مقایسه روش پردازش تصویر و سایر روش‌های موجود برای درجه‌بندی و جداسازی محصولات کشاورزی

رضا اصغری[1]، ولی رسولی شربیانی[2]، ابراهیم تقی نژاد[2]

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیزاسیون گرایش مدیریت و تحلیل سامانه‌ها، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

[2] استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

چکیده

در ایران، درجه‌بندی و جداسازی محصولات کشاورزی پس از عملیات برداشت از طریق نیروی انسانی و با دست انجام می‌شود که بسیار زمان‌بر بوده و به علت ماشینی نبودن با خطای انسانی مواجه است. با پیشرفت کامپیوترها و سایر پردازنده‌ها، علوم مختلف پیشرفت چشمگیری داشته‌اند که در این راستا پردازش تصویر معرفی می‌گردد. پردازش تصویر در حوزهٔ کشاورزی کاربردهای فراوانی دارد که از میان آن‌ها می‌توان به شناسایی ارقام و واریته‌ها، تجهیز ماشین آلات برش علف هرز به سیستم پردازش تصویر برای شناسایی و تمایز علف هرز از گیاه زراعی، استفاده از حسگرهای نوری برای جداسازی و درجه‌بندی میوه‌ها براساس درصد رسیدگی و رنگ، پیش‌بینی عمر ماندگاری محصولات کشاورزی و دامی، انتخاب زمین‌های حاصلخیز و بسیاری موارد دیگر اشاره کرد. بهترین استفاده از این ابزار مفید در امور مرتبط با فناوری‌های پس از برداشت محصولات کشاورزی، علی‌الخصوص درجه‌بندی و جداسازی ارقام مختلف محصولات کشاورزی می‌باشد. پردازش تصویر به همراه انتقال داده‌های مستخرج از آن به یک عملگر می‌تواند مدت زمان انجام امورات محوله را کاهش داده و از دخالت انسان در این امور بکاهد و بازده فرآیند پس از برداشت را بالابرد.

کلمات کلیدی: پردازش تصویر، درجه‌بندی، محصولات کشاورزی

Comparing the image processing method with other methods for sorting and grading the agricultural products

Reza Asghari[1], Vali Rasouli Sharabiani[2], Ebrahim Taghinezhad[2]

[1] MSc student of Mechanization Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili

[2] Assistant Professor at Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili

ABSTRACT

In Iran, The sorting and grading of agricultural products post-harvest was be done with humans and is handmade, this is time consuming and no machinery involved leads to human errors. Computers and other processors improvement leads to improve the different sciences and image processing is introduced. Image processing in agriculture has many applications that among them, recognition of types and varieties, equipping the weed cutter machines to the image processing system to recognition and separation the weed from the crop, using optic sensors for sorting and grading fruits on the basis of ripe and color percentage, prediction of remaining time of agricultural and bestial products, selection of prolific fields are main and so on. The best use of it is in doing works related to post-harvest technologies of agricultural products, specially sorting and grading the different types of them. Image processing with the data transfer from its exit to a actuator can reduce the consumed time and man doing and increase the post-harvest efficiency.

Keywords: Image processing, Grading, Agricultural products

۱- مقدمه

یکنواخت شدن مشخصه‌های ظاهری محصولات کشاورزی یکی از اهداف مهم در درجه‌بندی این محصولات به ویژه میوه‌ها و سبزی-هاست. قیمت این محصولات عموماً وابسته به اندازه آنهاست. در کشور ما بیشتر محصولات کشاورزی عرضه‌شده به بازار مصرف، جداسازی و طبقه‌بندی نمی‌شوند و در نتیجه، همراه با ضایعاتشان به بازار وارد می‌شوند که نارضایتی مصرف‌کنندگان را به دنبال دارد. به طور کلی در درجه‌بندی محصولات، دو منظور اصلی نهفته است. یکی بازارپسندی است که با یکنواخت و یکدست کردن محصول، مطلوبیت آن بیشتر می‌شود و دیگری از لحاظ تکنولوژی است زیرا یکنواخت بودن محصول، باعث افزایش کارایی بسیاری از فرآیندهای صنعتی می‌شود.

امروزه توسعه سامانه‌های هوشمندی که بتوانند در مراحل مختلف آماده‌سازی و فراوری محصولات کشاورزی و مواد غذایی با کارآیی مناسب به کار روند، از اولویت‌های تحقیقاتی در این حوزه به شمار می‌روند. با پیشرفت بشر در زمینه‌های مختلف، ابزارها و روش‌های مختلفی برای درجه‌بندی و جداسازی محصولات کشاورزی ابداع شد که استفاده از پردازش تصاویر یکی از این موارد می‌باشد. تنوع زیاد شکل، اندازه و نیز آسیب‌پذیری محصولات کشاورزی، جداسازی مکانیکی این محصولات را مشکل می‌سازد. از این رو استفاده از روش-های الکترونیکی مانند پردازش تصویر برای تعیین شکل و اندازه این محصولات، مفید به نظر می‌رسد.

پردازش تصاویر امروزه بیشتر به موضوع پردازش تصویر دیجیتال گفته می‌شود که شاخه‌ای از دانش رایانه است که با پردازش سیگنال دیجیتال که نماینده تصاویر برداشته شده با دوربین دیجیتال یا پویش شده توسط پویشگر هستند، سر و کار دارد. پردازش تصاویر دارای دوشاخه عمده بهبود تصاویر و بینایی ماشین است.

پردازش تصویر در حوزهٔ کشاورزی کاربردهای فراوانی دارد که از میان آن‌ها می‌توان به شناسایی ارقام و واریته‌ها، تجهیز ماشین آلات برش علف هرز به سیستم پردازش تصویر برای شناسایی و تمایز علف هرز از گیاه زراعی، استفاده از حسگرهای نوری برای جداسازی[1] و درجه‌بندی[2] میوه‌ها براساس درصد رسیدگی و رنگ، پیش‌بینی عمر ماندگاری محصولات کشاورزی و دامی، انتخاب زمین-های حاصلخیز و بسیاری موارد دیگر اشاره کرد. مزایای استفاده از فناوری تصویربرداری، دقیق و غیرمخرب بودن و عملکرد بهتر آن نسبت به انجام همان کار به صورت دستی و با دخالت انسان است (چن و لی،[3] ۲۰۰۱). در واقع، *علت اصلی گسترش روزافزون علم ماشین بینایی و پردازش تصویر در شاخه‌های مختلف علم کشاورزی به این خاطر است که این سیستم‌ها علاوه بر شناسایی شکل، رنگ، اندازه و بافت اشیاء درون تصاویر قادر به استخراج مشخصه‌های عددی و کمیتی از این اشیاء نیز می‌باشد. تاکنون توافق مشخصی برای تعیین مرز بین علم پردازش دیجیتالی تصاویر و ماشین بینایی به‌وجود نیامده است (کوشان و ابیدی،[4] ۲۰۰۸).*

امروزه، از ماشین بینایی در امر درجه‌بندی و جداسازی محصولات کشاورزی استفاده‌های فراوانی می‌شود. بینایی ماشین، ابزاری غیر مخرب برای درجه‌بندی و جداسازی است که دقت و یکنواختی روند کنترلی از مزیت‌های عمده استفاده از این سیستم‌ها در کنترل کیفیت محصولات غذایی است. در این روش، بخش عمده‌ای از سیستم کنترل خودکار کیفیت به عهده حسگر بینایی است که در بازرسی و درجه‌بندی میوه‌ها و محصولات کشاورزی، کاربرد گسترده‌ای دارد.

درجه‌بندی ممکن است بر اساس رنگ، اندازه و یا به طور کلی در مورد خصوصیات بیرونی یک محصول انجام شود. تعیین حجم محصولات کشاورزی نقش عمده‌ای در مسائل مربوط به بسته بندی و پارامترهای مربوط به آن از قبیل ابعاد جعبه، نحوه قرارگیری میوه و ضریب بسته‌بندی (تعداد محصول در یک حجم مشخص) دارد. محاسبات مربوط به برآورد حجم سیلوها و انبارها، فرآیندهای انتقال، درجه بندی و جداسازی نیز از طریق اندازه‌گیری حجم ممکن می‌باشد. تشخیص ارقام محصولات کشاورزی، به منظور خودسازگاری فرآیندهای پس از برداشت در اغلب کارخانجات انجام می شود. اما انجام این مهم با استفاده از بازرسی دستی و بصری بسیار وقت‌گیر و دارای خطا می‌باشد. درنتیجه، تکنولوژی ماشین بینایی[5] به عنوان روش جدید و غیرمخرب می‌تواند برای استخراج ویژگی‌های

1- Sorting
2- Grading
3 Chen and Li
4- Koschan and Abidi
5- Machine Vision

مورفولوژی، رنگ و بافت به کار برده شود. در این تحقیق به بررسی تحقیقاتی پرداخته خواهد شد که در آن‌ها از تکنیک پردازش تصاویر دیجیتال به منظور تشخیص ارقام مختلف گیاهان و درجه‌بندی آن‌ها استفاده شده باشد.

۲- بخش مواد و روش‌ها

توسط جستجوکردن در منابع کتابخانه‌ای، اینترنتی و سایر منابع در دسترس، تحقیقات مختلف در خصوص کاربرد تکنیک پردازش تصویر در تشخیص ارقام مختلف گیاهان و درجه‌بندی آن‌ها همچنین جداسازی آن‌ها بررسی شده و مهمترین و بهترین آن‌ها در این گزارش ذکر گردیده است. در واقع تحقیق حاضر حالت مروری بر تحقیقات گذشته در خصوص کاربرد پردازش تصویر در زمینه‌های فوق الذکر می‌باشد.

۳- نتایج و بحث

مندوزا[1] و همکاران (۲۰۰۷) تحقیقی را روی طبقه‌بندی چیپس‌های سیب‌زمینی با استفاده از روش رنگ و بافت تصویر مطابق ذائقه گروهی از مصرف‌کنندگان انجام دادند و به مقایسه آن با روش دستی پرداختند. آن‌ها نشان دادند که ویژگی بافت نسبت به رنگ در طبقه‌بندی چیپس‌ها، ارجحیت بیشتری دارد. پردازش تصویر می‌تواند در طبقه‌بندی سیب زمینی استفاده شود و سرعت انجام را بالا خواهد برد.

گازمان و پرالتا[2] (۲۰۰۸) از سیستم ماشین بینایی و شبکه‌های عصبی برای شناسائی و طبقه‌بندی برنج از نظر اندازه، شکل و واریته ۵۲ رقم معروف فیلیپینی استفاده کردند. آن‌ها برای این امر از چندین شبکه عصبی چندلایه و استخراج ۱۳ ویژگی از تصویر دانه‌ها از جمله قطر بزرگ و کوچک، مساحت، فاکتور شکل، تعداد پیکسل و چندین پارامتر دیگر، طبقه‌بندی را انجام دادند. مقادیر دقت برای اندازه، شکل و واریته به ترتیب ۷۶/۹۸، ۶۷/۹۶ و ۵۸/۹۴ درصد به دست آمد که تقریباً معادل با دقت انسان و دستگاه‌های بوجاری فعلی خواهد بود با این تفاوت که سرعت انجام عملیات کوتاه‌تر خواهد بود.

الملاهی[3] و همکاران (۲۰۰۹) از تصویربرداری فرابنفش مبتنی بر سیستم ماشین بینایی جهت آشکارسازی غده‌های سیب‌زمینی بر روی ماشین برداشت بهره جستند. هدف آنها از این امر، جداسازی غده‌های سالم سیب‌زمینی از غده‌های ناسالم، ریز و همچنین گل-های چسبیده به سیب‌زمینی قبل از کیسه‌گیری و ورود به انبار بود. روش آن‌ها استفاده از انعکاس نور فرابنفش از غده‌ها و تکه‌های کلوخه و به کارگیری الگوریتم آستانه‌گیری مابین غده‌ها و کلوخه‌ها و مکانیزم‌های نقاله بود که نهایتاً دقت آشکارسازی غده‌ها از هم ۹۸/۷۸ درصد و برای کلوخه‌ها ۹۸/۲۸ درصد به دست آمد.

لیمینگ و همکاران (۲۰۱۲) از سیستم پردازش تصویر به منظور درجه‌بندی توت فرنگی بر اساس رنگ، شکل و اندازه استفاده نمودند. آن‌ها در پایان گزارش نمودند که این روش بسیار دقیق بوده و مدت زمان انجام کار را کاهش می‌دهد.

امیری پریان و همکاران (۱۳۸۶) به برآورد حجم سیب‌زمینی با استفاده از پردازش تصویر پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که روش تقسیم تصویر به ۶۴ قسمت، حجم را با دقت بسیار بالاتری (خطای حدود ۸/۱۵ درصد) نسبت به روش رابطه تجربی (خطای ۲۰/۵ درصد) برآورد می‌کند. بنابراین، برای درجه‌بندی سیب‌زمینی بر اساس حجم، روش تقسیم تصویر به عنوان روش کاربردی پیشنهاد می‌گردد.

لواسانی (۱۳۸۷) تحقیقاتی در زمینه تعیین مشخصات فیزیکی سه رقم زیتون به نام ارقام ماری، گرد گلوله و روغنی انجام داد. برای هر نمونه از زیتون‌ها، طول، عرض و ضخامت اندازه‌گیری شد و بر اساس آن‌ها مشخصات فیزیکی مانند قطر هندسی و کرویت برای ۳ رقم فوق الذکر تعیین گردید.

1- Mendoza
2- Guzman and Peralta
3- Al-Mallahi

پوردربانی و همکاران (۱۳۸۸) بر روی امکان سنجی درجه‌بندی کیفی سیب با استفاده از پردازش تصویر تحقیق نمودند. هدف این تحقیق بررسی امکان استفاده از پردازش تصویر برای درجه‌بندی سیب بر اساس صدمات سطحی بود. تعداد ۱۰۵ عدد سیب گرانی اسمیت به طور تصادفی انتخاب شدند و از هر سیب در شرایط نور دهی، تصویر گرفته شد. سپس به کمک روش سعی و خطا مقدار آستانه به عنوان معیاری برای تصمیم‌گیری معیوب یا سالم بودن سیب به دست آمد. از جمله مشکلات در ارتباط با درجه‌بندی سیب وجود دم گل بود که در تصویر باینری با نواحی معیوب اشتباه گرفته می‌شد، بنابراین نسبت طول به ضخامت برای حذف دم گل انتخاب شد. سپس سیب‌ها به چهار درجه عالی، درجه یک، درجه دو، و درجه سه درجه‌بندی شدند. به منظور ارزیابی سیستم، نتایج درجه‌بندی دید انسانی با نتایج درجه‌بندی ماشین بینایی با هم مقایسه شدند. دقت حذف دم گل ۹۹/۰۴ و دقت کلی درجه‌بندی ۹۵/۲۳ درصد به دست آمد.

محمدزمانی و همکاران (۱۳۹۲) به تشخیص خوشه انگور قرمز ایستاده با استفاده از پردازش تصویر به منظور کاربرد در ربات برداشت انگور پرداختند. آنها، الگوریتم پردازش تصویری طراحی نمودند که قادر بود موقعیت خوشه انگور قرمز را بر روی درخت تشخیص دهد. به منظور طراحی الگوریتم، ابتدا تعداد ۵۰۰ عکس رقومی از خوشه‌های محصول در شرایط کاملاً طبیعی اهیه نمودند. سپس اطلاعات رنگی مروط به هرکدام از اجزاء تصویر شامل خوشه انگور قرمز و پس زمینه (برگ، آسمان و تنه) استخراج و مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت برای شناسائی خوشه انگور قرمز از فضای رنگی RGB استفاده شد. نتایج نشان داد که الگوریتم طراحی شده قادر است ۹۸ درصد از مساحت خوشه انگور را در یک عکس استخراج کند.

فیاضی و همکاران (۱۳۹۲) به شناسائی و تفکیک سه رقم برنج ایرانی (طارم، فجر و شیرودی) در توده‌های مخلوط شده با استفاده از ویژگی‌های بافتی و شبکه عصبی LVQ پرداختند. نتایج نشان داد که دقت دسته‌بندی با استفاده از LVQ به ترتیب برای سه رقم فجر، شیرودی و طارم با استفاده از ویژگی‌های ماتریس سطوح خاکستری ۹۷/۹۶، ۱۰۰ و ۹۷/۸۳ درصد، ماتریس هم‌وقوعی ۹۶/۲۳، ۱۰۰ و ۱۰۰ درصد، ماتریس الگوی دودویی محلی ۱۰۰، ۹۷/۵ و ۱۰۰ درصد و با استفاده از کلیه ویژگی‌های ماتریس‌ها ۱۰۰، ۹۷/۶۷ و ۱۰۰ درصد بود.

حسینی اطهر (۱۳۹۳) به تعیین ارقام سیب‌زمینی با استفاده از روش پردازش تصویر و شبکه عصبی مصنوعی پرداخت. در این تحقیق تعداد ۱۰ رقم سیب‌زمینی شامل آگریا، مارفونا، جلی، آرندا، راموس، بامبا، سانتا، کرانولا، اسپریت و میلوا تهیه شدند. در نهایت، ۱۶ ویژگی مورفولوژیکی، ۲۴ ویژگی رنگی و ۱۲۰ ویژگی بافتی از این تصاویر استخراج شد. نتایج نشان داد که میانگین دقت طبقه-بندی برای ویژگی‌های مورفولوژی ۸۸/۰۹ درصد، برای ویژگی‌های رنگی ۲۷/۶۱ درصد و برای ویژگی‌های بافتی (سطح خاکستری سبز) ۲۴/۲۸ درصد برای شبکه یک لایه به دست آمد. همچنین میانگین دقت طبقه‌بندی برای ویژگی‌های مورفولوژی، رنگی و بافتی (سطح خاکستری سبز) برای شبکه دولایه به ترتیب عبارت بودند از: ۸۶/۱۹ درصد، ۳۹/۰۴ درصد و ۲۸/۵۷ درصد. نتایج نشان داد که پارامتر مؤثر برای طبقه‌بندی ارقام سیب‌زمینی، ویژگی‌های مورفولوژی می‌باشد.

عمرانی و همکاران (۱۳۹۴) روشی مبتنی بر پردازش تصویر برای شناسایی و تفکیک چهار رقم سیب گرانی اسمیت، گلاب کهنز، گالا و دلبار استیوال براساس ویژگی‌های برگی ارائه نمودند. در الگوریتم پیشنهادی آن‌ها پس از پردازش تصاویر و استخراج ویژگی‌ها ازسیستم استنتاج فازی- عصبی تطبیقی برای طبقه‌بندی و تفکیک ارقام استفاده شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که سیستم فازی- عصبی با تابع عضویت ورودی و خروجی به ترتیب مثلثی و خطی، روش آموزش مرکب و حالت ایجاد دسته‌بندی شبکه‌ای بالاترین دقت را داشت و خطای آموزش و آزمون برای این سیستم استنتاجی به ترتیب ۰/۰۸۷ و ۰/۲۶ به دست آمد. درنتیجه سیستم استنتاجی با دقت ۹۵/۸۳ درصد توانست ارقام را تشخیص دهد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که الگوریتم پیشنهادی دقت

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

خوبی برای طبقه‌بندی ارقام دارد. لازم به ذکر است که اگر این امر به صورت دستی و توسط کارگر انجام می‌شد، دقت پایین‌تری در حدود ۷۰ درصد داشت و بسیار زمان‌بر می‌بود.

افکاری سیاح و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی درجه‌بندی مغز گردو بر اساس اندازه و رنگ با استفاده از پردازش تصویر پرداختند. نتایج بررسی‌های آن‌ها نشان داد که می‌توان از مولفه‌های رنگی و ابعادی برای تشخیص مغزگردو بر اساس روش استاندارد در مدت زمان کمتر از دو ثانیه تحت نورپردازی از بالا استفاده نمود. از اطلاعات حاصله می‌توان برای طراحی و توسعه سامانه‌های درجه‌بندی مغز گردو در صنایع غذایی استفاده نمود که بسیار سریع‌تر و بهتر از نوع دستی آن‌ها می‌باشند.

۴- نتیجه‌گیری

امروزه، تشخیص ارقام محصولات کشاورزی، به منظوری خودسازگاری فرآیندهای پس از برداشت در اغلب کارخانجات انجام می شود. اما انجام این مهم با استفاده از بازرسی دستی و بصری بسیار وقت‌گیر و دارای خطا می‌باشد. درنتیجه، تکنولوژی ماشین بینایی به عنوان روش جدید و غیرمخرب می‌تواند برای استخراج ویژگی‌های مورفولوژی، رنگ و بافت به کار برده شود. به علت عدم تمرکز عامل انسانی این امکان وجود دارد که نمونه‌هایی از محصولات آسیب‌دیده حتی در مدت زمان کوتاهی، تشخیص داده نشوند. در حالی که سیستم ماشین بینایی تضمین کننده استفاده از کل بازه زمانی برای بررسی محصولات است. این سیستم قابلیت خودکارسازی درجه-بندی دستی و استانداردسازی آن را داراست و کار خسته‌کننده بازرسی میوه‌ها را توسط انسان برطرف می‌کند.

۵- مراجع

Buemi, F., Magrassi, M., Mannucci, A., Massa, M., & Sandini, G. (1994). *The vision system for the agrobot project*. Proc. 5th ASAE Int. Conference on Computers in Agriculculture, Orlando, Florida.

Chen, S. & M. T. Li. (2001). *Multispectral imaging of chlorophyll content for vegetable status monitoring in "Fruit, Nut,and Vegetable Production Engineering*, Proceedings of the 6_{th} International Symposium held in Potsdam 2001", P .603-608. Potsdam, Germany: Institute of Agricultural Engineering Bornim e.V. (ATB). Crop. Sci. 55: 433–438.

Junior, D.G., F. Pinto, D. Queiroz, & M.Souza. (2007). *Multivariate classifiers using image texture features for nitrogen doses discrimination in wheat.* Transaction of the ASAE. Paper No: 071154.

Koschan, A., & M. Abidi. (2008). *Digital color image processing*. by john wiley & sons, INC., PUBLICATION. 373 pp.

Majumdar, S., & D. S. Jayas. (2000). *Classification of cereal grains using machine vision*. Transaction of the ASAE. Vol. 43(6): 1677-1680.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران