

درجه‌بندی تخم مرغ به روش ماشین بینایی (یادداشت تحقیقاتی)

محمدحسین آق‌خانی و علیرضا پوررضا*

* به ترتیب استادیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، نشانی: مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، ص. پ. ۱۱۶۳، تلفن:

۸۷۹۵۶۱۲-۰۵۱۱، پیام‌نگار: aghkhani@um.ac.ir و کارشناس ماشین‌های کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت مقاله: ۸۴/۹/۱؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۲/۱۵

چکیده

به کمک فناوری ماشین بینایی، محصولات کشاورزی با هزینه کمتر و با دقت و کیفیت بهتری جداسازی و درجه‌بندی می‌شوند. در این تحقیق از این فناوری برای جداسازی تخم مرغ‌های معیوب و درجه‌بندی آنها از نظر اندازه و جرم استفاده شده است. با نصب یک دوربین ویدیویی دیجیتال روی خط انتقال تخم مرغ، تصاویر برداشت‌شده از تخم مرغ‌ها برای پردازش به رایانه دستگاه ارسال می‌شود. رایانه سیستم به کمک نرم‌افزار تهیه‌شده، قادر است تصاویر دریافتی را برحسب درصد لکه‌های موجود روی آن، شکستگی، و ابعاد پردازش کند. پس از آن، فرمان‌های لازم مطابق با پیش‌فرض‌های مورد نظر برای بخش مکانیکی دستگاه واقع در مسیر خط انتقال، صادر می‌شود. در آزمایش‌های اولیه برای تعیین دقت نرم‌افزار، تمام تخم مرغ‌های معیوب را به درستی تشخیص داده شد و میزان خطا در تخمین حجم و وزن، به طور متوسط کمتر از ۱ درصد بود.

واژه‌های کلیدی

پردازش تصویر، تخم‌مرغ، درجه‌بندی، ماشین بینایی

مقدمه

ناحیه نامرئی می‌تواند در تعیین گرمای داده شده به گیاه بالغ، تشخیص امراض گیاهی، و تعیین واریته، بلوغ، رسیدگی، و کیفیت گیاهان، سبزی‌ها، میوه‌ها، و سایر مواد و تولیدات کشاورزی، دامی، و غذایی قابل استفاده باشد. سادگی، کاهش هزینه‌ها (هزینه‌های متغیر)، سرعت و دقت بالا، غیر مخرب بودن، داشتن بازده بالا، و امکان استفاده گسترده در کشاورزی از مزایای استفاده از این سیستم‌ها هستند. همچنین قابلیت استفاده از پرتو X و MRI در تعیین بیماری‌ها یا نقص‌های دیگر را نیز می‌توان به این مزایا اضافه کرد. به دلیل سرعت و دقت بالای سیستم‌های بینایی، صنعت

بیش از ۲۰ سال است که درباره کاربرد ماشین بینایی در کشاورزی و صنایع غذایی به طور گسترده تحقیق شده است. بیشتر این تحقیقات به کاربرد این سیستم در نظارت و کنترل کیفیت محصول معطوف شده است. روش‌های مرسوم نظارت، به حواس انسان وابسته‌اند، و در بیشتر موارد این نوع کنترل‌های دستی بسیار وقت‌گیر و طاقت‌فرسا هستند و به علاوه دقت آنها را نمی‌توان ضمانت کرد.

ماشین بینایی، علاوه بر بینایی در محدوده مرئی، توانایی دیدن را در محدوده نامرئی (ماوراء بنفش، شبه مادون قرمز، و مادون قرمز) نیز دارد. اطلاعات قابل دریافت از جسم در

تخم مرغ معیوب تحقیقی انجام داده‌اند. توجه اصلی در این تحقیق تشخیص لکه‌های خون در داخل تخم مرغ بوده است. اما چون ترک و آلودگی‌های سطحی بر این تشخیص تاثیر می‌گذارد تحقیق به طور کامل و در شرایط مختلف انجام شده است؛ دقت تشخیص لکه خون در تخم مرغ‌هایی که فقط لکه خون داشته‌اند ۱۰۰ درصد، در تخم مرغ‌های دارای ترک ۸۷/۸ درصد، و در تخم مرغ‌های کثیف ۸۵ درصد بوده است.

جنشین و همکاران (Jenshin *et al.*, 2001) برای تشخیص میزان آسیب‌دیدگی پوسته تخم مرغ که از بارهای وارده ناشی می‌شود یک سیستم ماشین بینایی طراحی کردند که تخم مرغ سالم را با پردازش تصویر از تخم مرغ آسیب‌دیده جدا می‌کند. موفقیت این سیستم برای تشخیص تخم مرغ سالم ۸۶ و برای تخم مرغ‌های آسیب‌دیده ۸۰ درصد ذکر شده است.

جیندال و سریدام (Jindal & Sritham, 2003) یک سیستم درجه‌بندی تخم مرغ را بر اساس انتشار و تمرکز امواج صوتی بر پوسته تخم مرغ طراحی کردند. با پردازش بازتاب امواج صوتی، ترک‌های موجود روی پوسته تخم مرغ تشخیص داده می‌شود. دقت این روش تا آن حد است که ترک‌های طبیعی پوسته را نیز تشخیص می‌دهد. دقت این سیستم در تشخیص ترک ۹۸/۷ و خطای آن در تشخیص کلی حداکثر ۱۰ درصد ذکر شده است.

چو و همکاران (Cho *et al.*, 2000) نیز با استفاده از امواج صوتی همین روش را اجرا و درصد خطا را ۵ و زمان لازم برای تشخیص ترک روی هر تخم مرغ را ۲۰۰ میلی ثانیه اعلام کردند.

کشاورزی و صنایع غذایی در سطح جهان تمایل فراوان پیدا کرده است که سیستم‌های نظارت دستی خود را با این سیستم پیشرفته عوض کند.

درجه‌بندی تخم مرغ در افزایش کیفیت بهداشتی و بالابردن بازده اقتصادی کارخانه‌های بسته‌بندی این محصول موضوعی با اهمیت است. در سیستم‌های مکانیزه بسته‌بندی، تخم مرغ‌های لکه‌دار باعث آلوده‌شدن تسمه نقاله و سایر قسمت‌های مکانیکی سیستم می‌شوند که این موضوع به کاهش کیفیت بهداشتی محصول می‌انجامد. در حالت معمول، تخم مرغ‌های آلوده دست کارگر جدا می‌شوند. این روش با اشتباهات فردی در تشخیص تخم مرغ آلوده، خستگی، ناممکن بودن اجزای کار تمام‌وقت، و مشکلات ناشی از به‌کارگیری کارگر مانند افزایش هزینه تولید و غیره نیز همراه هست. از طرفی، تخم مرغ‌های لکه‌دار باید قبل از آلوده کردن قسمت‌های مکانیکی سیستم از مسیر حرکت خارج شوند. همچنین تخمین حجم و وزن تخم مرغ قبل از بسته‌بندی آن می‌تواند در تعیین شیوه بسته‌بندی تخم مرغ تاثیرگذار باشد.

دلایل یادشده برای استفاده از سیستم هوشمند ماشین بینایی در درجه‌بندی تخم مرغ کافی است تا کیفیت کنترل و بهره‌وری افزایش یابد.

در زمینه درجه‌بندی تخم مرغ، تحقیقات در دو بخش انجام شده است: تشخیص عیوب ظاهری و تشخیص عیوب داخلی. در اینجا مواردی از این تحقیقات آورده می‌شود که تناسب بیشتری با موضوع این نوشته دارد.

پاتل و همکاران (Patel *et al.*, 1998) با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و پردازش تصویر برای تشخیص

درجه‌بندی تخم مرغ به روش ...

مکانیزم حرکت انتقالی و وضعی تخم مرغ در مسیر بینایی، مشخصات و موقعیت دوربین(ها)، سرعت حرکت، مشخصات سیستم کنترل و فرمان پس از نتیجه‌گیری از بخش نرم‌افزاری باید بررسی شوند. طرحواره این سیستم در شکل ۱ آمده است. پس از پردازش تصاویر دیجیتالی با نرم‌افزار رایانه و تشخیص تخم مرغ معیوب و تعیین مشخصات (حجم و وزن) آن، فرمان‌های لازم به عملگرهای نصب‌شده روی خط انتقال داده می‌شود. الگوریتم نرم‌افزار در شکل ۲ آمده و از برنامه MATLAB برای نوشتن آن استفاده شده است.

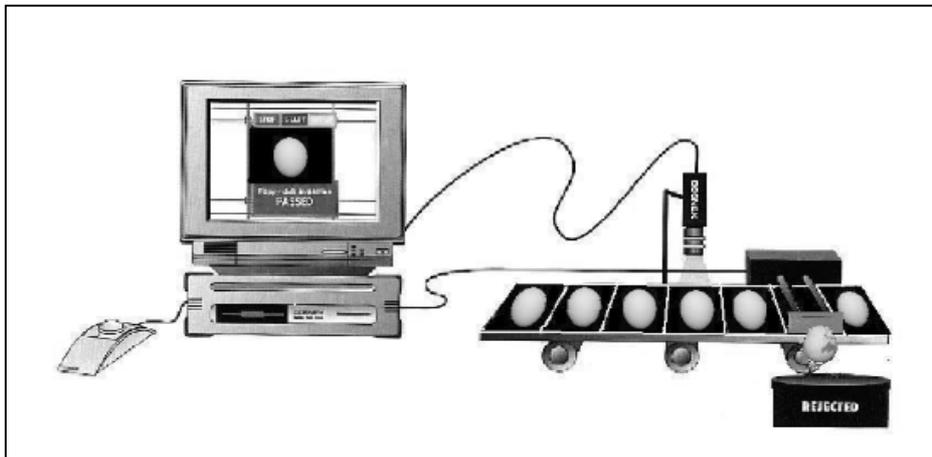
تصویری که برای پردازش در نظر گرفته شد، سیاه و سفید و با رزولوشن 640×480 بود. در اولین مرحله، تصویر برای کوچک‌شدن تا محدوده تخم مرغ پردازش می‌شود. این مرحله، علاوه بر کوچک‌کردن ماتریس تصویر باعث کاهش حجم عملیات و پردازش‌های بعدی روی تصویر و همچنین کاهش نقش نویزهای پیش‌زمینه در نتایج پردازش خواهد شد. برای این کار، ابتدا تصویر از حالت دوبعدی به حالت تک‌بعدی درمی‌آید. به این معنی که مجموع مقادیر ستون‌های ماتریس و همچنین مجموع مقادیر سطرهای ماتریس هر یک در ماتریس جداگانه قرار می‌گیرد. ماتریس‌های به دست آمده نشان‌دهنده تغییرات سطح روشنایی در سطرها و ستون‌های ماتریس تصویر اصلی هستند. در منحنی رسم‌شده از این ماتریس‌ها یک پیک مشاهده می‌شود که مشخص‌کننده محل تخم مرغ است (شکل ۳ الف).

ناکانو و موتوناگا (Nakano & Motonaga, 2003) برای تشخیص لکه‌های خون در تخم مرغ از روش اسپکترومتری با اشعه مادون قرمز استفاده کرده‌اند. به دلیل خاصیت جذب طول موج توسط هموگلوبین خون و مقایسه طول موج عبور داده شده با تخم مرغ سالم، دقت تشخیص تخم مرغ سالم ۱۰۰ و تخم مرغ معیوب ۹۶/۸ درصد گزارش شده است.

اشاره شد که از دو روش مهم برای بررسی عیوب خارجی تخم مرغ استفاده می‌شود یکی پردازش تصویر و دیگری انتشار امواج صوتی. روش اول توانایی تشخیص کامل‌تری دارد و علاوه بر هزینه کمتر، هیچ اثر نامناسبی بر کیفیت تخم مرغ نمی‌گذارد. هدف تحقیقات به طور کلی تشخیص تخم مرغ‌های معیوب بوده است، اما در این سیستم علاوه بر تشخیص تخم مرغ‌های آلوده یا معیوب (شکسته یا ترک‌دار) می‌توان آنها را براساس وزن یا حجم نیز درجه‌بندی کرد و اطلاعات لازم را برای کنترل فرایند بسته‌بندی به دست آورد.

مواد و روش‌ها

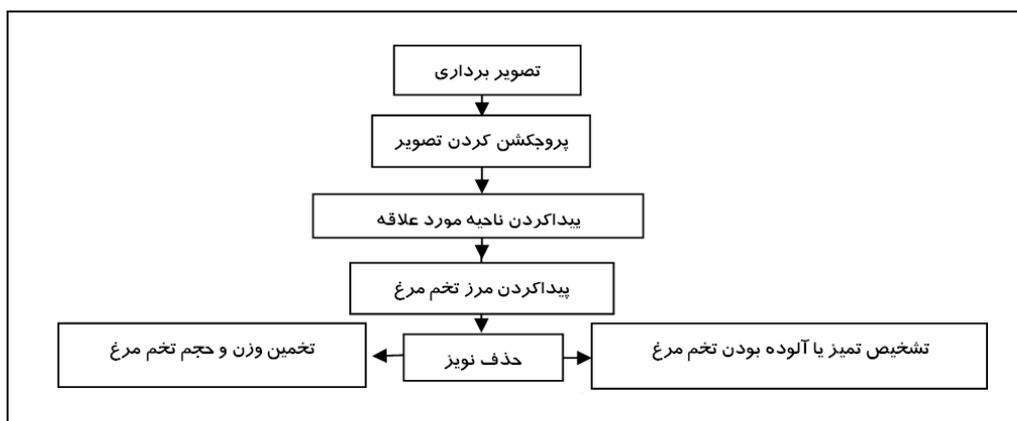
این تحقیق روی بخش نرم‌افزاری این سیستم اجرا شده است و طراحی کامل بخش سخت‌افزاری و بهینه‌سازی آن برای استفاده کاربردی، به تحقیقات بعدی نیاز است. برای تهیه تصاویر مناسب از وجوه مختلف تخم مرغ، بخش سخت‌افزاری باید به گونه‌ای طراحی شود که تخم مرغ ضمن حرکت انتقالی، حول قطر بزرگ خود حرکت وضعی نیز داشته باشد. جزئیات و مشخصات بخش سخت‌افزاری شامل



شکل ۱- طرحواره سیستم درجه‌بندی

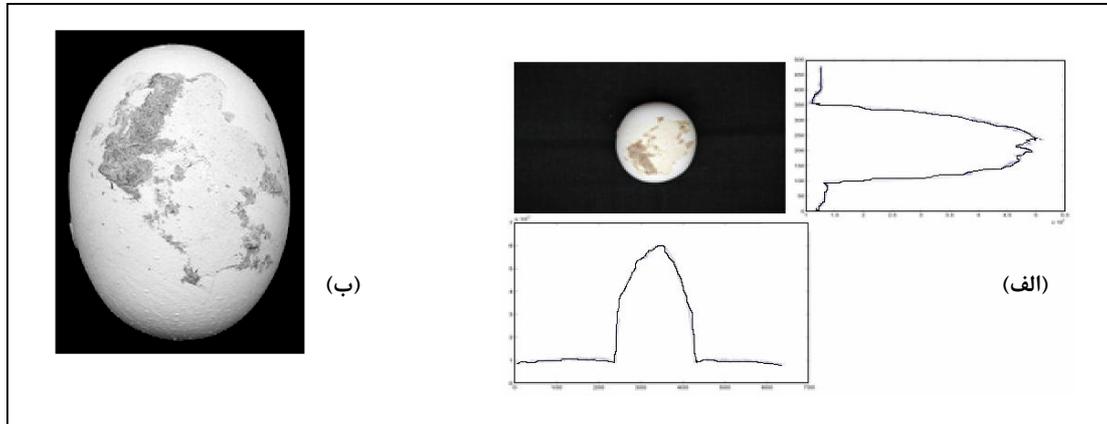
تبدیل کرده تا تخم مرغ از پیش زمینه‌اش جدا شود. برای این کار نیاز به یک حد آستانه بود. مقادیر کمتر از این حد آستانه را به عنوان پیش‌زمینه در نظر می‌گیریم (این نقاط با صفر مقاردهی شد و مقادیر بیشتر به عنوان تخم مرغ در نظر گرفته می‌شود (این مقادیر با ۱۲۸ مقاردهی شد) بدین ترتیب تصویر ما شامل دو رنگ سیاه در پیش‌زمینه و خاکستری در تخم مرغ بود. حد آستانه به صورت تجربی مقدار ۰/۲ ماکزیمم مقدار ماتریس تصویر انتخاب شد.

با تشخیص آدرس آغاز و پایان پیک در منحنی‌ها، محل تخم مرغ در تصویر به دست می‌آید. برای این کار ماکزیمم ماتریس را پیدا و از این محل به دو سمت حرکت می‌کنیم تا به نقاطی برسیم که شیب منحنی تغییر کند. این نقاط عطف منحنی به عنوان سطرها یا ستون‌های آغاز و پایان تخم مرغ در ماتریس تصویر انتخاب و پس از آن به هر طرف تعداد ۱۰ پیکسل اضافه شد تا تصویر ۳-ب به دست آید. در دومین مرحله، تصویر را به صورت دو سطحی



شکل ۲- مراحل پردازش تصویر

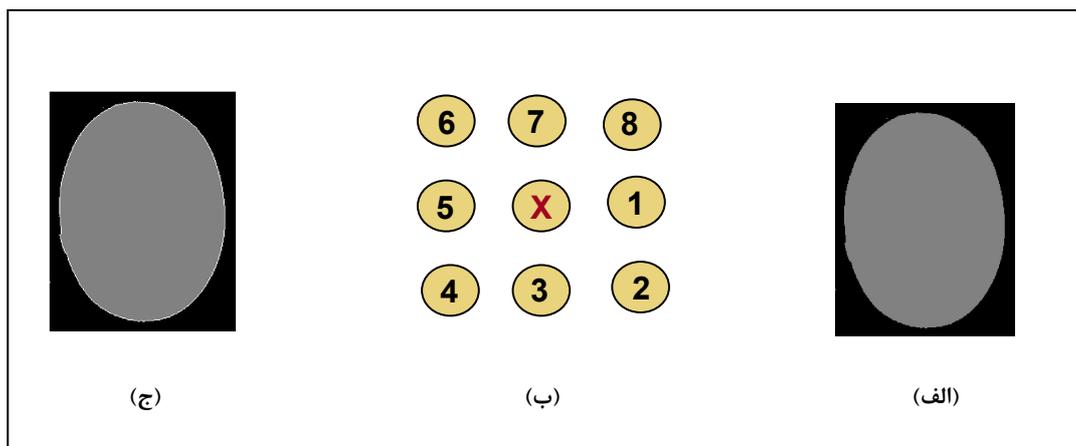
درجه بندی تخم مرغ به روش ...



شکل ۳- الف- تصویر اصلی به همراه منحنی مجموع سطرها و ستون‌ها، ب- شکل محدودشده تصویر اصلی

آن را با اولیویتی که در شکل ۴-ب مشخص شده است بررسی می‌کند. تا به اولین پیکسل دارای مقدار ۱۲۸ که پیکسل اولویت بعدی‌اش مقدار صفر داشته باشد برسد. با پیداشدن نقطه دوم، همان مراحل دوباره انجام می‌شود تا دوباره به نقطه شروع حرکت برسد. اگر نقاط پیداشده با مقدار ۲۵۵ (سفید) مقداردهی شوند تصویر ۴-ج حاصل این مرحله از پردازش خواهد بود.

مرحله سوم شامل پیدا کردن مختصات سطر و ستون نقاطی از تصویر بود که در مرز تخم مرغ با پیش زمینه واقع شده بودند. برای این کار ابتدا یکی از نقاط مرزی تخم مرغ پیدا شد و بعداً از آن نقطه تخم مرغ را در عکس جهت عقربه‌های ساعت دور زدیم تا مختصات نقاط مرزی به دست آید. الگوریتم پردازش، پس از رسیدن به اولین نقطه مرز تصویر (اولین پیکسل دارای مقدار ۱۲۸)، پیکسل‌های اطراف

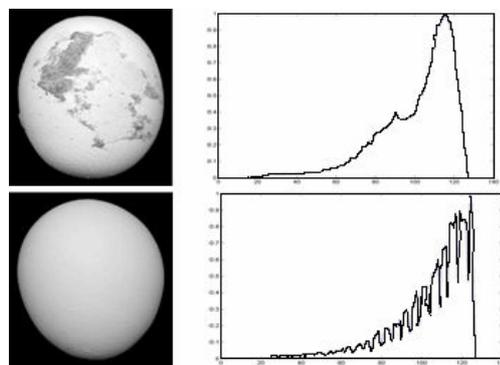


شکل ۴- الف- تصویر پس از دو سطحی شدن، ب- اولویت بندی پیکسل‌های اطراف پیکسل مرزی (به صورت راستگرد)، ج- مرز تخم مرغ

مرحله پردازش اولیه، یک پیک بزرگ روی مقدار صفر مشخص می‌شود که نشان‌دهنده تعداد پیکسل‌های متعلق به پیش زمینه است. با حذف آن، هیستوگرام به دست آمده تنها متعلق به تخم مرغ خواهد بود. از مقایسه هیستوگرام تخم مرغ آلوده و تمیز و بررسی مقادیر این دو هیستوگرام، به تفاوت در پراکندگی این مقادیر پی برده می‌شود (شکل ۵). این پراکندگی، در تخم‌مرغ‌های کثیف بیشتر از تخم‌مرغ‌های تمیز بود. با چند مقایسه بین تخم‌مرغ‌های آلوده و تمیز، یک حد آستانه برای این مقدار واریانس به صورت تجربی حاصل شد تا تصاویری به عنوان تخم مرغ آلوده تشخیص داده شود که این مقدار واریانس برای آنها بیشتر از حد آستانه بود.

اکنون مختصات تمامی نقاط مرزی تخم مرغ موجود است. در مرحله چهارم، الگوریتم آدرس پیکسل‌های تصویر را بررسی می‌کند. اگر این آدرس در داخل مرز تخم مرغ واقع شده باشد با مقادیر ماتریس تصویر اصلی مقادیردهی می‌شود و اگر خارج از مرز تخم مرغ باشد با صفر مقادیردهی می‌شود. به این ترتیب نقاطی از پیش‌زمینه که دارای نویز هستند از بین می‌روند و پیش‌زمینه در پردازش‌های بعدی تاثیری نخواهد داشت و خطای تشخیص تخم مرغ تا حد زیادی سر شکن خواهد شد.

برای تشخیص آلودگی تخم مرغ، از هیستوگرام تصویر آن استفاده کردیم. هیستوگرام نموداری است که تعداد فراوانی سطوح مختلف خاکستری را در یک تصویر نشان می‌دهد. از بررسی منحنی هیستوگرام تصویر به دست آمده پس از چهار



شکل ۵- مقایسه هیستوگرام تصویر تخم مرغ آلوده و تمیز

آغاز مرز تخم مرغ در هر ردیف و ستون دوم، شماره ستون پایان مرز موجود. اگر تخم مرغ حجمی بیضی‌گون فرض شود، حجم آن برابر است با مجموع سطح n دایره متحدالمرکز با قطرهای

در مرحله بعدی برای محاسبه حجم و وزن، از تصویری که چهار مرحله اولیه پردازش روی آن صورت گرفته است. مجدداً استفاده شد، یعنی ماتریسی با تعداد سطرهای برابر با ماتریس تصویر و دارای دو ستون: ستون اول، شماره ستون

درجه‌بندی تخم مرغ به روش ...

- ۱۰ عکس از تخم مرغ‌های سالم با اندازه‌گیری اولیه حجم و وزن به روش آزمایشگاهی،
- ۵ عکس شامل سه تخم مرغ در هر عکس،
- ۵ عکس با پیش‌زمینه (Background) قرمز.

برنامه نرم‌افزاری در مرحله اول، تخم مرغ‌های با پوست شکسته یا لکه‌دار (اعم از لکه کثافت، لکه خون، لکه زرده بیرون‌زده، و...) را از تخم مرغ‌های سالم تشخیص می‌دهد و فرمان لازم را برای عملگرهای دستگاه صادر می‌کند. تخم مرغ‌های آلوده و معیوب از خط خارج و برای مصارف صنعتی نظیر خوارک دام و غیره استفاده می‌شوند. بر اساس وزن و حجم محاسبه شده با نرم‌افزار و طبق استاندارد که برای واحد درجه‌بندی می‌توان تعیین کرد، فرمان‌های لازم برای عملیات درجه‌بندی نهایی و بسته‌بندی صادر می‌شود.

در این آزمایش، وزن و حجم تخم مرغ‌ها قبل از عکس‌برداری اندازه‌گیری و چگالی آنها به صورت مجزا محاسبه شده بود. برای به دست آوردن شرایط یکنواخت، تمامی تصاویر با یک دوربین، در یک محیط، و با فاصله ثابت گرفته شد تا اختلاف شرایط تصویربرداری در نتایج پردازش تصویر تاثیر نگذارد.

نتایج و بحث

ابتدا سیستم در مورد تشخیص تخم مرغ‌های لکه‌دار آزمایش شد و نرم‌افزار پس از پردازش تصاویر، ۱۰۰ درصد تخم مرغ‌های آلوده را از بین تمام تخم مرغ‌ها تشخیص داد. با این نتیجه امکان بررسی تاثیر پیش‌زمینه قرمز سلب شد. نتایج بخش دوم عملکرد سیستم برای تخمین وزن و حجم در جدول ۱ آمده است.

مختلف که روی هم قرار گرفته‌اند (به عبارتی سطح ضرب در تعداد). بنا بر این الگوریتم، از تصویر به دست آمده از ماتریس مرحله چهار استفاده شد. مقادیر ستون دوم از ستون اول کم شد تا قطر دایره در هر ردیف به دست آید. پس از محاسبه سطح هر دایره مجموع این ردیف‌ها حجم تخم مرغ از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$V = \sum_{n=1}^{n=m} \left(\frac{x_2 - x_1}{2} \right)^2 \times \pi$$

که در آن، V = حجم تخم مرغ، n = تعداد ردیف‌های ماتریس از ۱ تا m ، و x_1 و x_2 = شماره ستون ماتریس است.

برای افزایش دقت در اندازه‌گیری، یک ضریب تبدیل تعیین شد. مقدار این ضریب از مقایسه حجم واقعی تعدادی از تخم مرغ‌ها، که حجم و وزن آنها قبل از عکس‌برداری اندازه‌گیری شد، با حجم به دست آمده از پردازش تصویر به دست می‌آید. همچنین با تعیین چگالی نسبی تخم مرغ در آزمایشگاه، وزن تخم مرغ به دست آمد.

برای آزمایش نرم‌افزار و الگوریتم نوشته‌شده، آزمایش زیر روی ۵۰ تخم مرغ در شرایط استاتیک انجام شد.

تصاویر با دوربین دیجیتال Olympus مدل 2100 تهیه شد. تصاویر با پیش‌زمینه (Background) مشکی و قرمز، نور روز و در فضای باز گرفته شد.

ترکیب ۵۰ عکس به شرح زیر بود:

- ۲۰ عکس از تخم مرغ‌هایی با پوست معیوب (شکسته، لکه‌دار و...)
- ۱۰ عکس از تخم مرغ‌های سالم،

جدول ۱- مقایسه حجم و وزن واقعی تخم مرغ با حجم و وزن محاسبه شده

شماره تخم مرغ	وزن (گرم)	وزن محاسبه شده (گرم)	درصد خطا	حجم (سانتی‌متر مکعب)	حجم محاسبه شده (سانتی‌متر مکعب)	درصد خطا
۱	۶۱/۵۷	۶۲/۳۰	+۱/۲	۵۷/۵	۵۸/۲	+۱/۲
۲	۷۲/۸۱	۷۲/۹۶	+۰/۲	۶۸	۶۷/۹	-۰/۱
۳	۶۰/۴۵	۵۹/۸۰	-۱	۵۶/۵	۵۵/۹	-۱
۴	۶۱/۹۶	۶۲/۸۶	+۱/۴	۵۷/۹	۵۸/۷	+۱/۴
۵	۶۶/۴۹	۶۶/۳۳	-۰/۲	۶۲/۱	۶۲	-۰/۲
۶	۷۲/۵۲	۷۲/۷۷	+۰/۳	۶۷/۸	۶۸	+۰/۳
۷	۷۰/۷۲	۷۰/۲۹	-۰/۶	۶۶/۱	۶۵/۷	-۰/۶
۸	۵۷/۴۸	۵۷/۰۲	-۰/۸	۵۳/۷	۵۳/۳	-۰/۷
۹	۶۶/۴۹	۶۶/۵۴	+۰/۱	۶۲/۱	۶۲/۲	+۰/۲
۱۰	۷۰/۸۲	۷۰/۵۶	-۰/۴	۶۶/۲	۶۶/۹	+۱/۱
جمع	۶۶۱/۳۱	۶۶۱/۴۳	+۰/۶	۶۱۷/۹	۶۱۷/۸	-۰/۷

همانطور که مشاهده می‌شود، میانگین خطای نرم‌افزار در تخمین حجم و وزن کمتر از ۱ درصد است که برای درجه‌بندی وزنی در بسته‌بندی محصول، این خطا قابل قبول است.

سرمایه‌گذاری اولیه این سیستم در مقایسه با روش دستی قابل توجه خواهد بود، با این همه پیش‌بینی می‌شود با توجه به سرعت و دقت بالا و کاهش چشمگیر هزینه‌های کارگری، هزینه کلی درجه‌بندی تخم مرغ نسبت به روش غیر مکانیزه بسیار کمتر باشد.

پیشنهاد می‌شود پس از ساخت بخش سخت‌افزاری و بررسی متغیرهایی که در بالا اشاره شد موارد زیر نیز در طرح نهایی اضافه شود:

- افزودن الگوریتم‌هایی برای پیدا کردن ترک‌ها و شکستگی‌های سطحی در پوست تخم مرغ
- بررسی امکان تشخیص عیوب داخلی از روی تغییرات چگالی

نتایج آزمایش و مقایسه با تحقیقات انجام‌شده حاکی از دقت نسبتاً بالای این سیستم است. البته چون این سیستم نهایتاً در شرایط دینامیک تخم مرغ به کار گرفته خواهد شد باید تاثیر سرعت پاسخ رایانه، عملگرها، و سایر مشخصات بخش سخت‌افزاری نظیر سرعت حرکت، توالی زمانی عکس‌برداری لرزش‌های احتمالی، و غیره نیز بررسی شود.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش و مقایسه با تحقیقات انجام‌شده حاکی از دقت نسبتاً بالای این سیستم است. البته چون این سیستم نهایتاً در شرایط دینامیک تخم مرغ به کار گرفته خواهد شد باید تاثیر سرعت پاسخ رایانه، عملگرها، و سایر مشخصات بخش سخت‌افزاری نظیر سرعت حرکت، توالی زمانی عکس‌برداری لرزش‌های احتمالی، و غیره نیز بررسی شود.

مراجع

- Cho, H. K., Choi, W. K. and Paek, J. H. 2000. Detection of surface cracks in shell eggs by acoustic impulse method. Trans. ASAE. 43(6): 1921-1926.**
- Jenshinn Lin, Y., Lin, M., Hsieh, C. and Yang. 2001. An automatic system for eggshell quality monitoring. ASAE Annual Meeting. Paper No. 016032.**
- Jindal, V. K. and Sritham, E. 2003. Detecting eggshell cracks by acoustic impulse response and artificial neural networks. ASAE Annual Meeting. Paper No. 036170.**
- Nakano, K. and Motonaga, Y. 2003. A study of the development of non-destructive detection system for abnormal eggs. EFITA Conference. Debrecen. Hungary.**
- Patel, V. C., Mc Clendon, R. W. and Goodrum, J. W. 1998. Color computer vision and artificial neural networks for the detection of defects in poultry eggs. Artificial Intelligence Review. 12, 163-176.**



Egg Sorting by Machine Vision Method (Research Note)

M. H. Aghkhani^{*}, A. Pourreza

^{*} Corresponding Author: Assistant Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, P. O. Box: 1163, Mashhad, Iran. E-mail: aghakhani@um.ac.ir

Sorting and classification of agricultural products by machine vision system reduce costs and increase quality and accuracy. This research was performed to develop an algorithm and machine vision system for separating dirty and defects eggs and classifying by volume and weight. This machine installed on transport line egg in agriculture included a digital camera, computer and mechanical device for applying commands. After prospecting images by software on computer, proportion commands sent to mechanical device. These commands were based on the dirty and size percent of eggs. The results showed that software was suitable to discern 100% dirty eggs and 1% errors for volume and weight estimation.

Key words: Egg, Image Processing, Machine Vision, Sorting