقابل جعبه تصویربرداری قرار می‌گیرد. در این مرحله، با دوربین دیجیتال یک تصویر از صفحهٔ بذر به صورت دستی تهیه می‌شود. پس از آن با قطع مکش تولید شده، نمونه بذر در سینی دیگری ریخته خواهد شد.

جعبهٔ تصویربرداری به نحوی ساخته شده است که روشنایی آن با لامپ فلورسنت تأمین و با برخورد نور لامپ به صفحهٔ وسط و انعکاس آن به سمت پایین، نور به طور غیرمستقیم و یکنواخت روی بذرها منعکس می‌شود. یک دوربین دیجیتال (مدل C-Logitech ۱۷۰ با وضوح تصویر ۵ مگا پیکسل، ساخت کشور چین) در بالای جعبه در ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری تعبیه شده است، بنابراین تصویربرداری‌ها از یک ارتفاع ثابت صورت می‌گیرد و لرزش یا خطایی در تصویرها به وجود نمی‌آید.

در این تحقیق، سامانه بینایی ماشین فوق برای بذرهای سورگوم (رقم کیمیا)، پنبه (رقم گلستان) و جو (رقم به رخ) ارزیابی گردید. نوع بذر با مشورت کارشناسان بخش تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس انتخاب و در نهایت بذرهای فوق انتخاب گردید. برای هر نوع بذر، عملکرد دستگاه مکش با سه صفحهٔ بذر (با قطر سوراخ‌های ۱ ، ۱/۵ و ۲ میلی‌متر) و چهار مقدار مکش (۸۰-، ۱۰۰-، ۱۲۰- و ۱۳۰- میلی‌متر جیوه) ارزیابی شد. تیمارهای مورد ارزیابی (۱۲ تیمار) بر اساس نوع صفحهٔ بذر و مقدار مکش به شرح زیر بودند:

تیمار ۱- صفحهٔ بذر با سوراخ ۱ میلی‌متر و مکش ۸۰- میلی‌متر جیوه
تیمار ۲- صفحهٔ بذر با سوراخ ۱ میلی‌متر و مکش ۱۰۰- میلی‌متر جیوه
تیمار ۳- صفحهٔ بذر با سوراخ ۱ میلی‌متر و مکش ۱۲۰- میلی‌متر جیوه
تیمار ۴- صفحهٔ بذر با سوراخ ۱ میلی‌متر و مکش ۱۳۰- میلی‌متر جیوه
تیمار ۵- صفحهٔ بذر با سوراخ ۱/۵ میلی‌متر و مکش ۸۰- میلی‌متر جیوه
تیمار ۶- صفحهٔ بذر با سوراخ ۱/۵ میلی‌متر و مکش ۱۰۰- میلی‌متر جیوه
تیمار ۷- صفحهٔ بذر با سوراخ ۱/۵ میلی‌متر و مکش ۱۲۰- میلی‌متر جیوه
تیمار ۸- صفحهٔ بذر با سوراخ ۱/۵ میلی‌متر و مکش ۱۳۰- میلی‌متر جیوه
تیمار ۹- صفحهٔ بذر با سوراخ ۲ میلی‌متر و مکش ۸۰- میلی‌متر جیوه
تیمار ۱۰- صفحهٔ بذر با سوراخ ۲ میلی‌متر و مکش ۱۰۰- میلی‌متر جیوه
تیمار ۱۱- صفحهٔ بذر با سوراخ ۲ میلی‌متر و مکش ۱۲۰- میلی‌متر جیوه
تیمار ۱۲- صفحهٔ بذر با سوراخ ۲ میلی‌متر و مکش ۱۳۰- میلی‌متر جیوه

از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور و پنج تکرار، برای آنالیز آماری داده‌ها و از آزمون دانکن برای مقایسه بین میانگین‌ها استفاده شد. در ابتدا داده‌های مربوط به بذرهای جدا شده و بذرهای به هم چسبیده سورگوم، پنبه و جو، با آزمون نرمالیته مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که فقط داده‌های بذر سورگوم نرمال هستند و

داده‌های مربوط به دو بذر دیگر نرمال نیستند. بنابراین برای داده‌های بذر سورگوم، تجزیه واریانس و برای داده‌های بذرهای پنبه، جو آنالیز غیر پارامتری کراسکل والیس انجام شد.

در هر مقدار مکش، تعداد کل بذرهای چسبیده به صفحه بذر، تعداد بذرهای جدا شده از یکدیگر و تعداد بذرهای به هم چسبیده روی هر سوراخ، شمارش و درصد آن‌ها محاسبه شد. در نهایت برای هر نوع بذر مورد ارزیابی، مناسب‌ترین مقدار مکش و نوع صفحه بذر با معیارهای زیر انتخاب شد:

۱- میانگین تعداد کل بذرهای چسبیده به صفحه بذر حداقل ۸۰ بذر باشد.

۲- بیشترین درصد بذرهای جدا شده و کمترین درصد بذرهای به هم چسبیده را شامل شود.

۳- مقدار مکش کمتر به منظور اعمال فشار کمتر روی موتور دستگاه، را داشته باشد.

تصویر تهیه شده با دوربین دیجیتال به محیط نرم‌افزار MATLAB منتقل و با استفاده از روش‌های پردازش تصویر و توابع موجود در نرم‌افزار، برای هر نوع بذر مورد آزمایش الگوریتم تعیین درصد شکستگی و تعداد بذر کدنویسی و ارائه شد. به طور کلی، برای کدنویسی الگوریتم پردازش تصویر از ویژگی‌های شکل، رنگ و بافت اشیا استفاده می‌شود. این الگوریتم با استفاده از ویژگی‌های شکل بذر (مساحت) و در فضای سیاه و سفید (باینری) تهیه شد.

برای تعیین مساحت بذر، ابتدا ۳۰ بذر سالم روی یک صفحهٔ سفید، با فاصله از یکدیگر چیده شد. پس از آن، مساحت آن‌ها با استفاده از الگوریتمی که به همین منظور کدنویسی شده بود، بر حسب تعداد پیکسل به دست آمد و میانگین آنها برای سه بذر منتخب به طور جداگانه محاسبه شد.

برای کدنویسی الگوریتم تعیین درصد شکستگی و تعداد بذر، ابتدا تصویر رنگی به تصویر باینری تبدیل شد. پس از آن تعداد کل بذرهای موجود در تصویر (مجموع بذرهای سالم و شکسته) شمارش شد. سپس با آستانه‌گذاری مناسب (با استفاده از میانگین مساحت یک بذر سالم)، بذرهای شکسته حذف گردید و تعداد بذرهای سالم موجود در تصویر شمارش شد. با کم کردن تعداد بذرهای سالم از تعداد کل بذرهای موجود در تصویر، تعداد بذرهای شکسته به دست آمد. با تقسیم کردن تعداد بذرهای شکسته بر تعداد کل بذرهای موجود در تصویر ضرب‌در ۱۰۰ ، درصد شکستگی بذر محاسبه گردید. بذرهایی که اندازهٔ سطح آنها (تعداد پیکسل‌های موجود در سطح بذر) کوچکتر از سه چهارم یک بذر کامل بود، به عنوان بذر شکسته در نظر گرفته شد (Farouk & Islam, 1995).

برای اعتبارسنجی الگوریتم تعیین درصد شکستگی و تعداد بذر و تعیین دقت آن، به طور تصادفی ۳۰ نمونه از توده بذر (از ۱ تا ۳۰ درصد شکستگی به عنوان ۳۰ تکرار) انتخاب و در هر نمونه تعداد واقعی و درصد شکستگی بذر به صورت چشمی و با دست جدا (به عنوان روش رایج) و محاسبه شد. سپس، با تصویربرداری از همان نمونه و اجرای الگوریتم، درصد شکستگی و تعداد بذر تعیین و با تعداد واقعی مقایسه شد. پس از آن دقت الگوریتم بر حسب درصد محاسبه شد. الگوریتم برای سه بذر مورد ارزیابی به طور جداگانه اعتبارسنجی شد.

نتایج و بحث

نتایج ارزیابی دستگاه تکساز برای بذرهای منتخب

تجزیهٔ واریانس درصد بذرهای جدا شده و بذرهای به هم چسبیده روی صفحهٔ بذر مربوط به بذرهای سورگوم در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد اثر مدل، صفحهٔ بذر و مقدار مکش بر درصد بذرهای جدا شده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. همچنین مشخص شد که اثر متقابل صفحهٔ بذر و مقدار مکش بر درصد بذرهای جدا شده معنی‌دار نیست. در جدول ۲ نیز مشابه همین نتیجه برای درصد بذرهای به هم چسبیده سورگوم مشاهده می‌شود.

جدول ۱- تجزیهٔ واریانس درصد بذرهای جدا شده سورگوم

Table 1- Variance analysis of the percentage of singled sorghum seeds

میانگین مربعات Mean of squares	درجهٔ آزادی Degrees of freedom	منابع تغییر Sources of change	
2753.55 **	11	Model	مدل
14367.17 **	2	Seed plate p	صفحه بذر p
497.24 **	3	Amount of suction s	مقدار مکش s
10.50 ns	6	p×s interaction	اثر متقابل p×s
30.24	48	Error	خطا
	60	Total	کل

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد – ns نداشتن اختلاف معنی‌دار

** Significant at 1% probability level – ns No significant difference

جدول ۲- تجزیهٔ واریانس درصد بذرهای به هم چسبیدهٔ سورگوم

Table 2- Variance analysis of the percentage of sticked sorghum seeds

میانگین مربعات Mean of squares	درجهٔ آزادی Degrees of freedom	منابع تغییر Sources of change	
2753.55 **	11	Model	مدل
14367.17 **	2	Seed plate p	صفحه بذر p
497.24 **	3	Amount of suction s	مقدار مکش s
10.50 ns	6	p×s interaction	اثر متقابل p×s
30.24	48	Error	خطا
	60	Total	کل

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد – ns نداشتن اختلاف معنی‌دار

** Significant at 1% probability level – ns No significant difference

مقایسهٔ میانگین‌های اثر صفحهٔ بذر، مقدار مکش و اثر متقابل آن‌ها بر درصد بذرهای جدا شده و بذرهای به هم چسبیدهٔ سورگوم در جدول‌های ۳، ۴ و ۵ ارائه شده است. نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد بیشترین میزان بذرهای جدا شده (۷۹/۳۵ درصد) و کمترین میزان بذرهای به هم چسبیده (۲۰/۶۵ درصد) در صفحهٔ بذر با سوراخ‌های ۱ میلی‌متر دیده می‌شود. نتایج جدول ۴ نشان بیشترین میزان بذرهای جدا شده (۵۸/۴۴ درصد) و کمترین میزان بذرهای به هم چسبیده (۴۱/۵۶ درصد) در مقدار مکش ۸۰- میلی‌متر جیوه اتفاق افتاده است.

جدول ۳- مقایسهٔ میانگین‌های اثر صفحه بذر بر درصد بذرهای جدا شده و بذرهای به هم چسبیدهٔ سورگوم

Table 3- Means comparison of the effect of the seed plate on the percentage of singled seeds and sticked together seeds of sorghum

صفحهٔ بذر (میلی‌متر) Seed plate (mm)	بذرهای جدا شده (درصد) Singled seeds (%)	بذرهای به هم چسبیده (درصد) Sticked together seeds (%)
1	79.35 a	20.35 c
1.5	48.04 b	51.96 b
2	26.02 c	73.99 a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

In each column, the means with common letters do not have a statistically significant difference at the level of 5%

جدول ٤- مقایسهٔ میانگین‌های اثر مقدار مکش بر درصد بذرهای جدا شده و بذرهای به هم چسبیدهٔ سورگوم

Table 4- Means comparison of the effect of the amount of suction on the percentage of singled seeds and sticked together seeds of sorghum

مقدار مکش (میلی‌متر جیوه) Amount of suction (-mmHg)	بذرهای جدا شده (درصد) Singled seeds (%)	بذرهای به هم چسبیده (درصد) Sticked together seeds (%)
80	58.44 a	41.56 d
100	52.45 b	47.55 c
120	48.72 c	51.28 b
130	44.93 d	55.07 a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

In each column, the means with common letters do not have a statistically significant difference at the level of 5%

نتایج به دست آمده از جدول ۵ حاکی از آن است که بیشترین میزان بذرهای جدا شده و کمترین میزان بذرهای به هم چسبیده در دو تیمار اول اتفاق افتاده است و چون در یک گروه آماری قرار دارند اختلاف معنی‌داری بین آنها وجود ندارد. با توجه به اینکه در تیمار ۱ (صفحه بذر با سوراخ‌های ۱ میلی‌متر و مقدار مکش ۸۰- میلی‌متر جیوه) بیشترین درصد بذرهای جدا شده به مقدار ۸۸/۱۴ درصد و کمترین درصد بذرهای به هم چسبیده به مقدار ۱۱/۸۶ درصد، واقع شده است، و همچنین با وجود مکش کمتر، فشار کمتری به موتور دستگاه وارد می‌شود، لذا تیمار ۱ برای بذر سورگوم انتخاب شد. میانگین تعداد کل بذرهای چسبیده به صفحه بذر در این تیمار برابر با ۸۵ بذر بود که تعداد مناسبی بود.

آنالیز غیرپارامتری کراسکل والیس درصد بذرهای جدا شده و بذرهای به هم چسبیده روی صفحهٔ بذر مربوط به بذرهای پنبه در جدول ۶ ارائه شده است. نتایج به دست آمده از این جدول نشان می‌دهد اثر تیمارهای مورد ارزیابی بر درصد بذرهای جدا شده و بذرهای به هم چسبیده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است.

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل صفحه بذر و مقدار مکش بر درصد بذرهای جدا شده و بذرهای به هم چسبیده سورگوم

Table 5- Means comparison of the interaction effect of the seed plate and the amount of suction on the percentage of singled seeds and sticked together seeds of sorghum

بذرهای به هم چسبیده (درصد) Sticked seeds (%)	بذرهای جدا شده (درصد) Singled seeds (%)	تیمار Treatment
11.86 g	88.14 a	1
18.78 fg	81.22 ab	2
22.95 ef	77.05 bc	3
29.00 e	71.00 c	4
46.02 d	53.98 d	5
50.38 cd	49.62 de	6
54.74 c	45.26 e	7
56.68 c	43.32 e	8
66.78 b	33.22 f	9
73.49 ab	26.51 fg	10
76.15 a	23.85 g	11
79.52 a	2.48 g	12

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

In each column, the means with common letters do not have a statistically significant difference at the level of 5%

جدول ٦- آنالیز غیر پارامتری کراسکل والیس درصد بذرهای جدا شده و بذرهای به هم چسبیدهٔ پنبه

Table 6- Kraskel-Wallis non-parametric analysis of the percentage of cotton singled seeds and sticked together seeds

بذرهای به هم چسبیده (درصد) Sticked seeds (%)	بذرهای جدا شده (درصد) Singled seeds (%)	منابع تغییر Sources of change
53.67	53.67	آماره کراسکل والیس Kraskel-Wallis statistic
11	11	درجه آزادی Degrees of freedom
0.00 **	0.00 **	معنی‌داری P Significance of P

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

** Significant at 1% probability level

مقایسهٔ میانگین‌های درصد بذرهای جدا شده و بذرهای به هم چسبیدهٔ پنبه در اثر تیمارهای مورد ارزیابی در جدول ۷ ارائه شده است. نتایج به دست آمده از این جدول نشان می‌دهد بیشترین درصد بذرهای جدا شده و کمترین درصد بذرهای به هم چسبیده در چهار تیمار اول واقع شده است که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند. اما میانگین تعداد کل بذرهای چسبیده به صفحهٔ بذر در این چهار تیمار حدود ۳۰ تا ۵۰ بذر است از این‌رو برای انتخاب مناسب نبودند. در تیمار ۵ و ۶ میانگین تعداد کل بذرهای چسبیده به صفحهٔ بذر حدود ۸۰ بذر است که تعداد مناسبی است. با توجه به اینکه در تیمار ۵ میزان بذرهای جدا شده برابر با ۹۴/۴۴ درصد و میزان بذرهای به هم چسبیده برابر با ۵/۵۶ درصد است و با مقدار مکش کمتر، اختلاف معنی‌داری از نظر دو فاکتور فوق با تیمار ۶ ندارد، از این‌رو تیمار ۵ (صفحه بذر با سوراخ‌های ۱/۵ میلی‌متر و مقدار مکش ۸۰- میلی‌متر جیوه) برای بذر پنبه انتخاب شد.

آنالیز غیرپارامتری کراسکل والیس درصد بذرهای جدا شده و بذرهای به هم چسبیده روی صفحهٔ بذر مربوط به بذرهای جو در جدول ۸ ارائه شده است.

نتایج به دست آمده از این جدول نشان می‌دهد اثر تیمارهای مورد ارزیابی بر میزان بذرهای جدا شده و بذرهای به هم چسبیده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است.

جدول ۷- مقایسهٔ میانگین‌های درصد بذرهای جدا شده و بذرهای به هم چسبیدهٔ پنبه در اثر تیمارهای مورد ارزیابی

Table 7- Means comparison of the percentages of cotton singled seeds and sticked together seeds due to the evaluated treatments

بذرهای به م چسبیده (درصد) Sticked together seeds (%)	بذرهای جدا شده (درصد) Singled seeds (%)	تیمار Treatment
0.95 d	99.05 a	1
0.00 d	100 a	2
0.73 d	99.27 a	3
0.00 d	100 a	4
5.56 c	94.44 b	5
6.13 c	93.87 b	6
12.01 b	87.99 c	7
16.55 b	83.45 c	8
16.85 b	83.15 c	9
32.87 a	67.13 d	10
36.82 a	63.18 d	11
37.01 a	62.99 d	12

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

In each column, the means with common letters do not have a statistically significant difference at the level of 5%

جدول ۸- آنالیز غیر پارامتری کراسکل والیس درصد بذرهای جدا شده و بذرهای به هم چسبیدهٔ جو

Table 8- Kraskel-Wallis non-parametric analysis of the percentage of barley singled and sticked seeds

بذرهای به م چسبیده (درصد) Sticked seeds (%)	بذرهای جدا شده (درصد) Singled seeds (%)	منابع تغییر Sources of change	
53.82	53.82	Kraskel-Wallis statistic	آماره کراسکل والیس
11	11	Degrees of freedom	درجه آزادی
0.00 **	0.00 **	Significance of P	معنی‌داری P

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

** Significant at 1% probability level

مقایسهٔ میانگین‌های درصد بذرهای جدا شده و بذرهای به هم چسبیدهٔ جو در اثر تیمارهای مورد ارزیابی در جدول ۹ ارائه شده است. نتایج به دست آمده از این جدول نشان می‌دهد بیشترین درصد بذرهای جدا شده و کمترین درصد بذرهای به هم چسبیده در چهار تیمار اول اتفاق افتاده است و چون در یک گروه آماری قرار دارند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین آنها وجود ندارد. در تیمار ۱، میانگین تعداد کل بذرهای چسبیده به صفحهٔ بذر (حدود ۷۰ بذر) تعداد مناسبی نیست. در تیمار ۲ با وجود مقدار مکش کمتر نسبت به تیمارهای ۳ و ۴، میانگین تعداد کل بذرهای چسبیده به صفحهٔ بذر (حدود ۸۵ بذر) در حد مناسبی است. بنابراین، تیمار ۲ (صفحهٔ بذر با سوراخ‌های ۱ میلی‌متر و مقدار مکش ۱۰۰- میلی‌متر جیوه) با میزان بذرهای جدا شده، ۹۰/۸۷ درصد، و میزان بذرهای به هم چسبیده، ۹/۱۳ درصد، برای بذر جو انتخاب شد.

جدول ۹- مقایسهٔ میانگین‌های درصد بذرهای جدا شده و بذرهای به هم چسبیدهٔ جو در اثر تیمارهای مورد ارزیابی

Table 9- Means comparison of the percentages of barley singled and sticked seeds due to the evaluated treatments

بذرهای به هم چسبیده (درصد) Sticked seeds (%)	بذرهای جدا شده (درصد) Singled seeds (%)	تیمار Treatment
8.20 d	91.80 a	1
9.13 d	90.87 a	2
11.44 d	88.56 a	3
10.65 d	89.35 a	4
41.35 c	58.65 b	5
46.17 c	53.83 b	6
47.73 c	52.27 b	7
54.80 c	45.20 b	8
75.06 b	24.94 c	9
79.39 ab	20.61 cd	10
79.62 ab	20.38 cd	11
83.58 a	16.42 d	12

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

In each column, the means with common letters do not have a statistically significant difference at the level of 5%

الگوریتم‌های تعیین مساحت بذر و تعیین درصد شکستگی و تعداد بذر

الگوریتم تعیین مساحت بذر به شرح زیر مورد استفاده قرار گرفت. نتایج میانگین مساحت بذرهای مورد ارزیابی (۳۰ تکرار) در جدول ۱۰ ارائه شده است.

```
1. P=imread('1.jpg'); % color image (RGB)
2. N=im2bw(P, graythresh(P)); % binary image
3. M=~N; % to convert white pixels to black and vice versa
4. M=bwareaopen(M,100); % to remove dust and small particles
5. X=bwlabel(M); % number of seeds
6. for i=1:30;
7. Data1=regionprops(X,'Area'); % calculation of seed area
8. A=Data1(i);
9. i
10. A
11. end
```

جدول ۱۰- نتایج میانگین مساحت بذرهای مورد ارزیابی بر حسب تعداد پیکسل

Table 10- Results of the area mean of the evaluated seeds according to the number of pixel

نوع بذر Seed type			پارامتر مورد اندازه‌گیری Parameter to be measured
جو Barley	پنبه Cotton	سورگوم Sorghum	
15296	14277	15570	میانگین مساحت بذر (تعداد پیکسل) Mean seed area (number of pixel)

الگوریتم تعیین درصد شکستگی و تعداد بذر سورگوم به شرح زیر مورد استفاده قرار گرفت. مقدار آستانه‌گذاری برای بذر سورگوم ۵۰۰ و ۴۰۰۰ پیکسل بود که در سطرهای چهارم و ششم الگوریتم استفاده شد. برای بذرهای پنبه و جو نیز همین الگوریتم به کار برده شد و فقط مقدار آستانه‌گذاری برای هر بذر متفاوت بود که به تناسب میانگین مساحت آن بذر، این مقدار به دست آمد و مورد استفاده قرار گرفت. نتایج مقدار آستانه‌گذاری برای بذرهای مورد ارزیابی در جدول ۱۱ ارائه شده است.

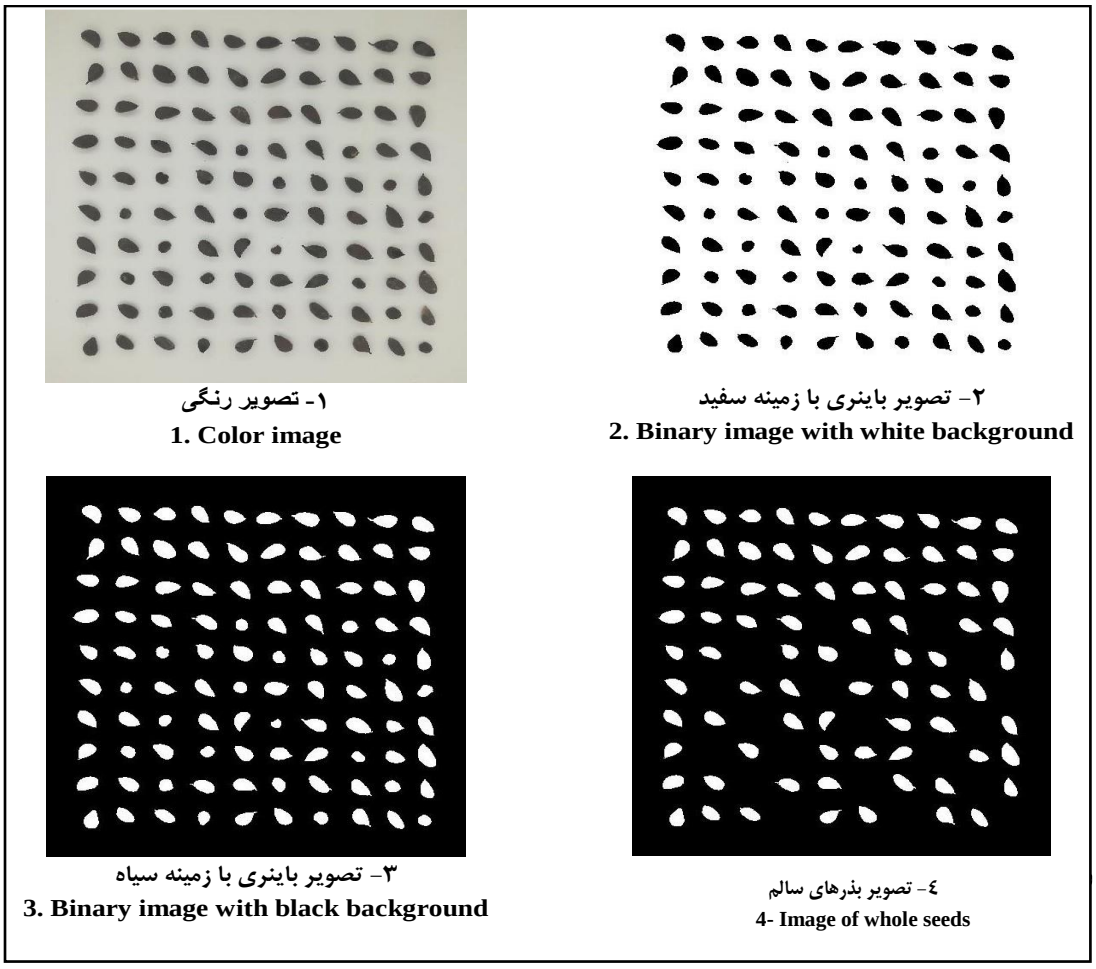
```
1. P=imread('1.jpg'); % Color image (RGB)
2. D=im2bw(P, graythresh(P)); % Binary image
3. Q=~D; % to convert white pixels to black and vice versa
4. W=bwareaopen(Q,500); % to remove dust and small particles
5. [x,G]=bwlabel(W); % G is number of broken and whole seeds
6. M=bwareaopen(W,4000); % to remove broken seeds
7. [y,H]=bwlabel(M); % H is number of whole seeds
8. F=(G-H); % F is the number of broken seeds
9. B=(F/G)*100 % B is percentage of broken seeds
10. H
```

جدول ۱۱- نتایج مقدار آستانه‌گذاری برای بذرهای مورد ارزیابی بر حسب تعداد پیکسل

Table 11- Threshold value results for the evaluated seeds according to the number of pixel

پارامتر مورد اندازه‌گیری Parameter to be measured	نوع بذر Seed type		
	سورگوم Sorghum	پنبه Cotton	جو Barley
مقدار آستانه‌گذاری (تعداد پیکسل) Threshold value (number of pixel)	500 and 4000	2000 and 9000	2000 and 6000

مراحل اجرای الگوریتم تعیین درصد شکستگی و تعداد بذر پنبه در شکل ۲ به عنوان نمونه ارائه شده است. در این الگوریتم ابتدا تصویر رنگی به سیاه و سفید یا باینری با زمینه سفید و پس از آن تصویر باینری با زمینه سیاه تهیه گردید و سپس با برچسب‌گذاری، تعداد کل بذرها در تصویر شمارش شد. با آستانه‌گذاری لازم (بر اساس تعداد پیکسل‌های سطح یک بذر پنبهٔ سالم)، تعداد بذرهای شکسته و سالم تعیین و درصد شکستگی و تعداد بذرهای سالم محاسبه و ارائه شد. برای بقیه بذرهای مورد ارزیابی نیز مراحل اجرای الگوریتم به همین صورت بود.

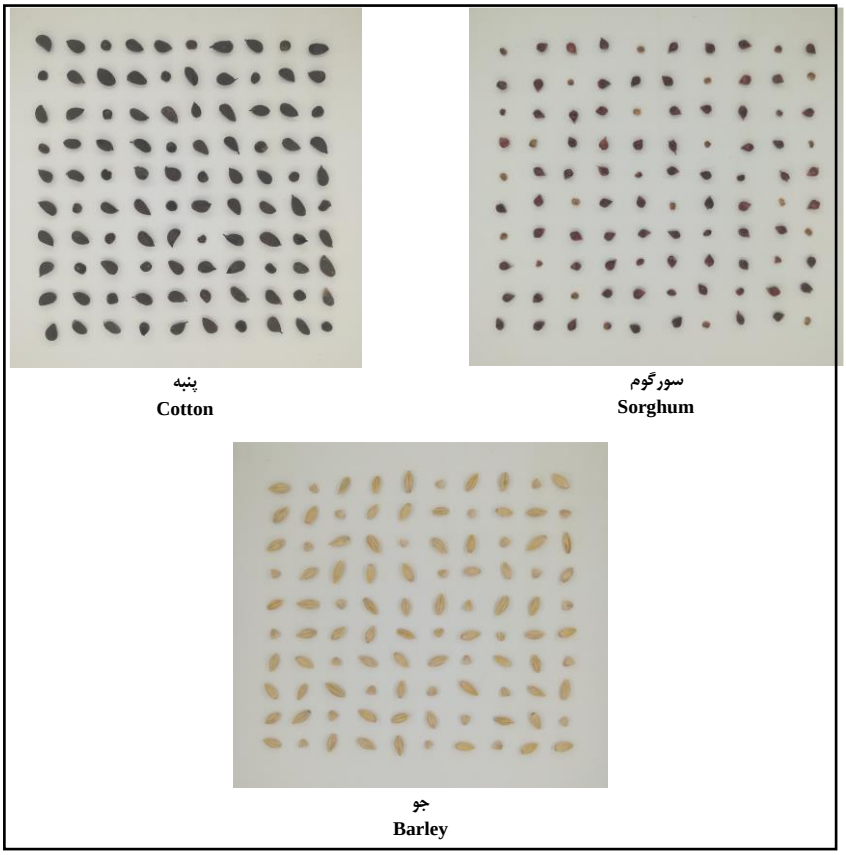


شکل ۲- مراحل مختلف اجرای الگوریتم تعیین درصد شکستگی و تعداد بذر پنبه

Fig. 2- Different stages of implementing the algorithm to determine the percentage of breakage and the number of cotton seed

نتایج اعتبارسنجی الگوریتم تعیین درصد شکستگی و تعداد بذر

نتایج اعتبارسنجی الگوریتم تعیین درصد شکستگی و تعداد بذر برای بذرهای سورگوم، پنبه و جو، در بررسی ۳۰ تصویر تهیه شده از بذر آن‌ها (از ۱ تا ۳۰ درصد شکستگی به عنوان ۳۰ تکرار) نشان داد که میانگین دقت الگوریتم در تعیین میزان شکستگی و تعداد بذر برابر با ۱۰۰ درصد است. در شکل ۳ نمونه تصاویر تهیه شده از بذرهای سورگوم، پنبه و جو با ۳۰ درصد شکستگی ارائه شده است.



شکل ۳- نمونهٔ تصویرهای تهیه شده از بذرهای سورگوم، پنبه و جو با ۳۰ درصد شکستگی

Fig. 3- Example of images prepared from sorghum, cotton and barley seeds with 30% breakage

نتیجه‌گیری

جمع‌بندی نتایج ارزیابی دستگاه تکساز برای بذرهای منتخب نشان داد که برای بذر سورگوم، تیمار ۱ (صفحه بذر با سوراخ‌های ۱ میلی‌متر و مقدار مکش ۸۰- میلی‌متر جیوه) با بیشترین مقدار بذرهای جدا شده (۸۸/۱۴ درصد) و کمترین درصد بذرهای به هم چسبیده (۱۱/۸۶ درصد)، مناسب‌ترین تیمار است. برای بذر پنبه، تیمار ۵ (صفحهٔ بذر با سوراخ‌های ۱/۵ میلی‌متر و مقدار مکش ۸۰- میلی‌متر جیوه) مناسب‌ترین تیمار است چون بیشترین مقدار بذرهای جدا شده برابر با ۹۴/۴۴ درصد و کمترین مقدار بذرهای به هم چسبیده برابر با ۵/۵۶ درصد در این تیمار واقع شده است. برای بذر جو، تیمار ۲ (صفحه بذر با سوراخ‌های ۱ میلی‌متر و مقدار مکش ۱۰۰- میلی‌متر جیوه) با مقدار بذرهای جدا شده برابر با ۹۰/۸۷ درصد و مقدار بذرهای به هم چسبیده برابر با ۹/۱۳ درصد، مناسب‌ترین تیمار تعیین شده است. نتایج اعتبارسنجی الگوریتم تعیین درصد شکستگی و تعداد بذر برای بذرهای سورگوم، پنبه و جو نشان داد که میانگین دقت الگوریتم در تعیین میزان شکستگی و تعداد بذر برابر با ۱۰۰ درصد است. بنابراین، می‌توان به جای محاسبهٔ درصد شکستگی و شمارش تعداد بذرهای مورد ارزیابی، با تصویربرداری و به کارگیری الگوریتم توسعه‌یافته این کار را با دقت ۱۰۰ درصد به انجام رساند. پیشنهاد می‌شود که برای بذرهای با ابعاد و اندازه‌های بزرگ‌تر نیز این سامانه ارزیابی شود.

تعارض منافع

نویسندگان در خصوص مقاله ارائه شده به طور کامل از سوء اخلاق نشر، از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها و یـا ارسال و انتشار دوگانه، پرهیز نموده‌اند و منافعی تجاری در این راستا وجود ندارد.

مراجع

Farouk, S. M., & Islam, M. N. (1995). Effect of parboiling and milling parameters on breakage of rice grains. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, *26*(4), 33-38.

Ghaderifar, F., & Soltani, A. (2010). *Seed control and certification*. Publications of Mashhad University-Jahad. (in Persian)

Granitto, M., Navone, D., Verdes, F., & Ceccatto, H. A. (2002). Weed seeds identification by machine vision. *Computers and Electronics in Agriculture*, *33*(2), 91-103. https://doi.org/10.1016/S0168-1699(02)00004-2.

Gunasekaran, S., Paulsen, M. R., & Shove, G. C. (1985). Optical methods for nondestructive quality evaluation of agricultural and biological materials. *Journal of Agricultural Engineering*, *32*(2), 209-241. https://doi.org/10.1016/0021-8634(85)90081-2.

Gunasekaran, S., Cooper, T. M., Berlage, A. G., & Krishnan, P. (1987). Image processing for stress cracks in corn kernels. *Transactions of the ASAE, 30*(1), 266-271. https://doi.org/10.13031/2013.30438.

Kapadia, V. N., Sasidharan, N., & Kalyanrao, P. (2017). Seed image analysis and its application in seed science research. *Advances in Biotechnology and Microbiology*, *7*(2), 555709.

Majumdar, S., & Jayas, D. S. (2000). Classification of cereal grains using machine vision: III. Texture models. *Transactions of the ASABE, 43*(6), 1681-1687. https://doi.org/10.13031/2013.3068.

Shaker, M., Minaei, S., Khushtaqaza, M. H., Banakar, A., & Jafari, A. (2015). Using machine vision to improve performance and reduce waste in paddy peeling machine. *Agricultural Mechanization and Systems Engineering Research Journal, 16*(65), 47-64. https://doi.org/10.22092/erams.2016.105953. (in Persian)

Shaker, M., Yazdani, S. Mohammadi, D. & Alevi Manesh S. M. (2022). Determining the percentage of breakage and impurity of wheat seed based on the image processing method with the construction and evaluation of a single device, *Research Report*, Agricultural Engineering Research Institute, No. 62686. (in Persian)

Shaker, M. (2022). Machine vision system to determine the percentage of breakage and the number of wheat seeds. *Agricultural Mechanization and Systems Research Journal, 23*(82), 19-32. https://doi.org/10.22092/amsr.2022.359263.1423. (in Persian)

Tanska, M., Rotkiewicz, D., Kozirok, W., & Konopka, I. (2005). Measurement of the geometrical features and surface colour of rapeseeds using digital image analysis. *Food Research International, 38*(7), 741-750. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.01.008.

Yan, X., Wang, J., Liu, S., & Zhang, C. (2017). Purity identification of maize seed based on color characteristics. *Proceedings of the 4th Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture* (CCTA).

Zayas, I., Converse, H., & Steele, J. (1990). Discrimination of whole from broken corn kernels with image analysis. *Transactions of the ASAE, 33*(5), 1642-1646. https://doi.org/10.13031/2013.31521.

Agricultural Mechanization and Systems Research/Vol.24/No.86/summer 2023/P:99-114
Journal Home Page: https://amsr.areeo.ac.ir

Evaluation of the Machine Vision System to Determine the Percentage of Breakage and the Number of Sorghum, Cotton and Barley Seeds

M. Shaker and A. Jokar

*Corresponding Author: Assistant Professor, Agriculture Engineering Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran. Email: m.shaker1348@gmail.com
Received: 2 April 2024, Accepted: 12 June 2024
http://doi: 10.22092/amsr.2024.365359.1484

Abstract

In this research, a machine vision system was used and evaluated for seeds of sorghum, cotton and barley. For each type of seed, the performance of the suction device, with three seed plates (with hole diameters of 1, 1.5 and 2 mm) and four suction values (-80, -100, -120 and -130 mmHg) was evaluated. In each f suction value, the total number of seeds sticked to the seed plate, the number of singled seeds and the number of sticked seeds on each hole were counted and their percentage was calculated. After that, for the three types of seeds tested, the algorithm for determining the percentage of breakage and the number of seed coding and validation of the algorithm was evaluated in 30 repetitions. The results showed that for sorghum seed, treatment No.1 (seed plate with 1 mm holes and suction value of -80 mm Hg), for cotton seed, treatment No. 5 (seed plate with 1.5 mm holes and suction value of -80 mm Hg), and for barley seed, treatment No. 2 (seed plate with 1 mm holes and suction value of -100 mm Hg), were the most suitable treatments. The validation results of the algorithm for determining the percentage of breakage and the number of seeds for the three types of seeds tested showed that the average accuracy of the algorithm was equal to 100%.

Keywords: Seed Purity Test, Computer Vision, Image Processing, Seed Losses

© 2023 Agricultural Mehanization and Systems Research, Karaj, Iran. This is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license)