کاربرد پردازش تصویر در تشخیص ارقام مختلف، 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

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 زمین-های حاصلخیز و بسیاری موارد دیگر اشاره کرد. امروزه با توجه به پیشرفت‌های حاصل شده در زمینه دوربین‌های دیجیتال و پردازشگرهای پیشرفته می‌توان از این تکنیک بهترین استفاده را در امور مرتبط با فناوری‌های پس از برداشت محصولات کشاورزی شامل شناسائی ارقام مختلف، درجه‌بندی و جداسازی آن‌ها نمود. 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، تفکیک، درجه‌بندی، دیجیتال

Application of image processing in recognition of different types, grading and sorting of 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

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. Nowadays, with regarding the promotions in the field of digital cameras and modern processors, this technic can be used for jobs related into the post-harvest technologies of agricultural crops includes of recognition of different types, grading and sorting 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, SORTING, GRADING, DIGITAL

۱- مقدمه

بشر همواره به دنبال شناخت محیط اطراف خود و شناسایی منابع طبیعی موجود در آن به منظور تأمین مایحتاج خود از نظر غذا و منابع تولید بوده است. با پیشرفت بشر در زمینه‌های مختلف، ابزارها و روش‌های مختلفی برای تحقق این مهم ابداع شد که استفاده از پردازش تصاویر یکی از این موارد می‌باشد. 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 زمین‌های حاصلخیز و بسیاری موارد دیگر اشاره کرد. مزایای استفاده از فناوری تصویربرداری، دقیق و غیرمخرب بودن و عملکرد بهتر آن 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 محصولات کشاورزی و تشخیص ارقام مختلف آن‌ها استفاده‌های فراوانی می‌شود. 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 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

بوئمی[6] و همکاران (۱۹۹۴) در دانشگاه جیوانا، یک ربات کشاورزی با یک سیستم تصویربرداری سه بعدی را مورد تست و ارزیابی قرار دادند که هدف آن‌ها نظارت بر زراعت گوجه فرنگی در گلخانه بود. گوجه‌های رسیده شده برای برداشت شدن باید با کمک تقطیع تصاویر رنگی انتخاب می‌شدند. هم‌زمان نیز، حمله احتمالی بیماری قارچی شناسایی می‌شد و به صورت خودکار به وسیله آفت‌کش مورد عمل سمپاشی قرار می‌گرفت.

ماجومدار و جایاس[7] (۲۰۰۰) با استفاده از یک دوربین رنگی دیجیتالی، واحد کنترل دوربین، یک اتاقک نور با یک لامپ فلورسنت محیطی (میکرون- ریچاردسون Tex)، یک مانیتور رنگی برای نمایش آنلاین تصویر و یک FG[8] نصب‌شده در کامپیوتر به طبقه‌بندی غلات (گندم CWAD، گندم CWRS، جو، چاودار و یولاف) بر اساس مدل رنگ پرداختند. خروجی دوربین سه سیگنال آنالوگ R، G و B بود. الگوریتم‌ها در محیط خورس[9] با استفاده از برنامه C++ برای استخراج خصوصیات رنگ نوشته شدند. در طراحی الگوریتم، تصاویر مجزا دانه‌ها از ۱۵ ناحیه رشد به عنوان مجموعه داده‌های پرورانده یا آموزشی و از ۵ ناحیه رشد به عنوان مجموعه داده‌های آزمایشی مورد استفاده قرار گرفتند. مجموعه داده‌های آزمایشی و آموزشی به صورت تصادفی انتخاب شدند و از ۱۸خصوصیت رنگ برای آنالیز جداسازی استفاده شد. در نهایت وقتی از مجموعه داده آزمایشی برای طراحی الگوریتم استفاده کردند، دقت طبقه-بندی گندم CWRS، CWAD، جو، یولاف و چاودار به ترتیب ۹۴/۱، ۹۲/۳، ۹۳/۱، ۹۵/۲ و ۹۲/۵ درصد بود و زمانی که از مجموعه داده‌های آموزشی برای طراحی الگوریتم استفاده کردند، دقت طبقه‌بندی گندم CWRS، CWAD، جو، یولاف و چاودار به ترتیب ۹۵/۷،

1- Sorting
2- Grading
3 Chen and Li
4- Koschan and Abidi
5- Machine Vision
6- Buemi
7- Majumdar and Jayas
8- Frame Grabber
9- Khoros

۹۴/۴، ۹۴/۲، ۹۷/۶ و ۹۲/۵ درصد بود. نتایج طبقه‌بندی نشان می‌دهند که الگوریتم‌ها برای اجرای دقیق و کاربردی دارای دقت قابل قبولی می‌باشند.

با اشاره به اهمیت اندازه‌گیری سطح خارجی میوه‌ها و دشواری تعیین آن به شیوهٔ غیرتخریبی، رابطهٔ آلومتریکی برای اندازه‌گیری مساحت خارجی میوه‌های هلو از روی حاصل ضرب طول در حداکثر پهنای آن یافتند. آنها روش پردازش تصویر و روش مرسوم توزین را برای تعیین مساحت مورد نیاز مقایسه کرده‌اند. نتایج نشان داد که سرعت کار با استفاده از روش پردازش تصویر دو برابر بود و نیز منحنی برازانده شده بر متغیر های مستقل و وابسته در روش پردازش تصویر مناسب‌تر بود. در روش مورد استفادهٔ این محققان، نمونه‌ها بسته به اندازه، سه تا پنج برش خورده، پس از تخلیه بافت گوشتی آنها، نمونه های حاصل بین دو صفحهٔ شفاف قرار داده شده با دقت ۳۰۰dpi اسکن می شد. تصویر حاصل توسط نرم افزار Corel Photopaint اصلاح شد. سپس مساحت سطح با استفاده از نرم افزار Area 2.1 محاسبه گردید.

آیت کن هد و همکاران (۲۰۰۳)، با استفاده از تکنیک ماشین بینایی علف‌های هرز داخل مزرعه را از گیاه جدا کردند. گیاه مورد استفاده، هویج و علف‌های هرز، گیاهان ناخواسته مزرعه بودند. در ابتدا از خواص مورفولوژیکی (سطح و محیط) به دست آمده از برگ گیاهان استفاده کردند و توانستند آنها را از هم جدا کنند.

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. آن‌ها نشان دادند که ویژگی بافت نسبت به رنگ در طبقه‌بندی چیپس‌ها، ارجحیت بیشتری دارد.

جونیور[2] و همکاران (۲۰۰۷) به مقایسه نتایج به دست آمده بین شاخص‌های مختص طیف و شاخص‌های حاصله از طیف و اندازه‌های بافت در گیاه گندم پرداختند. پس از آماده‌سازی کرت‌ها و کشت گندم، سه رفتار کوددهی در ۱۵ روز بعد از جوانه‌زنی اعمال شد. یک دوربین دیجیتالی MS 3100 با یک لنز فوکال، یک کامپیوتر و یک FG به منظور دریافت تصاویر مورد استفاده قرار گرفت. تصاویر دریافت شده با فرمت TIFF (قالب فایل تصویر نشاندار) ضبط شدند. دوربین تصویربرداری شامل سه حسگر CCD برای دریافت تصاویر با باندهای مجزا بود. یک CCD به منظور دریافت تصاویر بر روی باند قرمز، دیگری بر روی باند نزدیک مادون‌قرمز و دیگری بر روی باند سبز و آبی مورد استفاده قرار گرفتند. تصاویر در ۸، ۱۴ و ۲۰ روز بعد از کوددهی گرفته شدند. موقعیت دوربین ۲ متر بالای سطح زمین بود. از هر کرت سه تصویر در موقعیت‌های مختلف گرفته شد. سپس تصاویر با استفاده از نرم افزار متلب ۲۰۰۶ پردازش شدند. از هر موقعیت تصویر ۹ شاخص مورد محاسبه قرار گرفتند. سپس مقدار میانگین پیکسل‌ها در هر شاخص تصویر به دست آمد. از طرف دیگر اندازه‌های بافت نیز به عنوان ویژگی و خصیصه مورد استفاده قرار گرفت.

تشکو (۲۰۰۷) به شناسائی واریته‌های گیاهان با استفاده از آنالیز تصاویر حاصل از برگ گیاهان پرداخت.

گازمان و پرالتا[3] (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.

1- Mendoza
2- Junior
1- Guzman and Peralta

الملاهی[1] 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.

ریزام و همکاران (۲۰۰۹) با تصویربرداری از پوست هندوانه و فیلترکردن تصاویر با به‌کارگیری از پردازش تصویر در فضای رنگی YCbCr و همچنین شبکه عصبی توانستند هندوانه‌های سالم را از غیر سالم تشخیص دهند و آن‌ها را بر اساس اندازه تقسیم بندی نمایند.

بلسکو و همکاران (۲۰۰۹)، درجه‌بندی خودکار دانه‌های انار را با استفاده از بینایی ماشین انجام دادند. این سیستم از سه بخش تغذیه، محفظه نورپردازی و درجه‌بندی تشکیل شده بود. سیستم فوق شامل دو عدد دوربین بود که اولی برای تشخیص نسبت R/G و دومی برای شناسایی و آنالیز سیستم تک‌کن مورد استفاده قرار می‌گرفت. سیستم قابلیت شناسایی چهار رنگ سفید، صورتی، خرمایی و قرمز و همچنین تشخیص مواد ناخواسته از دانه‌های انار را دارد. بازده دستگاه ۹۰ درصد و ظرفیت آن ۷۵ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. محمودی و همکاران (۲۰۱۰) ژنوتیپ‌های گوناگون گردو با روش ماشین بینائی تشخیص دادند.

امید[2] و همکاران (۲۰۱۰) تحقیقی به منظور تخمین حجم و جرم مرکبات با استفاده از روش پردازش تصویر انجام دادند. در این روش از دو دوربین برای دستیابی به تصاویر قائم استفاده گردید. آن‌ها برای اندازه‌گیری حجم، تصویر میوه را به تعدادی قطاع بیضی شکل تقسیم کردند. مجموع حجم این قطاع‌ها، حجم میوه را تشکیل می‌دادند. این محققین همچنین نشان دادند که حجم‌های محاسبه شده با این روش دارای همبستگی مناسبی با حجم واقعی محاسبه شده با روش جابجایی مایع می‌باشند. همچنین، ضرایب تعیین برای لیمو، لیموترش، پرتقال و نارنگی به ترتیب ۰/۹۶، ۰/۹۷، ۰/۹۸۵ و ۰/۹۵۹ گزارش شدند.

لارنت[3] و همکاران (۲۰۱۰) تغییرات رنگ برای لوبیا پخته شده را با استفاده از جعبه پردازش تصویر بررسی کردند.

در تولید محصولات زراعی، گسترش سطح برگ برای افزایش دریافت تشعشع خورشیدی و تجمع زیست توده ضروری است. در همین راستا، شاخص سطح برگ درختان بخشی از جنگل‌های آمریکا را در مراحل مختلف تکامل توده بررسی شد (سیمور[4]، ۲۰۱۰).

لیمینگ و همکاران (۲۰۱۲) از سیستم پردازش تصویر به منظور درجه‌بندی توت فرنگی بر اساس رنگ، شکل و اندازه استفاده نمودند.

ماهشواری[5] و همکاران (۲۰۱۲) از پردازش تصویر به عنوان تکنیکی غیر مخرب برای ارزیابی کیفی نوعی برنج هندی استفاده کردند. آن‌ها ویژگی‌های شکلی شامل مساحت، طول محور بزرگ، طول محور کوچک و فاصله از مرکز را برای دانه های برنج محاسبه کردند تا دانه‌های با طول معمول، دانه‌های بلند و دانه‌های کوچک را در نمونه‌های برنج شمارش کنند و نتیجه گرفتند که در نمونه های در نظر گرفته شده توسط آن‌ها، به صورت متوسط، ۸۶ درصد از دانه‌ها دارای طول نرمال، ۶ درصد دانه‌ها بلند و ۸ درصد دانه‌ها کوچک بودند.

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

2- Al-Mallahi
3- Omid
4- Laurent
5- Seymour
1- Maheshwari

با انجام کارهای اصلاحی می‌توان ارقام دارای صفات برتر را شناسائی، ارزیابی و معرفی کرد. اولین گام در برنامه‌های اصلاح ژنتیکی سیب، شناسائی ارقام آن است. برای این منظور روش‌های گوناگونی همچون استفاده از خواص مورفولوژیکی و مولکولی را می‌توان نام برد (ژینگ[1] و همکاران، ۲۰۰۷).

در همین راستا، امیری پریان (۱۳۸۶) به مطالعه نحوه برآورد حجم سیب‌زمینی با استفاده از پردازش تصویر پرداخت. به کمک یک دوربین دیجیتال و یک آینه تخت، از هر نمونه تنها یک تصویر از دو نمای آن تهیه شد. تصاویر مورد پردازش قرار گرفت و ابعاد سیب-زمینی برحسب موقعیت لبه در ماتریس تصویر اندازه‌گیری شد. در این پژوهش، حجم سیب‌زمینی پس از تصویربرداری با دو روش برآورد شد. روش اول، تعیین رابطه تجربی مبتنی بر برآورد حجم بر اساس سه قطر اصلی و روش دوم، تقسیم تصویر به قطعات کوچک‌تر به شکل مخروط ناقص با مقطع بیضی و برآورد حجم نمونه از مجموعه حجم قطعات. اندازه سه قطر اصلی و طول قطعات مخروط ناقص با پردازش تصویر تعیین شد. با اندازه‌گیری حجم واقعی سیب‌زمینی از طریق جابجایی آب، میزان خطای هر دو روش محاسبه و مقایسه شد. در این تحقیق، ۵۰ عدد سیب‌زمینی (رقم مارفونا) به عنوان نمونه‌های مورد آزمایش، انتخاب شدند. نتایج نشان داد که روش تقسیم تصاویر به ۶۴ قسمت، حجم را با دقت 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 شد.

حسنخانی (۱۳۸۷) به مطالعه خواص فیزیکی سیب زمینی با استفاده از تکنیک پردازش تصویر پرداخت. در این تحقیق، وی به خصوصیاتی نظیر سطح، حجم، شکل، نقائص خارجی مانند سبز بودن، ترک‌ها و صدمات ناشی از آفات را بررسی نمود. آنچه در اندازه-گیری این خصوصیات مشترک است، تصویربرداری از محصول و سپس استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر و روش‌های محاسباتی برای استخراج این خصوصیات است.

لواسانی (۱۳۸۷) تحقیقاتی در زمینه تعیین مشخصات فیزیکی ۳ 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.

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.

حاتمی (۱۳۸۹) به تشخیص ارقام رای برنج ایرانی با استفاده از روش ماشین بینایی پرداخت. وی ۲۰ مشخصه مورفولوژیکی از دانـه-های برنج را استخراج نمود که برای تشخیص ارقام مختلف برنج، خصوصیات ظاهری دانه‌ها را مقایسه کرد و در ۲ روش تشخیص خطی (Ida) و شبکه عصبی مصنوعی (ANN) به تشخیص ارقام مختلف برنج بر اساس ظاهر دانه‌ها پرداخت. نتیجـه بـه دسـت‌آمـده از دقـت تشخیص ارقام مختلف برای روش تشخیص خطی ۸۸/۴ درصد و برای شبکه عصبی مصنوعی ۸۱/۳ درصد بود.

2- Xing

لاریجانی (۱۳۸۹) به طراحی الگوریتم تخمین نیتروژن گیاه برنج برپایه پردازش تصویر پرداخت. نتایج تحقیقات وی نشان داد که نتایج بدست آمده نشان دادند که مدل‌های G، 2G-B و G/G+B+R به ترتیب با ضرایب تبیین ۹۸، ۹۸ و ۹۹ درصد، بیشترین دقت را در تخمین ازت گیاه برنج در زمان خوشه‌دهی از خود نشان دادند. همچنین برای زمان پنجه‌زنی، مدل‌های G، G-B و R-B به ترتیب با ضریب تبیین ۹۵، ۹۱ و ۹۷ درصد بیشترین دقت را در تخمین ازت گیاه برنج از خود نشان دادند. به‌طورکلی نتایج به دست آمده از روش پردازش تصویر نشان دادند که می‌تواند روشی مؤثر، سریع، غیرمخرب و کم‌هزینه برای تخمین ازت گیاه برنج در کشاورزی دقیق مورد استفاده قرار بگیرند.

پوردریایی (۱۳۹۰) به مطالعه و مقایسه خواص فیزیکی ۴ رقم محلی خرمای ایران با استفاده از پردازش تصویر و روش‌های آماری پرداخت. در این تحقیق ۴ رقم خرمای ایران از نظر ویژگی‌های یکنواختی رنگ سطح و چروکیدگی باهم مقایسه شدند. این مقایسه‌ها با استفاده از روش آماری دانکن انجام شدند. نتایج این تحقیق نشان داد که ۴ رقم محلی از نظر چروکیدگی اختلاف معنی‌داری باهم ندارند اما اختلاف در یکنواختی رنگ سطح آن‌ها معنی‌دار بود.

فعله‌گری و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعه‌های مشابه به تعیین حجم پرتغال با استفاده از پردازش تصویر پرداختند. حدود ۳۰ پرتقال از نوع خونی برای این کار مورد استفاده قرار گرفت. پرتقال‌ها از اندازه‌های مختلف انتخاب شدند. از این نمونه‌ها، ۷ پرتقال برای کالیبراسیون روش پردازش تصویر با استفاده از روش حجم آب جا به جا شده مورد استفاده قرار گرفتند. ۲۳ عدد باقی مانده برای آزمون روش پردازش تصویر استفاده شدند. تصویر گرفته شده از پرتقال با استفاده از روش تهیه شده RGB آستانه‌سازی به تصویر باینری تبدیل شد. به دلیل اینکه تصاویر در فضای رنگی بودند، از پروفیل‌های رنگی تصویر برای مشخص کردن حد آستانه استفاده شد. در پژوهش فوق برای نمونه‌های جفت شده تفاوت معنی‌داری را در سطح احتمال ۵ درصد برای داده‌های t آزمون حاصل از پردازش تصویر و روش جابه‌جایی آب نشان نداد. یعنی با استفاده از این روش می‌توان حجم پرتقال را به طور مناسبی و به صورت غیر مخرب تخمین زد.

آزرم‌دل (۱۳۹۲) به مطالعه تعیین ویژگی‌های فیزیکی دانه‌های زیتون برای تشخیص دانه‌های سالم و معیوب و استفاده از تکنیک پردازش تصویر پرداخت. در این تحقیق، خواص فیزیکی و ثقلی ۲ رقم زیتون در ۲ گروه سالم و معیوب اندازه‌گیری کرد و برای تعیین تفاوت بین ۲ رقم و تعیین میزان تشخیص نمونه‌های معیوب و سالم از SPSS استفاده کرد. میزان گروه‌بندی بین ۲ رقم ۸۹ درصد و بین نمونه‌های معیوب و سالم در ۲ رقم به ترتیب ۷۱ و ۶۳ 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.

ابراهیم‌پور (۱۳۹۲) به بررسی استفاده از روش پردازش تصویر در بررسی تغییر خواص فیزیکی سیب رقم گلدن دلیشز هنگام انبارداری پرداخت. نتایج نشان داد که اثر گذشت زمان انبارداری سیب بر تنش و کرنش تسلیم بافت سیب همچنین تنش تسلیم خطی و کرنش تسلیم پوست سیب در طی انبارداری در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. به علاوه مشخص گردید که تکنیک پردازش تصویر، روش مفیدی برای بررسی تغییر خواص فیزیکی سیب هنگام انبارداری است.

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

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 دردصد و با استفاده از کلیه ویژگی‌های ماتریس‌ها ۱۰۰، ۹۷/۶۷ و ۱۰۰ درصد بود.

کرمی (۱۳۹۳) به شناسایی برگ و تشخیص آفات برگ گیاهان با استفاده از تکنیک پردازش تصویر پرداخت. در این تحقیق، چهار روش جدید برای تشخیص نقاط بیماری بر روی برگ گیاهان پیشنهاد و پیاده‌سازی شد. با مقایسه این روش‌ها و روش‌های قدیمی ملاحظه گردید که دقت و سرعت تشخیص بالاتری دارند. در انتها نیز یک سیستم نرم‌افزاری ساده برای تشخیص اتوماتیک بیماری برگ گیاهان ارائه شده است.

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، گرانولا، 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 خوبی برای طبقه‌بندی ارقام دارد.

کیسالائی (۱۳۹۵) به بررسی کاربرد پردازش تصویر در تشخیص میزان نیتروژن برگ گیاه گوجه فرنگی پرداخت. نتایج تحقیقات وی نشان داد که مدل باند G دارای بیشترین همبستگی با نتایج کلروفیل‌متری و آزمایش کجلدال در هردو مرحله می‌باشد. بیشترین ضریب تبیین مربوط به باند G و شاخص کلروفیل‌متر در مرحله دوم به دست آمد (R^2=0.96). همین مقدار برای مؤلفه G با درصد نیتروژن اندازه‌گیری شده برابر ۰/۹۷ بود.

۴- نتیجه‌گیری

امروزه با توجه به پیشرفت‌های حاصل شده در زمینه دوربین‌های دیجیتال و پردازشگرهای پیشرفته می‌توان از این تکنیک بهترین استفاده را در امور مرتبط با فرآوری‌های پس از برداشت محصولات کشاورزی شامل شناسائی ارقام مختلف، درجه‌بندی و جداسازی آن‌ها نمود. پردازش تصویر به همراه انتقال داده‌های مستخرج از آن به یک عملگر می‌تواند سرعت انجام امورات محوله را کاهش داده و از دخالت انسان در این امور بکاهد و بازده فرآیند پس از برداشت را بالابرد.

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

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 (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران