معرفی روشهای پیشرفتهٔ کامپیوتری برای کاهش ضایعات محصولات صادراتی کشاورزی

حسن اطاعت

مقدمه

کاهش روزافزون منابع نفتی و آسیب‌پذیری شدید اقتصاد تک محصولی، لزوم بازنگری عمیقی را در سیاستهای توسعهٔ منابع و نظام‌های اقتصادی کشور ایجاب می‌کند. یکی از مهمترین تصمیماتی که در این زمینه می‌توان گرفت روی آوردن به صادرات غیرنفتی است. تنوع فوق‌العادهٔ گیاهی در ایران و استعداد بالقوهٔ تولید انواع فراورده‌های زراعی و باغی، نظیر غلاّت و حبوبات، تره‌بار مختلف، گل و گیاه، گیاهان دارویی، و نظایر آن، منبع عظیمی را برای صادرات غیرنفتی فراهم می‌آورد. امّا رسیدن به این مُهمّ، زمانی عملی خواهد بود که شرایط نوظهور نظامهای اقتصاد جهانی و الزامات رقابتِ فشردهٔ بین‌المللی در زمینهٔ کیفیت و قیمت کالاهای صادراتی را به کار بسته با محصولاتی استاندارد شده و قابل رقابت، در صحنهٔ بازارهای جهانی ظاهر شویم.

بروز ضایعات فراوان در طی فواصل برداشت، نگهداری، درجه‌بندی، جداسازی، بسته‌بندی و حمل و نقل فراورده‌های صادراتی کشاورزی، یکی از محدودیتهای مهمّ توسعهٔ صادرات این کالاها در سالیان اخیر بوده است. بنابراین هرگونه اقدام اقتصادی درجهت کاهش این ضایعات، گام مؤثّری در جهت ارزش‌افزایی فراورده‌های صادراتی محسوب شده و تأثیر مثبتی بر روند صادرات غیرنفتی خواهد گذاشت.

---

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد ـ دانشگاه تهران

روشهای اتوماتیک فراوری محصولات صادراتی که قادرند ضایعات مذکور را به پایینترین حدّ ممکن کاهش دهند هنوز چنان‌که باید در بین سرمایه‌گذاران دولتی و غیردولتی از استقبال وسیعی برخوردار نشده است. عمده‌ترین دلایل این پرهیز ارزبری زیاد و نداشتن توجیه اقتصادیِ کافی است، در این مقاله سعی براین بوده است که ضمن مُعرّفیِ برخی سیستمهای پیشرفته در فراوری و آماده‌سازی کالاهای صادراتی کشاورزی، امکان طراحی و اجرای این سیستمها در داخل کشور و توجیه اقتصادیِ آن مورد توجّه قرار گیرد.

سیستمهای متداول و تحقیقات جدید در جهان

سیستمهای متداول درجه‌بندی، سورتینگ و بسته‌بندی، عموماً براساس انواع روشهای مکانیکی نظیر وزن، تحمل فشار، عبور از شبکه‌های با قطرِ مشخص، جداسازی در دورهای زیاد و نظایر آن کار می‌کنند. تکنولوژی پیچیده، هزینهٔ زیاد و بروز برخی ضایعات مکانیکی از محدودیتهای مُهمِ توسعهٔ این روش‌ها به‌شمار می‌رود.

تحقیقات وسیع و کوششهای فراوانی که در جهت کاهش هزینه‌ها و به حداقل رساندنِ این ضایعات به عمل آمده است منجر به توسعهٔ روشهایی شده که بدون وارد آوردن کمترین آسیب به محصولات، مراحل آماده‌سازیِ آنها را به‌صورت خودکار انجام می‌دهند.

بلون (۱۹۹۴) در سوّمین کنفرانس اتوماسیون فراوری موادّ غذایی، روشهای جدید را به شرح زیر طبقه‌بندی می‌کند.

۱. روشهای کنترل کیفیت خارجی محصول[1] این سیستمها قادرند که بااستفاده از تکنیکهای پردازش تصویری[2] و دید ماشینی[3]، بدون تماس دست انسان جداسازی انواع میوه و سبزی را برحسب شکل، رنگ، آسیبهای سطحی و سایر خصوصیات ظاهری انجام دهند.

۲. روشهای کنترل آسیب‌های داخلی محصول[4] این روشها، آسیبهای احتمالی داخلی محصولات را از

1- External guality control

2- Image procesdsing

3- Machine vision

4- Internal defect control

طریق پرتوتابی اشعهٔ X، NMR[1] و سایر روشهای پرتوتابی و انکسارسنجی، ارزیابی کرده و محصولاتی راکه دارای آسیبهای داخلی هستند کنار بگذارند.

۳. روشهای ارزیابی رسیدگی محصول[2] در این روشها خصوصیات کیفی بافت محصول، نظیر نرمی و سفتی گوشتِ میوه، تُرد و شکننده بودن بافت سبزیجات، عطر و طعم محصول و نظایر آن از طریق تکنیکهای مختلف انکسارسنجی، طیف‌سنجی مادون قرمز[3] و NMR ارزیابی می‌شود. در یکی از تازه‌ترین تحقیقاتی که در این زمینه شده، کارایی امواج صوتی برای ارزیابی میزان سفتیِ بافت سیب درختی و درجه‌بندی آن به ۳ گروهِ سفت و متوسط و نرم، ثابت شده است (تِرِوُنگوراکول و همکاران، ۱۹۹۵).

محصولی که هر سه مرحلهٔ فوق را پشتِ سر بگذارد، کاملترین نوعِ ارزیابی را بدونِ کوچکترین تماسَ دست یا عملیات مکانیکی دیگر سپری کرده است. درعین حال، مرحلهٔ اول در این فرایند، مهمترین مرحله به‌شمار می‌رود چرا که بسیاری از خصوصیات داخلی محصولات از طریق بررسی صفات ظاهری نظیر اندازه، رنگ، شکل و آسیبهای سطحی، تخمین‌پذیرند (پرایس ۱۹۹۰). همچنین روشهای مورد استفاده در ارزیابی‌های خارجی، قابلیت کاربُرد بهتر و بیشتری دارند.

اجزای اصلی سیستمهای کنترل کیفیت خارجی عبارتند از:

- دوربین ویدئویی برای تشخیص خصوصیات ظاهری
- بُرد تصویری برای تبدیل اطلاعات ویدئویی به فرم دیجیتال
- کامپیوتر شخصی (P.C)
- نرم‌افزار طراحی شده برای پردازش داده‌ها
- یک آلت مکانیکی برای دریافت فرمانها از کامپیوتر، و انجام وظایفی که بدان منظور طراحی شده است.

این مجموعه را بدون درنظر گرفتن ابزار مکانیکی انتهایی، سیستم پردازش تصویر

1- Nuclear Magnetic Resonance

2- Maturity evaluation

3- Near infrared spectroscopy

می‌نامند.

تکنیک‌های پردازش تصویر در ابتدا برای پردازش تصاویر بدست آمده از ماهواره‌ها استفاده می‌شدند (استار ۱۹۸۵). در کشاورزی و علوم گیاهی نیز کاربُرد این فنون به پردازش تصاویر ماهواره‌ای یا هوایی در کامپیوترهای بزرگ[1] محدود می‌شد (پرایس ۱۹۹۰). گسترش میکروکامپیوترها با حافظه‌های وسیع و سرعتِ بالا، موجب شد که سیستمهای پردازش تصویر، توسعهٔ تجاری وسیعی یافته و در اغلب رشته‌های علمی مورد استفاده قرار گیرند. در تحقیقات کشاورزی، پس از آزمایش‌های اولیهٔ بلانچت و همکاران (۱۹۸۱ و ۱۹۸۲) برای شناسایی آثار عوامل بیماری‌زا بر تنهٔ درختان، مانزر (۱۹۸۲) خسارات وارد به مزارع سیب‌زمینی را از این طریق ارزیابی کرد و کوستیگان (۱۹۸۲) اندازه‌گیری رشد ریشهٔ گیاهچه‌ها را با این سیستم عملی ساخت. در طول سالیان بعد، بویژه با ظهور و گسترش سریع کامپیوترهای شخصی، کاربرد سیستم پردازش تصویر در زمینه‌های بسیار متنوع کشاورزی و علوم گیاهی نظیر اندازه‌گیری طول ریشه (اُوتمن ۱۹۸۴)، تعیین ابعاد فیزیکی بذر (گودمن ۱۹۸۴)، تعیین تنش آبی (هاشیموتو ۱۹۸۴)، تحلیل رشد (چف ۱۹۸۵)، شناسایی ارقام (گایر ۱۹۸۶)، شناسایی باندهای الکتروفورزی (مولین ۱۹۸۷)، تعیین درصد بیماری (شین ۱۹۸۷)، تأثیر آلودگی هوا (میکائیل ۱۹۸۸)، فیزیولوژی بعد از برداشت (گری ۱۹۸۹)، گسترش ریشه (هاریس ۱۹۸۹)، سیتولوژی (فوکویی ۱۹۹۱)، بانک ژن (آنتونیو، ۱۹۹۴) و سایر موارد گزارش شده است در سال‌های اخیر با تحوّلات وسیعِ علمی نظیر ظهور بُردهای پردازش تصویری بی‌درنگ[2] که در آنِ واحد قادر به تبدیل و پردازش داده‌های تصویری‌اند استفاده از سیستم پردازش تصویر در فراوریِ محصولات کشاورزی رایج شده و بدلیل دقت و سرعت قابل قبول و کاهشی چشمگیر ضایعات بسرعت درحال گسترش است.

یکی از سیستمهای ردیابی بیدرنگ آسیبهای سطحی میوه‌ها، توسط کُرو و همکاران (۱۹۹۴) مُعرفی شد: در این سیستم، ابتدا انعکاس امواج از ناحیه‌های سالم و ناحیه‌های آسیب دیدهٔ میوه‌ها ارزیابی می‌شود. به‌عنوان مثال، امواج ناحیهٔ ۷۸۰ نانومتر برای تشخیص قسمت لهیده و

1- Main frame

2- Real - time image processing board

فرورفتهٔ میوه و امواج ناحیهٔ ۸۸۵ نانومتر برای تشخیص سایر قسمتها به‌کار برده می‌شود. میوه‌ها روی تسمه نقّاله از زیر محل استقرار دوربین عبورکرده و در لحظهٔ عبور از زیر دوربین، یک تسمه و پولی، میوه را ۱۸۰° می‌چرخاند تا امکان ارزیابی تمام قسمتهای میوه فراهم شود. از آنجاکه این سیستم برای پردازش هر تصویر منفرد فقط ۱۰۰ میلی ثانیه زمان نیاز دارد بنابراین هر میوه، در حال حرکت ارزیابی شده و یک جداکنندهٔ ساده مکانیکی در آنِ واحد دستور حذف میوه‌های نامطلوب را از کامپیوتر دریافت داشته اجرا می‌کند.

سیستم بیدرنگِ دیگری را لیائو و همکاران (۱۹۹۴) برای تفکیک دانه‌های ذُرّت براساس رنگ و خصوصیات سطحی به‌کار برده‌اند. در این سیستم داده‌های دوربین در یک سیستم کنترل کیفیت هوشمند پیوسته[1] ارزیابی می‌شود. این سیستم هوشمند خصوصیات مورد اشاره در دیسکریتور[2] بین‌المللی ذُرّت را ملاک ارزیابی دانه‌های ذُرت قرار داده در زمانی کمتر از ۱ ثانیه، دانه‌های ذُرت را براساس رنگ پوست و شکستگی طبقه‌بندی می‌کند.

هینمن و همکاران (۱۹۹۴) نحوهٔ کار این نوع سیستمها با کار انسان مقایسه کرده‌اند. آنان برای کنترل کیفیت و درجه‌بندی قارچ خوراکی Agaricus bisporus، یک بار از افراد ماهر در کنترل کیفیت قارچ و یک‌بار از سیستم‌پردازش تصویر استفاده کردند. برنامهٔ طراحی شده برای سیستم، خصوصیاتی نظیر رنگ، شکل، نوع برش و شکاف در کلاهک قارچ را ارزیابی می‌کرد. نتیجهٔ این مقایسه نشان داد که اشتباه بازرسیهای حرفه‌ای بین ۱۴ تا ۳۶ درصد و اشتباه این سیستم به‌طور متوسط در حدود ۲۰ درصد است. استین‌میتز و همکاران (۱۹۹۴) یک سیستم پردازش تصویر را برای سورت کردن رُزهای شاخه بریده براساس خصوصیات ظاهری نظیر طول ساقه، قطر ساقه، انحنای ساقه، بلوغ غنچه و رنگ آن به‌کار بُردند که نتایج آن با کار کنترل‌کنندگان حرفه‌ای گلهای رُز قابل مقایسه بود.

استفاده از بازوهای مکانیکی و رویاتها تجربهٔ نوینی در بهبود روشهای کنترل کیفیت کالاهای صادراتی کشاورزی است. چن و چانگ (۱۹۹۴) اعضای گروه ماشینهای کشاورزی دانشگاه ملی تایوان، توانستند داده‌های دوربین ویدئو و سنسورهای سورتینگ را به کامپیوتر، و

1- On _ line

2- Descriptor

نتایج پردازش را به بازوی روباتیک انتقال داده مسیر بازوی روبات را برای انجام سورتینگ کنترل کنند. این سیستم توانست میوه‌های مورد آزمایش را با دقّت ۹۳٪ براساس رنگ و اندازه جدا کند. گزارش‌های دیگری نیز به کارایی روباتها در این زمینه اشاره کرده‌اند.

اخیراً یکی از اعضای انجمن مهندسان کشاورزی امریکا توانست سیستمی را معرفی کند که کیفیت خارجی و داخلی میوه را بدون درنگ و در حال حرکتِ آن روی تسمهٔ نقاله ارزیابی و میوه‌های نامرغوب را جداکرده آن‌ها را به‌طور خودکار بسته‌بندی کند. ابزارهای مورد استفاده در این روش، علاوه بر اجزای سیستم پردازش تصویر، شامل سنسورهای چندگانه، دستگاه پرتوتابی و انعکاس‌سنجی، و نیز شبکهٔ عصبی بوده که علاوه بر کاهش درخور ملاحظهٔ هزینه‌های سورتینگ، ضایعات ناشی از تماس انگشتان کارگران بسته‌بندی را با پوست میوه از میان برداشت (پلگ ۱۹۹۵).

در کانادا کاربُرد تکنیک پردازش تصویر را در زمینهٔ حمل و نقل محصولات صادراتی کشاورزی نیز آزمایش کرده یکنواختی فیزیکی محموله‌های گندم قرمز بهاره را که در دو سیستم متفاوتِ واگن و لوله حمل شده بودند مقایسه کردند. (ساپیرستن ۱۹۹۵).

درحال حاضر دامنهٔ این تحقیقات روزبه روز گسترده‌تر شده برای کنترل کیفی محصولات صادراتی کشاورزی و مُعرّفی و کاربُرد آنها سیستمهای کاملتر و دقیقتر و سریعتر پردازش تصویر متداول می‌شود.

براساس داده‌های ثبت شده در بانکهای اطلاعاتیِ مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران، تاکنون گزارشی از کاربُرد سیستمهای پردازش تصویر در کشاورزی ایران ارائه نشده است. اولین گزارش در این زمینه را نگارنده در دانشگاه تهران ارائه کرده است (اطاعت ۱۳۷۵). مقالهٔ حاضر نیز اوّلین گزارش برای مُعرفی این سیستم‌ها در کاهش ضایعات محصولات صادراتی کشاورزی ایران به‌شمار می‌رود.

امکان استقرار سیستمهای فوق در ایران

با این فرض که بدلیل بی‌اعتقادی به توجیه اقتصادی سرمایه‌گذاری در خطوط فراوری محصولات صادراتی کشاورزی، تمایلی به خرید و استقرار سیستمهای مُعرفی شدهٔ فوق ابراز

نخواهد شد، امکانِ طراحی و اجرای این‌گونه روشها در داخل کشور بررسی می‌شود.

الف) سخت‌افزار. یک دستگاه دوربین ویدئویی CCD[1] که روی پایهٔ نصب شده و برای دید عمودی روی میز سورتینگ تنظیم شود، برای تهیه اطلاعات تصویری کافی است. برای نورپردازی می‌توان از دو منبع نوری همسطح با دوربین که با زوایای ۴۵° نسبت به محور دید دوربین نصب شده باشند استفاده کرد. این نوع نورپردازی برای تشخیص رنگ و شکل و خصوصیات سطحی مناسب است. در خطوطی که سورتینگ فقط برحسب اندازه صورت می‌گیرد، نورپردازی از پشت کالا (زیر سطح شفّافِ میز سورتینگ) مناسبتر است. زیرا در این حالت جسم حالت ضدنور و سیاهی را دارد که بدلیل مشخص نبودن سایر جزئیات، اندازه‌گیری و برآورد سطح را برای کامپیوتر آسان‌تر می‌سازد (پرایس، ۱۹۹۰). برای انجام مُهمترین وظیفهٔ سخت‌افزاری در سیستمهای پردازش تصویر که تبدیل داده‌های ویدئویی به فُرم دیجیتال و ذخیره‌سازی آنها در کامپیوتر است باید از بُردهای تصویری که برای این منظور ساخته شده‌اند استفاده کرد. خوشبختانه انواع بُردهای تصویری موجود در جهان را، که دارای سرعت پردازش و وسعت حافظهٔ متفاوتی بوده و در مقاصد مختلف علمی، تجاری و هنری کاربُرد دارند می‌توان در بازار ایران تهیّه کرد. اغلب این بُردها برای دیجیتال کردن تصویر، از وضوح ۵۱۲ × ۵۱۲ پیکسل[2] (نقاط تصویری) استفاده می‌کنند. برای پردازش داده‌های هر پیکسل، اختصاص مقداری از حجم حافظه مورد نیاز است. سیستمهایی که برای هر پیکسل، فقط ۲ بیت[3] اختصاص می‌دادند تنها قادر به تشخیص حضور یا غیاب تصویر در یک پیکسل خاص بودند. در سیستم ۴ بیت، این توانایی به تشخیص ۱۶ = $۲^۴$ صفت (رنگ) افزایش یافت. تا جایی که در سیستمهای ۲۴ بیتی. امکان اختصاص ۱۶۷۷۷۲۱۶ = $۲^{۲۴}$ رنگ برای هر پیکسل فراهم شد که بدلیل تطابق این مقدار با حداکثر تشخیص رنگِ ممکن، سیستم ۲۴ بیتی را سیستم رنگ حقیقی[4] نامیدند. اخیراً بُردهایی با امکان اختصاص ۳۲ بیت حافظه برای هر پیکسل معرفی شده است که علاوه بر طیفهای ممکن رنگ در طبیعت، خصوصیات دیگری نظیر شفافیّت رنگ را نیز شامل می‌شود.

1- Charge coupled device

2- Pixell

3- Bit

4- True - color system

با نصب بُرد تصویری در داخل کامپیوتر و اتّصال فیش کُمپوزیتِ[1] دوربین ویدئویی به ورودیِ آن، تصاویر دوربین به‌صورت بیدرنگ به فُرم دیجیتال تبدیل شده و در مانیتور کامپیوتر ظاهر خواهد شد. کامپیوتر مورد استفاده باید حداقل امکانات زیر را داشته باشد.

ـ هارد دیسک ۵۴۰ مگابایت ـ سرعت ۳۳ مگاهرتز ـ میکروپرسسور 80486

ـ کارت گرافیکی SVGA ـ حافظهٔ RAM حداقل ۲۰ مگابایت.

برحسب نوعِ خطّ سورتینگ یا درجه‌بندی، یک ابزار مکانیکی خاص که قابل هدایت از طریق کامپیوتر باشد در انتهای سیستم قرار می‌گیرد. این ابزار می‌تواند پرهٔ متحرک سوراخهای صفحه سورتینگ، میله متحرکِ جداکننده، بازوی مکنده، نوار نقّاله و یا یک بازوی روبات باشد که در هر حال در داخل کشور ساختنی است.

ب) نرم‌افزار. نرم‌افزار مناسب برای این روشها برای هریک از مقاصد ممکن، کاملاً اختصاصی است و باید جُداگانه طراحی شود. زبان مناسب برای نگارش این نوع نرم‌افزارها زبان C است که امکانات گرافیکی وسیعتری دارد برنامه‌نویسی براساس شناسایی پیکسلهای تصویری از طریق بررسیِ محتوی حافظهٔ اختصاص یافته برای هر پیکسل صورت می‌گیرد. این داده‌ها را پس از شناسایی، به دلیل فرم دیجیتال آنها می‌توان به هر نوع داده‌های رقمی و آماری تبدیل کرد. بنابراین می‌توان وظایف مختلفی را برای سیستم تعریف کرده و نوع استفاده از اطلاعات استخراج شده را مشخص کرد. به‌عنوان مثال، برای برنامه‌نویسی سیستمی که به جُداسازی سیب‌های آسیب‌دیده از سیب‌های سالم اختصاص دارد می‌توان براساس تفاوت نوع اطلاعاتی که از این دو نوع سیب به دست می‌آید، سیستم را به اطلاعاتِ سیب‌های آسیب‌دیده حساس کرد، به‌نحوی که بمحض دریافت اطلاعاتی از این نوع، فرمانِ حرکت به ابزار مکانیکی صادر شده و با عملکردِ بی‌درنگ این ابزار، میوهٔ آسیب‌دیده از خط سورتینگ حذف شود.

پ) توجیه اقتصادی: در شرایط فعلی بازار ایران، تهیهٔ یک دوربین ویدئو برای مقاصد فوق به‌همراه لوازم جنبی به حداکثر ۳ میلیون ریال، و تهیهٔ یک کامپیوتر با مشخصاتِ اشاره شده به حداکثر ۸ میلیون ریال بودجه نیاز دارد. قیمت بُردهای تصویری برحسب سرعت و حجم پردازش اطلاعات متفاوت است که معمولاً برای مقاصد مشابه از رقم ۱۷۰۰۰ دلار معادل ۷ میلیون ریال

1- composite

تجاوز نخواهد کرد. توسعهٔ یک ابزار مکانیکی ساده نیز حداکثر با ۷ میلیون ریال، عملی است با درنظر گرفتن ۱۰ میلیون ریال دیگر برای طراحی نرم‌افزار، نصب سیستم و سایر هزینه‌های جانبی، کل مبلغ سیستم به ۳۵ میلیون ریال بالغ خواهد شد که در مقایسه با هزینهٔ واردکردن خطوط آمادهٔ درجه‌بندی و سورتینگ رقم ناچیز است.

نهایتاً در مورد آثار کیفی و اقتصادیِ ایجاد این نوع سیستمها می‌توان چنین گفت که این روشها بدلیل دقت بالای ۹۰٪ و تماس نداشتن انسان و فشارِ آلات مکانیکی، تاثیر درخور توجهی در کاهش ضایعات محصولات صادراتی برجای می‌گذارند، و همچنین به دلیل امکان ساخت در داخل کشور از توجیه اقتصادی کافی برخوردارند به‌طوری که با محاسبهٔ میزان کاهش ضایعات و ارزش افزوده‌ای که در محصولات صادراتی مختلف به دست می آید می‌توان تأثیر این سرمایه‌گذاری کوچک در افزایش درآمدهای صادراتی را محاسبه کرد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع) الف: انگلیسی

Antonio Mincione, Edgardo Filippone & Luigi M. Monti., Construction of an image - based germplasm data base for phaseolus spp., Euphytica (1994) 75: 149-159

2Blanchet, R.A., A new technique to accurately quantify discoloration and decay in trees. phytoputhology (1981) 71 (8) 61

Blanchet, R.A.; New technique to measure tree defect using an image analyser. Plant Disease (1982) 66: 394-391

Bellon, v. Tools for fulits and vegetables quality control: a review of current trends and perspectives. proceeding of the FPAC III conference, VSA, 9-12 februray 1994

Costigan, J.A. Rose and T. Mcbuineg., A microcomputer based method for the rapid and detailed measurment of seedling root systems., plant and soil (1982) 69: 305 - 309

CRowe, T. G., DElwiche, M.D. Real - time defect detection in fluit. ASAE paper (1994) NO. 946028

Chen, S., Chang, W.H. Machine Vision guideel robotic sorting of fruits. proceeding of the FPAC III conference, VSA, 9-12 Februray 1994

Fukui, K, and K. Ligima. Somatic chromosome map of rice by imaging methodes. Thorethical and Applied Genetic (1991) 81: 580 - 696

Gary W. Stutte Quantification of net engymatic activity in developing peach fulit using computer video image analysis. Hortscience (1989) 24 (1) 113- 115

Goodman, D.E. and R.M.RAD., A new, rapid, interactive image analysis method for determining physical dimension of milled rice keinels. J. of food science (1984)49: 648-649

Guger, D.E, G.E. miles, M.M. Schreiber, O. R. Mitchell, V.C. Vanderbilt., Machine vision and image processing for plant identification. Transactions of the ASAE (1986)26 (6) 1500-1507

Harris, G.A. and Gaylons, Campbell., Automated quantification of roots using and simple image analyser. Agronomy Journal (1989) 81: 935-938

Hashimoto. Yasushi, etal., Dynamic analysis of water stress of sunflower leaves by means of a thermal image processing system. plant physiology (1984) 76: 266-269

Jaffe. Mordecai J., et al., Computer - assisted analysis of plant grlowth, thimomorphogenesis, and gravitropism. plant physiology (1985) 77: 722-730

Liao,k., Paulsen, M.R., Reid, J. F., Real - time detection of colour and surface defects of maije kernels using machine vision. J. of Agricultural Engineering Research (1994)59 (4) 263-271

Moline, H.E. and W.R. Hruschka. Computer - Enhanced image analysis of bactorial Polypeptide patterns on two - dimensional polyacrylamid gels. phytopathology (1987)77: 745-747.

Michael, T. E. A digital image analysis method for selecting ojone - insensitive white beans. can. j. plant. sci. (1988) 88: 627-632

Ottman, M. J. and H. Timm., Measurment of viable plant roots with the image analysing computer. Agronomy journal (1984) 76: 1018-1020

Peleg, K. Automated packinghouse for fruits and vegetables. proceeding of a conference held in Guanajuato, Mexico, 20-24 Felbruary 1995

Price, T. V. and C.F. Osborne. Computer imaging and its application to some problems in aquiculture and plant science. critical reviews in plant scienes (1990) 9: 235-261

Sapirsten, H.D., Physical uniformity of graded railcar and vesel shipments of Canada western Red spring wheat detemined by digital image analysis. can. j. of plant sci.(1995)74 (2) 363-369

Shane, W. W. and F. B. Lowney. IMAGE 1, image analysis system for disease measurment in turf grass plots. Phytopathology (1987) 77 (12)1242.

Srar, Jeffrey L., Introduction to image processing. Byte (1985) 10 (2)163-170

Steinmetj, V. et al, sorting cut roses with machine vision. Transactions of the ASAE (1994) 37 (4) 1347-1353

Terdwongworakul, A., Cowell, P.A., Stenning, B.C. Performance of experimental on - line computer controlled apple grader using acoustic resonance Sensing. proceeding. of a conference held in Guanajuato, Mexico, 20 - 24 february 1995.

ب : فارسی

اطاعت، حسن (۱۳۷۵) معرفی تکنیک image procesing و کاربرد آن در اصلاح نباتات. دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تهران

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی